



20/11

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

**EL REVENIDO COMO TRATAMIENTO
TERMICO DE SERVICIO**

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO METALURGICO

P r e s e n t a :

MARIA MAGDALENA GRIZ CRUZ

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E .

	pag.
Introducción	1
Antecedentes	4
Planeación de la experimentación	11
Desarrollo del experimento	16
Resultados	22
Datos experimentales	24
Curvas " U " para W-2	92
Gráficas Dureza Potencial vs Temperatura para W-2	131
Gráficas Dureza en Revenido vs Temperatura para W-2	148
Gráficas Dureza en Revenido vs Tiempo para W-2 ...	158
Curvas " U " para 9840	170
Gráficas Dureza Potencial vs Temperatura para 9840	191
Gráficas Dureza en Revenido vs Temperatura para - 9840	215
Gráficas Dureza en Revenido vs Tiempo para 9840 ..	221
Discusión y Conclusiones	231
Bibliografía	239

INTRODUCCION .

Debido a que el revenido es un tratamiento térmico al que se someten las piezas previamente templadas , y después del cual , el acero tratado queda apto para su utilización , se le ha llamado tratamiento térmico de servicio .

Como tal , tiene por finalidad , dar al acero las propiedades mecánicas requeridas para su uso . Pero aquí se presenta un problema , y es el de encontrar las condiciones bajo las cuales deberá efectuarse el revenido , para cada circunstancia de trabajo específica . Esta dificultad es la que ha motivado a efectuar el presente trabajo , el cual tiene como objetivo , encontrar las mejores condiciones de tratamiento para dos aceros seleccionados 9840 y W-2 , como ejemplo , ya que estudiar cada caso particular resultaría ser un trabajo demasiado extenso , pero precisamente otro de los objetivos , es establecer la técnica a seguir , para encontrar esas condiciones de tratamiento en cualquier otro caso . Esta técnica consiste en obtener gráficas de dureza potencial en función de la temperatura , tiempo y sección de la pieza , y evaluar la utilidad que tienen , para obtener las propiedades mecánicas requeridas para el servicio .

Hasta ahora y sobre todo a nivel industrial , al revenido no se le ha dado la importancia que requiere , pues se efectúa usando relaciones muy generales , que en algunos casos no funcionan , teniendo como resultado un acero inadecuado para el servicio . Por ejemplo , se ha venido tomando al tiempo co-

mo parámetro secundario , pues es la temperatura la que se considera en primer término , y de hecho es la que determina las propiedades finales , sin embargo se ha comprobado , que el tiempo también influye sobre dichas propiedades , y es por esto que se trató de determinar cuanto afecta y de que manera durante el proceso de revenido , además de encontrar una relación tiempo-temperatura , que ofreciera mejores resultados dependiendo de lo que se requiera en propiedades mecánicas finales .

Hasta ahora se ha fijado la temperatura de tratamiento de acuerdo a las propiedades mecánicas requeridas , y el tiempo acorde con las dimensiones de la pieza ; pero también se considera el tipo de acero , ya que la composición de este influye en la determinación de las condiciones de tratamiento , puesto que algunos aceros son mas fáciles de ablandarse por revenido que otros , tal situación hace obligado considerar la dureza potencial como una variable mas de revenido , y es esta la aportación del trabajo a la información existente sobre revenido , pues hasta ahora se ha considerado esta propiedad en el acero como una constante con su composición , y se ha visto que no solo depende de este factor sino que tiene variaciones importantes con la sección de la pieza y con la posición a la que se determine , de aquí la importancia de contar con gráficas de dureza potencial en función de la temperatura , tiempo y sección de la pieza a diferentes posiciones dentro de esta . Además tambien se han hecho consideraciones de distribución de la dureza obtenida en revenido desde la superficie de

la pieza hacia el centro , para tener la mayor información posible sobre resultados obtenidos por revenido , que ayuden a considerar cuales serán las condiciones de tratamiento , para poder obtener así las propiedades mecánicas requeridas para el servicio ,

ANTECEDENTES .

REVENIDO .

La fragilidad característica de la martensita producida en temple , obliga a efectuar un tratamiento posterior en el acero que es el revenido , el cual se realiza en un rango de temperaturas comprendido entre 120 y 675°C .

Cuando se precisa de una dureza elevada , la temperatura de revenido no es muy alta , se limita a 140 - 250°C y si la propiedad a elevar es la tenacidad , entonces se reviene entre 450 -650°C , el rango comprendido entre 250 -450°C no es muy usado en este tratamiento debido a procesos de fragilización que se verifican en el acero .

El revenido como cualquier proceso de calentamiento , produce modificaciones en la red que originan transformaciones y estas varían de acuerdo a la temperatura de revenido . Este tratamiento se ha dividido en cuatro etapas , la primera se efectúa a una temperatura inferior a los 200°C , y se caracteriza por la disminución de la tetragonalidad de la martensita debido a la formación de un carburo hexagonal de transición , llamado carburo ϵ . La precipitación de este carburo produce en aceros de alto contenido de carbono un ligero aumento de dureza (aproximadamente 1 Rc) y en aceros de menor proporción de carbono solo origina una disminución en la dureza .

Cuando la temperatura de revenido está entre 200 - 300°C se presenta la segunda etapa de revenido , durante esta se produce la transformación de la austenita retenida (en aceros no muy aleados) y también se lleva a cabo el fenómeno de fragilización en revenido , que ya se había mencionado .

Entre 300 - 500°C , que es la tercera etapa de revenido se produce una franca disminución de dureza , debido a la precipitación de la cementita . La dureza disminuye siempre y cuando el acero no contenga elementos de aleación que le confieran resistencia al revenido . De lo contrario en esta etapa , si el acero contiene elementos formadores de carburos , se registrará un aumento en la dureza , debido a la precipitación de estos .*

Cuando se reviene a temperaturas superiores a los 600°C este proceso puede considerarse como un recocido de ablandamiento . Estos revenidos se utilizan sólomente en piezas de acero - que van a mecanizarse por corte de viruta .

Si al temple le sucede un revenido , este tratamiento en conjunto permite obtener en el acero , un campo de durezas muy amplio sin mas trabajo que acomodar convenientemente la temperatura y el tiempo de revenido . Pero el tomar una propiedad mecánica definida como único índice de los resultados del tratamiento , puede implicar graves consecuencias , por lo que deben considerarse varias propiedades que ayuden a definir las - condiciones del tratamiento .

En la literatura se encuentra alguna información sobre

otras propiedades mecánicas con respecto al revenido , por ejemplo en la figura N° 1 se pone de manifiesto la fragilidad que se presenta cuando el acero es enfriado lentamente desde una temperatura de revenido alta , o bien cuando se reviene entre 375 y 550°C . Estos ensayos se llevan a cabo midiendo los valores de resiliencia entre -125 y +100°C , sobre probetas Masnager con entalla en " U " de 2mm de profundidad en aceros con aproximadamente 0.5% C , 0.95% Cr y entre 0 - 1.10% W . Como tratamientos de referencia se ha tomado al revenido tenaz a 650°C de una hora de duración con enfriamiento en aceite . El doble revenido de sensibilización se efectúa a 600° C con una hora seguido de un revenido a 525°C durante hora y media y con enfriamiento en aceite .

También pueden encontrarse gráficas correspondientes al límite elástico como función de la resistencia a la tracción como la que se presenta en la figura N° 2 . Aquí se muestra que independientemente del diámetro tratado , existe una relación lineal entre el límite elástico y la resistencia a la tracción del acero , en un campo de resistencia de 85 a 135 kg/mm² . En la figura N° 3 puede observarse que los alargamientos conseguidos manifiestan una clara influencia del diámetro , pues para la misma resistencia a la tracción los valores máximos de alargamiento sólo se alcanzan en piezas de menor diámetro , y en la figura N° 4 se muestra la resistencia a la tracción en función de la carga de rotura y se observa el mismo hecho anterior la resiliencia es mucho menor , para igual resistencia a la tracción en redondos de mayor tamaño .

Por otro lado también se encuentran gráficas de la dureza obtenida en revenido en función del tiempo , como la que se muestra en la figura N° 5 y en la que se observa que el efecto del tiempo en la disminución de la dureza es una función semilogarítmica , de manera que las mayores variaciones se originan en principio . En la práctica puede decirse que es la temperatura de revenido quien determina principalmente la dureza obtenida .

Pero toda esta información solo es demostrativa , es decir que sólo nos muestran la influencia de algunos factores que intervienen en el revenido , y solo se encuentran para algunos aceros específicos , de tal manera que nos proporcionan una idea vaga de lo que puede obtenerse por revenido , o bien del comportamiento del acero en tales situaciones , pero no da una idea exacta de como debe efectuarse el tratamiento para obtener las propiedades que se requieran para un uso determinado de la pieza que se quiera tratar . Por tal razón se considera que debe contarse con información mas precisa en cuanto a revenido se refiere , para tener la seguridad de obtener realmente las propiedades perseguidas al efectuar dicho tratamiento .

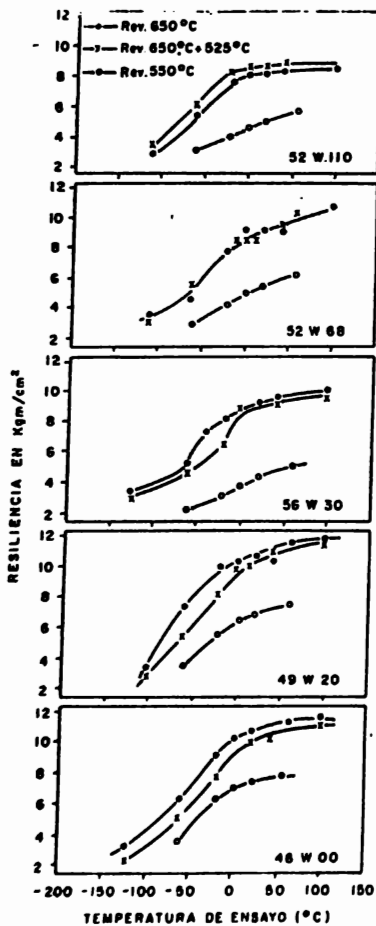


Figura N° 1

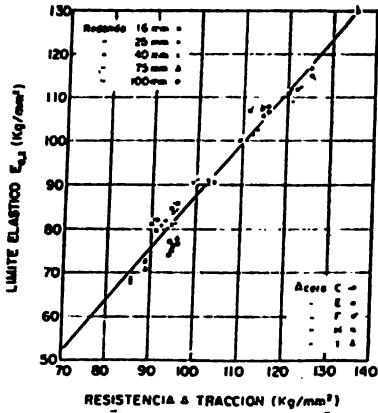


Figura N° 2

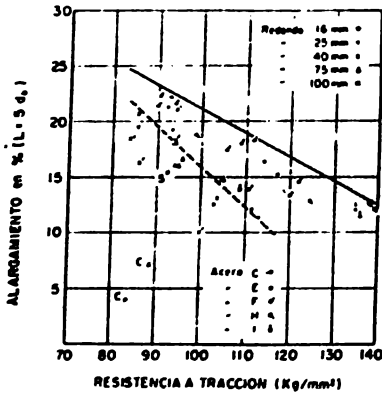


Figura N° 3

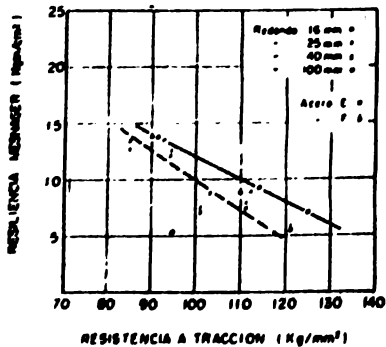


Figura N° 4

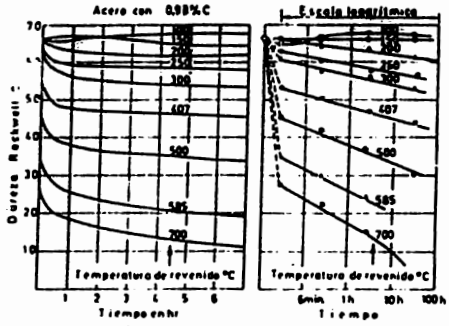


Figura N° 5

PLANEACION DE LA EXPERIMENTACION .

Selección de materiales de prueba .

Para poder establecer comparación , entre las condiciones de revenido para un caso u otro , se llegó la conclusión , de que se necesitarían por lo menos dos aceros , que cumplieran con los siguientes requisitos :

- 1).- Que fueran aceros con diferente contenido de carbono .
- 2).- Que uno fuera sólo al carbono y otro con bajos contenidos de elementos de aleación .
- 3).- Que estuvieran disponibles en el mercado , es decir que no presentaran dificultad para su adquisición .
- 4).- Que su costo no fuera muy elevado .

La condición de que fueran de diferente contenido de carbono , parte de la necesidad de comparar , en ambos aceros la influencia de la concentración de carbono en su templabilidad , por otro lado , y como se pretende también , comparar la influencia de los elementos de aleación en las condiciones del tratamiento , se pide que uno de ellos los contenga en bajas concentraciones . La tercera condición es importante , ya que se intentaba estudiar aceros lo mas comunes posible (l.s llamados aceros de línea) y por lo tanto que estuvieran en existencia en el mercado , por último se pidió que su costo no fuera muy elevado , para que el experimento no resultara demasiado costoso , pues las cantidades de materias usadas hacían un

poco problemática su adquisición debido a su alto costo . Los aceros que cumplían con estas condiciones son el 9840 y W-2 pues se tiene en el primero un contenido de carbono de 0.35 - 0.45 % , y en el segundo 0.9 - 1.2 % , con lo que se logra una diferencia en concentración de carbono de aproximadamente 0.5% y para tener información sobre la influencia del contenido de elementos de aleación se cuenta con que el 9840 los tiene en bajas concentraciones (1.4 - 1.7 % Cr ; 0.15 - 0.25 % Mo y 1.4 - 1.7 % Ni) , por lo tanto se tiene el mínimo de elementos de comparación , que permita establecer el comportamiento de estos aceros , bajo las condiciones que se han fijado .

Una vez seleccionado el material de prueba , se elaboró el plan de trabajo a seguir , donde se determinaron el tiempo , temperatura y secciones que van a probarse , es decir se establecieron las combinaciones T - t - sección requeridas para una buena comparación , que indicara el comportamiento de los aceros seleccionados para cada caso y que son como sigue :

Para W-2

Sección (mm)	Temperatura (° C)	Tiempo (min)
9	93	15
9	93	30
9	93	60

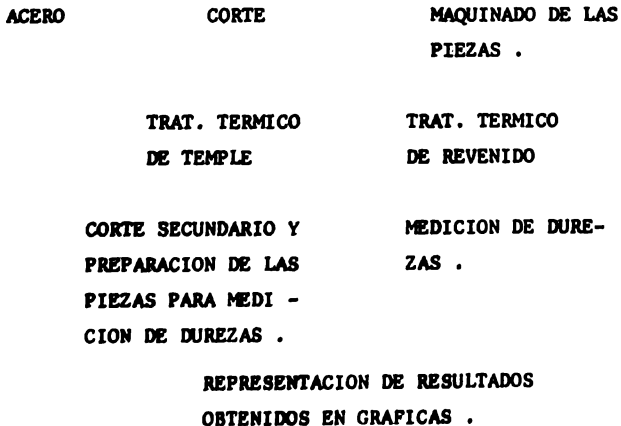
Sección (mm)	Temperatura (° C)	Tiempo (. min)
17	93	15
17	93	30
17	93	60
25	93	15
25	93	30
25	93	60
31	93	15
31	93	30
31	93	60
9	200	15
9	200	30
9	200	60
17	200	15
17	200	30
17	200	60
25	200	15
25	200	30
25	200	60
31	200	15
31	200	30
31	200	60
9	300	15
9	300	30
9	300	60
17	300	15
17	300	30
17	300	60

Sección (mm)	Temperatura (° C)	Tiempo (min)
25	300	15
25	300	30
25	300	60
31	300	15
31	300	30
31	300	60
9	400	15
9	400	30
9	400	60
17	400	15
17	400	30
17	400	60
25	400	15
25	400	30
25	400	60
31	400	15
31	400	30
31	400	60
9	500	15
9	500	30
9	500	60
17	500	15
17	500	30
17	500	60
25	500	15
25	500	30
25	500	60

Sección (mm)	Temperatura (° C)	Tiempo (min)
31	500	15
31	500	30
31	500	60

Para 9840 fueron usadas las mismas combinaciones T - t es decir , un mismo diámetro a la misma temperatura con tres tiempos diferentes . Para este acero se utilizaron diámetros de 9 mm , 19 mm y 31 mm .

Una vez seleccionados los aceros y elaborado el plan de trabajo se llevó a cabo la experimentación , que para tener una noción de cual fue la secuencia seguida se muestra en el diagrama siguiente .



DESARROLLO DEL EXPERIMENTO .

CORTE .

Teniendo el material con el que se va a trabajar , se preparan las probetas que serán utilizadas en el tratamiento. El primer paso , es cortar las barras a un tamaño adecuado . Para que el efecto de transferencia de calor a través de la sección no alterara los resultados , se utilizó una relación de cuatro veces el diámetro de la barra para obtener la longitud de la probeta . De esta manera las dimensiones de estas - fueron las siguientes :

Acero W-2		Acero 9840	
Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
9	32	9	32
17	68	19	76
25	100	31	124
31	124		

Los cortes en las secciones hasta de 25 mm se efectuaron en una cortadora de disco Buelher LTD , y para las barras de 31 mm se utilizó una cortadora alternativa mecánica marca Romano .

MAQUINADO

Con el fin de evitar variaciones en los resultados , debido a la capa oxidada que tiene el acero de llegada , las -- probetas fueron maquinadas en un torno paralelo universal San-

chez Blanes .

Este torneado , además de quitar la capa oxidada , también fue hecho con el fin de dar a las probetas la sección final , ya que originalmente las barras tenían un diámetro mayor en uno o dos milímetros , a las usadas en el experimento .

TEMPLE .

Una vez que se tienen las probetas preparadas , es decir* con las dimensiones correctas , se procede a efectuar el primer tratamiento térmico , que es el temple , ya que como sabemos - para poder revenir una pieza , esta se debe encontrar templada.

Para evitar la descarburación en las probetas , antes de prender el horno se colocó una cama de carbón previamente - molido y luego se colocaron las piezas dentro de este . Para el caso de los diámetros mayores (25 y 31 mm) la austenización se hizo en varios hornos , pues la capacidad de estos no permitía que este proceso se efectuara simultaneamente , con lo que se eliminarían posibles variaciones debido a diferentes velocidades de calentamiento en las probetas , pero en estos casos se procuró que las condiciones de calentamiento fueran lo mas parecidas posible .

El proceso de austenización de las probetas se verifica para 9840 entre 830-850°C y para W-2 entre 780-800°C. Estos datos son función de la composición del acero y son obtenidos del diagrama de equilibrio hierro-carbono .La velocidad de calentamiento fue de aproximadamente 4°C/min y puede ser una referencia

para tratamientos posteriores.

Cuando la temperatura del horno es la indicada, se comienza a tomar el tiempo de permanencia, es decir el tiempo durante el cual las piezas logren una estructura austenítica homogénea. Este tiempo lógicamente va de acuerdo con la dimensión de la probeta, así:

Diámetro (mm)	tiempo de permanencia (min)
9	30
17 y 19	45
25	60
31	90

Cumplidas las condiciones de austenización, se lleva a cabo el temple de las piezas, el medio para efectuarlo fue agua con agitación moderada para ambos casos, teniendo buen cuidado de que cada probeta fuera templada bajo las mismas condiciones, y esto se logra en gran medida, cuidando la temperatura del agua y agitando de la misma manera cada una de ellas.

REVENIDO.

Con las probetas ya templadas, se efectúan los revenidos a diferentes temperaturas y tiempos, para cada sección, como se indicó con anterioridad.

El revenido a 93°C se realiza en agua en ebullición, ya que resulta difícil y además poco confiable el control de esta temperatura en la mufla, por esta razón son 93 y no 100°C que estaría

mas acorde con las temperaturas restantes. Este primer revenido se hace poniendo agua en un recipiente a calentar, un vez que está en ebullición, se introducen las probetas (3 , una por cada tiempo) , debido a que la temperatura disminuye ligeramente al entrar estas en contacto con el agua, se deja estabilizar hasta que alcance otra vez la temperatura indicada, y ahora si empieza a tomarse el tiempo de revenido, de tal manera que la primera probeta se saca a los 15 minutos, la segunda a los 30 minutos y la tercera a los 60 minutos.

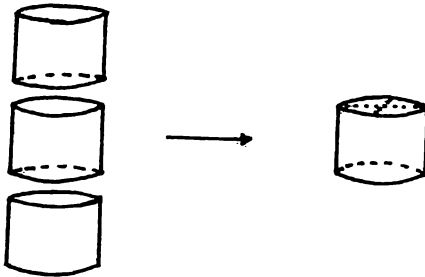
Este mismo procedimiento se sigue con las temperaturas restantes, solo que en estos casos el tratamiento se llevará a cabo en las muflas*.

En todos los casos cuando las probetas han estado expuestas al calor durante el tiempo que se les especificó, se sacan del medio en que estén y se dejan enfriar al aire. Una vez a temperatura ambiente se preparan para la medición de durezas.

CORTE Y PREPARACION PARA MEDICION DE DUREZAS.

Para realizar la medición de durezas, cada probeta fue cortada en tres secciones como se muestra en el diagrama;

* Para los temple y revenidos en mufla fueron usados hornos Thermolyne Tipo 1500 con capacidad de 0 - 1200°C



Como se ve en la figura , a cada probeta se le hicieron dos cortes , aqui para todos los diámetros se utilizó la cortadora de disco Buehler LTD , y se tuvo cuidado de realizar los cortes de tal manera que no hubiera calentamiento del acero durante este y hubieran revenidos locales , sobre todo en las probetas en estado de temple y en las revenidas a mas baja temperatura , ya que se pueden alterar los resultados por este efecto . Para evitar esto se cortó lentamente y con la mayor refrigeración posible (flujo de agua) .

Las tres secciones obtenidas de esta manera , se pasan por las lijas (desde la 240 hasta la 600) para borrar las huellas del corte y obtener asi una superficie mas homogénea que la proporcionada directamente por la cortadora .

MEDICION DE DUREZAS .

Ahora con las partes o secciones ya preparadas , a la obtenida del centro de la barra , es decir la que tiene dos caras pulidas , se le trazan dos diámetros por cara y que son ortogonales

como se muestra en la figura, y los puntos de estas líneas estarán a una distancia aproximada de 1.5 - 2 mm. De tal manera que el penetrador de la maquina quede exactamente en cada punto marcado.

La medición de las durezas se hace en una maquina GHEHM 100 en escala Rockwell C con penetrador de diamante, como con un vértice de 120°. De esta manera se obtienen ocho valores de dureza, por cada posición en la probeta, los valores correspondientes al centro son cuatro, ya que es donde se cruzan las líneas, y no puede medirse otra vez donde ya ha sido medido, de aquí que se obtengan dos valores de la sección central y los otros dos son obtenidos de las partes restantes.

De los valores obtenidos para cada posición se saca un promedio, y este será el valor de dureza correspondiente a esa posición, además este será el dato que se encuentre registrado en las gráficas.

Por último, las probetas que así lo requerían, es decir las que presentaran resultados interesantes, fueron pulidas metalográficamente, atacadas, observadas al microscopio y posteriormente se sacaron fotografías de las partes de mayor interés, estas fotografías se encontrarán en la sección de gráficas con su respectiva explicación.

RESULTADOS

Antes de presentar los resultados obtenidos durante el experimento , es necesario explicar algunos puntos , que ayudarán a la mejor comprensión de dichos resultados .

En primer lugar , el hecho de que no se incluyeran los análisis de los aceros utilizados , se debe a que las probetas fueron obtenidas de barras de diferentes diámetros , que aun cuando se compraron en el mismo lugar , para evitar diferencias por fabricación , estas barras presentaron diferentes composiciones aunque fueran del mismo acero y para hacerlo todavía mas difícil , probetas obtenidas de una misma barra también presentaron diferente composición , esta discrepancia en la composición de las probetas fué detectada a través de una propiedad mecánica que es función de la composición del acero y que es la dureza , y esta situación obligaba a realizar el análisis en cada una de las probetas , lo cual resultó estar fuera del alcance de nuestros medios .

Este problema , de no tener la composición de los aceros , y además que no fuera homogénea en todas las probetas aunado a los errores cometidos durante el experimento , provocaron algunas discrepancias en los resultados , que serán señaladas en su oportunidad .

La solución ideal a el problema de la composición , sería la de obtener las probetas de una sola barra , es decir , que si se van a trabajar diámetros hasta de $1\frac{1}{4}$ " , por dar algún -

ejemplo , se compra una barra de $1\frac{1}{2}$ " , y se maquina para que a partir de esta se obtengan los diámetros requeridos . Esto obviamente representa un desperdicio grande de material , y por lo tanto de dinero , esta dificultad fue la que obligo a efectuar el experimento como ya se explicé , pues aun asi el gasto de material fue considerable . Pero para quienes quieran hacer un estudio mas a conciencia sobre las vasiabes de revenido , y cuente con los medios para efectuarlo , podrá hacerlo con la recomendación que se ha dado .

DATOS EXPERIMENTALES.

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; templado sin revenir

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	64	64	63	64	63.75
3	62	61	64	62	62.25
4.5	62	62	60	60	61
3	64	64	66	64	64.5
1.5	64	65	64	63	64

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	64	64	64	64	64
3	64	64	64	65	64.25
4.5	59	59	59	59	59
3	64	64	64	64	64
1.5	64	64	64	65	64.25

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	64	64	64	64	64
3	64	64	64	64	64
4.5	62	58	58.5	57.5	59
3	64	64.5	64	64	64.125
1.5	65	64.5	64	64	64.375

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	64	64.5	64.5	64.5	64.375
3	65	64	65	64	64.5
4.5	65	64	64.5	64	64.375
3	65	65	64.5	64.5	64.75
1.5	64.5	65	65	65	64.875

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	55	54	56	51	54
3	55	54	52.5	53	53.625
4.5	52	52	51	51	51.5
3	49.5	52	54.5	53.5	52.375
1.5	55	53	55	54	54.25

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	56.5	58	57	57	57.125
3	57.5	57.5	56.5	56	56.875
4.5	54.5	55	54	51	53.625
3	58	58	57	57	57.5
1.5	58	58	58	58	58

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	57	57	56	56	56.5
3	58	58	57	56	57.25
4.5	56	55	53	55.5	54.875
3.	57.5	58	57	57.5	57.5
1.5	58	58	58	57	57.75

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	49	49.5	47	46	47.875
3	49	50	47	43	47.25
4.5	49	49	47	47.5	48.125
3	50	49	47.5	48	48.625
1.5	50	49	49	47	48.75

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	48	49	48	47	48
3	50	50	48	49	49.25
4.5	50	50	49	47.5	49.125
3	50	50	48	49	49.25
1.5	49.5	50	48.5	49	49.125

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	50	49	48	49	49
3	50	50	49	49.5	49.635
4.5	50	47	49.5	49	48.875
3	50	50	49	49	49.5
1.5	49.5	50	49	49	49.375

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	43	42	43	43	42.75
3	43	43.5	44	43	43.375
4.5	43.5	44	43	44	43.625
3	44	44	43	43	43.5
1.5	44	44	42	42	43

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 30 min

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	42.5	42	39	40	40.875
3	42.5	43.5	41	41.5	42.125
4.5	43	43	42	42	42.5
3	43	43	41.5	43	42.635
1.5	42.5	42	42	42.5	42.25

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 60 min:

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	40	41	39	39	39.75
3	41.5	42	40	40.5	41
4.5	42	41	40	41	41
3	41.5	42	40.5	41	41.25
1.5	41	41	41	41	41

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	33	32	32	33	32.5
3	33	31	33	32	32.25
4.5	29	29	28	29	28.75
3	33	34	33	33	33.25
1.5	34	34	33	32	33.25

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	30	31	27	27	28.75
3	31.5	32	29	31	30.875
4.5	31	22	31	26	31
3	31	31.5	29.5	31	30.75
1.5	30	30	30	29	29.75

Acero W-2 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	29.5	29	27	27	28.125
3	29.5	30	27	29	28.875
4.5	30	29.5	29	29.5	29.5
3	30	30	26	29	28.75
1.5	27	28	25	24.5	26.125

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; templado sin revenir

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	62	63	63	62.5	62.625
3	63	63.5	63	62	62.875
5	61.5	62	61.5	58.5	60.875
7	62	62	59	56	59.75
8.5	62	59	55	54	57.5
7	62	61	56	57	58.5
5	63	62.5	55	61.5	60.5
3	63.5	63.5	58	63	62
1	64	64	62.5	62.5	63.25

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)		DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1	64	64	63.5	63	63.875
3	64	64	64	64	64
5	63.5	64	63	63	63.375
7	62	63	62.5	62.5	62.5
8.5	63	61.5	62	61.5	62
7	63	63	63	63	63
5	63.5	63.5	63.5	63	63.375
3	64	64	64	64	64
1	64	65	64	64	64.25

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)		DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1	62	62.5	62	64	62.625
3	60	63.5	63.5	63.5	62.625
5	60	62	62	62	61.5
7	58	61	61	60	60.25
8.5	58	58	60	58	58.5
7	60	61	61	61.5	60.875
5	62	61	62	63	62
3	64	63	63	64	63.5
1	63	63	63	63.5	63.125

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	64	64	63	64	63.75
3	64	64	62	62	63
5	55	54	51	57	54.25
7	42	42	40	40	41.5
8.5	41	35	37	37	37.5
7	42	42	39	40	40.75
5	55	57	49	53	53.5
3	63	63	62	62	62.75
1	65	65	63	63	64

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	60	61	61	61	60.75
3	61	61	62	61	61.25
5	60	60	60	60	60
7	58	59	59	58	58.5
8.5	58	59	58	56	57.75
7	59	58	58	59	58.5
5	60	60	60	60	60
3	61	62	61	61	61.25
1	60	62	62	61	61.25

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 200^\circ\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	57	59	59	59	58.5
3	56	59	59	59	58.25
5	56	58	58	57.5	57.375
7	54	55.5	56	56	55.375
8.5	53	52	54	53	53
7	55	55	55	55	55
5	57	57	57	58	57.25
3	59	58	59	59	58.75
1	59	59	59	60	59.25

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 200^\circ\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	58	58	58	58	58
3	58	58	57	58	57.75
5	56	56	55	56	55.75
7	53	52.5	52	53	52.625
8.5	49	46	50	49	48.5
7	52	52	53	54	52.75
5	54	54	54.5	54	54.125
3	58	57	58	58	57.75
1	59	58	57	58	58

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	55	55	54	53	54.25
3	55	55	53	55	54.25
5	54	54	53	54	53.75
7	53	53.5	53	54.5	53.5
8.5	53	51	53	53	52.5
7	54	54	54	53	53.75
5	54	54	54.5	54	54.125
3	55	54	55	54	54.5
1	55	55	55	54.5	54.5

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	52	51	51	52	51.5
3	52	52	52	51	51.75
5	51.5	52	52	51	51.375
7	51	51	51	51	51
8.5	51	50	51	50	50.5
7	51	52	52	51	51.5
5	51	52	51	51	51.25
3	51	52	51	51	51.25
1	51	52	52	51	51.5

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 300°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	48	48	47	48	47.75
3	48	49	48	49	48.5
5	48	48	47	48	47.75
7	46	47	46	48	46.75
8.5	45	44	46	45	45
7	47	47	47	47	47
5	49	49	47.5	48	48.375
3	5	49	49	50	49.5
1	48	48	48	48	48

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	45	45	44	45	44.75
3	45	44	45	45	44.75
5	45	45	45	44.5	44.75
7	45	45	45	45	45
8.5	45	44	45	44	44.5
7	45	45	44	45	44.75
5	45	45	45	45	45
3	45	45	47	46	45.75
1	45	45	45	45	45

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)			PROMEDIO (Rc)
1	43	43.5	43	42		42.875
3	44	43	43	41		42.75
5	44	44	43	43		43.5
7	44	43	43	43		43.25
8.5	43.5	42	43	42		42.625
7	44	43	44	43		43.5
5	44	44	43	43		43.5
3	44	43	42	43		43
1	43.5	43	42	42		42.625

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)			PROMEDIO (Rc)
1	39	38	39	38		38.5
3	40	41	39	39		39.75
5	41	41	39.5	40		40.375
7	40	41	39.5	40		40.375
8.5	41	38	39	38		38
7	40	41	39	41		40.25
5	40	41	40	39.5		40.125
3	40	41	39	40		40
1	39	39	38.5	38		38.625

Acero w-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	38	36	36	37	36.75
3	38	37	38	37	37.5
5	38	37	37	38	37.5
7	38	38	35	37	37
8.5	37	35	37	36	36.25
7	37	39	38	37	37.75
5	38	38	38	37	37.75
3	37	38	36	38	37.25
1	37	37	37	37	37

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1	32	32	31	32.8	31.875
3	32	32	33	33	32.5
5	32.5	33	31.5	33	32.625
7	33.5	33	33	33	33.125
8.5	33	31	32	31	31.75
7	34	33	32	33	33
5	33.5	33	32	33	32.875
3	33.5	33.5	31.5	33	32.875
1	32.5	32.5	32	32	32.25

Acero W-2 ; $\phi = 17 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)		DUREZA (Rc)			PROMEDIO (Rc)
1	27	25.5	24	25	25.375
3	27	26	24	23	25
5	25	27	24	25	25.25
7	26	26	23	26	25.25
8.5	26	24	23	26	24.25
7	26	25	23	27	25.25
5	27	26	26	24	25.75
3	27	26	24	24	25.25
1	26	25	23	25	24.75

Acero W-2 ; $\emptyset = 25 \text{ mm}$; templado sin revenir.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
2.5	63	64	64	64	63.75
4.5	61	62	61	63	61.75
6.5	57	58	59	58	58
8.5	49	49	53	31	50.5
10.5	44	45	46	46	45
12.5	44	43	44	42	43.25
10.5	45	42	46	47	45
3.5	46	50	48	49	48.25
6.5	56	57	56	59	58
4.5	61	62	61	62	61.5
2.5	64	64	63	64	63.75

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	62	64	64	64	63.5
4.5	61	63	62	62	62
6.5	61.5	61	62	61.5	61.5
8.5	60	60	58	59	59.25
10.5	58	58	55	57	57
12.5	56	57	56	56	56.25
10.5	58	57	57	57	57.25
8.5	59	59	58	60	59
6.5	61	60	60	61	60.5
4.5	63	62.5	62.5	63	62.5
2.5	63	63	63	63	63

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	62	64	62	61	62.25
4.5	41	48	54	39	40
6.5	39	39	38	39	38.75
8.5	40	40	39	38	39.5
10.5	39	41	39	39	39.5
12.5	36	37	21	26	36.5
10.5	34	35	38	37	36
8.5	37	38	39	40	38.5
6.5	41	41	40	39	40.25
4.5	42	41	40	55	41
2.5	59	60	59	63.5	60.375

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	59	56	55	60	56.7
4.5	41	37	35.5	38	38.75
6.5	42	36	36	34	37
8.5	34	34.5	34.5	36	34.75
10.5	33.5	36	35	33	34.375
12.5	7	15	16	21	17.4
10.5	33	34	33	34	33.5
8.5	35	36	31	34	35.125
6.5	36	38	34	32.5	35.125
4.5	37	43.5	36	34	37.625
2.5	57	62	48	57	58.67

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 200^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	62	62	64	63	62.75
4.5	55	58	57	53	56.75
6.5	42	42.5	42	42	42.125
8.5	41	41.5	40	42	41.125
10.5	38	40	36	40	38.5
12.5	16	20	16	25	22.5
10.5	39	41	35	38.5	37.5
8.5	41	41	41	40	40.75
6.5	42	42.5	41.5	43	42.25
4.5	57	52	55	59	57
2.5	62	63	63	63	63.5

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 30 min

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	61	62	60	62	61.25
4.5	61	60	60	61	60.5
6.5	61	60	60	59	60
8.5	58	58	58	57	57.75
10.5	55	56	57	51	56
12.5	34.5	25	25	38.5	36.5
10.5	57	54	55	56	55.5
8.5	58.5	58	58	58	58.125
6.5	58	58.5	60	59	59.875
4.5	62	60	61	62	61
2.5	63	62	61	61	61.75

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	59	59	59	58	58.75
4.5	56	55	58	56	56.25
6.5	50	54	57	53	53.3
8.5	45	46	48	45	46
10.5	45	46	45	43	44.75
12.5	29	41	41	39	41
10.5	44	44	47	45	45
8.5	46	46	46	51	46
6.5	55	53	52	57	54.25
4.5	58	58	58	59	58.75
2.5	59	60	58	58	58.75

