

---

LA COMPUTACION ELECTRONICA APLICADA A LA  
SELECCION DE LOS ACEROS

---

Ing. Carlos A. Carreras (LEMIT)  
Ing. Salvador Mitidieri (Univer-  
sidad Nacional de La Plata)

---

## INTRODUCCION

---

La utilización de los aceros de construcción mecánica es comunmente regida por la similitud de la composición química y por algunos valores de resistencia. Sin embargo, actualmente es indispensable considerar como verdadero factor de equivalencia, la respuesta que tengan a los tratamientos térmicos. Esas respuestas obedecen a las microestructuras debidas a los cambios de fase producidos en las distintas etapas de los ciclos térmicos. Conviene por lo tanto exponer previamente algunos conceptos antes de explicar el alcance del presente trabajo.

Una pieza de maquinaria está diseñada y calculada para cumplir determinadas funciones y propiedades, de manera que su vida útil sea lo suficientemente prolongada. No hay términos absolutos en la elección del material con el cual vaya a construirse. Esto quiere decir, si se demuestra que, en lugar de utilizar una aleación, se puede emplear un material no metálico, no tiene por qué rechazarse la idea. Indudablemente también puede primar la alternativa de un menor costo de elaboración o de reposición.

La idea primaria que se tiene en la elección de un material metálico es su composición química. No se está muy errado en ello, ya que es de fundamental importancia en su comportamiento posterior. Por eso es razonable guiarse por tablas de especificaciones SAE (EE.UU.), AFNOR (Francesas) o B.S. (Inglesas), etc. Donde comienzan a plantearse las primeras dificultades es cuando por diferencia de décimas o centésimas el tenor de los elementos están fuera de norma. La pregunta es: Tiene ello importancia en la pieza que se va a construir, especialmente en su tratamiento térmico?. Indudablemente que existen otros caminos para precisar si estas diferencias de composición tienen o no importancia.

El camino modernamente seguido es a través de la respuesta que tenga el material a los tratamientos térmicos, esto es su resistencia final. Nada mejor que para cualquier tipo de aleación se pueda predecir su comportamiento sin necesidad de efectuar los ensayos correspondientes.

Nosotros hemos creído oportuno presentar en estas Jornadas, un método mediante el cual es posible iniciar un estudio de equivalencia entre los aceros basados en la aplicación de la computación electrónica.

---

#### CRITERIO DE EQUIVALENCIA

---

Se estima que la equivalencia entre tipos de aceros está basada fundamentalmente en la similitud de sus contenidos de carbono y de otros parámetros denominados (DI) diámetro crítico ideal, (Ms) temperatura de transformación austenita-martensita y (Hr) dureza final a determinada temperatura y tiempo de revenido.

Con bastante aproximación la resistencia mecánica está basada en el contenido de carbono del acero. Es un hecho comprobado estadísticamente que a mayor porcentaje de carbono corresponde mayor tensión de rotura y menor ductilidad, independientemente del contenido de los elementos de aleación.

Si bien ésta es la primera condición de equivalencia, otra condición es la templabilidad. Por templabilidad se define al fenómeno de penetración de temple que experimenta un acero sometido a un determinado proceso de enfriamiento desde la temperatura de austenización. Es un hecho conocido que los elementos de aleación, especialmente los formadores de carburos, son los que introducen una mejora en la templabilidad con respecto a los de igual contenido de carbono de los aceros comunes. La medida técnica en metalurgia para reconocer la templabilidad de un acero es el (DI) diámetro crítico ideal, esto es el diámetro capaz de templarse totalmente (o por lo menos hasta un 50 % de martensita) cuando las condiciones de enfriamiento son infinitamente severas.

El paso a las reales condiciones de severidad de enfriamiento (agua, aceite, con/sin agitación) esto es, la determinación de los diámetros críticos reales, es tarea más simple, siempre que se disponga de ese valor característico del acero.

En nuestro caso hemos acudido a la determinación teórica del DI en función de distintos tamaños de grano, para una composición promedio de los aceros. Como a través del DI también puede determinarse la curva teórica de Jominy que también expresa la templabilidad, hemos efectuado los cálculos correspondientes.

Otro parámetro característico de los aceros es la temperatura  $M_s$  de transformación austenita-martensita. Esta temperatura es función de la composición química. El valor de  $M_s$  tiene influencia en los tratamientos isotérmicos, en la probable retención de austenita por rápido enfriamiento, en la temperatura de revenido para lograr la transformación austenita-bainita, y en la creación de tensiones que originan deformaciones y roturas en el temple.

Como datos complementarios a  $M_s$  hemos calculado las temperaturas  $M_{50}$  y  $M_{90}$  que corresponden a los niveles de porcentajes de transformación 50 % y 90 % austenita-martensita, información que resulta sumamente útil en el caso de aplicarse tratamientos isotérmicos.

Finalmente otro factor esencial en la equivalencia de aceros, es su comportamiento al tratamiento térmico de revenido. En base a resultados estadísticos se ha asignado a cada tipo de acero un valor ideal llamado "Dureza potencial" que es dependiente esencialmente de la composición química. Esta "dureza potencial" es luego afectada por los llamados "coeficientes de ablandamiento" que son a su vez función de tres variables: el contenido de carbono, la temperatura y el tiempo de revenido. Mediante un sistema de cálculo es posible llegar al valor de la dureza ( $H_r$ ) de un acero determinado, cuando ha sido templado y revenido a una cierta temperatura y tiempo. Como el valor de  $H_r$  es un síntoma de comportamiento mecánico, también hemos efectuado los cálculos correspondientes para algunas temperaturas y tiempos habituales, de manera que los resultados sirvan como índice de comparación.

Nos ha parecido importante agregar el cálculo de los llamados "precios índices" en dólares por tonelada, para el caso de barras macizas, ya que una vez establecida la equivalencia entre aceros de similares características la elección podrá también hacerse teniendo en cuenta este factor.

---

## FORMULAS Y METODOS UTILIZADOS

---

### I) Diámetro crítico ideal (DI)

$$DI = D_{IC} \times F(\text{Mn}\%) \times F(\text{Si}\%) \times F(\text{Ni}\%) \times F(\text{Cr}\%) \times F(\text{Mo}\%)$$

$D_{IC}$  = diámetro crítico ideal función porcentaje de carbono y tamaño de grano austenítico.

$F(\text{Mn}\%)$ ;  $F(\text{Si}\%)$ ; etc. Factores multiplicadores dependientes de la composición química.

Referencias: Boyd and Field, American Iron and Steel Inst. (1946).

Grossmann - Transactions AIMME - 1942

Apraiz Barreiro - "Trat. térmicos de los aceros" (1950).

