

T-UES
1503
F363
1993
Ej.2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA



**"ANALISIS DE FALLAS EN TRATAMIENTOS
TERMICOS DE ACEROS DE USO FRECUENTE
EN LA INDUSTRIA SALVADOREÑA"**

**TRABAJO DE GRADUACION
PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:**

INGENIERO MECANICO

15100826

15100826



PRESENTADO POR:

**GUILLERMO ANTONIO FERNANDEZ FLORES
ANGEL ROBERTO MENJIVAR CALDERON**

Recibida: 14/02/94

SAN SALVADOR,

DICIEMBRE DE 1993.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TRABAJO DE GRADUACION PREVIO A LA OPCION AL GRADO DE:

INGENIERO MECANICO

Titulo: " ANALISIS DE FALLAS EN TRATAMIENTOS TERMICOS DE ACEROS
DE USO FRECUENTE EN LA INDUSTRIA SALVADORENA "

PRESENTADO POR: GUILLERMO ANTONIO FERNANDEZ FLORES

ANGEL ROBERTO MENJIVAR CALDERON

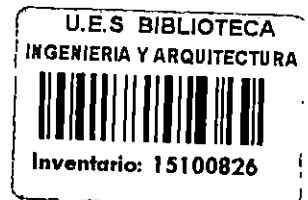
TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADOR Y ASESOR: ING. RENE MAURICIO HERNANDEZ

ASESOR: ING. FRANCISCO A. DELEON

UNIVERSIDAD DE
EL SALVADOR
ESCUELA DE INGENIERIA
MECANICA
Facultad de Ingenieria
y Arquitectura

San Salvador, Diciembre de 1993.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL:

LIC. MIRMA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. JUAN DE JESUS SANCHEZ SALAZAR

SECRETARIO:

ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR:

ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Máximo centro de estudios a nivel universitario que nos dió la formación académica y profesional necesaria.

A NUESTRO COORDINADOR Y ASESOR

Por haber compartido sus conocimientos y experiencia profesional, que nos guiaron en la culminación de nuestro trabajo de graduación.

A NUESTROS COMPANEROS Y AMIGOS

Quienes brindaron su apoyo y animo para la realización y finalización del presente trabajo.

Guillermo Antonio Fernandez Flores.

Angel Roberto Menjivar Calderón.

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO: Por ser la luz en el camino.

A MIS PADRES : Miguel Antonio Fernandez y Maria Ofelia Flores de Fernandez, por ser los forjadores de mi vida mediante su esfuerzo y dedicacion.

A MI ESPOSA : Gloria Marina, quien con amor y comprensión me ayudó a continuar hasta alcanzar esta meta.

A MI HIJO (A) : Que estando aún en el vientre de su madre, te has convertido en una fuente que me impulsa a seguir adelante.

A MIS HERMANOS : Miguel Angel, Silvia Guadalupe, Mario Ernesto y Jaime Mauricio, que en todo momento me apoyaron y motivaron a continuar.

A MI COMPANERO : Roberto, con quien desde el primer momento supimos armonizar y compartir esfuerzos en la realización de este trabajo.

Guillermo Antonio Fernandez Flores.

DEDICATORIA

- A DIOS TODO PODEROSO: Por haberme dado la fuerza para finalizar esta ardua tarea.
- A MIS PADRES : Tobias Menjivar y Menjivar y Blanca Rosa Calderón de Menjivar, por ser ellos los que me dieron la vida y por haber fundamentado mi caracter además de darme el criterio y la razón suficiente para poder afrontar el camino de la vida.
- A MIS HERMANOS : Por haberme brindado la mano en el momento en que lo necesité y por darme el apoyo necesario e incondicional.
- A MIS AMIGOS : A la familia Padilla, Alvarenga, Recinos, Coto, Guirola, Rodriguez, Mejía, por haber sido los mejores colaboradores que pude tener y quienes me animaron a continuar en todo momento.
- A MI COMPANERO : Guillermo, ya que sin la comprensión y calma que le caracteriza, no hubiesemos podido concretar este trabajo.
- A LOS QUE QUEDARON : Mi más profundo recuerdo y agradecimiento por haber sido fuente de inspiración y motivo por el cual continuar adelante sin vacilar. Estos triunfos también les pertenecen.

Angel Roberto Menjivar Calderón.

INDICE

	Pag.
- INTRODUCCION	1
- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
- ANTECEDENTES HISTORICOS	3
- OBJETIVOS GENERALES.....	4
- ALCANCES	4
- LIMITACIONES	4
- JUSTIFICACIONES	5

CAPITULO I

M A R C O T E O R I C O

- 1.0. TRATAMIENTO TERMICO	8
- 1.1 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO-CARBONO	8
- 1.2 FORMACION DE LA AUSTENITA ✓.....	10
- 1.3 TEMPLE	13
- 1.3.1 EL EFECTO DEL CARBONO EN EL ENDURECIMIENTO	15
- 1.3.2 DIAGRAMA DE TRANSFORMACION ISOTERMICA	16
- 1.3.3 MEDIOS DE TEMPLE	19
- 1.3.4 PROCEDIMIENTO DE TEMPLE	21
- 1.3.4 ELECCION DE LA TEMPERATURA DE TEMPLE	21
- 1.3.5 DURACION DEL CALENTAMIENTO	22
- 1.4 REVENIDO	23
- 1.4.1 SUBENFRIAMIENTO	23
- 1.4.2 REVENIDO ENTRE 95 Y 205 °C	24
- 1.4.3 REVENIDO ENTRE 230 Y 370 °C	24
- 1.4.4 REVENIDO ENTRE 370 Y 675 °C	25

- 1.5 RECOCIDO	25
- 1.6 NORMALIZADO	31

CAPITULO II

INVESTIGACION DE CAMPO

- 2.0. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION DE CAMPO	36
- 2.1. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION A DESARROLLAR	36
- 2.2. DETERMINACION DEL UNIVERSO	37
- 2.3. CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	38
- 2.3.1. CALCULO DE MUESTRA PARA CASAS DISTRIBUIDORAS DE ACEROS	39
- 2.3.2. CALCULO DE MUESTRA PARA TALLERES DE METAL MECANICA	41
- 2.4. DETERMINACION DE LAS EMPRESAS A ENCUESTAR	41
- 2.5. INSTRUMENTO A UTILIZAR PARA LA REALIZACION DE LA INVESTIGACION	42
- 2.6. ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	42
- 2.6.1. INFORMACION OBTENIDA EN LAS CASAS DISTRIBUIDORAS	42
- 2.6.2. INFORMACION OBTENIDA EN LOS TALLERES DE METAL MECANICA	47
- 2.7. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION DE CAMPO	52

CAPITULO III

INVESTIGACION EXPERIMENTAL

- 3.0. GENERALIDADES	55
- 3.1. PLANIFICACION DE LOS RECURSOS A UTILIZAR	56

- 3.2. DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	57
- 3.2.1. PREPARACION DE PROBETAS	57
- 3.2.2. SENALIZACION DE LAS PROBETAS	58
- 3.2.3. TRATAMIENTO TERMICO	60
- 3.2.4. OPERACIONES PREVIAS AL ENSAYO METALOGRAFICO	63
- 3.2.4.1. EMBUTIDO DE PROBETAS	63
- 3.2.4.2. LIJADO DE PROBETAS	63
- 3.2.4.3. PULIDO DE LAS PROBETAS	65
- 3.2.5. ATAQUE QUIMICO	66
- 3.2.6. PRUEBA DE DUREZA ROCKWELL	68

CAPITULO IV

A L B U M F O T O G R A F I C O

- ACERO AISI 1020	71
- ACERO AISI 304	89
- ACERO AISI 01	107
- ACERO AISI 1045	126
- ACERO AISI 4340	144
- FUENTES DE INFORMACION	163
- BIBLIOGRAFIA	163
- A N E X O S.	

INTRODUCCION

La práctica del tratamiento térmico del acero en nuestro país, se encuentra fuertemente limitada debido a la no difusión de las técnicas adecuadas para el tratamiento de este, y por consiguiente, por la falta de interés de parte de las instituciones, ya sean gubernamentales ó privadas, de desarrollar esta rama de la metalúrgia, que sería de gran apoyo al desarrollo industrial del país.

El atraso económico y tecnológico obliga a que el proceso de tratamiento de los aceros sea relegado a la práctica de este por pequeños grupos que son los que a su vez suplen las necesidades de la industria existente. En la mayoría de los casos, el tipo de tratamiento efectuado es un remedo de lo que realmente debería de realizarse. Esto no quiere decir que exista una mala intención de las personas que hacen este trabajo. La realidad es, que se trabaja en base al conocimiento empírico de cómo calentar el material para obtener mayor o menor dureza en este, sin conocer el proceso de transformación del material ni mucho menos el conocer de procesos metalúrgicos. No se puede exigir que la persona que realiza el tratamiento sea un experto versado en la materia, pero si no existe un mínimo de conocimiento de lo que se hace, los resultados siempre serán desastrosos. Es pretensión de este trabajo el crear una base de la cual se pueda partir y atacar el problema de los tratamientos térmicos, ó como mínimo, sentar un precedente para generar interés en la enseñanza de los procesos metalúrgicos que son de gran ayuda en el mantenimiento mecánico de

las piezas y partes de maquinaria que se desgastan o fallan durante el trabajo y que requieren de reemplazo por piezas con preparación y características de duración iguales ó, si es posible, mejores que las que tenia la original.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Enunciado del problema: "Fallas producidas en los Tratamientos Térmicos de los aceros de uso más frecuente en la Industria Nacional".

En la industria nacional, la mayor parte de los tratamientos térmicos hechos en aceros, presentan fallas que no permiten alcanzar las características deseadas. Esto conlleva a obtener malos resultados en la calidad de las piezas, así como también de los trabajos de mantenimiento realizados utilizando tratamientos, atrazando los procesos de producción y aumentando los costos. Debido a que no se satisface adecuadamente este tipo de necesidades, se tiende a la importación de repuestos y partes de maquinaria con las especificaciones y características adecuadas para el trabajo.

ANTECEDENTES HISTORICOS

Después de realizar una investigación de carácter informativo, tanto de tesis, boletines, revistas y otros documentos de las bibliotecas de la Universidad de El Salvador, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, Universidad Albert Einstein y Universidad Don Bosco; se estableció que no existe trabajo ó investigación sobre fallas en tratamientos térmicos en los aceros, por lo que se considera que el presente trabajo será un grán aporte y ayuda para todos aquellos sectores que de alguna forma se relacionan con el tema.

OBJETIVOS GENERALES

Analizar las fallas que se producen en los aceros de uso frecuente en la industria nacional, como consecuencia de la aplicación de un mal tratamiento térmico y establecer las causas que las originan. Al mismo tiempo, establecer las recomendaciones para la solución de los problemas que se presentan en la realización de los tratamientos térmicos.

ALCANCES

Poner a la disposición de estudiantes, técnicos y profesionales, así como también de pequeños y medianos industriales, un manual de procedimientos y fotografías de los resultados del tratamiento térmico y de las posibles fallas que se pueden encontrar.

LIMITACIONES

Debido a los diferentes tipos de aceros dentro de el mercado, nos referiremos a los de uso más frecuente, puesto que analizar toda la variedad de aceros, implicaría un trabajo demasiado extenso, tanto en tiempo, como en recursos humanos y monetarios.

Los tipos de tratamiento a analizar se limitarán a cuatro: Temple, Revenido, Normalizado y Recocido; por ser los más comunes.

La duración del trabajo no permite el profundizar en gran medida en la globalidad de los tratamientos térmicos, por lo que la muestra a analizar debe de ser pequeña y suficiente para que los resultados sean confiables.

La variable de trabajo en los tratamientos a realizar será la temperatura únicamente, por lo que los resultados de las pruebas serán consecuencia de la variación de esta. No se tomarán en cuenta los efectos a causa de el tiempo, el tamaño, forma de la pieza y el medio enfriante.

La información obtenida del fabricante de aceros se considerará como fidedigna, por lo que los aceros utilizados para las pruebas, se considerarán bajo norma.

JUSTIFICACIONES

En las aplicaciones del campo de la Ingeniería Mecánica, los materiales usados para la fabricación, se caracterizan por sus costos elevados. Adicionalmente, los procesos de tratamiento térmico, utilizados para mejorar sus propiedades, a parte de ser algunos de estos complejos, también tienen costos altos. El porcentaje de piezas defectuosas debido a fallas en el proceso de tratamiento térmico, es bastante grande por la forma empírica en que estos procesos se efectúan. En consecuencia, contar con

información sobre los defectos en los procesos de tratamientos térmicos, y de los procesos incorrectos que llevan a la generación de fallas, producirá un mejor aprovechamiento de los materiales, reducción de costos al reducir el número de piezas defectuosas y la elaboración de piezas más durables.

CAPITULO I

MARCO TEORICO

MARCO TEORICO

1.0 Tratamiento Térmico.

El objeto de todo proceso de tratamiento térmico, consiste en conseguir que, calentando el metal hasta una temperatura determinada y enfriándolo después, se produzca el cambio deseado en su estructura. En el caso de los aceros, durante este proceso de calentamiento y enfriamiento, hay que tomar en cuenta otros parámetros, como es el contenido de Carbono, la presencia de elementos de aleación entre otros. Estos parámetros serán muy determinantes para poder seleccionar adecuadamente la temperatura de calentamiento, como también el medio de enfriamiento que utilizaremos para efectuar el Tratamiento Térmico Deseado.

Las variaciones de las propiedades de una aleación, que se crean como resultado del tratamiento térmico deben de ser permanentes, de lo contrario, el tratamiento térmico no tendría ningún sentido.

1.1 Diagrama de Equilibrio Hierro-Carbono.

El diagrama de equilibrio Hierro-Carbono es de gran utilidad; pues él nos muestra a que tipos de tratamientos térmicos puede someterse una aleación y en qué intervalos de temperatura debe hacerse el tratamiento (ver Fig. 1.1).

El diagrama de equilibrio muestra las temperaturas que deben lograrse en un determinado tratamiento térmico y las fases a través de las cuales pasará el metal durante el calentamiento y enfriamiento. Se basa en condiciones de equilibrio.

Una fase es una porción, mecánicamente separable, físicamente

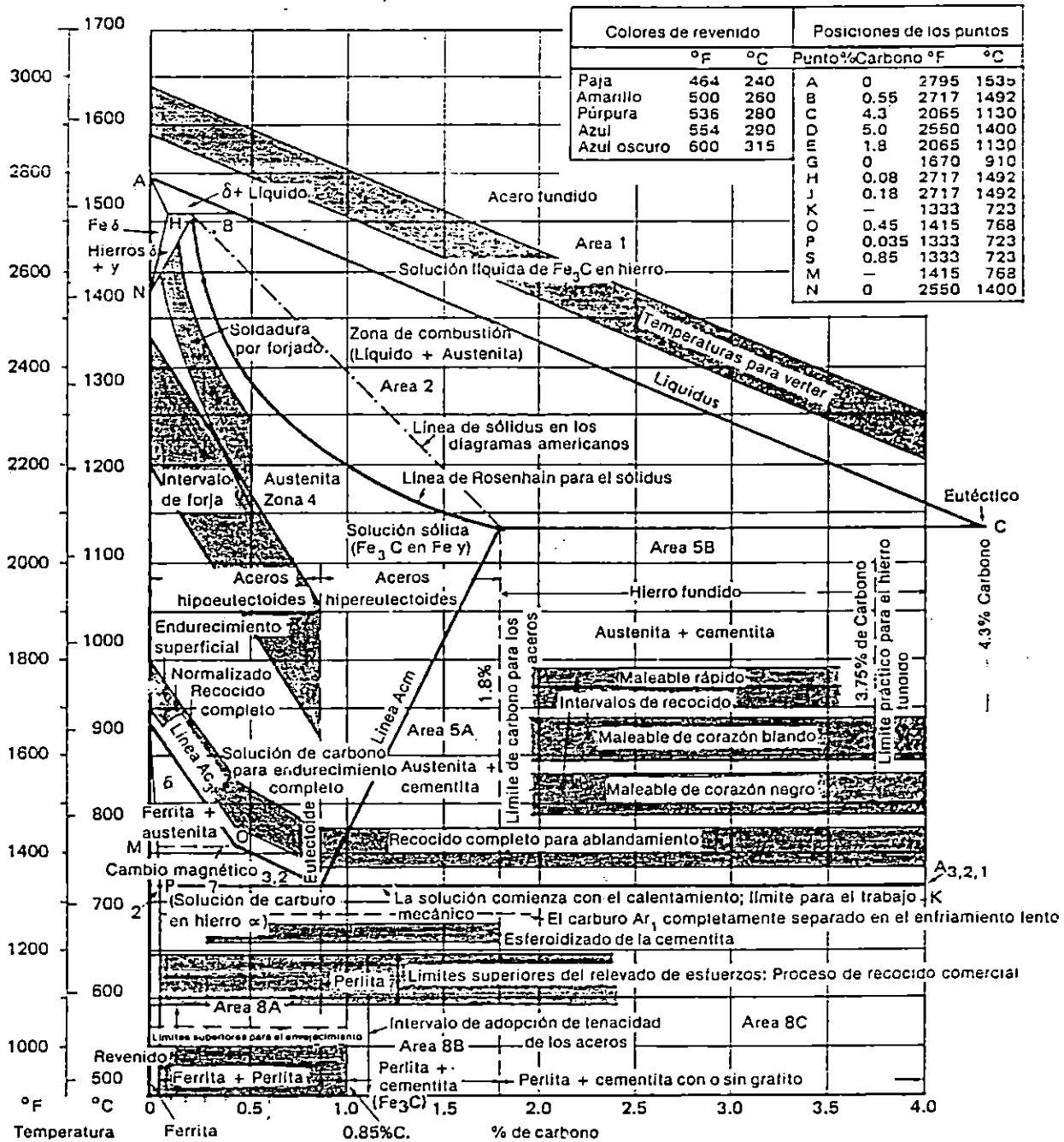


Fig. 1.1. Diagrama de equilibrio Hierro-Carbono.

Austenita, por lo que se vuelve importante el analizar dichas transformaciones.

La transformación de la Perlita en Austenita, de acuerdo totalmente con el diagrama de estado Fe-C sólo puede efectuarse si el calentamiento es muy lento. Esta transformación en la realidad no es instantánea como lo podría indicar el diagrama Fe-C; sino que debe pasar un cierto tiempo para que toda la perlita se transforme completamente a austenita. El tiempo de transformación, depende de la temperatura a la cual hallamos sobrecalentado el acero.

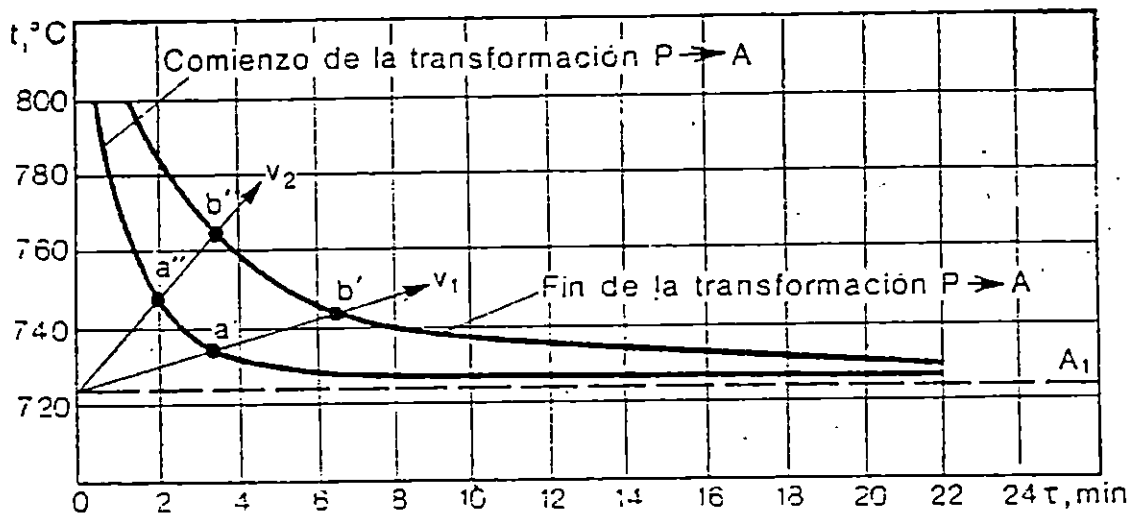


Fig. 1.3. Transformación de la perlita (P) en austenita (A) a temperatura constante. Acero con 0.86% de C.

En la Fig. 1.3 se muestra el inicio, así como el final de la transformación de la Perlita a la Austenita a diversos grados de sobrecalentamiento. La posición de las curvas indica que en cuanto más alta es la temperatura, mucho más rápido ocurre la

transformación. Esta Austenita recién formada será Heterogénea incluso en el volumen de un grano. En aquellos lugares donde antes había láminas (o granos) de cementita perlítica, el contenido de Carbono será mayor que en aquellos lugares donde había láminas (o granos) de Ferrita Perlítica.

Para obtener una Austenita de composición homogénea no solo hay que pasar, durante el calentamiento, el punto final de la transformación Perlita-Austenita, sino sobrecalentar por encima de este punto o mantener la temperatura por algún tiempo para que se pueda dar la difusión del Carbono en el grano Austenítico.

La velocidad de Homogenización del acero viene determinada considerablemente por la estructura inicial del acero, o sea, por el grado de dispersión de la Cementita y su forma. Cuanto menores sean las partículas de Cementita y por consiguiente mayor su superficie total, tanto más rápido se efectuará la difusión.

El calentamiento posterior, utilizado para homogenizar el grano de Austenita, provoca un crecimiento de éste. Este procedimiento de crecimiento de grano es espontáneo.

Según lo anterior, se distinguen dos tipos de aceros:

- a) El de Grano Fino Hereditario, el cual se caracteriza por ser poco propenso al crecimiento de grano.
- b) Grano Grueso Hereditario, el cual comienza a crecer no más se sobrepasa la temperatura crítica de transformación.

Los granos de Austenita solo crecen durante el calentamiento (durante el enfriamiento no disminuye su tamaño), por esto, la temperatura máxima de calentamiento del acero en estado

Austenítico y su granulación Hereditaria determinaron el tamaño definitivo del grano.

El acero hipereutectoide, por lo general, es menos sensible al crecimiento del grano, cuando se eleva su temperatura, que en el eutectoide. Muchos elementos de aleación (Vanadio, titanio, Wolframio, Molibdeno y otros) disminuyen la tendencia del grano austenítico al crecimiento.

El engrosamiento del grano de Austenita en el acero casi no se refleja en las características de las propiedades mecánicas (dureza, resistencia a la rotura, límite de fluencia, alargamiento relativo); pero hace que decaiga mucho la resiliencia, sobre todo si la dureza es grande, aumentando la fragilidad en frío del material.

1.3. TEMPLE

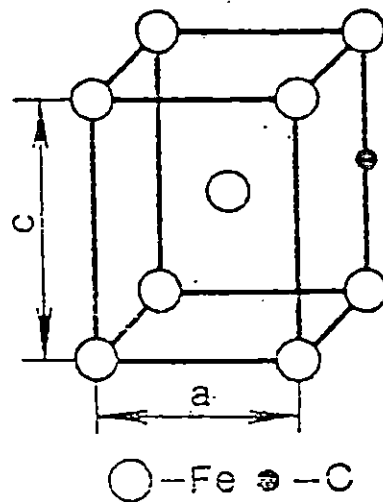
El endurecimiento del acero mediante el temple se basa en el cambio en dos etapas que tienen lugar cuando la Austenita se transforma en Ferrita y Cementita. Cuando esta transformación tiene lugar con enfriamiento lento, el hierro γ cambia a hierro α y la Cementita se precipita saliendo de la solución, ya que la solubilidad de la Cementita en hierro α es muy inferior comparada con la del hierro δ . Esta precipitación requiere tiempo. Si el acero que ha sido calentado al estado Austenítico se enfría muy rápidamente sumergiéndolo en un medio de enfriamiento tal como el agua, la transformación de δ a α tendrá lugar tan rápidamente que

la cementita no tiene tiempo de precipitarse de la solución. Cuando esto ocurre, en lugar de que el cambio de fase γ a α sea completo, el hierro γ , se transforma en una estructura tetragonal centrada en el cuerpo, la cual, como el hierro α tiene una baja solubilidad para la Cementita. El resultado es una solución sólida sobresaturada de Carbono en hierro tetragonal centrado en el cuerpo. Esta estructura se llama Martensita (Fig.1.4).

La Martensita es inestable pero muy dura. Bajo el microscópio se caracteriza por tener una estructura en forma de aguja.

En la transformación Austenito-perlítica, el papel rector lo desempeña la difusión del Carbono y dicha transformación debe llamarse difusiva.

En la transformación Austenito-martensítica, solo ocurre una reestructuración de la red, sin que varíe la concentración de las fases que reaccionan. Esta transformación es sin difusión. La Martensita en el acero, es una solución sólida sobresaturada de Carbono en hierro α cuya concentración es igual que la de la Austenita inicial.



Para la Tetragonalidad:

$$c/a > 1.$$

Fig. 1.4. Celdilla elemental de martensita.

Como esta transformación es sin difusión, el Carbono no precipita de la solución y en el proceso de la transformación solo se produce una reorganización de los átomos de hierro. En la Austenita estaban dispuestos en forma de cubo centrado en las caras y durante la transformación toman la estructura de la red cubica centrada en el cuerpo con características tetragonales.

1.3.1. El efecto del Carbono en el Endurecimiento.

Para obtener Martensita, el Carbono debe de estar presente en la forma de Carburo de hierro. Si hay muy poco Carbono presente en la estructura final Templada, esta contendrá gran cantidad de ferrita primaria y muy poca Martensita, por lo tanto, no será muy dura. Un acero de composición eutectoide deberá teóricamente resultar de un 100% de Martensita. La figura 1.5 nos representa la dureza de los aceros en función del contenido de Carbono. Como puede verse en la figura, de cero a alrededor de 0.3% de contenido de Carbono, el acero no es endurecible, excepto con velocidades de enfriamiento extremadamente altas, que no resultan ser prácticas para tratamientos térmicos normales. A medida que el contenido de Carbono aumenta del 0.3% al 0.7% la dureza obtenible aumenta muy rápidamente.

Por encima del 0.7% la dureza obtenible aumenta solo ligeramente con el incremento de contenido de Carbono.

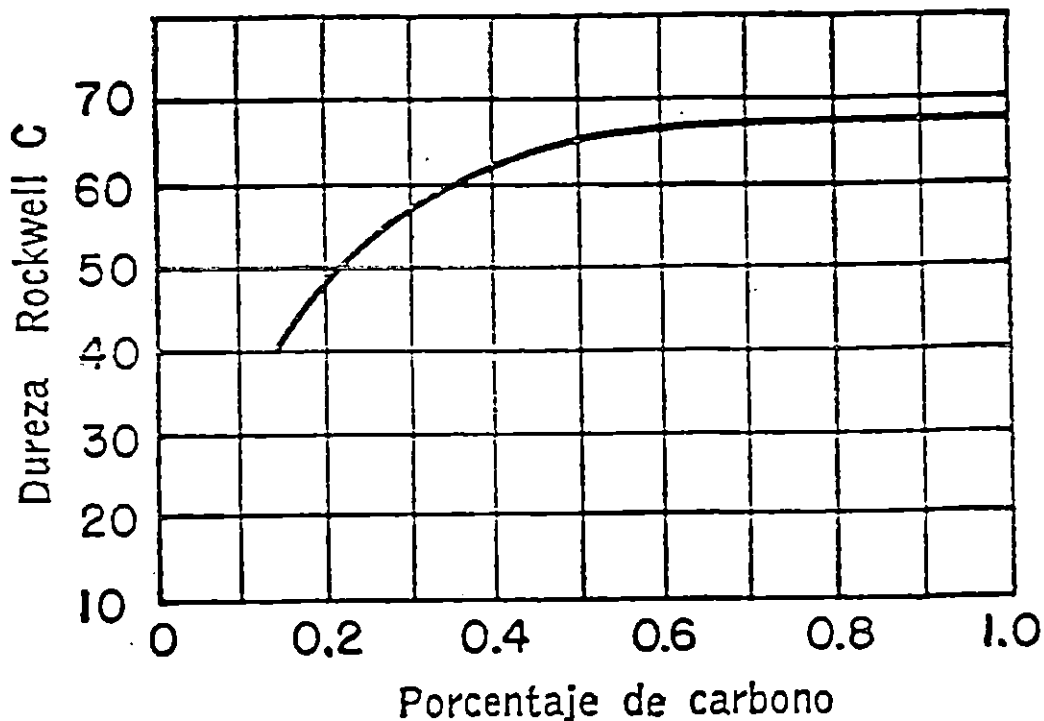


Fig. 1.5. Dureza en función del contenido de carbono, en la martencita fresca.

1.3.2. Diagrama de Transformación Isotérmica (curvas T-T-T).

Entre un enfriamiento extremadamente rápido para obtener la cantidad máxima de Martensita y el enfriamiento lento como el que se utiliza en el Recocido para obtener la estructura más blanda del material, existe un número infinito de velocidades de enfriamiento.

En los diagramas T-T-T (Fig. 1.6), la curva de la izquierda (1) muestra para cualquier temperatura constante, el tiempo que transcurre durante el temple a esa temperatura para que comiece la transformación de la Austenita al producto final. La curva de la derecha (2) indica, para cualquier temperatura constante, el tiempo que transcurre durante el temple para que finalice la transformación.

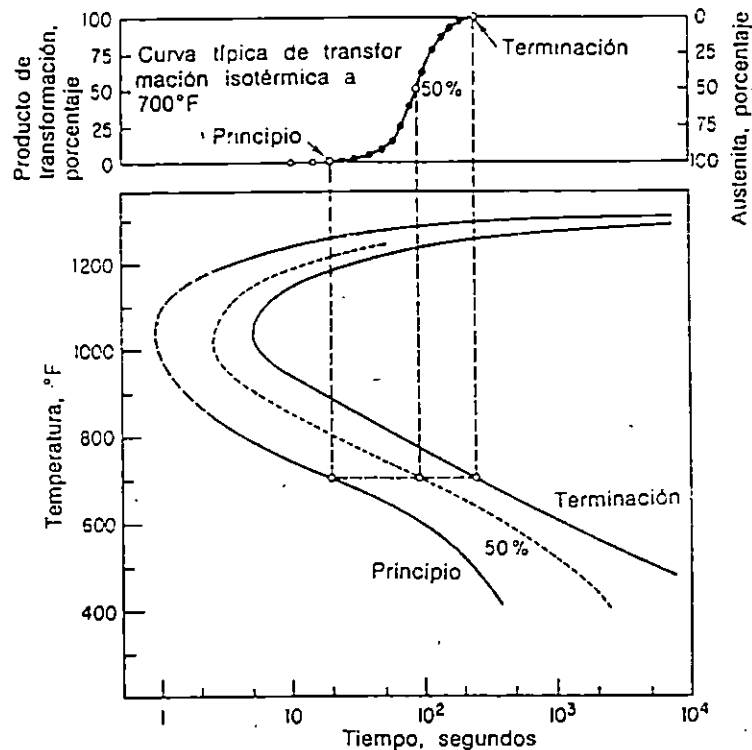


Fig. 1.6. Diagrama que muestra cómo se resumen las mediciones de la transformación isotérmica mediante el diagrama T-I.

Si se superpone una curva de Temperatura-Tiempo (velocidad de enfriamiento) al diagrama T-T-T, se obtiene un diagrama como el que se muestra en la Fig. 1.7.

La curva de enfriamiento "x" representa una muy alta velocidad de enfriamiento. Como esta curva pasa a la izquierda del codo de la curva S, no comienza ninguna transformación hasta que se alcanza una temperatura baja. A esta temperatura de transformación el producto final es Martensita, que es característico de un tratamiento térmico de Temple.

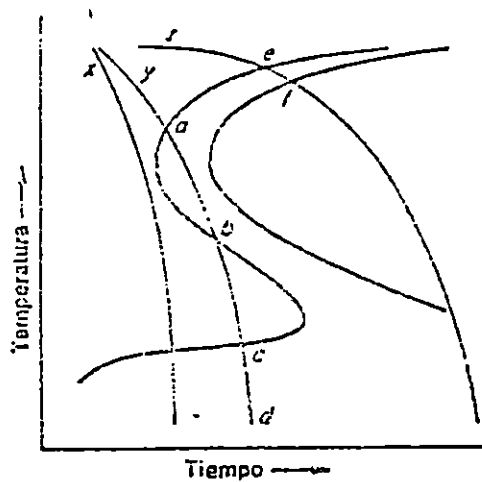


Fig. 1.7. Curvas de velocidad de enfriamiento superpuestas a la curva T-T-T.

Si se enfría la Austenita de acuerdo a la curva "Y" de la figura anterior, comienza en "a" un primer período de transformación y termina en "b", y un segundo período comienza en "c" y termina en "d". De "a" a "b" se formará Perlita fina y durante el intervalo de "c" y "d" la Austenita remanente y aún no transformada, se convertirá a Martensita. El resultado será una mezcla de Perlita fina y Martensita.

La curva "z" representa un enfriamiento lento, con transformación de Austenita entre "e" y "f". El punto final correspondiente al punto "f", es Perlita gruesa.

Las curvas mostradas en el diagrama T-T-T, son curvas para acero al Carbono no Aleado. La presencia de algunos elementos de aleación tales como Tungsteno, Wolframio, Cromo y el Vanadio

favorecen la templabilidad de los aceros; este efecto se representa en los diagramas T-T-T, como desplazamiento de las curvas de inicio y final de transformación hacia la derecha, por lo tanto no será muy necesario el tener que aplicar velocidades de enfriamiento tan elevadas para obtener estructuras cristalinas de alta dureza.

1.3.3 Medios de Temple.

Los medios de temple varían su efectividad al remover el calor del acero. Afortunadamente el agua es un medio de templado muy bueno y barato, su desventaja es que se vaporiza fácilmente y tiende a formar burbujas de aire que se pueden adherir a la pieza y crear puntos blandos. Cuando se temple en agua, deberá agitarse la pieza vigorosamente.

La salmuera es un medio más energético de templado que el agua, lo mismo sucede con algunos hidróxidos como el Hidróxido de Sodio o el de Potasio que resultan ser muy buenos cuando se quiere obtener alta dureza en aceros de bajo Carbono. Para templados suaves o en aquellas en que no se necesita una velocidad muy alta, se utiliza comúnmente aceite. En la tabla 1, se dan las temperaturas (aproximadas) que limitan las distintas etapas de enfriamiento y la intensidad relativa con que actúan los diversos medios de temple. La intensidad del enfriamiento depende también de la temperatura del líquido, de sus propiedades físicas, viscosidad y calor latente de vaporización.

1.3.4 Procedimiento de Temple.

En dependencia de la composición del acero, de la forma y de dimensiones de la pieza y de las propiedades que se requieran de ella después de tratada térmicamente, hay que elegir el procedimiento óptimo de temple. Algunas consideraciones que se deberán tomar en cuenta son las siguientes:

TABLA 1. Características de diversos medios de temple.

MEDIO DE TEMPLE	INTERVALO DE TEMPERATURAS DE LA EBULLICION CON BURBUJAS (°C)	INTENSIDAD RELATIVA DEL ENFRIAMIENTO A MITAD DEL INTERVALO DE EBULLICION CON BURBUJAS
AGUA:		
20°C	400-100	1.0
40°C	350-100	0.7
80°C	250-100	0.2
AGUA DESTILADA 20°C	350-100	0.5
SOLUCION EN AGUA 20°C:		
1 % NaCl	500-100	1.5
10% NaCl	650-100	3.0
5-30% NaOH	650-100	2.5
50% NaOH	650-100	2.0
SOLUCION 50% NaOH EN AGUA 96°C	650-100	1.0
ACEITE MINERAL 20-200°C	500-250	0.3

-Cuanto más compleja es la forma de la pieza que se trata térmicamente, con tanto mayor cuidado deben elegirse las condiciones de enfriamiento, porque, cuanto más compleja es la pieza, tanto más diferente son sus secciones y por lo consiguiente la concentración de las tensiones internas serán mayores, durante el enfriamiento.

-Cuanto más Carbono contenga el acero, más voluminosos serán los

cambios durante la transformación y más baja la temperatura a que se convierta la Austenita a Martensita. Esto nos aumentará el peligro de que se produzcan deformaciones, grietas y tensiones y de más defectos de temple, por lo que deberá elegirse muy cuidadosamente las condiciones de temple para estos aceros.

1.3.4 Elección de la Temperatura de Temple.

La temperatura de temple para los aceros de la mayoría de las marcas comerciales, vienen determinadas por las temperaturas Ac_1 y Ac_3 del diagrama Fe-C.

Para los aceros al Carbono la temperatura de temple puede determinarse por el diagrama Hierro-Carbono, por lo general, para el acero Hipoeutectoide debe ser 30-50 °C más alta que Ac_3 y para el Hipereutectoide, 30-50 °C más alta que Ac_1 .

Cuando el acero Hipoeutectoide se calienta a una temperatura superior a Ac_1 pero inferior a Ac_3 , y al templarse se obtiene la martensita, se conservará parte de la Ferrita, la cual hace que descienda la dureza en estado de temple y empeore las propiedades mecánicas después del Revenido. Este temple se llama Incompleto pues no superó la temperatura Ac_3 para que fuera completo.

Para los aceros Hipereutectoides, por el contrario, la temperatura óptima de temple se encuentra en el intervalo entre Ac_1 y Ac_3 y teóricamente este temple es incompleto. (Fig. 1.8)

La presencia en la estructura del acero templado de Cementita Residual, es útil en muchos sentidos. Por ejemplo, las inclusiones de Cementita Residual elevan la resistencia al desgaste del acero.

tiempo de permanencia a esa temperatura.

La magnitud del tiempo de calentamiento depende de la aptitud del medio para calentar, las dimensiones y forma de las piezas y de su colocación dentro del Horno; el tiempo de permanencia depende de la velocidad de los cambios de fase, la cual está determinada por el grado de recalentamiento por encima del punto crítico.

1.4. REVENIDO

En la condición Martensítica sin tratamiento térmico posterior, el acero es demasiado frágil para la mayoría de las aplicaciones. La formación de Martensita origina grandes tensiones residuales en el acero; por lo tanto, al templado casi siempre le sigue un tratamiento de Revenido, el cual consiste en calentar el acero a alguna temperatura menor que la crítica inferior. El propósito del revenido es liberar los esfuerzos residuales y mejorar la ductilidad y tenacidad del acero. El mejoramiento de la ductilidad se obtiene sacrificando un poco la dureza obtenida durante el temple. Se establecerán cinco intervalos de temperatura para discutir el proceso de revenido y sus respectivos cambios estructurales, los cuales son los siguientes:

1.4.1 Subenfriamiento. Que transforma en Martensita una mayor ó menor cantidad y generalmente mucha de la Austenita retenida.

Si se considera que la Austenita Retenida se descompone durante el enfriamiento por debajo de la temperatura ambiente o por calentamiento por encima de la misma, debe señalarse que no es

más que una cantidad de Austenita que permanece en una precaria existencia inestable.

Cuando se subenfria una pieza templada, formada por Martensita con Austenita retenida, aumenta ligeramente su dureza, debido a que la Austenita remanente (blanda) se transforma en Martensita (dura).

1.4.2. Revenido entre 95 y 205 °C. El Revenido dentro del intervalo de temperaturas de 95 a 205 °C se emplea solamente en aquellos casos en los que es importante conservar tanta dureza como sea posible.