Acero w-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	58	58	58	58	58
4.5	57	57	58	58	57.5
6.5	56	54.5	55	55	55.125
8.5	52	51	50	51	51
10.5	48	50	48	49	48.75
12.5	13	20	16	26	23
10.5	50	52	47.5	51	50.125
8.5	51	53	53	52	52.25
6.5	55	56	57	56	56
4.5	57.5	57	57	58	57.375
2.5	59	58,5	58	58	58.25

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	56	55	55	55	55.25
4.5	56	56	55	56	55.75
6.5	55	54	54	54	54.25
8.5	53	52	53	53	52.75
10.5	51.5	51	52	52	51.625
12.5	57	45	26	48,5	46.83
10.5	54	52	51	49	51.5
8.5	53.5	53	54	54	53.625
6.5	54	54	55	54	54.25
4.5	55	55	55	56	55.35
2.5	56	56	55	56	55.75

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 300°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	52	52	51	50	51.25
4.5	49	51	52	52	51
6.5	46	51	51	49	50.33
8.5	44	48	48	45	48
10.5	41	45	45	47	45.66
12.5	44	44	45	43.5	44.125
10.5	46	45	45	44.5	45.125
8.5	49	46	46	48	47.25
6.5	52	51	49	50	50
4.5	52	52	51	50.5	51.375
2.5	52	53	52	51	52

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	52	51	50	52	51.25
4.5	49	51	52	52	51
6.5	51	51	49	46	50.33
8.5	44	48	48	45	45.5
10.5	41	45	45	47	45.66
12.5	44	44	45	43.5	44.125
10.5	46	45	46	44.5	45.125
8.5	49	46	46	48	47.25
6.5	52	51.5	49	50	50.125
4.5	52	52	51	50.5	51.375
2.5	52	53	53	51	52

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	48	48	48	44	47.75
4.5	49	48	48	47.5	48.125
6.5	48.5	47	47	47	47.375
8.5	47	45	44	46	45.5
10.5	44.5	42	43	44	43.375
12.5	44.5	38	43	43	43.5
10.5	44	44	44	45	44.25
8.5	44	45	43	45	44.35
6.5	47	48	46	46.5	46.875
4.5	48	49	45	48	47.5
2.5	48	48.5	46	47	47.625

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	42	44	42	43	42.75
4.5	44	44	43	43	43.5
6.5	43	42	42	42	42.25
8.5	41	42	41	42	41.5
10.5	40	42	41	41	41
12.5	41	40	40	38	39.75
10.5	41	41	41	41	41
8.5	43	41.5	43	42.5	42.5
6.5	44	43	43	43	43.25
4.5	45	44	43.5	44	44.125
2.5	44	44	43	43	43.5

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t= 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	44	43.5	42.5	43	43.125
4.5	43	43	43	43	43
6.5	42.5	41	41	41	41.635
8.5	40	40	39	39	39.5
10.5	40	42	41	38	40.25
12.5	38	36	26	35	36.3
10.5	41	40	40	40	40.25
8.5	40	41	39	40	40
6.5	41	41	40	39	40.25
4.5	44	43	43	42	43
2.5	44	43	43	42	43

Acero W-2 ; $\phi = 25 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	40	38	38	38	39
4.5	39	38	37	38	37.75
6.5	37	36	35	35	35.75
8.5	35	37	34	34	35
10.5	35	34	34	36	34.75
12.5	20	19	18.5	23	21.5
10.5	35	35	35	32	35
8.5	35	35	35	36	35.25
6.5	34.5	38	36	35	35.875
4.5	39	39	37	36	37.75
2.5	39.5	37	38.5	40	38.75

Acero W-2 ; $\varnothing = 26 \text{ mm}$; $T_r = 500^\circ\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
2.5	37	37	33	31	33.25
4.5	32	33	33	34	33
6.5	33	33	32.5	33	32.875
8.5	32	32	33	32	32.25
10.5	32	32	31.5	31	31.875
12.5	31	31	32	32	31.5
8.5	32	32.5	32	32.5	32.125
6.5	33	33.5	32	33	32.875
4.5	33.5	32.5	33	33.5	33
2.5	33.5	33.5	31	33	32.75

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Templado sin revenir

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	62	63	63.5	63.5	63
3.5	58	47	46	49	47.33
5.5	45	46	45	45	45.25
7.5	45	45	45	45	45
9.5	45	44	45	44	44.5
11.5	45	44	42	43	43.5
13.5	44	42	43	42.5	42.875
15.5	43	43	43	40	42.25
13.5	43.5	43	43	43.5	43.25
11.5	45	42	45	45	45
9.5	45	45.5	45	44.5	45
7.5	46	46	45	45.5	45.625
5.5	45	46	45	46	45.5
3.5	50	60	63	62.5	63
1.5	65	64	65	65	64.75

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	59	42	50	60.5	59.5
3.5	42	43	43	43	42.75
5.5	42	42.5	41.5	43	42.25
7.5	41.5	42	41.5	42	41.75
9.5	41	42	40	42	41.25
11.5	41.5	41	40	41	40.875
13.5	39	40	40.5	40	39.875
15.5	39	39	39.5	38.5	39
13.5	39	40	39	39	39.25
11.5	41	40	41	41	40.75
9.5	41.5	41	41	41.5	41.325
7.5	42.	42	42	42.5	42.125
5.5	43	42	42.5	42.5	42.5
3.5	42.5	42.5	43	43	42.75
1.5	55	41.5	44	44	44

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	62	52	50	44	51.75
3.5	43	42	41	41.5	41.75
5.5	42	42	41	41	41.5
7.5	41.	41	40	41	40.75
9.5	41	41	38	41	40.25
11.5	40	40	40	41	40.25
13.5	39.5	39	39	39	39.126
15.5	39	38	39	37	38.25
13.5	39	39.5	39.5	40	39.75
11.5	39	40	41	40	40
9.5	41	41	41	41	41
7.5	42	41	41	41	41.25
5.5	42	41.5	41	41	41.5
3.5	43	41	41	41	41.5
1.5	65	42	55	65	65

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	64.5	64	64	63	63.875
3.5	44	49	47	51	49
5.5	42	44	43	42.5	42.875
7.5	43	43	43	42	42.75
9.5	43	42,5	43	42	42.75
11.5	42	42	42	42	42
13.5	41	41	41	41	41
15.5	41	38	40	43	41.5
13.5	41	41	41	41	41
11.5	42	42	41	42	41.75
9.5	43	42	41	43	42.25
7.5	43	43	42	42	42.75
5.5	43	43	43	43	43
3.5	47	44	52	45	45.33
1.5	65	64	65	64	64.5

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 200^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	65	65	42	65.5	65.325
3.5	48	44.5	44	43	45
5.5	46	45.5	44	40	45.165
7.5	46	46	44	44	45
9.5	45	45.5	44	44	44.825
11.5	46	45.5	43	44	44.625
13.5	44.5	45	43	43	43.875
15.5	44.5	40	43	40	41.875
13.5	44	43.5	42	42	42.875
11.5	45	43	43	43.5	43.625
9.5	46	45	44	46	45
7.5	45.5	45	45	45	45.125
5.5	46	45	45	45	45.25
3.5	59	46	44.5	50	45.25
1.5	64.5	65	54	66	65.16

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 200° C ; $\tau = 30 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	63	63	61	62	62.25
3.5	46.5	45	44	43	44.625
5.5	43	44	43	43	43
7.5	43	44	43	43	43.5
9.5	43	43	43	43	43
11.5	42	41	42	43	42
13.5	41	41	41	42	41.25
15.5	42	42,5	41	41	41.5
13.5	41	43	42	42.5	42.125
11.5	42	42.5	43	43	42.625
9.5	42	44	43.5	44	43.825
7.5	43	43.5	44	44	43.75
5.5	44	43	43	44	43.5
3.5	45	46	50	51	45.5
1.5	63	64	63	62	63

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 200^\circ\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	60	60	59	59	59.5
3.5	57	44	75	49	57
5.5	44	44	44	40	44
7.5	44	44.5	44	41	44.3
9.5	44	44	43	42	43
11.5	43.5	42.5	43.5	43.5	43,25
13.5	42.5	43	42	42	42.825
15.5	42	41	41.5	40	41.125
13.5	43	43	41	43	42.5
11.5	43.5	43	42	42	42.625
9.5	44	44	44	44	44
7.5	44.5	44	44	44	44.125
5.5	44	44	44	44	44
3.5	46	55	44	49	46.35
1.5	60.5	60	60	59	59.875

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 300^\circ\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	62	63	61	62	62
3.5	62	62	62	61.5	61.875
5.5	61	60	62	61.5	61.125
7.5	55	52	57	55	54.75
9.5	47	46	49	46	47
11.5	45	44	46	46	45.25
13.5	43	43	44	43	43.25
15.5	45	42	43	42	43
13.5	44	44	42	43	43.25
11.5	46	46	44	45	45.25
9.5	50	50	47	47	48.5
7.5	59	58	50	58	58.3
5.5	62	61	60	61	61
3.5	63	62.5	62	62	62.325
1.5	62	63	62	63	62.5

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 300^\circ\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	57	58	56	56	56.75
3.5	50	48	53	49	50
5.5	44	45	45	45	44.75
7.5	44.5	44	45	45	44.625
9.5	44	45	45	45	44.75
11.5	43.5	44	44	44	43.625
13.5	42	43	43.5	44	43.125
15.5	43	42	42	38	41.25
13.5	42	43	42.5	42	42.75
11.5	44	44	44	44	44
9.5	44	44	44	44	44
7.5	44	44	44	44	44
5.5	45	45	44	44	44.5
3.5	50	52	55.5	54	51
1.5	58	58	57	57	57.5

Acero W-2 ; $\phi = 31$ mm ; Tr = 300°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	54	54	52	53	53.25
3.5	53.5	53.5	54	54	53.75
5.5	44	44	48	44	44
7.5	43	43	44	42.5	43.325
9.5	43	43	44	43	43.25
11.5	42.5	42	43	43	42.625
13.5	42	42	43	43	42.5
15.5	41	42	42	41	41.5
13.5	42	42	43	43	42.5
11.5	42,5	43	43	44	43.325
9.5	43	43	43	44	43.25
7.5	44	44	43.5	44	43.875
5.5	44	46.5	44	49	45.625
3.5	54	54	53.5	54	53.875
1.5	54	54	54	52	54

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	55	55	54	54	54.5
3.5	54	54	53	53	53.5
5.5	46	44	41	43	43.5
7.5	44	43	42	42	42.75
9.5	44	43	41	42	42.5
11.5	43	42.5	42	42	42.325
13.5	42.5	42	40	41	41.875
15.5	42	41	40	41	41
13.5	42	43	41.5	41	41.825
11.5	43	43.5	42	42	42.825
9.5	43	43	42	42,5	42.625
7.5	43	44	43	42	43
5.5	45	46	43.5	43.5	44
3.5	55.5	55	55	53	54.75
1.5	54.5	55	55	54.5	54.75

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROEMDIO (Rc)
1.5	47	46	47	46	46.5
3.5	47.5	47	47.5	47	47.25
5.5	44	44	43.5	43	43.625
7.5	43	43	42	42	42.5
9.5	43	43	42	43	42.75
11.5	43	43	42	43	42.75
13.5	42	42.5	42	41	41.75
15.5	42	39	41	40	40.25
13.5	42	43	41	42	42
11.5	42	43	42	42	42.25
9.5	43.	45	43	42.5	43.35
7.5	43.5	44	43	42.5	43.25
5.5	44	44	44	43	43.75
3.5	48	48	47	48	47.75
1.5	47.5	46	47	46	46.875

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	42	44	42	44	43
3.5	43	44	41.5	45	43.325
5.5	41.5	43.5	41	43	42.25
7.5	43	43.5	41	43	42.875
9.5	42	43	41	42	42
11.5	42	42.5	41	42	41.75
13.5	42	41	41	41	41.25
15.5	41	41	41	40	40.75
13.5	42	42	40	41	41.25
11.5	42.5	43	42	40	41.875
9.5	43	43	43	42	42.75
7.5	43	43	43	42	42.75
5.5	43.5	43.5	43.5	42	42.875
3.5	45	44	44	43.5	44.125
1.5	44.5	45	44.5	45	44.75

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t= 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	45	45	44	45	44.75
3.5	45	45	44	45	44.75
5.5	42.5	43	42	41	42.125
7.5	42	42	41	41	41.5
9.5	42	42	41	41	41.75
11.5	41.5	41	41	41	41.125
13.5	41	41	40	40	40.5
15.5	39	38	40	39.5	39.125
13.5	40	41	40	40	40.15
11.5	41	42	41	41	41.25
9.5	42	42	42	41	41.75
7.5	42	42	41	41.5	41.625
5.5	43	43	42	42	42.5
3.5	45	46	45	45	45.15
1.5	45	44	43	46	44.5

Acero W-2 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	41	41	37	38	41
3.5	41	41	37	39	40
5.5	40	40	49	48	39.825
7.5	41	41	39	39.5	40.125
9.5	41	40	39	40	40
11.5	40	40	39	40	39.75
13.5	40	39	38	39	39
15.5	39.5	37	37	38	37.875
13.5	39	39	39	38	38.75
11.5	40	40	39	39	39.5
9.5	40.5	41	39	39.5	40
7.5	41	41	39	39	39.5
5.5	38	40	39	41	39.5
3.5	41	42	40	40	40.75
1.5	41	41	40	39	40.25

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; templado sin revenir.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)	PROMEDIO (Rc)	
1.5	54	55	54	54.5	54.375
3	55	55	55	55	55
4.5	55	55	55	55	55
3	55	55	55	55	55
1.5	55	55	55	54.5	54.875

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)	PROMEDIO (Rc)	
1.5	55	56	55.5	55.5	55.5
3	56	56	54	55.5	55.375
4.5	56	55.5	56	56	55.875
3	56	56	55	56	55.75
1.5	55.5	56	56	56	55.875

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)	PROMEDIO (Rc)	
1.5	55	54	54.5	54	54.375
3	55	54.5	54	55	54.635
4.5	54	55	54	55	54.75
3	55	54.5	54	55	54.635
1.5	54	54	54	54.5	54.125

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 93°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)	PROMEDIO (Rc)	
1.5	51	53	53	54	53.5
3	53	53	53.5	54	53.375
4.5	53	53	53.5	54	53.375
3	54	54	54	54	54
1.5	53	54	53	53	53.5

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	51	52.5	53	52	52.125
3	53	53	53	53	53
4.5	53	52	53	52.5	52.625
3	53	52.5	53	53	52.875
1.5	52.5	53	53	53	52.875

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; 200°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	51	52	52	51,5	51.375
3	53	51	52	52	52
4.5	52	52	51	51	51.5
3	52	52	52	51	51.75
1.5	51	52	52	52.5	51.625

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	51	50	50	50	50.25
3	51	51	50	50	50.5
4.5	50	49	49	48.5	49.125
3	51	51	50	50	50.5
1.5	50.5	50.5	51	50	50.5

Acero 9840 ; $\phi = 9$ mm ; Tr = 300°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	48	48.5	46	46	47.125
3	47	49	47.5	47	47.625
4.5	47.5	46	47	47	46.825
3	47.5	49	46	47	47.625
1.5	48	48	46	47	47.25

Acero 9840 ; $\phi = 9$ mm ; Tr = 300°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	46	46	45	45	45.5
3	46	46	45	46	45.75
4.5	45	45	45	45	45
3	46	46	45	45	45.5
1.5	46	46	45	46	45.75

Acero 9840 ; $\phi = 9$ mm ; Tr = 300°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	44	44	44	44	44
3	44	44	45	45	44.5
4.5	44	45	44	45	44.5
3	44	45	45	45	44.75
1.5	45	44	45	44	44.5

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	44	43.5	42	42	42.875
3	44	44	41	43	43
4.5	43	41.5	42	42,5	41.875
3	44	43	42	42.5	42.25
1.5	44	43	43	43	43.25

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	42.5	42	42	41.5	42
3	42.5	42.5	40	40	41.875
4.5	42	42	41	41	41.5
3	42.5	43	41	42	41.75
1.5	42.5	42	42.5	42.5	42.325

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	38	38.5	36	36	37.125
3	39	39	36	38	38
4.5	38.5	36	36	36	37.25
3	39	39	36	38	38
1.5	38	38.5	35	35	36.75

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)		DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	38	38	36	36	37.125
3	39	39	36	38	38
4.5	38.5	36	36	36	37.25
3	39	39	36	38	38
1.5	38	38.5	35	35	36.75

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)		DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	34	37.5	36	35	34.75
3	37	38	35	37	36.875
4.5	37	35	34	35	35.5
3	37	37.5	35	36	36.325
1.5	37	36	36	36	36.25

Acero 9840 ; $\phi = 9 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)		DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	34	36	35	34	34.75
3	35	36	34	35	35
4.5	36	35	34	34	34.75
3	36	36	34	36	35.5
1.5	36	36	34	35	35.25

Acero 9840 ; $\phi = 19$ mm ; templado sin revenir

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	55.5	56	55.5	55	55.5
3.5	56	56	55	55	55.5
5.5	56	56	54	54	55
7.5	56	57	54	54	55.25
9.5	56	56	54	55	55
7.5	56	57	54	53.5	55.125
5.5	56	56	54	53.5	55
3.5	56	55	54.5	54.5	55
1.5	57	55	55	55	55.5

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	55.5	56	56	56	55.875
3.5	56	56	56	56	56
5.5	56	56	56	56	56
7.5	55	56	57	57	56.25
9.5	57	56	57	57	56.75
7.5	56	56	57	57	56.5
5.5	56	56	56	56	56
3.5	56	56	56	55	55.75
1.5	56	56	56	55	55.75

Acero 9840 ; $\phi 19 \text{ mm}$; $Tr = 93^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	55	56	55	56	55.5
3.5	55	54	56	55	55
5.5	56	56	55	56	55.75
7.5	56	57	56	56	56.25
9.5	57	57	56	55	56.25
7.5	57	56	56	56	56.25
5.5	56	55	56	55	55.5
3.5	56	56	56	55	55.75
1.5	56	55	56	55	55.5

Acero 9840 ; $\phi = 19$ mm ; Tr = 93°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (R c)				PROMEDIO (R c)
1.5	57	56	55	56	56
3.5	56	56	55	55	55.5
5.5	56	55	56	56	55.75
7.5	56	57	56	56	56.25
9.5	57	57	57	56	56.75
7.5	57	57	56	55	56.25
5.5	56	56	55	55	55.5
3.5	56	56	56	56	56
1.5	56	56	55	55	55.5

Acero 9840 ; $\phi = 19$ mm ; Tr = 200°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (R c)				PROMEDIO (R c)
1.5	55	55	55	55	55
3.5	55	56	54	55	55
5.5	55	55	55	55	55
7.5	55	55	55	56	55.25
9.5	56	56	55	56	55.75
7.5	56	55	55	56	55.5
5.5	56	55	55	56	55.5
3.5	55	55	55	56	55.25
1,5	55	55	55	56	55.25

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	54	54	53	53	53.5
3.5	54	54	54	53	53.75
5.5	54	54	53	54	53.75
7.5	55	55	53	53	54
9.5	54	54	54	54	54
7.5	54	54	54	54	54
5.5	54	54	54	54	54
3.5	54	54	54	54	54
1.5	54	54	54	54	54

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	52	52	52	51	51.75
3.5	52	52	52	51	51.75
5.5	52	52	52	52	52
7.5	52	52	52	52	52
9.5	52	52	52	52	52
7.5	52	52	52	52	52
5.5	52	52	52	52	52
3.5	52	52	52	51	51.75
1.5	52	51	52	52	51.75

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min}$.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	51	50	50	50	50.25
3.5	50	50	50.5	50	50.125
5.5	50	50.5	50.5	50.5	50.375
7.5	50.5	51	50.5	50	50.75
9.5	50	50.5	50	50.5	50.5
7.5	51	50.5	50.5	51	50.75
5.5	50.5	50.5	50	51	50.5
3.5	50	50	50	50	50
1.5	50	51	50	51	50.5

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min}^{\circ}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	49	48	49	48	48.5
3.5	49	49	48.5	49	48.625
5.5	49	49	49	49	49
7.5	49	49	49	49	49
9.5	49	49	49	48	48.75
7.5	49	49	49	49	49
5.5	49	49	49	49	49
3.5	49	49	48	49	48.75
1.5	49	49	48	49	48.75

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	48	48	48	48	48
3.5	48	48	47.5	47.5	47.75
5.5	48	48	48	48	48
7.5	48	49	48	48	48.25
9.5	48	49	48	48.5	48.375
7.5	48	48	48	48	48
5.5	48	48	47	48	47.75
3.5	48	48	47	47	47.5
1.5	48	48	47	47	47.5

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	46	46	46	45	45.75
3.5	46	46.5	46	45	45.875
5.5	46	46	46	46	46
7.5	46	46	46	46	46
9.5	46.5	46	46	46	46.125
7.5	46	46	46	46	46
5.5	46	46.5	46	45.5	46
3.5	46.5	46	45.5	46	46
1.5	46	45	45	46	45.5

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	44	45	43	44	43.5
3.5	44	44	44	44	44
5.5	44	45	44	44	44.25
7.5	44.5	44.5	44	44.5	44.375
9.5	45	45	44.5	44.5	44.75
7.5	44.5	44	45	44.5	44.5
5.5	45	45	44	44	44.5
3.5	45	44	43	44	44
1.5	44	44	44	44	44

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 400^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	43	42	43	43	42.75
3.5	43	43	42	43	42.75
5.5	43	43	43	42	42.75
7.5	43	43	43	43	43
9.5	43.5	43.5	43	43.5	43.375
7.5	43	43	43	43	43
5.5	43.5	43.5	43	43	43.25
3.5	43	43	43	43.5	42.875
1.5	43	43	43	43	43

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	42.5	42.5	42.5	42.5	42.5
3.5	42.5	42.5	42	42	42.25
5.5	42.5	43	42.5	42	42.5
7.5	42.5	43	42.5	43	42.75
9.5	43	43	42	42	42.5
7.5	42.5	45	42.5	42.5	42.5
5.5	42	43	42	43	42.5
3.5	42.5	43	42	42.5	42
1.5	42	42	42	42	42

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	40	39	37	37	38.25
3.5	39	39	39	39	39
5.5	39	39.5	39	39.5	39.25
7.5	39.5	40	39	39.5	39.5
9.5	39	38	39	38	38.5
7.5	39	39	39	39	39
5.5	39	38.5	39.5	39	39
3.5	39	39	38	38	38.5
1.5	39	40	37	38	38.75

Acero 9840 ; $\phi = 19 \text{ mm}$; $Tr = 500^{\circ}\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	37.5	38	36	34	36.375
3.5	38	38	37.5	36.5	37.5
5.5	38	38	38	38	38
7.5	38	38	38	38	38
9.5	38	39	38	38	38.25
7.5	38	38	38	38	38
5.5	39	38	37	37	37.5
3.5	38	38	36	37	37.25
1.5	38	38	36	36	37

Acero 9840 ; $\varnothing = 31$ mm ; Templado sin revenir.

DISTANCIA (mm)			DUREZA (Rc)		PROMEDIO (Rc)
1.5	54	53	53	55	53.75
3.5	54	52	52	52	52.5
5.5	53	51	53	53	52.75
7.5	53	51	53	53	52.75
9.5	47	49	53	54	50.75
11.5	48	48	54	54	54
13.5	47	49	54	54	54
15.5	48	50	55	55	55
13.5	49	49	54	54	54
11.5	50	48	54	54	54
9.5	49	49.5	54	54	54
7.5	48	53	54	53	53.5
5.5	53	54	54	53	53.5
3.5	53	54	54	54	53.75
1.5	54	54	55	54	54.25

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 93^\circ\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	55	54	54	54	54.25
3.5	54.5	55	54	54	54.325
5.5	54	54.5	54.5	55	54.5
7.5	54	55	54	54	54.25
9.5	54	55	54	54	54.25
11.5	54	55	54	54	54.25
13.5	55	55.5	54	55	54.325
15.5	60	59	55	54	54.5
13.5	55	55	54	55	54.75
11.5	55	55	55	54	54.75
9.5	55	54.5	54.5	55	54.75
7.5	55	54	54	55	54.5
5.5	55	55	55	55	55
3.5	56	55	54.5	54.5	55
1.5	56	55	56	54	55.25

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 93^\circ\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	55	55	55	55	55
3.5	54.5	55	54.5	54.5	54.625
5.5	54	54	53	54	53.75
7.5	55	54	55	55	54.75
9.5	54.5	55	55	54.5	54.75
11.5	55	55.5	54.5	55	55
13.5	55	55	55	55	55
15.5	58	54	55	55	54.75
13.5	55	55	55	55	55
11.5	55	55	55	55	55
9.5	55	54	55	55	54.65
7.5	55	55	55	55	55
5.5	55	55	55	54.5	54.835
3.5	56	55	55	55	55.25
1.5	56	55.5	56.5	56	56

Acero 9840 ; $\phi = 31$ mm ; Tr = 93°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	54	55	54	55	54.5
3.5	54	54	54	54	54
5.5	54	54	54.5	54	54.125
7.5	54	54	54	54	54
9.5	54	54	54	54	54
11.5	55	53.5	55	54.5	54.5
13.5	55	54	55	55	54.75
15.5	55	55	55	56	55.25
13.5	55	54	55	55	54.75
11.5	54	55	54	55	54.5
9.5	54	55	54	54	54.25
7.5	54	54	54	54	54
5.5	54	54	54	54	54
3.5	54.5	54.5	55	54	54.5
1.5	56	55	56	56	55.75

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 200°C ; t = 15 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	54	55	54.5	55.5	54.75
3.5	54	54	55	55	54.5
5.5	54	54	54	55	54.25
7.5	54	54	54	55	54.25
9.5	55	54	54	55	54.5
11.5	55	55	54	55	54.75
13.5	55	55	55	53	54.5
15.5	57	57	55	53	54
13.5	55	55	55	53	54.5
11.5	55	55	55	53	54.5
9.5	55	52	55	54	54
7.5	55	55.5	54.5	55	55
5.5	54	54	55	54	54.25
3.5	55	55	55	55	55
1.5	55	54	56	56	55

Acero 9840 ; $\phi = 31$ mm ; $T_r = 200^\circ\text{C}$; $t = 30$ min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	54	53	53	54	53.5
3.5	54	54	53	54	53.75
5.5	53.5	53	52.5	53	53
7.5	53	53	53	53	53
9.5	53	53.5	54	53	53.325
11.5	53	53	54	54	53.5
13.5	54	53.5	53	54	53.625
15.5	54	54	54	52.5	53.625
13.5	54	54	54	53	53.75
11.5	53.5	54	53.5	54	53.5
9.5	53.5	54	53	54	53.625
7.5	53	53	53.5	54	53.375
5.5	53	53	53	54	53.25
3.5	54	53	54	54	53.75
1.5	54	53	54	54	53.75

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 200° C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	53	53	53	52	52.75
3.5	52	53	53	52	52.5
5.5	52.5	53	52	52	52,325
7.5	52	52.5	52	53	52.325
9.5	52.5	53	52	52.5	52.5
11.5	53	52.5	53	52.5	52.75
13.5	53	53	53	53	53
15.5	53	54	53	53	53.25
13.5	52.5	52.5	55	53	53.5
11.5	52.5	53	52.5	53	52.75
9.5	53	53	52	53	52.75
7.5	53	53	52.5	53	52.875
5.5	52.5	53	52.5	52.5	52.525
3.5	53	53	53	53	53
1.5	52.5	53	52.5	53	52.75

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $T_r = 300^\circ\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	49	52	51	52	51
3.5	51	51	52	51	51.25
5.5	52	51.5	51.5	51	51.5
7.5	51.5	52	52	51.5	51.75
9.5	51	51	51	51	51
11.5	51.5	51.5	52	51	51.5
13.5	52	52	51	51	51.5
15.5	52	53	53	49	51.75
13.5	52	51.5	51.5	52	51.75
11.5	52	52	51	51	51.5
9.5	52	52	52	51	51.75
7.5	52	52	51	51	51.5
5.5	52	52	51	51	51.5
3.5	53	52	52	52	52.25
1.5	52	52	51	51	51.5

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 300^{\circ}\text{C}$; $t = 30 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (R c)				PROMEDIO. (R c)
1.5	49	48	50	47	48.5
3.5	49	49	48	47	48.25
5.5	47.5	49	48	47.5	48
7.5	49	49	46	49	48.25
9.5	49	49	49	48	48.75
11.5	47	48.5	48.5	49	48.25
13.5	49	49	49	50	49.25
15.5	50	50	49	46	48.5
13.5	49	49	48	48	48.5
11.5	49	49	48	49	48.75
9.5	49	49	48	49	48.75
7.5	49	49	48	49	48.75
5.5	49	49	48	48	48.5
3.5	49	49	49	48	48.75
1.5	50	48	48	48	48.5

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 300^\circ\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	48	48.5	47.5	48	48
3.5	48	49	47	47	48
5.5	48	49	47	47	48
7.5	49	48	48	48	48.25
9.5	48.5	49.5	48	48	48.25
11.5	48	48.5	47.5	48	48
13.5	48	48	48	49	48.25
15.5	48	48	48	48	48
13.5	48	49	48	48	48.25
11.5	48.5	48.5	48	48	48.25
9.5	49	48	48	49	48.5
7.5	48	49	49	48	48.5
5.5	48,5	48.5	48	48	48.35
3.5	49	48.5	48.5	48	48.5
1.5	48	48	48	48	48

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; Tr = 400°C ; t = 15 min.					
DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	46	47	45	47	46.25
3.5	47	47	45	47	46.5
5.5	47	48	46	47	47
7.5	47	46.5	46.5	46	46.5
9.5	47	46	46.5	47.5	46.5
11.5	46.5	46.5	47	47	46.75
13.5	47	45.5	47	46.5	46.5
15.5	49.5	48	47.5	47	47.75
13.5	47	46	47	46	46.5
11.5	47	46	47	47	46.75
9.5	47	46	46.5	64.5	64.5
7.5	47.5	47	46.5	46	47.75
5.5	47	46	46	46	46.25
3.5	48	47	46	46	46.75
1.5	48	46	47	45	46.5

Acero 9840 ; $\phi = 31$ mm ; Tr = 400°C ; t = 30 min.					
DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	44	44	44	43	43.75
3.5	45	45	43	43	44
5.5	45	45	44	44	44.5
7.5	45	45	44	45	44.75
9.5	44.5	44	45	44	44.5
11.5	44.5	45	44	44.5	44.5
13.5	44	45	45	45	44.75
15.5	45	44	44	45	44.5
13.5	44.5	45	45	44.5	44.75
11.5	44.5	45	45	45	44.875
9.5	44.5	45	44.5	44	44.5
7.5	44.5	45	45	44	44.5
5.5	45	45	44	44	44.5
3.5	45	44.5	44	44.5	44.5
1.5	45	44	43	42	43.5

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $T_r = 400^\circ\text{C}$; $t = 60 \text{ min.}$

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO. (Rc)
1.5	43	43	43	42	42.75
3.5	43	43	43	42	42.75
5.5	43	44	43	43	43.25
7.5	43.5	43.5	43	43	43.25
9.5	43	43	43	43	43
11.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5
13.5	43.5	43.5	43.5	43.5	43.5
15.5	43	44	43	43	43.25
13.5	43	43.5	43.5	43	43.5
11.5	43.5	43	43.5	43	43.25
9.5	43	44	43	43	43.25
7.5	43.5	43	43.5	43	43.25
5.5	43.5	43.5	43	43	43.5
3.5	43	44	43	42	43
1.5	43.5	43.5	41	43.5	42.875

Acero 9840 ; $\phi = 31 \text{ mm}$; $Tr = 500^\circ\text{C}$; $t = 15 \text{ min.}$

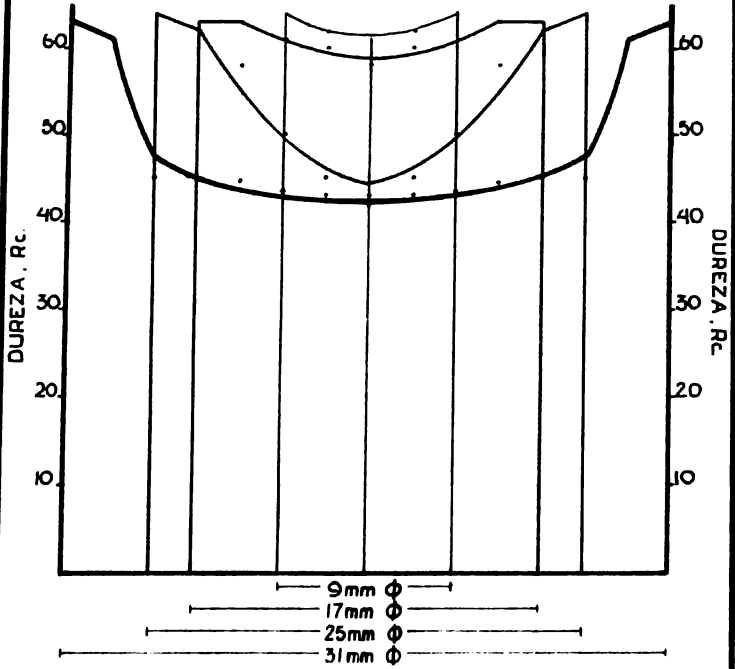
DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1,5	39	40	39	40	39.5
3.5	39.5	40	39.5	39	39.5
5.5	40	40	39	40	39.75
7.5	40.5	39	40.5	40	40
9.5	40	40	40	40	40
11.5	41	40	40.5	40.5	40.5
13.5	40.5	40	40.5	40	40.15
15.5	42	41	41	41	41.25
13.5	40	40	40	40	40
11.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
9.5	39	40	40	40	39.75
7.5	41	40	40	40	40.25
5.5	39	40	39	39	39.25
3.5	40.5	39.5	40	39	39.75
1.5	39	40	40	39	39.5

Acero 9840 ; \varnothing 31 mm ; Tr = 500°C ; t = 30 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1.5	37	38	37.5	38.5	37.75
3.5	38	39	39	38	38.5
5.5	38.5	39	37.5	37	38
7.5	39	39	37	36	37.5
9.5	39	39	38	39	38.75
11.5	39	39	39	39	39
13.5	39	39	38	38	38.5
15.5	39	40	39	39	39.25
13.5	39	39	38.5	39.5	39
11.5	38.5	39	38.5	38	38.5
9.5	38.5	38.5	38	38	38.25
7.5	38	38	38	39	38.25
5.5	38	38	38	38	38
3.5	38	39	38	37	38
1.5	37	38	38	38	38

Acero 9840, ; $\varnothing = 31 \text{ mm}$; Tr = 500°C ; t = 60 min.

DISTANCIA (mm)	DUREZA (Rc)				PROMEDIO (Rc)
1,5	37	37.5	37.5	36	37
3.5	38	36	38	36	37
5.5	38	37	38	38	37.75
7.5	38	38.5	38	37.5	38
9.5	38	38	38	38	38
11.5	38	37.5	36.5	37	37.25
13.5	38	38.5	37.5	37	38
15.5	39	38.5	38.5	40	39
13.5	38	38.5	37.5	38	38
11.5	38	38	38	38	38
9.5	38	39	37	38	38
7.5	38	38.5	38	38.5	38.75
5.5	38	38.5	37.5	38	38
3.5	38	38	37	37	37.5
1.5	38	38	37	36	37.26



GRAFICA N° 1

GRAFICA N° 1 : Acero W-2 templado sin revenir.

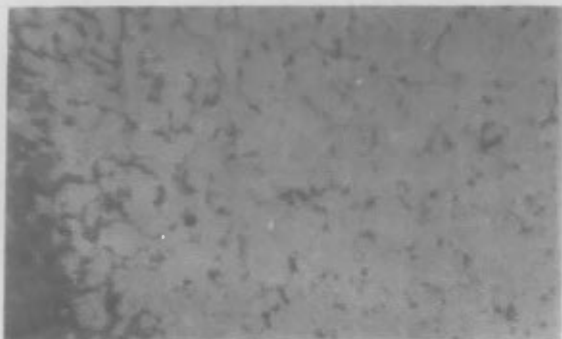
OBSERVACIONES:

Se observa que mientras menor es el diámetro, mayor es el nivel de dureza, y se obtiene una mejor distribución de la misma. Se logra una distribución casi homogénea hasta los 17 mm, mientras que la dureza en 25 mm y 31 mm cae rápidamente a partir de los tres milímetros de la superficie. Puede observarse también que en 31 mm, la dureza cae rápidamente sin embargo se mantiene constante a partir de los 5 mm de la superficie, mientras que para 25 mm la disminución es continua, hasta llegar a su mínimo en el centro de la probeta.