### II) Curva de Jominy

Método de J. Field - American Iron and Steel Inst. (1946) y publicación ya citada de Apraiz Barreiro.

### III) Temperatura $M_s$

$$M_s = 539 - 423 \cdot \%C - 30,4 \cdot \%Mn - 17,7 \cdot \%Ni - 12,1 \cdot \%Cr - 7,5 \cdot \%Mo$$

Referencias: Courbes de transformation de aciers française. Publicación del IRSID - 1959.

K. W. Andrews - Journal of Iron and Steel Inst. (1965).

$$M_{50} = M_s - 30$$

$$M_{90} = M_s - 85$$

Referencias: Steven and Haynes - Journal Iron Steel Inst.

IV) Dureza final de revenido Hr

$$H_r = H_{PF} - H_c$$

$$a) H_{PF} = H_{PN} + \frac{H_{ps} - H_{pn}}{5} \cdot n$$

$H_{ph}$  = Dureza potencial normal (función de la comp. química).

$H_{ps}$  = Dureza potencial por efecto de dureza secundaria (función de la composición química).

$n$  = Coeficiente dependiente de la temperatura de revenido.

$H_{PF}$  = Dureza potencial final a determinada temperatura y afectada por la dureza secundaria.

$$b) H_c = 0,00216 T (c + \log t)$$

$T$  = temperatura absoluta grados Rankine

$c$  = coeficiente variable con el contenido de carbono

$t$  = tiempo en horas del revenido

Referencias: Crafts y Lamont - "Hardenability and Steel Selection (1949).

Calvo Rodés "El acero su elección y selección" (1950).

V) Costo de barras macizas en dólares por tonelada

Los "precios índices" han sido calculados siguiendo los lineamientos establecidos en Europa por la CECA y que son base actual de un proyecto elaborado por el Centro de Industriales Siderúrgicos. No deben por consiguiente considerarse como costos absolutamente reales debidos a la variación en los recargos de importación y al volumen del producto a adquirir. Por eso se le denomina "precio índice" ya que tiene en cuenta solamente un valor básico dependiente de la composición química.

---

## ESTUDIO CRITICO DEL SISTEMA

---

El cálculo del DI está basado en el método de Grossmann "Hardenability calculated from chemical composition" (transactions del A.I.M.M.E. vol. 150 - 1942). El presumió y luego confirmó que el endurecimiento del acero es consecuencia de su contenido de carbono que afecta la transformación austenita-martensita, y que los elementos de aleación actúan solamente afectando la velocidad de reacción, en forma prácticamente independiente del tamaño de grano y del contenido de carbono. Por esta razón sus efectos individuales son aditivos y válidos para cualquier tipo de acero. Téngase presente que hablamos de la presencia en el núcleo de una estructura de 50 % de martensita. El otro 50 % puede ser una mezcla de constituyentes ferríticos, perlíticos, sorbíticos o bainíticos, y sus velocidades de formación son afectadas de otra forma por los elementos aleantes. Por consiguiente los factores multiplicadores que se utilizan para el cálculo teórico del DI pueden estar sujetos a error, especialmente en los aceros cromo-molibdeno. Nosotros hemos encontrado un margen de error de alrededor del 10 % en algunos casos. Debe sin embargo tenerse en cuenta que sólo buscamos una aproximación a los efectos comparativos.

El método usado para calcular teóricamente la curva de Jominy, corresponde al establecido por J. Field (Metal Progress V 43-1943) y posteriormente corregido por Craft y Lamont (Transactions AIMME V 172-1947). Evidentemente que, partiendo de determinaciones estadísticas, de ninguna manera reemplaza al ensayo propiamente dicho, pero como en el caso anterior es una buena aproximación a la realidad, y además de servir como factor de comparación, permite efectuar los cálculos que conducen por ejemplo, a la determinación de las curvas "U" para distintas severidades de temple.

En un trabajo anterior titulado "Acerca del cálculo de templeabilidad en piezas de automotores" presentado al "III Simposio de Materiales y partes de automotores" del LEMIT (agosto 1964) hemos efectuado ya un estudio crítico de los

factores de error.

El cálculo de la dureza del acero, después de revenido a determinada temperatura y tiempo, está basado en las fórmulas empíricas establecidas por Holliman y Jaffe (Transactions AIMME V 167-1946). Los resultados corresponden bastante a la realidad, no sólo de ensayos experimentales, sino también a las referencias dadas en diversos manuales de metalurgia tales como el "Metal Data" de Hoyt y el "Metals Properties" del A.S.M.E.

La limitación de estas determinaciones del Hr es que se parte del supuesto de tener inicialmente una estructura de 100 % de martensita, hecho que después del temple se presentará en muchos casos sólo hasta determinada profundidad de la pieza. Pero no debe olvidarse que con este dato de endurecimiento de la superficie, existen también otros métodos para calcular cuál es la ley de variación de dureza en toda la sección transversal. En el citado trabajo al Simposio del LEMIT nosotros hemos demostrado cómo pueden hacerse tales determinaciones.

Para el cálculo de la temperatura Ms hemos utilizado la fórmula de K.W. Andrews (Empirical Formulae for calculation of transformation temperature - Journal of Iron and Steel Inst. V 203-1965) por considerarla más actualizada.

Indudablemente que conforme a estos tres parámetros determinados con la computadora (DI, Ms y Hr) se tiene la primera base para establecer la equivalencia de comportamiento en el temple y revenido de los aceros para construcción mecánica, y para que también a partir de ellos se pueda aplicar una gama de métodos de cálculo que permitan determinar a priori si el acero elegido es el adecuado para la pieza a construir.

---

#### INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

---

Las tablas elaboradas por la computadora dan para ca-

da tipo de acero normalizado los siguientes datos:

- a) Diámetro crítico ideal para distinto tamaño de grano.
- b) Curva de Jominy resultante para esos distintos tamaños de grano.
- c) Temperatura  $M_s$  de transformación austenítica-martensítica (independiente del tamaño de grano) y temperatura  $M_{150}$  y  $M_{90}$ .
- d)  $H_R$  = dureza de revenido, para 100 % de Martensita, a distintas temperaturas y tiempos.
- e) "Precio índice" de barras macizas en dólares por tonelada.