En lo que respecta la estructura del acero, se sabe que ocurren dos cambios en este intervalo de temperaturas de revenido:

- a) La Martensita Tetragonal se transforma en cúbica;
- b) Se precipita Carbono en una forma distinta a la Cementita (Fe_3C), y generalmente descrita como un precipitado de transición, posiblemente Fe_2C ó Fe_{20}C_9 conocido generalmente como Carburo Epsilon.

La precipitación de este compuesto causa un ligero, pero medible aumento de dureza, este aumento de dureza generalmente se observa en aceros de alto contenido de Carbono; pero no se observa en los de bajo contenido de Carbono.

1.4.3 Revenido entre 230 y 370 °C. El intervalo de temperaturas de 230 a 370 °C raramente es empleado para el Revenido de aceros templados. Esta zona queda entre el intervalo de Revenido donde la alta dureza es el principal objetivo (inferior a 205 °C), y

aquel donde es fundamental la tenacidad, (superior a 370 °C). El intervalo entre estas dos temperaturas es evitado, probablemente a causa de la peculiar pérdida de tenacidad.

1.4.4. Revenido entre 370 y 675 °C. Una vez que la temperatura de Revenido ha sobrepasado los 370 °C se entra en el amplio intervalo de temperaturas de Revenido de 370 a 675 °C. En este grupo se comprenden los productos en los que la tenacidad es de primordial importancia. Cuando se hace el Revenido a las temperaturas inferiores del intervalo, esto es entre 370 y 540 °C, las piezas alcanzan excelente tenacidad y mantienen un aceptable nivel de resistencia. El Revenido en la parte superior del intervalo, esto es, entre 540 y 675 °C se aplica a aquellas piezas que precisan la máxima tenacidad aunque deba sacrificarse gran parte de su resistencia.

Una gran tenacidad se consigue con el Revenido en este intervalo de altas temperaturas. A pesar de la pérdida de resistencia, el tratamiento de Temple-Revenido es muy conveniente, debido a que la Martensita revenida es mucho más tenaz que una estructura perlítica de la misma dureza.

1.5. RECOCIDO

El Recocido es un tratamiento térmico en el cual se calienta el acero hasta temperaturas superiores a A_{c3} (o sólo mayores que A_{c1} , si el recocido es incompleto) y después se enfría lentamente, (ver Fig. 1.9). El calentamiento superior a A_{c3} asegura la

recristalización completa del acero. El enfriamiento lento del Recocido debe ocasionar necesariamente la descomposición de la Austenita y su transformación en estructuras perliticas.

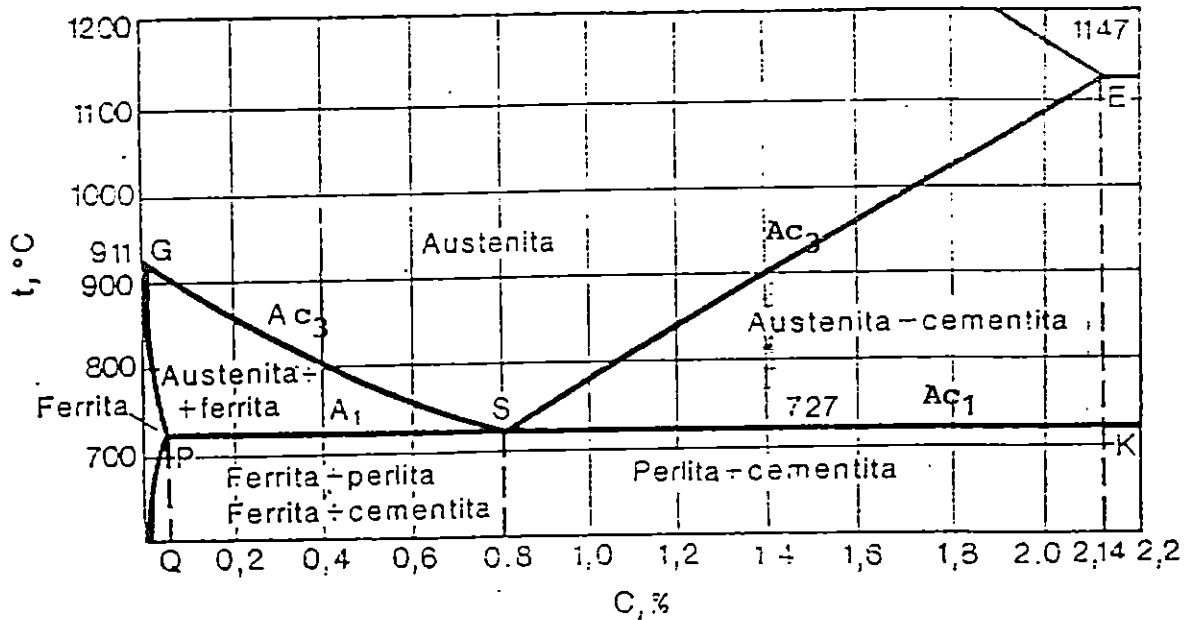


Fig. 1.9. Parte correspondiente al acero del diagrama Fe - C.

Los objetivos principales del Recocido son: la recristalización del acero y la eliminación de las tensiones internas, o corregir la estructura.

Estos dos problemas se resuelven por medio del Recocido Completo Ordinario (Fig. 1.10), que consiste en calentar el acero por encima del punto crítico superior y enfriarlo después lentamente. La estructura ferrito-perlítica se transforma durante el calentamiento en Austenita y luego, al enfriarse, la Austenita se convierte de nuevo en Ferrita y Perlita, es decir, se produce la recristalización completa. La estructura constituida por

gruesos granos de Perlita y Ferrita, que suele ser frecuente después de la colada ó la forja 1./, se convierte después del Recocido en estructura de granos finos de Ferrita y Perlita (Fig. 1.11. a y b).

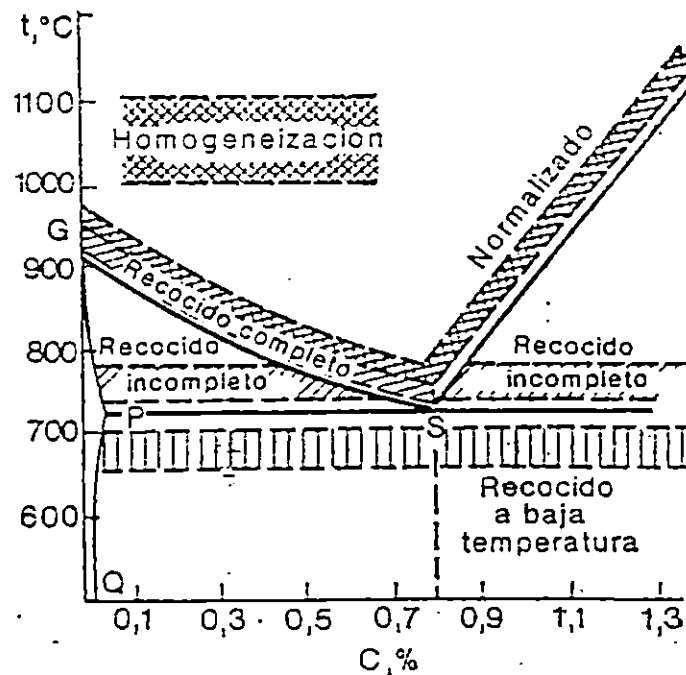


Fig. 1.10. Temperatura del calentamiento para los diversos tipos de Recocido.

Si no hay necesidad de cambiar la distribución de la constituyente ferrítica, si la estructura inicial no es de grano muy grueso ni tiene carácter de estructura de Widmanstätten, basta con un calentamiento más bajo, hasta una temperatura superior a Ac_1 pero inferior a Ac_3 . En este caso sólo se produce la recristalización de la constituyente perlítica, pero no de la

1./ Las precipitaciones ferríticas tienen a veces forma de agujas, esta estructura se llama de Widmanstätten.

ferrítica. Este será el llamado Recocido incompleto (ver Fig. 1.10). Este Recocido es una operación más económica que el completo, ya que en este caso el calentamiento se efectúa hasta temperaturas más bajas.

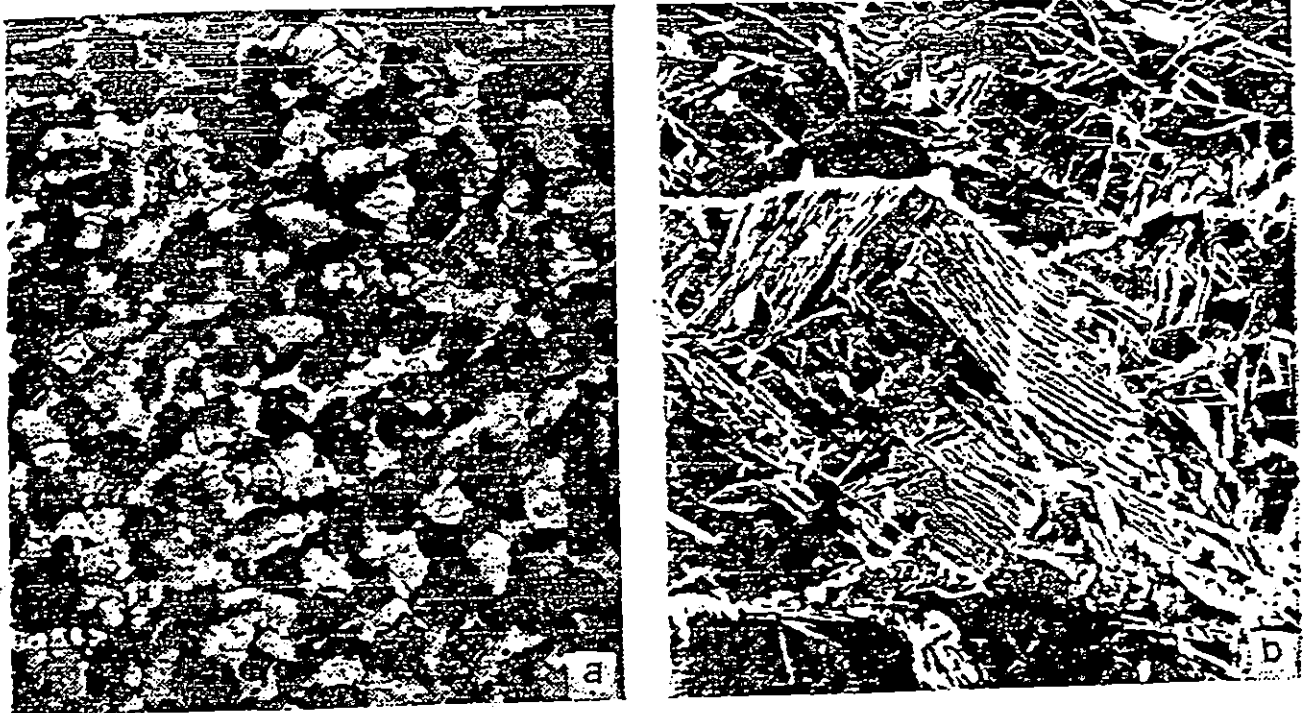


Fig. 1.11. Estructura del acero 40 x 100:
a, después del recocido; b, antes del recocido (Widmanstätten).

Si la estructura inicial es buena y no es necesaria la recristalización, sino que solo hay que disminuir las tensiones internas, el calentamiento de recocido se limita a temperaturas todavía más bajas, inferiores al punto crítico. Este será, el

Recocido a Baja Temperatura o Recocido Bajo (ver Fig. 1.11). Es evidente que esta operación corresponde al primer grupo de formas de tratamiento térmico (Recocido de Primer Género), mientras que el Recocido Completo y el Incompleto corresponde al segundo grupo (Recocido de Segundo Género o Recristalización de Fases). Si el estado inicial tiene estructura de temple (bainita o Martensita), es más correcto denominar esta operación Revenido a Alta Temperatura (de ablandamiento).

El acero fundido se caracteriza generalmente por tener una composición heterogénea y segregaciones dendríticas y zonal (principal). El calentamiento hasta altas temperaturas y la permanencia en ellas hace que desaparezca o se suavice la heterogeneidad dendrítica. Esta operación se llama Homogeneización o Recocido de Homogeneización. Como resultado del calentamiento hasta alta temperatura (1000-1100 °C generalmente) y de la larga permanencia en ella, se observa un crecimiento intenso del grano. Por esto, después de este tratamiento se obtiene una estructura de grano grueso y es necesaria una operación complementaria de tratamiento térmico para corregir dicha estructura (Recocido Ordinario).

Por ejemplo: Si el recocido de homogeneización se aplicó a lingotes que deben sufrir deformación plástica (laminado ó forja), el segundo recocido no es necesario, porque la estructura de grano grueso se corrige con la deformación plástica.

El recocido incompleto de los aceros hipereutectoides se llama

también esferoidización, porque es el procedimiento principal para obtener la estructura de perlita granular. Para obtener perlita globular el calentamiento no debe ser muy superior al punto crítico Ac_1 , porque en caso contrario resulta perlita laminar. La estructura de perlita granular deben tenerla los aceros para herramientas, ya que esto asegura una buena maquinabilidad y poca tendencia al sobrecalentamiento en el temple.

La velocidad de enfriamiento del recocido debe ser tal, que tengan tiempo de producirse las transformaciones en la Austenita a una grado pequeño de subenfriamiento. Prácticamente esta velocidad no debe ser más de 50-100 °C/h, lo que se consigue con el enfriamiento en el horno. En la práctica industrial, con objeto de economizar tiempo, suele emplearse el llamado Recocido Isotérmico. Para esto, el acero calentado hasta una temperatura más alta del la del punto crítico superior (o solamente la del inferior), se enfría con rapidéz (o mejor dicho, a cualquier velocidad) hasta una temperatura que se encuentre a 50-100 °C más abajo que el punto de equilibrio A_1 , y a esta temperatura se mantiene tanto como sea necesario para la descomposición completa de la Austenita (Fig. 1.12). Como la temperatura es más fácil de controlar que la velocidad de enfriamiento, este recocido da resultados más estables. En la actualidad, el recocido isotérmico se emplea más que el recocido con enfriamiento continuo, sobre todo para los aceros aleados, ya que esto reduce el tiempo que dura la operación.

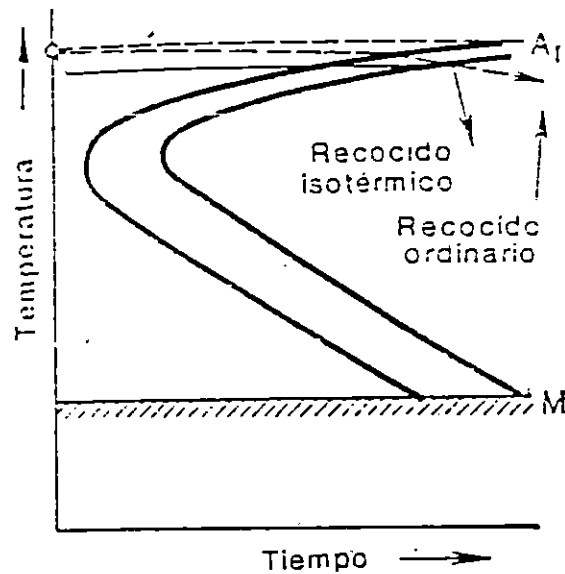


Fig. 1.12. Esquema del recocido isotérmico y del ordinario.

1.6. NORMALIZADO

El Normalizado es una variedad de recocido en la cual se enfría el material en aire tranquilo, con lo que se consigue un enfriamiento algo más rápido que en el recocido ordinario (Fig. 1.13). En el caso de normalizado, la transformación también debe producirse en la región superior de temperaturas, con formación de perlita, pero con un subenfriamiento un poco mayor, lo que determina cierta diferencia de propiedades entre el acero recocido y el normalizado 2./.

2./ Si con el enfriamiento en el aire se produce la transformación en la zona inferior de temperaturas y se forma bainita o martensita (en los aceros aleados), esto será Temple en el Aire y no Normalizado.

El Normalizado, como es natural, es una operación técnica más barata que el Recocido, porque el horno sólo se emplea para calentar y mantener el acero a la temperatura de Normalizado, efectuándose el enfriamiento a aire, es decir, fuera del horno.

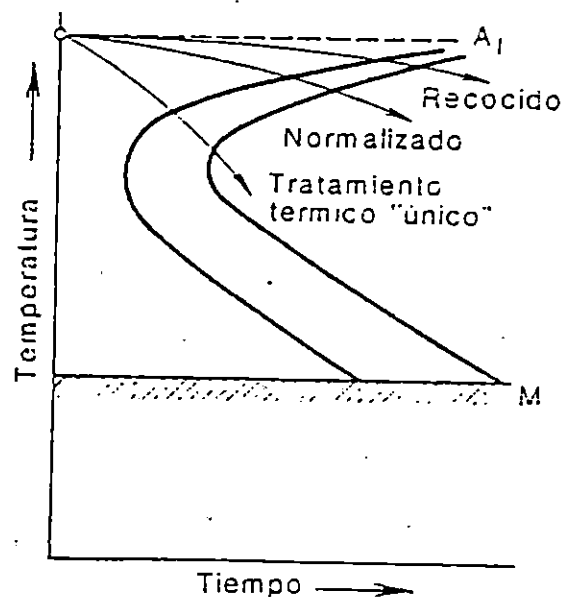


Fig. 1.13. Curvas de enfriamiento para el recocido, normalizado y tratamiento térmico único, superpuestas al diagrama de la descomposición isotérmica de la austenita.

En los aceros al bajo Carbono no aleados, prácticamente no existe diferencia de propiedades entre los estados Recocido y Normalizado y se recomienda someter estos aceros a Normalizado y no a Recocido. En los aceros con contenido medio de Carbono de

(0.3 - 0.5 % de C.) la diferencia de propiedades entre el Normalizado y el Recocido es mayor; en este caso, el primer tratamiento no puede sustituir al segundo. Para estos aceros suele sustituirse el Normalizado por una operación más cara: el Mejorado o Bonificado. En este caso el Normalizado da al acero mayor dureza que el recocido, pero este acero tiene algo menos plasticidad y tenacidad que el que se halla en estado mejorado (Temple - Revenido).

Para las piezas de poca responsabilidad, el normalizado proporciona cualidades mecánicas bastante satisfactorias; para las que requieren garantía, conviene utilizar el mejorado.

El enfriamiento de Normalizado se hace al aire tranquilo. Si al calentamiento hasta la región Austenítica le sigue un enfriamiento a chorro de aire, que crea una velocidad de enfriamiento tan elevada, que la transformación se produzca en la zona de inflexión de la curva C (ver Fig. 1.13), se tiene el tratamiento térmico único. Este tratamiento se utiliza cuando se desea evitar el temple y obtener una dureza algo mayor que con el Normalizado.

El Recocido y el Normalizado son de ordinario las operaciones iniciales del tratamiento térmico y tienen por objeto subsanar algunos defectos de las operaciones anteriores de elaboración en caliente (colada, forja, etc.) o preparar la estructura para las operaciones tecnológicas siguientes (por ejemplo, para el mecanizado o el temple). Sin embargo, el Recocido, sobre todo el Normalizado, suelen ser con mucha frecuencia el tratamiento térmico final. Esto ocurre cuando después de ellos se obtienen

propiedades satisfactorias desde el punto de vista de la explotación de las piezas y no es necesario mejorarlas por medio del Temple y el Revenido.

CAMPO

INVESTIGACION DE

CAPITULO II

INVESTIGACION DE CAMPO.

2.0. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION DE CAMPO.

Para iniciar la labor de campo se consideró necesario establecer los objetivos que se pretendían lograr, de esta forma, los instrumentos se elaboraron buscando cubrir los siguientes objetivos:

GENERALES:

- Establecer las necesidades de la industria nacional en cuanto a aceros respecta.

ESPECIFICOS:

- Determinar que tipos de aceros son los que más demandan las industrias.
- Establecer cuales son los tratamientos térmicos que se necesitan aplicar a los aceros más demandados para que cumplan con el trabajo a que van a estar sometidos.
- Establecer en lo posible el tipo más frecuente de fallas que se producen en los aceros a consecuencia de tratamientos térmicos mal aplicados.

2.1. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION A DESARROLLAR.

La investigación a desarrollar es inicialmente exploratoria. Con ello se pretende establecer los tipos de aceros que se venden más y la frecuencia con que estos son utilizados. Adicionalmente

se obtendrá un perfil más real de la forma en que se usan los aceros en los tratamientos térmicos. El instrumento utilizado con tal fin es la "Encuesta", acompañada ó reforzada por la entrevista libre.

El formato de la encuesta es presentado en el ANEXO 1 al final del libro, y este le fué aplicado tanto a distribuidores como a consumidores.

La etapa II del proceso de investigación, consiste en el trabajo experimental. Este lleva como objeto, el determinar mediante la observación, prueba física y análisis, las causas por las cuales los tratamientos térmicos tienden a fallar.

Los medios para realizar esta etapa y su desarrollo se plantean en el Capítulo III, así como los recursos utilizados para este fin.

2.2. DETERMINACION DEL UNIVERSO

Para realizar una mejor investigación, establecimos dos universos a encuestar, los cuales son:

a) Las casas distribuidoras de aceros. Este universo lo consideramos como uno de los más representativos por relacionarse con todos los talleres, tanto los metal mecanico, como los de mantenimiento de las diversas empresas.

b) Talleres de Metal Mecánica. Este universo tiene la característica de que en determinados momentos puede suplir necesidades a los talleres de mantenimiento de las diversas industrias.

2.3. CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Para calcular el tamaño de la muestra, se han tomado en cuenta las inexactitudes propias del muestreo, pues la información recopilada en las encuestas queda sujeta en gran medida a la información que proporcionen los encuestados, pudiendo estos en determinado momento dar información tergiversada.

El tamaño de la muestra lo calcularemos utilizando la siguiente fórmula :

$$M = \frac{(Z)^2 (P Q N)}{(N - 1) (E)^2 + (Z)^2 P Q} \quad (\text{Ec. 2.0})$$

En donde:

M = Tamaño de la Muestra

P = Probabilidad de Exito

Q = Probabilidad de Fracaso

Z = Nivel de Confianza

N = Tamaño del Universo

E = Marque de Error en la Muestra

También suponemos que podemos estimar un 10% como error máximo permisible.

A la vez consideraremos un nivel de confianza del 95%, así como dato de trabajo, estableceremos una probabilidad de éxito de 0.5, y como probabilidad de fracaso tomaremos también un 0.5.

2.3.1. CALCULO DE MUESTRA PARA CASAS DISTRIBUIDORAS DE ACEROS.

Sustituyendo valores en la (Ec. 2.0):

Para el universo de Casas Distribuidoras de Aceros:

$$M = ?$$

$$P = 0.5$$

$$Q = 0.5$$

$$Z = 1.96$$

$$N = 7.0$$

$$E = 0.1$$

$$M = \frac{(1.96)^2 (0.5) (0.5) (6)}{(7) (0.1)^2 + (1.96)^2 (0.5) (0.5)} = \frac{5.7624}{0.07 + 0.9604}$$

$$\underline{\underline{M = 5.59}}$$

Si tomamos la cantidad de 5 como tamaño de la muestra, el error obtenido será el siguiente:

De la Ec. 2.0 obtendremos lo siguiente:

$$E = \left(\frac{((Z)^2 PQN/M) - (Z^2) PQ}{N - 1} \right)^{1/2}$$

$$E = \left(\frac{(Z)^2 PQ ((N/M) - 1)}{N - 1} \right)^{1/2} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Sustituyendo valores en la (Ec. 2.2):

$$E = \left(\frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)((6/5) - 1)}{(6 - 1)} \right)^{1/2}$$

$$E = 0.196$$

$E = 19.6\%$, lo cual es muy alto según lo estimado. Este era un 10% de error máximo.

Si tomamos como 6 el tamaño de la muestra, el error obtenido será el siguiente:

$$E = \left(\frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)((6/6) - 1)}{(6 - 1)} \right)^{1/2} = 0$$

E = 0%, lo que puede interpretarse como, que los posibles errores existentes en la recolección de información dependerán únicamente del manipuleo que puedan hacer los informantes.

2.3.2. CALCULO DE MUESTRA PARA TALLERES DE METAL MECANICA.

En esta etapa de la investigación de campo, tomaremos como referencia los estudios realizados por : Jorge Regalado Campos y Ronald Lopez Portillo, con respecto a Talleres de Metal Mecánica 3./. En estos estudios, la muestra encontrada fué de 97 de un universo de 150 talleres del área metropolitana de San Salvador. El error máximo posible que obtuvieron con dicha muestra fué de un 9%, lo cual es muy bajo y por lo tanto, la información proporcionada se puede considerar confiable.

Con el fin de verificar que los estudios hechos anteriormente, fuesen valederos en la actualidad, se relizó un pequeño muestreo en los talleres de Metal Mecánica; comprobandose que los resultados en cuanto a preferencia en consumo de aceros, se mantiene invariable.

2.4. DETERMINACION DE LAS EMPRESAS A ENCUESTAR.

La forma de seleccionar las empresas que seran sujetas de encuesta será a través de muestreo probabilístico al "azar simple".

3./ Trabajo de Graduación, "El Tratamiento Termico, sus Aplicaciones y Usos en los Principales Aceros Existentes en El Salvador.", Universidad Albert Einstein, 1990.

2.5. INSTRUMENTOS A UTILIZAR PARA REALIZAR LA INVESTIGACION.

El instrumento que se utilizó para recolectar la información fué la "Encuesta". Se elaboraron dos modelos, uno para las casas distribuidoras, y otra destinada a los talleres de metal-mecánica.

Los modelos de las encuestas pueden ser vistos en el ANEXO 1.

2.6. ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS.

2.6.1. Información obtenida en las Casas Distribuidoras.

TABLA 2.1. CASAS DISTRIBUIDORAS DE ACEROS
Y MARCAS QUE DISTRIBUYEN:

DISTRIBUIDORA	MARCA
A C A V I S A	ASSAB
ABASTEINSA	SANDVIK, BOLHER, ABCO
R E D I S.A.	BOLHER
A Y M A	DEVA
A C E R O S A L	BOLHER

La Tabla 2.1 especifica cada una de las marcas de los aceros servidos por las casa distribuidoras en todo el país. Estas se resumen a 5, siendo en algunos casos, marcas exclusivas de determinado distribuidor. Estas son: ASSAB, SANDVIK, BOLHER, ABCO Y DEVA.

TABLA 2.2. PROCEDENCIA DE LOS ACEROS DISTRIBUIDOS EN EL PAIS:

DISTRIBUIDORA	PROCEDENCIA	NORMA
ACAVIS A	SUECIA	AISI
ABASTEINSA	SUECIA, ALEMANIA, JAPON	AISI, ASTM, DIN
REDISA.	SUECIA, ESTADOS UNIDOS	AISI
AYMA	ESPAÑA	AISI
ACEROSAL	ALEMANIA, INGLATERRA	DIN

Las procedencias de los aceros se establece según la marca y el proveedor. La norma de fabricación también se rige por el país de origen. Los distribuidores locales de aceros obtienen el producto de los países siguientes: SUECIA, ALEMANIA, JAPON, ESTADOS UNIDOS, ESPAÑA e INGLATERRA. La norma por la que se rigen son: AISI, DIN, SAE ó la ASTM. La Tabla 2.2 presenta algunos de estos resultados.

TABLA 2.3. VERIFICACION DE LA NORMA DE LOS ACEROS POR LAS CASAS DISTRIBUIDORAS:

DISTRIBUIDORA	TIPO DE PRUEBA
ACAVIS A	NINGUNA
ABASTEINSA	MACRO Y MICRO DUREZA, ENSAYO DE TRACCION
REDISA.	NINGUNA
AYMA	PRUEBA DE DUREZA (DUROMETRO MANUAL)
ACEROSAL	NINGUNA

La producción de acero siempre presenta un cierto porcentaje de falla, por lo que el control de calidad es muy importante. Debería de comprobarse ésta en base a norma, pero como podrá notarse en la Tabla 2.3, se observa que en casi todas las casas que lo distribuyen, no se realiza una inspección ó verificación de norma. Simplemente se dá por válido los datos del fabricante.

TABLA 2.4. ACEROS QUE MAS VENDEN LAS CASAS DISTRIBUIDORAS:

A C A V I S A	AISI 1020	AISI 1045	AISI 4340	AISI 01	AISI 304
ABASTEINSA	AISI 1020	AISI 4340	AISI 1045	AISI 304	AISI 01
R E D I S.A.	AISI 1020	AISI 1045	AISI 304	AISI 4340	AISI 01
A Y M A	AISI 4340	AISI 1045	AISI 01	AISI 1020	---
A C E R O S A L	AISI 1045	AISI 4140	AISI 01	K-980	AISI 304

Existe una amplia gama de de aceros para muy variados usos, pero el mercado nacional se resume a una cantidad no mayor de 20 aceros, de los cuales, los más solicitados son los objetos de este estudio. Estos los reducimos a 5 por su demanda y uso. La tabla 2.4 presenta por distribuidor, los aceros que vende en mayor proporción, partiendo de izquierda a derecha con el mayor volumen de demanda hasta el de menor volumen de demanda.

TABLA 2.5. EMPRESAS APTAS PARA REALIZAR TRATAMIENTOS TERMICOS, SEGUN CASAS DISTRIBUIDORAS:

DISTRIBUIDORA	EMPRESA	TIPO DE TRATAMIENTO
ACAVISA	HECASA, BOIRA	TEMPLE, REVENIDO, CEMENTADO
ABASTEINSA	RISI, MOLDTROCK, BOIRA	TEMPLE, REVENIDO, CEMENTADO
REDISA.	TALLERES SARTI	TEMPLE
AYMA	TALLERES SARTI	TEMPLE, CEMENTADO
ACEROSAL	ENGRANAJES Y REDUCTORES DELTA	TEMPLE, REVENIDO, CEMENTADO

Las casas distribuidoras por lo general, son fuente de información para los consumidores sobre el trato que debe de darle al producto que vende. Dentro de esta interrelación sugieren ó proponen los lugares en los que podrian ofrecerles tal servicio. Para el caso de los tratamientos térmicos, los establecimientos aptos para dar este servicio, según los distribuidores de aceros, se presentan en la Tabla 2.5, así como el tipo de tratamiento que se les puede ofrecer.

TABLA 2.6. TIPO DE INFORMACION TECNICA PROPORCIONADA A CONSUMIDORES POR CASAS DISTRIBUIDORAS DE ACERO:

DISTRIBUIDORA	INFORMACION
ACAVISA	Tablas, folletos, asesoramiento verbal.
ABASTEINSA	Tablas, folletos, asesoramiento verbal.
REDISA.	Folleteria y asesoria verbal.
AYMA	Asesoria verbal.
ACEROSAL	NINGUNA

El distribuidor está obligado a prestar asesoría e información sobre el producto que vende, por lo que debe de ayudar al consumidor en la selección adecuada, y obtener así los mejores resultados, y no solamente imponer el producto. La Tabla 2.6 es un reflejo del servicio que prestan las empresas estudiadas, en función de asesoría y ayuda al comprador.

TABLA 2.7. TIPOS DE RECLAMOS EN LOS ACEROS SERVIDOS POR LAS CASAS DISTRIBUIDORAS:

DISTRIBUIDORA	RECLAMO
ACAVISA	Fractura del acero, no alcanza la dureza deseada, variación de dureza en la pieza, fisuras en el acero.
ABASTEINSA	Fisuración del acero al efectuar tratamientos, variación de dureza en la pieza.
REDISA.	Variación de dureza en la pieza, no alcanza los valores de dureza esperados.
AYMA	Fisuras y fractura de piezas, variación de dureza en la pieza.
ACEROSAL	NINGUNO

La falta de control de la calidad de los aceros, provoca que estos al ser trabajados presentan fallas que hacen que las piezas resulten inutilizables. Naturalmente que al implementar un mejor control, el porcentaje de fallas de material sería mucho menor que el ya existente, y al mismo tiempo serviría como un respaldo ante cualquier reclamo de falla, deduciéndose que esta fué a causa de

manipulación impropia de éste. La Tabla 2.7 presenta los reclamos más frecuentes hechos a los distribuidores por su producto. No se presenta la frecuencia de reclamos, ya que no son contabilizados, ni existe un estudio formal de la causa por la que falló el material.

2.6.2. Información obtenida en los talleres de Metal-Mecánica.

De la información recogida mediante las encuestas en los talleres de Metal-Mecánica, se puede obtener la siguiente información:

La mayoría de los talleres prefiere determinados aceros, por las características y usos de la pieza a construir. Ellos eligen el acero que más se ajusta a sus necesidades.

Los establecimientos que les proporcionan los aceros son los siguientes:

- ACAVISA
- ABASTEINSA
- ACEROSAL
- VIDRI *
- AYMA
- MATERIALES DIVERSOS
- REDI
- MOLDTROK **

Los proveedores fueron ordenados en orden descendente según la preferencia de los talleres.

* Son distribuidores relativamente nuevos en el mercado local de los aceros, por lo que no se tomaron en cuenta durante la investigación de campo. Su presencia se detectó hasta que fueron encuestados los talleres de metal-mecánica.

** Esta empresa importa sus propios aceros, pero sólo para consumo propio, no para la venta.

La sustitución de un acero por otro, es cuestión de cambio de marcas; pues, aunque tienen diferente especificación, al buscar su equivalente AISI, resultan ser los mismos.

Todos los talleres admiten realizar tratamientos térmicos, los tratamientos que realizan estos talleres son los siguientes:

TABLA 2.8. TIPOS DE TRATAMIENTOS QUE REALIZAN LOS TALLERES DE METAL-MECANICA.

<u>TRATAMIENTO TERMICO</u>	<u>% DE TALLERES QUE LO REALIZAN</u>
TEMPLE	100%
REVENIDO	50%
RECOCIDO	25%
NORMALIZADO	0%
CEMENTADO *	80%

* Este tratamiento térmico no es estudiado en el presente trabajo; pero debido a que una gran cantidad de talleres lo realizan, se incluye en la tabla de tratamientos; por lo que sería de gran importancia que se le dedicase en un futuro, alguna investigación.

La totalidad de los talleres realizan los tratamientos térmicos con flama. Los talleres que poseen hornos para tratamiento cuando las piezas a trabajar son pequeñas, le aplican flama, pues consideran que no es necesario introducirla al horno para realizar el tratamiento térmico, ya sea por su tamaño, ó porque los niveles de calidad exigidos son bajos, ó porque ellos estiman que el valor del tratamiento térmico es muy alto en comparación con el valor de la pieza trabajada.

En cuanto al personal que trabaja en esta área de la mecánica, este por lo general es de formación empírica, y a lo mucho, quienes tienen el conocimiento técnico son los jefes, que de alguna forma orientan al personal; pero la mayor rsponsabilidad de cómo se debe de realizar el tratamiento térmico, recae en el personal empírico.

Una vez realizados los tratamientos térmicos, la mayoría procede a realizar pruebas para verificar el resultado de estos; la prueba más común para el Temple es la que se realiza con lima. Esta consiste en tomar una lima y tratar de rayar la pieza tratada

con ésta; si se raya, el tratamiento no fué bueno y hay que volver a realizarlo. Si por el contrario, la pieza no se raya, el tratamiento se da por aceptado.

En algunos talleres grandes, a las piezas tratadas se les hace pruebas con durómetro Rocwell. Uno de estos casos se produce en la empresa Motor Service, pues posee los medios adecuados para poder identificar fisuras en piezas delicadas, utilizando equipo especial para pruebas magnéticas.

La mayoría de los talleres admiten el haber tenido reclamos, aunque lo atribuyen a diversos factores, entre ellos se puede destacar los siguientes:

- a) Defectos en la fabricación de la pieza.
- b) Acero mal identificado por el distribuidor.
- c) Error al seleccionar el acero.
- d) Someter a la pieza a esfuerzos superiores a los recomendados.

Como puede observarse del análisis de los datos recolectados, los talleres no toman el tratamiento térmico, como un factor que les pueda causar fallas en el funcionamiento de la pieza, o lo que es peor aún, no reflexionan en el tipo de esfuerzos a que estará sometida, antes de que ésta sea puesta a trabajar.

Quando los talleres consideran que sus instalaciones no son las adecuadas para realizar un tratamiento térmico, ya sea por las exigencias de los clientes en cuanto al tipo de trabajo a realizar; estos recurren a otros talleres especializados y de mayor capacidad que la que ellos tienen. Entre los que más se destacan, se encuentra Boira S.A., aunque los talleres no se encuentran plenamente satisfechos por los trabajos que estos realizan, ya que les conseden una calidad dudosa, es decir un 50% de efectividad; pero aún siendo así, es la mejor opción para muchos talleres. La calidad dudosa en los trabajos, se puede atribuir a que los métodos de verificación de los talleres sigue siendo por exelencia "La lima", la cual no es una prueba garantizada.

2.7. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACION DE CAMPO.

- En el país se tienen una diversidad de marcas de aceros, debido a que las casas distribuidoras, importan sus productos de diferentes países.
- Los aceros comprados por las casas distribuidoras, no se les verifica conforme a Norma, simplemente se confía en la información que el fabricante de aceros proporciona.
- De toda la gama de aceros que existe en el mercado nacional, se pudo seleccionar a cinco aceros como los de mayor consumo en el país. Estos son los siguientes : 1020, 1045, 4340, 01 y 304, todos bajo la norma AISI.
- La mayoría de las casas distribuidoras, son la fuente , por lo general, de la información técnica con que cuentan los consumidores de acero, por lo que hay responsabilidad de estas en proporcionar y verificar que la información suministrada sea fidedigna.
- Casi todos los talleres de metal-mecánica hacen uso de los tratamientos térmicos, realizándolos por lo general, en una forma incorrecta. No cuentan con el equipo y las instalaciones adecuadas para este fin. La formación del personal que trabaja en esta área de los tratamientos térmicos, es completamente empírico.

- Tanto los distribuidores de acero como los talleres de metal-mecánica, aceptan haber tenido reclamos; pero estos se los atribuyen mutuamente. tanto las fallas de tratamiento, como el de la selección del metal a tratar. Este desacuerdo podría ser superado, si existiera alguna institución que arbitrara en este tipo de situaciones, emitiendo dictámenes basados en pruebas y estudios de carácter técnico-científico.

CAPITULO III

INVESTIGACION

EXPERIMENTAL

INVESTIGACION EXPERIMENTAL.

3.0 Generalidades.

Para lograr los objetivos planteados, se procede a adquirir muestras de aceros en el mercado nacional, de aquellos que fueron seleccionados a partir de las investigaciones de campo. Los aceros seleccionados son los siguientes:

- a) Acero AISI 1020
- b) Acero AISI 1045
- c) Acero AISI 4340
- d) Acero AISI 304
- e) Acero AISI 01

De cada uno de ellos se preparó un número adecuado de probetas para someterlas a diferentes tratamientos térmicos, los cuales fueron:

- 1) Temple
- 2) Revenido
- 3) Recocido
- 4) Normalizado

Ya que el objeto de estudio de este trabajo es el análisis de fallas en los tratamientos térmicos en los aceros, se procede a provocar las fallas en los tratamientos. La variable que se utilizó para provocarlas fue la temperatura. Las otras variables tales como medio enfriante, tiempo de calentamiento, etc. se establecieron según las especificaciones del fabricante.

De el número de probetas trabajadas, se incluyen fotografías donde se pueden observar las microestructuras presentes en cada una de ellas, así como también sus respectivos análisis metalográficos e interpretación de estos en el funcionamiento y comportamiento de el acero en condiciones de trabajo.