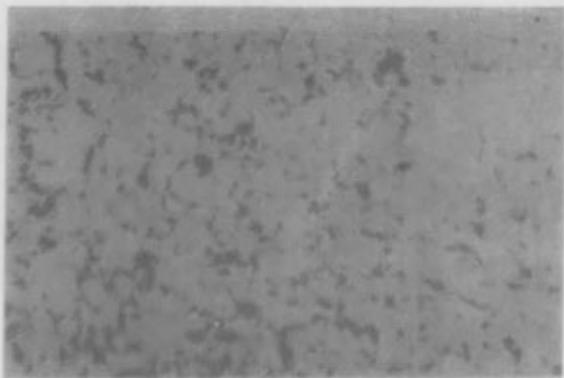
CONCLUSIONES:

De las observaciones anteriores se deduce que la sección de la pieza, influye en la templabilidad del acero, además de -- que también tiene participación en el nivel de dureza obtenido, es decir, que mientras menor es el diámetro, mayor es la dureza obtenida, esto puede observarse de la gráfica, y aunque la diferencia de durezas con respecto a la sección no es muy grande, sí puede apreciarse este efecto, de tal manera que si se hicieran pruebas con secciones más grandes, sería más notoria la disminución de la dureza con respecto a la sección. Esto se debe al efecto de la masa en la transmisión de calor.

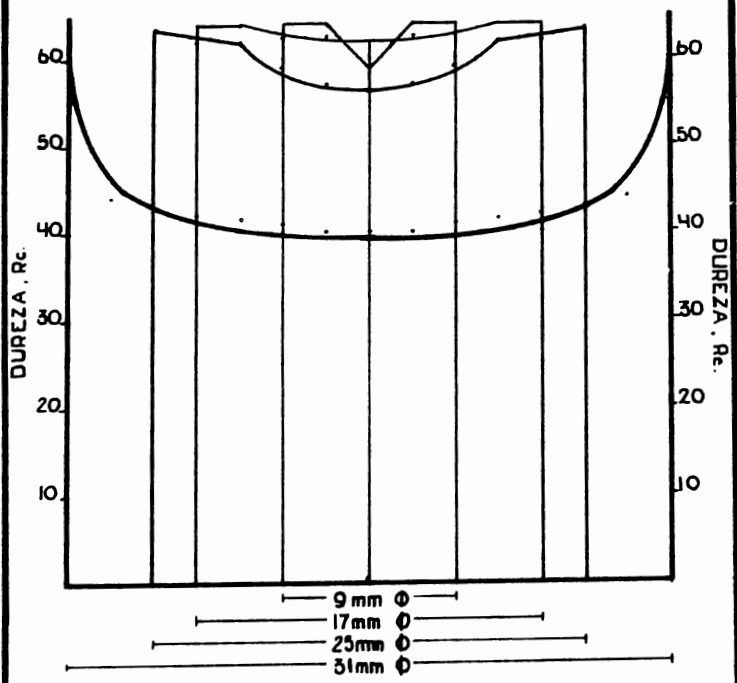
La dureza , como sabemos es función del potencial de carbono del acero , y esta es máxima cuando la velocidad de enfriamiento en la superficie es igual a la velocidad de enfriamiento en el nucleo , y cuando la velocidad de enfriamiento en la superficie es mayor que la velocidad de enfriamiento en el nucleo y esta a su vez es menor que la velocidad crítica de temple , no se producirán estructuras martensíticas desde la superficie hasta el centro.



FOTOGRAFIA N° 1 : Acero W-2 templado sin revenir; $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona templada (aprox. a 1.5 mm de la superficie); fondo blanco de martensita blanca ó α' y granos oscuros de trostita.



FOTOGRAFIA N° 2 : Acero W-2 templado sin revenir ; $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona de transición (aprox. a 3 mm de la superficie) ; fondo blanco de martensita α' y granos de trostita; nótese que estos últimos se van haciendo mas gruesos, a medida que se avanza hacia el centro.



GRAFICA N° 2

GRAFICA N° 2 : Acero W-2 templado y revenido a 93°C durante 15 minutos.

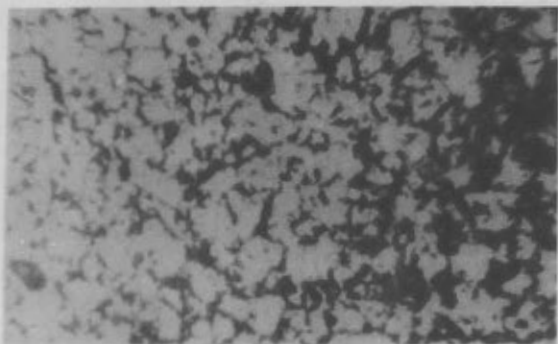
OBSERVACIONES:

Sigue la tendencia a disminuir la dureza mientras mayor es el diámetro . Se presenta una ligera baja de esta en el $\phi = 9$ mm , y en el caso de 25 mm muestra una mejor distribución de dureza que en el caso del acero templado sin revenir. En cambio para 31 mm se obtiene una dureza alta hasta 1.5 mm de la superficie , a partir de los cuales baja rápidamente para mantenerse constante en un diámetro de 7.5 mm a partir del centro , es decir , que se forma un anillo de dureza constante de 7.5 mm* de diámetro.

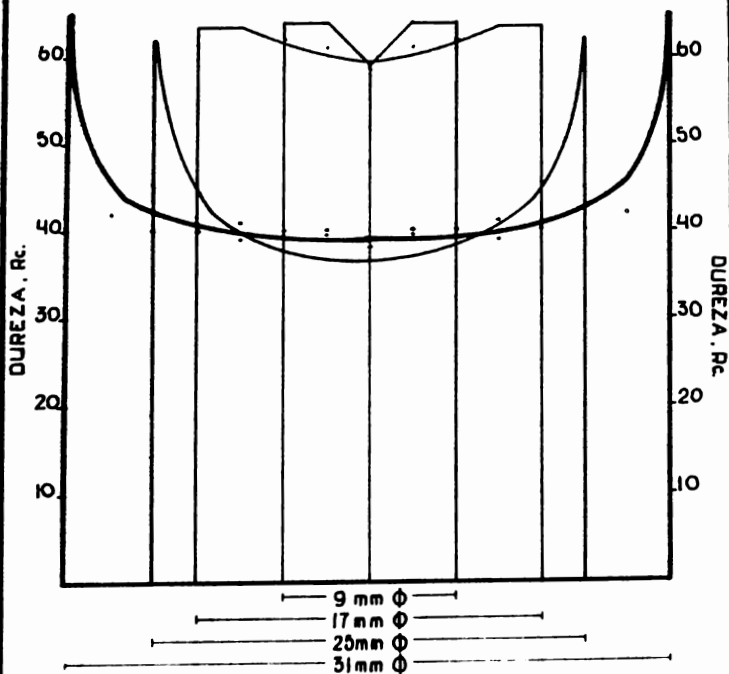
CONCLUSIONES:

El valor de ,dureza en el centro para 9 mm , es un valor que está fuera del comportamiento de todo acero durante revenido , pues no se puede revenir el centro de una pieza mientras su superficie permanece invariable . Por esta razón este valor tan ilógico , solo puede deberse a un error en la medición , - puesto que algunas probetas de este diámetro , presentaron grietas , y probablemente el penetrador de la maquina quedó en la orilla de alguna de estas grietas por lo que falseo estos valores . La presencia de estas grietas se debe a la acumulación de tensiones durante el temple .

En cuanto a la mejor distribución de la dureza para - 25 mm , puede deberse a la presencia de elementos de aleación en bajas proporciones , que nos den un nivel mayor de ella a lo largo de la sección . Como sabemos el W-2 no tiene elementos de aleación , exepcto el vanadio , que no influye en la templeabilidad del acero . Pero también sabemos , que la calidad de - los aceros en nuestro país , no es todo lo deseable que se quisiera , y por lo tanto en aceros al carbono pueden esperarse contenidos bajos de otros elementos no especificados en la - composición del acero . Por esta razón se encontrarán variaciones en los resultados obtenidos en el experimento.



FOTOGRAFIA N° 3 :Acero W-2 templado y revenido a 93°C y 15 min. en $\varnothing = 31$ mm ; ataque con nital 5; 100 X ; zona de transición (aprox. a 3.5 mm de la superficie) ; granos de trostita mas gruesos, sobre un fondo de martensita α'



GRAFICA N° 3

GRAFICA N° 3 : Acero W-2 templado y revenido a 93°C durante 30 minutos .

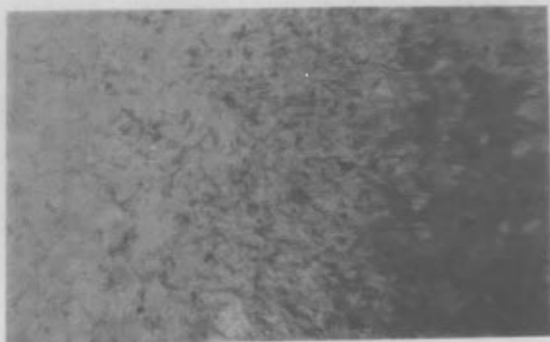
OBSERVACIONES:

De nuevo se presenta la disminución de dureza para 9 mm y para 17 mm puede decirse que la curva permanece invariable , en cambio en 25 mm se observa una curva bastante pronunciada con lo que podemos decir que el anillo templado es de solamente 1.5 mm de espesor , y el resto de la sección va disminuyendo gradualmente su dureza hasta el centro . Para 31 mm no se observa cambio alguno , en cuanto a la forma de su curva , sin embargo en este caso y el anterior aumentó la dureza de la superficie ligeramente .

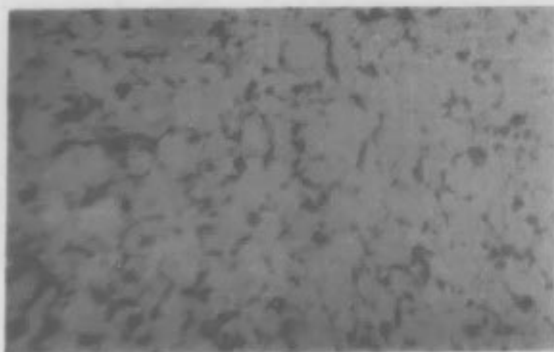
CONCLUSIONES:

El mismo defecto del caso anterior en 9 mm , se presenta de nuevo aquí , por eso la disminución de dureza en el centro de esta probeta.

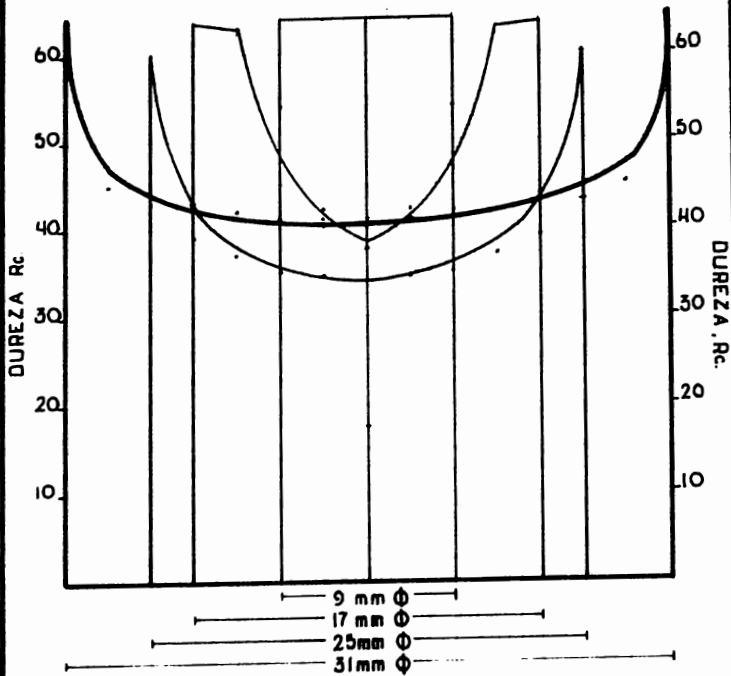
Para 25 mm el hecho de que la zona templada sea menor que en casos anteriores , se debe a la composición heterogénea del acero , aunque no se excluye la posibilidad de que algunas variaciones , se deban a diferentes condiciones de temple . El aumento en 31 mm solo se explica por variación en la máquina de medición de durezas.



FOTOGRAFIA N° 4 Acero W-2 templado y revenido a 93°C y 30 min en $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100X ; zona templada ; se observa una banda de bainita en la orilla de la probeta seguida de una zona martensítica.



FOTOGRAFIA N° 5 : Acero W-2 templado y revenido a 93°C y 30 min en $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona de transición ; troostita en una ma-



GRAFICA N° 4

GRAFIA N°4 : Acero W-2 templado y revenido a 93°C durante 60 minutos.

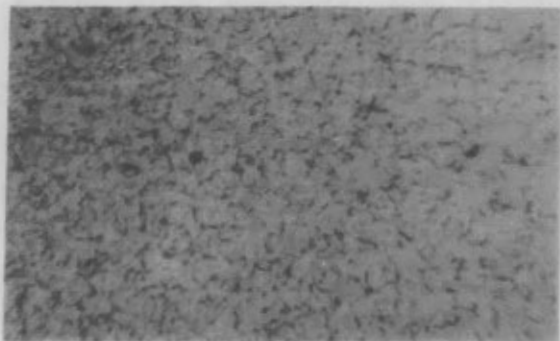
OBSERVACIONES:

En este caso se presenta un cambio muy notable, en la curva correspondiente a 17 mm, pues aunque el nivel de dureza permanece constante en la superficie y hasta aproximadamente 3 mm de profundidad, a partir de este punto disminuye considerablemente hasta el centro de la probeta, obteniéndose un gradiente de dureza de la superficie y el centro de aproximadamente 25 Rc. Para 25 mm se observa una ligera disminución en cuanto a la dureza superficial, y a la correspondiente a la zona central, pero en general se observan pocos cambios, lo mismo sucede en 31 mm.

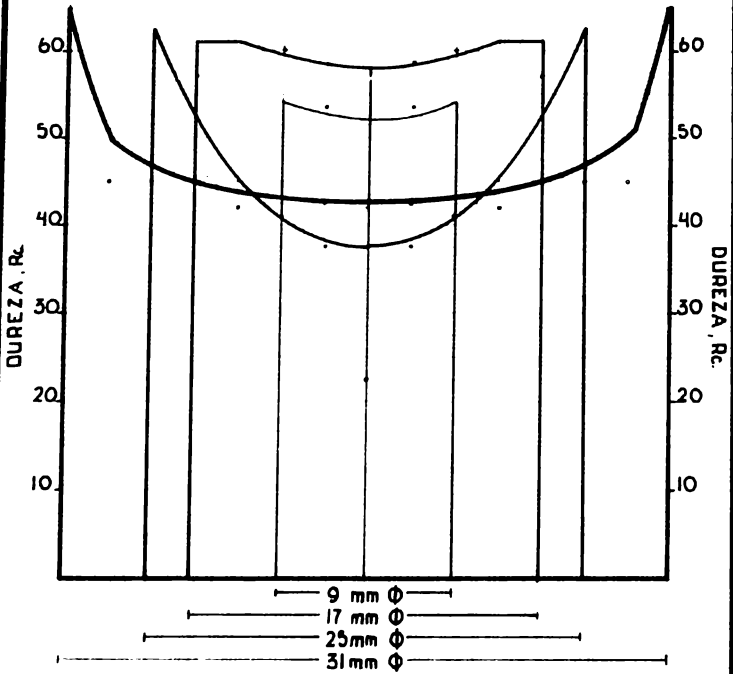
CONCLUSIONES:

Este es uno de los errores de los que se hablaba al principio, y que es la variación de composición entre las probetas aun cuando fueron obtenidas de la misma barra, pues en este caso la correspondiente a 17 mm tiene un comportamiento anormal de acuerdo con los resultados anteriores.

Por otro lado en 25 mm, vuelve a presentarse el comportamiento del caso anterior, y esto como, ya dijimos puede deberse a la composición heterogénea del acero o bien a posibles variaciones durante el temple.



FOTOGRAFIA N° 6 : Acero W-2 templado y revenido a 93°C y 60 min. en $\emptyset = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona templada ; trostita en matriz martensítica.



GRAFICA N° 5

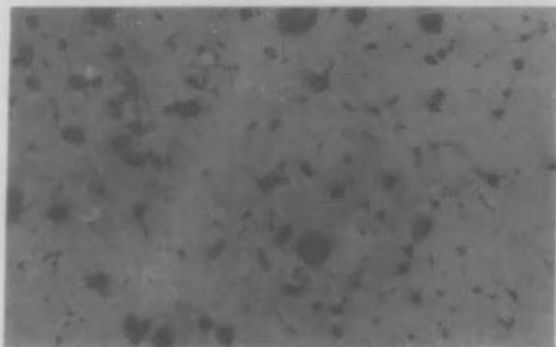
GRAFICA N° 5 : Acero W2 templado y revenido a 200°C durante 15 minutos.

OBSERVACIONES:

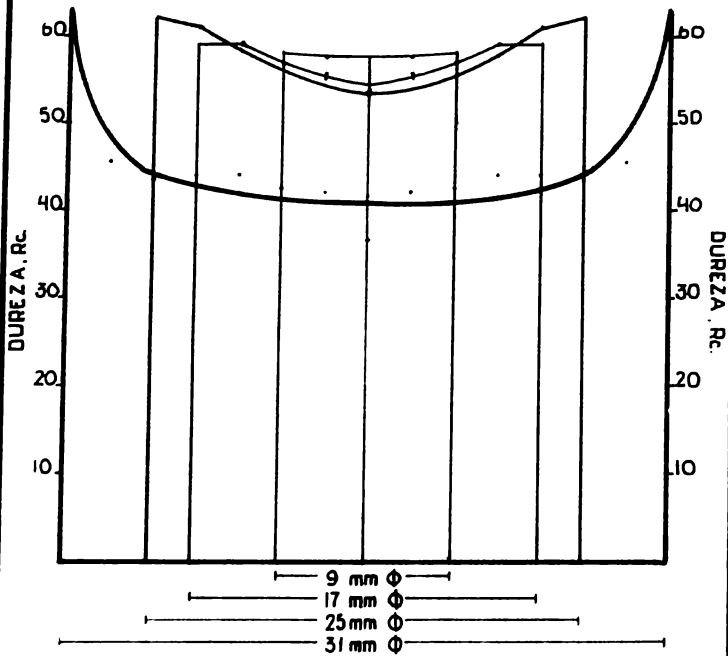
Ya en 9 mm se observa una baja considerable de la dureza, lo mismo sucede con la probeta de 17 mm, pero en menor proporción que la de 9 mm, sin embargo presentan una buena distribución de esta. Para los diámetros de 25 y 31 mm puede decirse que -- permanecen constantes, excepto por un ligero aumento de la dureza superficial en 25 mm.

CONCLUSIONES :

El nivel de dureza mucho menor, para los diámetros mas pequeños, nos muestra el efecto de la temperatura en las secciones menores, que aunque es menos pronunciado en 17 mm puede apreciarse tal efecto. Mientras que las secciones mayores (25 y 31 mm) necesitarán de mas variación para resultar afectados.



FOTOGRAFIA N° 7 : Acero W-2 templado y revenido a 200°C y 15 min en $\emptyset = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 400 X ; zona templada ; nódulos de trostita en una matriz martensítica.



GRAFICA N° 6

GRAFICA N° 6 : Acero W-2 templado y revenido a 200°C durante 30 minutos.

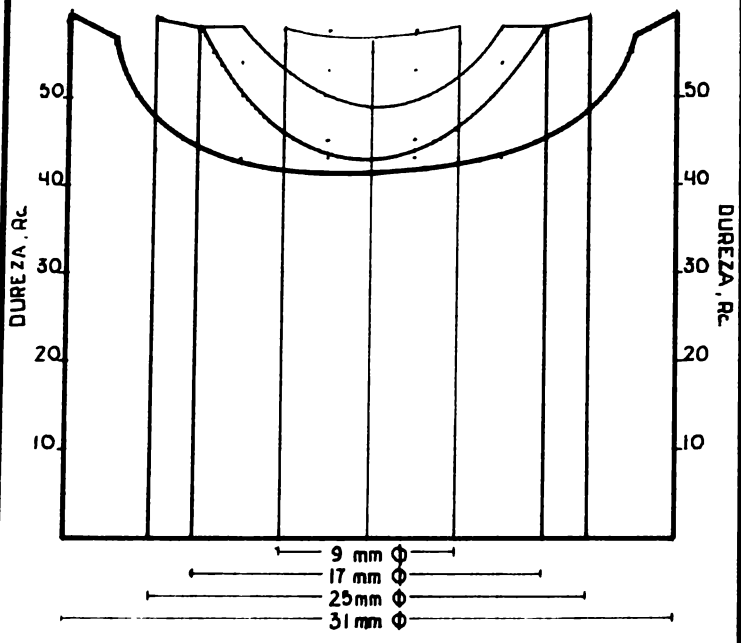
OBSERVACIONES:

Se observa mayor nivel de dureza en 9 mm. En 17 mm la curva permanece sin variaciones apreciables, lo mismo para la correspondiente a 31 mm, en cambio para 25 mm vuelve a observarse una distribución de dureza mas uniforme.

CONCLUSIONES:

El aumento de dureza en 9 mm , se debe a que ya nos encontramos en el rango de temperaturas , en el cual se verifica la precipitación del carburo ϵ , y como sabemos en aceros altos en carbono esta precipitación produce un ligero aumento de dureza .

Por otra parte se vuelve al mismo problema de la composición heterogenea , pues se nos presenta de nuevo en 25 mm , un comportamiento diferente al de los casos anteriores .



GRAFICA N° 7

GRAFICA N° 7 ; Acero W-2 templado y revenido a 200°C durante 60 minutos.

OBSERVACIONES:

Aquí el efecto combinado de la temperatura y el tiempo es mas apreciable, pues las curvas correspondientes a 17,25 y 31 mm se encuentran a niveles ligeramente inferiores de dureza que en los tratamientos anteriores.

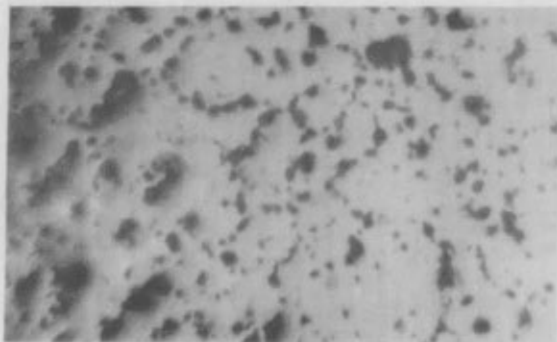
En 9 mm se observa el mismo comportamiento que en el tratamiento anterior, es decir, no se aprecian variaciones con respecto a la curva correspondiente a $T_r = 200^\circ\text{C}$ y $t = 30$ min.

CONCLUSIONES:

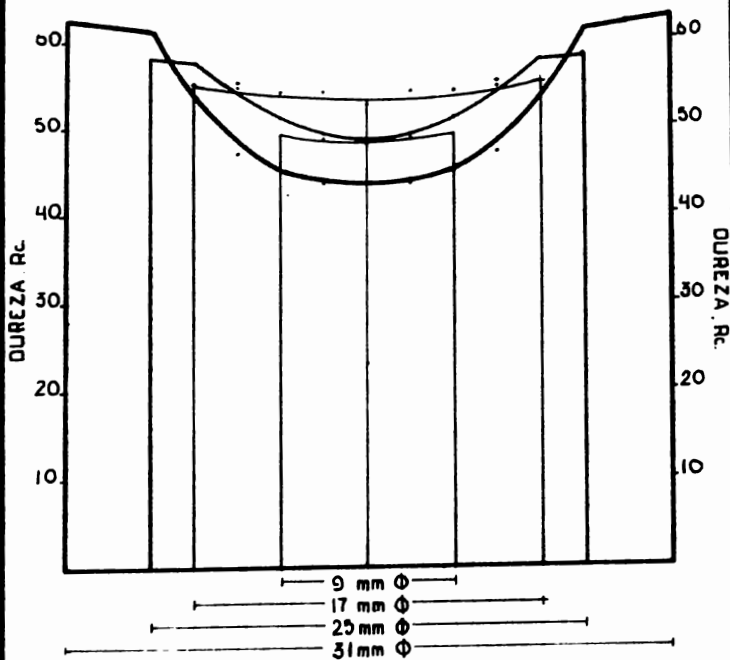
Podemos decir que el tiempo empieza a afectar en combinación con la temperatura, ya que se ha disminuido la dureza ligeramente para todos los diámetros.



FOTOGRAFIA N° 8 : Acero W-2 templado y revenido a 200°C y 60 min en $\varnothing = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona templada; otra vez se encuentra presente la banda de bainita seguida de la zona martensítica.



FOTOGRAFIA N° 9 : Acero W-2 templado y revenido a 200°C y 60 min en $\varnothing = 31$ mm ataque con nital 5 ; 400 X ; misma zona que la fotografía anterior.



GRAFICA N° 8

GRAFICA N° 8 ;Acero W-2 templado y revenido a 300°C durante 15 minutos.

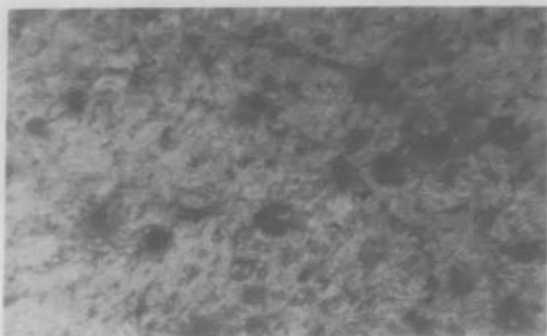
OBSERVACIONES:

Vuelve a observarse un baja considerable de dureza para 9 mm , pues esta curva se encuentra por debajo de las correspondientes a 17 y 25 mm , las cuales tambien han disminuido pero en menor proporción.En 31 mm puede observarse que vuelve a aumentar la dureza,e incluso se tiene una penetración de temple mucho mayor que en las probetas anteriores .

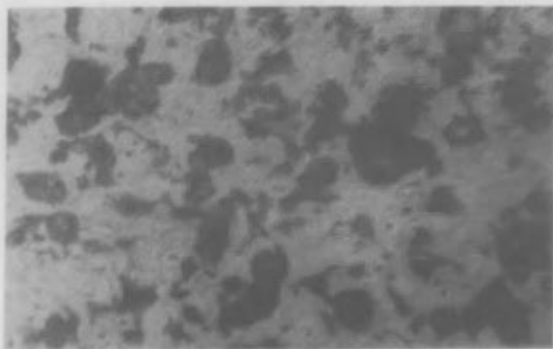
CONCLUSIONES:

Volvemos a la conclusión de que,las secciones mas pequeñas son mas afectadas por el aumento en la temperatura de revenido y esto lo muestran las curvas correspondientes a 9 y 17 mm.

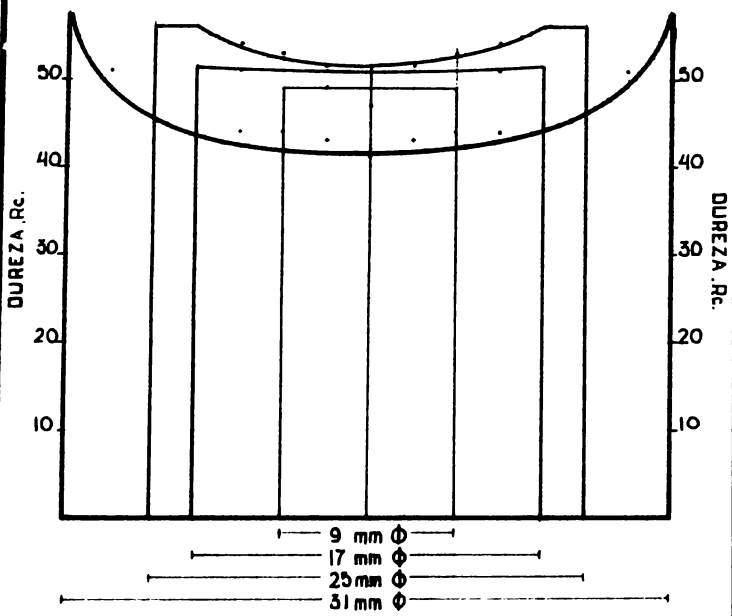
Por otro lado.el hecho que la curva de 31 mm, presente una mayor penetración de temple que las probetas de los tratamientos restantes,solo se explica por la presencia de elementos de aleación el el acero,lo que nos demuestra que la composición del mismo no es homogenea,ya que de la misma barra fueron obtenidas todas las probetas.



FOTOGRAFIA N° 10 : Acero W-2 templado y revenido a 300°C y 15 min en $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 400 X ; zona templada ; nódulos de trostita en una matriz de martensita β .



FOTOGRAFIA N° 11 : Acero W-2 templado y revenido a 300°C y 15 min en $\phi = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; zona de transición ; nódulos mas grandes de



GRAFICA N° 9

GRAFICA N° 9 : Acero W-2 templado y revenido a 300°C durante 30 minutos.

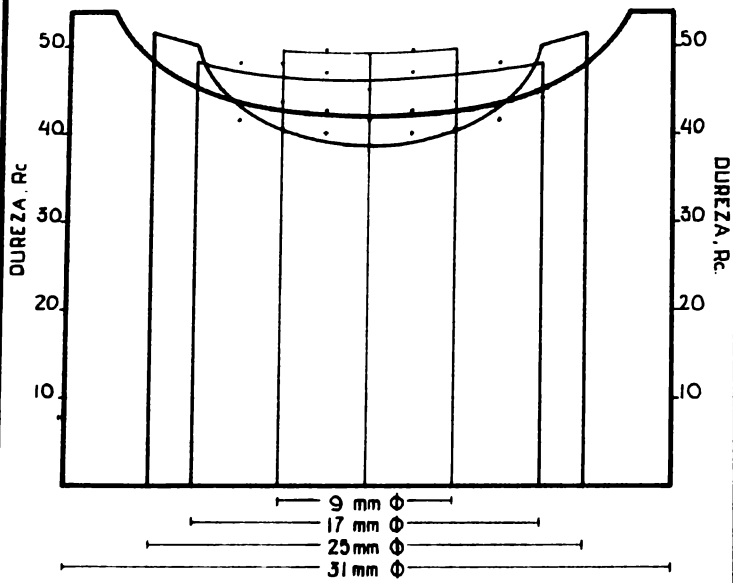
OBSERVACIONES:

El nivel de dureza para 9 mm permanece constante, lo que no sucede en 17 mm pues muestra un ligero descenso de esta. En 25 mm la curva permanece invariable e incluso se observa una curva menos pronunciada que en casos anteriores, es decir, la diferencia de durezas en superficie y centro no es muy grande. Para 31 mm se observa una ligera disminución en su nivel de dureza, pero una curva menos pronunciada, lo mismo que las secciones restantes.

CONCLUSIONES:

El unico comentario que puede hacerse con respecto a la mejor distribución de dureza en la curva de 25 mm , y esto ya lo mencionamos, puede deberse a la presencia de elementos de aleación en el acero.

Por otra parte, en cuanto a que las curvas esten menos pronunciadas, esto se explica por que los cambios producidos por temperatura se efectuan en las estructuras mas inestables que en este caso es la martensita, por lo tanto al ir disminuyendo la dureza de la zona templada, va asemejándose a la de zonas de mayor equilibrio, por lo que las curvas van haciéndose rectas a medida que se aumenta la temperatura.



GRAFICA Nº 10

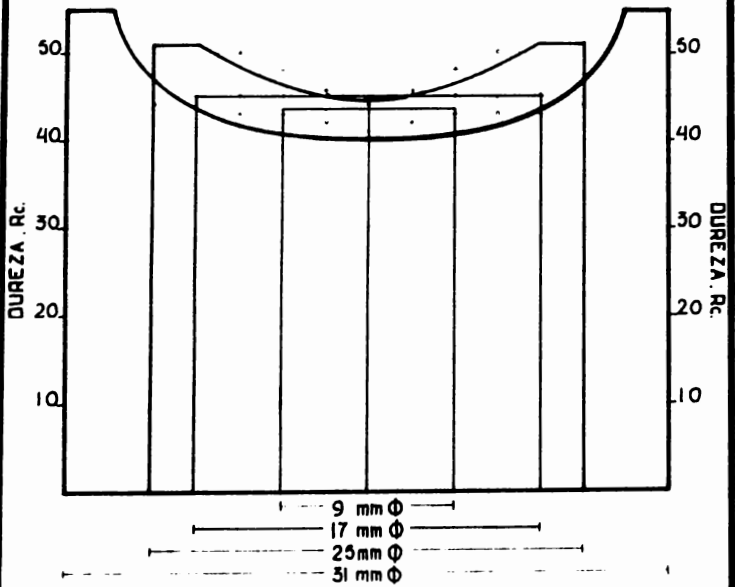
GRAFICA N° 10 ; Acero W-2 templado y revenido a 300°C durante
60 minutos.

OBSERVACIONES:

Puede observarse la disminución de dureza en todos los
diámetros, excepto en 9 mm , cuyo nivel permanece invariable des-
de la baja obtenida a 300°C y 15 min.

CONCLUSIONES:

Se hace patente el efecto combinado de la temperatura y
el tiempo, pues ya se ven afectadas todas las secciones.



GRAFICA N°11

GRAFICA N° 11 : Acero W-2 templado y revenido a 400°C durante 15 minutos.

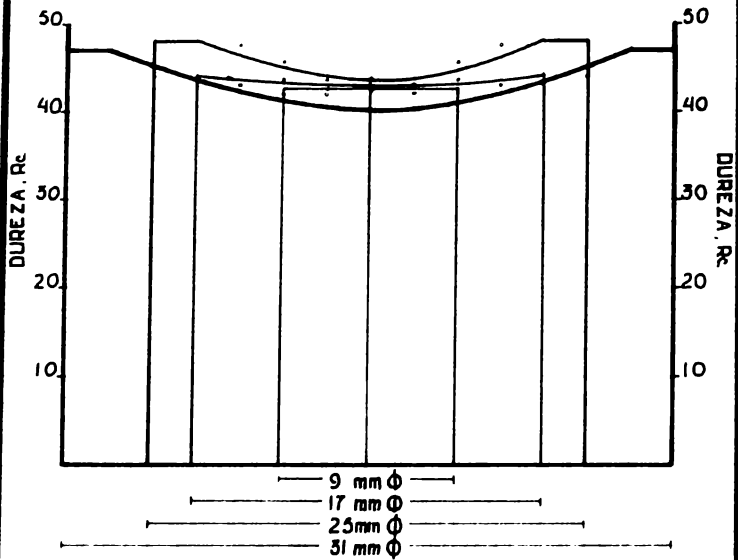
OBSERVACIONES:

Vuelven a verse afectadas en mayor proporción, los diámetros menores, es decir, en 9 y 17 mm se presenta un descenso en la dureza, siendo este mas pronunciado en 9 mm. En cambio las secciones restantes no presentan variaciones apreciables.

CONCLUSIONES:

Se presenta de nuevo, el efecto de la temperatura en cuanto a las secciones pequeñas, esto es, que mientras menor es el diámetro será mas afectado por el aumento de temperatura.

En cuanto a secciones mayores puede decirse que el efecto de la temperatura se hace patente con el aumento del tiempo de tratamiento.



GRAFICA N° 12

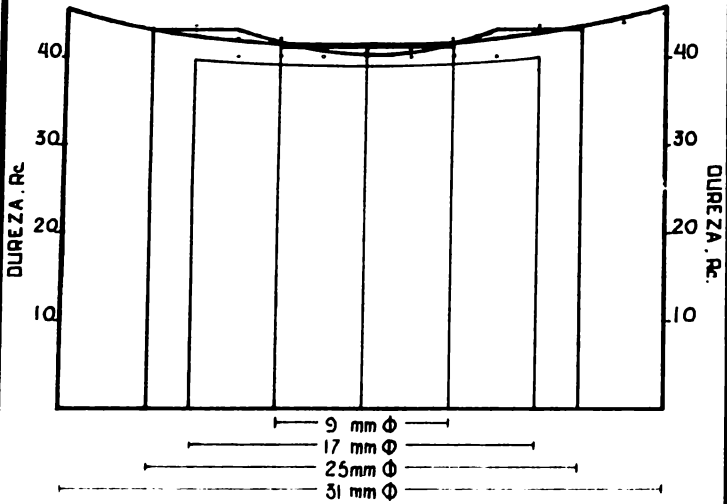
GRAFICA N° 12 : Acero W-2 templado y revenido a 400°C durante 30 minutos.

OBSERVACIONES:

Las cuatro curvas sufren variación de dureza, esta es ligera en cuanto a 9 y 17 mm, y mas apreciable para 25 y 31 mm. Las curvas tienden a hacerse rectas y a juntarse unas con otras.