Observaciones:

- a) En el caso de obtener DI menores a 1,5 pulgadas como no se disponían de los factores de cálculo correspondientes para la obtención de la curva de Jominy se optó por dejar una línea de ceros en ese sector.
- b) En el caso de obtener DI superiores a 7 pulgadas, se adoptó idéntico criterio.
- c) El agrupamiento de los aceros se hizo en sentido creciente de su mayor resistencia al estado templado (indicado por la dureza a  $1/16''$  en la curva de Jominy) y simultáneamente en orden creciente a su DI (diámetro crítico ideal). Con el objeto de no confeccionar planillas demasiado extensas no se realizó otra forma de agrupamiento pero se entiende que con la computadora no hay ninguna dificultad en hacerlo de otro modo.
- d) En la composición química de los aceros se han tomado los porcentajes promedios para evitar también de hacer planillas extensas. Como el programa de cálculo está hecho bastaría perforar una tarjeta con la variable de composición para obtener los resultados. El origen de la especificación de los aceros debe interpretarse de la siguiente forma:
  - I) Especificación americana (SAE): figura como SAE.  
Ejemplo: SAE 1040.
  - II) Especificación inglesa (B.S.): figura como EN. Ejem-

plo: EN 20.

- III) Especificación francesa (AFNOR): figura con la letra F antepuesta a la sigla del acero. Por ejemplo: F 18CD4.
- IV) Especificación italiana (UNI): figura con la letra I antepuesta a la sigla del acero. Por ejemplo: I 25MG6.
- V) Especificación alemana (DIN): figura con la letra A antepuesta a la sigla del acero. Por ejemplo: A 65S7.

---

### CONCLUSIONES

---

Los sistemas de cálculos aplicados no son sustancialmente una novedad para los especialistas en tratamientos térmicos. Varios metalurgistas del país han trabajado en idéntico camino, e incluso nosotros con anterioridad hemos hecho un estudio crítico del sistema. La importancia del presente trabajo radica más en el hecho de haber aplicado la computadora electrónica para obtener los resultados con extraordinaria rapidez. El hecho de haber tomado algunos grupos de aceros SAE, B.S., AFNOR, U.N.I. y D.I.N., compararlos en función de su templabilidad y respuesta al revenido es un ejemplo de lo mucho que puede hacerse en ese sentido.





TIPO	COSTO EN BARRA	CURVA DE JOMINY	DUREZA EN RC	CRISTALES	AUSTENITA	MARTENITA	DUREZA DE REVENIDO EN RC																			
							1/2 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A																
DI	DOLLS/	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650	700						
5	4.3	44.5	44.0	38.8	34.4	30.5	28.1	26.8	25.7	25.0																
6	4.0	44.5	43.6	37.2	32.1	28.2	26.0	24.7	23.7	23.1																
7	3.7	44.5	43.2	36.3	31.0	27.2	24.9	23.7	22.7	22.2																
8	3.4	44.5	42.7	34.7	29.4	25.7	23.4	22.2	21.3	20.9	400	370	215	38.0	35.2	32.5	29.7	27.0	24.2	36.2	33.3	30.4	27.5	24.6	21.8	
5	5.0	44.5	44.5	41.5	38.3	34.7	32.4	31.1	29.8	29.0																
6	4.6	44.5	44.2	40.0	36.1	32.3	29.9	28.6	27.4	26.7																
7	4.3	44.5	44.0	38.8	34.4	30.5	28.1	26.8	25.7	25.0																
8	4.0	44.5	43.6	37.2	32.1	28.2	26.0	24.7	23.7	23.1	397	367	212	38.7	36.0	33.3	30.6	27.8	25.1	36.9	34.0	31.2	28.3	25.5	22.6	
5	6.3	44.5	44.5	44.2	43.6	44.2	41.3	40.4	38.6	39.0																
6	5.8	44.5	44.5	43.6	42.1	39.5	37.7	36.6	35.8	34.9																
7	5.4	44.5	44.5	42.7	40.4	37.0	34.9	33.7	32.6	31.7																
8	5.0	44.5	44.5	41.5	38.3	34.7	32.4	31.1	29.8	29.0	397	367	212	38.2	36.4	34.6	32.7	30.9	29.1	36.4	34.4	32.5	30.5	28.5	26.6	
5	1.9	45.0	35.8	24.7	19.6	17.1	15.7	15.0	14.4	14.1																
6	1.7	45.0	34.4	23.1	18.2	16.0	14.7	14.0	13.5	13.1																
7	1.6	45.0	32.8	21.2	16.8	14.9	13.6	13.0	12.5	12.0																
8	1.5	45.0	31.0	19.8	15.9	14.1	13.0	12.4	11.8	11.3	390	360	205	37.7	34.1	30.4	26.7	23.1	19.4	35.9	32.1	28.3	24.5	20.7	16.9	
5	5	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
6	4	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
7	4	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
8	4	209	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	432	402	247	31.5	27.9	24.2	20.5	16.9	13.2	29.7	25.9	22.1	18.3	14.5	10.7	
5	1.4	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
6	1.3	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
7	1.2	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
8	1.1	242	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	415	385	230	35.6	32.8	30.1	27.3	24.5	21.7	33.8	30.9	28.0	25.1	22.1	19.2	
5	1.6	47.0	34.3	22.1	17.6	15.5	14.3	13.6	13.0	12.6																
6	1.5	47.0	31.3	20.0	16.3	14.4	13.3	12.6	12.0	11.5																
7	1.4	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
8	1.3	304	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	390	360	205	36.8	34.0	31.2	28.4	25.6	22.9	35.0	32.0	29.1	26.2	23.3	20.4	
5	1.6	47.5	35.1	23.1	18.2	16.1	14.8	14.1	13.5	13.1																
6	1.5	47.5	32.7	20.9	16.8	14.9	13.7	13.1	12.5	11.9																
7	1.4	47.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																
8	1.3	245	47.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	380	350	195	37.9	34.3	30.6	26.9	23.3	19.6	36.1	32.3	28.5	24.7	20.9	17.1	
5	3.0	47.5	44.8	34.7	29.1	25.4	22.9	21.8	21.0	20.5																
6	2.8	47.5	43.5	32.8	27.4	23.8	21.4	20.4	19.6	19.1																
7	2.5	47.5	42.6	31.6	26.2	22.6	20.4	19.4	18.7	18.2																
8	2.4	245	47.5	41.4	30.1	24.7	21.2	19.4	18.5	17.3	383	353	198	38.9	35.6	32.2	28.9	25.5	22.2	37.1	33.6	30.1	26.7	23.2	19.7	