3.1. PLANIFICACION DE LOS RECURSOS A UTILIZAR.

En cuanto a materiales, para el buen desarrollo de las prácticas de laboratorio, se requirió:

A) Para preparación de las muestras:

- Alcohol de 90°.
- No menos de 5 tipos de acero (en barras de sección circular).
- Plástico para Embutir (Resina Fenólica).
- Lija de agua en pliegos y con diferente grado de abrasión.
- Alumina para pulido de espejo.
- Papel absorbente para secado de piezas.
- Paños para pulido de espejo.
- Algodón para la aplicación de reactivos.
- Reactivos químicos para tratar las muestras.
- Aceite SAE 30 ó SAE 40 para proteger y preservar muestras.
- Jabón líquido para lavado de muestras.
- Material Fotográfico.

B) El Equipo de Laboratorio Metalográfico:

- Máquina Cortadora de Muestras.

- Máquina Embutidora.
- Pulidora para disco de lija.
- Pulidora automática.
- Microscópio Metalográfico.
- Cámara Fotográfica para Microscópio Metalográfico.
- Equipo para pruebas de Microdurezas.
- Equipo para pruebas de Macro durezas.

C) El equipo de Laboratorio para Tratamientos Térmicos:

- Horno para Tratamientos Térmicos (Tmax. de 1200 °C.)
- Horno para Tratamientos Térmicos (Tmax. de 800 °C.)
- Tenazas de Hornero.
- Guantes Protectores de Calor.
- Delantal Protector de Calor.
- Líquidos Refrigerantes para tratamientos térmicos (Salmuera, Agua, Aceite, Agua con Cal.)

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES.

3.2.1 Preparación de Probetas.

Los aceros utilizados para efectuar las diferentes pruebas, se tomaron de barras de sección circular de diferentes diámetros. Las muestras fueron cortadas a un espesor variable entre 5 a 6 mm. en una máquina cortadora de disco abrasivo hecha para este propósito,

y enfriada la pieza por medio de taladrina (Aceite mineral soluble y agua). El objeto de utilizar espesores reducidos fué para lograr que la diferencia de temperatura en cada punto de la pieza fuese la mínima. La máquina utilizada para este fin se muestra en la fotografía 3.1.

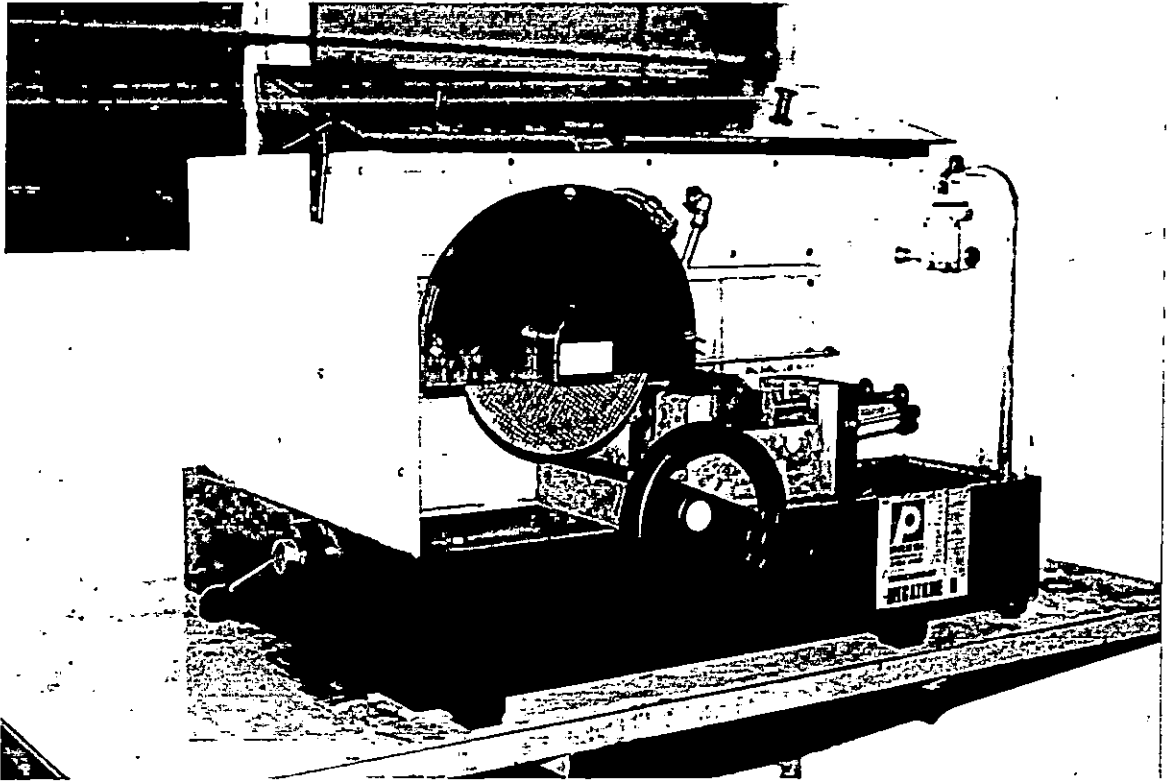
Se cortaron un total de 12 probetas por cada acero, contabilizandose 60 probetas a analizar, de las cuales se utilizaran 3 por cada tratamiento en cada uno de los aceros.

3.2.2. Señalización de las Probetas.

La señalización de las probetas se hizo utilizando tres caracteres, los cuales identifican el tipo de acero, la temperatura aplicada a la muestra y el tratamiento térmico. Estos tres caracteres, inicialmente fueron grabados en cada una de las probetas mediante punzones y grabadores para metal, con el objeto de tener un control de éstas, y así evitar un posible error en la identificación.

El tipo de acero es clasificado mediante números, de la siguiente manera:

- 1 = Acero AISI 1020
- 2 = Acero AISI 304
- 3 = Acero AISI 01
- 4 = Acero AISI 1045
- 5 = Acero AISI 4340



fotografía 3.1. Máquina cortadora de muestras para pruebas metalográficas. El corte lo efectúa con disco abrasivo, y es enfriada con refrigerante para evitar elevación de temperatura y un posible cambio estructural en la pieza.

El carácter para la temperatura es una línea, la cual se coloca sobre ó bajo el número que identifica el acero, interpretandose de la siguiente forma :

- Línea sobre el número : la temperatura ha sido elevada sobre la temperatura óptima para su respectivo tratamiento térmico.
- Línea bajo el número : la temperatura a la cual se sometió la muestra, es inferior a la temperatura óptima para realizar el tratamiento térmico.

- Muestra sin línea : la temperatura que se aplicó a la muestra es la óptima para realizar el respectivo tratamiento térmico

La forma para identificar el tratamiento térmico es por medio de puntos, los cuales se interpretan de la siguiente forma :

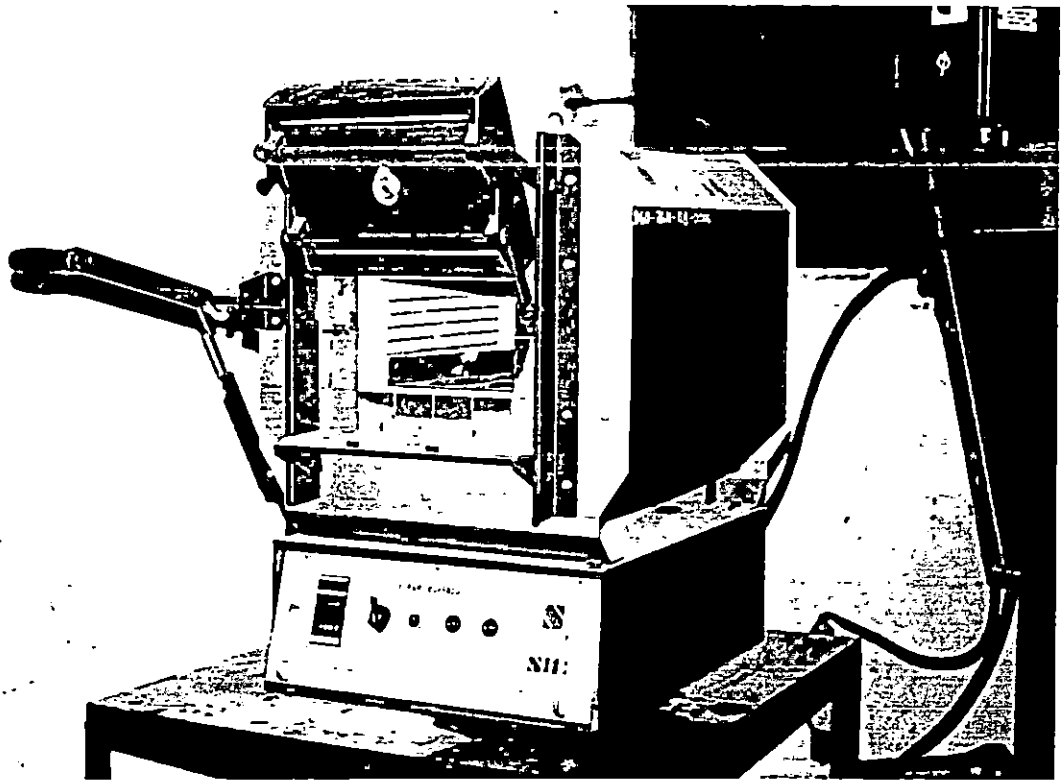
- Un punto = Temple
- Dos puntos = Revenido
- Tres puntos = Recocido
- Cuatro puntos = Normalizado

3.2.3 Tratamientos Térmicos.

Todos los tratamientos térmicos fueron efectuados en un horno eléctrico de cámara abierta, con control digital de temperatura. Esto permite una mayor exactitud en la lectura y la posibilidad de un control más exacto de la variación de esta (ver fotografía 3.2. a. y b.)

Para cada uno de los tratamientos efectuados, se seleccionaron tres diferentes temperaturas (Superior, Óptima, Inferior); la temperatura Óptima se seleccionó tomando la media aritmética del rango de temperaturas recomendado por el fabricante.

La temperatura Superior se estableció aumentando la temperatura 150°C. sobre la óptima y la temperatura Inferior se obtuvo disminuyendo 150°C. del valor de la temperatura óptima; este procedimiento se aplicó a todos los aceros y para todos los tratamientos térmicos.

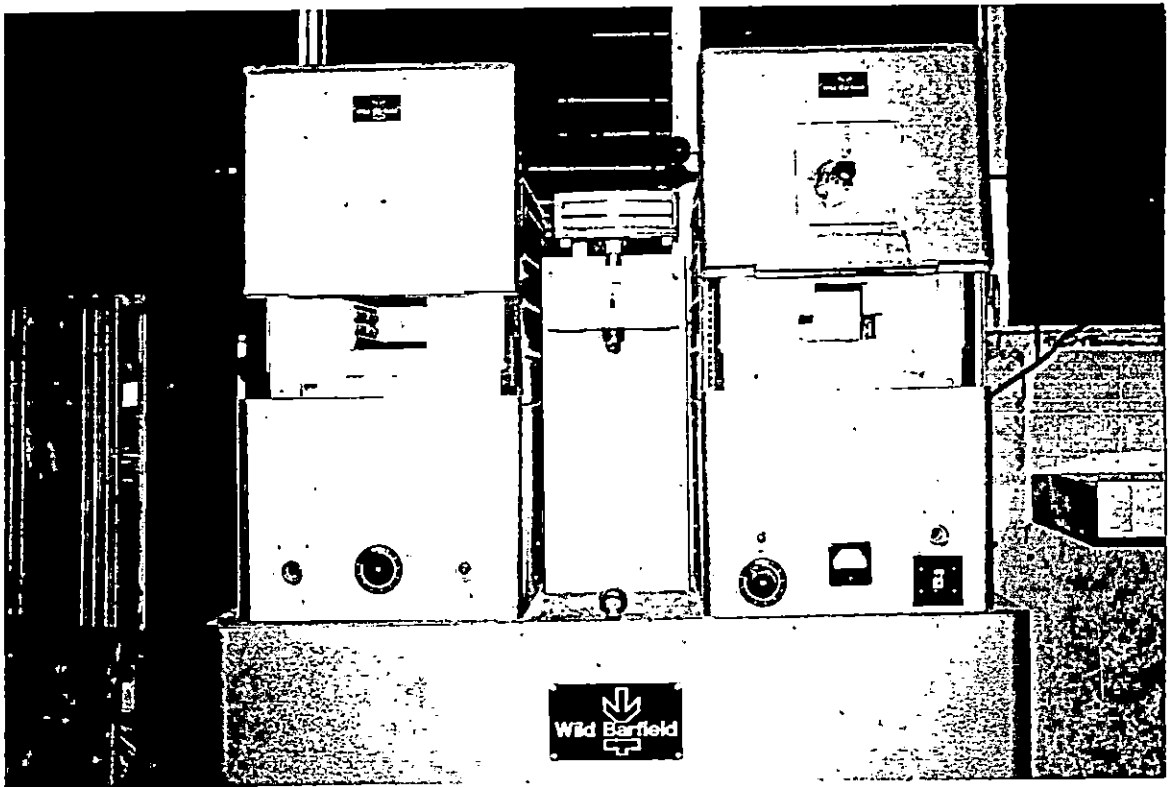


fotografía 3.2. a) Horno eléctrico para tratamientos térmicos, con sistema de cámara abierta y control digital de temperatura, proporcionando mayor exactitud en la temperatura de tratamiento.

La razón por la cual se establecieron las temperaturas superior e inferior 150°C . arriba y abajo del valor óptimo, fué para poder visualizar el cambio en la estructura de los aceros cuando la temperatura de tratamiento es sensiblemente alta ó sensiblemente baja a la temperatura recomendada por el fabricante.

Las probetas se mantuvieron a estas temperaturas durante periodos de tiempo adecuados, con la finalidad de que las estructuras y temperaturas fuesen homogéneas en cada una de ellas,

para luego proceder a enfriarlas en un medio adecuado. Los periodos de tiempo en el calentamiento y mantenimiento de la temperatura fueron relativamente cortos. Esto se hizo tomando en cuenta que, el tamaño de las probetas es bastante pequeño, consiguiendose con dichos tiempos, que la temperatura fuera uniforme através de toda su masa.



fotografia 3.2. b) Hornos eléctricos gemelos para temple y revenido, con sistema de cámara abierta y control analógico de temperatura independiente, para cada una de las cámaras.

El tiempo de preparación del horno se define en los pasos siguientes:

- Tiempo de calentamiento a 50°C. para liberar humedad	: 24 horas
- Tiempo de estabilización a 100°C. terminando de secar	: 12 horas
- Elevación gradual de temperatura hasta 300°C.	: 2 horas
- Elevación gradual de temperatura hasta 600°C.	: 1 horas
- Tiempo aproximado hasta la temperatura deseada	: 1/2 horas
	<hr/>
TOTAL	39.5 horas

3.2.4 Operaciones Previas al Ensayo Metalográfico.

3.2.4.1 Embutido de Probetas.

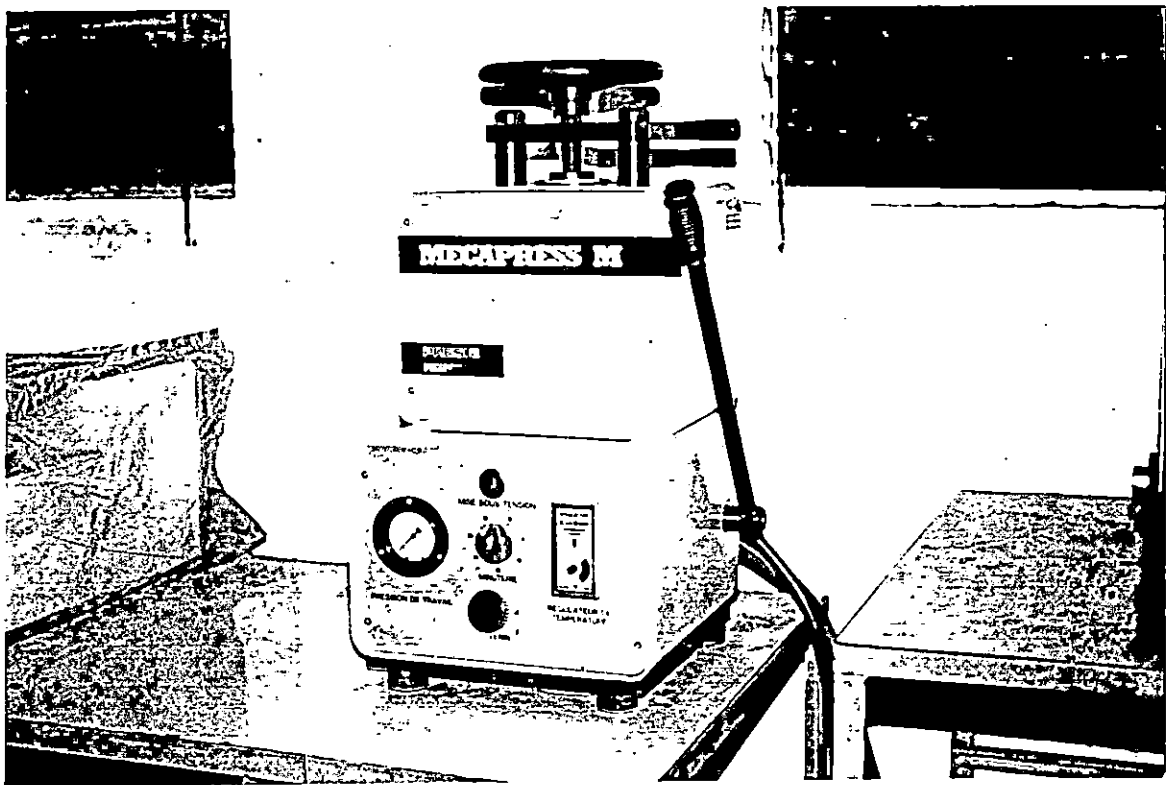
Después de haber realizado todos los tratamientos térmicos en las diferentes probetas, se procede al embutido de estas. Con este propósito se ha utilizado un termoplástico en sustitución de la resina fenólica, obteniéndose buenos resultados además de un buen acabado de la probeta. Este proceso se realiza con una máquina embutidora, consistente en un cilindro de diametro definido y un émbolo que juega dentro de éste, comprimiendo a altas presiones la resina plástica junto con la probeta a embutir, calentando además el material por medio de una resistencia eléctrica a temperaturas superiores a los 180°C. y enfriandolo luego con agua a temperatura ambiente después de un tiempo prefijado mediante un timer instalado en el aparato (ver fotografía 3.3.).

El objetivo de embutir las probetas, es el de facilitar el manipuleo tanto en el lijado, como en el pulido de ésta.

3.2.4.2 Lijado de Probetas.

Una vez terminado el proceso de embutido, se procede al lijado

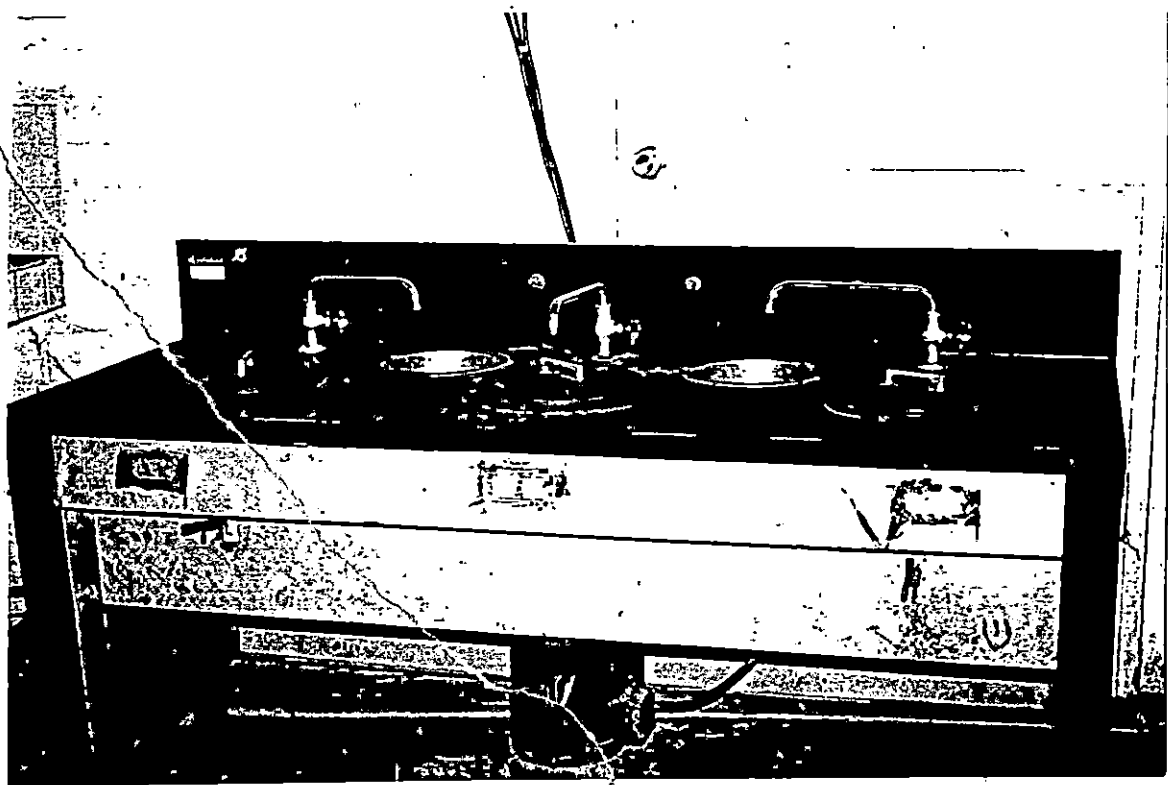
de cada una de las probetas, utilizando para ello pliegos de lija de distintos tamaños de grano: 100, 220, 320, 400, 600 y 1200, los cuales son cortados y colocados en discos metálicos que giran a altas revoluciones en una mesa de lijado y sobre los cuales se procede al desbaste y lijado gradual de cada una de las probetas, aplicando un chorro abundante de agua sobre ésta y el disco de lija, para que sea más efectiva la operación. El resultado final debe de ser un acabado de espejo, libre de rayaduras e irregularidades. La mesa de lijado con todos sus componentes puede apreciarse en la fotografía 3.4.



fotografía 3.3. Máquina embutidora de probetas. La palanca proporciona la presión adecuada al cilindro, y es controlada mediante el manómetro de la izquierda; la temperatura es fijada mediante el control del recuadro de la derecha y el control de tiempo ó timer, se encuentra al centro de la máquina y está graduado en minutos.

3.2.4.3 Pulido de las Probetas.

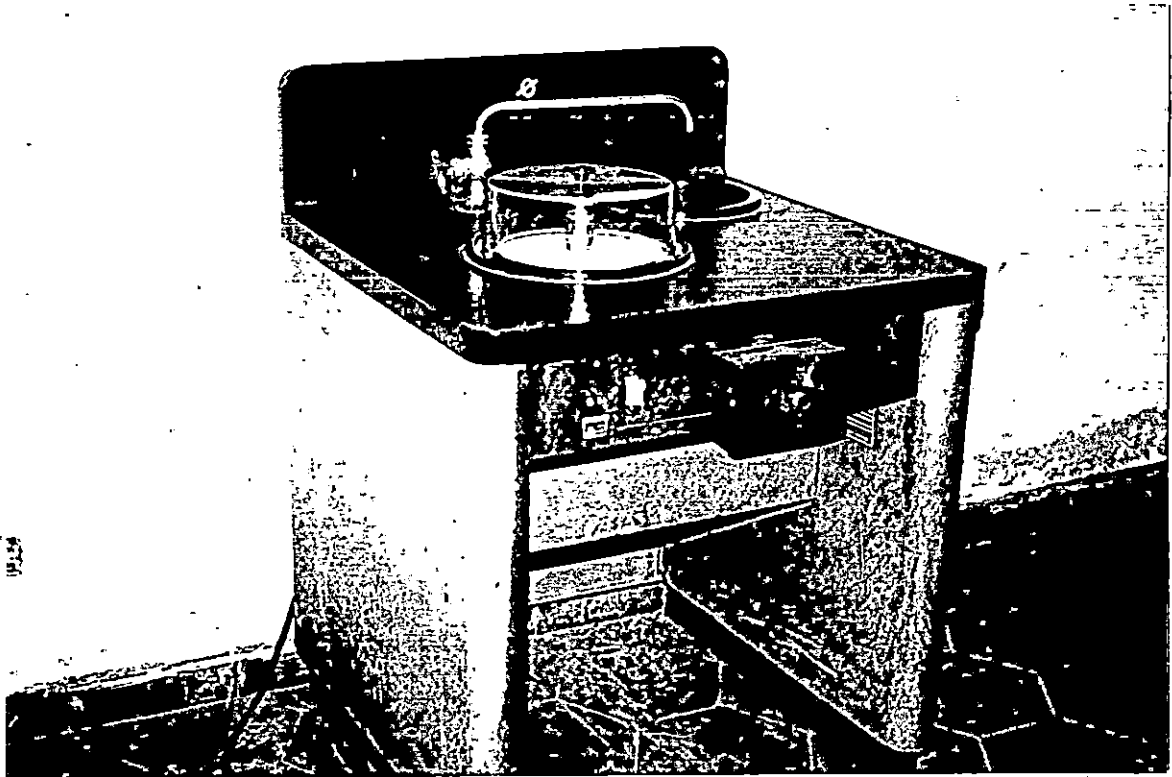
Al finalizar el proceso de lijado, todas las probetas pasan a la etapa final de pulido, Este se realiza en una vibradora a alta revolución, a la que se le adiciona como elemento abrasivo, alumina en polvo y agua destilada, formando una pasta sobre la que se colonan las probetas, llevando empernada en cada una, un contrapeso. Con esto se logra ejercer la fuerza necesaria sobre la pieza para obtener un mejor acabado en el pulido. (ver fotografía 3.5.)



fotografía 3.4. Mesa de lijado de muestras. Está provista de tres discos para colocar papel abrasivo. Estos giran a alta revolución y son bañados con agua para mejorar el efecto de lijado.

3.2.5 Ataque Químico.

Antes de comenzar a observar cada una de las muestras, es necesario, después del pulido ó acabado de espejo, que se proceda a atacarlas químicamente. Todo esto se hace con la intención de que se puedan diferenciar ópticamente, las distintas microestructuras, ya que los reactivos químicos atacan en mayor ó menor grado, a cada una de las componentes del acero, dependiendo esto de la dureza de estas.

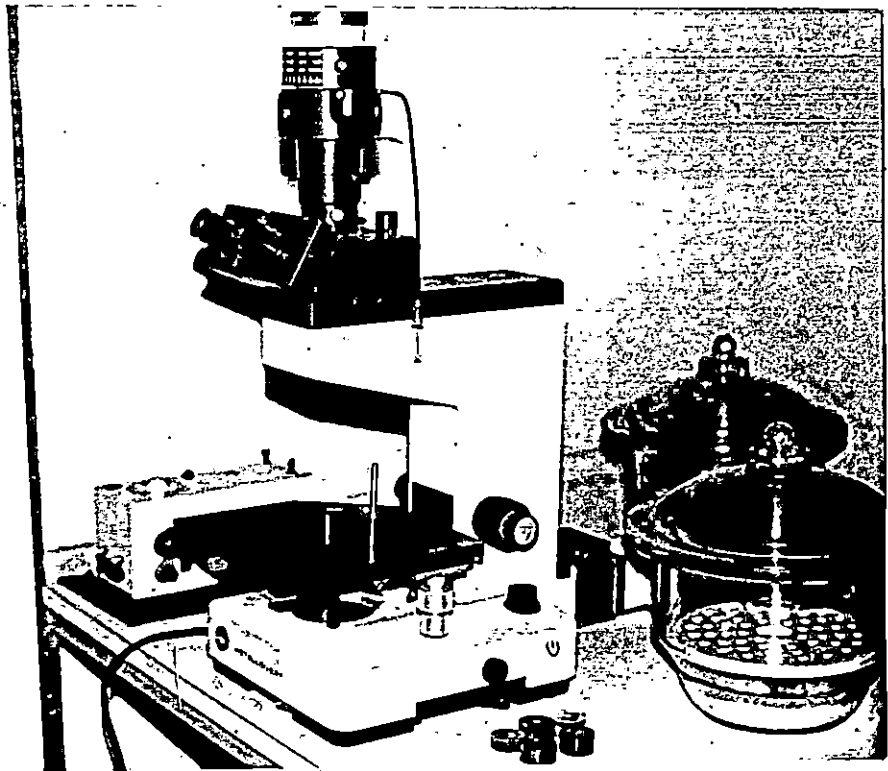


fotografía 3.5. Mesa de vibrado para pulido final ó de espejo. En el depósito se vierte Alumina y Agua para crear una masa pastosa y abrasiva. Las piezas se colocan en el depósito, cada una con un contrapeso para ejercer mayor presión sobre la pasta. El control de encendido y vibrado se encuentra en el panel frontal de la mesa.

Los reactivos utilizados son:

- Para los aceros al carbono se utilizó Nital al 2% de concentración. Este es un compuesto de Acido Nítrico en proporción de un 2%, diluido en Alcohol, que compone el 98% restante.
- Para aceros inoxidable, utilizamos un preparado de Cloruro Férrico en cantidad de 5 gr. adicionado a 50 ml. de Acido Clorhídrico, todo esto diluido en 100 ml. de Agua.

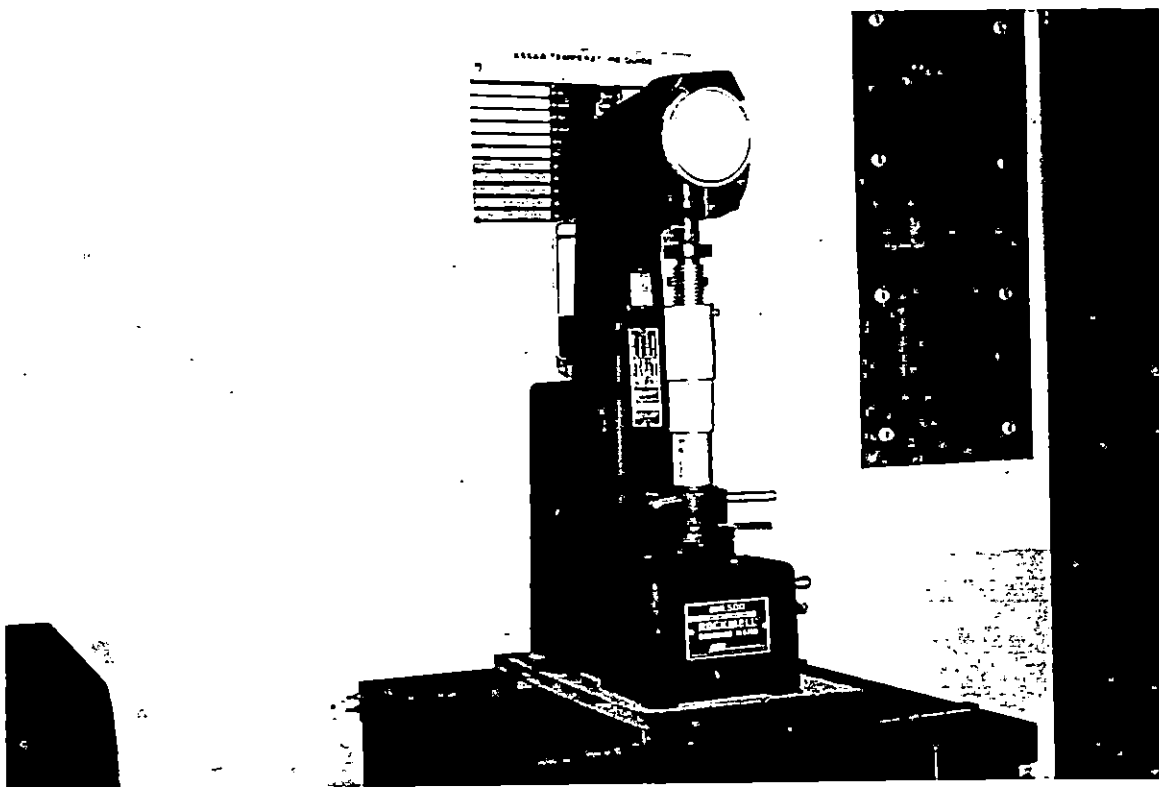
El ataque, una vez terminado, nos permite visualizar las diferentes estructuras por medio de un microscópio especial (Microscópio Metalográfico), con el cual se procedió a observar y a fotografiar a cada una de las muestras (ver fotografía 3.6.).



fotografía 3.6. Microscópio metalográfico, utilizado para la observación de probetas, para el fotografiado de éstas, así como también para pruebas de indentación para microdurezas.

3.2.6 Prueba de Dureza Rockwell.

Para poder deducir la efectividad de el tratamiento aplicado, es necesario conocer la dureza que este adquirió. El método standar de prueba de macrodureza es el Rockwell (fotografía 3.7.). Este aparato está provisto de indentadores tanto de diamante como de bola. Las escalas permitibles de comparación de dureza son las A, B y la C. Para no enfrascarse a utilizar todas las escalas para las pruebas, se utilizó la más alta y la más baja, o sea, la escala A y la C.



fotografía 3.7. Durometro ó indentador Rockwell, para pruebas de dureza en las escalas A, B y C. El valor de dureza puede leerse en el dial después de realizarse la indentación.

El proceso de indentación es sencillo: Se coloca la pieza preparada en un soporte adecuado. Se selecciona el indentador según la escala de dureza a medir. Se coloca una precarga, la que dependerá su valor de lo especificado por la máquina, según la escala a utilizar. Se hace llegar la pieza hasta el indentador girando el tornillo sobre el que se encuentra montada, y bajo la presión de la pieza, se hace llegar la escala seleccionada en el dial a su punto cero, quedando de esta forma aplicada la precarga. Por medio de una palanca colocada a la derecha del aparato se aplica la carga a la pieza, dándole un giro suave a la manivela. Después de varios segundos, la carga total es aplicada y se procede a regresar lentamente la palanca a su punto original. Solo entonces, la escala seleccionada en el dial, nos dará el valor de la dureza que se desea establecer.

FOTOGRAFICO

ALBUM

CAPITULO IV

ACERO AISI 1020

MATERIAL SAE/AISI 1020

Tipo de Aleación y Normas.

Aleación: C 0.20%, Si 0.05% y Mn 0.60%

Normas : SAE/AISI 1020

DIN. C22

Cualidades y Usos.

Cualidades:

Es un acero de bajo contenido de Carbono, no aleado, tiene buena tenacidad y una mediana resistencia a la tracción, por lo cual, se usan solamente para ejes de transmisión de fuerza (Eje de transmisión) en los cuales los esfuerzos son normales.