CONCLUSIONES:

Vuelve a hacerse presente el efecto del tiempo de tratamiento en los resultados. Puede decirse que mientras mas alta es la temperatura, mas influencia tiene el tiempo de tratamiento en las propiedades finales del acero.



GRAFICA N°15

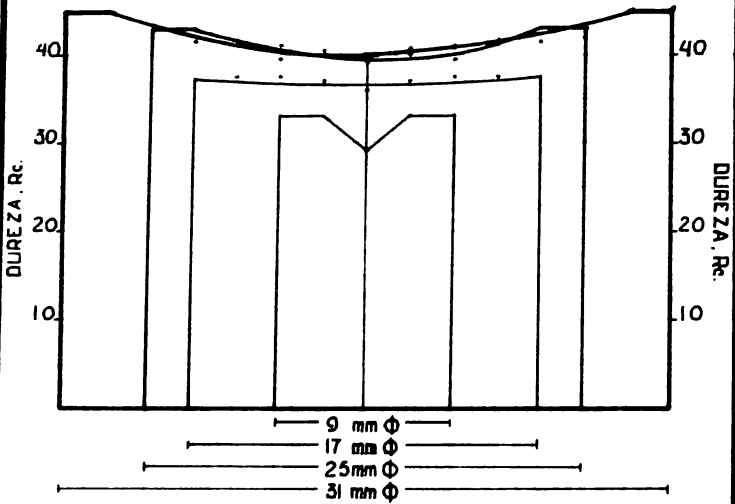
GRAFICA N° 13 : Acero W-2 templado y revenido a 400°C durante 60 minutos.

OBSERVACIONES:

Todas las curvas presentan descenso en la dureza, siendo mas marcado en las secciones de mayor tamaño, y menor en las mas pequeñas, nótese que las curvas se encuentran mas cerca unas d otras.

CONCLUSIONES:

Repitiendo la observación anterior, de que, el tiempo afecta mas cuanto mayor es la temperatura de tratamiento, vemos que aqui es mas notorio tal efecto, y también podemos decir que resultan mas afectadas las secciones mas grandes.



GRAFICA N° 14

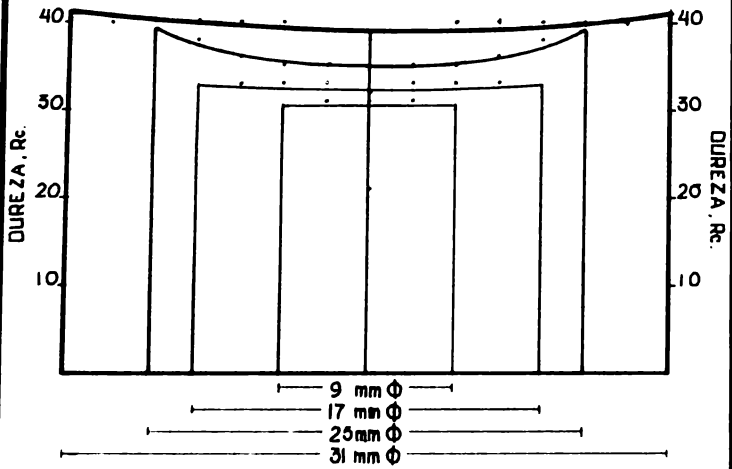
GRAFICA N° 14 : Acero W-2 templado y revenido a 500°C durante 15 minutos.

OBSERVACIONES:

Hay ligeras disminuciones de dureza para 17,25 y 31 mm y mas marcada para 9 mm, que como se ha observado en todos los tratamientos resulta ser la mas afectada con los aumentos de temperatura.

CONCLUSIONES:

De nuevo la influencia de la temperatura, se muestra mas marcada en las secciones menores (9 y 17 mm), ya que han descendido en su nivel de dureza mas que los otros dos diámetros.



GRAFICA N°15

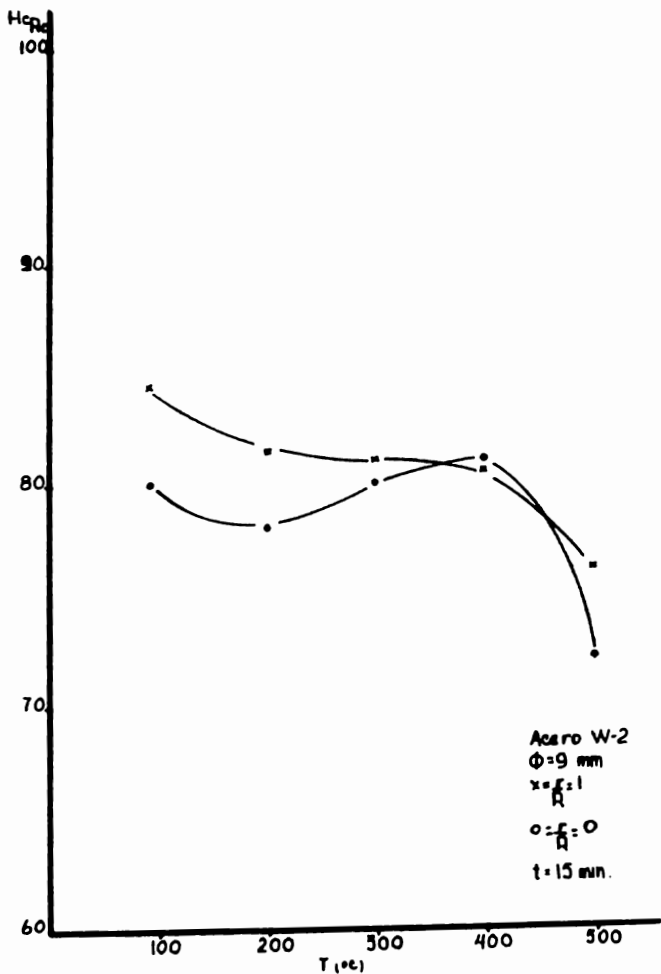
GRAFICA N° 15 : Acero W-2 templado y revenido a 500°C durante 30 minutos.

OBSERVACIONES:

Sigue la disminución de durezas, ahora ya se observan afectadas las curvas correspondientes a 25 y 31 mm, mientras que las de 3 y 17 mm siguen en descenso.

CONCLUSIONES:

También aquí, el tiempo empieza a afectar la pieza, pues la temperatura es la misma, pero expuestas estas a esa temperatura durante mas tiempo resultan mas afectadas.



GRAFICA N°17

H_{CR}
100

90

80

70

60

100

200

300

400

500

T (°C)

Aceero W-2

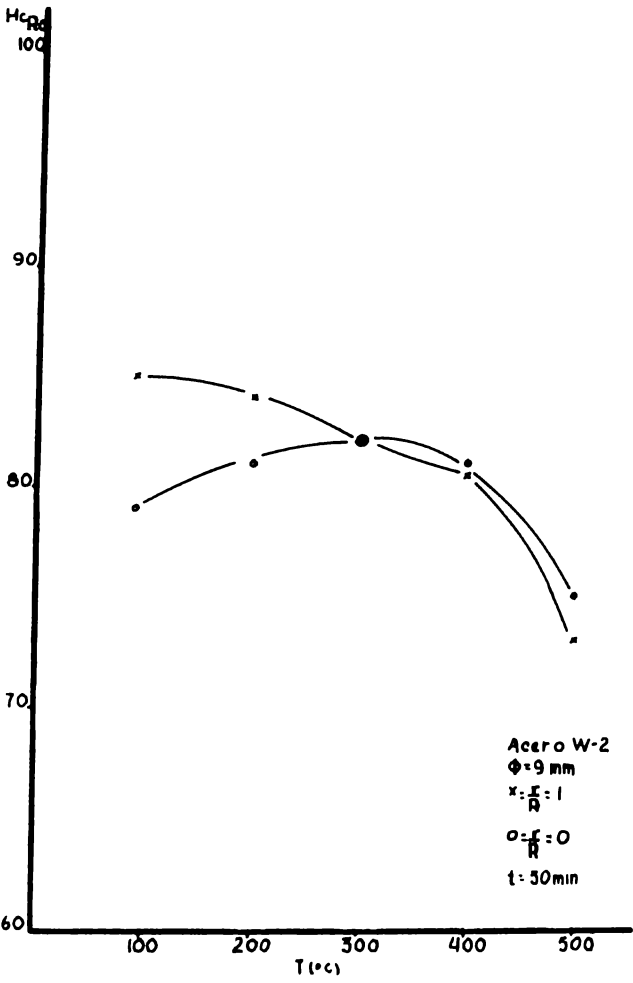
Φ = 9 mm

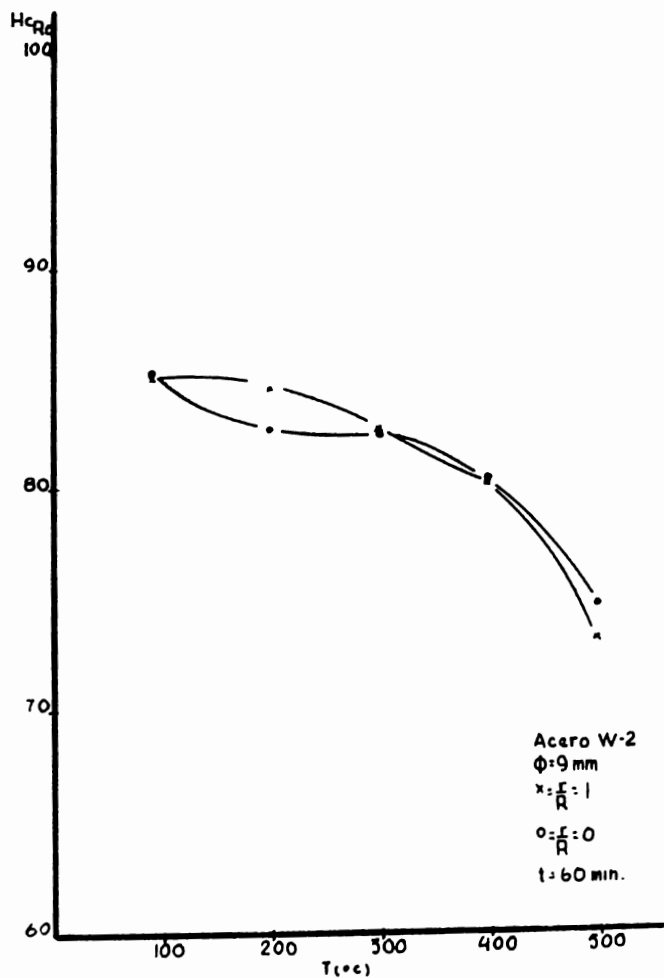
$x = \frac{r}{R} = 1$

$\sigma = \frac{F}{R} = 0$

t = 30 min

GRAFICA N° 18





GRAFICA N° 19

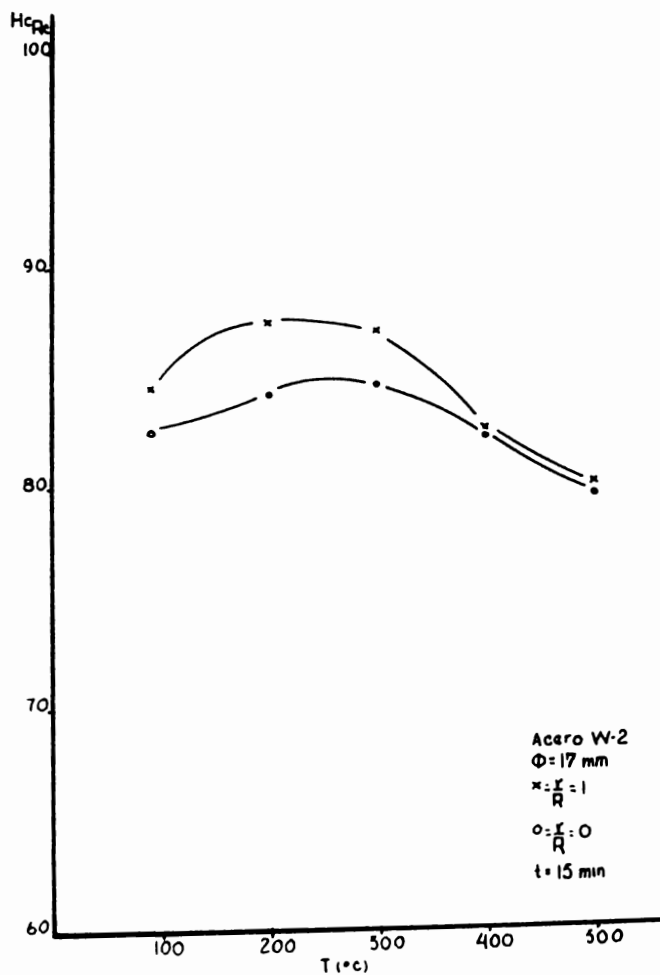
GRAFICAS 17,18 y 19 : Curvas de dureza potencial con respecto a la temperatura de revenido; para W-2 en 9 mm y t = 15,30 y 60 minutos. Las curvas corresponden al centro y superficie* de las probetas.

OBSERVACIONES:

Para los tiempos de 15 y 30 min., no se observa gran variación en las curvas de superficie y centro, ya que, en ambos casos las curvas se encuentran separadas hasta 300°C, a partir de los cuales tienden a juntarse. Las curvas correspondientes a la superficie tienen un máximo a 93°C y de aquí empiezan a disminuir con la temperatura, en cambio las del centro, comienzan de un nivel intermedio de dureza potencial, alcanzando su máximo valor entre 300 y 400°C para después llegar a su mínimo hacia los 500°C

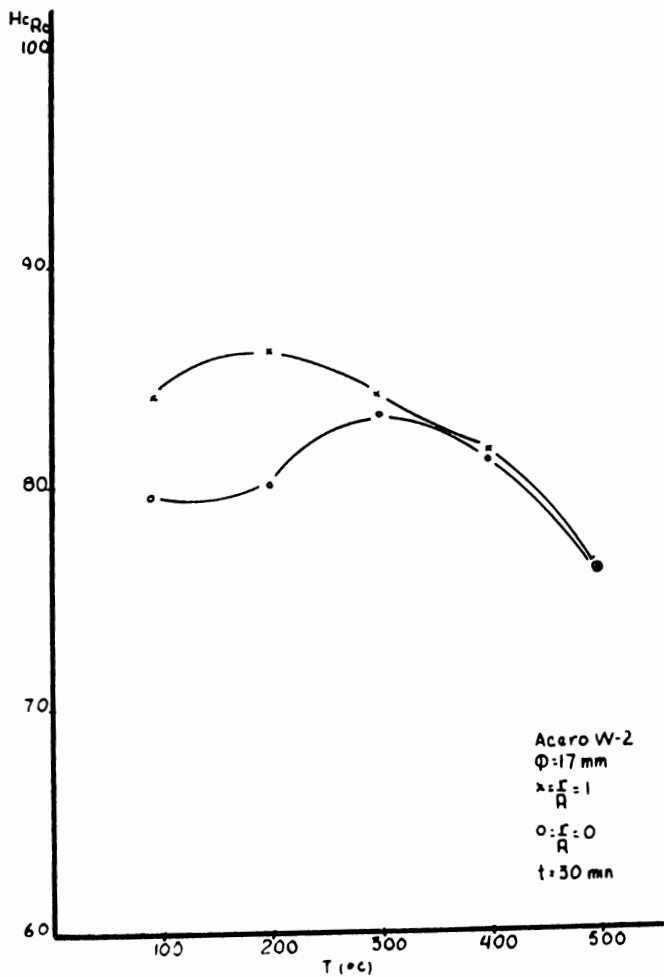
Para el tiempo de 60 min., ambas curvas parten de un mismo punto, es decir, que aquí la dureza potencial es la misma para el centro y la superficie de la probeta, después entre los 93° y 300°C las curvas se abren para que a partir de esta última temperatura tiendan a acercarse, esto es, que tienden a tener los mismos valores de dureza potencial tanto en el centro como en la superficie en el intervalo de temperaturas de 300° y 500°C.

* Se ha tomado como la superficie, pero en realidad, son valores tomados a 1.5 mm de la misma, por ser más confiables que los valores de dureza tomados en ella.



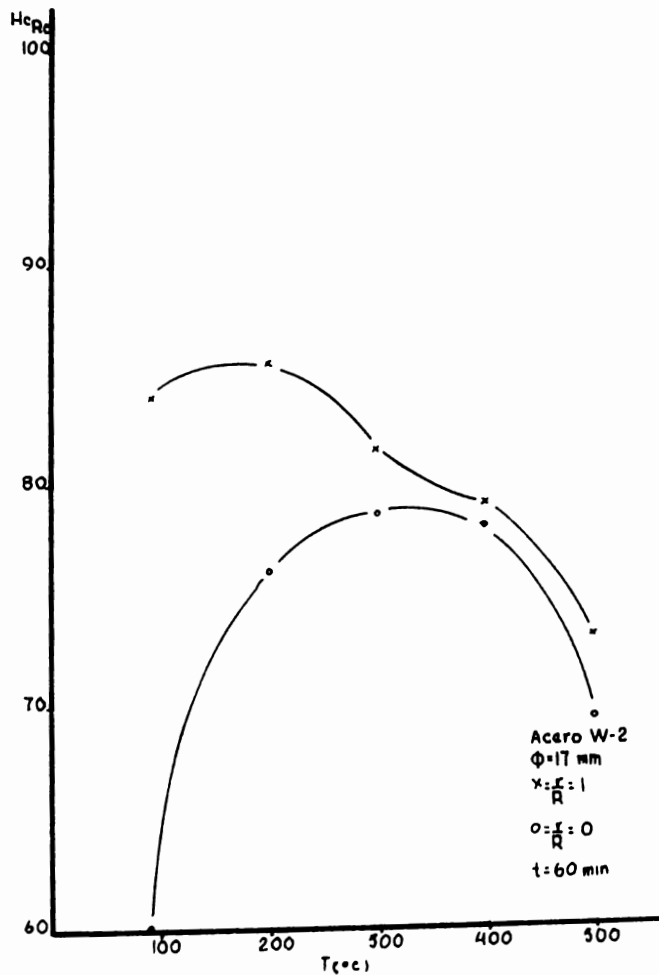
Acero W-2
 $\Phi = 17 \text{ mm}$
 $x = \frac{R}{R} = 1$
 $o = \frac{R}{R} = 0$
 $t = 15 \text{ min}$

GRAFICA N° 20



Acero W-2
 $\Phi: 17 \text{ mm}$
 $\lambda: \frac{r}{R} = 1$
 $\circ: \frac{r}{R} = 0$
 $t: 30 \text{ mm}$

GRAFICA N° 2:

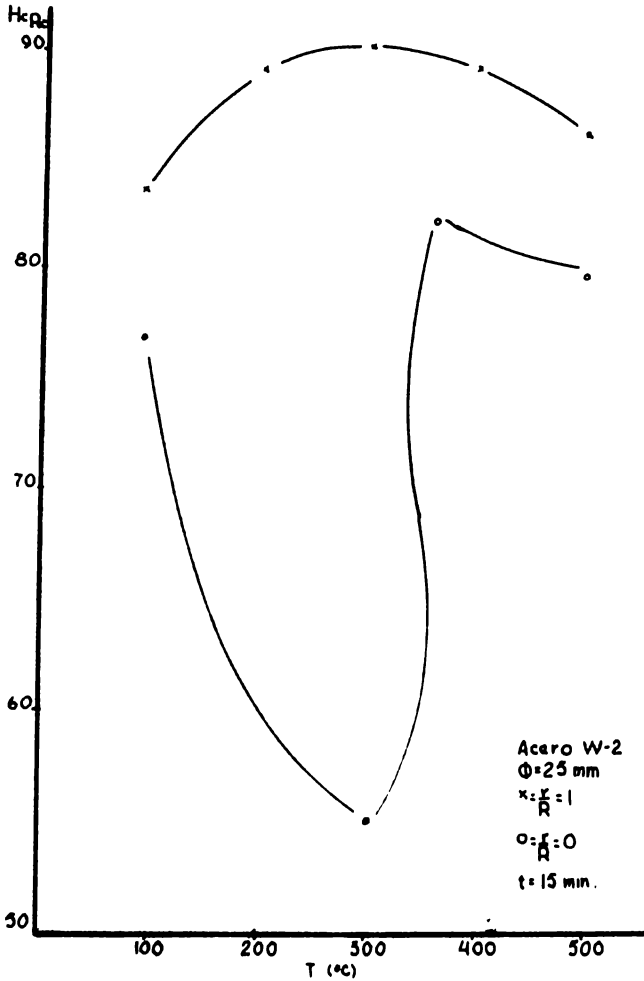


GRAFICA N° 22

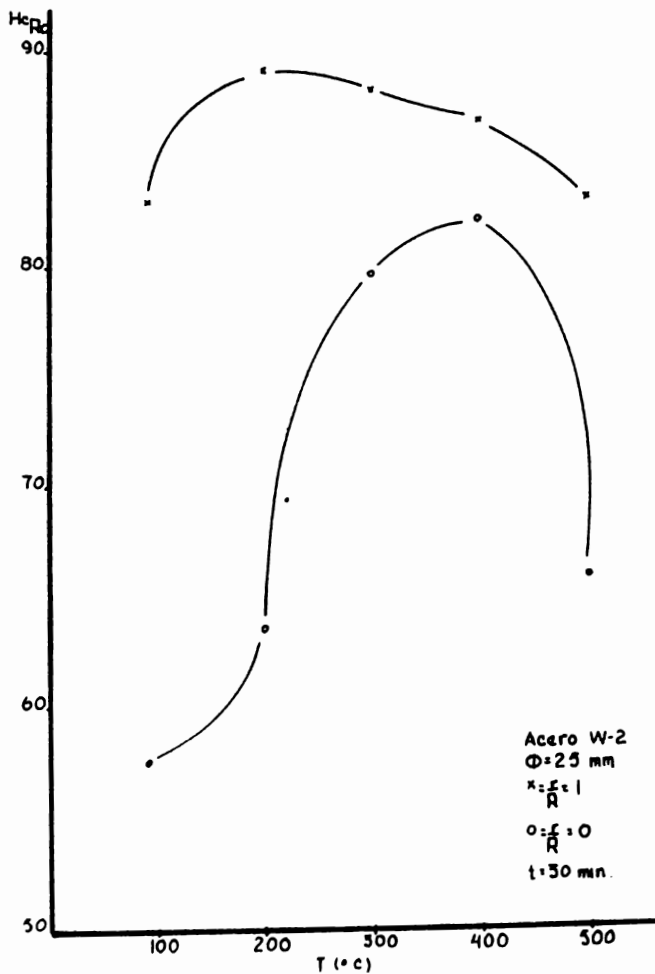
GRAFICAS 20,21 y 22 : Curvas de dureza potencial con respecto a la temperatura de revenido, para W-2 en 17 mm y t = 15,30 y 60 minutos. Las curvas corresponden al centro y superficie de las probetas

OBSERVACIONES:

Aquí el efecto de la sección de la pieza, es más notorio que en el caso anterior, lo mismo del tiempo. En este caso para los tres tiempos las curvas tienden a acercarse entre los 300° y 500°C, pero la separación de las mismas va haciéndose más pronunciada con el aumento del tiempo. Es decir, para 15 min. se observa que la separación entre las curvas de superficie y centro es menor que en las correspondientes a 60 minutos, pues la máxima separación que hay entre las primeras es de sólo 3Rc, en cambio para las de 30 minutos esta separación es de 6Rc y para 60 minutos es de aproximadamente 20 Rc. Pero en todos los casos a partir de los 300°C empiezan a descender paralelamente.

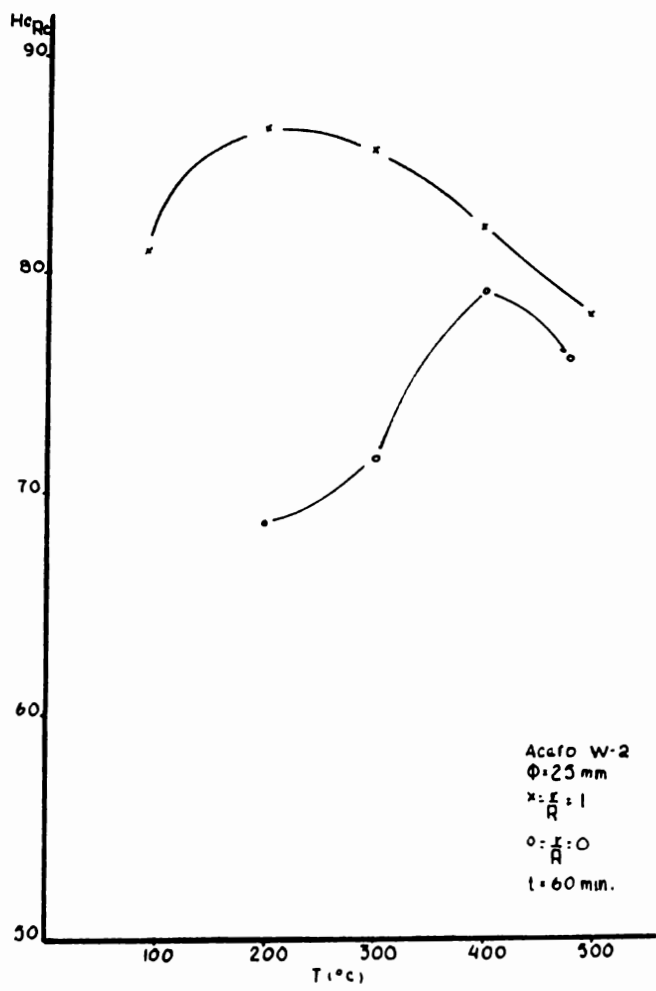


GRAFICA N° 23



Acero W-2
 $\Phi = 25 \text{ mm}$
 $x = \frac{f}{R} = 1$
 $o = \frac{f}{R} = 0$
 $t = 30 \text{ min.}$

GRAFICA N° 24



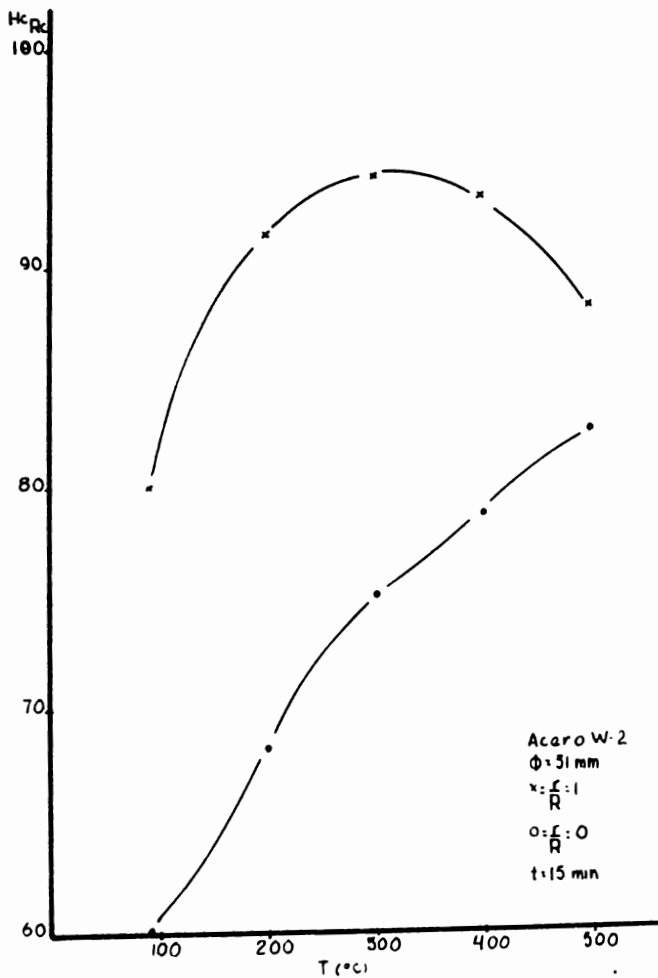
GRAFICA N° 25

GRAFICAS 23;24 y 25 : Curvas de dureza potencial con respecto a la temperatura de revenido, para W-2 en 25 mm y $t = 15, 30$ y 60 minutos. Las curvas corresponden al centro y superficie de las probetas.

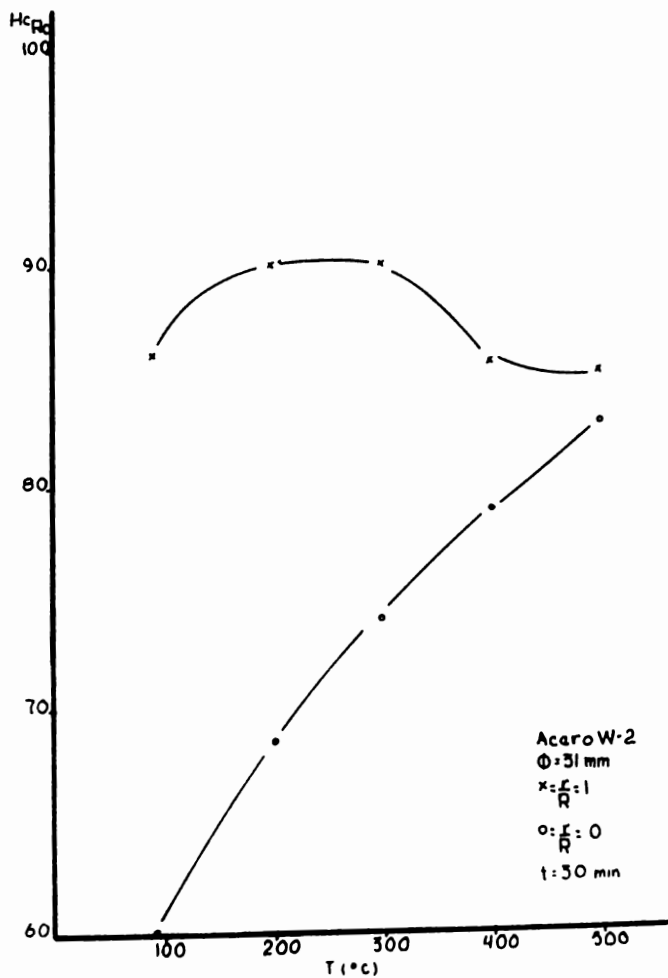
OBSERVACIONES:

Para 15 min., se observa una curva de superficie con su mínimo en 93°C y su máximo en 300°C para luego descender hasta 500°C ligeramente. La curva del centro se encuentra bastante distorsionada, es decir, que no se tienen cambios suaves, sino -- bastante drásticos, por ejemplo, comienza a un nivel intermedio de dureza potencial, pero después desciende rápidamente para tener su mínimo a los 200°C que está a 26 Rc por debajo del - valor inicial, a partir de aquí comienza a ascender para obtener su máximo a los 400°C y luego sufrir un ligero descenso a los 500°C. Para 30 min. se encuentra una curva similar a la correspondiente a 15 min.. En cuanto a la del centro se encuentran otra vez cambios muy marcados, pues la diferencia entre sus valores máximo y mínimo es de 24 Rc pero no es una curva tan disforme como la del tiempo anterior.

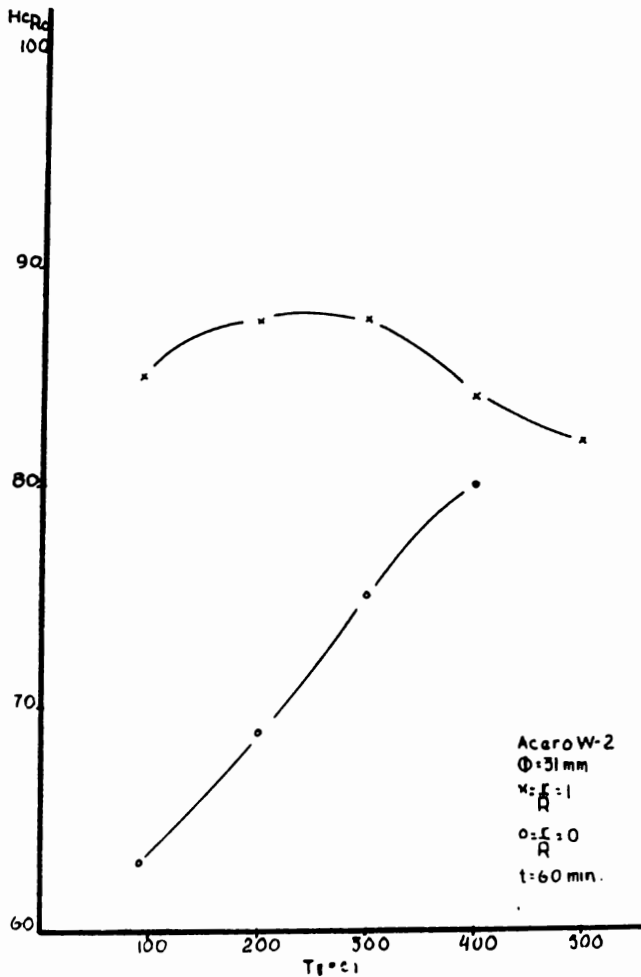
Para 60 min., se observa la misma tendencia de las curvas anteriores de la superficie, pero disminuye más con la temperatura. Para la curva correspondiente al centro vuelven a encontrarse valores muy alejados unos de otros. Sigue la misma - tendencia ascendente que la curva de 30 min y su valor mínimo es tan bajo que no se encuentra en la gráfica,



GRAFICA Nº 26



GRAFICA Nº 27



GRAFICA N° 28

GRAFICAS 26,27 y 28 : Curvas de dureza potencial con respecto a la temperatura de revenido, para W-2 en 31 mm y t= 15,30 y 60 minutos. Las curvas corresponden al centro y superficie de las probetas.

OBSERVACIONES:

En este caso, las curvas presentan la misma tendencia, tanto las del centro como las de superficie, para los tres tiempos. Pues estas últimas empiezan a ascender desde los 93°C, hasta llegar a su valor máximo que se encuentra a los 300°C, para después descender ligeramente.

En los tres casos las curvas de superficie y centro - tienden a acercarse a los 500°C, es decir se obtienen valores de dureza potencial de la superficie y centro muy cercanos a esta temperatura, esto implica que la dureza potencial es variable con la sección de la pieza, pero tiende a ser la misma al aumentar la temperatura de revenido.

En este diámetro las curvas correspondientes al centro son líneas ascendentes, hasta llegar a su máximo a los 500°C.

CONCLUSIONES:

La dureza potencial no es una constante ni con la temperatura ni con la sección de la pieza, pues se ve que mientras mayor es esta última, los valores de dureza potencial a lo largo de la sección se van haciendo mas discordes con respecto a los obtenidos en la superficie de la pieza.

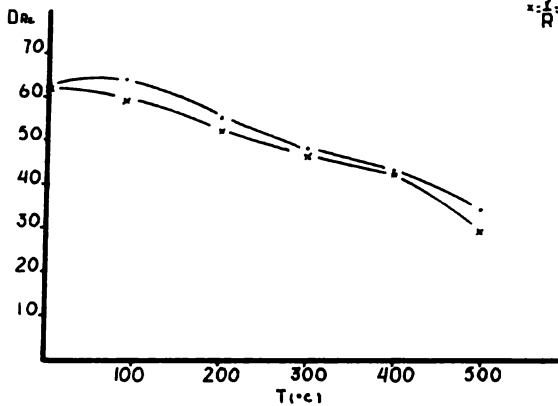
Por otro lado, vemos que, al ir aumentando la temperatura estos valores van asemejándose, con lo que se concluye que a -- temperaturas mas altas la dureza potencial será la misma para toda la sección sea cual sea su dimensión, pero como para revenido no se utilizan esas temperaturas, se tendrá que tomar en cuenta el valor de la dureza potencial para cada punto en la sección de la pieza, y nos dará resultados en revenido mas acordes con lo que se quiera obtener.