TIPOS DE SACERDOS	COSTO EN DOLLS/EN	CURVA DE JOMINY	DUREZA EN RC	CRISTALES	MR	DUREZA DE REVENIDO EN RC		
		DISTANCIAS EN PULGADAS		AUSTENITA MARTENITA	1/2 HORA DE REVENIDO A 1	1 HORA DE REVENIDO A		
		1/16 1/4 1/2 3/4 1 5/4 3/2 7/4 2		MS M50 M90	400 450 500 550 600 650	400 450 500 550 600 650		
5 2.6	53.5	53.5	53.5	52.9	52.4	51.6	51.1	50.7
6 2.4	53.5	53.5	53.2	52.1	50.2	48.8	47.7	46.9
7 2.2	53.5	53.5	52.1	50.2	48.7	46.9	46.1	45.9
8 2.1	53.5	53.5	52.1	50.2	46.7	44.5	43.1	40.9
5 2.9	53.5	53.5	50.9	47.9	43.8	41.3	39.7	37.4
6 2.7	54.0	49.0	36.7	30.5	26.4	23.7	22.6	21.2
7 2.5	54.0	46.3	33.4	27.1	23.4	21.3	20.4	19.1
8 2.3	54.0	44.6	31.5	25.1	21.9	20.1	19.1	18.4
5 2.9	54.0	50.4	38.8	32.5	28.3	25.5	24.2	23.3
6 2.7	54.0	49.0	36.7	30.5	26.4	23.7	22.6	21.2
7 2.5	54.0	47.7	35.1	29.0	24.9	22.5	21.6	20.8
8 2.3	54.0	46.5	33.8	27.6	23.7	21.7	20.7	20.0
5 2.9	54.0	50.4	38.8	32.5	28.3	25.5	24.2	23.3
6 2.7	54.0	49.0	36.7	30.5	26.4	23.7	22.6	21.2
7 2.5	54.0	47.7	35.1	29.0	24.9	22.5	21.6	20.8
8 2.3	54.0	46.5	33.8	27.6	23.7	21.7	20.7	20.0
5 8.5	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 7.8	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 7.3	54.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 6.7	54.0	54.0	54.0	53.4	52.9	52.1	51.6	51.1
5 1.8	54.5	42.2	28.6	22.6	19.8	18.3	17.4	16.7
6 1.7	54.5	40.3	26.5	20.9	18.5	17.0	16.2	15.5
7 1.5	54.5	38.6	24.9	19.9	17.6	16.2	15.4	14.7
8 1.4	54.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 2.2	54.5	45.9	32.8	26.4	22.8	21.0	20.0	19.3
6 2.0	54.5	44.4	31.2	24.8	21.7	19.9	18.9	18.3
7 1.8	54.5	42.9	29.3	23.2	20.2	18.7	17.8	17.1
8 1.7	54.5	40.9	27.2	21.5	18.9	17.4	16.6	15.9
5 3.8	54.5	52.9	44.4	37.9	33.3	30.5	29.0	27.8
6 3.5	54.5	52.4	42.5	36.0	31.5	28.7	27.2	26.1
7 3.2	54.5	51.8	41.1	34.7	30.2	27.5	26.1	25.1
8 3.0	54.5	50.9	39.2	32.8	28.6	25.8	24.4	23.5
5 4.4	54.5	53.9	48.2	42.9	38.1	35.1	33.6	32.2
6 4.1	54.5	53.4	46.1	40.0	35.2	32.4	30.9	29.7
7 3.8	54.5	52.9	44.4	37.9	33.3	30.5	29.0	27.8
8 3.5	54.5	52.4	42.5	36.0	31.5	28.7	27.2	26.1