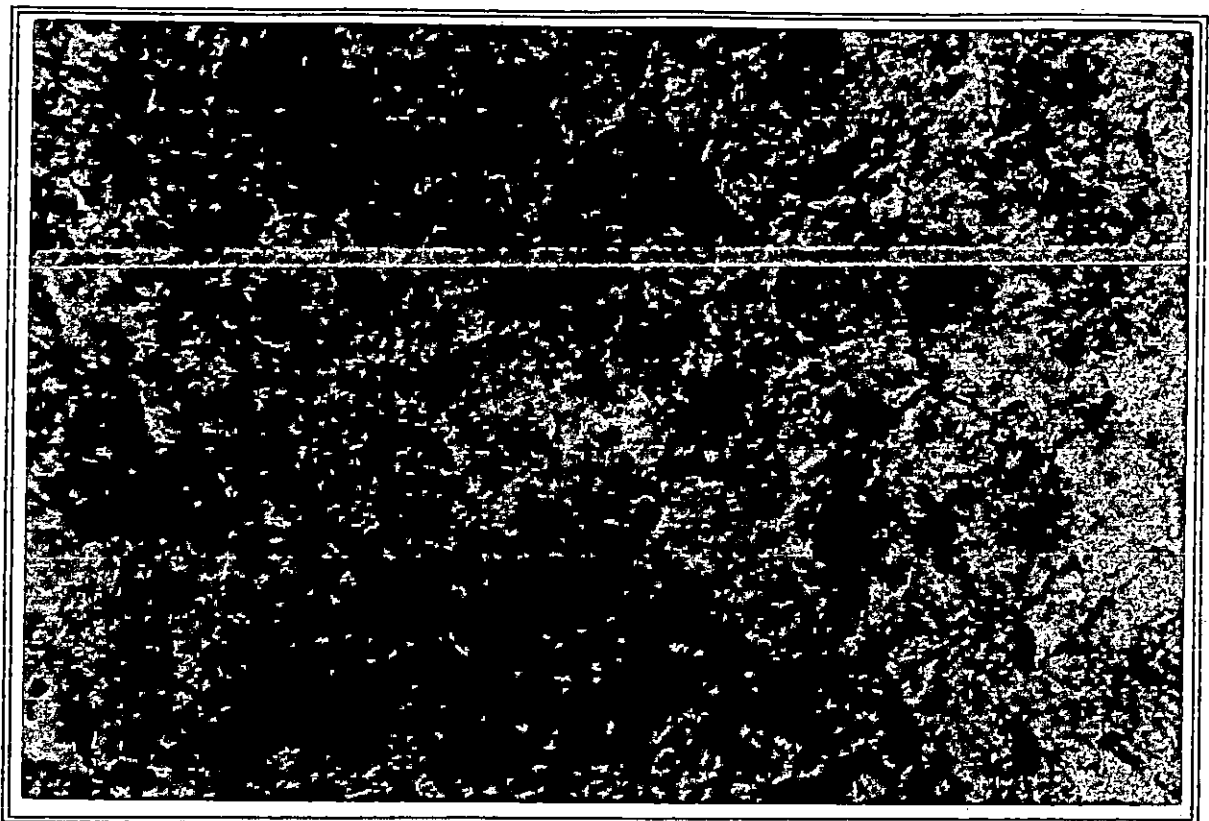
Sus características principales son:

- Exactitud en las medidas
- Puede cementarse si se desea
- Acabado brillante
- Buena tenacidad

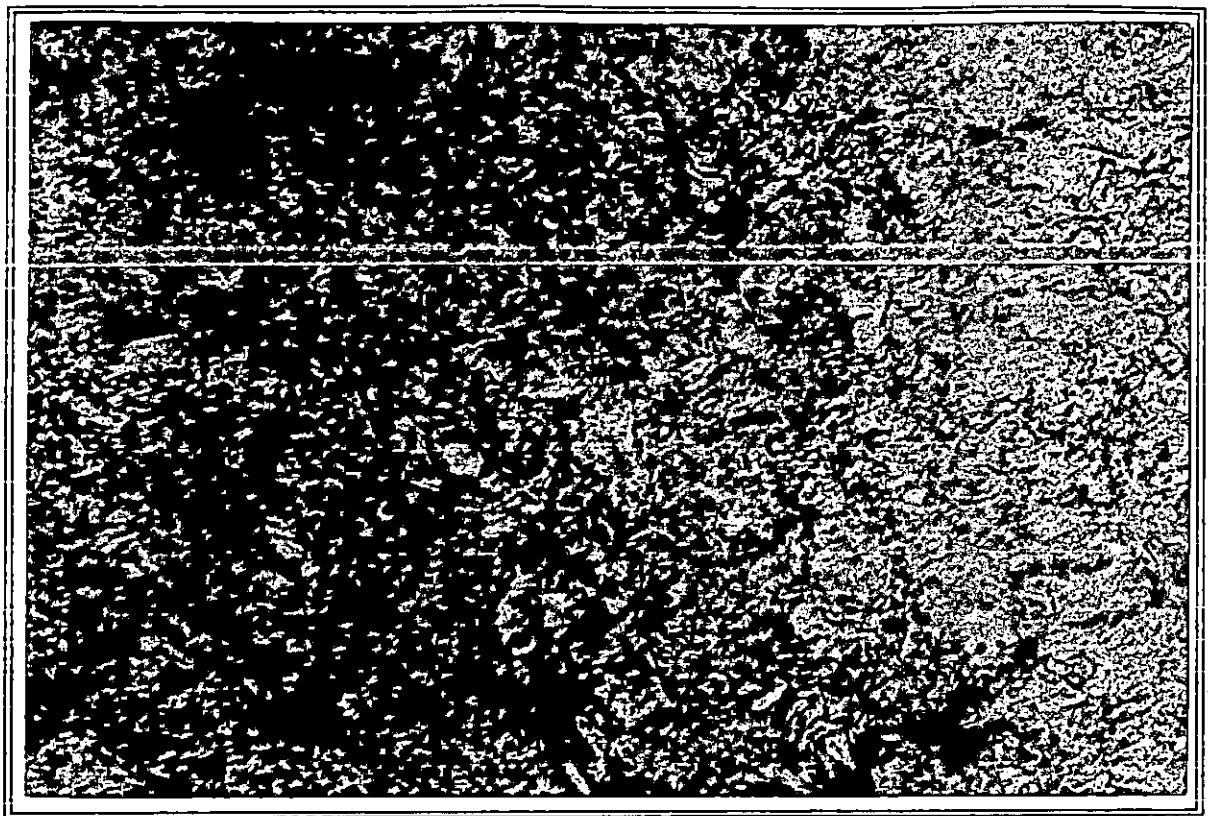
Usos:

Es utilizado en una gran variedad de aplicaciones dentro de la construcción de maquinaria, siendo apropiado para:

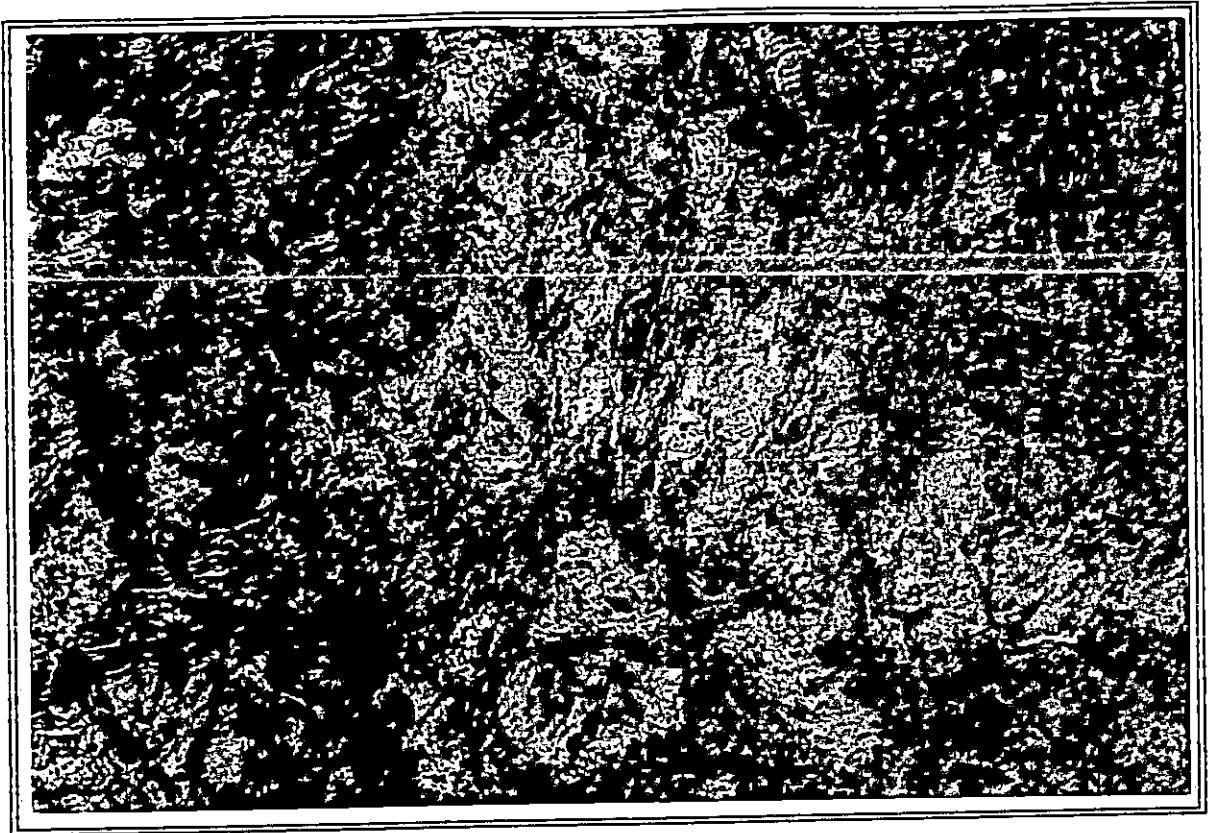
- Ejes en general donde la resistencia a la tracción no es muy elevada.
- Para partes de construcción de maquinaria.
- Troquelera, en bastidores, pines, pasadores.
- Pines de sujeción, etc.



Acero	: AISI 1020
Composición	: C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20, P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 680 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 870 - 910 °C
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 49.1 RA (146 BHN)
Dureza Esperada	: 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes	: Perlita fina y Ferrita



Acero : AISI 1020
Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 830 °C.
Rango teórico de Temperatura : 870 - 910 °C
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 50.1 RA (149 BHN)
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes : Perlita fina y Ferrita

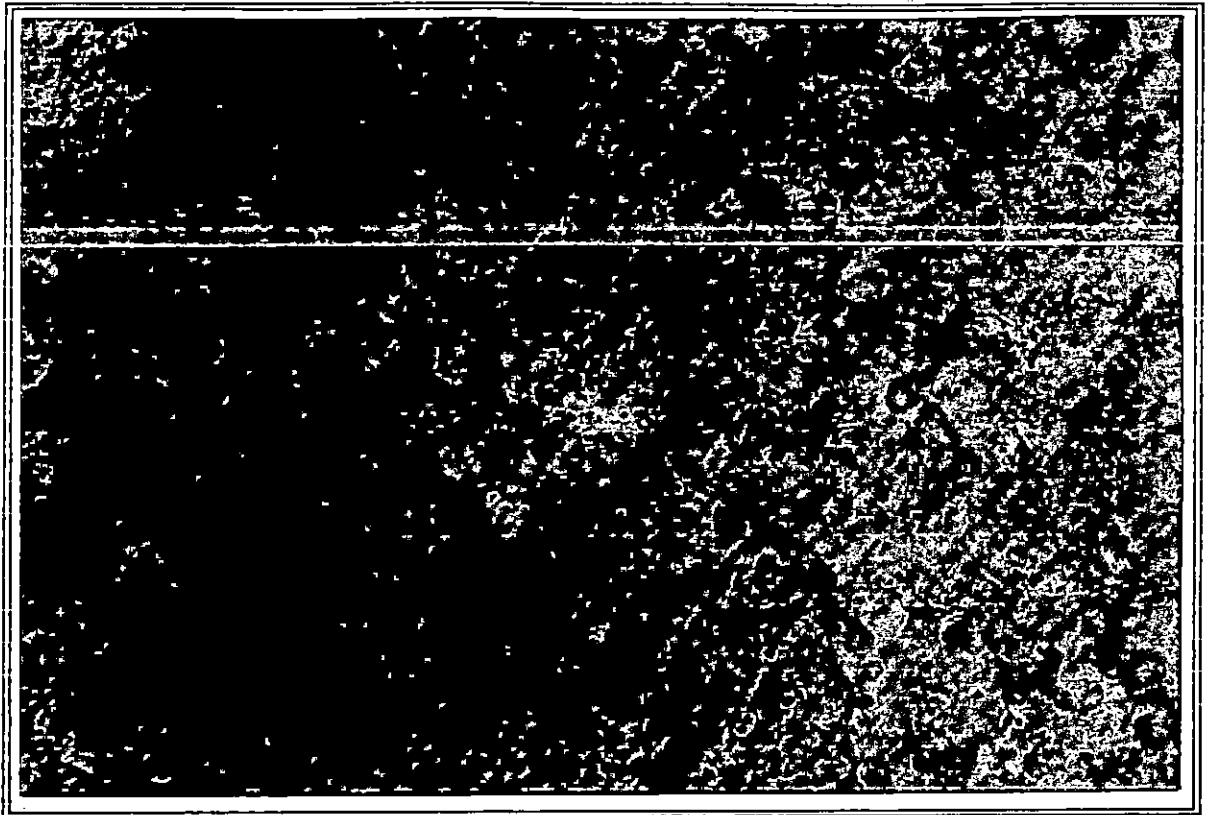


Acero	: AISI 1020
Composición	: C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20, P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 980 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 870 - 910 °C
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 57.5 RA (197 BHN)
Dureza Esperada	: 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes	: Perlita fina, Perlita laminar y Ferrita.

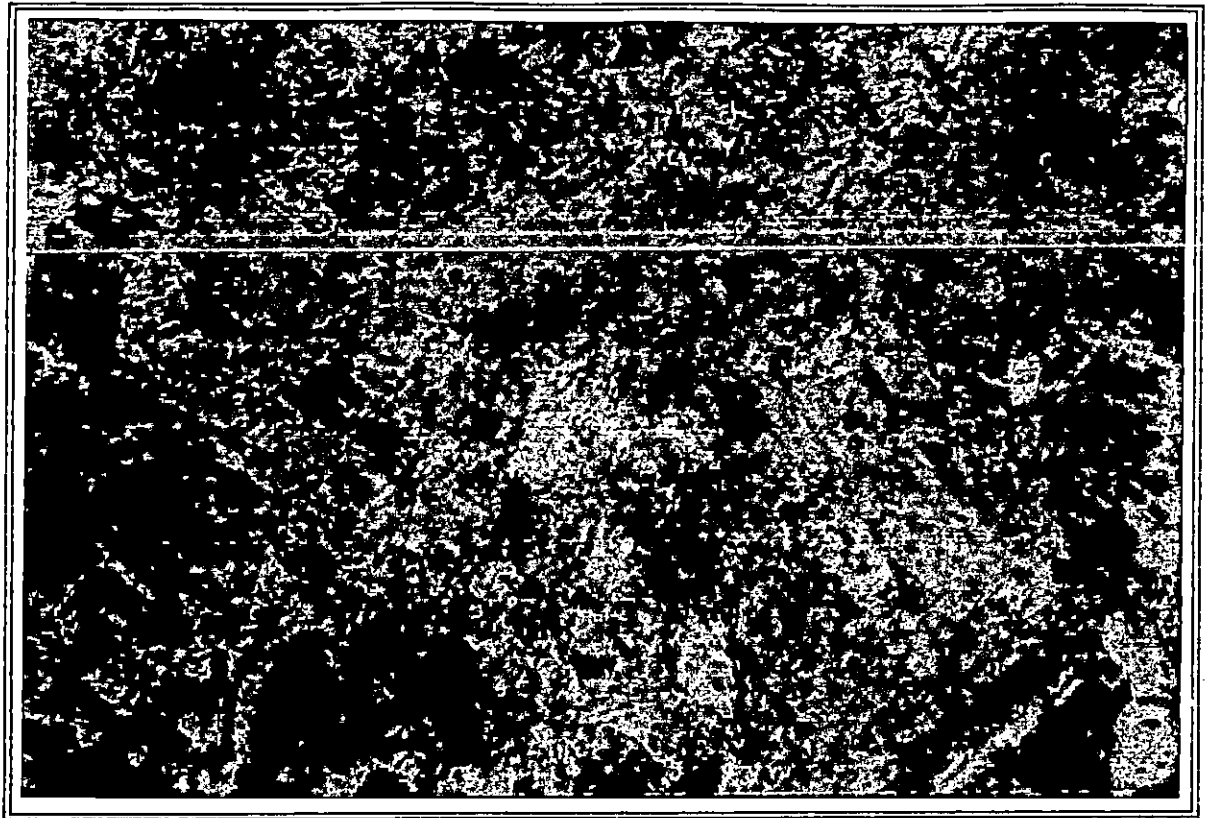
CONCLUSIONES

Acero AISI 1020. TEMPLE:

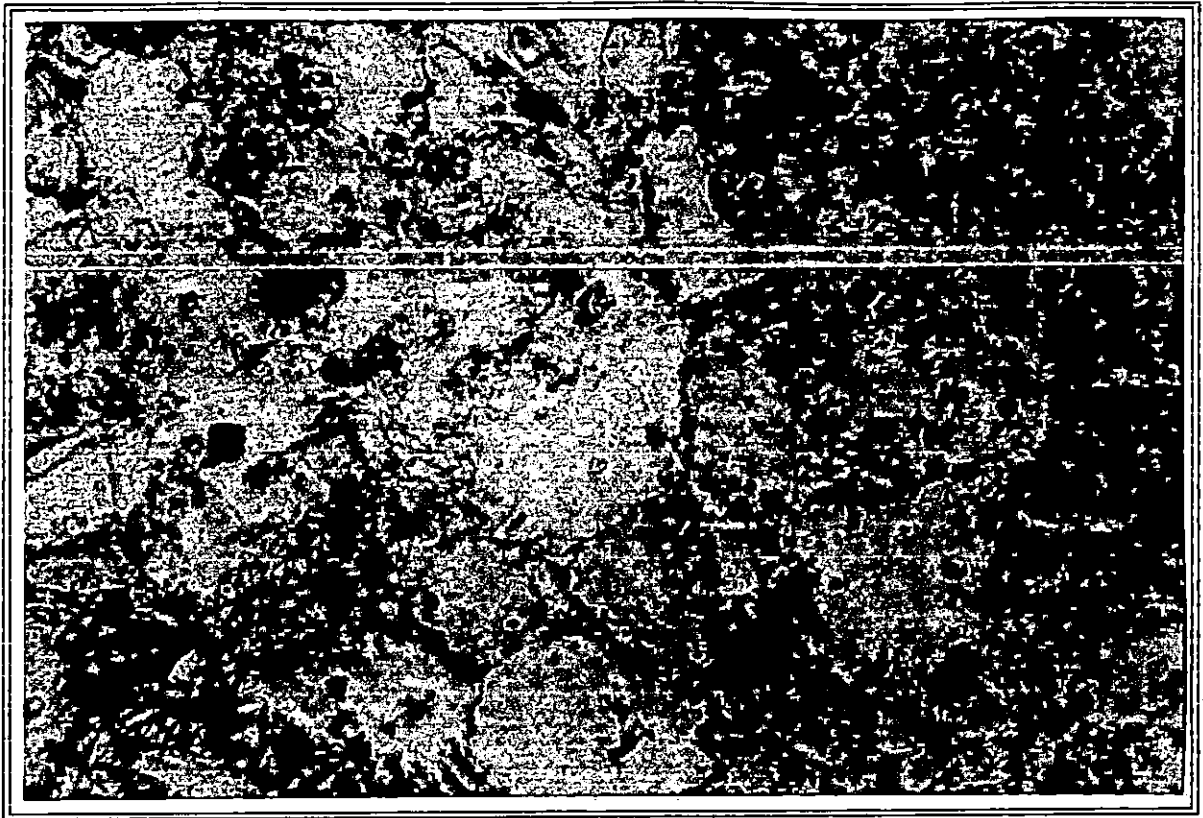
Al observar las tres muestras y compararielas, observamos que al efectuar el temple a baja temperatura, por no haber superado la temperatura critica inferior, no se dió ningun cambio en la microestructura (Ferrita y Perlita) en el estado de entrega. Para el caso del temple a media temperatura, el valor critico inferior si se alcanzó, pero la transformación no se completó, pues no se sobrepasó la temperatura critica superior, dando como resultado la obtención de ferrita en grandes cantidades, así como perlita, muy similares a las obtenidas al efectuar el temple a baja temperatura. En el caso del temple a alta temperatura, se pudo obtener una mayor cantidad de perlita, esto fué posible ya que se supero los rangos donde el Carbono tiene mayor solubilidad en la Austenita, y al enfriarlo rápidamente se pudo conservar hasta la temperatura ambiente dicha concentración, aumentando de esta forma el porcentaje de perlita. En este último caso, la dureza del material aumentó, pero no lo suficiente como sucede en los aceros templables, por lo que el acero 1020 no es conveniente someterlo a proceso de temple, pues sus características mecánicas no son significativamente cambiables, ya que su microestructura no se modifica sensiblemente al ser calentada ó templada.



Acero : AISI 1020
Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 350°C.
Rango teórico de Temperatura : 100 - 600 °C
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 52.0 RA (159 BHN)
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes : Perlita fina y Ferrita



Acero : AISI 1020
Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 500 °C.
Rango teórico de Temperatura : 100 - 600 °C
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 51.6 RA (156 BHN)
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes : Perlita gruesa y Ferrita



Acero : AISI 1020

Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.

Tratamiento Térmico : REVENIDO

Temperatura : 650 °C.

Rango teórico de Temperatura : 100 - 600 °C

Medio Enfriante : AL AIRE

Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 53.0 RA (163 BHN)

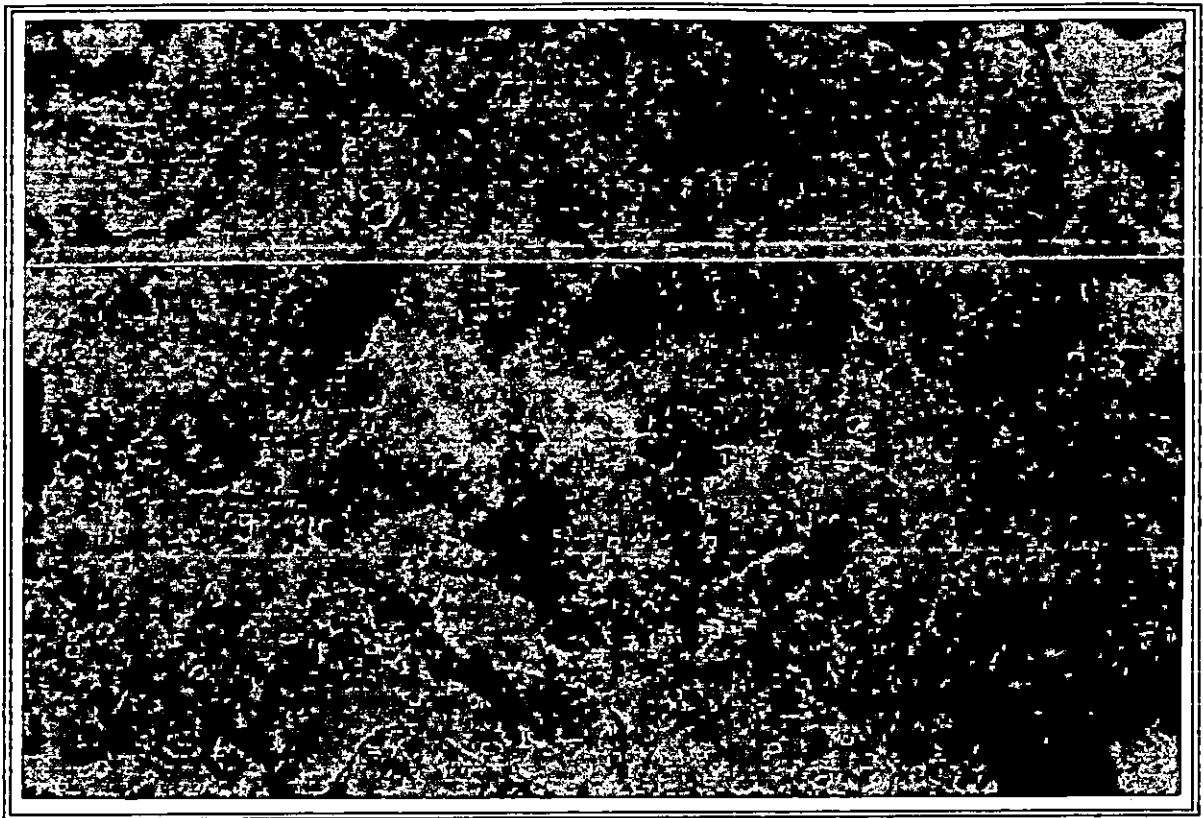
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN

Microestructuras Presentes : Perlita fina y Ferrita

CONCLUSIONES

Acero AISI 1020. REVENIDO:

Si se analizan las tres muestras del acero 1020, en todas se apreciará la misma microestructura, es decir, Ferrita y Perlita, con la única diferencia de que al efectuar el revenido a alta temperatura, se produjo un crecimiento de grano, por lo que para revenir un acero 1020, es más conveniente realizarlo a baja temperatura, pues resulta más económico y se elimina la posibilidad de que el grano crezca y evitar por tanto, que aumente la fragilidad de el material, ya que esto es característico cuando crecen los granos.



Acero : AISI 1020

Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.

Tratamiento Térmico : RECOCIDO

Temperatura : 560 °C.

Rango teórico de Temperatura : 540 - 730 °C

Medio Enfriante : AL HORNO

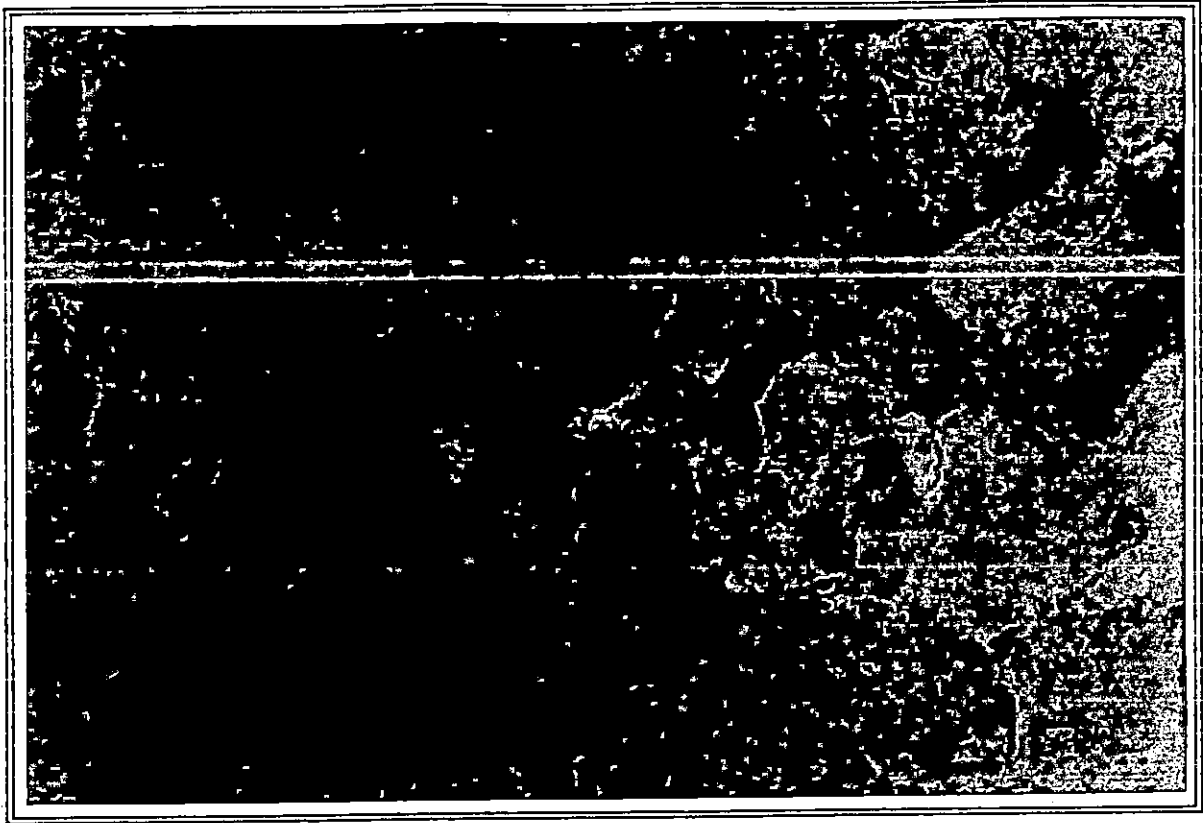
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.

Aumento : 500 X

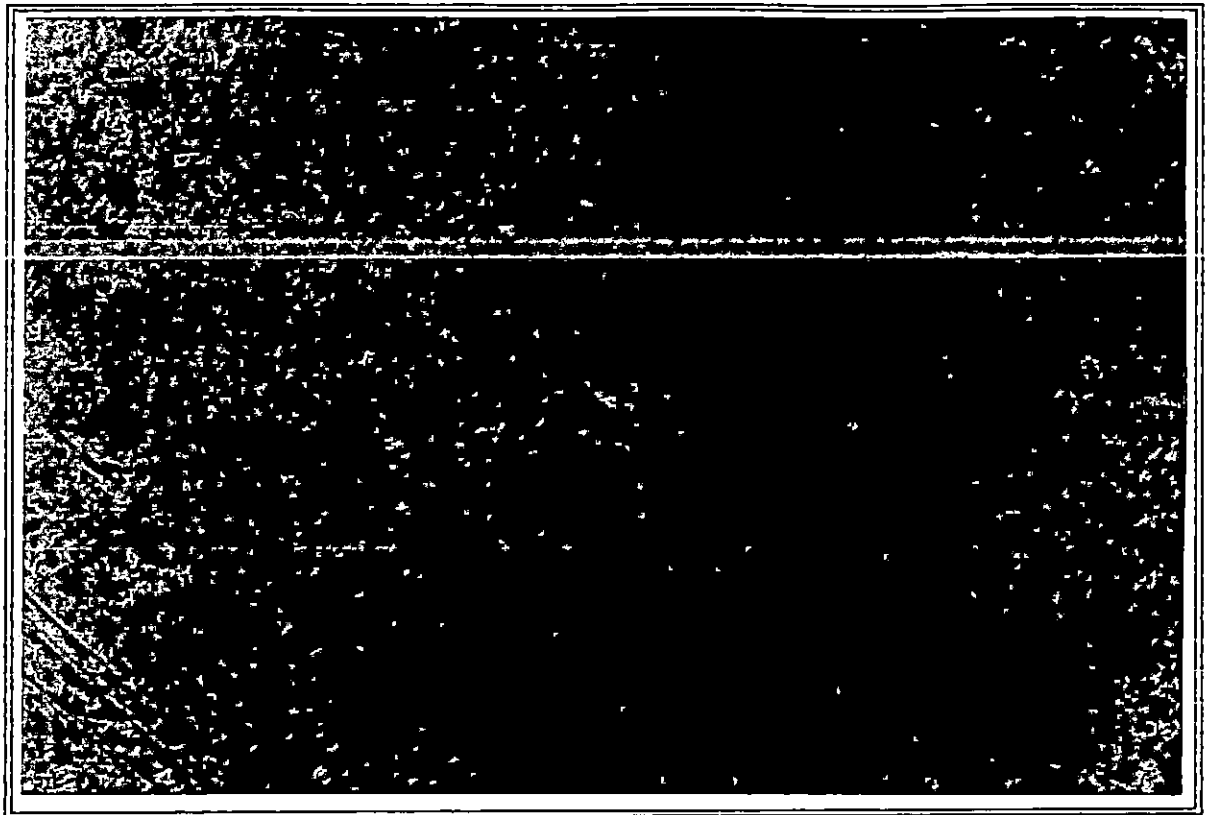
Dureza Obtenida : 39.2 RA (103 BHN)

Dureza Esperada : 100 - 140 BHN

Microestructuras Presentes : Perlita fina y Ferrita



Acero : AISI 1020
Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico : RECOCIDO
Temperatura : 710 °C.
Rango teórico de Temperatura : 540 - 730 °C
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 38.5 RA (100 BHN)
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes : Perlita fina y Ferrita



Acero : AISI 1020

Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.

Tratamiento Térmico : RECOCIDO

Temperatura : 860 °C.

Rango teórico de Temperatura : 540 - 730 °C

Medio Enfriante : AL HORNO

Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 32.9 RA (menos de 100 BHN)

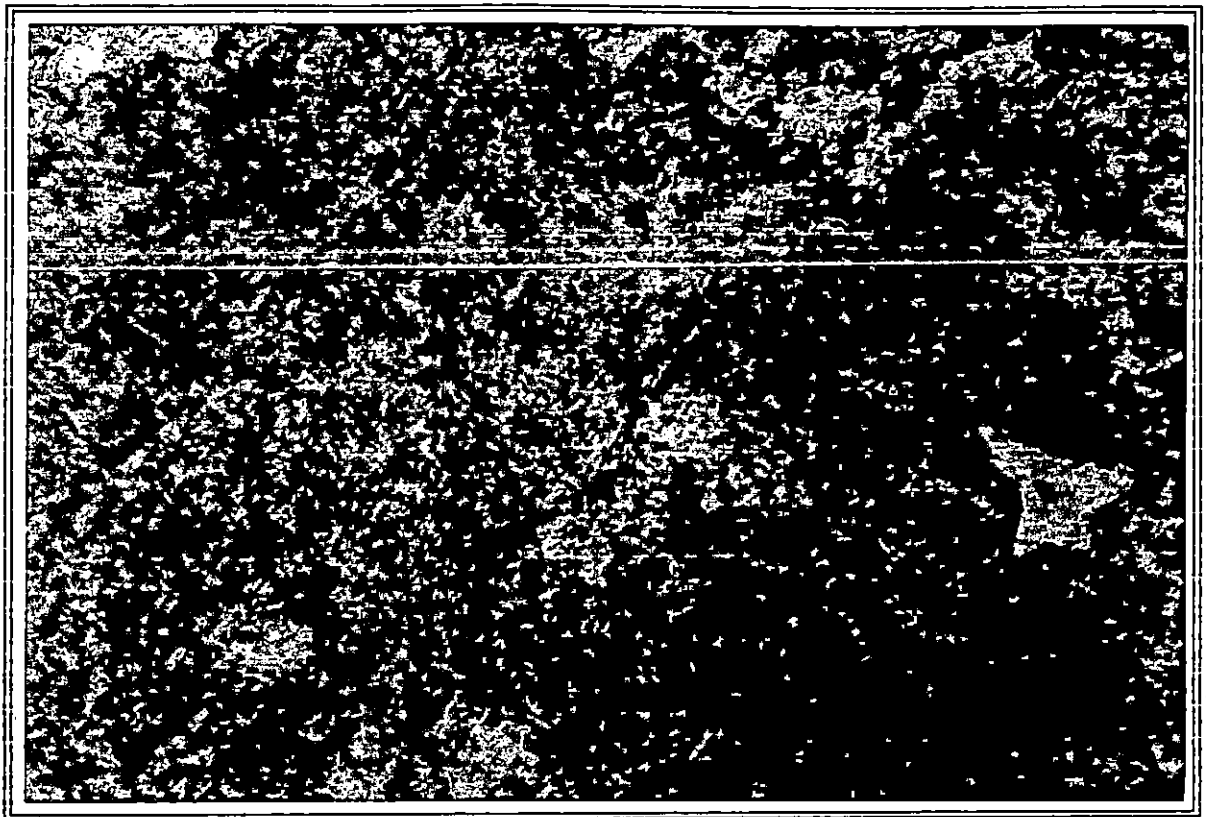
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN

Microestructuras Presentes : Perlita gruesa y Ferrita

CONCLUSIONES

Acero AISI 1020. RECOCIDO:

La microestructura presenta Ferrita en grandes proporciones, con Perlita en menor cantidad. Esta composición es común en las tres probetas, con la única diferencia de que para el recocido a alta temperatura, los granos han crecido notablemente, aumentando la fragilidad del material. Por lo anterior, no es recomendado aplicar un recocido completo al acero 1020, sino que basta aplicar un recocido comercialmente llamado: "Recocido para Alivio de Tensiones", el cual no supera la temperatura crítica inferior.



Acero : AISI 1020

Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.

Tratamiento Térmico : NORMALIZADO

Temperatura : 750 °C.

Rango teórico de Temperatura : 900 - 955 °C

Medio Enfriante : AL AIRE

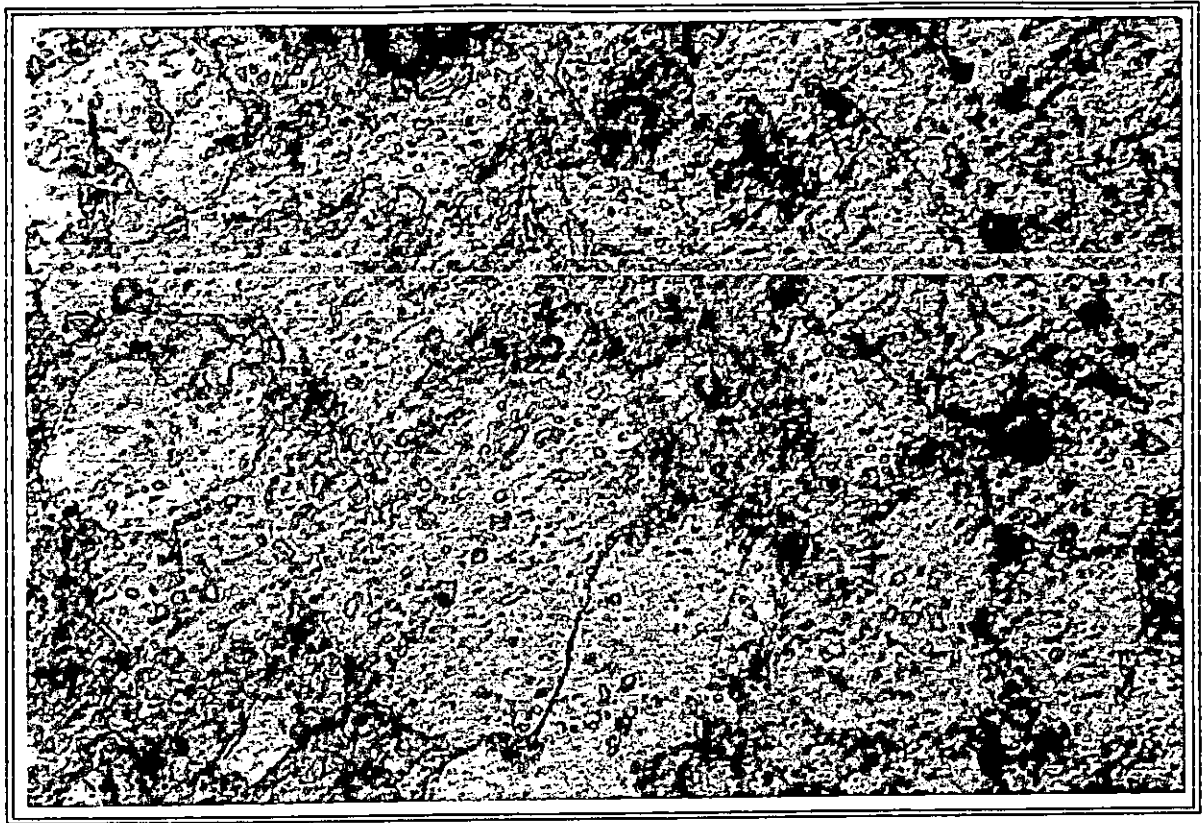
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 41.0 RA (111 BHN)

Dureza Esperada : 100 - 140 BHN

Microestructuras Presentes : Perlita gruesa y Ferrita



Acero : AISI 1020

Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.

Tratamiento Térmico : NORMALIZADO

Temperatura : 900 °C.

Rango teórico de Temperatura : 900 - 955 °C

Medio Enfriante : AL AIRE

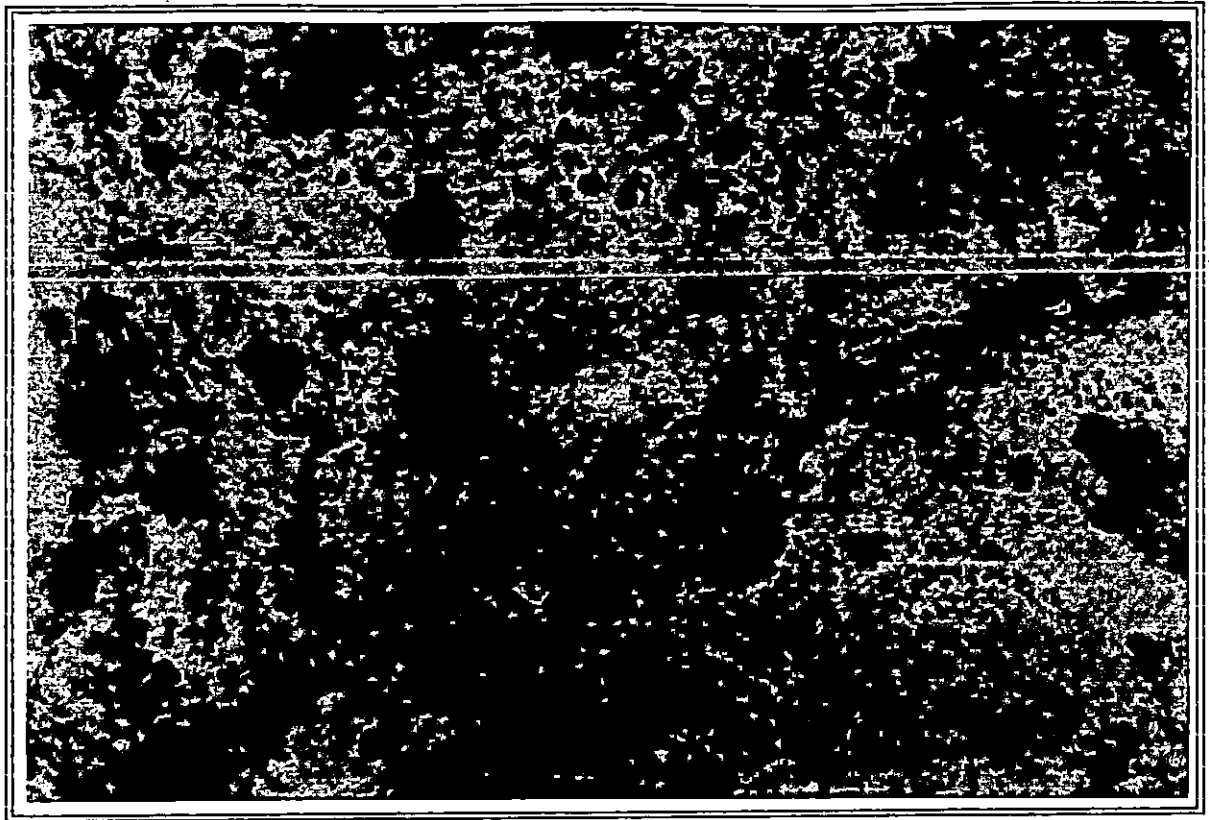
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 37.0 RA (menos de 100 BHN)

Dureza Esperada : 100 - 140 BHN

Microestructuras Presentes : Perlita gruesa y Ferrita



Acero : AISI 1020
Composición : C (0.18 - 0.22), Mn 0.60, Si 0.20,
P 0.22, S 0.11.
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 1050 °C.
Rango teórico de Temperatura : 900 - 955 °C
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 44.0 RA (123 BHN)
Dureza Esperada : 100 - 140 BHN
Microestructuras Presentes : Perlita gruesa y Ferrita

CONCLUSIONES

Acero AISI 1020. NORMALIZADO:

Los tres tipos de normalizado: baja, mediana y alta temperatura, presentan la misma microestructura, es decir, Ferrita y Perlita, siendo Ferrita la que ocupa un mayor porcentaje.