$\Phi = 9 \text{ mm}$

$l = 15 \text{ mm}$

$\therefore \frac{l}{R} = 0.66$

$\kappa = \frac{l}{R} = 0$

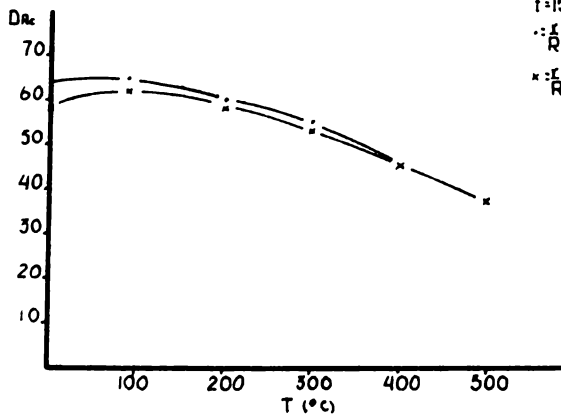


$\Phi = 17 \text{ mm}$

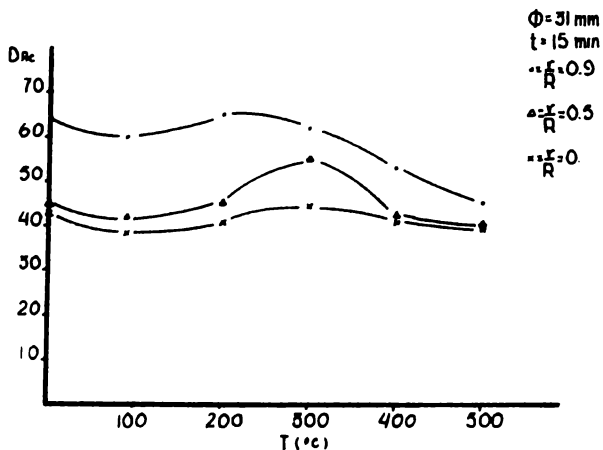
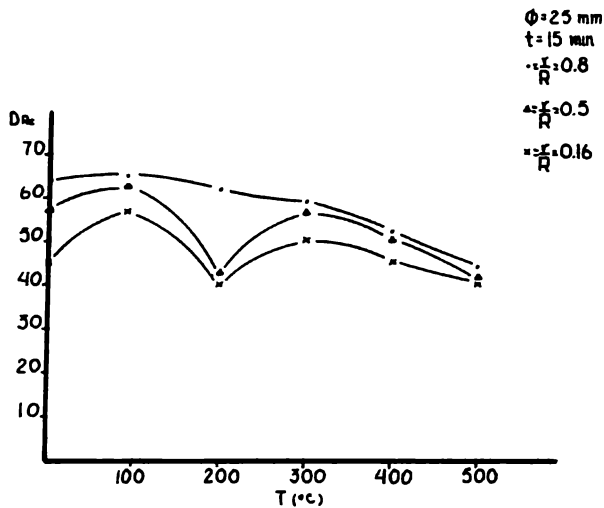
$l = 15 \text{ mm}$

$\therefore \frac{l}{R} = 0.88$

$\kappa = \frac{l}{R} = 0$



GRAFICA N°29



GRAFICA N° 30

GRAFICAS 29 y 30 : Curvas de dureza en revenido contra temperatura, para W-2 en diámetros de 9,17,25 y 31 mm. para un t= 15 min. Las curvas corresponden a la superficie y el centro en el caso de 9 y 17 mm para los otros dos se tienen en tres posiciones.

OBSERVACIONES:

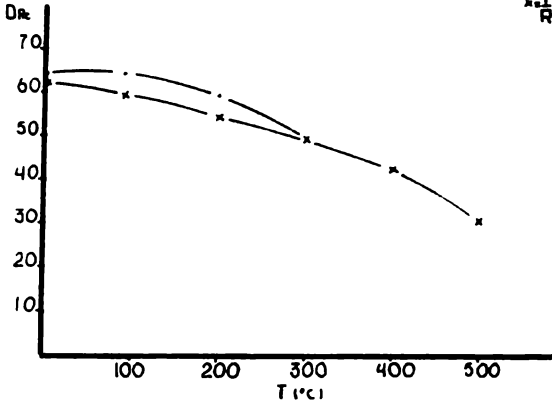
En todos los casos la dureza tiende a disminuir con la temperatura, tanto del centro como de la superficie, además de que a mayores temperaturas se va haciendo una sola curva para todas las posiciones, es decir, la dureza se hace homogénea al aumentar la temperatura. Para los diámetros menores (9 y 17 mm) las curvas de centro y superficie casi son una sola, de lo que se deduce que no hay mucha variación de dureza a lo largo de la sección y que disminuye uniformemente con la temperatura. Sin embargo en 25 y 31 mm ya se observa una marcada diferencia entre los valores de superficie a un diámetro intermedio y en el centro.

En las curvas correspondientes a 25 mm la curva de superficie empieza de un valor máximo y va disminuyendo al ir aumentando la temperatura, en cambio las curvas de diámetro intermedio y centro comienzan a un determinado valor bajo, sufren un aumento considerable para luego disminuir a su valor mínimo hacia los 200°C y comenzar a aumentar hasta los 300°C para luego bajar y llegar a su mínimo a los 500°C.

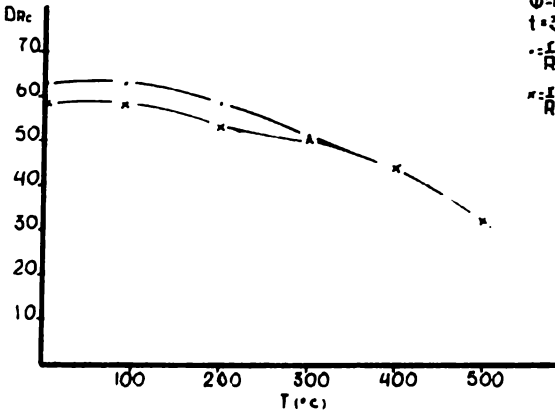
Para 31 mm las curvas presentan la misma tendencia que

las de 25 mm. Para la de superficie que empieza con su valor máximo, y que es el obtenido directamente de temple, disminuye al ir aumentando la temperatura, pero se observa un descenso a los 93°C para luego llegar otra vez a su valor inicial a los 200°C y comenzar a bajar. Para la curva correspondiente a un diámetro intermedio, se observa también la disminución a los 93°C pero aquí el máximo valor se obtiene a los 300°C, lo que nos hace una curva más pronunciada que la de superficie y centro, para luego disminuir y llegar a su punto mínimo que se encuentra a los 500°C. Para la del centro se observa el mismo a los 93°C, luego un ligero aumento a los 300°C para disminuir y llegar a su mínimo a los 500°C.

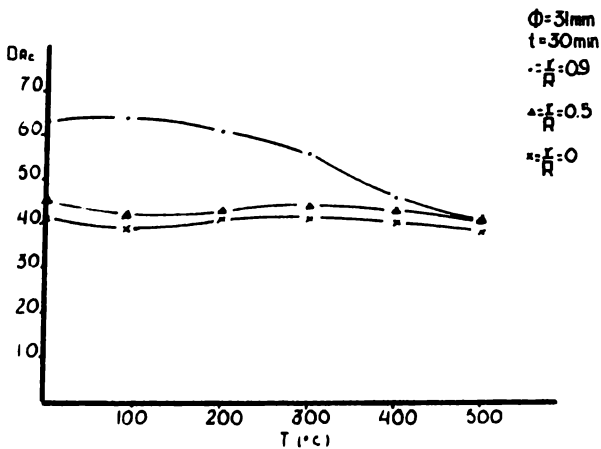
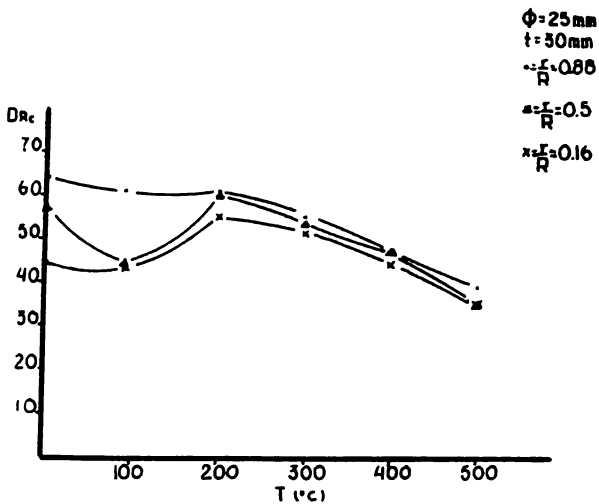
$\Phi = 9 \text{ mm}$
 $t = 30 \text{ min.}$
 $\therefore \frac{f}{R} = 0.66$
 $\pi = \frac{I}{R} = 0$



$\Phi = 17 \text{ mm}$
 $t = 30 \text{ min.}$
 $\therefore \frac{f}{R} = 0.88$
 $\pi = \frac{I}{R} = 0$



GRAFICA N° 51



GRAFICA Nº 52

GRAFICAS 30 y 31 : Curvas de dureza en revenido contra temperatura, para W-2 en diámetros de 9,17,25 y 31 mm para un $t = 30$ min. Las curvas corresponden a la superficie y el centro en el caso de 9 y 17 mm para los otros dos se tienen en tres posiciones.

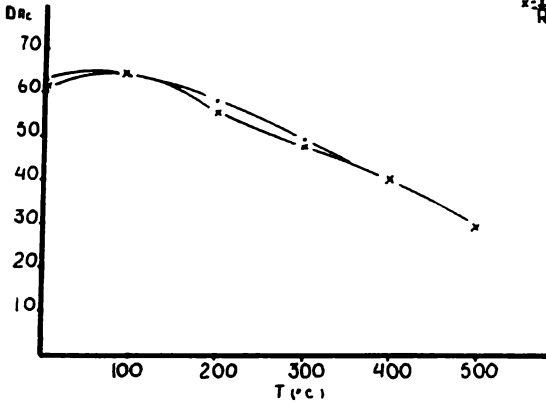
OBSERVACIONES:

Aquí sucede lo mismo que en el caso anterior para las curvas de menor diámetro, es decir, que para centro y superficie no hay gran variación de los valores de dureza y van disminuyendo conforme se va aumentando la temperatura, hasta hacerse una sola curva a partir de los 300°C.

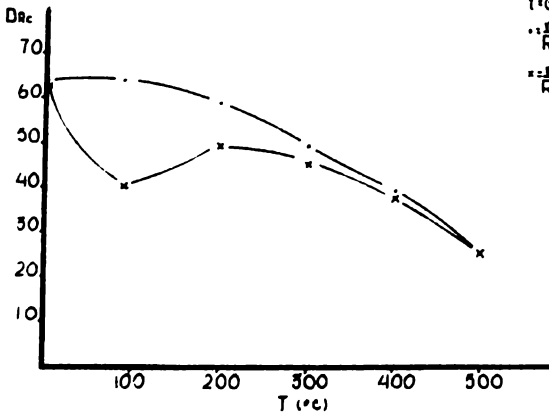
Para 25 mm, la curva de superficie presenta una ligera disminución a los 93°C, luego un ligero aumento hacia los 200°C para después continuar descendiendo hasta el mínimo valor que está a los 500°C. Para las curvas de diámetro intermedio y centro se obtiene también disminución a los 93°C, pero aquí es más acentuada que en la superficie y su aumento a los 200°C también es considerable, para que a partir de este punto las tres curvas tiendan a hacerse una sola,

Para 31 mm, se observa la baja de dureza con respecto a la temperatura para la curva de la superficie, hasta llegar a su mínimo a los 500°C, en cambio para las curvas correspondientes a diámetro intermedio y centro se observa una ligera disminución a 93°C para volver a su valor inicial y mantenerse casi constante hasta los 500°C donde se juntan las tres curvas.

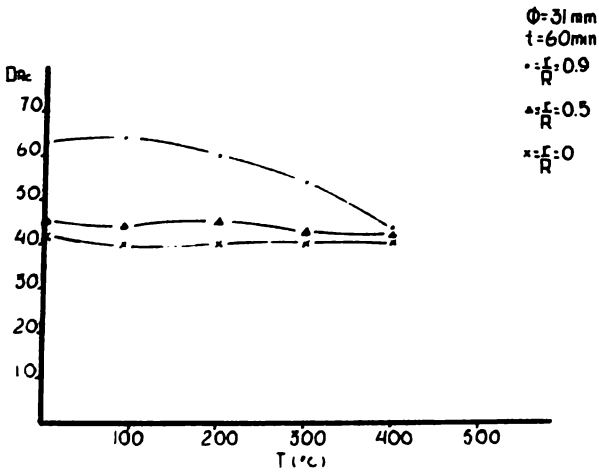
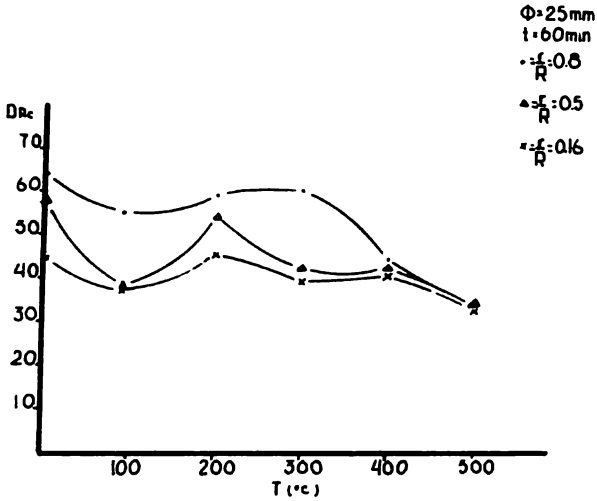
$\Phi = 9 \text{ mm}$
 $t = 60 \text{ mm}$
 $\frac{f}{R} = 0.66$
 $\frac{f}{R} = 0$



$\Phi = 17 \text{ mm}$
 $t = 60 \text{ mm}$
 $\frac{f}{R} = 0.88$
 $\frac{f}{R} = 0$



GRAFICA N° 33



GRAFICA N° 34

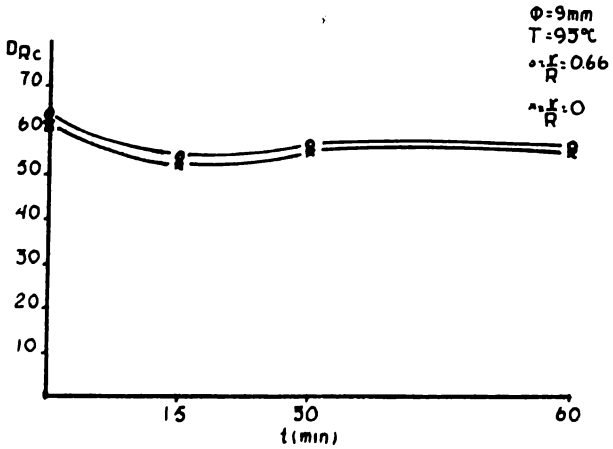
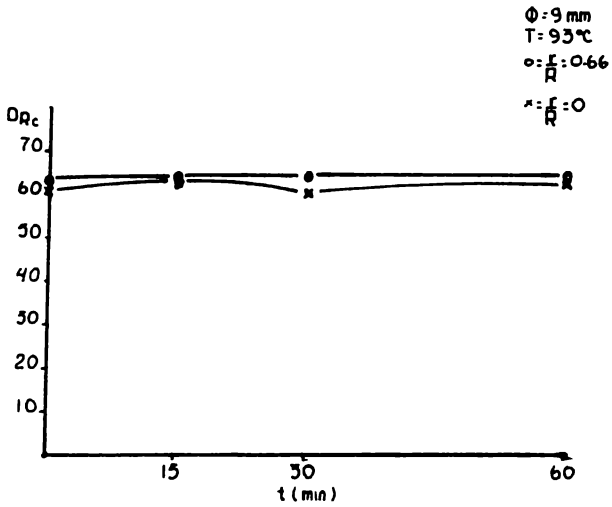
GRAFICAS 33 y 34 : Curvas de dureza en revenido contra temperatura para W-2 en diámetros de 9,17,25 y 31 mm, para un $t = 60$ min. Las curvas corresponden a la superficie y el centro en el caso de 9 y 17 mm, para los otros dos se tienen en tres posiciones.

OBSERVACIONES:

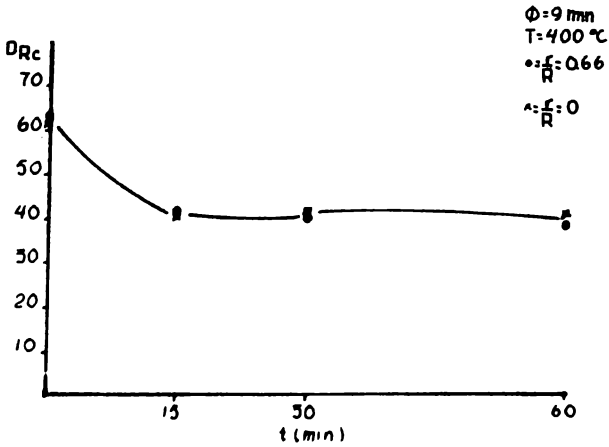
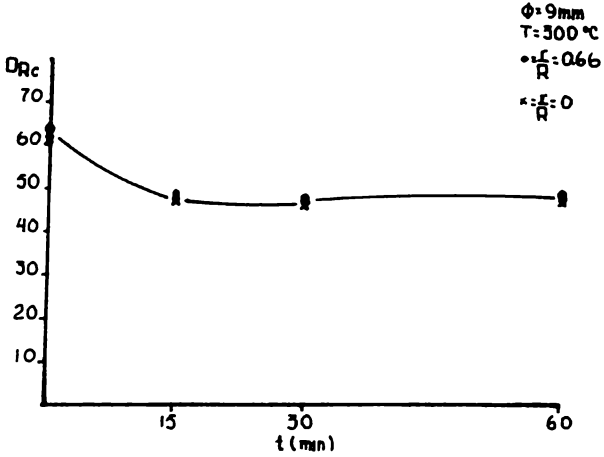
Otra vez, las curvas correspondientes a la superficie y el centro en 9 mm casi puede decirse que es una sola. En 17 mm ahora se observa un descenso considerable de la dureza a los 93°C para la curva del centro para luego aumentar en casi 10Rc y comenzar a descender nuevamente pero ahora en forma paralela a la curva de la superficie, la cual presenta la misma tendencia que las curvas anteriores.

Para 25 mm se encuentran curvas muy discordes entre sí es decir, se encuentran valores muy distantes unos de otros, excepto para la curva de la superficie, que no es tan pronunciada como la del centro y diámetro intermedio. En este caso también tienden a acercarse las curvas a mayor temperatura.

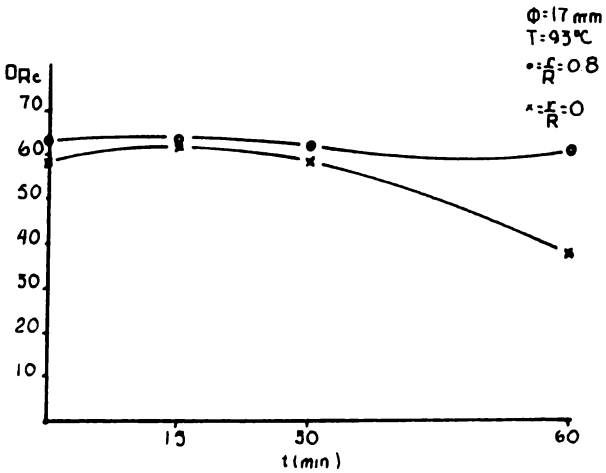
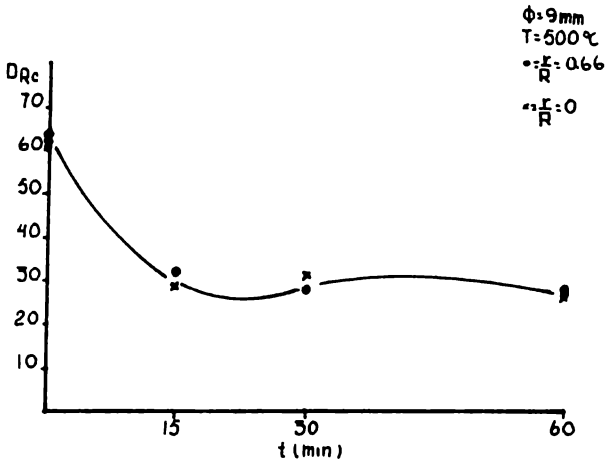
Para 31 mm, se observa la misma tendencia que en tiempos anteriores, es decir la curva de superficie disminuye, sin tener altibajas, con respecto a la temperatura. Luego las curvas correspondientes a centro y diámetro intermedio, puede decirse que permanecen en un nivel de dureza constante con respecto a la temperatura, hasta que se juntan las tres curvas a los 400°C .



GRAFICA N° 35



GRAFICA N° 36



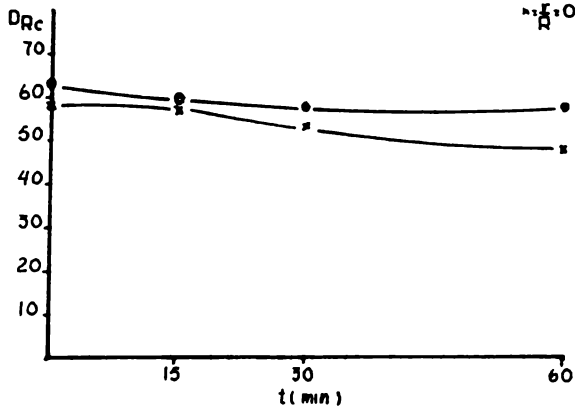
GRAFICA N° 37

$\Phi = 17 \text{ mm}$

$T = 200^\circ \text{C}$

$\bullet: \frac{f}{R} = 0.8$

$\times: \frac{f}{R} = 0$

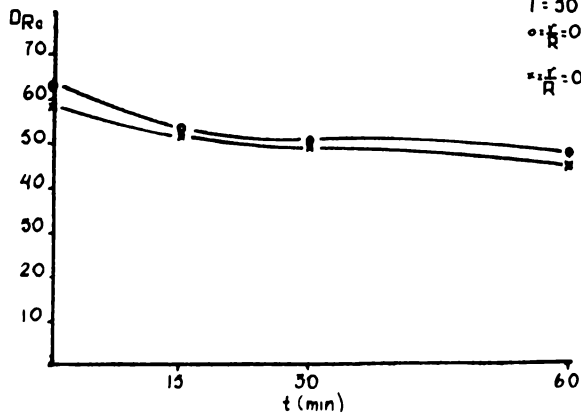


$\Phi = 17 \text{ mm}$

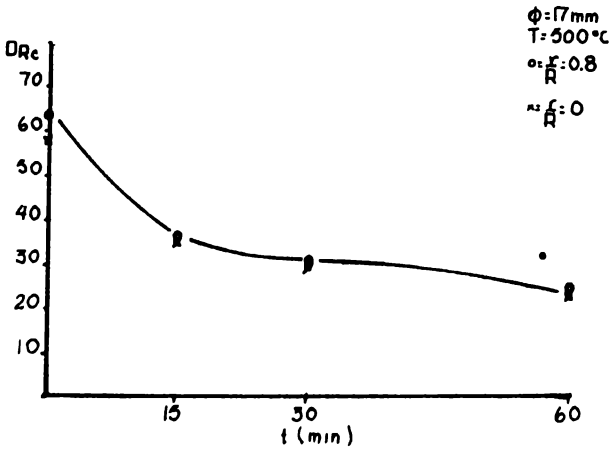
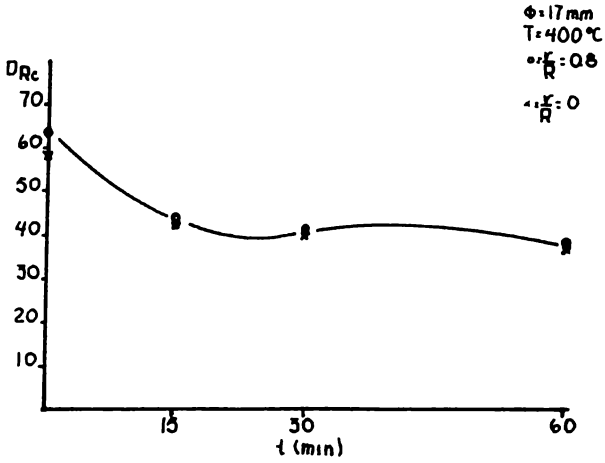
$T = 300^\circ \text{C}$

$\bullet: \frac{f}{R} = 0.8$

$\times: \frac{f}{R} = 0$

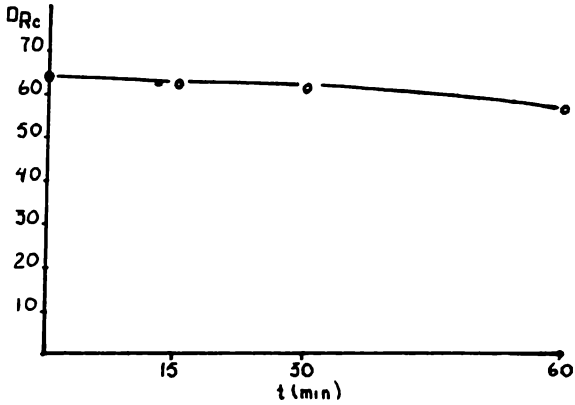


GRAFICA N° 38

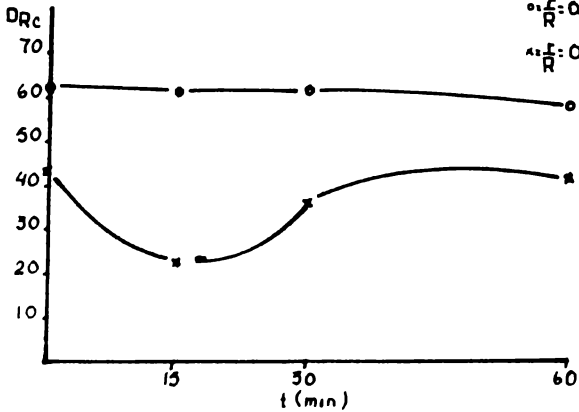


GRAFICA N° 39

$\phi: 25 \text{ mm}$
 $T: 93^\circ\text{C}$
 $\sigma \cdot \frac{t}{R} = 0.8$



$\phi: 25 \text{ mm}$
 $T: 200^\circ\text{C}$
 $\sigma \cdot \frac{t}{R} = 0.8$
 $\sigma \cdot \frac{t}{R} = 0$



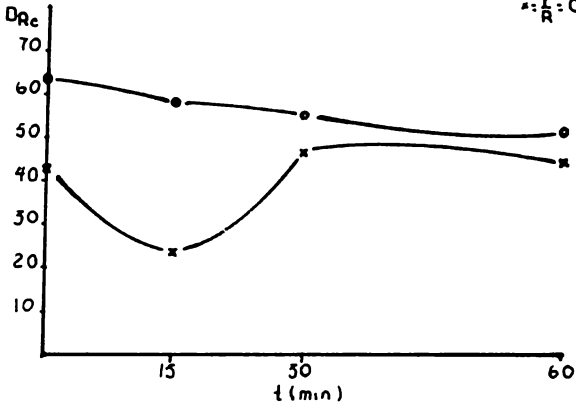
GRAFICA N° 40

$\phi = 25 \text{ mm}$

$T = 300^\circ\text{C}$

$\circ: \frac{f}{R} = 0.8$

$\times: \frac{f}{R} = 0$

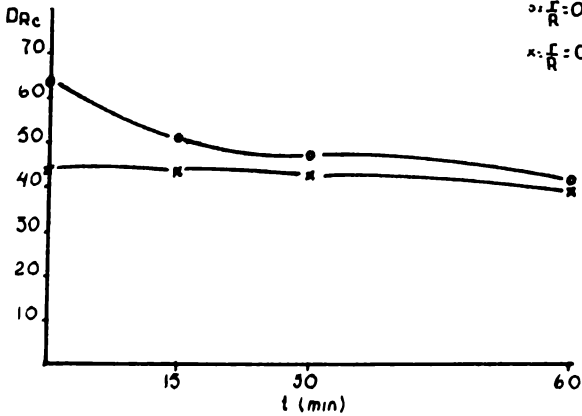


$\phi = 25 \text{ mm}$

$T = 400^\circ\text{C}$

$\circ: \frac{f}{R} = 0.8$

$\times: \frac{f}{R} = 0$



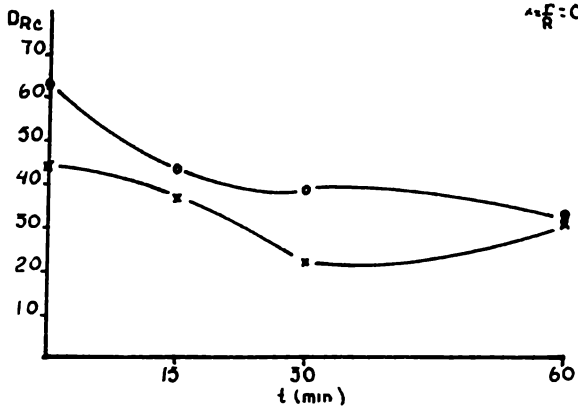
GRAFICA N° 41

$\Phi = 25 \text{ mm}$

$T = 300^\circ \text{C}$

$\sigma = \frac{F}{R} = 0.8$

$\lambda = \frac{F}{R} = 0$

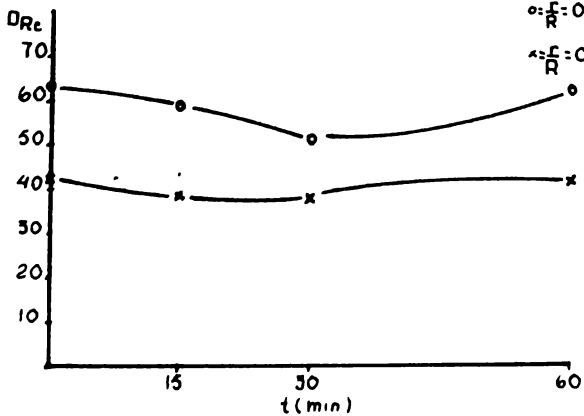


$\Phi = 31 \text{ mm}$

$T = 93^\circ \text{C}$

$\sigma = \frac{F}{R} = 0.9$

$\lambda = \frac{F}{R} = 0$



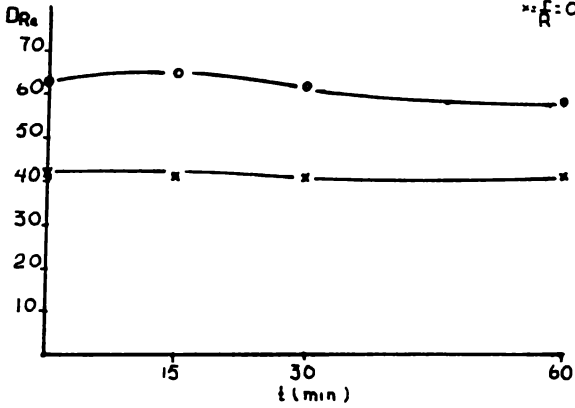
GRAFICA N° 42

$\Phi: 31 \text{ mm}$

$T: 200^\circ\text{C}$

$\circ: \frac{F}{R} = 0.9$

$\times: \frac{F}{R} = 0$

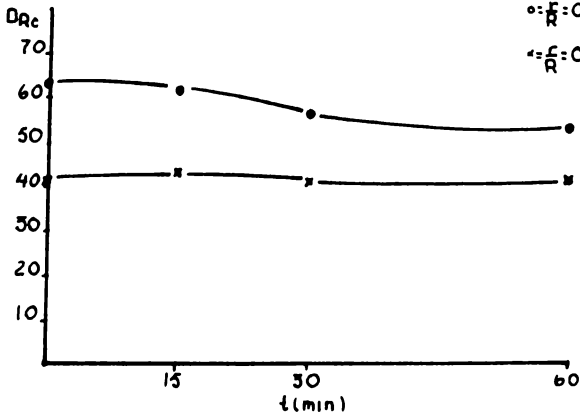


$\Phi: 31 \text{ mm}$

$T: 300^\circ\text{C}$

$\circ: \frac{F}{R} = 0.9$

$\times: \frac{F}{R} = 0$



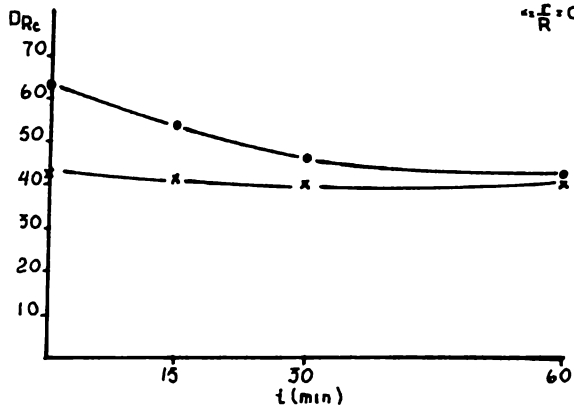
GRAFICA N°43

$\Phi = 31 \text{ mm}$

$T = 400^\circ \text{C}$

$\bullet \bullet \frac{F}{R} = 0.9$

$\bullet \bullet \frac{F}{R} = 0$

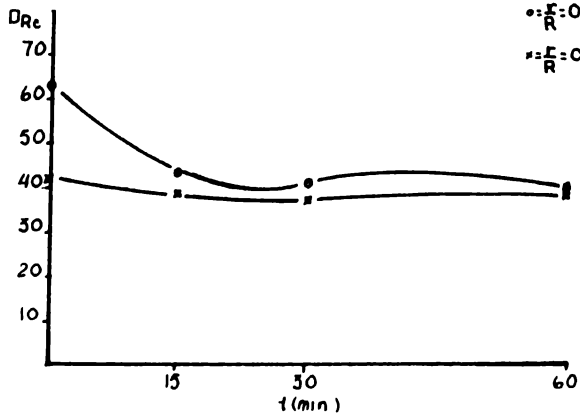


$\Phi = 31 \text{ mm}$

$T = 500^\circ \text{C}$

$\bullet \bullet \frac{F}{R} = 0.9$

$\bullet \bullet \frac{F}{R} = 0$



GRAFICA N° 44

GRAFICAS DUREZA EN REVENIDO VS TIEMPO.

En 9 mm se observa , que las variaciones máximas de dureza a una misma temperatura (a partir de los 200°C , pues a 93°C permanece constante) se verifican a los 15 minutos de tratamiento , después de los cuales se observan pocos cambios , esto es tanto para el centro como para la superficie de la probeta.

Para 17 mm ya se encuentra separación entre las curvas correspondientes a superficie y centro de las probetas , esto hasta 300°C , pues a partir de esta temperatura las curvas se unen y se hacen una sola . De nuevo se observan los descensos de dureza durante los primeros 15 minutos de tratamiento .

En 25 mm se observa una mayor discrepancia entre los valores de superficie y centro , sobre todo a 200 y 300°C y durante 30 min . de revenido . Se observa también que los cambios se siguen verificando a los 15 min , solo que ahora son mas notorios hasta los 400°C .

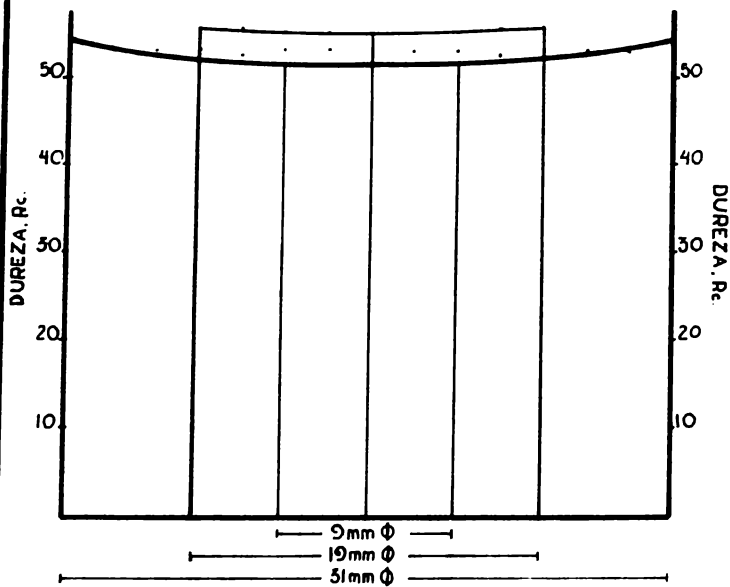
En 31 mm se observan curvas de superficie y centro muy separadas a las primeras temperaturas y después tienden a juntarse . Mientras mas alta es la temperatura , el tiempo necesario para igualar las durezas de centro y superficie es menor .De nuevo los cambios mas notorios suceden a los primeros 15 min. y a alta temperatura (400-500°C)

CONCLUSIONES.