TIPO DE BARRAS	COSTO EN DOLLS/IN.	CURVA DE JOMINY (DUREZA EN RC)				CRISTALES AUSTENITA MARTENITA	MS	DUREZA DE REVENIDO EN RC																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		1/16	1/4	3/4	1			1/2 HORA	1 HORA	1 HORA	1 HORA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
5 6.5	54.5	54.5	53.6	52.4	51.4	50.4	49.7	48.8	47.9	47.0	46.1	45.2	44.3	43.4	42.5	41.6	40.7	39.8	38.9	38.0	37.1	36.2	35.3	34.4	33.5	32.6	31.7	30.8	29.9	29.0	28.1	27.2	26.3	25.4	24.5	23.6	22.7	21.8	20.9	20.0	19.1	18.2	17.3	16.4	15.5	14.6	13.7	12.8	11.9	11.0	10.1	9.2	8.3	7.4	6.5	5.6	4.7	3.8	2.9	2.0	1.1	0.2	0.3	1.4	2.5	3.6	4.7	5.8	6.9	8.0	9.1	10.2	11.3	12.4	13.5	14.6	15.7	16.8	17.9	19.0	20.1	21.2	22.3	23.4	24.5	25.6	26.7	27.8	28.9	30.0	31.1	32.2	33.3	34.4	35.5	36.6	37.7	38.8	39.9	41.0	42.1	43.2	44.3	45.4	46.5	47.6	48.7	49.8	50.9	52.0	53.1	54.2	55.3	56.4	57.5	58.6	59.7	60.8	61.9	63.0	64.1	65.2	66.3	67.4	68.5	69.6	70.7	71.8	72.9	74.0	75.1	76.2	77.3	78.4	79.5	80.6	81.7	82.8	83.9	85.0	86.1	87.2	88.3	89.4	90.5	91.6	92.7	93.8	94.9	96.0	97.1	98.2	99.3	100.4	101.5	102.6	103.7	104.8	105.9	107.0	108.1	109.2	110.3	111.4	112.5	113.6	114.7	115.8	116.9	118.0	119.1	120.2	121.3	122.4	123.5	124.6	125.7	126.8	127.9	129.0	130.1	131.2	132.3	133.4	134.5	135.6	136.7	137.8	138.9	140.0	141.1	142.2	143.3	144.4	145.5	146.6	147.7	148.8	149.9	151.0	152.1	153.2	154.3	155.4	156.5	157.6	158.7	159.8	160.9	162.0	163.1	164.2	165.3	166.4	167.5	168.6	169.7	170.8	171.9	173.0	174.1	175.2	176.3	177.4	178.5	179.6	180.7	181.8	182.9	184.0	185.1	186.2	187.3	188.4	189.5	190.6	191.7	192.8	193.9	195.0	196.1	197.2	198.3	199.4	200.5	201.6	202.7	203.8	204.9	206.0	207.1	208.2	209.3	210.4	211.5	212.6	213.7	214.8	215.9	217.0	218.1	219.2	220.3	221.4	222.5	223.6	224.7	225.8	226.9	228.0	229.1	230.2	231.3	232.4	233.5	234.6	235.7	236.8	237.9	239.0	240.1	241.2	242.3	243.4	244.5	245.6	246.7	247.8	248.9	250.0	251.1	252.2	253.3	254.4	255.5	256.6	257.7	258.8	259.9	261.0	262.1	263.2	264.3	265.4	266.5	267.6	268.7	269.8	270.9	272.0	273.1	274.2	275.3	276.4	277.5	278.6	279.7	280.8	281.9	283.0	284.1	285.2	286.3	287.4	288.5	289.6	290.7	291.8	292.9	294.0	295.1	296.2	297.3	298.4	299.5	300.6	301.7	302.8	303.9	305.0	306.1	307.2	308.3	309.4	310.5	311.6	312.7	313.8	314.9	316.0	317.1	318.2	319.3	320.4	321.5	322.6	323.7	324.8	325.9	327.0	328.1	329.2	330.3	331.4	332.5	333.6	334.7	335.8	336.9	338.0	339.1	340.2	341.3	342.4	343.5	344.6	345.7	346.8	347.9	349.0	350.1	351.2	352.3	353.4	354.5	355.6	356.7	357.8	358.9	360.0	361.1	362.2	363.3	364.4	365.5	366.6	367.7	368.8	369.9	371.0	372.1	373.2	374.3	375.4	376.5	377.6	378.7	379.8	380.9	382.0	383.1	384.2	385.3	386.4	387.5	388.6	389.7	390.8	391.9	393.0	394.1	395.2	396.3	397.4	398.5	399.6	400.7	401.8	402.9	404.0	405.1	406.2	407.3	408.4	409.5	410.6	411.7	412.8	413.9	415.0	416.1	417.2	418.3	419.4	420.5	421.6	422.7	423.8	424.9	426.0	427.1	428.2	429.3	430.4	431.5	432.6	433.7	434.8	435.9	437.0	438.1	439.2	440.3	441.4	442.5	443.6	444.7	445.8	446.9	448.0	449.1	450.2	451.3	452.4	453.5	454.6	455.7	456.8	457.9	459.0	460.1	461.2	462.3	463.4	464.5	465.6	466.7	467.8	468.9	470.0	471.1	472.2	473.3	474.4	475.5	476.6	477.7	478.8	479.9	481.0	482.1	483.2	484.3	485.4	486.5	487.6	488.7	489.8	490.9	492.0	493.1	494.2	495.3	496.4	497.5	498.6	499.7	500.8	501.9	503.0	504.1	505.2	506.3	507.4	508.5	509.6	510.7	511.8	512.9	514.0	515.1	516.2	517.3	518.4	519.5	520.6	521.7	522.8	523.9	525.0	526.1	527.2	528.3	529.4	530.5	531.6	532.7	533.8	534.9	536.0	537.1	538.2	539.3	540.4	541.5	542.6	543.7	544.8	545.9	547.0	548.1	549.2	550.3	551.4	552.5	553.6	554.7	555.8	556.9	558.0	559.1	560.2	561.3	562.4	563.5	564.6	565.7	566.8	567.9	569.0	570.1	571.2	572.3	573.4	574.5	575.6	576.7	577.8	578.9	580.0	581.1	582.2	583.3	584.4	585.5	586.6	587.7	588.8	589.9	591.0	592.1	593.2	594.3	595.4	596.5	597.6	598.7	599.8	600.9	602.0	603.1	604.2	605.3	606.4	607.5	608.6	609.7	610.8	611.9	613.0	614.1	615.2	616.3	617.4	618.5	619.6	620.7	621.8	622.9	624.0	625.1	626.2	627.3	628.4	629.5	630.6	631.7	632.8	633.9	635.0	636.1	637.2	638.3	639.4	640.5	641.6	642.7	643.8	644.9	646.0	647.1	648.2	649.3	650.4	651.5	652.6	653.7	654.8	655.9	657.0	658.1	659.2	660.3	661.4	662.5	663.6	664.7	665.8	666.9	668.0	669.1	670.2	671.3	672.4	673.5	674.6	675.7	676.8	677.9	679.0	680.1	681.2	682.3	683.4	684.5	685.6	686.7	687.8	688.9	690.0	691.1	692.2	693.3	694.4	695.5	696.6	697.7	698.8	699.9	701.0	702.1	703.2	704.3	705.4	706.5	707.6	708.7	709.8	710.9	712.0	713.1	714.2	715.3	716.4	717.5	718.6	719.7	720.8	721.9	723.0	724.1	725.2	726.3	727.4	728.5	729.6	730.7	731.8	732.9	734.0	735.1	736.2	737.3	738.4	739.5	740.6	741.7	742.8	743.9	745.0	746.1	747.2	748.3	749.4	750.5	751.6	752.7	753.8	754.9	756.0	757.1	758.2	759.3	760.4	761.5	762.6	763.7	764.8	765.9	767.0	768.1	769.2	770.3	771.4	772.5	773.6	774.7	775.8	776.9	778.0	779.1	780.2	781.3	782.4	783.5	784.6	785.7	786.8	787.9	789.0	790.1	791.2	792.3	793.4	794.5	795.6	796.7	797.8	798.9	800.0	801.1	802.2	803.3	804.4	805.5	806.6	807.7	808.8	809.9	811.0	812.1	813.2	814.3	815.4	816.5	817.6	818.7	819.8	820.9	822.0	823.1	824.2	825.3	826.4	827.5	828.6	829.7	830.8	831.9	833.0	834.1	835.2	836.3	837.4	838.5	839.6	840.7	841.8	842.9	844.0	845.1	846.2	847.3	848.4	849.5	850.6	851.7	852.8	853.9	855.0	856.1	857.2	858.3	859.4	860.5	861.6	862.7	863.8	864.9	866.0	867.1	868.2	869.3	870.4	871.5	872.6	873.7	874.8	875.9	877.0	878.1	879.2	880.3	881.4	882.5	883.6	884.7	885.8	886.9	888.0	889.1	890.2	891.3	892.4	893.5	894.6	895.7	896.8	897.9	899.0	900.1	901.2	902.3	903.4	904.5	905.6	906.7	907.8	908.9	910.0	911.1	912.2	913.3	914.4	915.5	916.6	917.7	918.8	919.9	921.0	922.1	923.2	924.3	925.4	926.5	927.6	928.7	929.8	930.9	932.0	933.1	934.2	935.3	936.4	937.5	938.6	939.7	940.8	941.9	943.0	944.1	945.2	946.3	947.4	948.5	949.6	950.7	951.8	952.9	954.0	955.1	956.2	957.3	958.4	959.5	960.6	961.7	962.8	963.9	965.0	966.1	967.2	968.3	969.4	970.5	971.6	972.7	973.8	974.9	976.0	977.1	978.2	979.3	980.4	981.5	982.6	983.7	984.8	985.9	987.0	988.1	989.2	990.3	991.4	992.5	993.6	994.7	995.8	996.9	998.0	999.1	1000.2	1001.3	1002.4	1003.5	1004.6	1005.7	1006.8	1007.9	1009.0	1010.1	1011.2	1012.3	1013.4	1014.5	1015.6	1016.7	1017.8	1018.9	1020.0	1021.1	1022.2	1023.3	1024.4	1025.5	1026.6	1027.7	1028.8	1029.9	1031.0	1032.1	1033.2	1034.3	1035.4	1036.5	1037.6	1038.7	1039.8	1040.9	1042.0	1043.1	1044.2	1045.3	1046.4	1047.5	1048.6	1049.7	1050.8	1051.9	1053.0	1054.1	1055.2	1056.3	1057.4	1058.5	1059.6	1060.7	1061.8	1062.9	1064.0	1065.1	1066.2	1067.3	1068.4	1069.5	1070.6	1071.7	1072.8	1073.9	1075.0	1076.1	1077.2	1078.3	1079.4	1080.5	1081.6	1082.7	1083.8	1084.9	1086.0	1087.1	1088.2	1089.3	1090.4	1091.5	1092.6	1093.7	1094.8	1095.9	1097.0	1098.1	1099.2	1100.3	1101.4	1102.5	1103.6	1104.7	1105.8	1106.9	1108.0	1109.1	1110.2	1111.3	1112.4	1113.5	1114.6	1115.7	1116.8	1117.9	1119.0	1120.1	1121.2	1122.3	1123.4	1124.5	1125.6	1126.7	1127.8	1128.9	1130.0	1131.1	1132.2	1133.3	1134.4	1135.5	1136.6	1137.7	1138.8	1139.9	1141.0	1142.1	1143.2	1144.3	114