La microestructura que se obtiene en un normalizado para el acero 1020, es muy similar a la que se obtiene en un recocido, por lo que sería más recomendable normalizar un acero 1020 en vez de recocerlo, ya que es mucho más rápido normalizar porque el enfriamiento se realiza al aire.

Para normalizar el acero 1020, es más conveniente realizarlo a mediana temperatura, ya que el tratamiento efectuado a alta temperatura, produce en el material un notable crecimiento de grano, aumentando por tanto la fragilidad de éste.

El hecho de haber obtenido perlita gruesa al normalizar el acero, se debe a que tanto el tratamiento a baja, media y alta temperatura superó la temperatura crítica inferior.

ACERO AISI 304

MATERIAL SAE/AISI 304

Tipo de Aleación y Normas.

Aleación: C máx. 0.05%, Cr 18.5%, Ni 9.5%

Normas : AISI 304

DIN X 5 CrNi 18 9

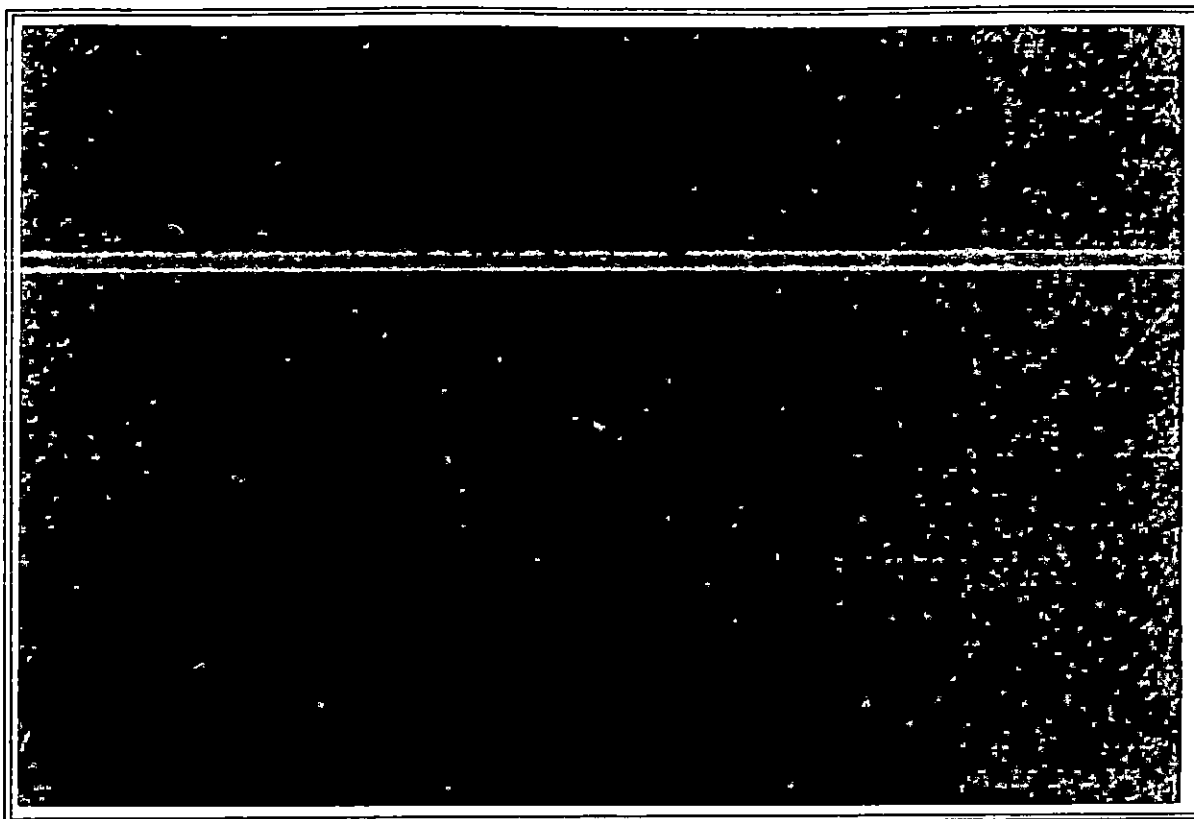
Cualidades y Usos.

Cualidades:

Acero inoxidable, aleado al Cromo-Niquel, muy resistente a la desintegración del grano y ataques químicos, de estructura austenítica. Muy apropiado para embutir y pulir.

Aplicaciones:

En las industrias alimenticias tales como la cervecera, lechera, azucarera. Fábricas de jabones, ceras y grasas comestibles; utensilios domésticos y de hotelería; cubiertos; industria del cuero como también farmacéutica y de la técnica dental. Para elementos, que exigen una resistencia a temperaturas hasta 800°C.



Acero : AISI 304

Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5

Tratamiento Térmico : TEMPLE

Temperatura : 680 °C

Rango teórico de Temperatura : No definido.

Medio Enfriante : ACEITE

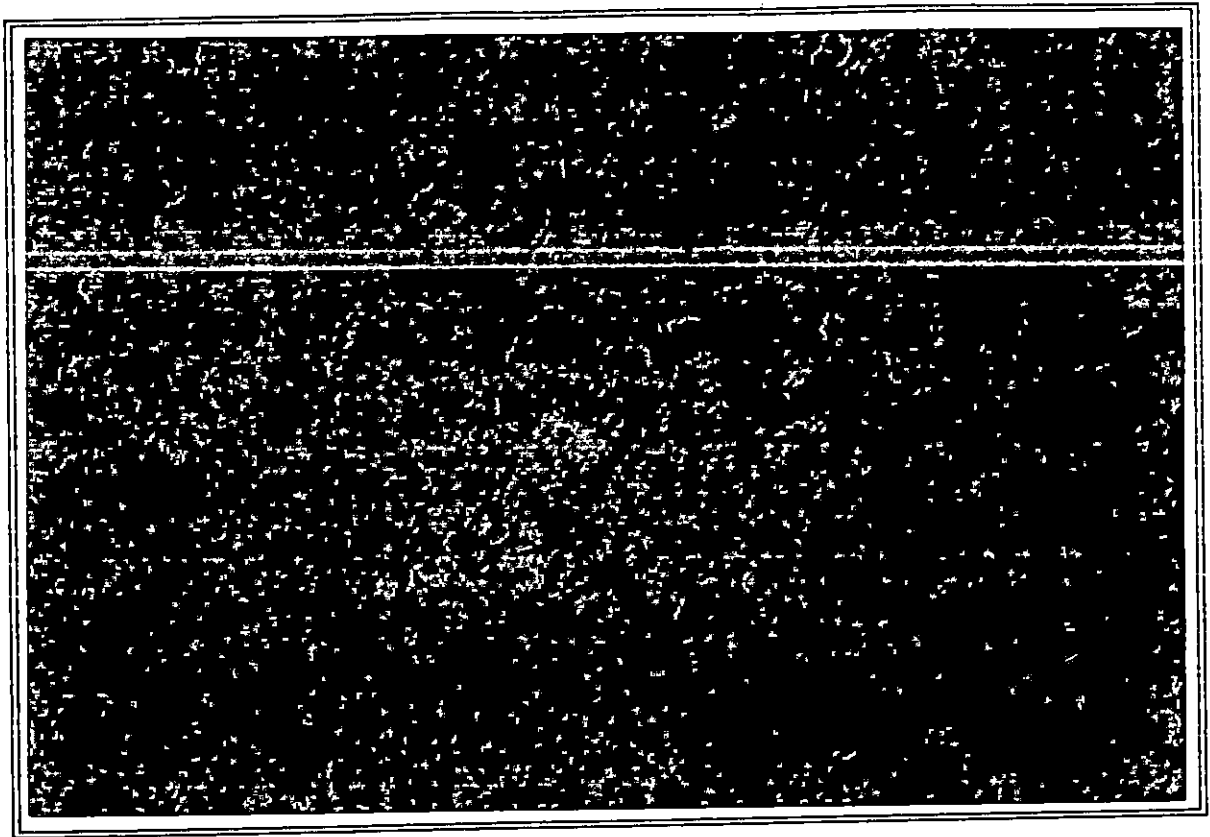
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico
y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).

Aumento : 500 X

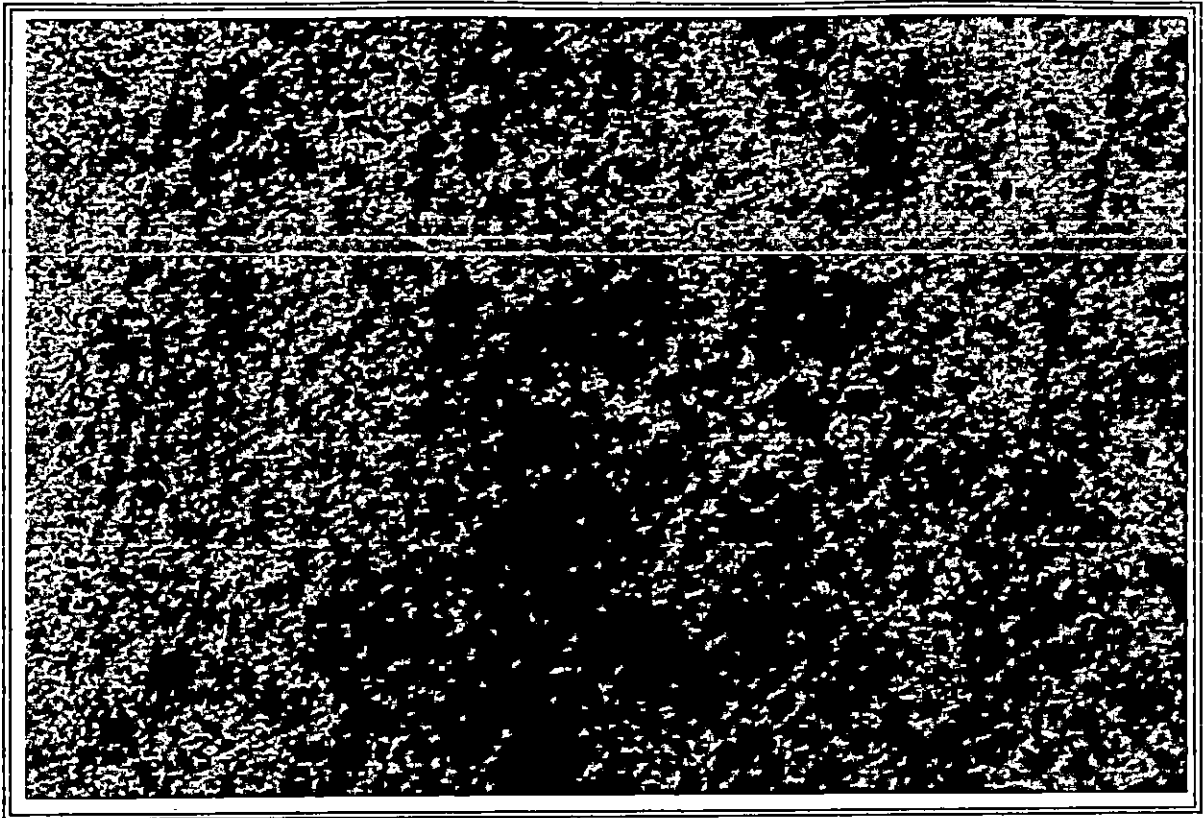
Dureza Obtenida : 57.3 RA (192 BHN)

Dureza Esperada : 160 BHN máx.

Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni



Acero	: AISI 304
Composición	: C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 830 °C
Rango teórico de Temperatura	: No definido.
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 59.1 RA (207 BHN)
Dureza Esperada	: 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Austenita y Carburos de Cr y Ni



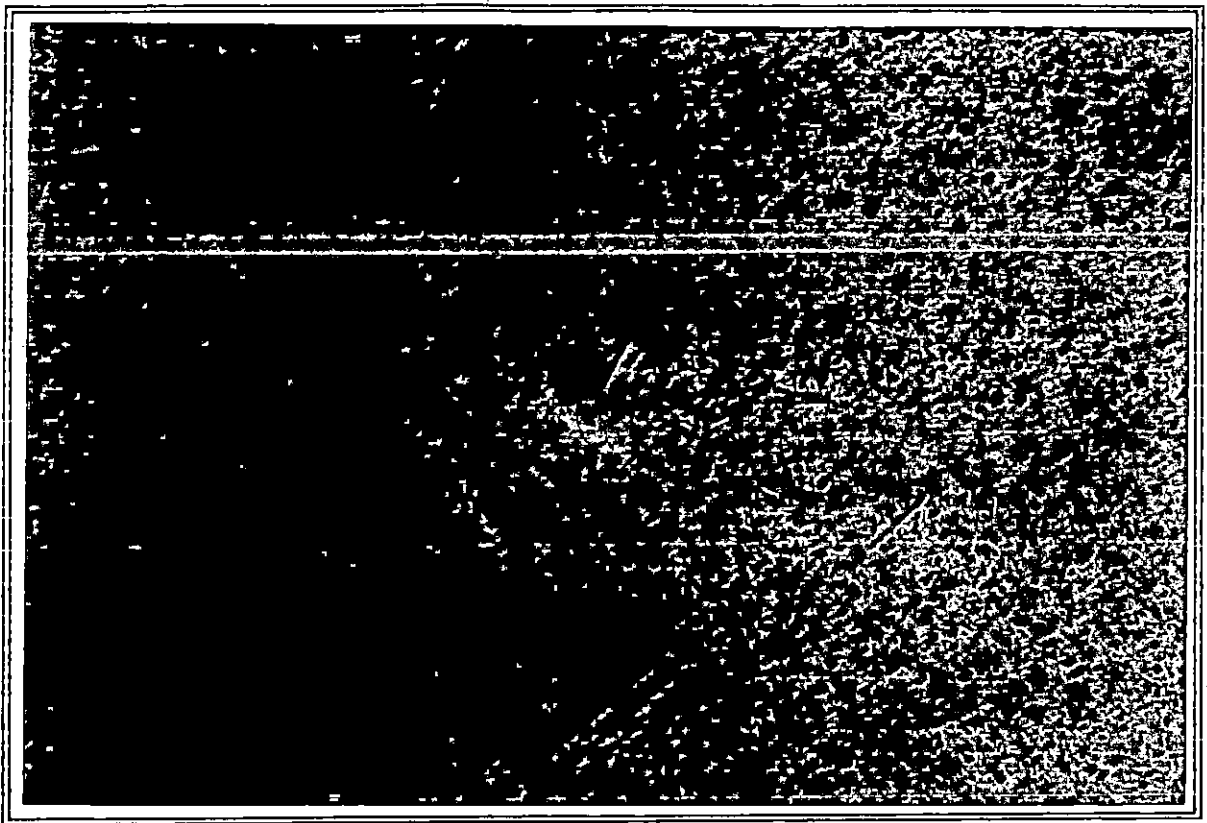
Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 980 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 46.8 RA (137 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni

CONCLUSIONES

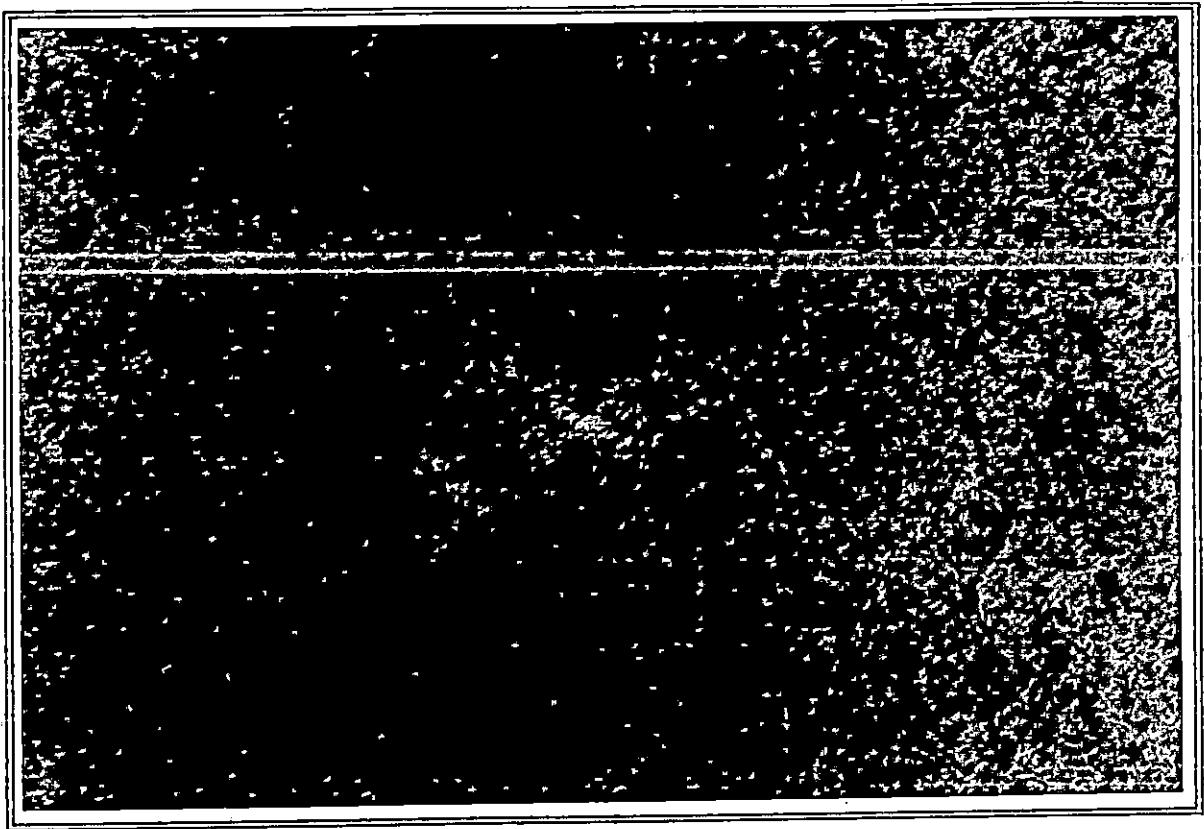
Acero AISI 304. TEMPLE:

Al someter a este acero a los diversos tratamientos de temple (baja, mediana y alta temperatura), la microestructura austenítica no cambió, pero a medida que se aumentaba la temperatura, el grano austenítico crecía hasta llegar a parecer un solo grano. Esto es apreciable en la fotografía correspondiente al temple a alta temperatura, a la vez, observamos una concentración de carburos en determinados lugares; la razón por la cual esto se produce es, debido a que la temperatura se elevó tanto, que desestabilizó la austenita y segregó carburos concentrándolos en forma desordenada. Ambas situaciones son dañinas para el material ya que lo fragilizan. Ante tal situación, el acero 304 no es recomendado para aplicar temple.

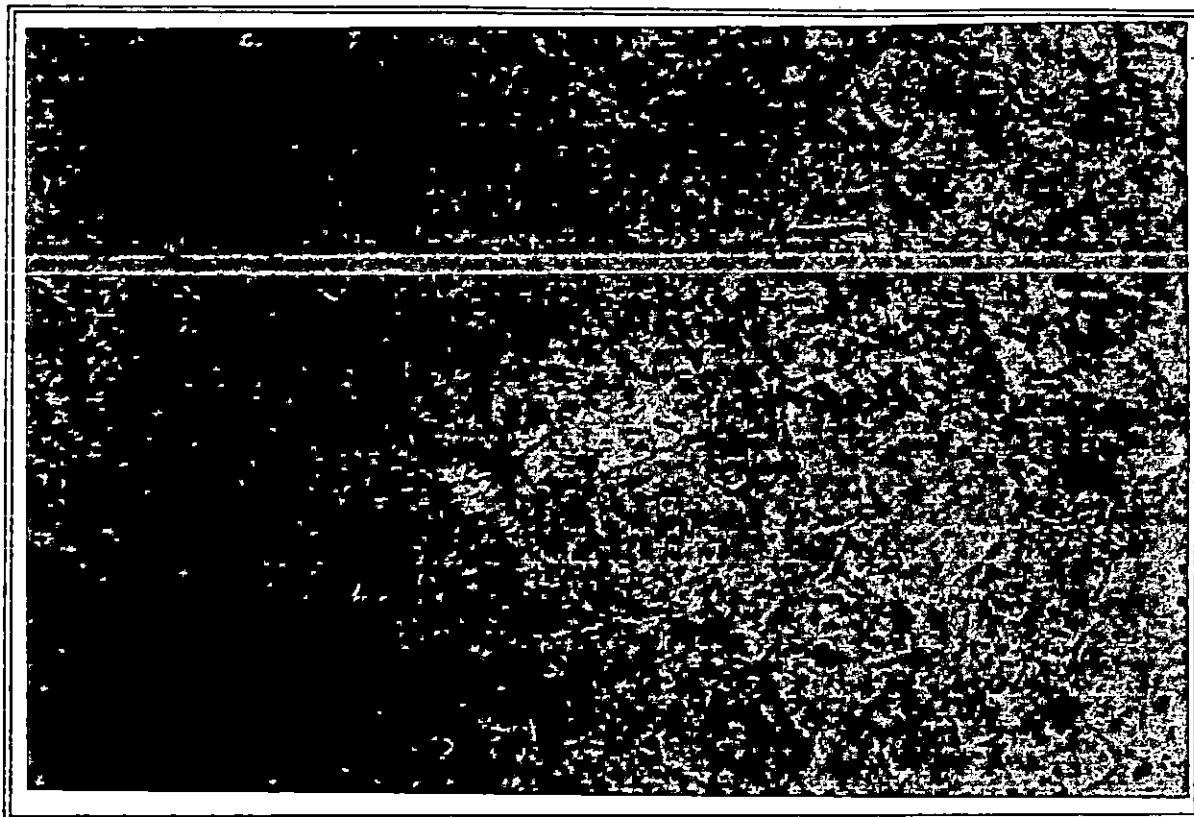
La dureza esperada que se muestra al pie de las fotografías, es la dureza del estado de entrega dado por el fabricante. Esta la utilizamos como parámetro, debido a que el acero AISI 304 es Austenítico, no modificable por tratamientos térmicos, salvo por los procesos de forjado en frío ó en caliente.



Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 350 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Cloruro Ferrico, Acido Clorhídrico y Agua (5gr., 50 ml. y 100 ml.)
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 51.0 RA (156 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni



Acero	: AISI 304
Composición	: C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico	: REVENIDO
Temperatura	: 500 °C
Rango teórico de Temperatura	: No definido.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 49.4 RA (143 BHN)
Dureza Esperada	: 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Austenita y Carburos de Cr y Ni

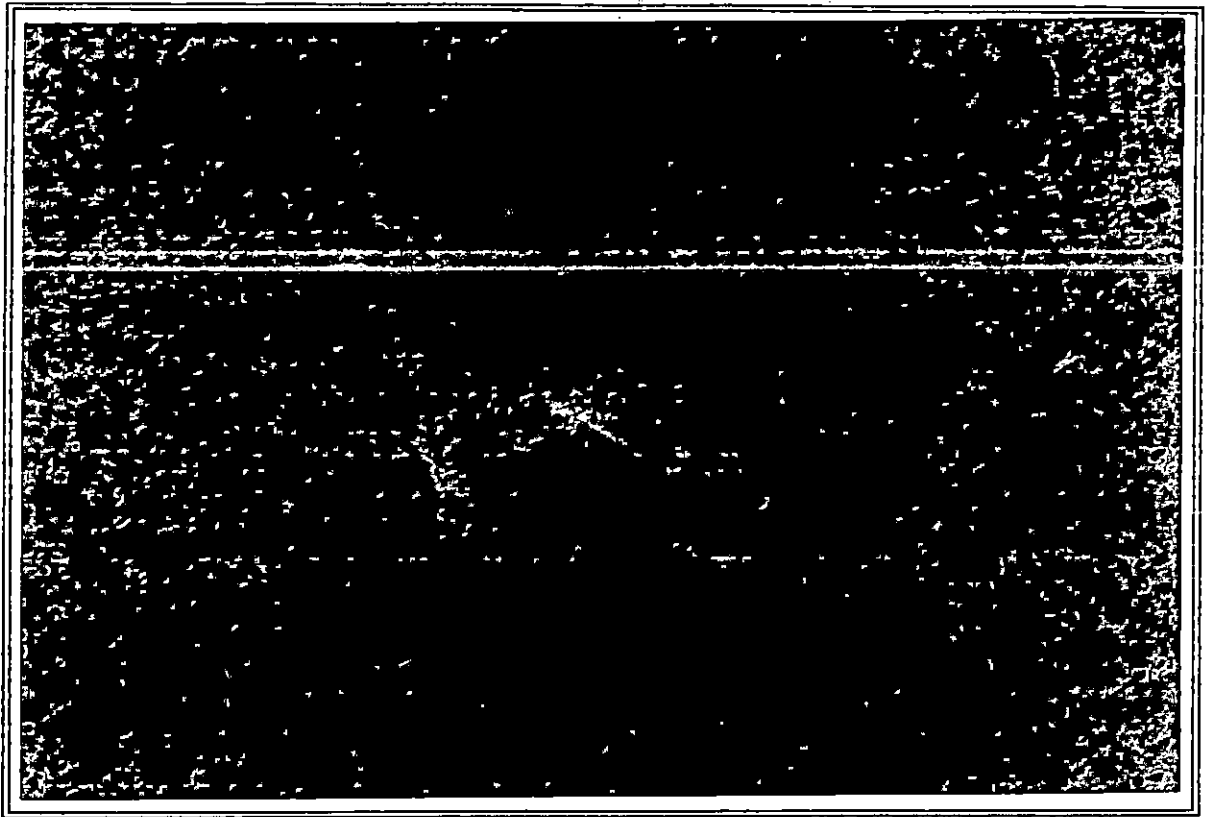


Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 650 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 50.6 RA (149 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni

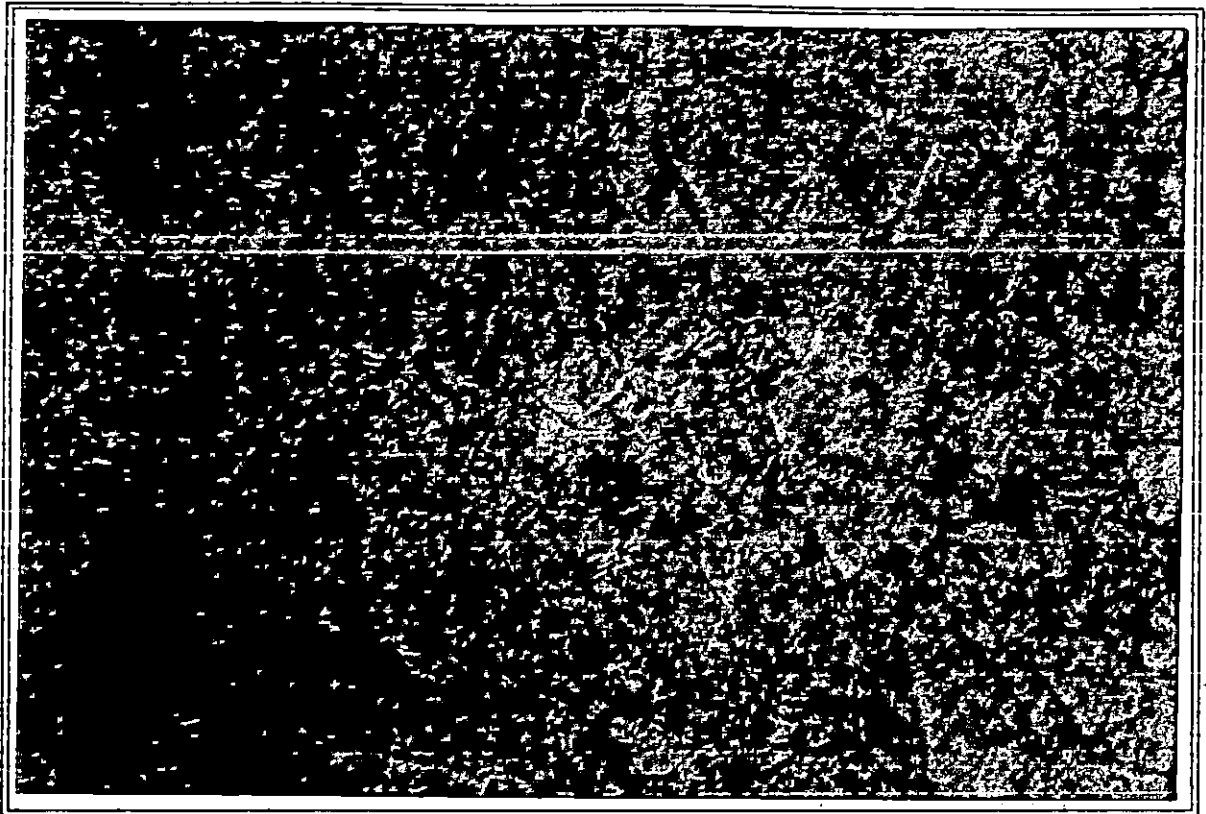
CONCLUSIONES

Acero AISI 304. REVENIDO:

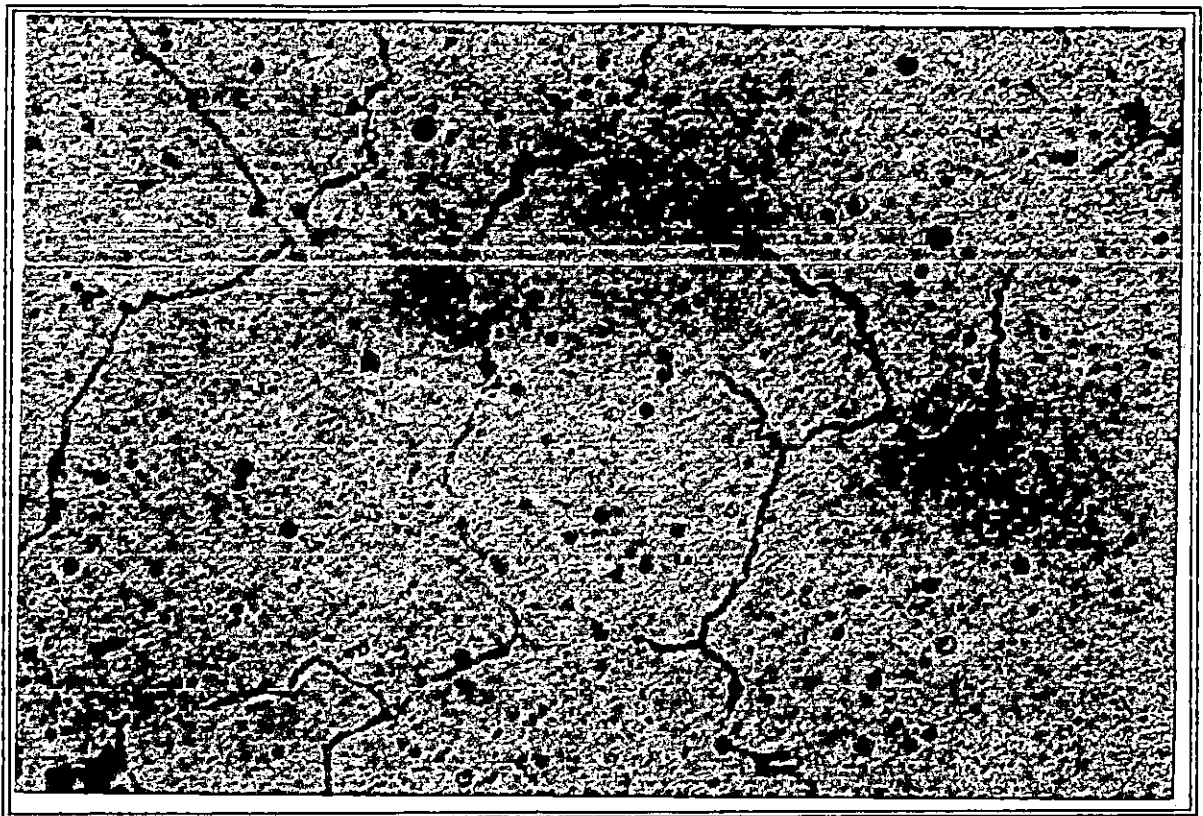
Debido a que el revenido es posterior a un temple, éste no se debería aplicar en el caso del acero 304 puesto que este no es templable; pero en estos casos en que se templaron las muestras, el revenido ayuda a estabilizar la microestructura, produciendo una segregación de carburos en toda la matriz austenítica, homogenizando sus propiedades mecánicas.



Acero	: AISI 304
Composición	: C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 560 °C
Rango teórico de Temperatura	: No definido.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 52.6 RA (159 BHN)
Dureza Esperada	: 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Austenita y Carburos de Cr y Ni



Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : RECOCIDO
Temperatura : 710 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 48.9 RA (143 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni

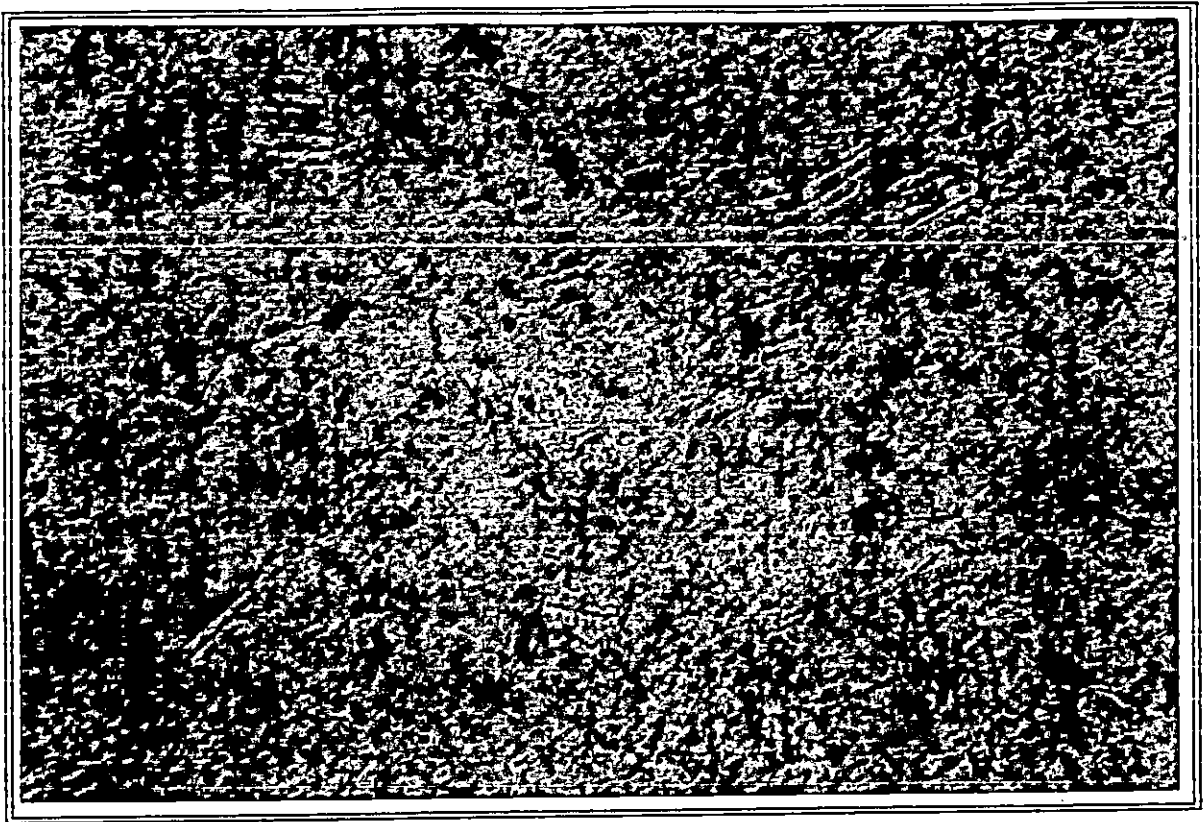


Acero	: AISI 304
Composición	: C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 860 °C
Rango teórico de Temperatura	: No definido.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 48.5 RA (140 BHN)
Dureza Esperada	: 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Austenita y Carburos de Cr y Ni

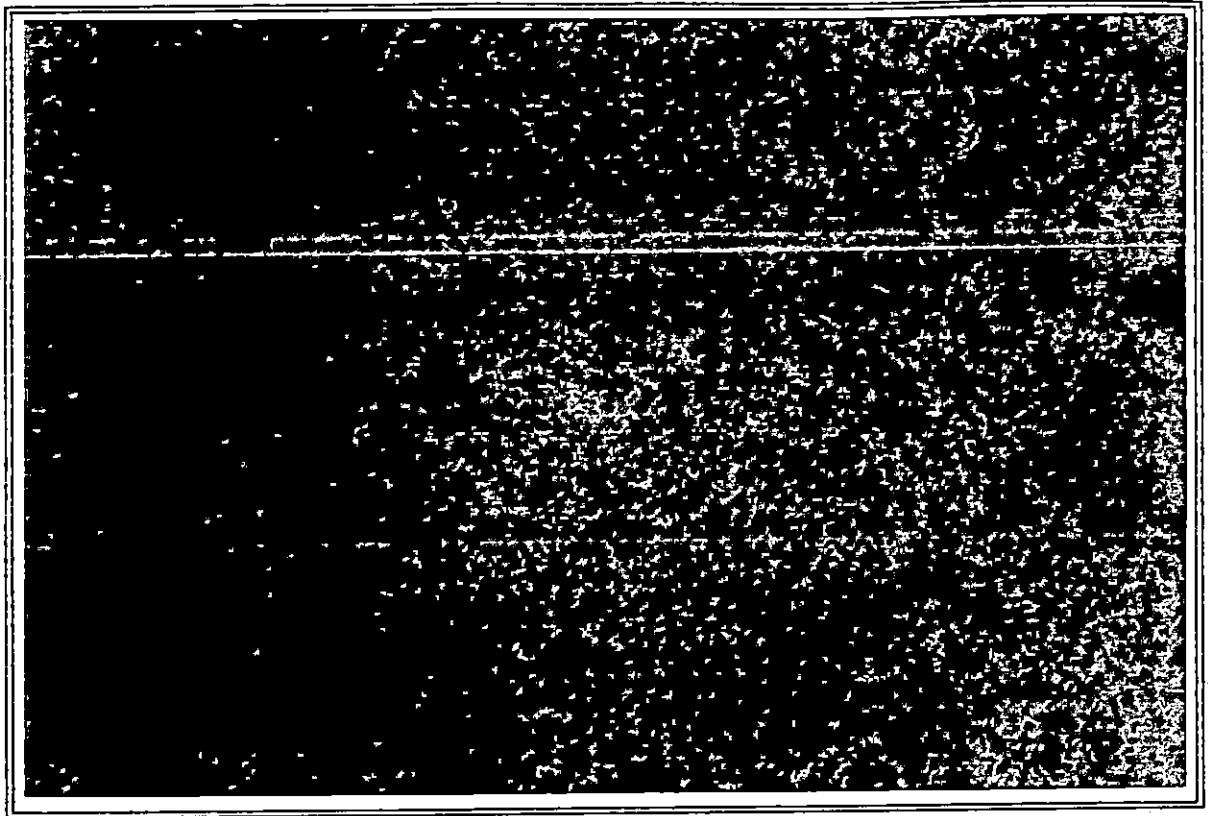
CONCLUSIONES

Acero AISI 304. RECOCIDO:

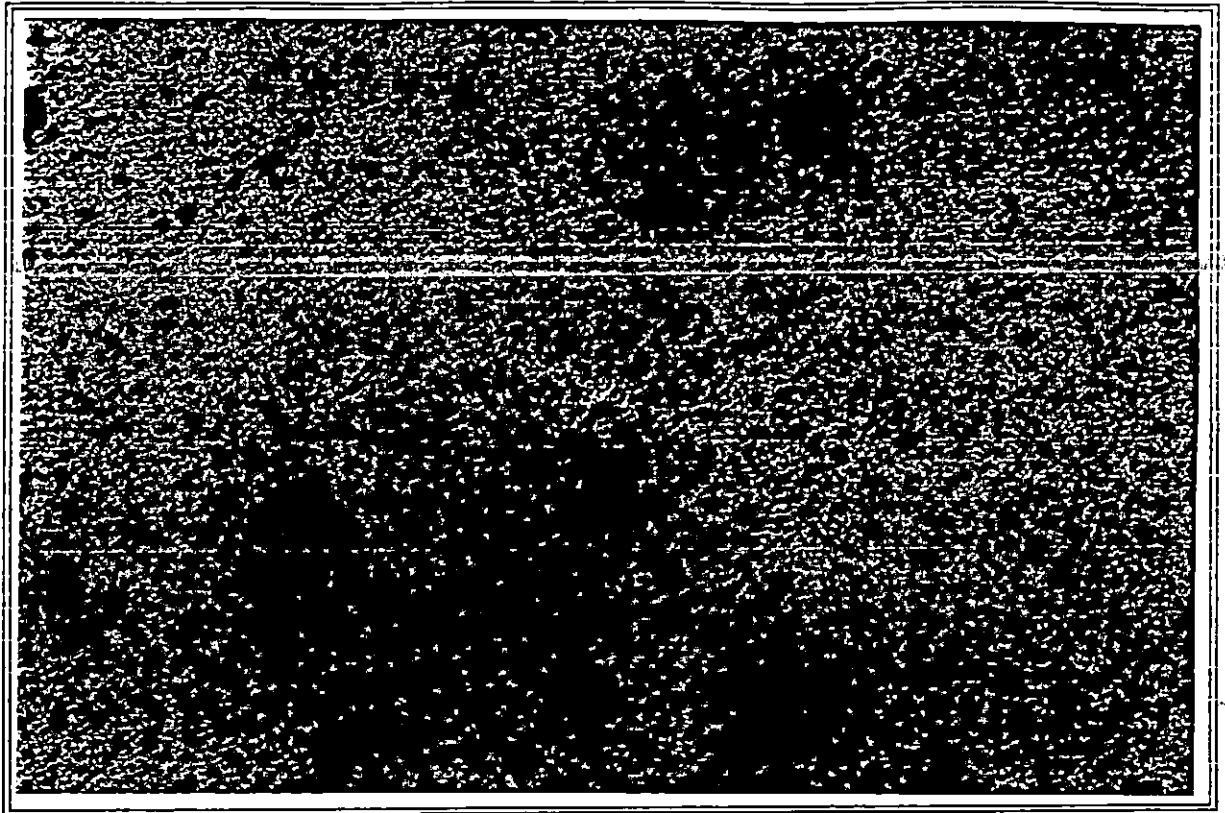
Observando las tres muestras de recocido hechas a diferentes temperaturas (alta, mediana y baja temperatura), la microestructura resulta ser Austenita completamente, con carburos dispersos en toda su matriz. La diferencia se observa en el tamaño del grano. La elevación de temperatura afecta significativamente el crecimiento, por lo que no se recomienda elevar la temperatura para recocer un acero 304, sino que es preferible hacerlo a baja temperatura, sólo para aliviar posibles tensiones residuales.



Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 750 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 51.1 RA (156 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni



Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05, Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 900 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 48.7 RA (143 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni



Acero : AISI 304
Composición : C máx. 0.05; Cr 18.5, Ni 9.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 1050 °C
Rango teórico de Temperatura : No definido.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Cloruro Férrico, Acido Clorhídrico
y Agua (5 gr., 50 ml. y 100 ml.).
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 44.7 RA (128 BHN)
Dureza Esperada : 160 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Austenita y Carburos de Cr y Ni

CONCLUSIONES

Acero AISI 304. NORMALIZADO:

En los tres casos de normalizado, la matriz austenítica no ha cambiado; pero sí es notable el crecimiento del grano. Esto se puede deber a que en los tres tratamientos de normalizado, la temperatura se elevó por encima de los 723°C. Para un acero austenítico, estas son temperaturas extremadamente altas, ya que su temperatura crítica inferior, se encuentra muy por debajo de la temperatura ambiente, por lo que en vez de normalizar un acero de este tipo, sería más conveniente recocerlo a baja temperatura.

ACERO AISI 01

MATERIAL SAE/AISI 01

Tipo de Aleación y Normas.

Aleación: C 0.95%, Mn 1.00%, Cr 0.50, W 0.50, V 0.10%

Normas : SAE/AISI 01

DIN 100 Mn Cr W4

Cualidades y Usos.

Cualidades:

- De temple parejo y seguro.
- Poca variación de medidas, prácticamente indeformable
- Buena conservación de filo.
- Buena resistencia al desgaste.
- Buena tenacidad.
- Fácil mecanización.
- Gran dureza superficial después del temple.

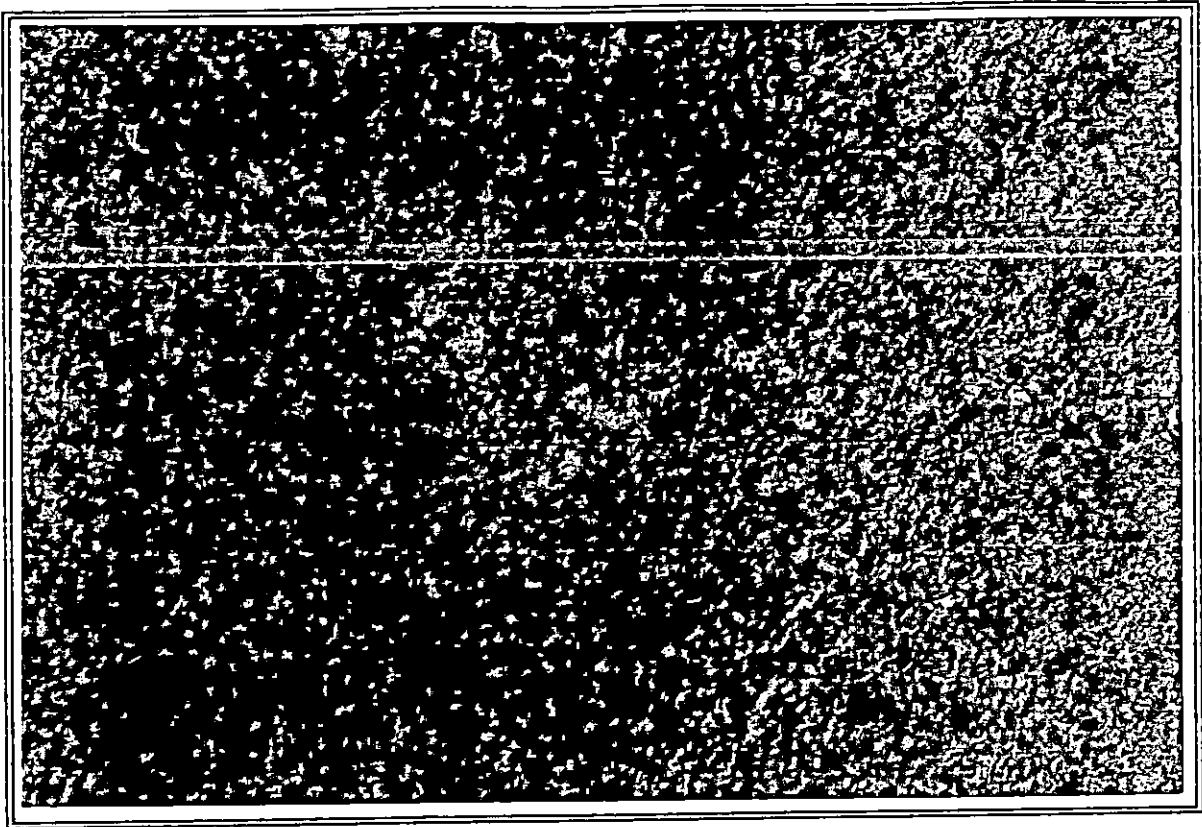
Aplicaciones:

Por ser de gran adaptabilidad en función de su buena resistencia al desgaste, magnífica tenacidad y suave mecanizado; como también templable en aceite o baño de sales. Se toma para las aplicaciones como el más conocido en todo el país y universalmente.

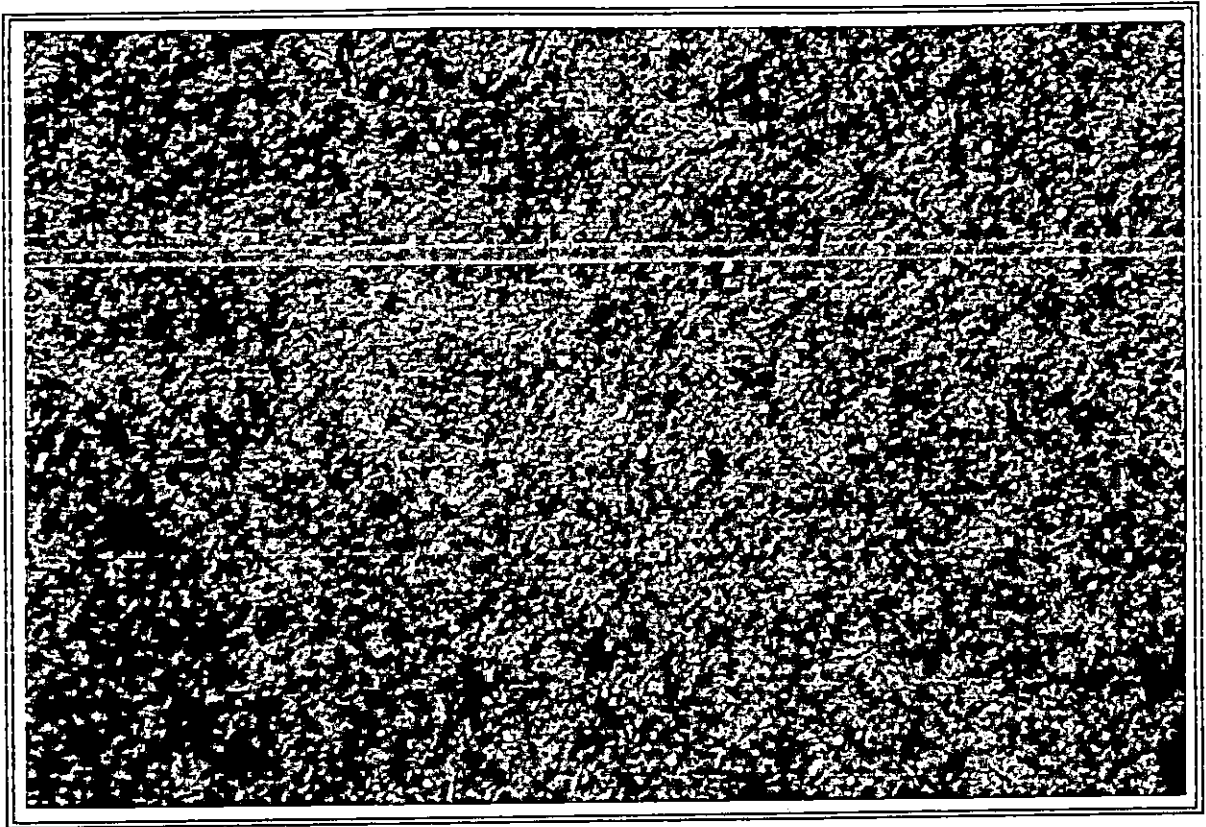
Siendo apropiado para:

- Moldes para plásticos y resinas sintéticas.
- Herramientas para labrar madera.

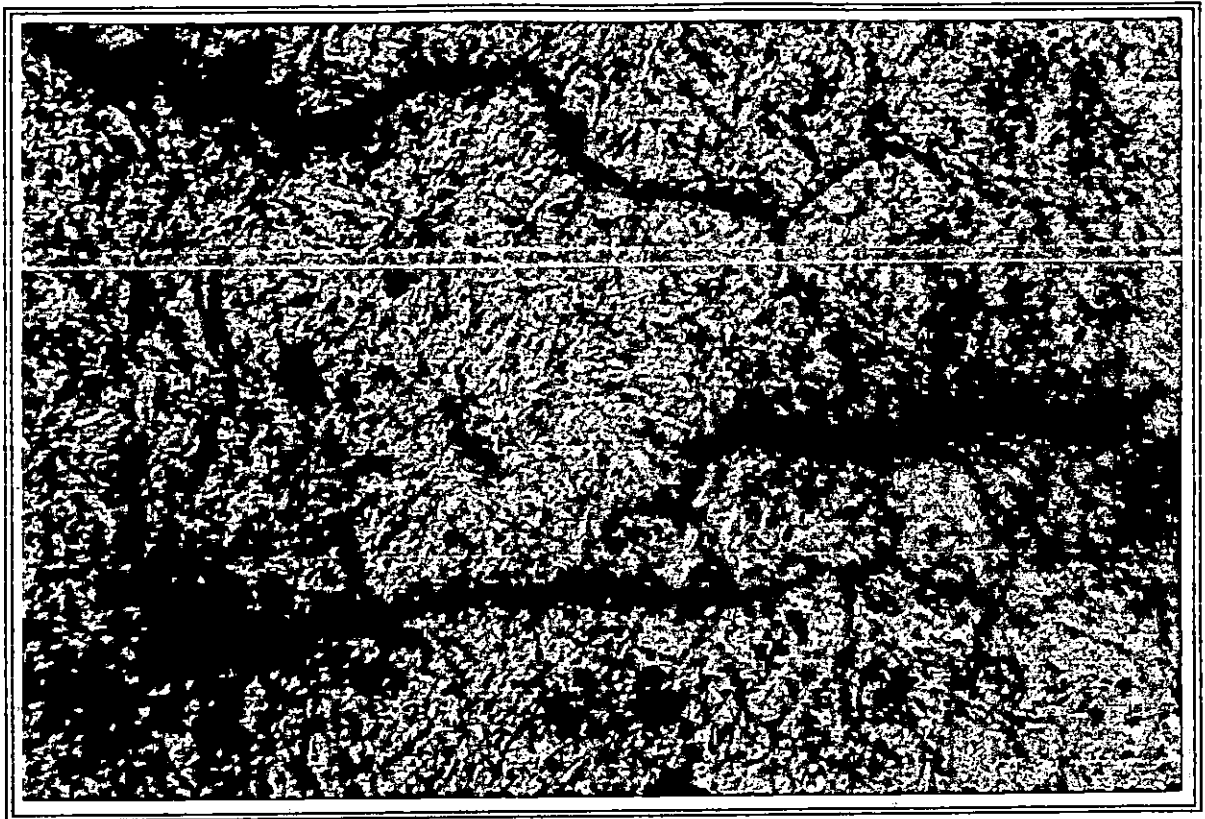
- Para fabricación de troqueles, matrices, cortadores, topes, pasadores o pines, punzones, etc.
- Cuchillas, fresas, brocas helicoidales y otros.
- Dispositivos para roscar, herramientas para cortar, doblar, estampar.
- Herramientas de medición, calibradores, reglas, etc.
- Cizallas para lámina delgada.



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 680 °C.
Rango teórico de Temperatura : 780 - 820 °C.
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 53.3 RA (167 BHN)
Dureza Esperada : 63 -65 RC (712 - 745 BHN)
Microestructuras Presentes : Cementita, Perlita globular
y Carburos.



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 830 °C.
Rango teórico de Temperatura : 780 - 820 °C.
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 62.5 RC (682 BHN)
Dureza Esperada : 63 -65 RC (712 - 745 BHN)
Microestructuras Presentes : Cementita, Perlita globular,
Perlita fina y Carburos.



Acero : AISI 01

Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1

Tratamiento Térmico : TEMPLE

Temperatura : 980 °C.

Rango teórico de Temperatura : 780 - 820 °C.

Medio Enfriante : ACEITE

Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 61.1 RC (682 BHN)

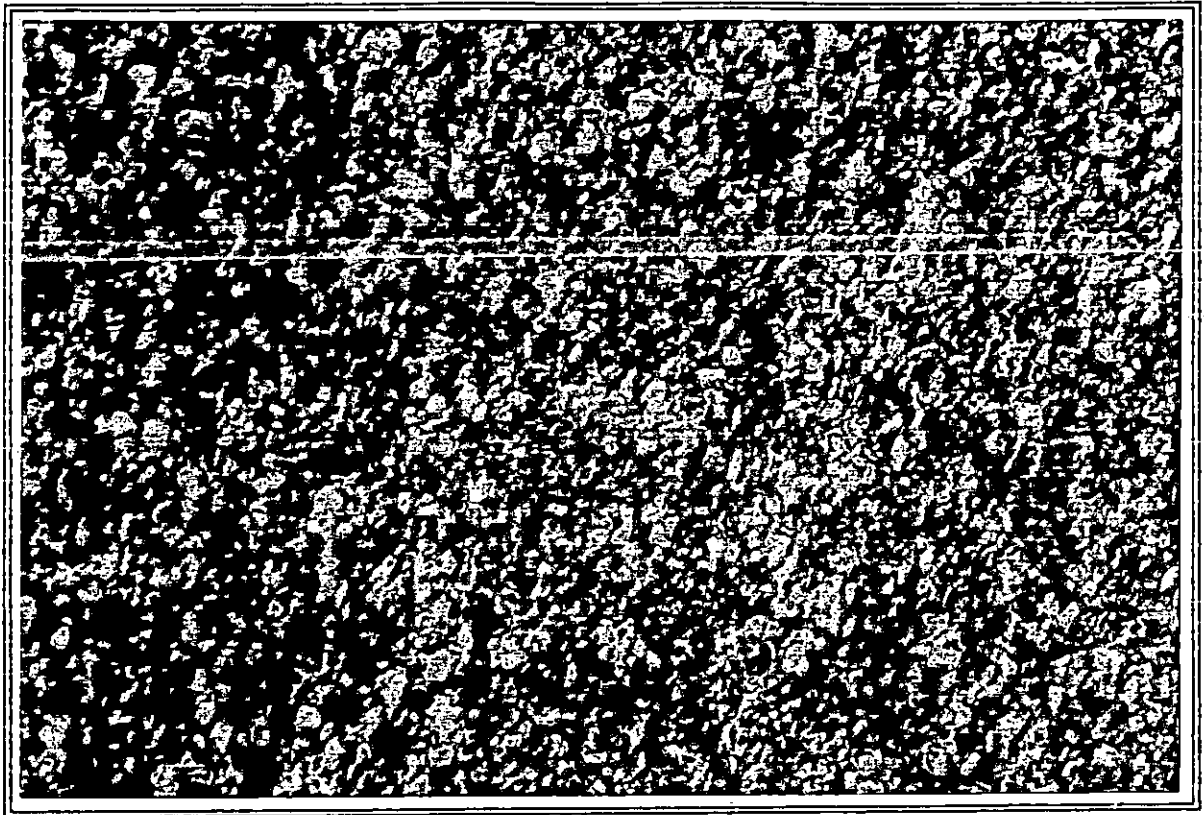
Dureza Esperada : 63 -65 RC (712 - 745 BHN)

Microestructuras Presentes : Martensita, Cementita, Perlita fina
y Carburos.

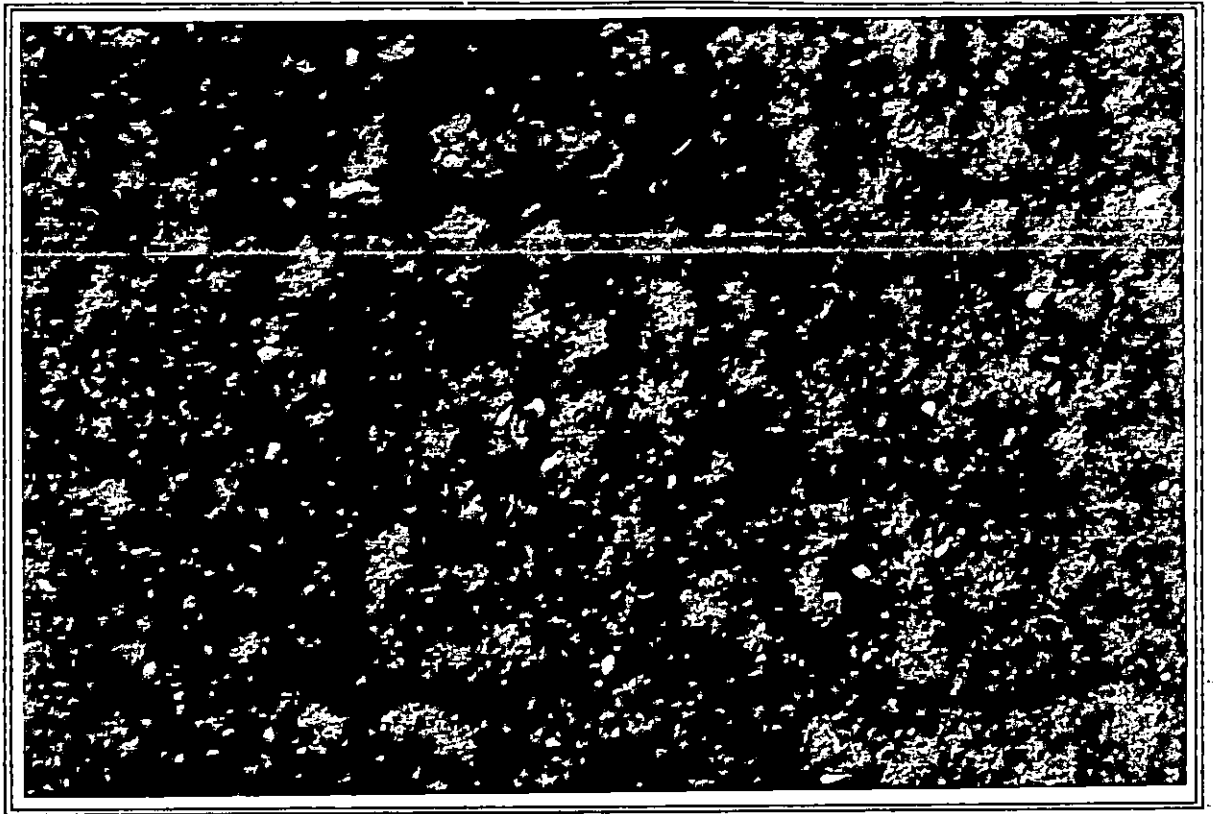
CONCLUSIONES

Acero AISI 01. TEMPLE:

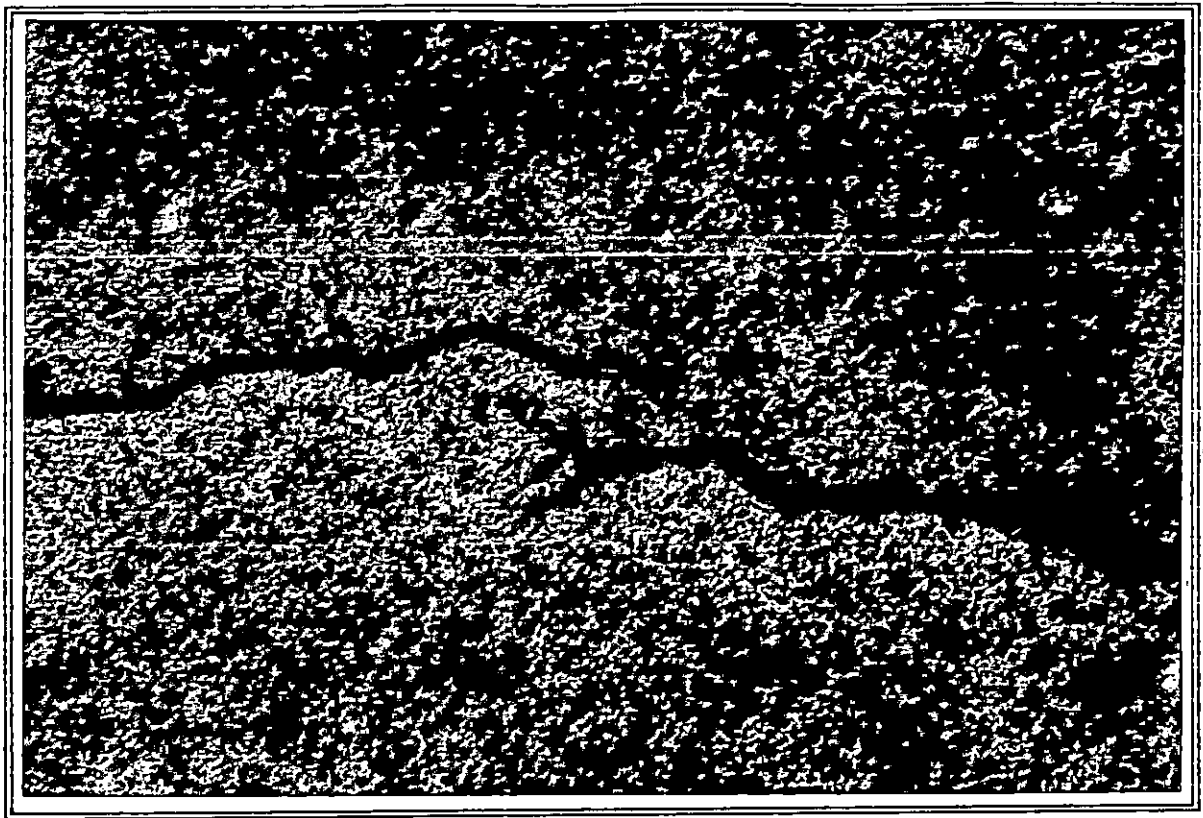
De las tres probetas, podemos observar lo siguiente: En la muestra tratada a baja temperatura (abajo de la crítica inferior), la microestructura que se observa es perlita globular y carburos disueltos en una matriz de cementita. Esta microestructura es similar a la que presenta el material en condiciones de entrega, por lo que deducimos que de la forma en que se realizó el tratamiento, no modificó en nada la microestructura del acero. Al tratar el material a temperaturas medias sin superar la crítica superior del material, se observa la presencia de más perlita fina y globular, pero no así martensita. Al tratar la probeta a una temperatura muy por encima del rango de temple, en el acero se observa mucha martensita, casi un 75%; lo demás es perlita fina, carburos y cementita; debido a que el gradiente de temperatura a la cual se encontraba la probeta era muy grande, los esfuerzos residuales originados en la formación de la martensita causaron que la probeta se fisurara, por lo que se puede establecer que no es muy conveniente superar significativamente el rango de temperaturas de temple.



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 350 °C.
Rango teórico de Temperatura : 200 - 600 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 58.3 RA (201 BHN)
Dureza Esperada : 40 - 63 RC (375 - 712 BHN)
Microestructuras Presentes : Cementita, Perlita fina y Carburos



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 500 °C.
Rango teórico de Temperatura : 200 - 600 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 44.0 RC (415 BHN)
Dureza Esperada : 40 - 63 RC (375 - 712 BHN)
Microestructuras Presentes : Cementita, Perlita globular
y Carburos.

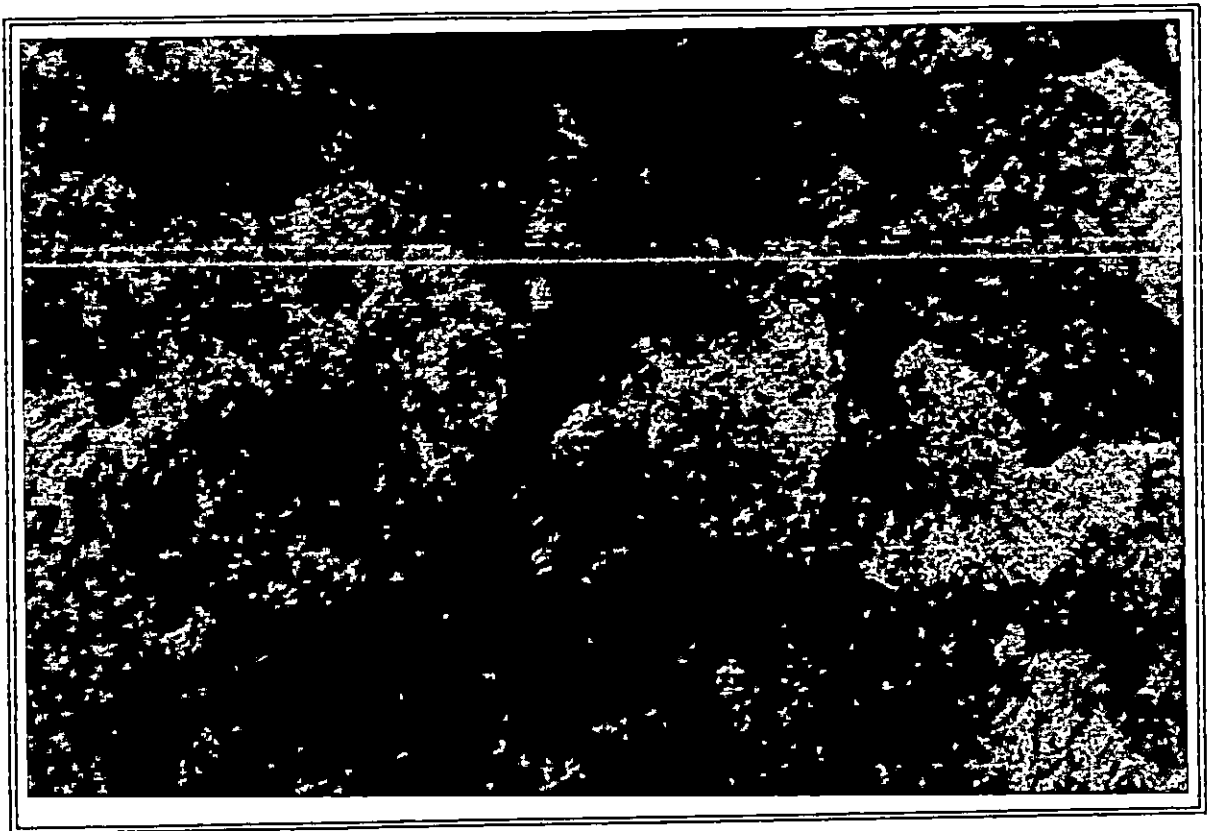


Acero	: AISI 01
Composición	: C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5, V 0.1
Tratamiento Térmico	: REVENIDO
Temperatura	: 650 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 200 - 600 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 34.5 RC (321 BHN)
Dureza Esperada	: 40 - 63 RC (375 - 712 BHN)
Microestructuras Presentes	: Cementita, Perlita fina y Carburos

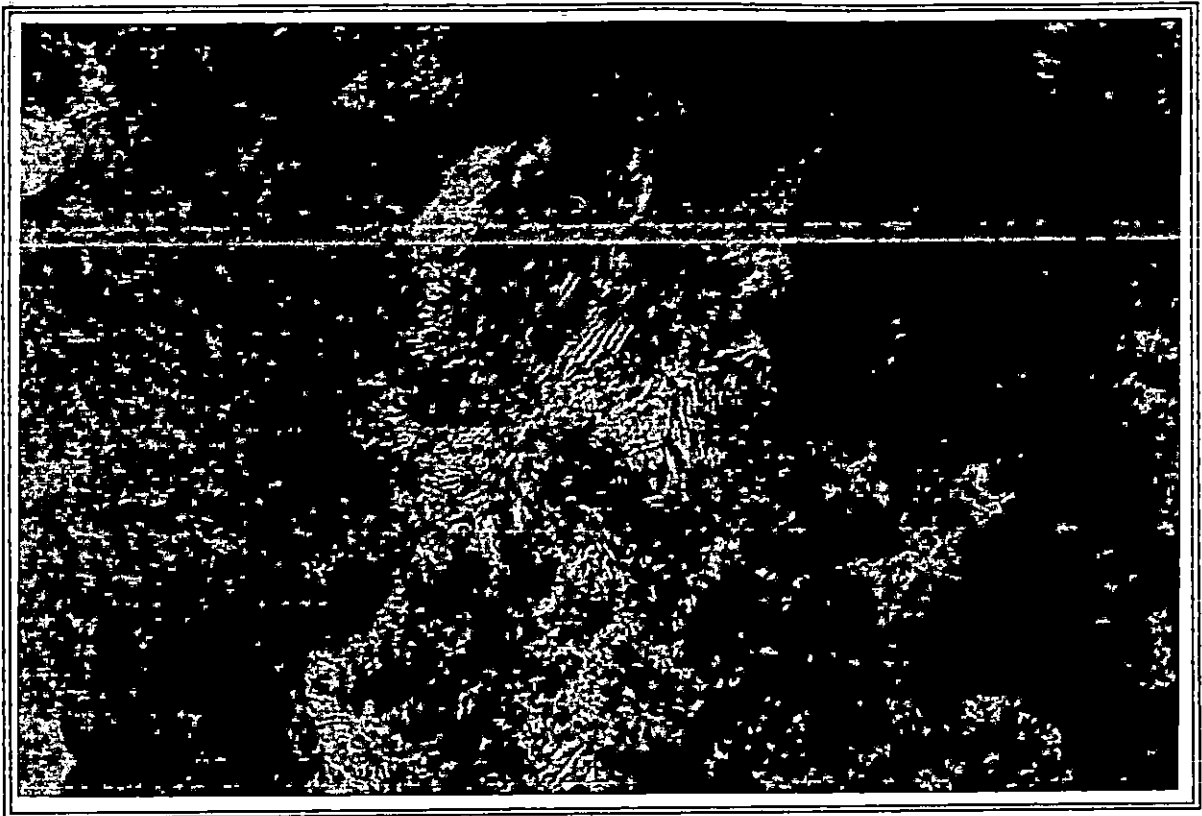
CONCLUSIONES

Acero AISI 01. REVENIDO:

Haciendo la comparación de las tres muestras correspondientes a este tratamiento, podemos ver que la microestructura del acero revenido a baja temperatura es la más blanda a consecuencia de que el temple que se le aplicó inicialmente a esta probeta, no superó la temperatura crítica inferior, por lo tanto la microestructura de estado de entrega no fué modificada. Es decir, presenta una matriz de cementita con granos de perlita fina. Por otro lado, la probeta tratada a temperaturas medias, tanto en el temple como en el revenido, presenta mucho más perlita, a tal grado que a simple vista, no se identifica con facilidad cual es la matriz. El hecho que se observe homogénea es muy favorable, debido a que se disminuyen las probabilidades de fractura del material. Por otro lado, la probeta tratada a alta temperatura, presenta carburos más grandes y mucha perlita fina; la concentración de carburos originados por la elevación de temperaturas, los convirtió en concentradores de esfuerzos a tal grado, que ni el tratamiento de revenido fue capaz de evitar la fisuración de la probeta.



Acero	: AISI 01
Composición	: C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5, V 0.1
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 560 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 710 - 750 °C.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 67.7 RA (331 BHN)
Dureza Esperada	: 195 - 219 BHN
Microestructuras Presentes	: Cementita y Perlita fina.



Acero : AISI 01

Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1

Tratamiento Térmico : RECOCIDO

Temperatura : 710 °C.

Rango teórico de Temperatura : 710 - 750 °C.

Medio Enfriante : AL HORNO

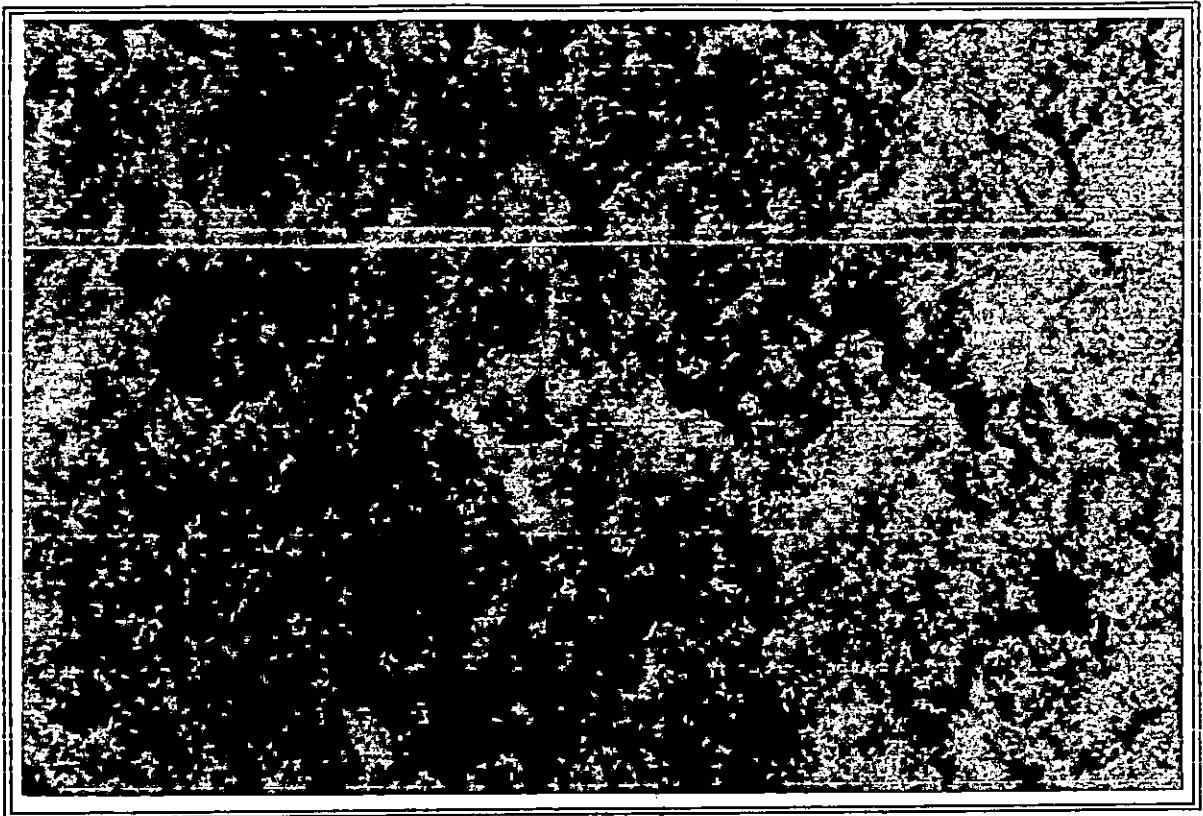
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración

Aumento : 500 X

Dureza Obtenida : 66.5 RA (293 BHN)

Dureza Esperada : 195 - 219 BHN

Microestructuras Presentes : Cementita, Perlita fina y Perlita gruesa ó laminar.