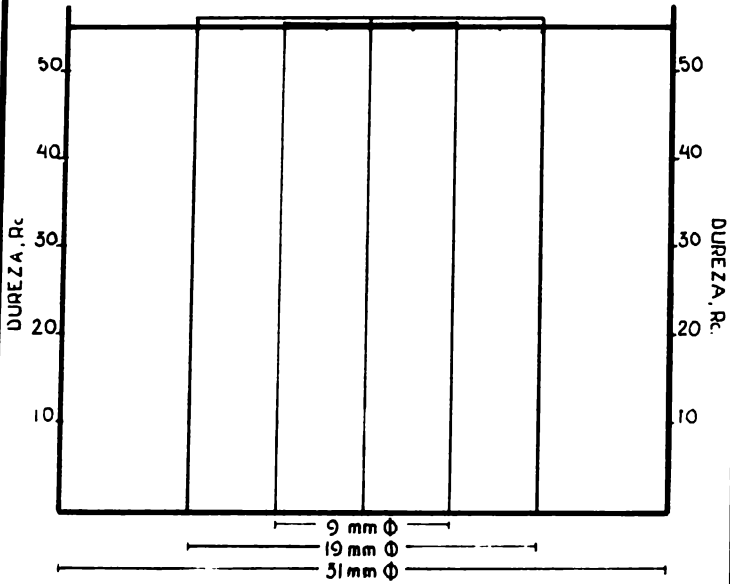
El efecto del tiempo en revenido varía con la sección de que se trate , por ejemplo en diámetros pequeños se necesita de poco tiempo (15 min.) para efectuar las transformaciones propias del revenido , después de este tiempo , si se permanece a la misma temperatura el aumento del tiempo no produce cambios significativos. Ahora bien para secciones grandes , a baja temperatura y tiempos pequeños no se logran cambios en las propiedades , pero aumentando el tiempo , empieza a verse ya el efecto del calentamiento en las piezas . Pero si se quiere utilizar un tiempo de revenido menor , deberá utilizarse una temperatura mas alta .

Las gráficas siguientes, corresponden al acero 9840 tratado a diferentes tiempos y temperaturas. En este caso no se presentan cambios de consideración, en los aspectos que nos interesan, por lo que no se hace un análisis detallado de cada gráfica, ya que se caería en la redundancia pues como se dijo no se tienen variaciones que ameriten tal análisis.

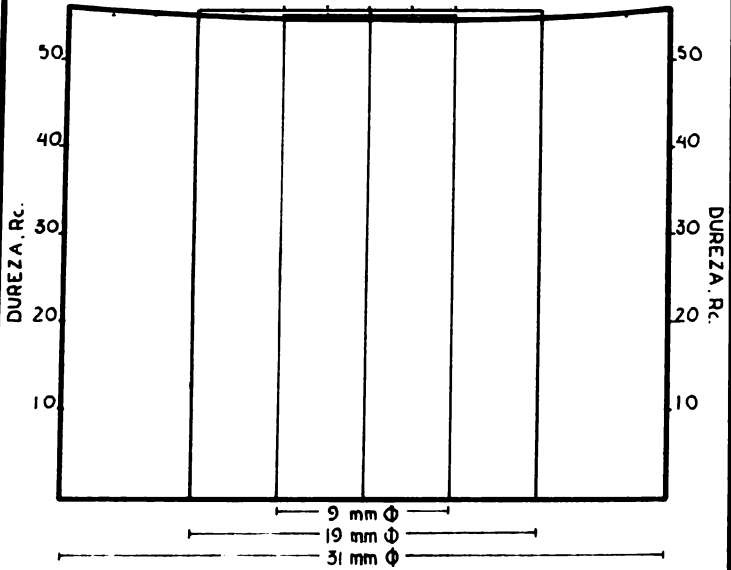
Por esta razón, se encontrará al final de cada set de gráficas, las observaciones más importantes correspondientes a esa sección, y que nos ayudarán a entender mejor los resultados obtenidos en revenido para este acero.



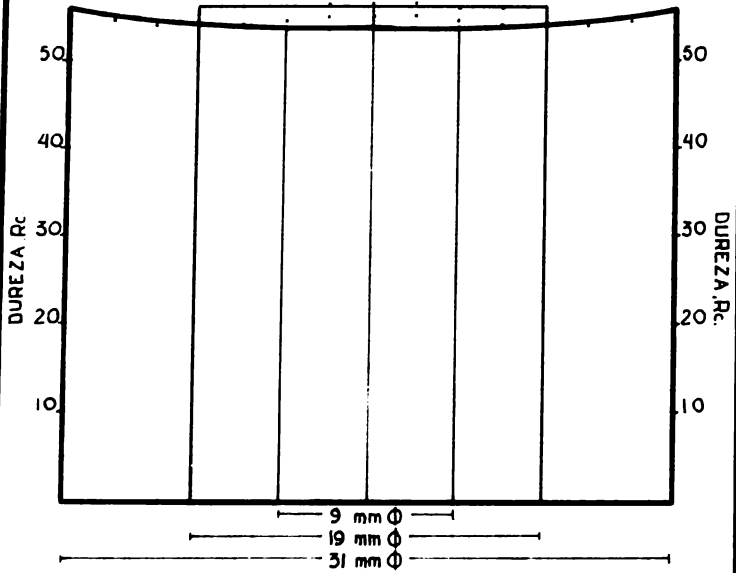
GRAFICA N° 45



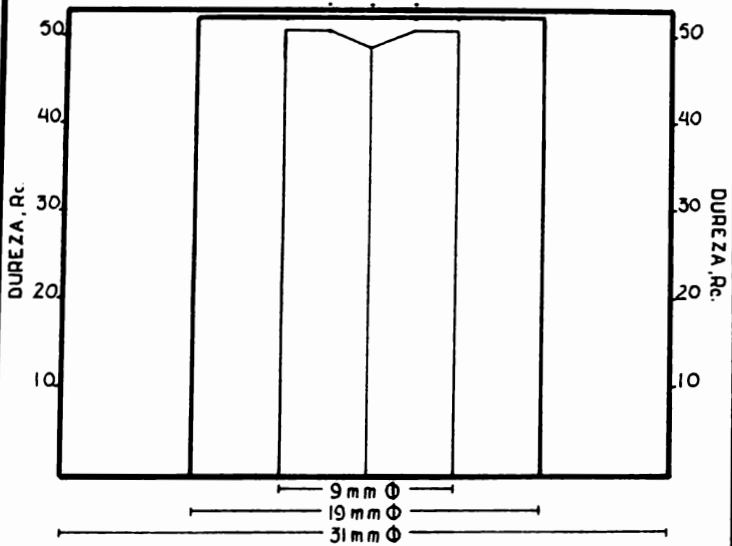
GRAFICA N° 46



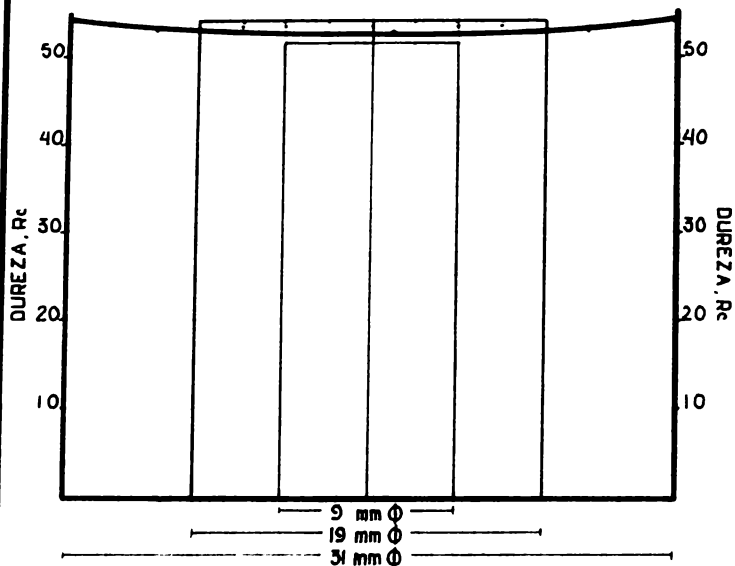
GRAFICA N° 47



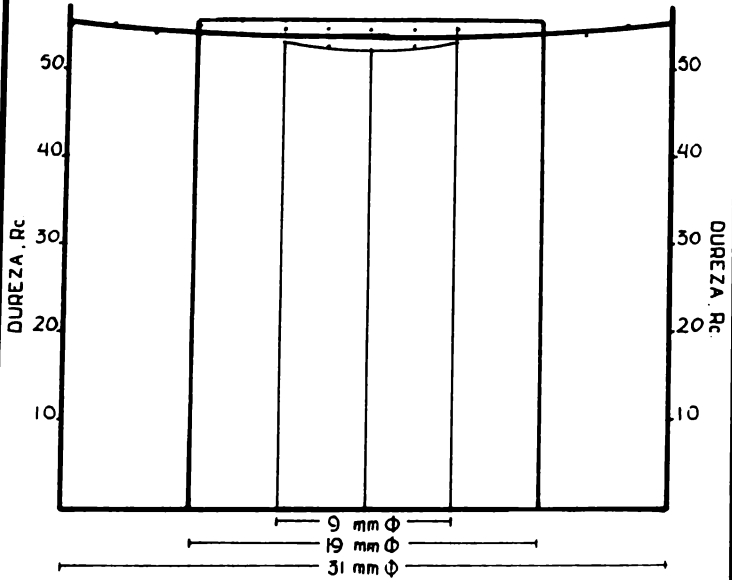
GRAFICA N° 48



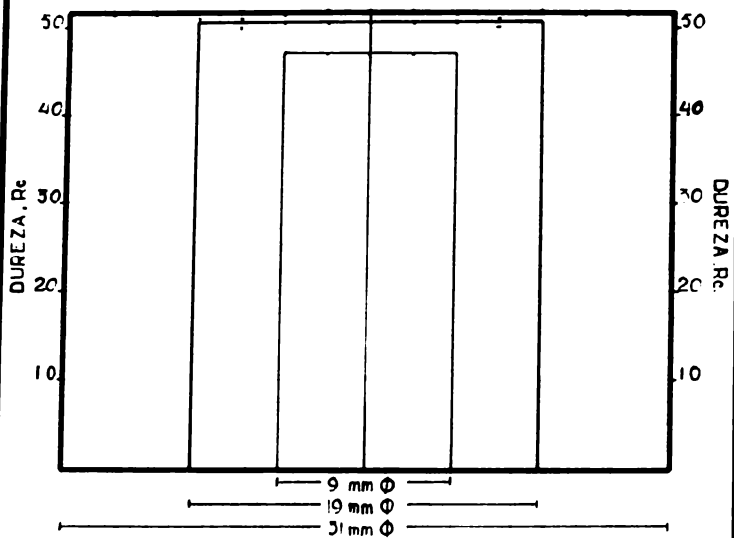
GRAFICA Nº 49



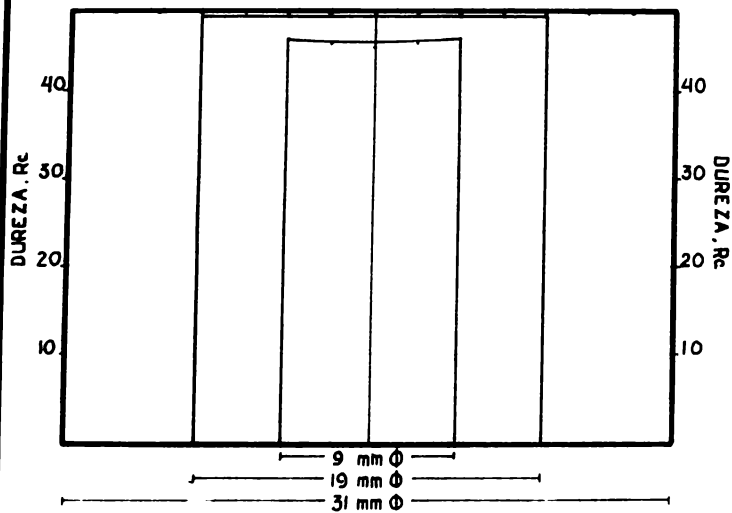
GRAFICA N° 50



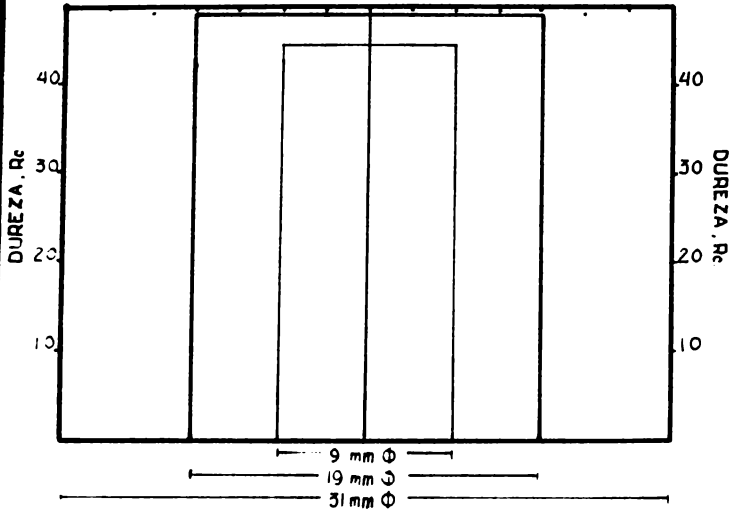
GRAFICA N° 30



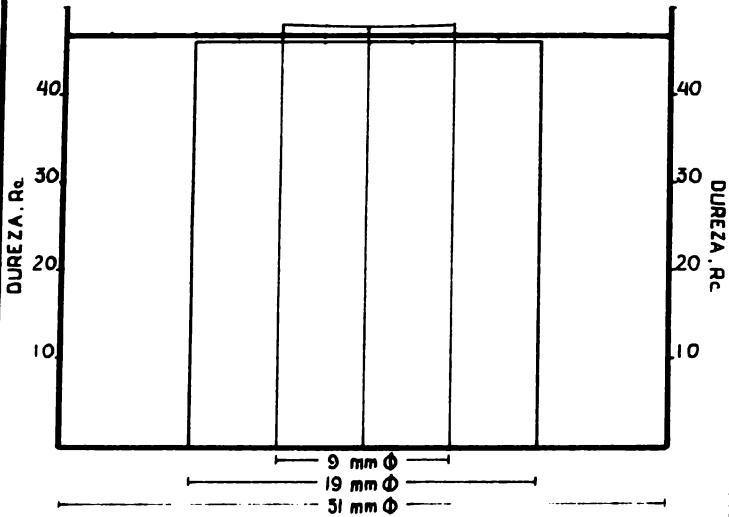
GRAFICA N° 52



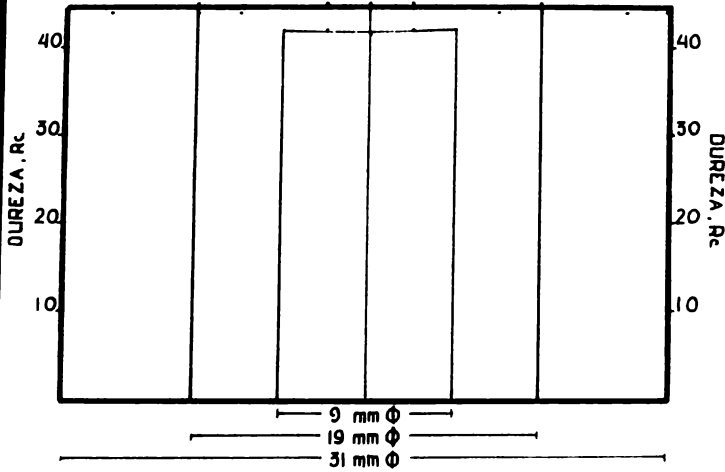
GRAFICA N° 55



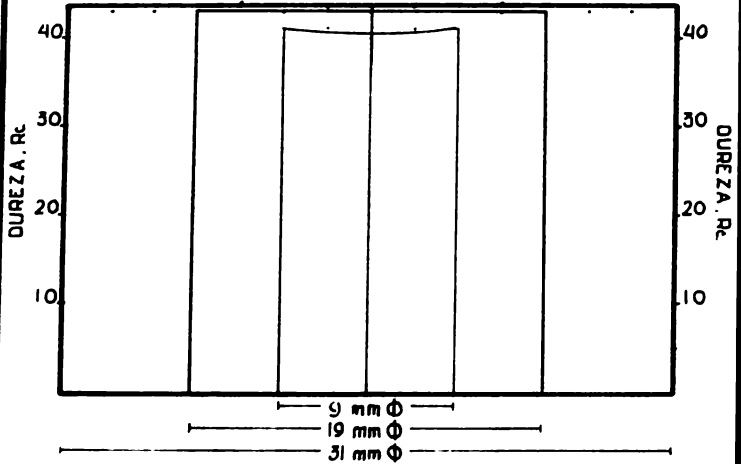
GRAFICA N° 54



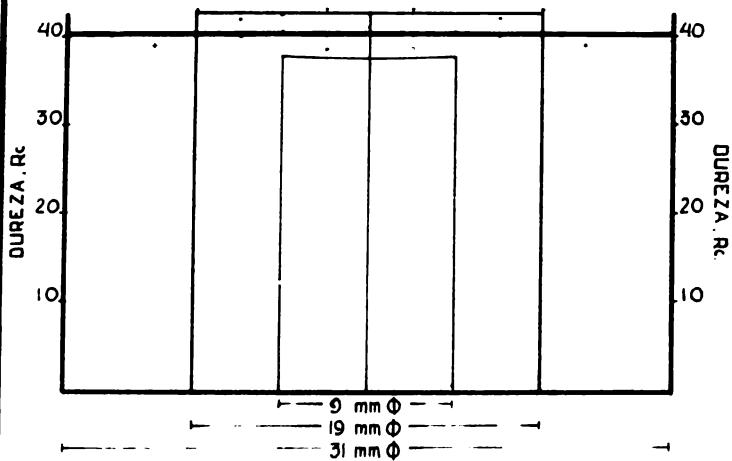
GRAFICA N° 55



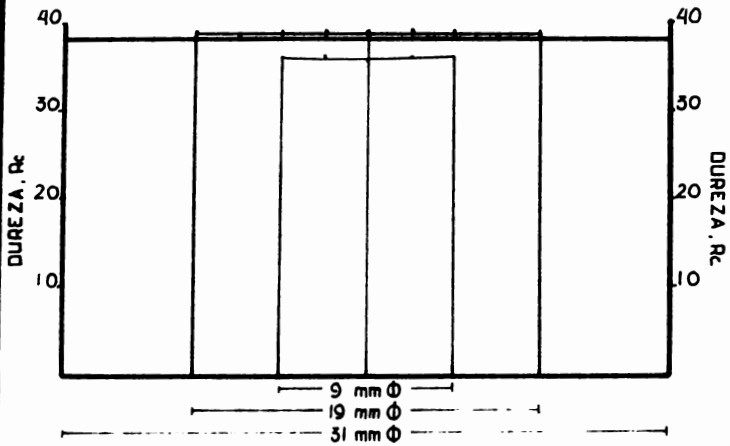
GRAFICA N° 37



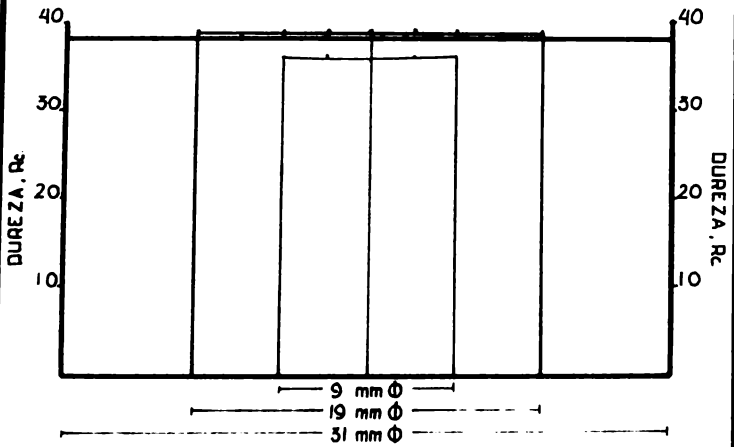
GRAFICA N° 57



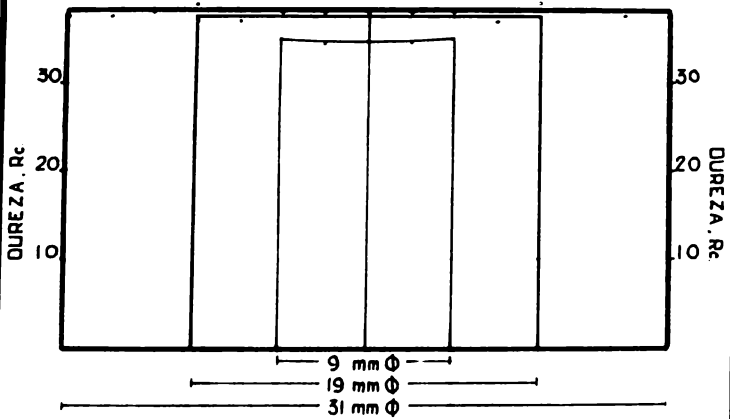
GRAFICA N° 58



GRAFICA N° 59



GRAFICA N° 59



GRAFICA N° 60

OBSERVACIONES:

Las curvas " U " correspondientes al acero 9840 , nos muestran claramente la influencia de los elementos de aleación sobre el comportamiento del acero en revenido,pués aunque este,los tiene en bajas concentraciones,la diferencia es bastante notoria con respecto a un acero al carbono.

Dichas curvas nos muestran,que este acero es mas resistente a ablandarse por temperatura,pués en cada aumento de ella,solo se obtienen ligeras disminuciones en la dureza, siendo como siempre mas afectado el diámetro menor,pero en mucha menor proporción que el correspondiente al W-2.

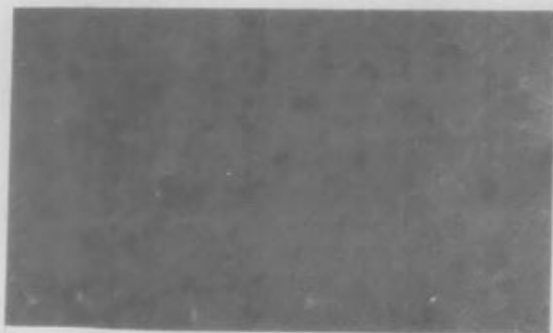
Otra observación importante,es la de que las curvas nos muestran una distribución homogénea de dureza,en todas las secciones,pués no se obtuvieron variaciones de consideración en la dureza para ningún diámetro,cosa que no sucedía en el W-2,ya que desde 17 mm se nos presentaban grandes cambios con respecto a la posición.

Las curvas se ven afectadas por temperatura,hasta - los 300°C,que es cuando empiezan a disminuir el nivel de dureza gradualmente y en forma considerable con los aumentos de temperatura,sin llegar a ser tan bajo como en el W-2.

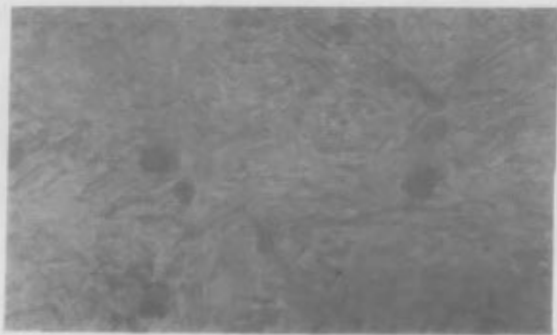
También en este caso,se hace patente el efecto del

tiempo en los resultados,pués aumentando este y a una misma temperatura,se verifica una disminuci3n de dureza,mas notable mientras mayor es el diámetro,esto mismo sucedia en el caso del W-2.Esta disminuci3n,hace que las curvas de los distintos diámetros se acerquen,tendiendo a hacerse una sola Como se habia observado para el W-2,la secci3n mas afectada por aumento de temperatura,es la mas pequena,pero manteniendo esta constante y aumentado el tiempo,las secciones mayores iban descendiendo su dureza,y a medida que la temperatura es mayor el tiempo va teniendo mas influencia sobre las propiedades del acero,esta misma observaci3n se extiende para el 9840.

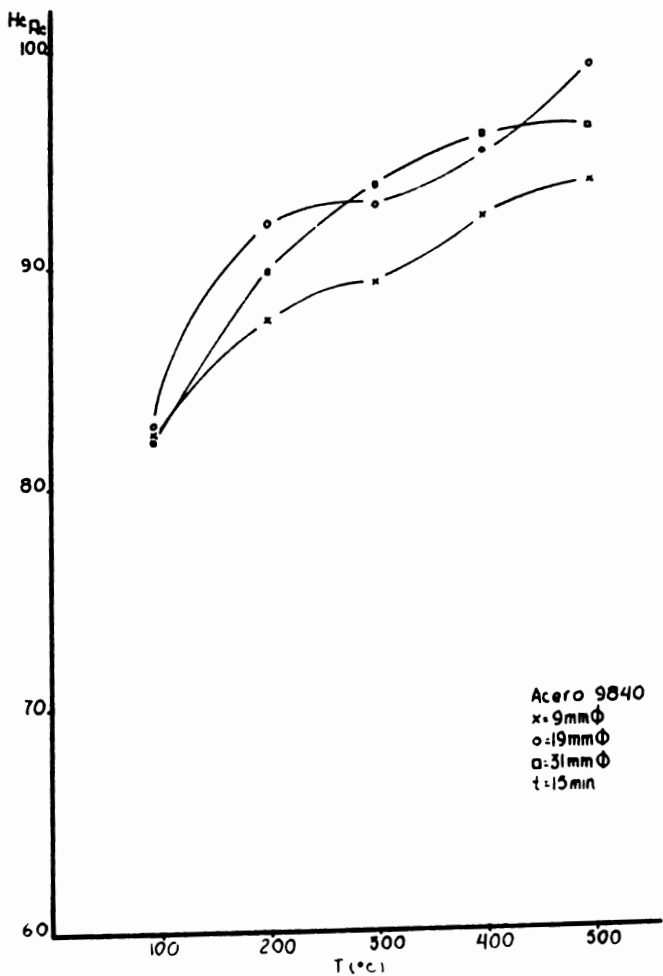
En general podemos decir,que este acero sufre cambios con respecto a la temperatura y tiempo de revenido,menos drásticos que el acero W-2.

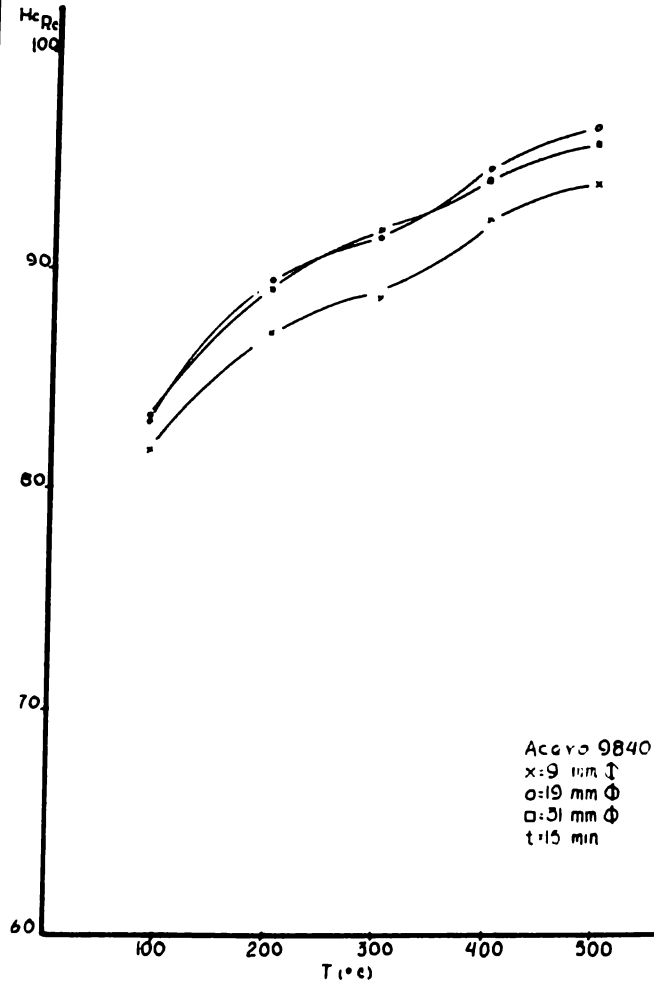


FOTOGRAFIA N° 12 : Acero 9840 templado y revenido a 200°C y 15 min en $\emptyset = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 100 X ; trostita en un fondo de martensita.



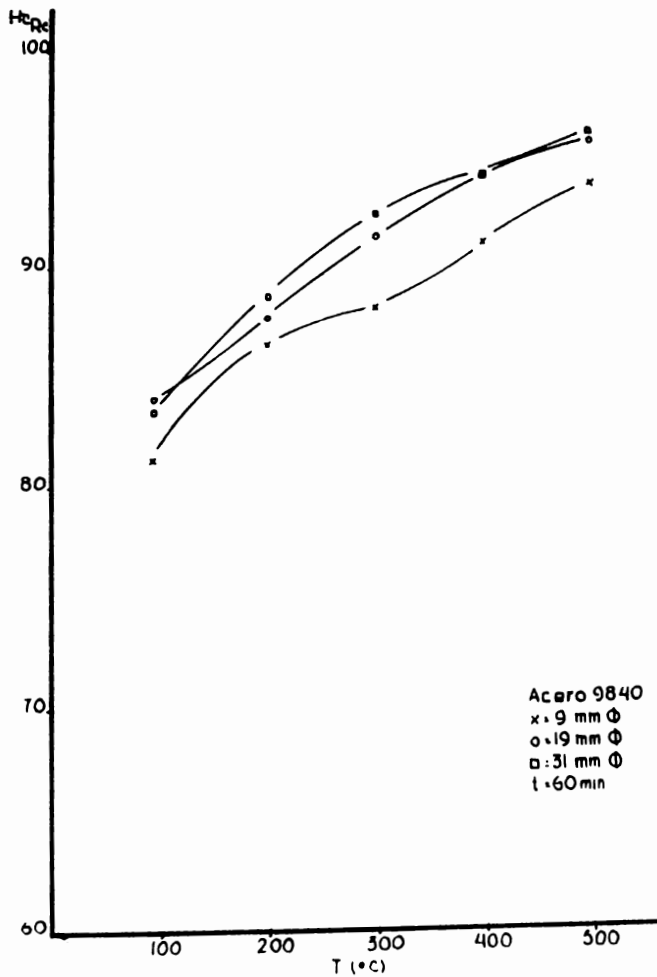
FOTOGRAFIA N° 13 : Acero 9840 templado y revenido a 200°C y 15 min en $\emptyset = 31$ mm ; ataque con nital 5 ; 400 X ; misma zona de la fotografía anterior.

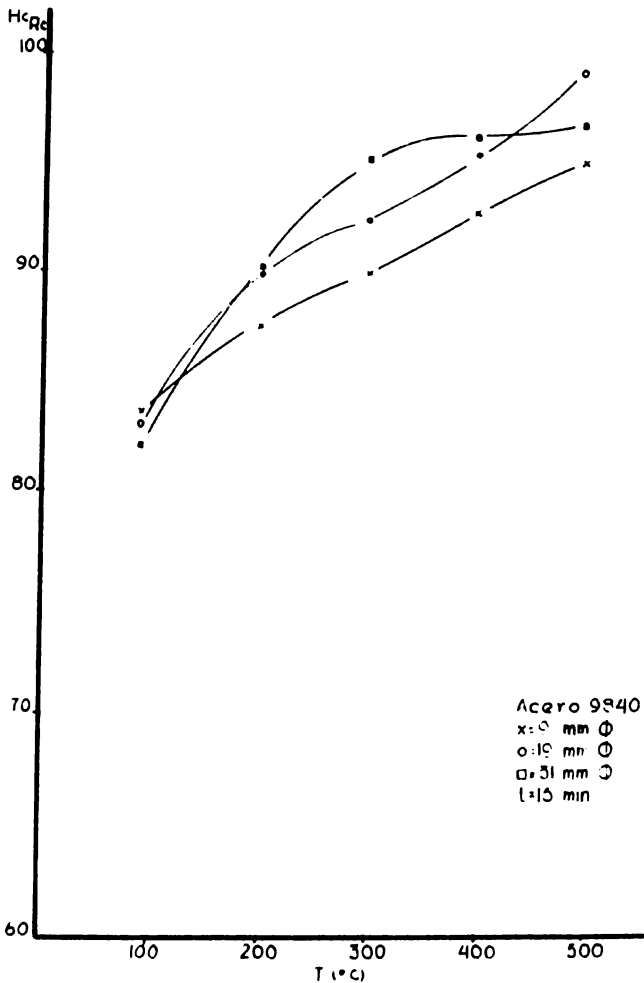




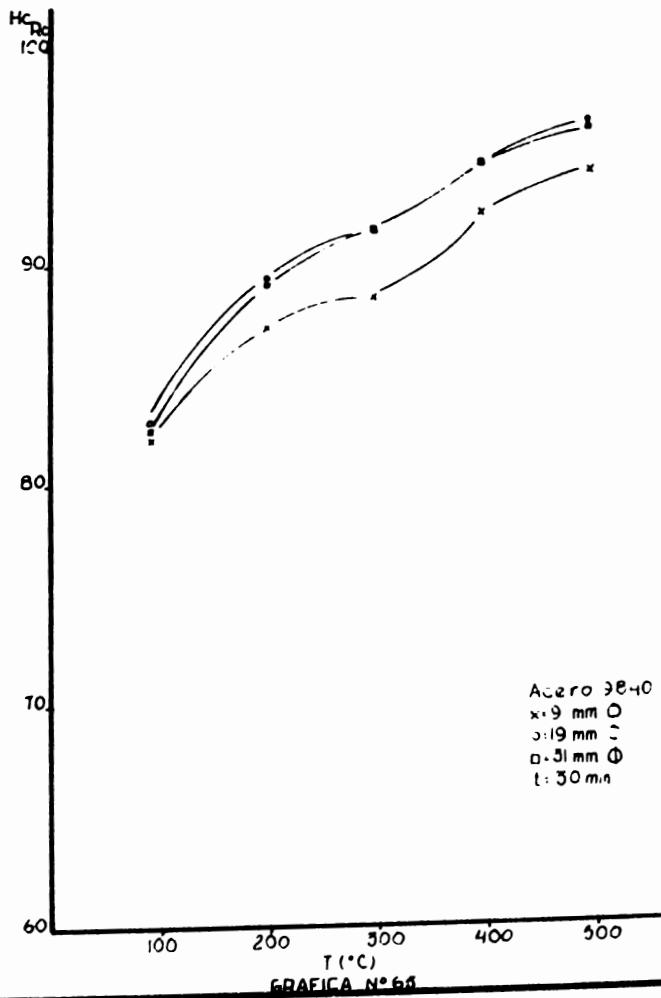
Acero 9840
x: 9 mm Φ
o: 19 mm Φ
□: 31 mm Φ
t: 15 min