TIPO DE BARRAS	COSTO EN DOLLS/TN.	CURVA DE JOMINY	DUREZA EN RC	CRISTALES	MR	DUREZA DE REVENIDO EN RC													
						1/2 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A										
						400	500	600	650	500	550	600	650						
SAE 5	3.9	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 6	3.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 7	3.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 8	3.1	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 5	4.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 6	4.2	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 7	3.9	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 8	3.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 5	5.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 6	5.2	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 7	4.8	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
SAE 8	4.4	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 5	5.7	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 6	5.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 7	4.9	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 8	4.5	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 5	6.1	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 6	5.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 7	5.2	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 8	4.8	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 5	6.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 6	5.8	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 7	5.4	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 8	5.0	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 5	7.2	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 6	6.6	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 7	6.1	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN19A 8	5.7	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 5	7.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 6	6.8	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 7	6.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 8	5.8	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 5	7.4	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 6	6.9	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 7	6.3	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650
EN110 8	5.9	1/16	1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650





TIPO DE BARRA	COSTO EN DOLLS/TN	CURVA DE JOMINY (DUREZA EN RC)				CRISTALES AUSTENITA	MARTEMITA	HR (DUREZA DE REVENIDO EN RC)																		
		1/16	1/4	1/2	3/4			1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650	1 400	1 450	1 500	1 550	1 600
5 4.9	264	59.0	59.0	54.1	49.3	44.5	41.4	39.4	38.0	36.9	308	278	123	48.7	46.3	44.0	41.7	39.3	37.0	36.9	44.4	41.9	39.4	37.0	34.5	
6 4.5		59.0	59.0	54.1	49.3	44.5	41.4	39.4	38.0	36.9																
7 4.1		59.0	57.8	50.6	44.0	38.9	35.8	34.2	32.7	31.9																
8 3.8	264	59.0	57.5	48.7	41.8	36.7	33.7	32.0	30.8	30.1	308	278	123	48.7	46.3	44.0	41.7	39.3	37.0	36.9	44.4	41.9	39.4	37.0	34.5	
5 5.3		59.0	59.0	56.1	52.9	48.3	45.5	43.8	42.2	41.2																
6 4.9		59.0	59.0	54.1	49.3	44.5	41.4	39.4	38.0	36.9																
7 4.5		59.0	58.7	52.6	47.2	42.1	38.9	37.2	35.7	34.7																
8 4.2	280	59.0	57.8	50.6	44.0	38.9	35.8	34.2	32.7	31.9	305	275	120	48.6	46.4	44.2	42.0	39.8	37.6	36.8	44.5	42.1	39.8	37.5	35.1	
5 6.3		59.0	59.0	58.7	57.8	58.7	54.6	53.6	51.3	51.7																
6 5.8		59.0	59.0	57.8	55.9	52.4	50.0	48.5	47.5	46.2																
7 5.4		59.0	59.0	56.1	52.9	48.3	45.5	43.8	42.2	41.2																
8 5.0	268	59.0	59.0	54.6	50.0	45.2	42.1	40.4	38.8	37.8	307	277	122	48.9	46.9	44.9	42.9	40.8	38.8	37.1	45.0	42.8	40.6	38.5	36.3	
5 6.8		59.0	59.0	59.0	59.0	59.0	58.4	57.8	57.2	56.7																
6 6.3		59.0	59.0	58.7	57.8	58.7	54.6	53.6	51.3	51.7																
7 5.8		59.0	59.0	57.8	55.9	52.4	50.0	48.5	47.5	46.2																
8 5.4	284	59.0	59.0	56.7	53.6	49.1	46.2	44.6	43.2	42.1	321	291	136	52.1	50.1	48.1	46.2	44.2	42.2	40.2	50.3	48.2	46.1	43.9	41.8	39.7
5 1.8		60.0	46.5	31.5	24.9	21.8	20.1	19.2	18.4	18.0																
6 1.7		60.0	44.4	29.1	23.0	20.4	18.7	17.8	17.1	16.5																
7 1.5		60.0	42.5	27.4	21.9	19.4	17.8	16.9	16.2	15.5																
8 1.4	242	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	324	294	139	50.3	46.8	43.4	40.0	36.6	33.1	48.4	44.9	41.3	37.8	34.2	30.7	
5 2.6		60.0	53.8	40.0	33.1	28.5	25.8	24.5	23.7	23.0																
6 2.4		60.0	52.4	38.0	31.2	26.8	24.5	23.3	22.5	21.8																
7 2.2		60.0	50.6	36.1	29.1	25.2	23.1	22.0	21.2	20.6																
8 2.0	237	60.0	48.9	34.3	27.3	23.9	21.9	20.9	20.1	19.5	289	259	104	49.3	45.8	42.4	39.0	35.6	32.1	47.4	43.9	40.3	36.8	33.2	29.7	
5 2.0		60.5	50.0	35.3	28.1	24.5	22.5	21.4	20.7	20.0																
6 1.9		60.5	48.2	33.3	26.3	23.0	21.2	20.2	19.4	18.9																
7 1.7		60.5	46.3	31.1	24.5	21.5	19.8	18.9	18.1	17.6																
8 1.6	242	60.5	44.1	28.5	22.7	20.0	18.4	17.5	16.8	16.2	313	283	128	47.8	45.2	42.7	40.1	37.6	35.0	45.9	43.3	40.6	37.9	35.2	32.5	
5 2.8		60.5	55.5	41.8	34.9	30.3	27.3	26.0	25.0	24.3																
6 2.6		60.5	54.2	40.3	33.4	28.8	26.0	24.7	23.9	23.2																
7 2.4		60.5	53.0	38.9	32.0	27.5	25.0	23.9	23.0	22.3																
8 2.2	262	60.5	51.4	37.0	29.8	25.6	23.6	22.6	21.8	21.1	306	276	121	47.8	45.3	42.7	40.1	37.5	34.9	46.0	43.3	40.6	37.9	35.2	32.4	
5 3.8		60.5	59.0	50.0	42.9	37.6	34.5	32.8	31.5	30.8																
6 3.5		60.5	58.4	48.0	40.7	35.6	32.5	30.9	29.6	29.0																
7 3.3		60.5	57.6	45.6	38.5	33.6	30.5	29.0	27.8	27.2																
8 3.0	247	60.5	57.0	44.3	37.1	32.3	29.2	27.8	26.7	26.1	302	272	117	48.5	45.8	43.1	40.4	37.6	34.9	46.7	43.9	41.0	38.1	35.3	32.4	