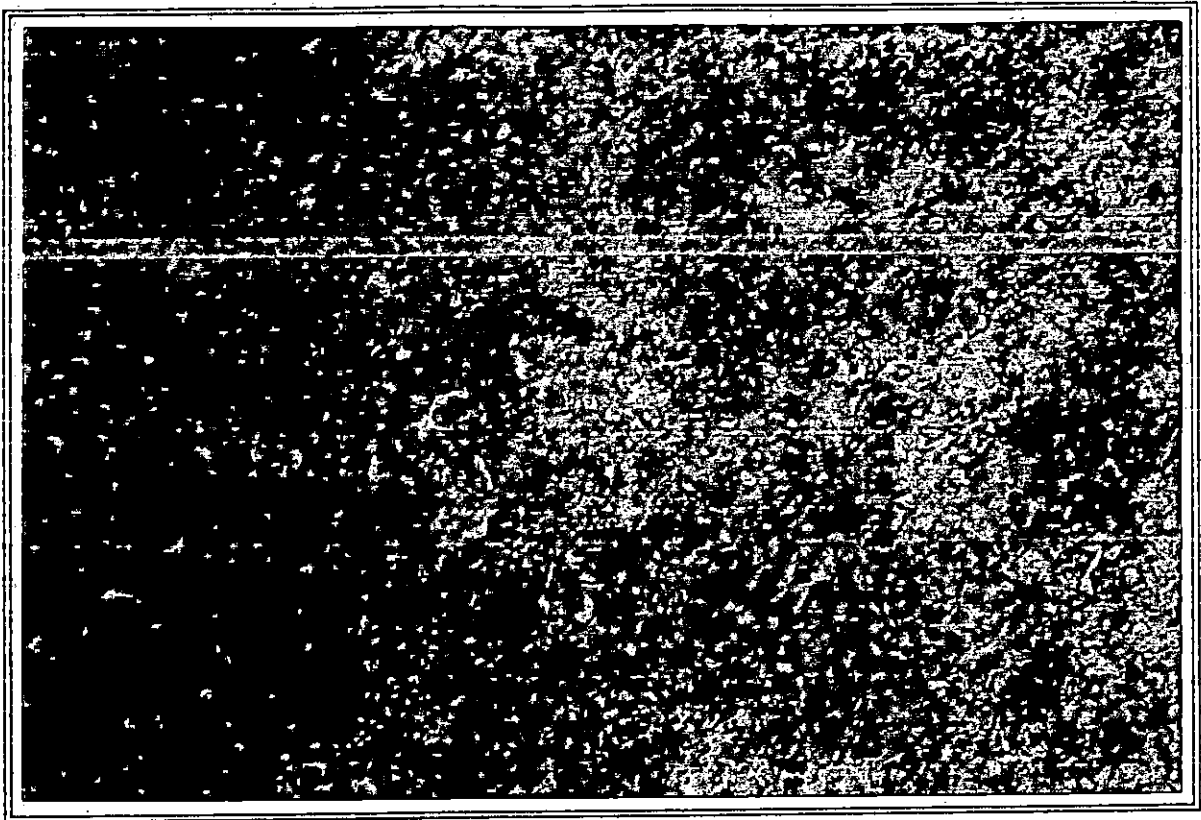
Acero	: AISI 01
Composición	: C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5, V 0.1
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 860 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 710 - 750 °C.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 60.5 RA (217 BHN)
Dureza Esperada	: 195 - 219 BHN
Microestructuras Presentes	: Cementita, Perlita gruesa ó laminar

CONCLUSIONES

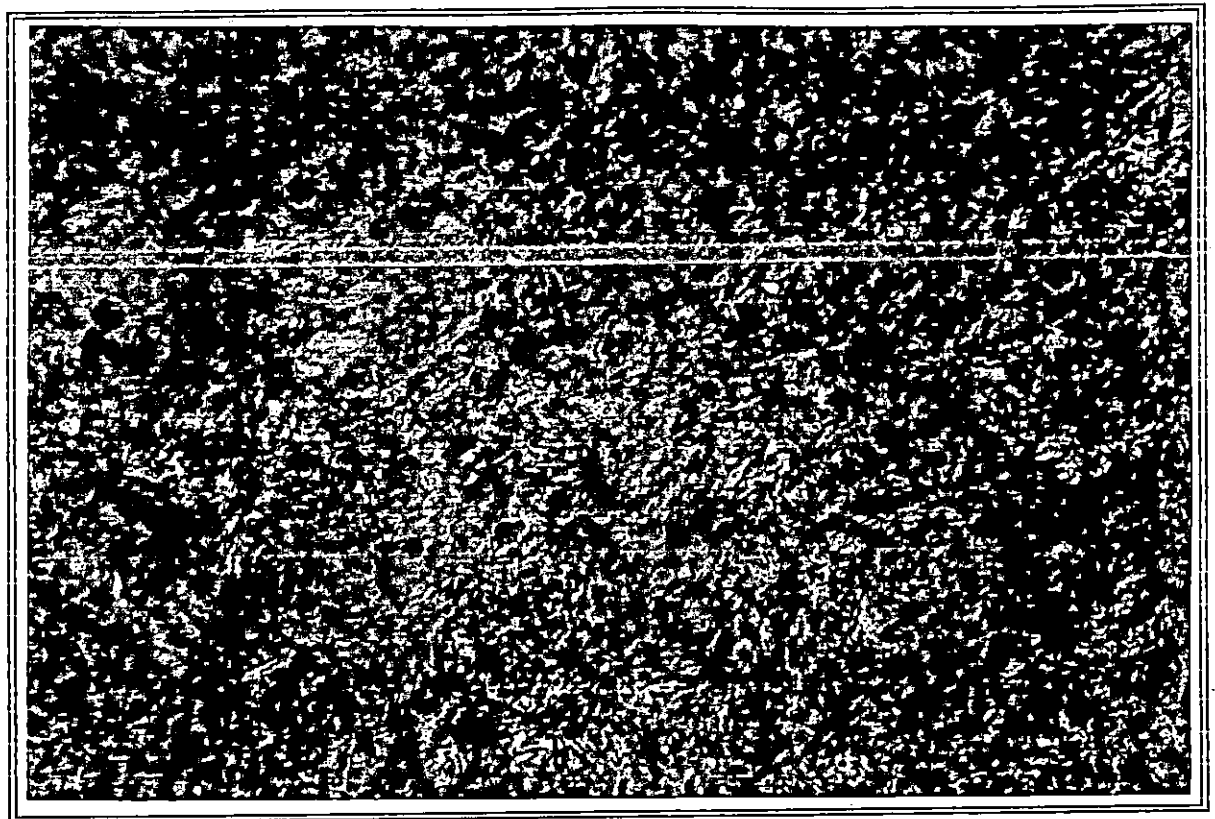
Acero AISI 01. RECOCIDO:

Al aplicar el recocido podemos ver que en la probeta tratada a baja temperatura, posee una matriz de cementita con granos de perlita fina. El tamaño de los granos es grande, en comparación con los granos que se obtuvieron al tratar el material a temperatura media, con la diferencia a la vez de que se obtuvo también una perlita laminar. Cuando se trató el material a una temperatura elevada, el crecimiento de grano fue tal, que a 500 X no es fácil apreciar la perlita en conjunto, sino que se ven las láminas de ferrita y cementita de gran tamaño. Este crecimiento de grano no favorece al material, en el sentido de que lo fragiliza. perlita laminar en este último caso.

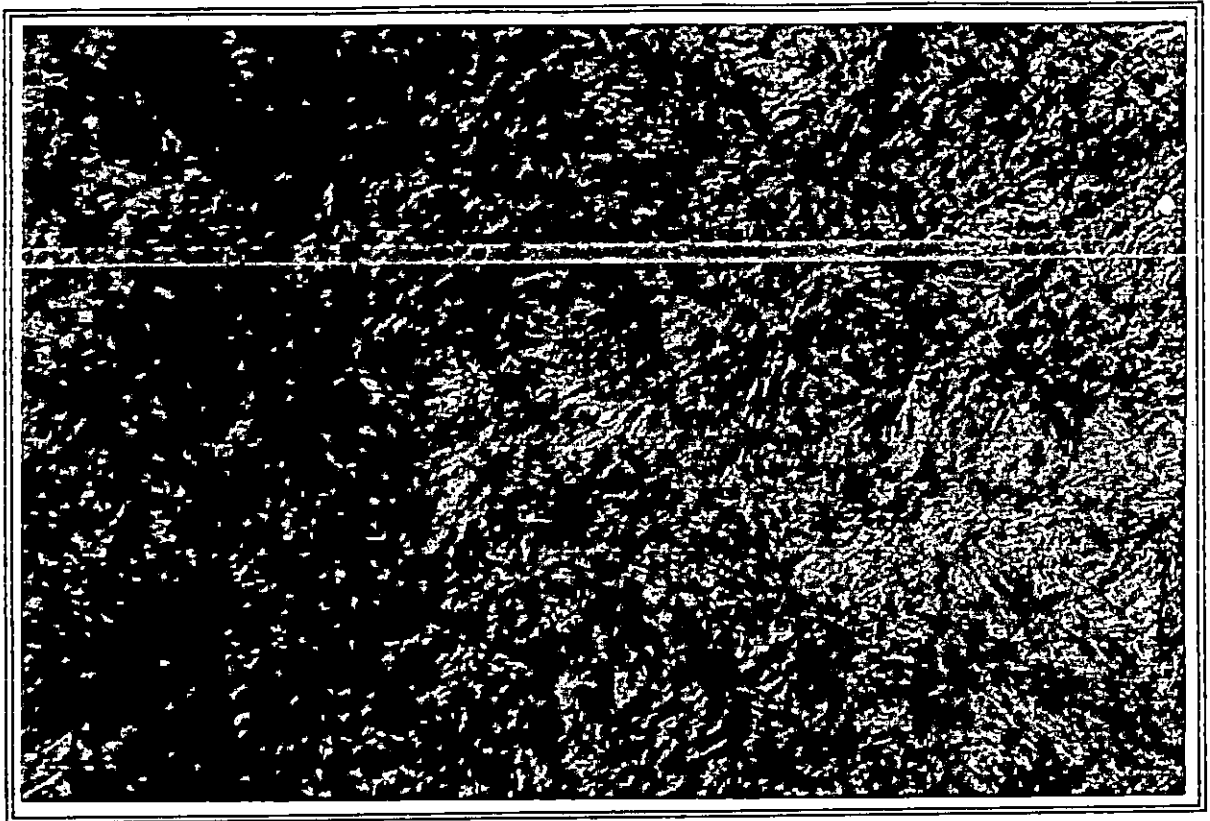
Debido a que el acero AISI 01 es alto en Carbono (0.95%), el tratamiento de recocido siempre nos dará como resultado una microestructura dura (Perlita más Cementita), así que cuando se desee mejorar la maquinabilidad de este material, habrá que someterlo a un tratamiento de globulización.



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 750 °C.
Rango teórico de Temperatura : 760 - 820 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 49.4 RA (143 BHN)
Dureza Esperada : 682 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Cementita globular y Perlita globular



Acero	: AISI 01
Composición	: C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5, V 0.1
Tratamiento Térmico	: NORMALIZADO
Temperatura	: 900 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 760 - 820 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 77.3 RA (514 BHN)
Dureza Esperada	: 682 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Bainita, Cementita y Perlita fina.



Acero : AISI 01
Composición : C 0.95, Mn 1.0, Cr 0.5, W 0.5,
V 0.1
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 1050 °C.
Rango teórico de Temperatura : 760 - 820 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 78.0 RA (534 BHN)
Dureza Esperada : 682 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Bainita, Cementita y Perlita fina.

CONCLUSIONES

Acero AISI 01. NORMALIZADO:

Al observar la muestra normalizada a baja temperatura, se observa cementita y perlita fina. Esta microestructura es la más cercana a la esperada, pues en las probetas normalizadas a alta y media temperatura, las microestructuras que se observan son bainita, cementita y perlita. Desde luego, la probeta tratada a alta temperatura manifiesta más bainita. La presencia de bainita se debe a que las temperaturas a las cuales se elevó el material fueron muy drásticas con respecto a la temperatura ambiente, por lo que el tratamiento se comportó en el material, como si hubiese sido un Bonificado (Temple y Revenido), así que, cuando se desee un material con una dureza relativamente alta, y buena tenacidad, bastará con normalizarlo a alta temperatura en vez de templarlo y revenirlo posteriormente, tanto por los costos económicos, así como por el tiempo que se invertiría en realizarlos, ya que en los dos casos la diferencia es notable.

ACERO AISI 1045

MATERIAL SAE/AISI 1045

Tipo de Aleación y Normas.

Aleación: C 0.45%, Si 0.30%, Mn 0.70%

Norma : SAE/AISI 1045

DIN:CK 45

Cualidades y Usos.

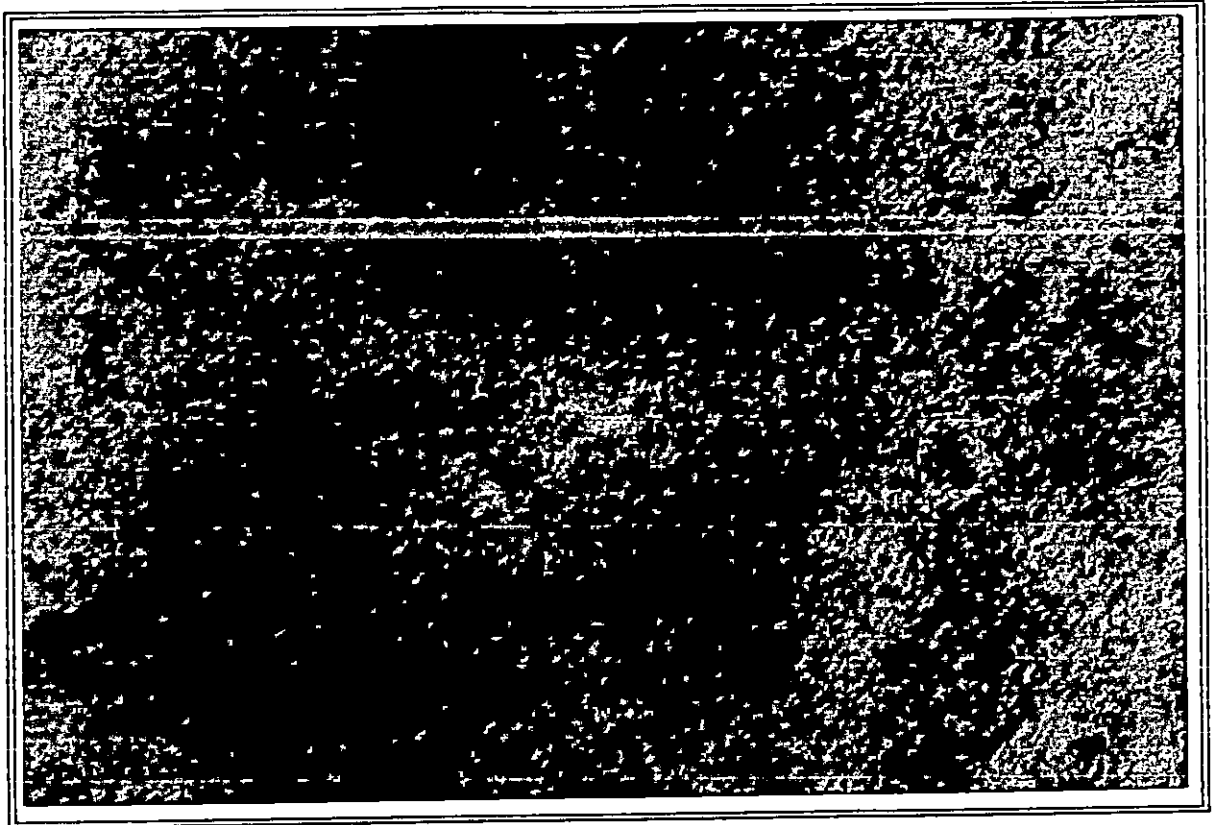
Cualidades:

Es acero medio al Carbono de fácil mecanización y tiene las siguientes características:

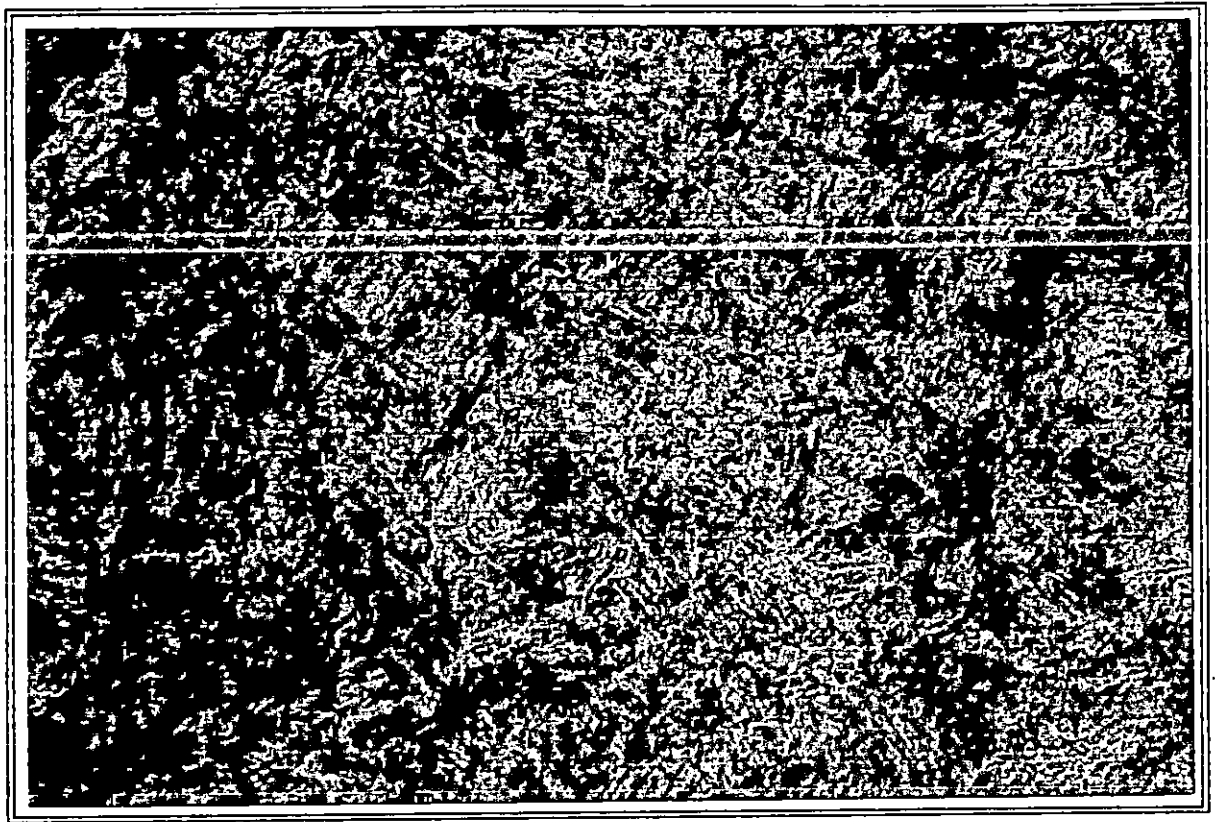
- Buena resistencia a la abrasión
- Buena maquinabilidad
- Buena resistencia mecánica
- De temple en agua y en aceite

Usos:

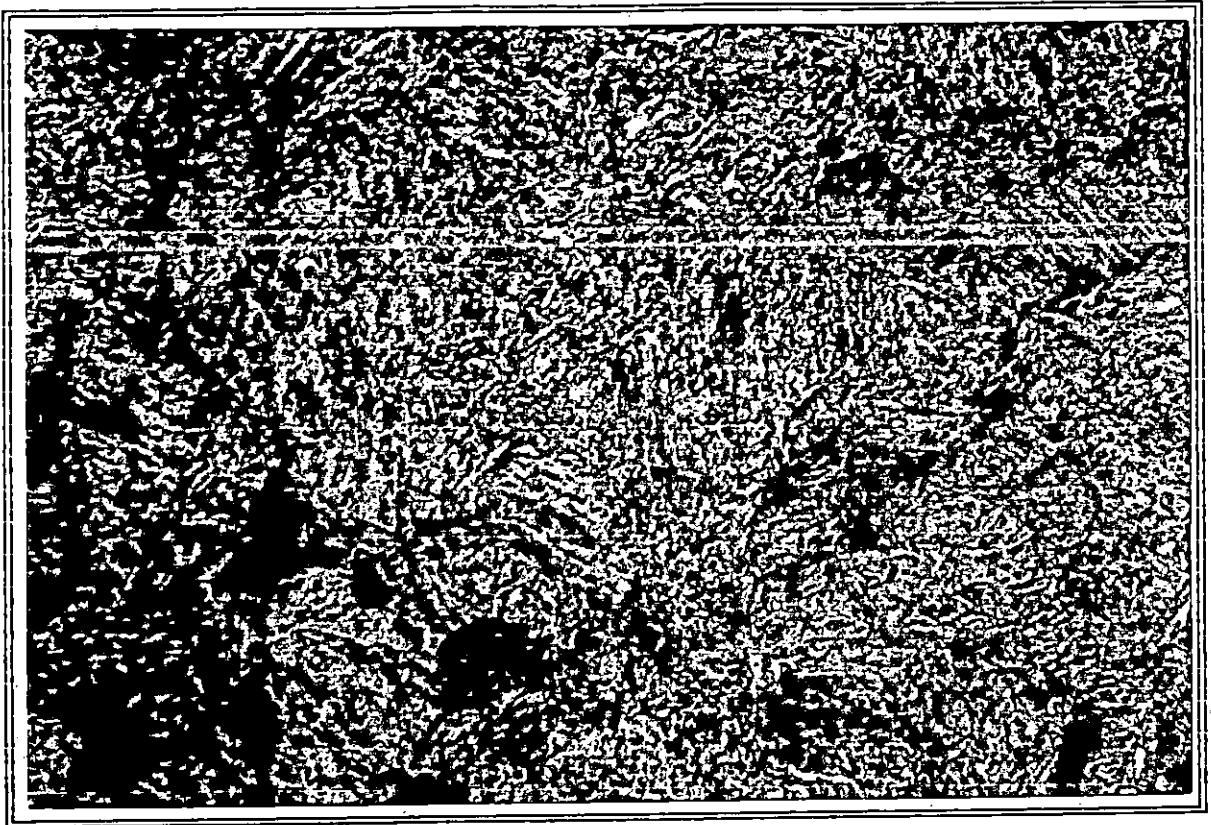
Este acero es usado en la fabricación de piezas de maquinaria sometidas a no muy altos esfuerzos, tales como: pernos, tuercas, pines, pasadores, cuñas, etc.



Acero	: AISI 1045
Composición	: C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 680 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 820 - 850 °C.
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 50.4 RA (152 BHN)
Dureza Esperada	: 40 RC máx. (375 BHN)
Microestructuras Presentes	: Ferrita y Perlita fina.



Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 830 °C.
Rango teórico de Temperatura : 820 - 850 °C.
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 49.5 RC (477 BHN)
Dureza Esperada : 40 RC máx. (375 BHN)
Microestructuras Presentes : Bainita, Ferrita y Perlita fina.

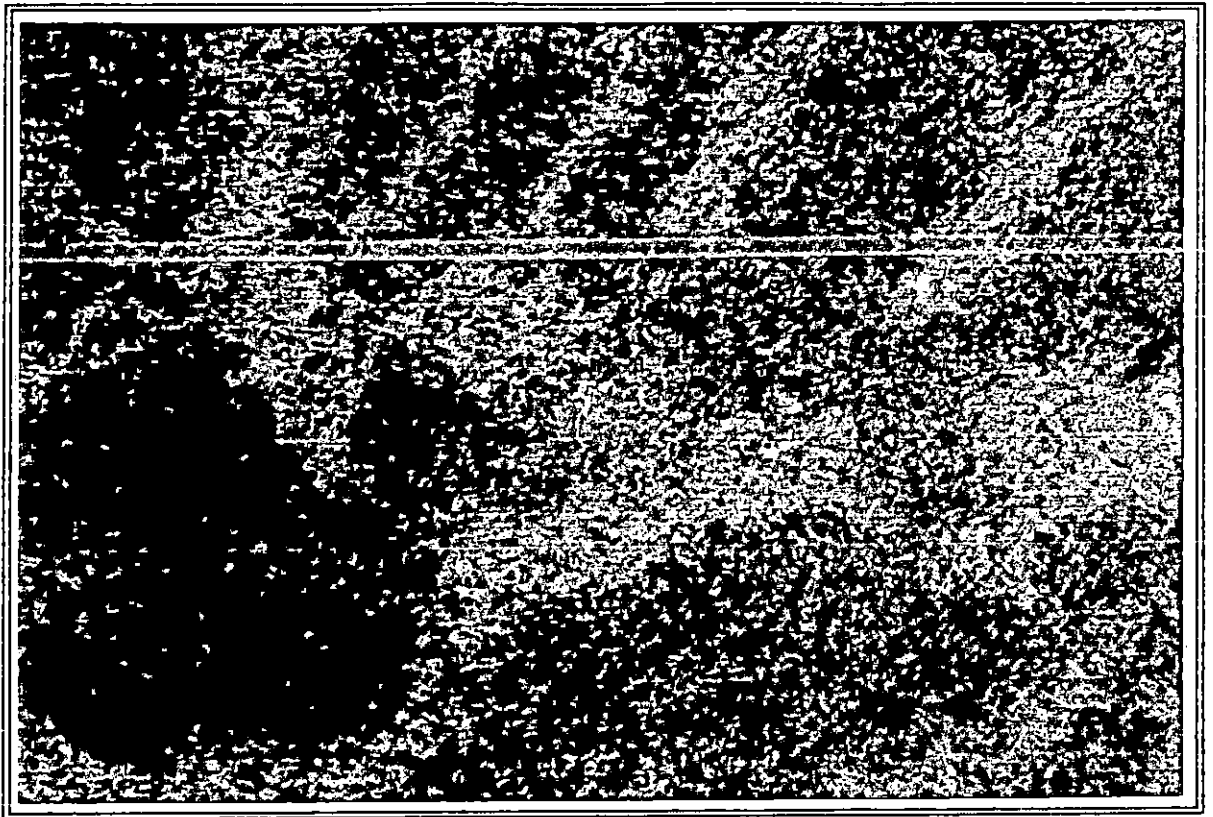


Acero	: AISI 1045
Composición	: C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 980 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 820 - 850 °C.
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 52.6 RC (514 BHN)
Dureza Esperada	: 40 RC máx. (375 BHN)
Microestructuras Presentes	: Bainita, Ferrita y Perlita fina.

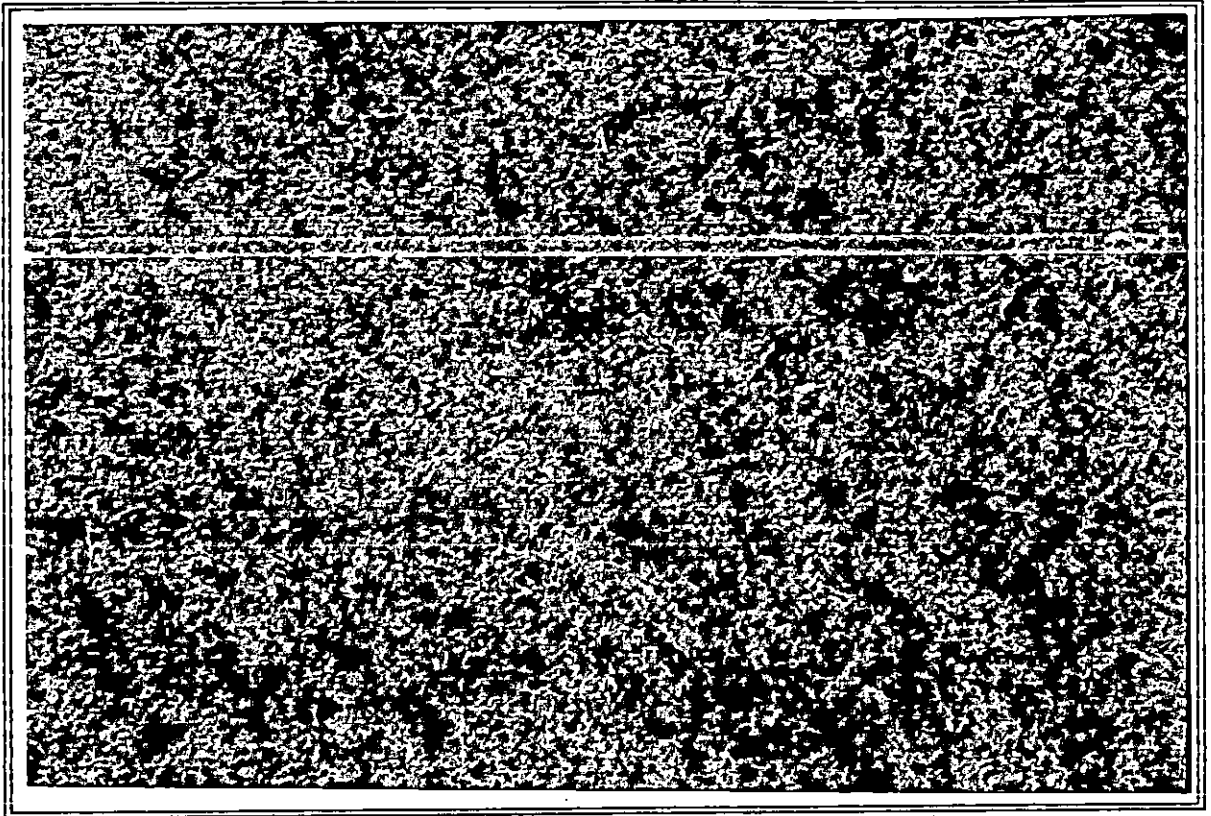
CONCLUSIONES

Acero AISI 1045. TEMPLE:

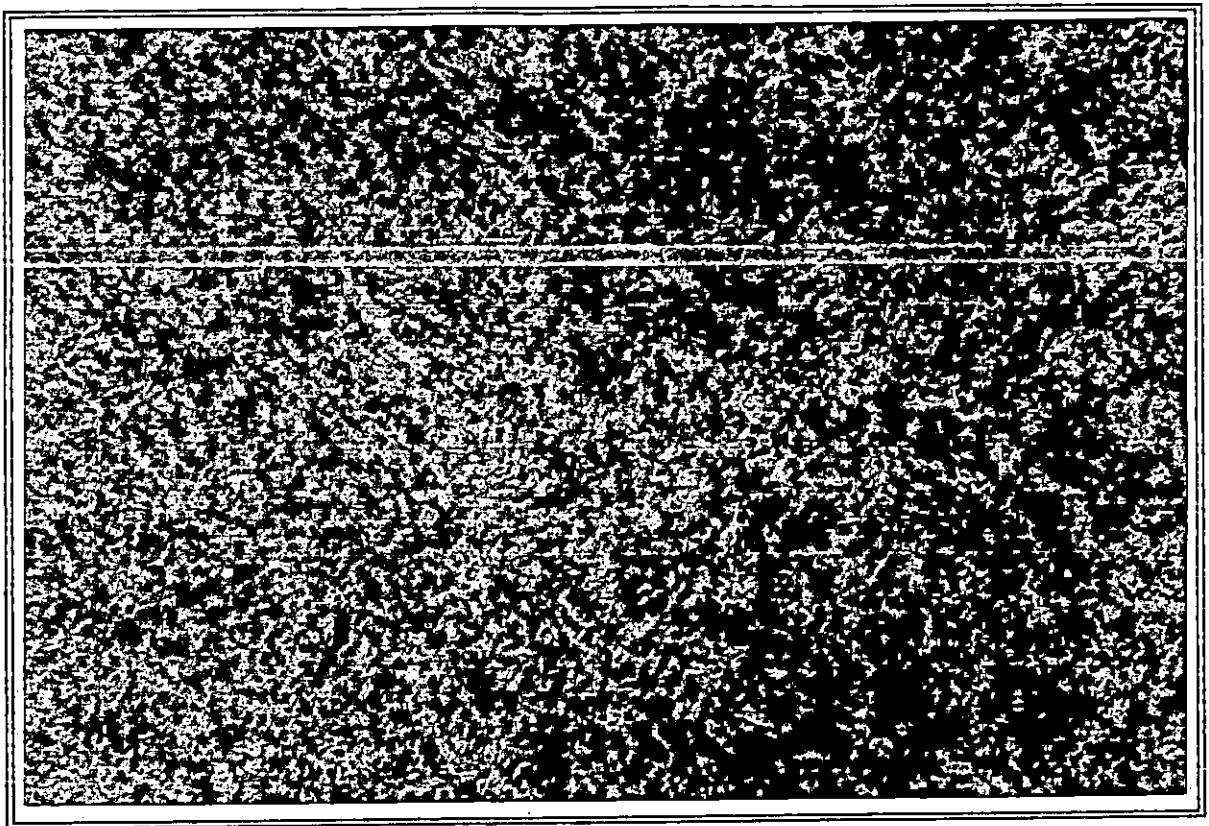
De las tres probetas templadas a diferentes temperaturas, la que recibió temple a baja, no presentó ninguna modificación en su microestructura original, es decir, matriz de ferrita y perlita fina; por otro lado, las templadas a alta y media temperatura, presentaron ferrita, perlita y bainita en abundante cantidad. La presencia de bainita posteriormente a un temple es muy favorable, ya que posee alta dureza y gran estabilidad en cuanto a esfuerzos residuales.



Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 350 °C.
Rango teórico de Temperatura : 20 - 300 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 48.0 RA (140 BHN)
Dureza Esperada : 48 - 58 RC (461 - 627 BHN)
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.



Acero	: AISI 1045
Composición	: C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico	: REVENIDO
Temperatura	: 500 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 20 - 300 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 34.3 RC (321 BHM)
Dureza Esperada	: 48 - 58 RC (461 - 627 BHN)
Microestructuras Presentes	: Ferrita y Perlita fina.



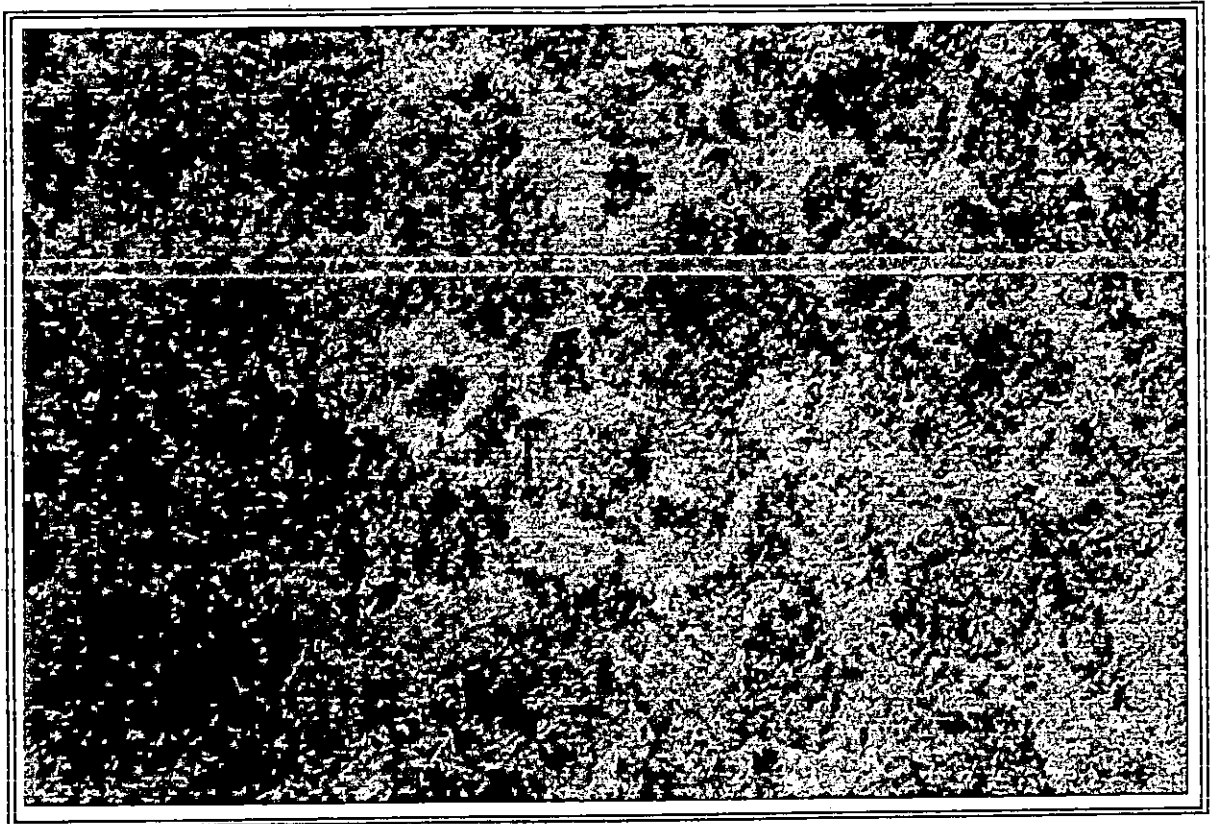
Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 650 °C.
Rango teórico de Temperatura : 20 - 300 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 47.7 RA (140 BHN)
Dureza Esperada : 48 - 58 RC (461 - 627 BHN)
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.

CONCLUSIONES

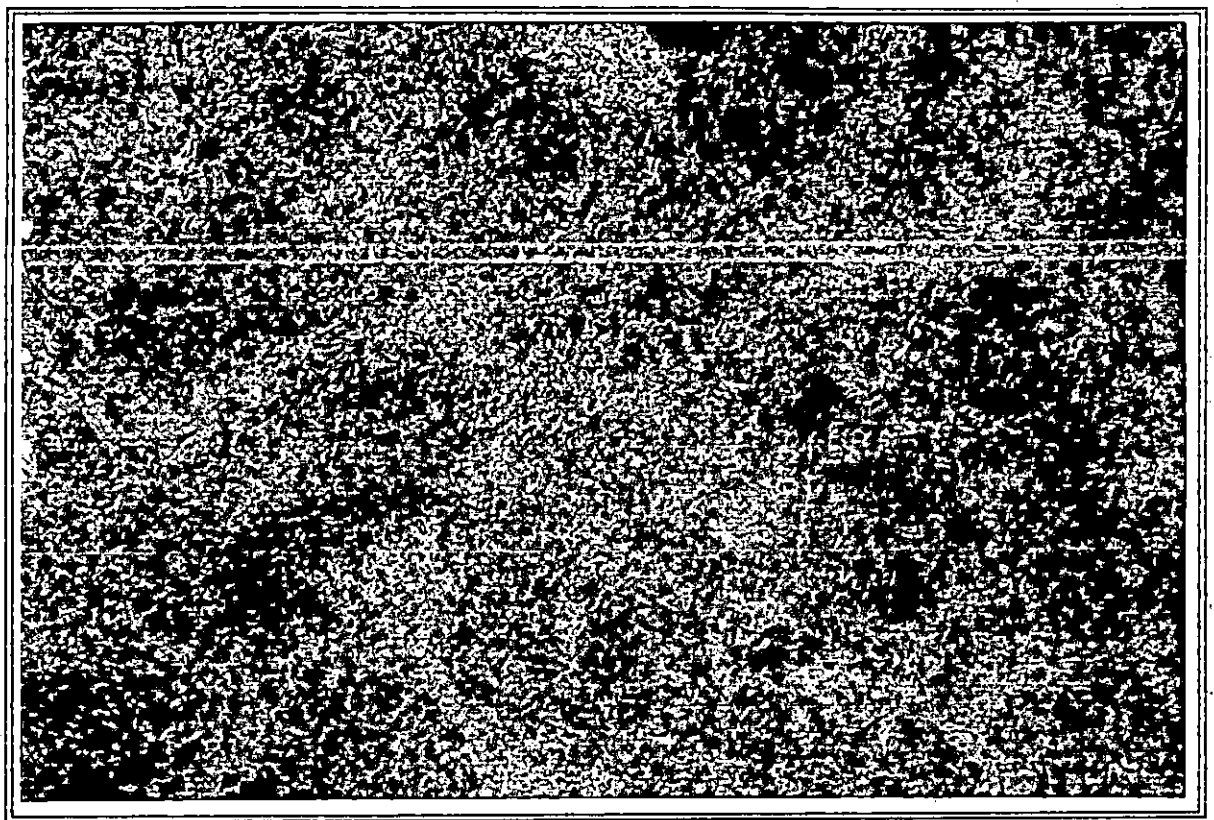
Acero AISI 1045. REVENIDO:

Las tres muestras presentan para este caso microestructuras muy diferentes; la revenida a baja, presenta las microestructuras más blandas: ferrita y perlita, ambas de granos gruesos. Esta formación se debe a que el tratamiento de temple que se aplicó inicialmente a la probeta, no superó las temperaturas críticas inferior, por tanto, la microestructura posterior al temple, fué la misma que la del estado de entrega (Ferrita y Perlita) y que el revenido a baja temperatura no modificó en absoluto.