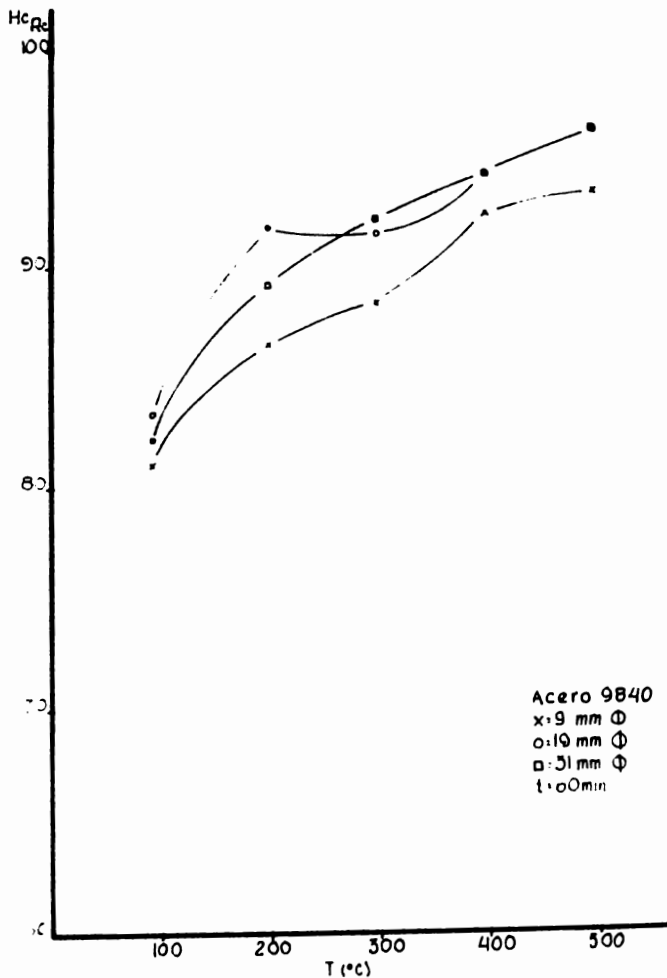
GRAFICA N° 62

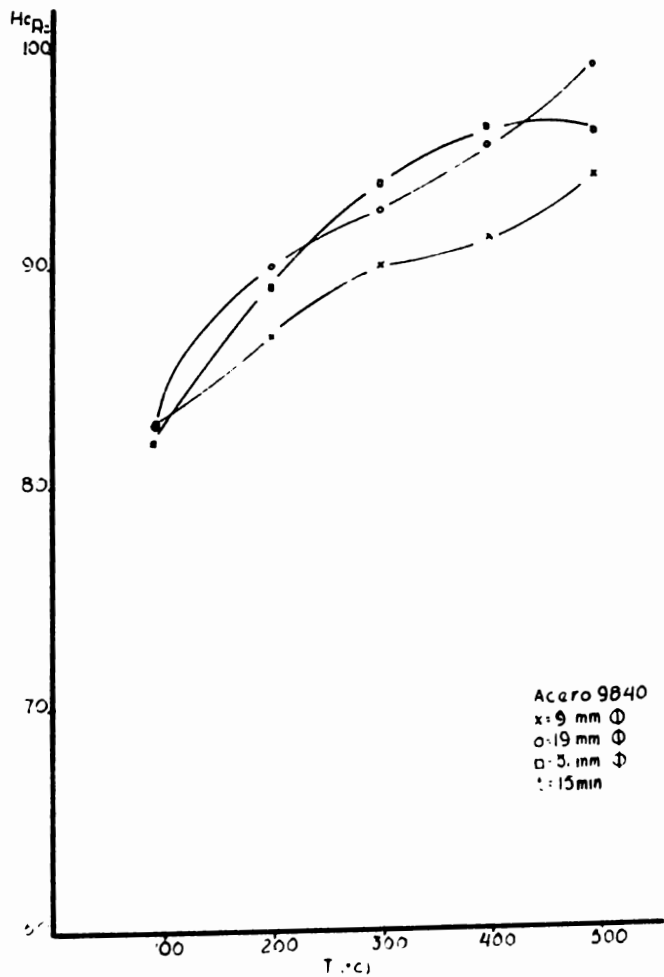




GRAFICA N° 64

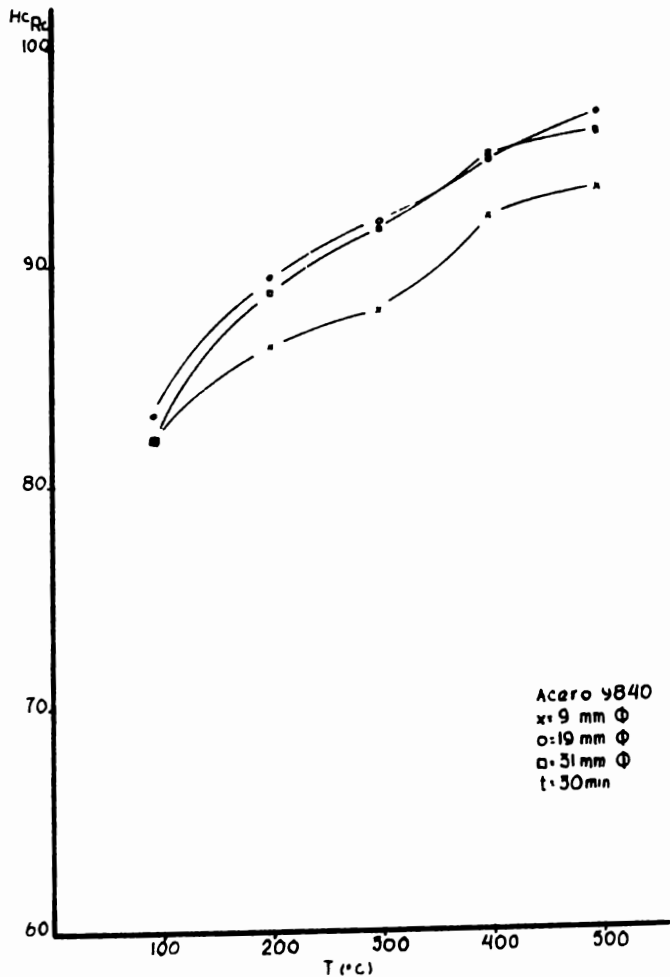




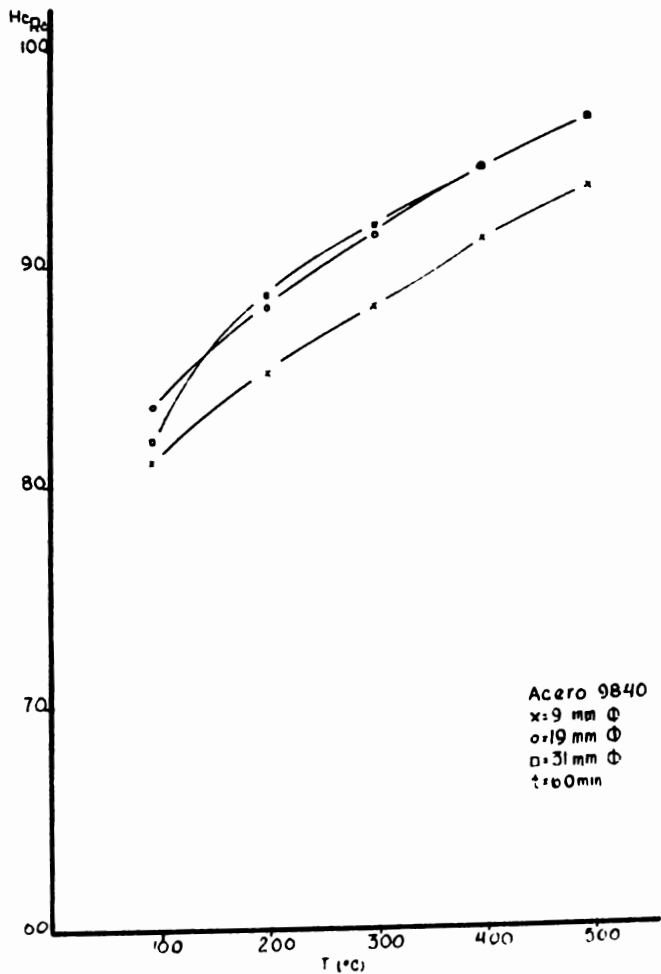


Acero 9840
x: 9 mm Φ
o: 19 mm Φ
□: 3.1 mm Φ
t: 15 min

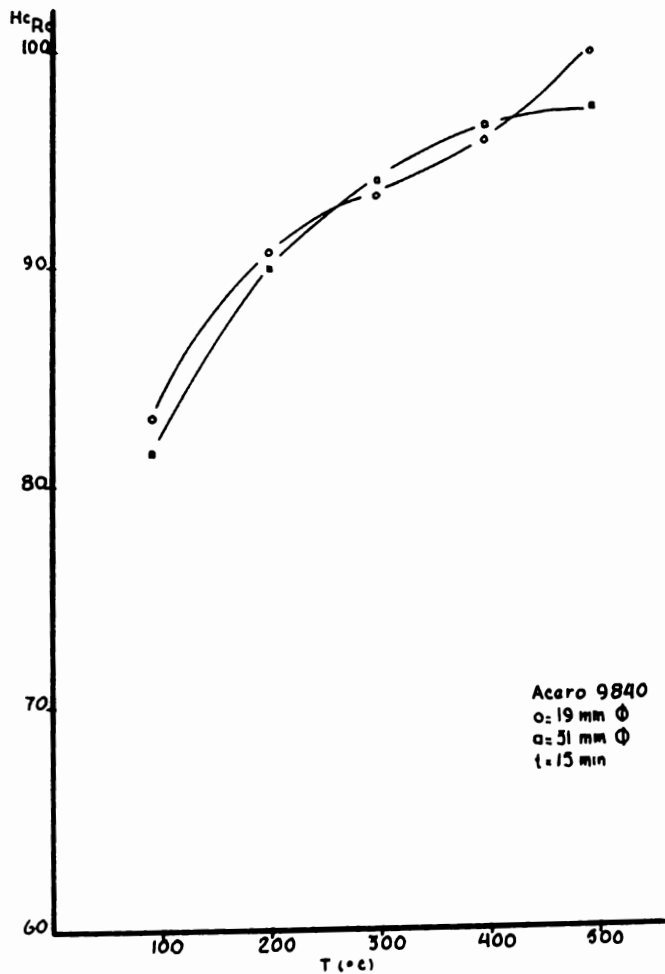
GRAFICA N° 67

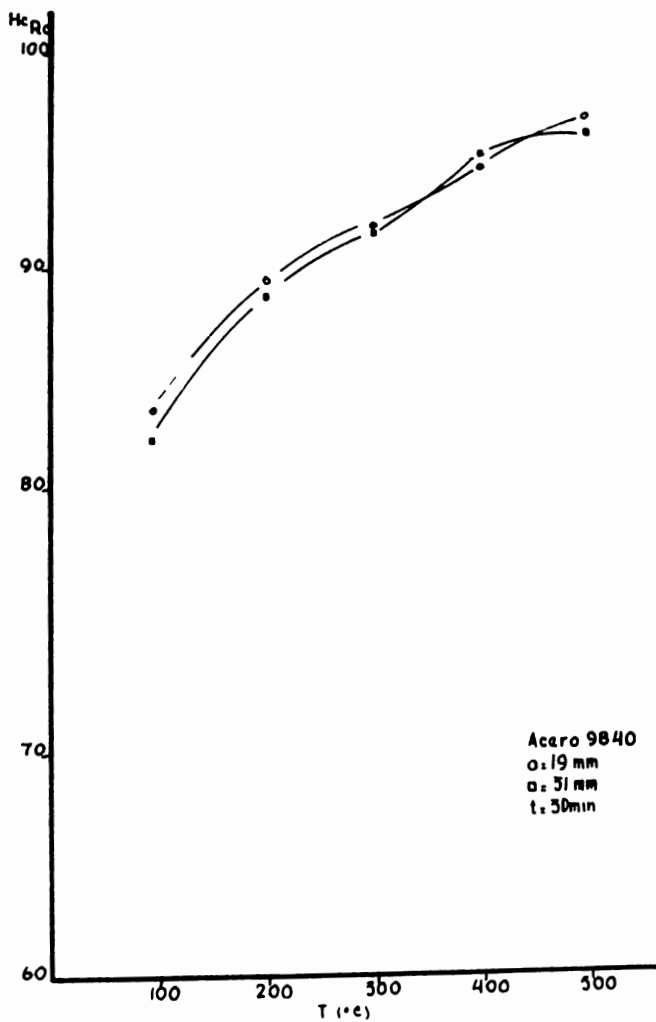


GRAFICA N° 68

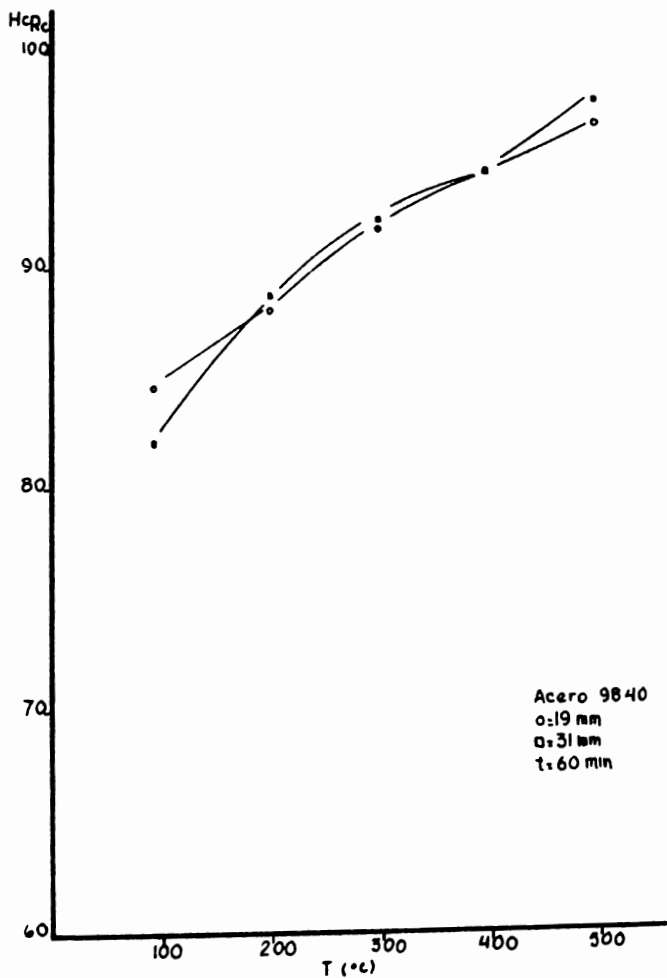


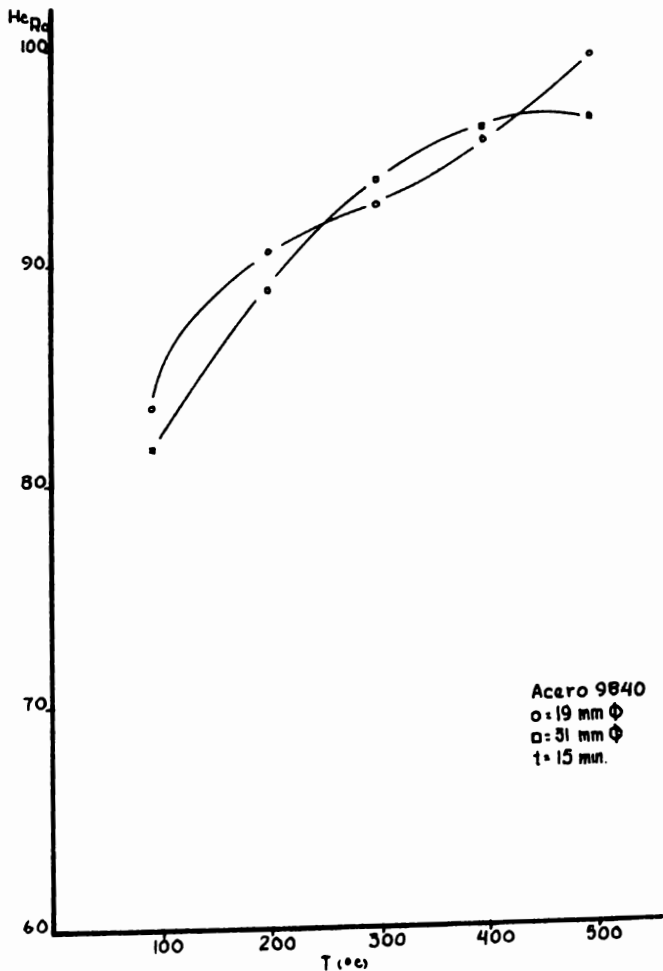
Acero 9840
x: 9 mm Φ
o: 19 mm Φ
□: 31 mm Φ
t: 100 min

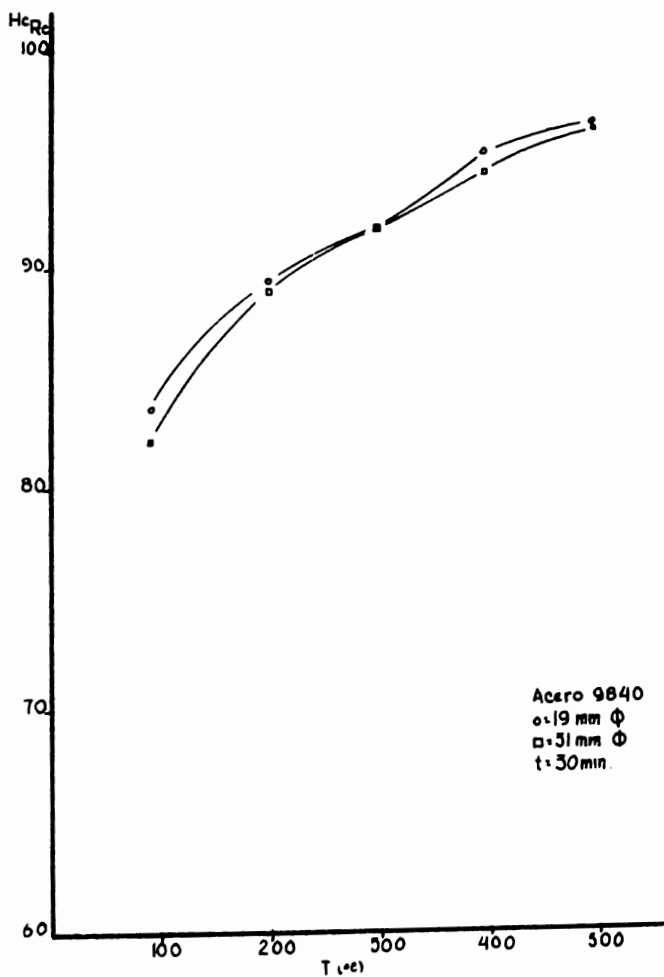




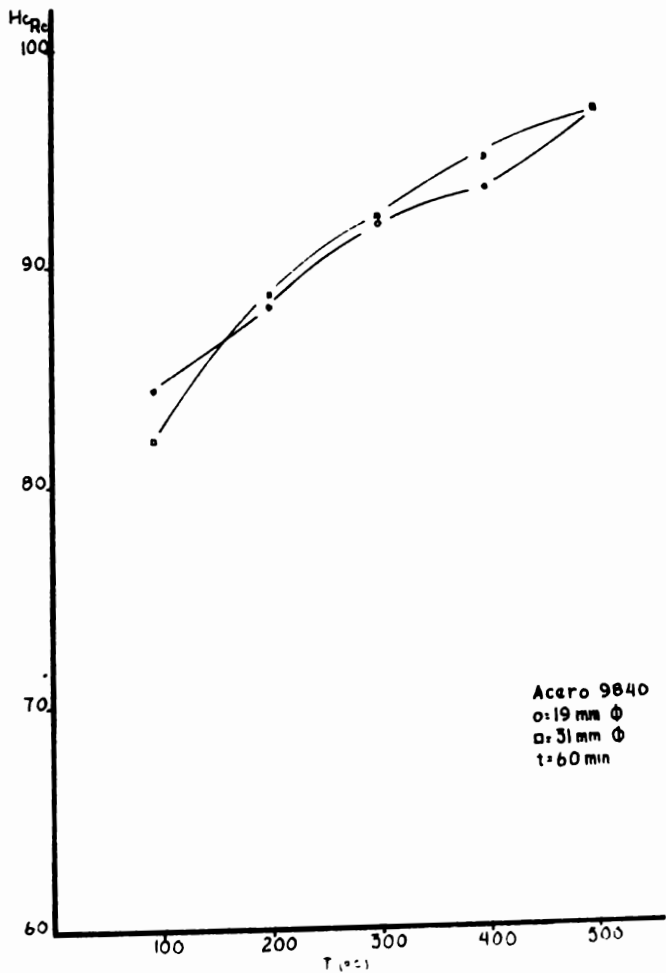
GRAFICA N.º 71



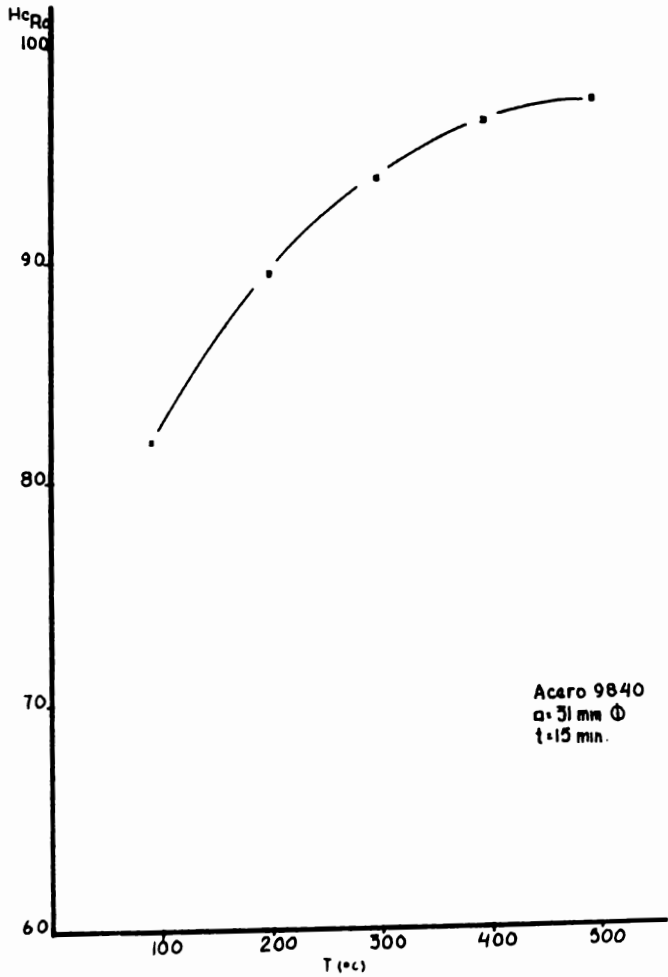




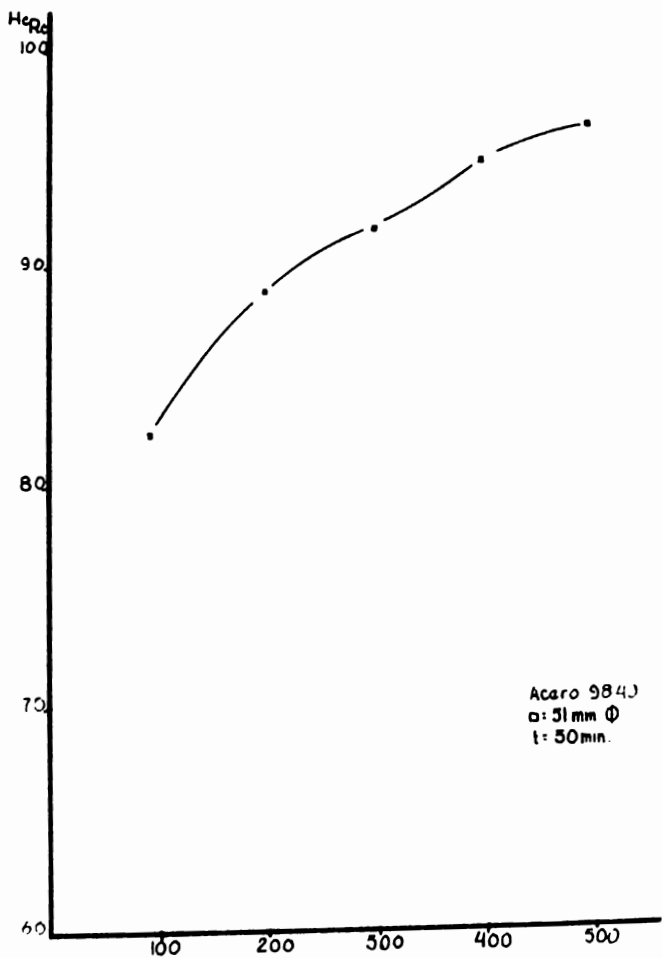
GRAFICA N° 74



GRAFICA N° 75

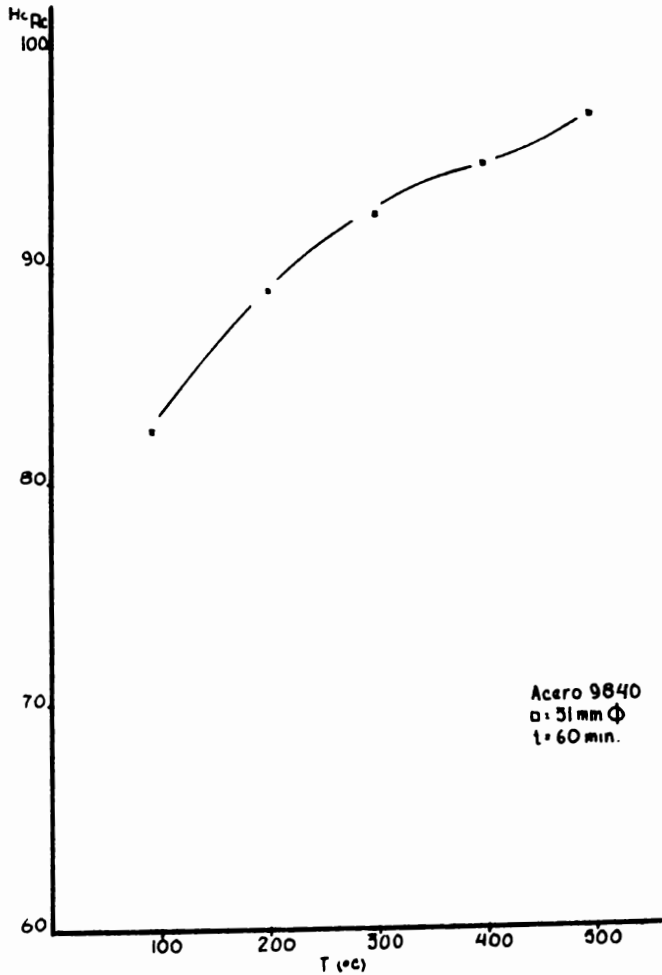


GRAFICA N° 74



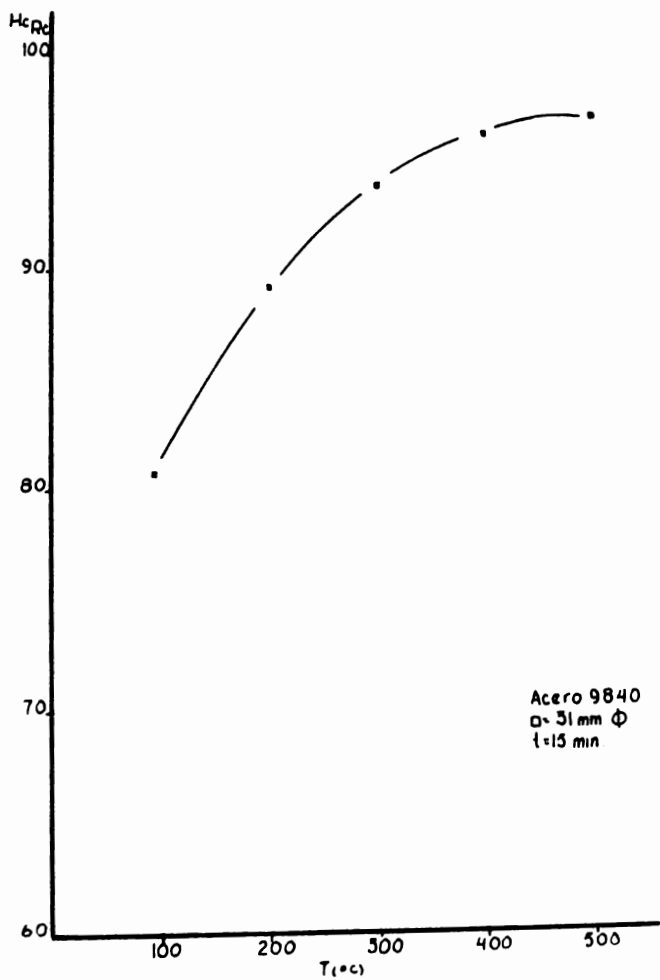
Acero 984J
Ø: 51 mm Ø
t: 50 min.

GRAFICA N° 77

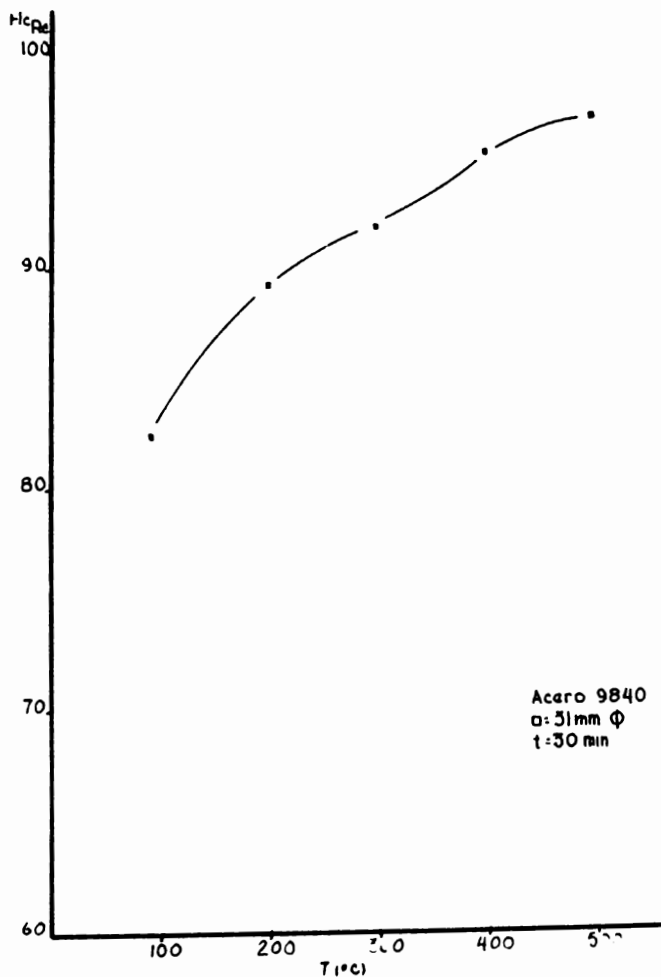


Acero 9840
Ø = 31 mm
t = 60 min.

GRAFICA N° 78

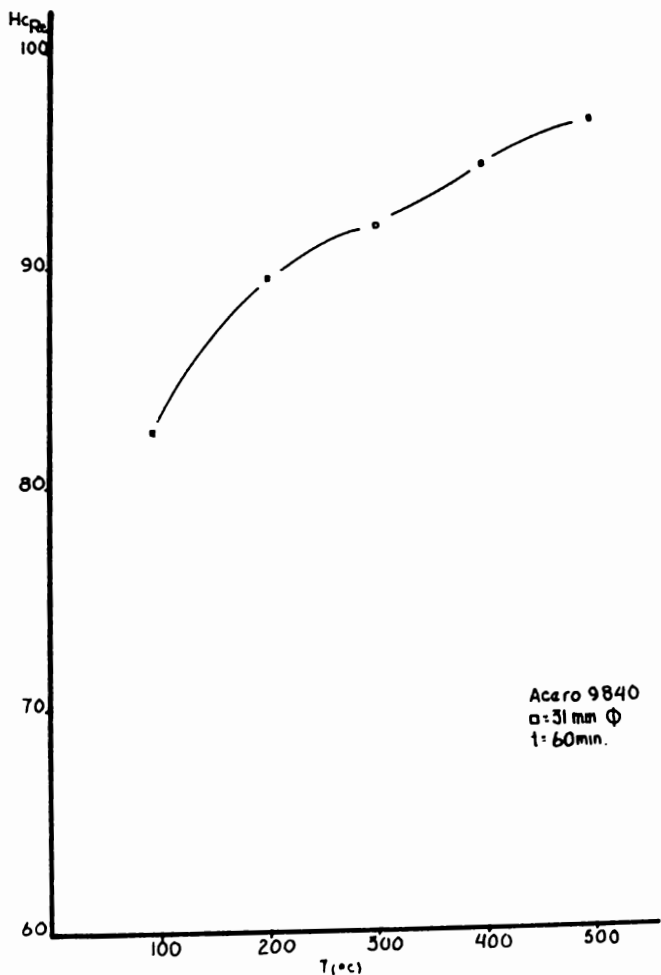


GRAFICA N° 79



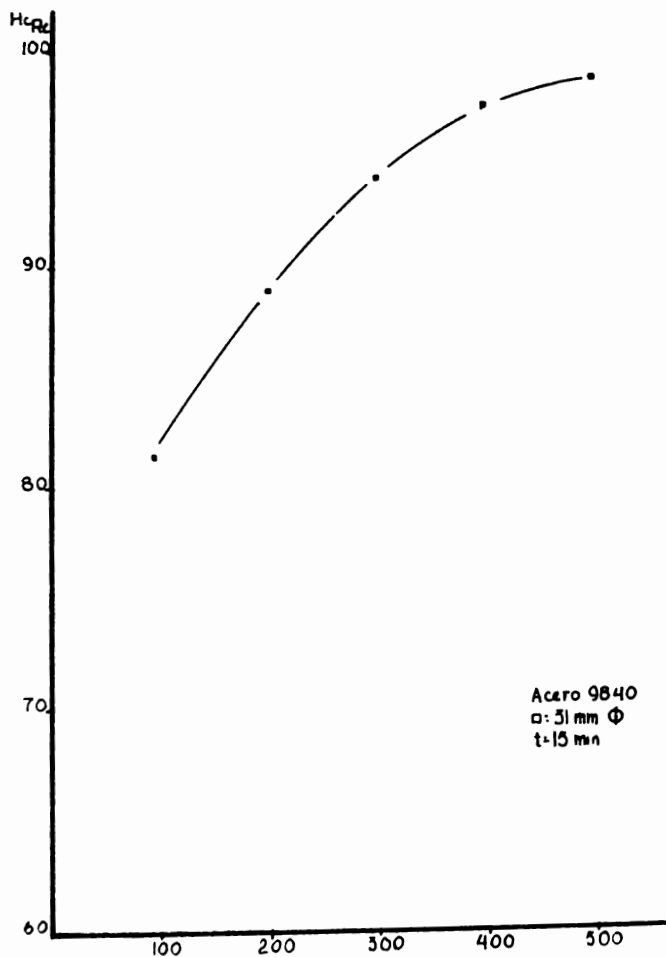
Acero 9840
 ϕ : 51mm Φ
t: 30 mm

GRAFICA N° 80

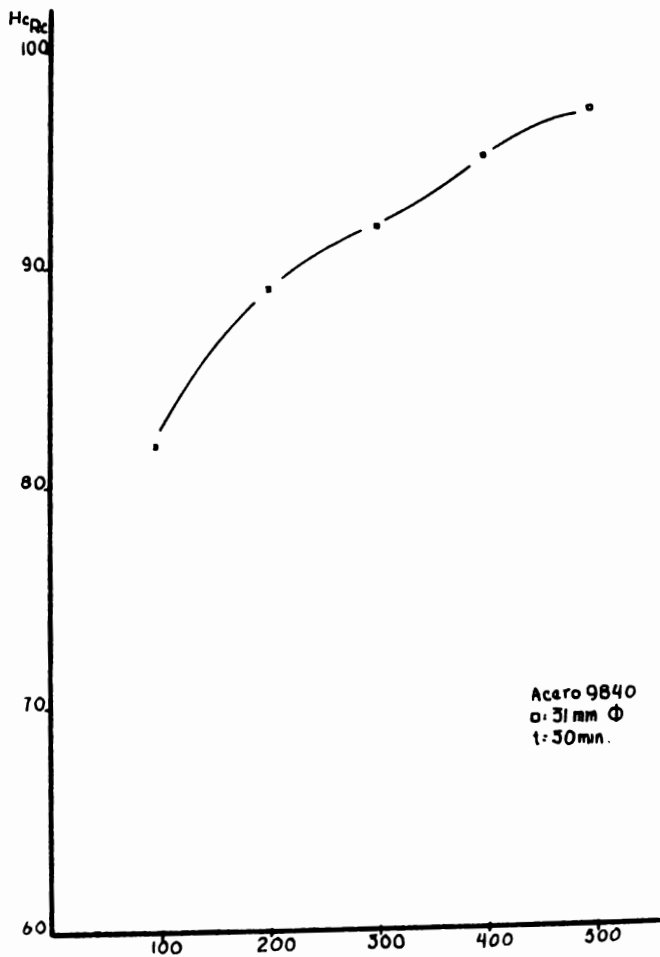


Acero 9840
 $\alpha = 31 \text{ mm } \Phi$
 $t = 60 \text{ min.}$

GRAFICA N° 81

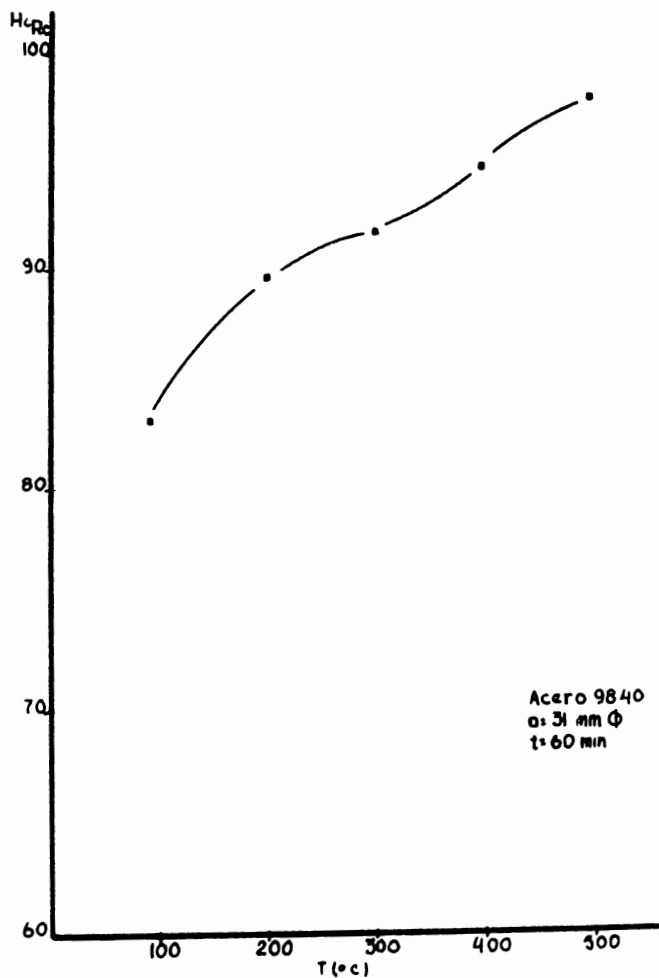


GRAFICA N° 82



Acero 9840
Ø: 31 mm Φ
l: 50 mm.