TIPO DE TACEROS	COSTO EN DOLLS/TN.	CURVA DE JOMINY (DUREZA EN RC)				CRISTALES AUSTENITA MARTENITA	MS	DUREZA DE REVENIDO EN RC																		
		1/4	1/2	3/4	1			1/2 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO EN RC																
5 1.5	161.0	43.2	27.9	22.3	19.8	18.1	17.2	16.4	15.8																	
6 1.4	161.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
7 1.3	161.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
8 1.2	234	161.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	317	287	132	49.7	46.2	42.8	39.4	36.0	32.5	47.8	44.3	40.7	37.2	33.6	30.1		
5 1.1	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
6 1.0	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
7 .9	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
8 .8	215	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	306	276	121	46.9	43.4	40.0	36.6	33.2	29.7	45.0	41.5	37.9	34.4	30.8	27.3		
5 3.3	162.0	59.0	46.7	39.4	34.4	31.3	29.7	28.5	27.9																	
6 3.0	162.0	58.4	45.4	38.0	33.1	29.9	28.5	27.4	26.7																	
7 2.8	162.0	56.8	42.9	35.8	31.0	27.9	26.6	25.6	25.0																	
8 2.6	240	162.0	55.6	41.3	34.2	29.5	26.6	25.4	23.8	293	263	108	48.9	46.0	43.2	40.3	37.4	34.6	47.1	44.1	41.1	38.1	35.1	32.1		
5 4.9	162.0	62.0	56.8	51.8	46.7	43.5	41.4	40.0	38.8																	
6 4.5	162.0	61.3	54.8	48.8	43.3	40.0	38.2	36.6	35.7																	
7 4.1	162.0	60.7	53.2	46.2	40.9	37.6	35.9	34.4	33.6																	
8 3.8	291	162.0	60.4	51.2	43.9	38.6	35.4	33.6	31.6	271	241	86	50.3	47.4	44.5	41.7	38.8	36.0	48.5	45.5	42.5	39.5	36.5	33.5		
5 5.1	162.0	62.0	58.2	54.1	49.2	46.0	44.2	42.6	41.4																	
6 4.7	162.0	61.6	56.3	51.2	45.9	42.6	40.6	39.1	38.0																	
7 4.4	162.0	61.3	54.1	48.0	42.6	39.2	37.4	35.9	34.9																	
8 4.0	275	162.0	60.7	52.5	45.5	40.1	36.9	35.2	32.9	284	254	99	50.3	47.9	45.6	43.2	40.8	38.4	48.5	46.0	43.5	41.0	38.5	36.0		
5 5.4	162.0	62.0	59.0	55.6	50.8	47.8	46.0	44.4	43.3																	
6 5.0	162.0	62.0	57.4	52.5	47.5	44.2	42.4	40.7	39.7																	
7 4.6	162.0	61.6	55.3	49.6	44.2	40.9	39.1	37.5	36.4																	
8 4.2	265	162.0	61.0	53.6	47.1	41.7	38.5	36.6	34.2	293	263	108	50.0	48.0	46.0	44.0	42.0	40.0	48.2	46.0	43.9	41.8	39.7	37.5		
5 5.6	162.0	62.0	60.1	57.6	53.4	50.6	49.0	47.6	46.4																	
6 5.2	162.0	62.0	58.2	54.1	49.2	46.0	44.2	42.6	41.4																	
7 4.8	162.0	61.6	56.3	51.2	45.9	42.6	40.6	39.1	38.0																	
8 4.4	280	162.0	61.3	54.8	48.4	43.3	40.0	38.2	36.6	284	254	99	50.6	48.4	46.2	44.0	41.8	39.6	48.8	46.5	44.1	41.8	39.5	37.1		
5 6.3	162.0	62.0	61.6	60.4	58.2	56.6	55.3	54.3	53.4																	
6 5.8	162.0	62.0	60.4	58.2	54.1	51.6	50.0	48.8	47.5																	
7 5.3	162.0	62.0	59.0	55.6	50.8	47.8	46.0	44.4	43.3																	
8 4.9	266	162.0	62.0	57.4	52.5	47.5	44.2	42.4	40.7	208	258	103	50.7	48.6	46.6	44.5	42.5	40.4	48.9	46.7	44.5	42.3	40.1	37.9		
5 8.0	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
6 7.4	162.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0																	
7 6.8	162.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	61.3	60.7	60.1																	
8 6.3	306	162.0	62.0	61.6	60.7	61.6	57.6	56.3	54.3	273	243	88	51.5	49.5	47.5	45.6	43.6	41.6	49.7	47.6	45.5	43.3	41.2	39.1		



TIPO DE ACEROS	COSTO EN BARRA DE JOMINY (DUREZA EN RC) I CRISTALES I ANILINADA I				MR (DUREZA DE REVENIDO EN RC) I				
	1/16	1/4	3/4	1	1/2	3/4	1	1 1/2	
5 5.4	64.0	64.0	61.5	58.1	53.3	50.1	48.4	46.8	45.7
6 5.0	64.0	64.0	59.8	55.1	50.0	46.7	44.7	42.9	41.8
7 4.6	64.0	63.6	57.6	52.0	46.5	43.0	41.1	39.5	38.4
8 4.2	275	64.0	63.0	55.4	48.6	43.0	39.7	37.8	35.3
5 1.1	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 1.0	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 .9	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 .8	213	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 1.2	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 1.1	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 1.0	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 .9	215	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 1.3	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 1.2	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 1.1	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 1.0	215	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 1.4	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 1.3	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 1.2	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 1.1	216	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 1.4	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6 1.3	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 1.2	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 1.1	215	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 1.5	65.0	43.3	27.7	22.5	19.9	18.4	17.5	16.7	15.9
6 1.3	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 1.2	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 1.1	215	65.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 2.0	65.0	52.6	36.5	29.0	25.3	23.3	22.2	21.3	20.8
6 1.8	65.0	50.3	34.2	27.0	23.6	21.8	20.8	20.0	19.5
7 1.7	65.0	48.8	32.5	25.6	22.6	20.8	19.8	19.0	18.4
8 1.5	222	65.0	46.0	29.7	23.7	21.1	19.3	18.4	17.5
5 2.3	65.0	56.0	40.7	33.2	28.6	26.1	25.0	24.1	23.3
6 2.1	65.0	54.8	39.1	31.5	27.3	25.0	23.9	23.0	22.3
7 2.0	65.0	52.6	36.5	29.0	25.3	23.3	22.2	21.3	20.8
8 1.8	237	65.0	50.3	34.2	27.0	23.6	21.8	20.8	19.5

TIPO DE BARRAS	COSTO EN DOLLS/TN.	CURVA DE JOMINY	DUREZA EN RC	CRISTALES	AUSTENITA	MARTENITA	HR			DUREZA DE REVENIDO EN RC																		
							1/2 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A	1 MORA DE REVENIDO A																			
		1/4	1/2	3/4	1	5/4	3/2	7/4	2	MS	M50	M90	400	450	500	550	600	650	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000			
5 2.5	65.0	58.2	43.3	35.9	30.9	27.9	26.6	25.6	25.0																			
6 2.3	65.0	58.0	40.7	33.2	28.6	26.1	25.0	24.1	23.3																			
7 2.1	65.0	54.8	39.1	31.5	27.3	25.0	23.9	23.0	22.3																			
8 2.0	65.0	52.6	36.5	29.0	25.3	23.3	22.2	21.3	20.8	239	209	54	59.7	56.5	53.3	50.1	46.9	43.7	57.9	54.6	51.2	47.9	44.5	41.2				
5 2.6	65.0	59.0	44.2	36.7	31.8	28.6	27.3	26.3	25.5																			
6 2.4	65.0	57.0	41.8	34.3	29.5	26.9	25.6	24.7	24.0																			
7 2.2	65.0	55.3	39.7	32.0	27.7	25.3	24.2	23.4	22.6																			
8 2.0	65.0	53.7	36.0	30.2	26.3	24.2	23.0	22.2	21.5	257	227	72	50.7	47.7	44.8	41.8	38.8	35.8	48.9	45.8	42.7	39.6	36.5	33.4				
5 2.6	65.0	58.2	43.3	35.9	30.9	27.9	26.6	25.6	25.0																			
6 2.4	65.0	56.7	41.2	33.8	29.0	26.5	25.3	24.4	23.7																			
7 2.2	65.0	55.3	39.7	32.0	27.7	25.3	24.2	23.4	22.6																			
8 2.0	65.0	53.0	37.2	29.6	25.8	23.8	22.6	21.8	21.2	259	229	74	56.3	52.8	49.4	46.0	42.6	39.1	54.4	50.9	47.3	43.8	40.2	36.7				
5 2.6	65.0	59.0	44.2	36.7	31.8	28.6	27.3	26.3	25.5																			
6 2.4	65.0	57.0	41.8	34.3	29.5	26.9	25.6	24.7	24.0																			
7 2.2	65.0	55.7	40.2	32.6	28.1	25.6	24.6	23.7	23.0																			
8 2.0	65.0	53.7	38.0	30.2	26.3	24.2	23.0	22.2	21.5	243	213	58	56.0	53.7	51.4	49.0	46.7	44.4	54.2	51.8	49.3	46.8	44.3	41.9				
5 2.7	65.0	59.6	44.9	37.5	32.5	29.3	27.9	26.9	26.2																			
6 2.5	65.0	57.5	42.3	34.9	30.0	27.1	26.0	25.0	24.3																			
7 2.3	65.0	56.0	40.7	33.2	28.6	26.1	25.0	24.1	23.3																			
8 2.1	65.0	54.8	39.1	31.5	27.3	25.0	23.9	23.0	22.3	222	192	37	57.0	54.7	52.4	50.0	47.7	45.4	55.2	52.8	50.3	47.8	45.3	42.9				
5 2.8	65.0	60.1	45.9	38.3	33.4	30.0	28.5	27.4	26.8																			
6 2.6	65.0	59.0	44.2	36.7	31.8	28.6	27.3	26.3	25.5																			
7 2.4	65.0	57.0	41.8	34.3	29.5	26.9	25.6	24.7	24.0																			
8 2.2	65.0	55.3	39.7	32.0	27.7	25.3	24.2	23.4	22.6	258	228	73	57.3	53.9	50.5	47.1	43.6	40.2	55.5	52.0	48.4	44.8	41.3	37.7				
5 3.4	65.0	62.5	50.7	43.0	37.5	34.3	32.5	31.1	30.5																			
6 3.1	65.0	61.6	48.3	40.7	35.5	32.0	30.5	29.3	28.6																			
7 2.9	65.0	60.1	45.9	38.3	33.4	30.0	28.5	27.4	26.8																			
8 2.7	65.0	59.0	44.2	36.7	31.8	28.6	27.3	26.3	25.5	234	204	49	58.0	55.2	52.3	49.5	46.6	43.7	56.2	53.2	50.2	47.2	44.2	41.3				
5 3.7	65.0	63.1	52.2	44.5	39.0	35.7	33.9	32.5	31.8																			
6 3.4	65.0	62.2	50.0	42.2	36.9	33.5	31.8	30.5	29.9																			
7 3.1	65.0	61.6	48.3	40.7	35.5	32.0	30.5	29.3	28.6																			
8 2.9	65.0	60.1	45.9	38.3	33.4	30.0	28.5	27.4	26.8	250	220	65	52.0	49.1	46.3	43.4	40.5	37.7	50.2	47.2	44.2	41.2	38.2	35.2				
5 4.0	65.0	63.7	55.0	47.7	42.0	38.6	36.9	35.4	34.5																			
6 3.7	65.0	63.1	52.2	44.5	39.0	35.7	33.9	32.5	31.8																			
7 3.4	65.0	62.5	50.7	43.0	37.5	34.3	32.5	31.1	30.5																			
8 3.1	65.0	61.6	48.3	40.7	35.5	32.0	30.5	29.3	28.6	256	226	71	57.7	54.4	51.1	47.8	44.6	41.3	55.9	52.5	49.0	45.6	42.2	38.8				