GRAFICA N° 85



GRAFICA N° 84

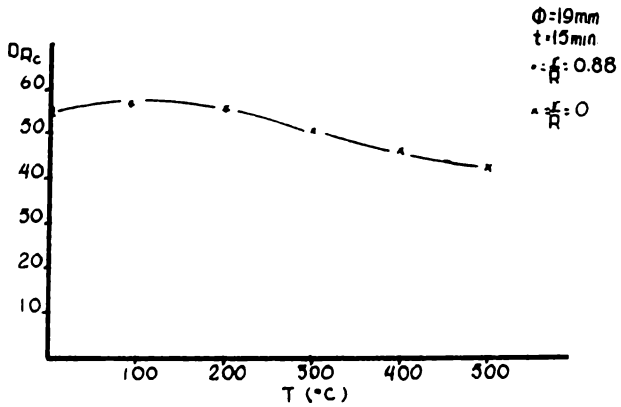
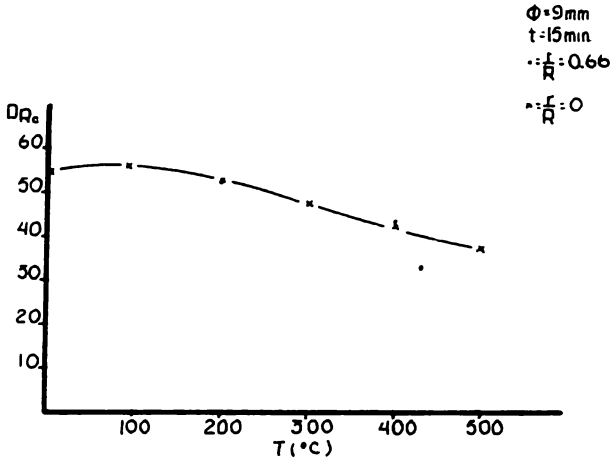
CURVAS DE DUREZA POTENCIAL VS TEMPERATURA PARA 9840

OBSERVACIONES.

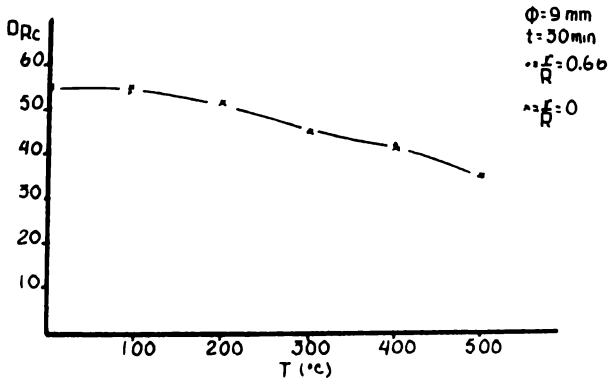
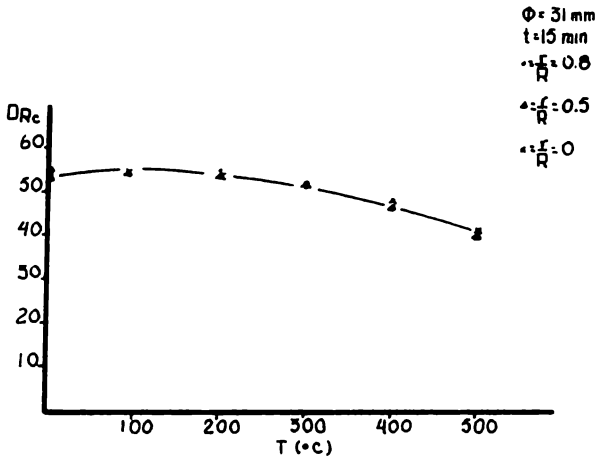
La tendencia de la dureza potencial para este acero con la temperatura , es a aumentar junto con esta . Se observan diferencias significativas entre los valores de dureza potencial entre un diámetro y otro , que aunque no son tan marcadas como en el caso de W-2 deben considerarse al efectuar un revenido si se quieren obtener buenos resultados de este .

Co respecto a la posición , estos valores permanecen constantes , los que nos indica que la templabilidad del acero es mayor que la del W-2 . También el efecto del tiempo no es muy . marcado en esta curvas .

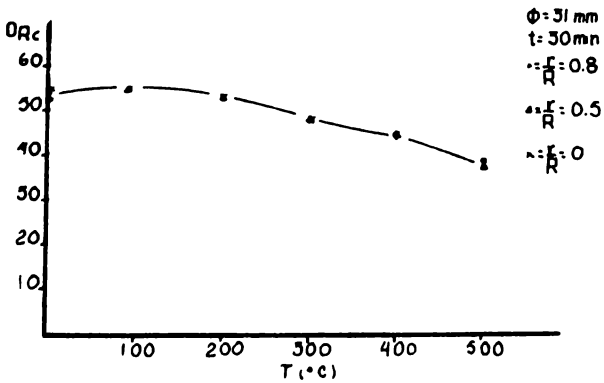
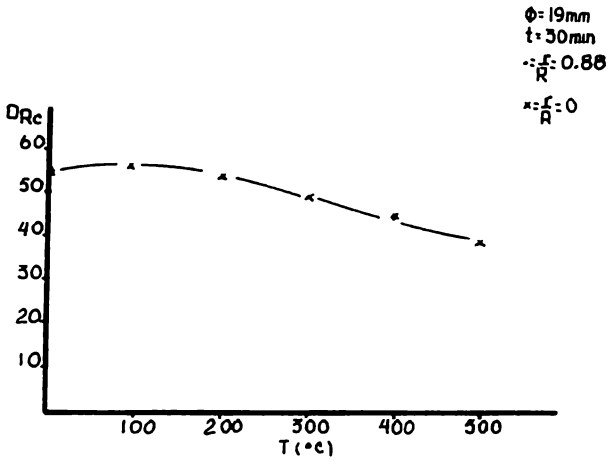
En general puede decirse que los cambios en dureza potencial de este acero , son los proporcionados por temperatura de tratamiento y sección de la pieza .



GRAFICA N° 83

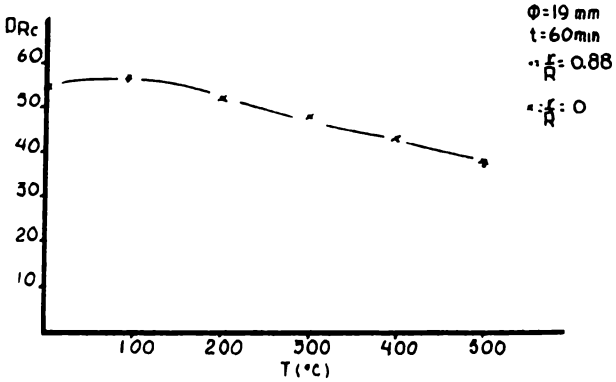
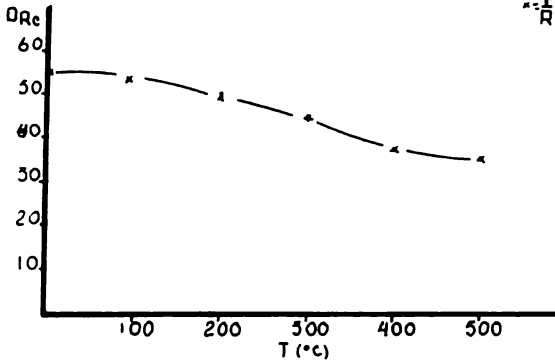


GRAFICA N° 82

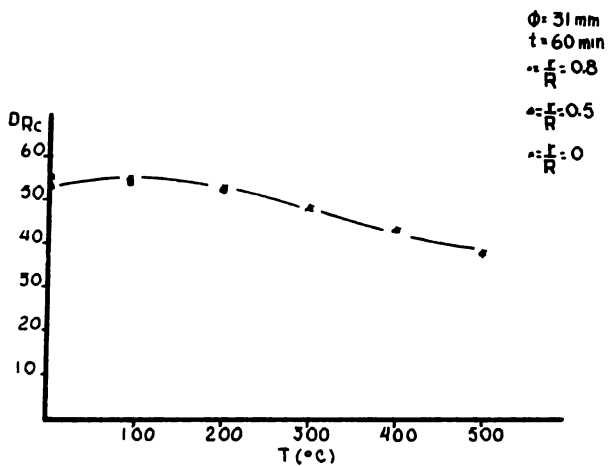


GRAFICA N° 87

$\Phi = 9 \text{ mm}$
 $t = 60 \text{ min}$
 $\frac{f}{R} = 0.66$
 $\frac{f}{R} = 0$



GRAFICA N° 88



GRAFICA N° 89

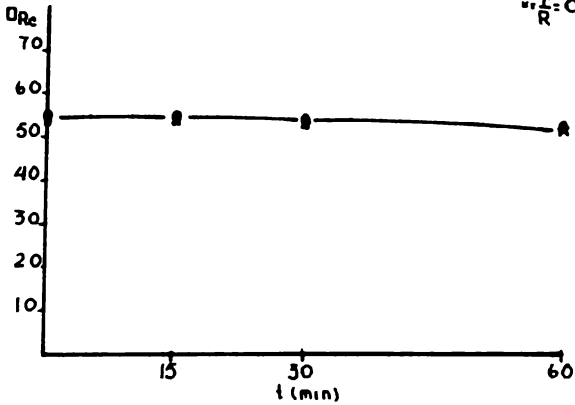
CURVAS DE DUREZA EN REVENIDO VS TEMPERATURA .

OBSERVACIONES.

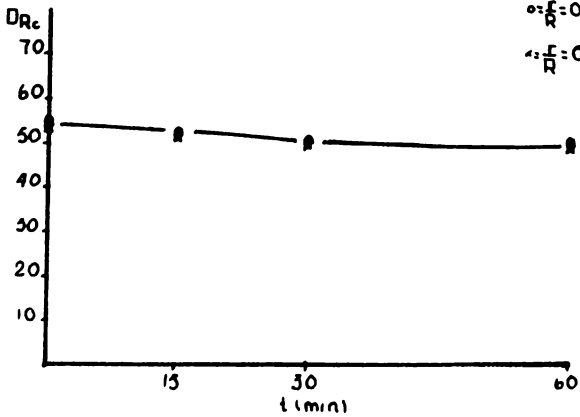
Las curvas para este acero , nos muestran la buena templeabilidad del mismo , pues en los diámetros estudiados no se observan variaciones de dureza con respecto a la posición .

En todas las curvas se observa un ligero aumento de dureza a los 93°C para después descender con el aumento de temperatura . Este descenso es mas notorio en las probvetas de 9 mm y menos en las de 31 mm , en las cuales se observa un franco descenso de dureza a partir de 300°C , y al aumentar el tiempo este se verifica a mas baja temperatura (200°C) .

$\Phi: 9 \text{ mm}$
 $T: 93^\circ \text{C}$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0.66$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0$

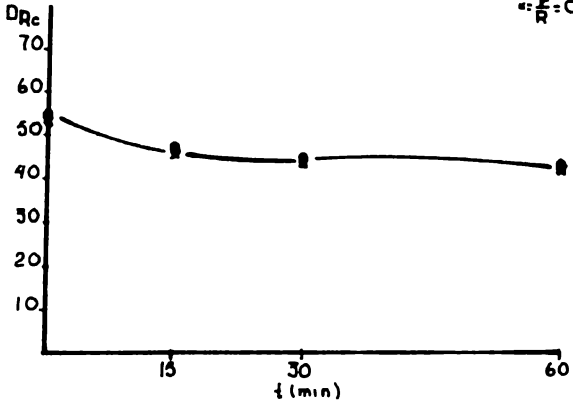


$\Phi: 9 \text{ mm}$
 $T: 200^\circ \text{C}$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0.66$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0$

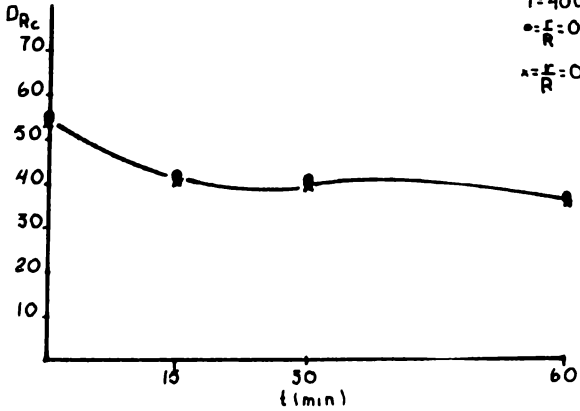


GRAFICA N° 90

$\phi = 9 \text{ mm}$
 $T = 300^\circ \text{C}$
 $\alpha = \frac{F}{R} = 0.66$
 $\lambda = \frac{F}{R} = 0$

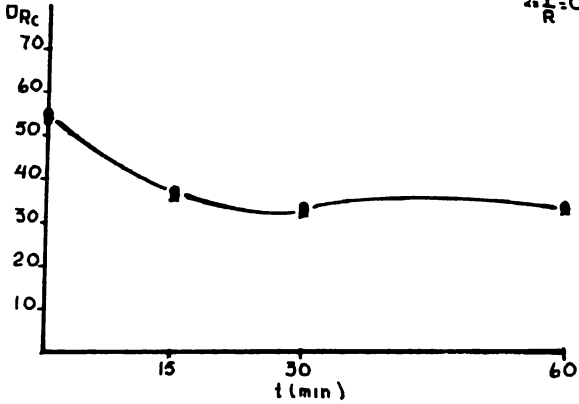


$\phi = 9 \text{ mm}$
 $T = 400^\circ \text{C}$
 $\alpha = \frac{F}{R} = 0.66$
 $\lambda = \frac{F}{R} = 0$

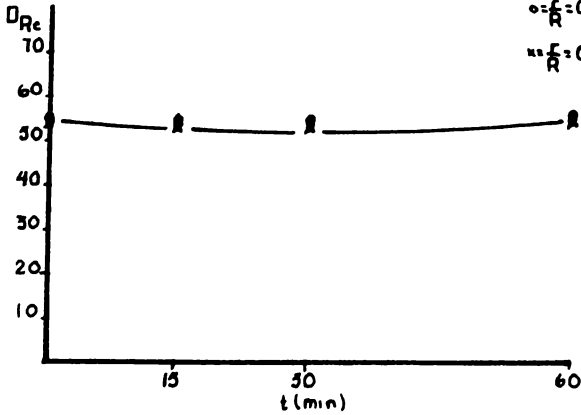


GRAFICA N° 91

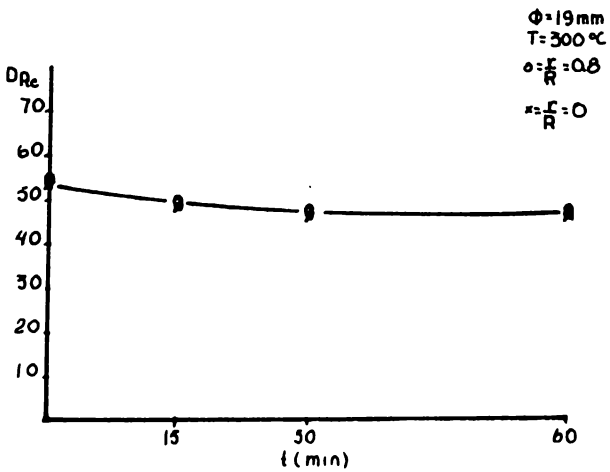
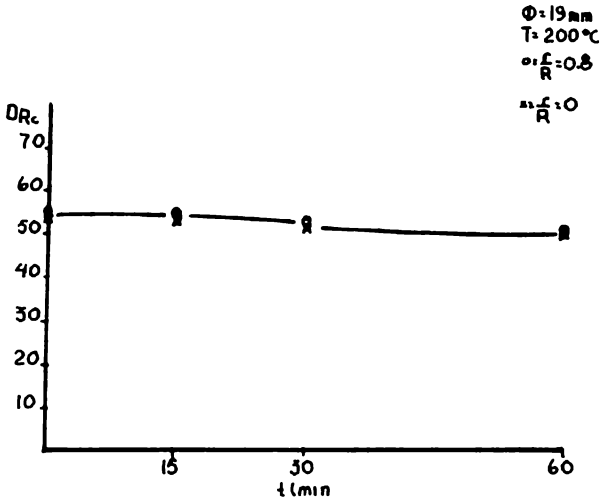
$\phi = 9 \text{ mm}$
 $T = 500^\circ \text{C}$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0.66$
 $\epsilon = \frac{F}{R} = 0$



$\phi = 19 \text{ mm}$
 $T = 93^\circ \text{C}$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0.8$
 $\epsilon = \frac{F}{R} = 0$

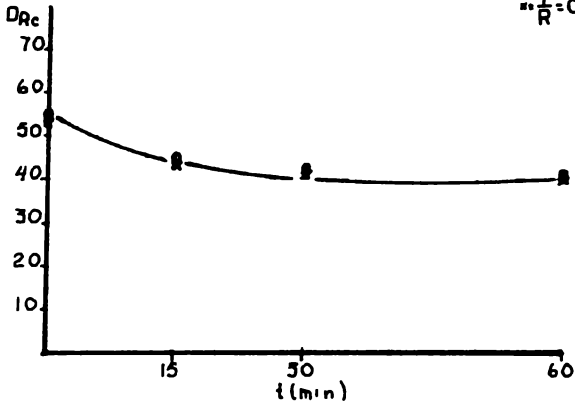


GRAFALA N°92

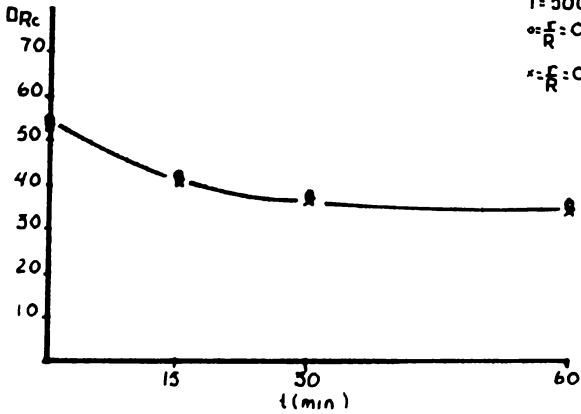


GRAFICA N° 93

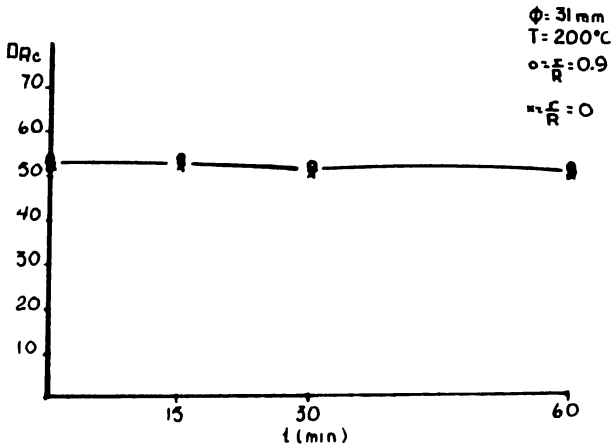
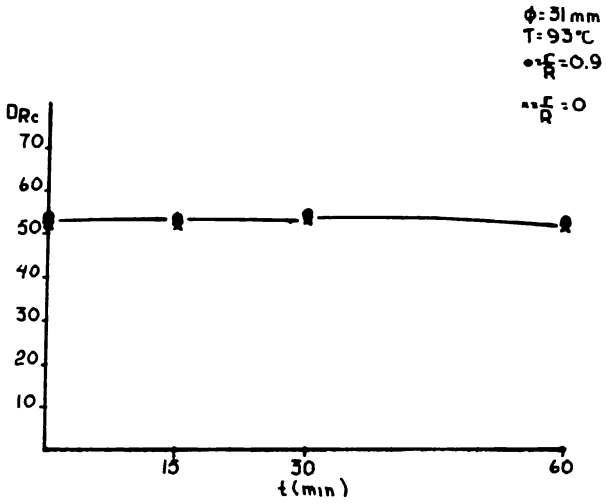
$\phi = 19 \text{ mm}$
 $T = 400^\circ \text{C}$
 $\alpha = \frac{f}{R} = 0.8$
 $\alpha = \frac{f}{R} = 0$



$\phi = 19 \text{ mm}$
 $T = 500^\circ \text{C}$
 $\alpha = \frac{f}{R} = 0.8$
 $\alpha = \frac{f}{R} = 0$

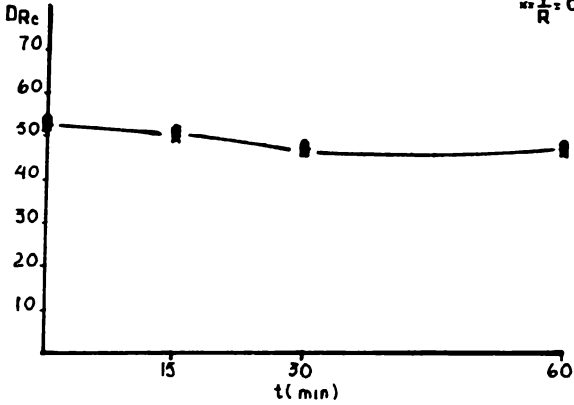


GRAFICA N°94

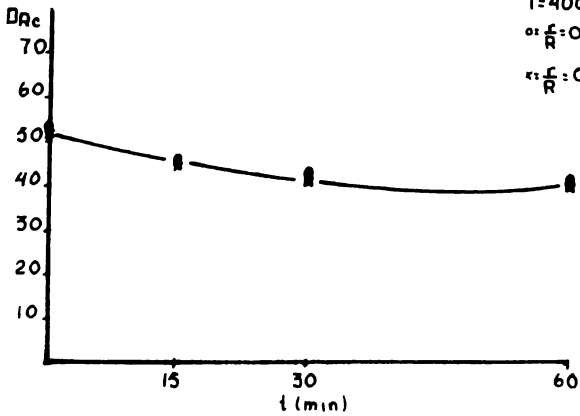


GRAFICA N° 95

$\phi = 31 \text{ mm}$
 $T = 300^\circ\text{C}$
 $\sigma_1 \frac{f}{R} = 0.9$
 $\sigma_2 \frac{f}{R} = 0$

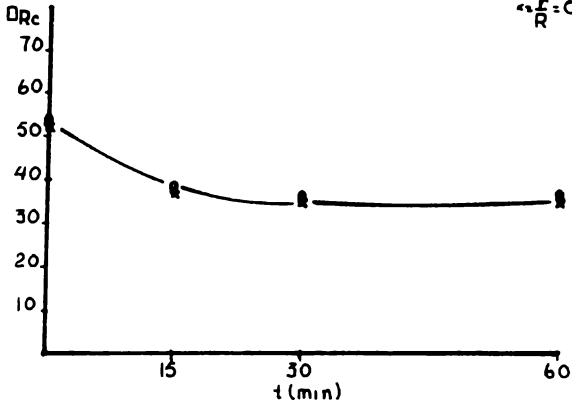


$\phi = 31 \text{ mm}$
 $T = 400^\circ\text{C}$
 $\sigma_1 \frac{f}{R} = 0.9$
 $\sigma_2 \frac{f}{R} = 0$



GRAFICA N° 96

$\phi = 31 \text{ mm}$
 $T = 500 \text{ }^\circ\text{C}$
 $\sigma = \frac{F}{R} = 0.9$
 $\sigma_0 = \frac{F}{R} = 0$



GRAFICA N° 97

CURVAS DE DUREZA EN REVENIDO VS TIEMPO.

OBSERVACIONES.

En general se observa la misma tendencia que la del W-2 es decir , los cambios de dureza mas notorios , se verifican durante los primeros 15 min. de tratamiento pero a mas alta temperatura (300-400°C) mientras mayor es esta , el descenso es mas acentuado . Esto es para 9 mm , pues al ir aumentando el diámetro , dichos cambios se efectuan a mas alta temperatura , pero siguen siendo a los 15 minutos .

En este caso , los valores para el centro y la superficie están muy cercanos , por lo que se considera que forman una sola curva , y no como en el caso del W-2 que mientras mayor es el diámetro , mas alejada se encuentra una curva de otra.

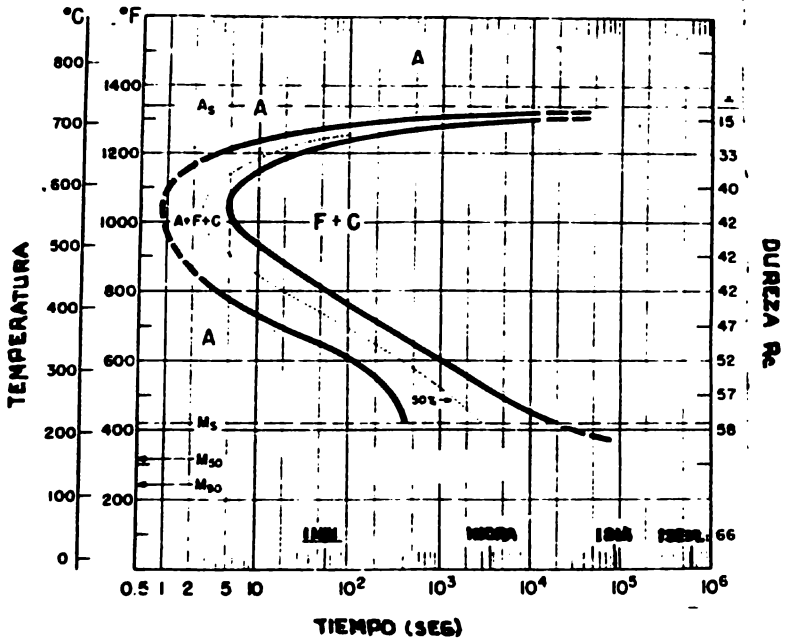
DISCUSION Y CONCLUSIONES .

De las gráficas correspondientes a las curvas " U " para ambos aceros , se observa que el W-2 tiene una templeabilidad mucho menor que el 9840 , es decir , que la penetración de temple en W-2 es muy pequeña comparada con la de el 9840 , Esta característica como se sabe depende de la composición del acero y el 9840 tiene elementos de aleación que le confieren una mayor penetración de la dureza en el temple , en cambio el W-2 no tiene ningún elemento que le aumente dicha propiedad .

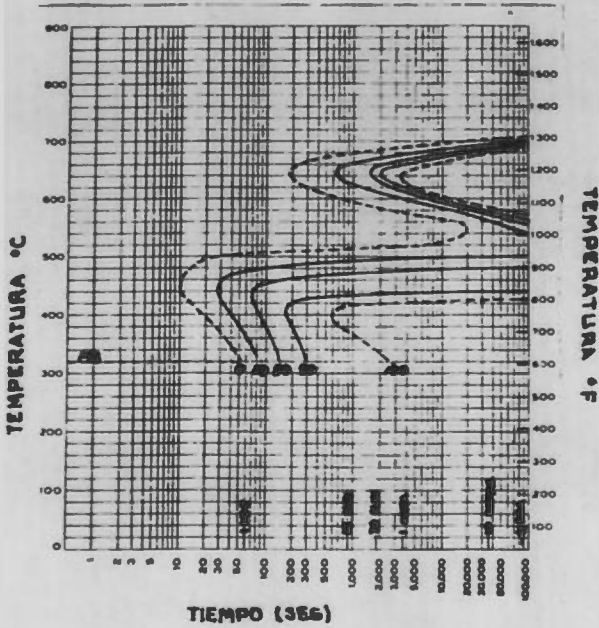
De las mismas gráficas puede observarse , que el nivel de dureza obtenido en W-2 es mucho mayor que en 9840 , pues el potencial de carbono también es mayor en el primer caso . Así mismo en las probetas de menor diámetro se observa un nivel de dureza ligeramente mayor que el los diámetros mayores , pues como ya se dijo la dureza obtenida en temple para un acero depende de su potencial de carbono , pero se ha observado que - tiene cierta dependencia con la sección de que se trate , pues a mayor diámetro menor dureza , esto puede verse en la gráfica N° 1 , que muestra que la dureza para 9 mm es ligeramente mayor que la obtenida en 31 mm . Para que este efecto se entienda mejor , recurrimos a los diagramas de transformación isotérmica de dos acero con composiciones similares a los estudiados De dichos diagramas se puede observar , que para aceros solamente al carbono , la nariz de la curva de transformación austenita-perlita da un espacio muy pequeño de tiempo para atravesar esta región sin que la curva de enfriamiento toque dicha

nariz , lo cual implica que la velocidad crítica de temple es muy grande . Cuando se trate de templar una pieza de sección pequeña las velocidades de enfriamiento de la superficie y el nucleo , pueden llegar a superar esta velocidad crítica y si además estas son iguales ($V_{es} = V_{en}$) la dureza obtenida es máxima , y se observa una estructura martensítica desde la superficie hasta el centro de la pieza . Pero si se aumenta la sección , se presentará el caso de que la velocidad de enfriamiento del nucleo no alcance a superar la crítica de temple , y esto produce un gradiente de temperatura entre nucleo y superficie que hace que esta se enfrie mas lentamente que la superficie de una sección mas pequeña , y es precisamente lo que da la variación en la dureza , ahora bien si el enfriamiento del resto de la pieza también es lento se producirán estructuras de mayor equilibrio , y en casos en que la sección sea muy grande pueden hasta formarse perlita y ferrita .

En el otro caso (acero con elementos de aleación) la nariz de la curva de transformación , proporciona mayor margen para atravesar esta región y obtener aun en diámetros relativamente grandes (31 mm) velocidades de enfriamiento de superficie y nucleo mayores que la velocidad crítica de temple , y así obtener una pieza templada desde la superficie hasta el nucleo , esto puede observarse de las curvas " U " para 9840 , y como podrá notarse hay una mejor distribución de dureza para todas las secciones . Para este caso el diámetro en el cual la velocidad de enfriamiento del nucleo ya no alcance a superar la crítica de temple es mayor que para el W-2 .



ACERO AL CARBONO



ACERO CON ELEMENTOS DE ALEACION (Cr , Ni Mo)

De esto puede concluirse que la sección de la pieza tiene gran influencia sobre las propiedades finales del acero , - por lo que se considera como una variable importante en el revenido .

Por otra parte durante el calentamiento también tiene influencia la sección de la pieza en los resultados . Se observó que para secciones pequeñas al aumentar la temperatura de revenido se obtenían cambios significativos a tiempos pequeños (15 min) , pero al aumentar la sección si se quiere hacer un tratamiento a baja temperatura , por ejemplo 100°C , deberá realizarse durante mas tiempo , ya que para que la temperatura en toda la sección sea homogénea , se requiere de -- cierto tiempo a partir del cual , se empiezan a observar los cambios producidos por temperatura .

De las curvas de dureza potencial contra temperatura , (gráficas de la 17 - 28 para el W-2 y de la 61-84 para 9840) se observa que para W-2 el efecto de la sección es mayor que en 9840 , pues se encuentran curvas muy diferentes , dependiendo de la sección de que se trate y de la posición a la que esté determinada , en cambio para 9840 todas las curvas presentan la misma tendencia a aumentar con la temperatura y aunque también existen variaciones con la posición en la que se encuentren no son tan marcadas como en el caso de W-2 . Estas diferencias en comportamiento de los dos aceros con respecto a su dureza potencial son debidas a la templeabilidad de ambos , y si para W-2 no se tiene una dureza homogénea en toda la sección ,

De esto puede concluirse que la sección de la pieza tiene gran influencia sobre las propiedades finales del acero , - por lo que se considera como una variable importante en el revenido .

Por otra parte durante el calentamiento también tiene influencia la sección de la pieza en los resultados . Se observó que para secciones pequeñas al aumentar la temperatura de revenido se obtenían cambios significativos a tiempos pequeños (15 min) , pero al aumentar la sección si se quiere hacer un tratamiento a baja temperatura , por ejemplo 100°C , deberá realizarse durante mas tiempo , ya que para que la temperatura en toda la sección sea homogénea , se requiere de -- cierto tiempo a partir del cual , se empiezan a observar los cambios producidos por temperatura .

De las curvas de dureza potencial contra temperatura , (gráficas de la 17 - 28 para el W-2 y de la 61-84 para 9840) se observa que para W-2 el efecto de la sección es mayor que en 9840 , pues se encuentran curvas muy diferentes , dependiendo de la sección de que se trate y de la posición a la que esté determinada , en cambio para 9840 todas las curvas presentan la misma tendencia a aumentar con la temperatura y aunque también existen variaciones con la posición en la que se encuentren no son tan marcadas como en el caso de W-2 . Estas diferencias en comportamiento de los dos aceros con respecto a su dureza potencial son debidas a la templabilidad de ambos , y si para W-2 no se tiene una dureza homogénea en toda la sección ,

ovviamente el valor de la dureza potencial será diferente a las distintas posiciones .

En cuanto a las curvas de dureza en revenido contra temperatura (gráficas 29-34 para W-2 y 85-89 para 9840) , se puede decir que de nuevo los elementos de aleación ejercen su influencia en el 9840 , pues las correspondientes a este acero disminuyen gradualmente con la temperatura y se observa una sola curva a todas las posiciones , en cambio para W-2 se tienen varias curvas a diferentes posiciones , y cada curva presenta un comportamiento diferente aunque sean de la misma probeta , de nuevo la templabilidad de los aceros interviene aquí , y por esto el 9840 presenta mayor resistencia al revenido .

De las curvas de dureza en revenido contra tiempo , se puede decir que tienen un comportamiento similar a las correspondientes a D_r vs T , pues nuevamente las de W-2 presentan mayor variación que las de 9840 y para este se observa una sola curva para toda la sección

Como se ve , todos estos factores , sección , temperatura , tiempo y dureza potencial , pueden acomodarse hasta encontrar las condiciones de tratamiento que mas convengan , dependiendo desde luego , de las propiedades mecánicas requeridas para el servicio . Por esta razón se propone este método , para la elección de las condiciones de revenido para cada acero en especial , pues como se dijo , se puede obtener la información pa-

ra el acero que se desee con hacer las pruebas necesarias , para lo que se ha descrito la forma en que debe hacerse y como - representar los datos obtenidos , para que su aplicación se haga mas sencilla .

Este método presenta mas ventajas que desventajas , pues las pruebas son muy sencillas , no requieren de mucho tiempo - para su realización y además se efectúan con un mínimo de equipo , la única desventaja que puede encontrarse es la del costo del material , ya que si se trata de un acero muy sofisticado asi será el gasto que deba hacerse para la obtención de la información que se desea .

Por otro lado la aplicación de las gráficas es bastante sencilla , pues solo se requiere saber la dureza que se necesita , y la profundidad a la que se desea obtener , por ejemplo , y puede obtenerse la temperatura y tiempo de revenido , pero si se tiene el valor de la dureza potencial a una temperatura y un tiempo determinados , podrá saberse la dureza obtenida en el - tratamiento temple-revenido . De aquí que sea importante contar con un set de gráficas correspondiente a dureza potencial contra temperatura para diferentes tiempos y secciones , otro para dureza en revenido contra temperatura , también a diferentes tiempos y secciones y por último uno para dureza en revenido - contra tiempo a diferentes temperaturas y secciones , para que puedan compararse unas condiciones con otras y así poder obtener la combinación de ellas que mas convengan de acuerdo a las necesidades requeridas .

. Por último , y como el presente trabajo estuvo restringido a dos tipos de acero u algunas secciones , se propone ha-

cer estudios para dimensiones mayores y para otros aceros .
Además para completar esta información se pueden efectuar -
pruebas de resistencia a la tracción , resiliencia etc . que
de hecho hay alguna información al respecto pero muy restrin-
gida , pues estas pruebas si requieren de mayores medios eco-
nómicos y un equipo mas sofisticado para realizarlas , además
de que solo existe para algunos aceros muy especiales , Por
último se aconseja que para que los resultados sean lo mas co-
rrectos posible , las pruebas sean realizadas con mas cuidado
y con materiales de mayor calidad (en cuanto a compos ición
se refiere) y asi se evitarán los problemas que se tuvieron
durante la realización del presente trabajo .

BIBLIOGRAFIA .

- 1.- " Steel an it's Heats Treatings , Theiming , manual Boffors .
- 2.- " Tools Steels " , Robert Wilson .
- 3.- " Diagramas de Transformación Isotérmica " , A.S.M. Handbook .
- 4.- " Templabilidad " , Maroni .
- 5.- " Temple del Acero " , Wanke .
- 6.- " Aceros Especiales " " Tratamientos Térmicos de los Aceros " , José Aprice Barreiro .