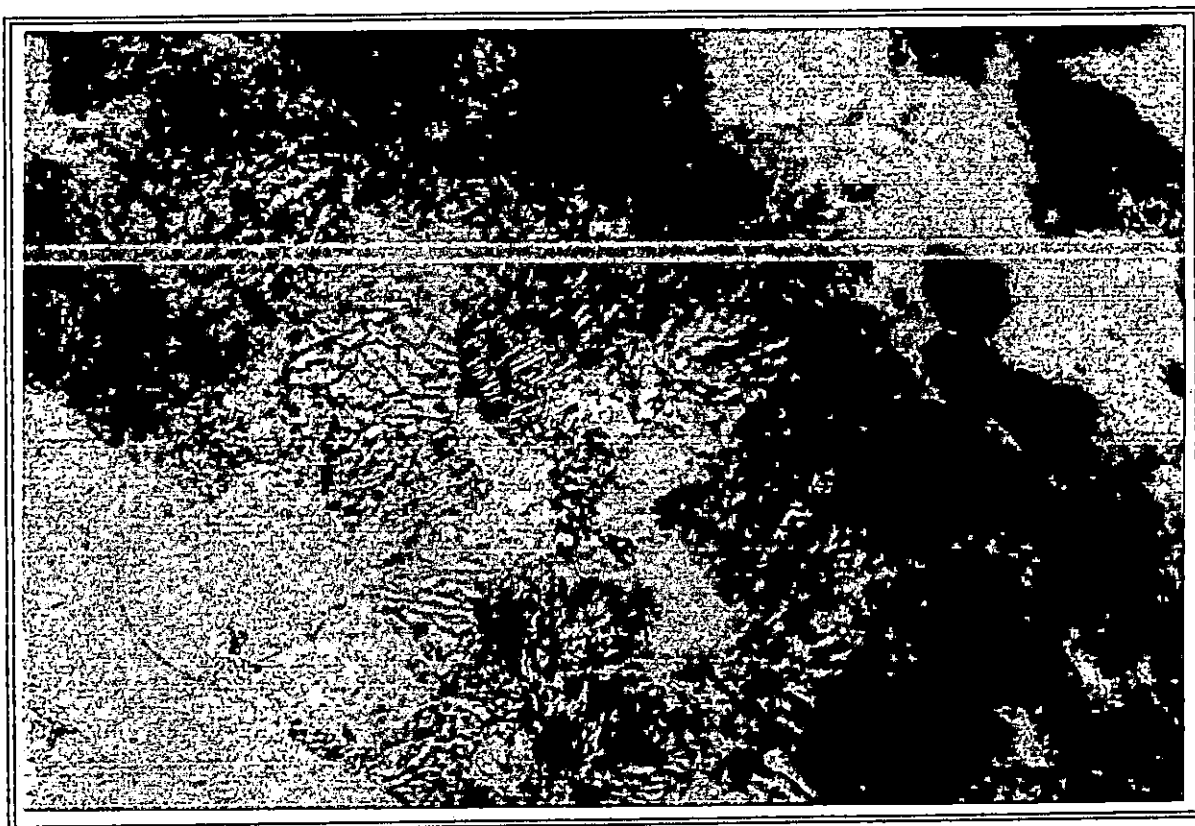
La probeta revenida a media temperatura presenta mucha perlita y poca ferrita, lo cual hace que sea más dura que la probeta revenida a baja, y por último la probeta revenida a alta temperatura muestra bainita y ferrita, lo que la hace más dura que las dos probetas anteriores. El hecho de obtener la microestructura más dura después de aplicar un revenido a alta temperatura, es a consecuencia de que el tratamiento que antecedió al revenido, fué un temple a alta temperatura, que nos produjo una transformación a las microestructuras más duras (martensita), que al ser revenidas a alta temperatura no solo aliviaron tensiones, sino que se transformaron a una estructura más blanda (bainita).



Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : RECOCIDO
Temperatura : 560 °C.
Rango teórico de Temperatura : 660 - 700 °C.
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 50.1 RA (152 BHN)
Dureza Esperada : 174 - 207 BHN
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita gruesa.



Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico. : RECOCIDO
Temperatura : 710 °C.
Rango teórico de Temperatura : 660 - 700 °C.
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 44.8.RA (128 BHN)
Dureza Esperada : 174 - 207 BHN
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita gruesa.

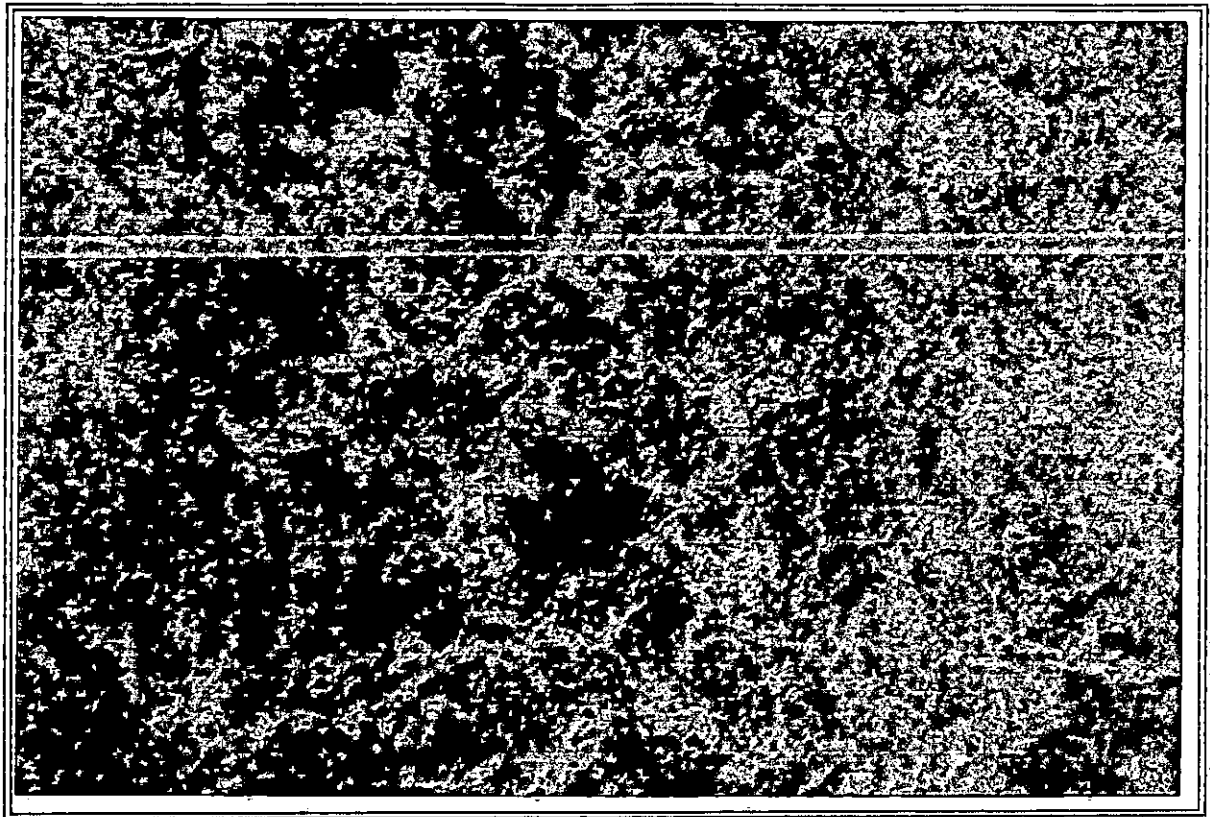


Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : RECOCIDO
Temperatura : 860 °C.
Rango teórico de Temperatura : 660 - 700 °C.
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 40.2 RA (109 BHN)
Dureza Esperada : 174 - 207 BHN
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita gruesa.

CONCLUSIONES

Acero AISI 1045. RECOCIDO:

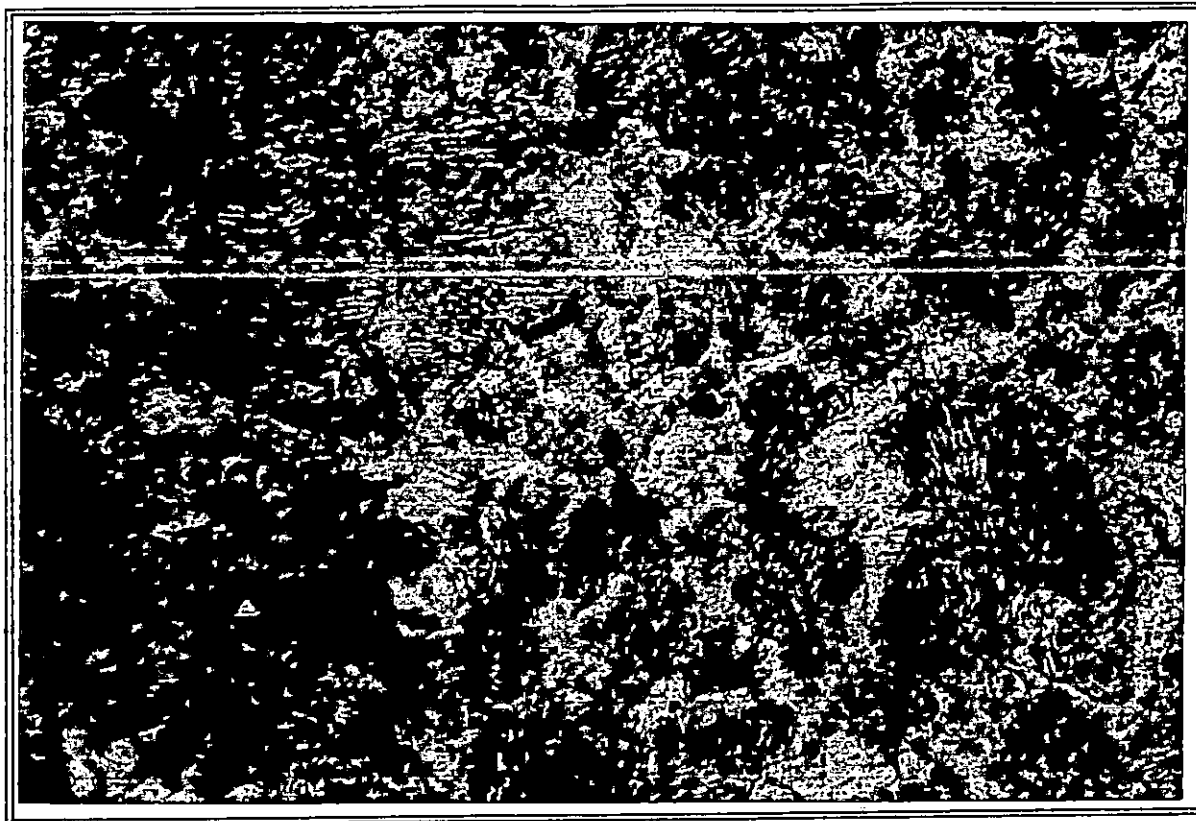
Las probetas recocidas a diferentes temperaturas, muestran la misma microestructura: ferrita y perlita; en el recocido a baja temperatura en realidad este no se llevo a cabo, pues no se superó la temperatura critica inferior, sólo se aplicó un alivio de tensiones. Por otro lado, las otras probetas manifiestan un crecimiento de grano proporcional a la temperatura, por lo cual, no es muy recomendado elevar mucho la temperatura, pues el crecimiento de grano aumenta la fragilidad del material.



Acero : AISI 1045
Composición : C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 750 °C.
Rango teórico de Temperatura : 820 - 870 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 48.2 RA (140 BHN)
Dureza Esperada : 217 - 229 BHN
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.



Acero	: AISI 1045
Composición	: C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico	: NORMALIZADO
Temperatura	: 900 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 820 - 870 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 50.2 RA (152 BHN)
Dureza Esperada	: 217 - 229 BHN
Microestructuras Presentes	: Ferrita y Perlita gruesa ó laminar.



Acero	: AISI 1045
Composición	: C 0.45, Si 0.25, Mn 0.5
Tratamiento Térmico	: NORMALIZADO
Temperatura	: 1050 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 820 - 870 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 53.4 RA (167 BHN)
Dureza Esperada	: 217 - 229 BHN
Microestructuras Presentes	: Ferrita y Perlita gruesa ó laminar.

CONCLUSIONES

Acero AISI 1045. NORMALIZADO:

Analizando las tres muestras podemos visualizar, que en las tres probetas se encuentra ferrita y perlita fina, pero en la normalizada a media y alta temperatura se observa además perlita gruesa. La formación de perlita gruesa se debe a que las temperaturas de normalizado fueron altas, produciendo un crecimiento de grano y obteniendo una perlita más ordinaria (gruesa o laminar), la cual es menos dura que la perlita fina, lo que es muy conveniente si asumimos que la finalidad de un normalizado es reducir la dureza del material en forma moderada.

ACERO MISI 4340

MATERIAL SAE/AISI 4340

Tipo de Aleación y Normas.

Aleación: C 0.34%, Cr 1.50%, Ni 1.50%, Mo 0.20%

Normas : SAE/AISI 4340

DIN 34 Cr Ni Mo 6

Cualidades y Usos.

Cualidades:

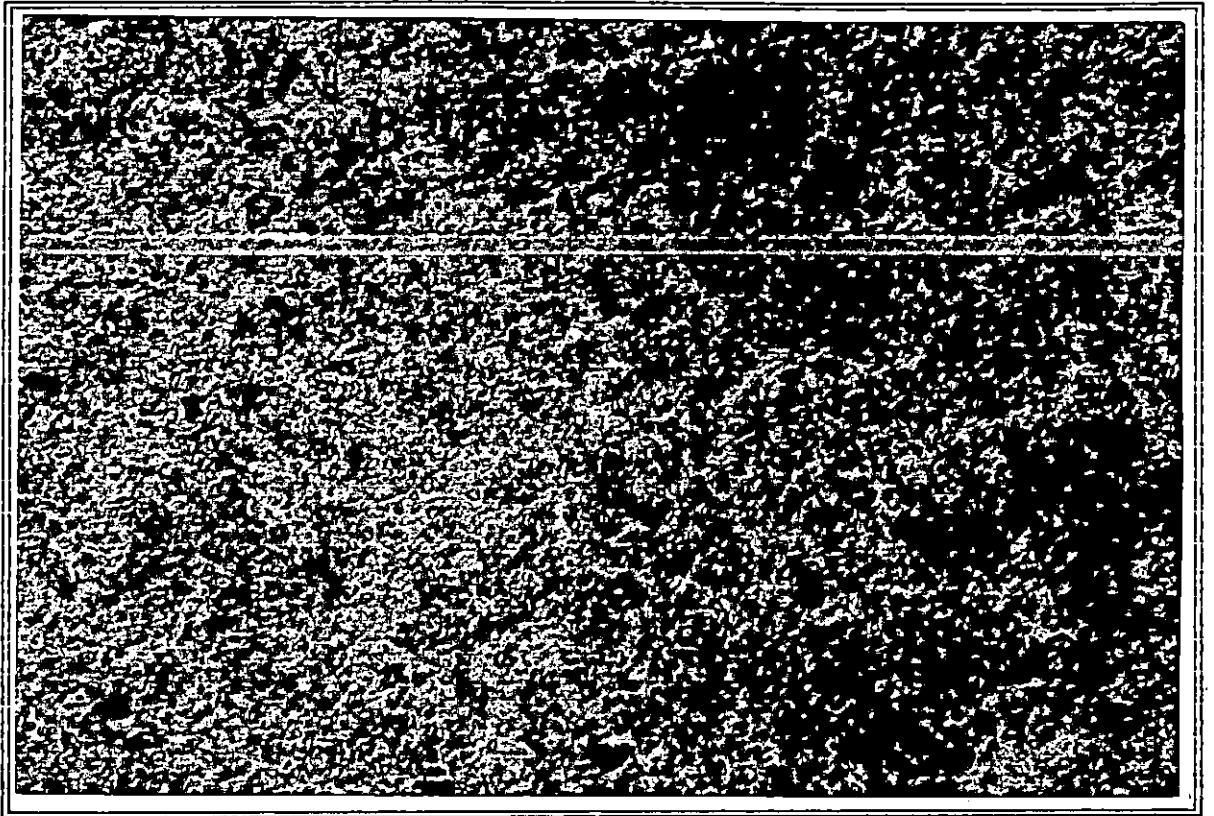
Este es un acero especial bonificado y destensionado (Estado de entrega del fabricante), aleado al Cromo-Niquel, con Molibdeno. Diseñado para maquinaria que está sujeta a altos esfuerzos de tracción y torsión, a su vez posee una gran resistencia al desgaste y al impacto. Sus principales características son:

- Excelente homogeneidad en su estado de entrega.
- Alta resistencia a la tracción y torsión.
- Buenas cualidades de maquinabilidad.
- Templable.
- Permite darle un buen acabado en su pulimento.

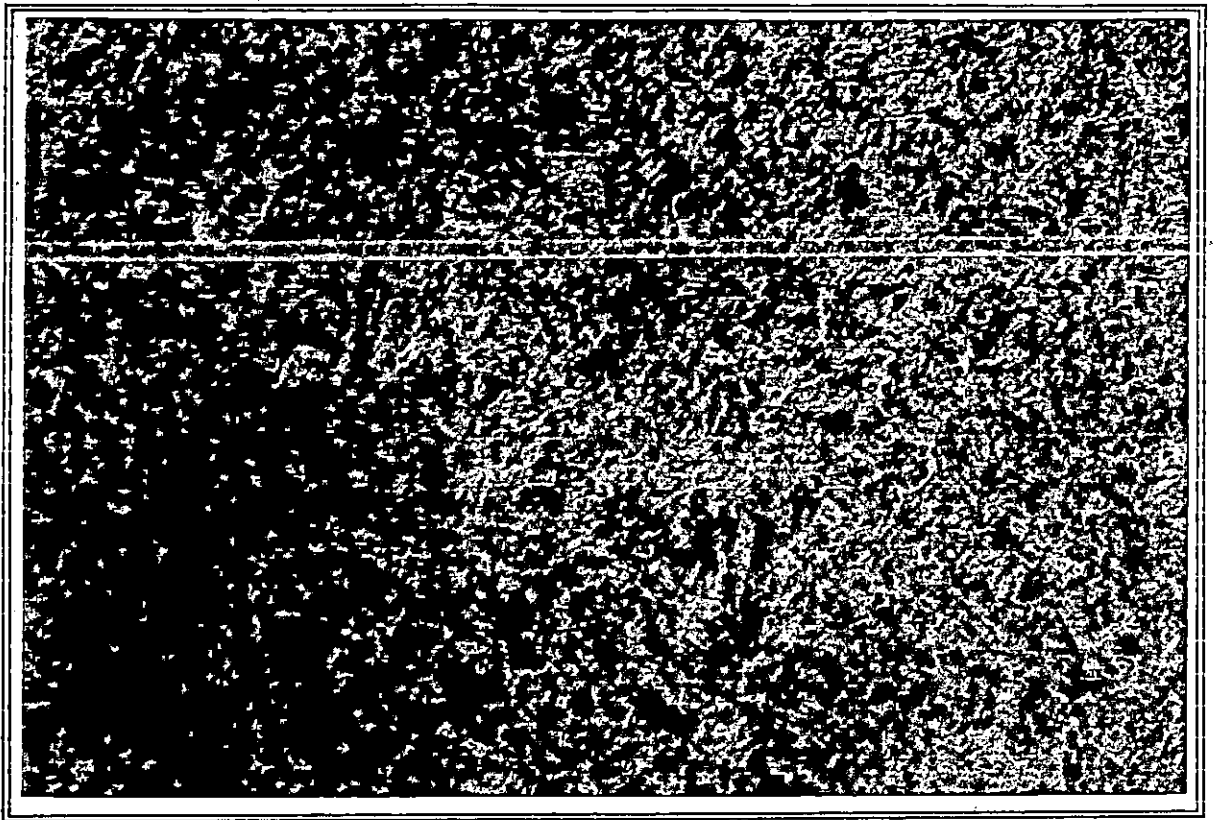
Usos:

Este material, gracias a su composición química, tiene excelentes propiedades para resistir fuertemente la tracción, torsión, desgaste, impacto y otros, lo cual permite que se le den los siguientes usos:

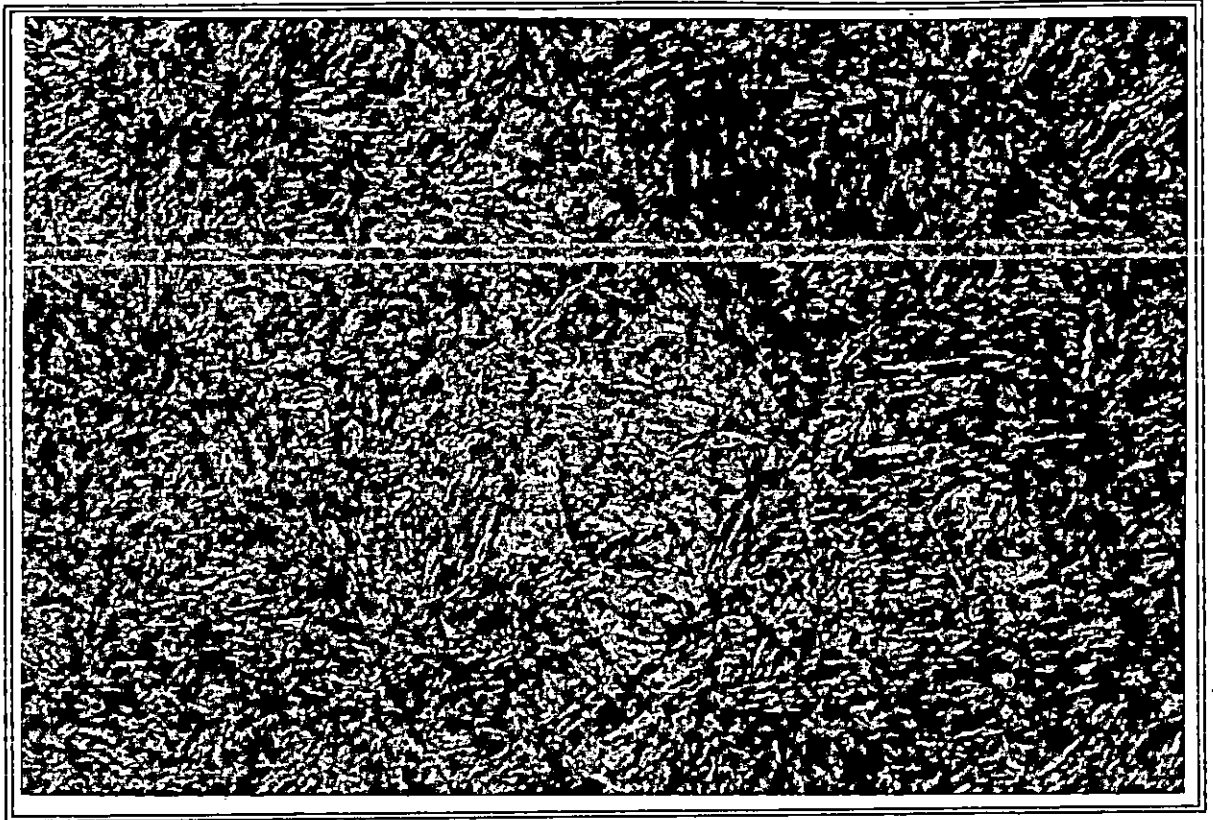
- Partes de maquinaria y repuestos sometidos a muy altos esfuerzos dinámicos.
- Ejes que requieren altos esfuerzos de tracción, torsión expuestos a severas exigencias de fatiga.
- Aplicable a la industria del plástico, en moldes, boquillas, debido a que puede trabajarse hasta 500°C sin perder sus características.
- Cigüeñales, ejes de bombas, tuercas de alta resistencia, rodillos de transportadores, pines, etc.
- Piñones sometidos a grandes esfuerzos, como los de caja de velocidades, transmisiones, etc.



Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : TEMPLE
Temperatura : 680 °C.
Rango teórico de Temperatura : 830 - 850 °C.
Medio Enfriante : ACEITE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 55.1 RA (174 BHN)
Dureza Esperada : 54 RC máx. (534 BHN)
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.



Acero	: AISI 4340
Composición	: C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 830 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 830 - 850 °C.
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 53.1 RC (534 BHN)
Dureza Esperada	: 54 RC máx. (534 BHN)
Microestructuras Presentes	: Bainita, Perlita fina y Ferrita

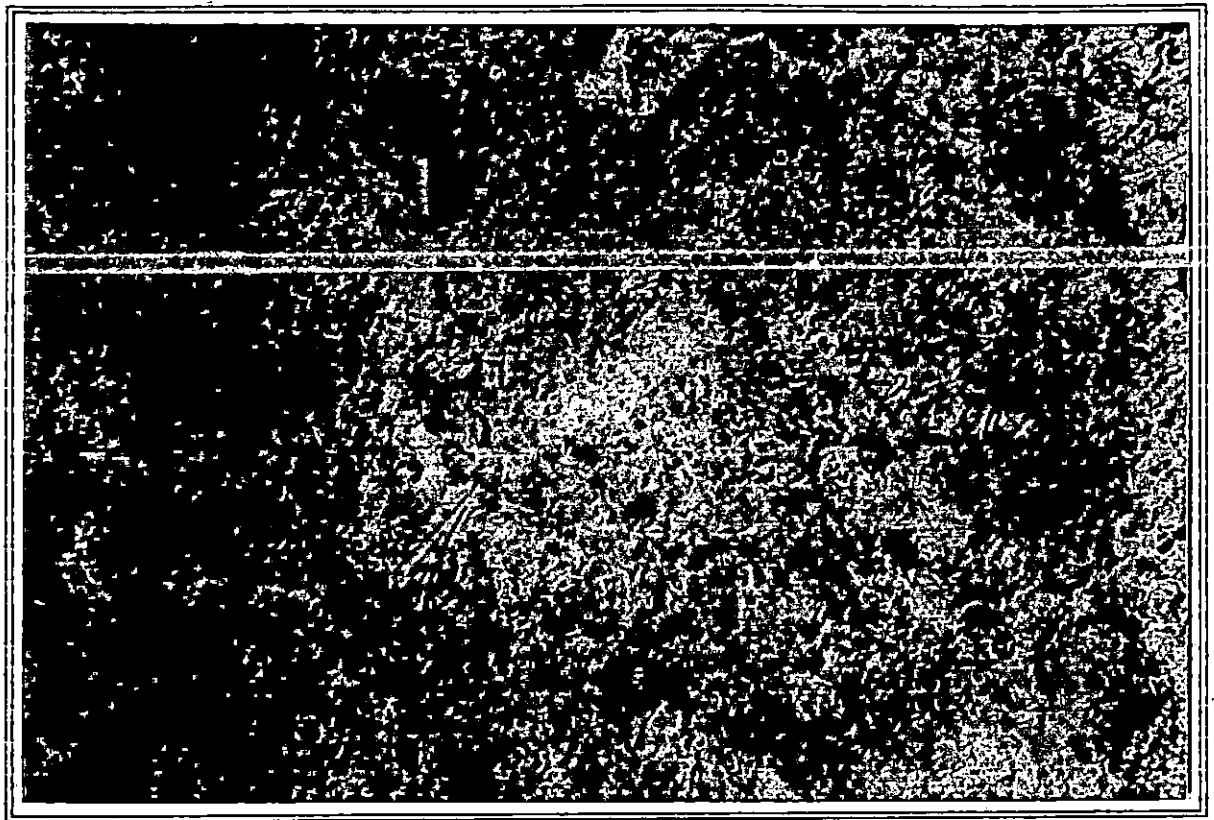


Acero	: AISI 4340
Composición	: C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico	: TEMPLE
Temperatura	: 980 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 830 - 850 °C.
Medio Enfriante	: ACEITE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 48.3 RC (461 BHN)
Dureza Esperada	: 54 RC máx. (534 BHN)
Microestructuras Presentes	: Bainita y Ferrita.

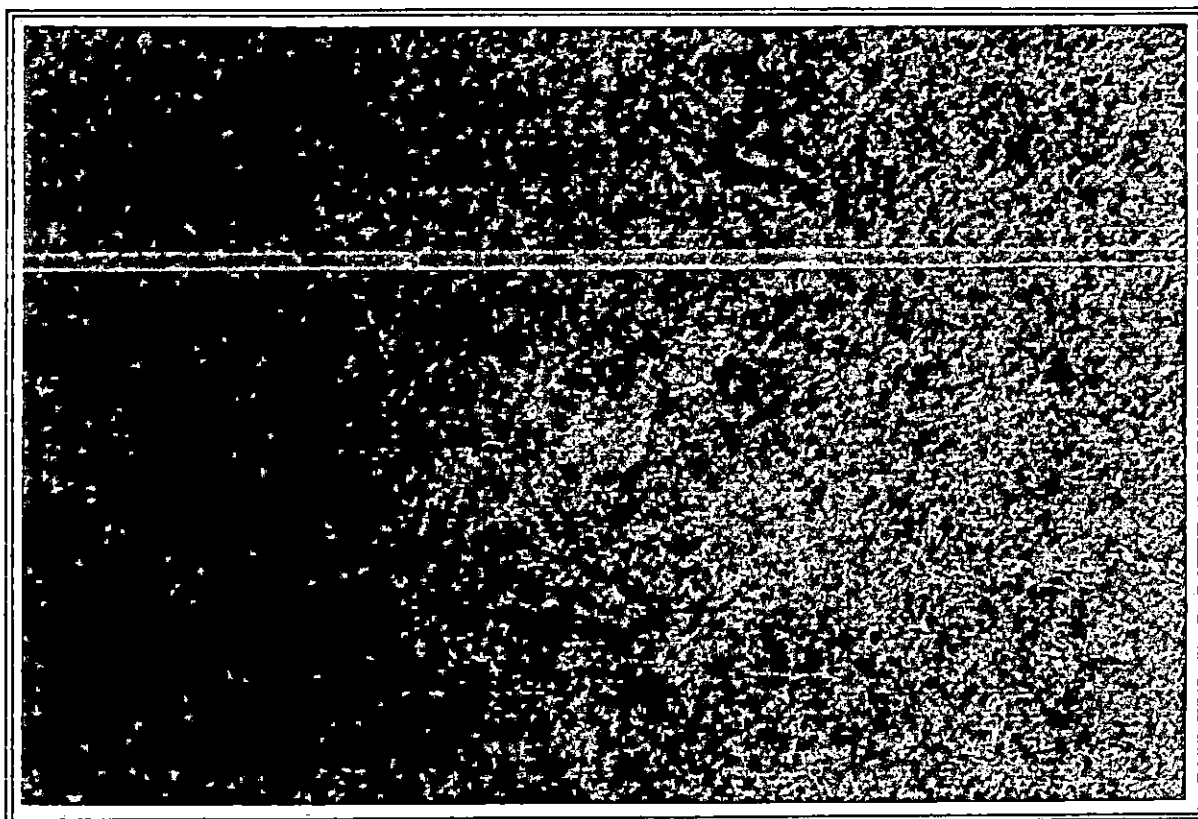
CONCLUSIONES

Acero AISI 4340. TEMPLE:

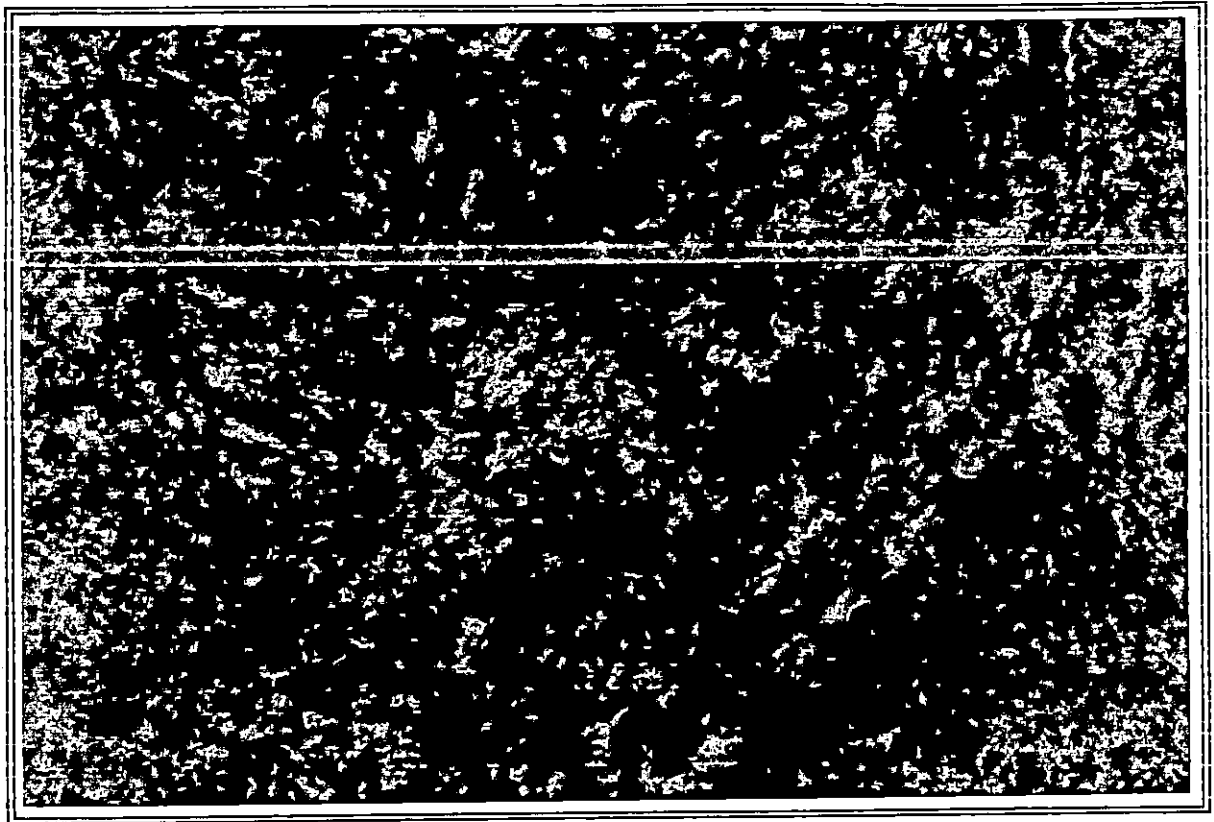
La probeta templada a baja temperatura, muestra las microestructuras: ferrita y perlita, esto es debido, a que la temperatura del tratamiento fue tan baja que no se superó la temperatura crítica inferior y por tanto, no puede existir ninguna transformación de microestructura. Por otro lado, las probetas templadas a media y alta temperatura, presentan adicionalmente bainita a un 50% y 80% aproximadamente. Esta microestructura es muy favorable pues es la que sigue a la martensita en cuanto a dureza, pero es mucho más estable que esta, evitando que la probeta vaya a sufrir alguna deformación ó fractura.



Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 350 °C.
Rango teórico de Temperatura : 500 - 600 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 53.5 RA (167 BHN)
Dureza Esperada : 270 - 330 BHN
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.



Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 500 °C.
Rango teórico de Temperatura : 500 - 600 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 68.9 RA (341 BHN)
Dureza Esperada : 270 - 330 BHN
Microestructuras Presentes : Bainita y Ferrita.

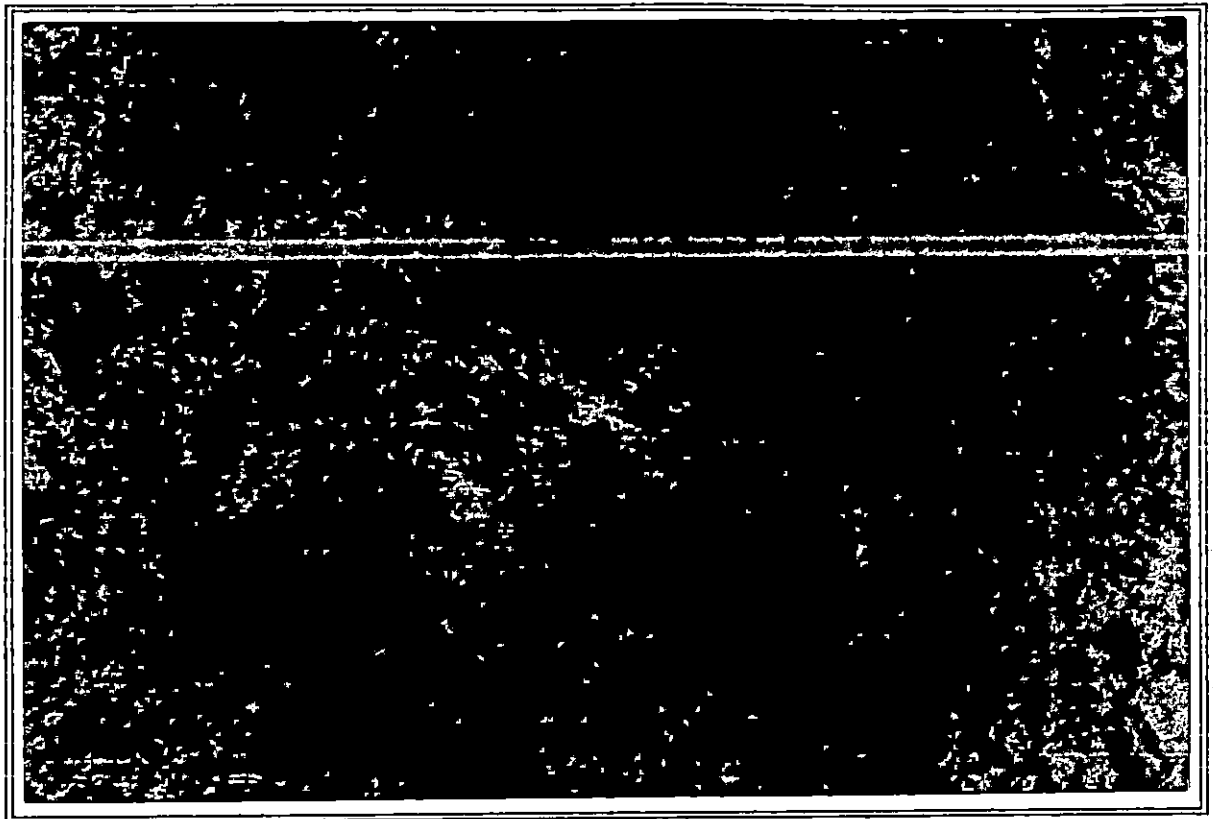


Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : REVENIDO
Temperatura : 650 °C.
Rango teórico de Temperatura : 500 - 600 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 59.8 RA (217 BHN)
Dureza Esperada : 270 - 330 BHN
Microestructuras Presentes : Bainita, Perlita fina y Ferrita.

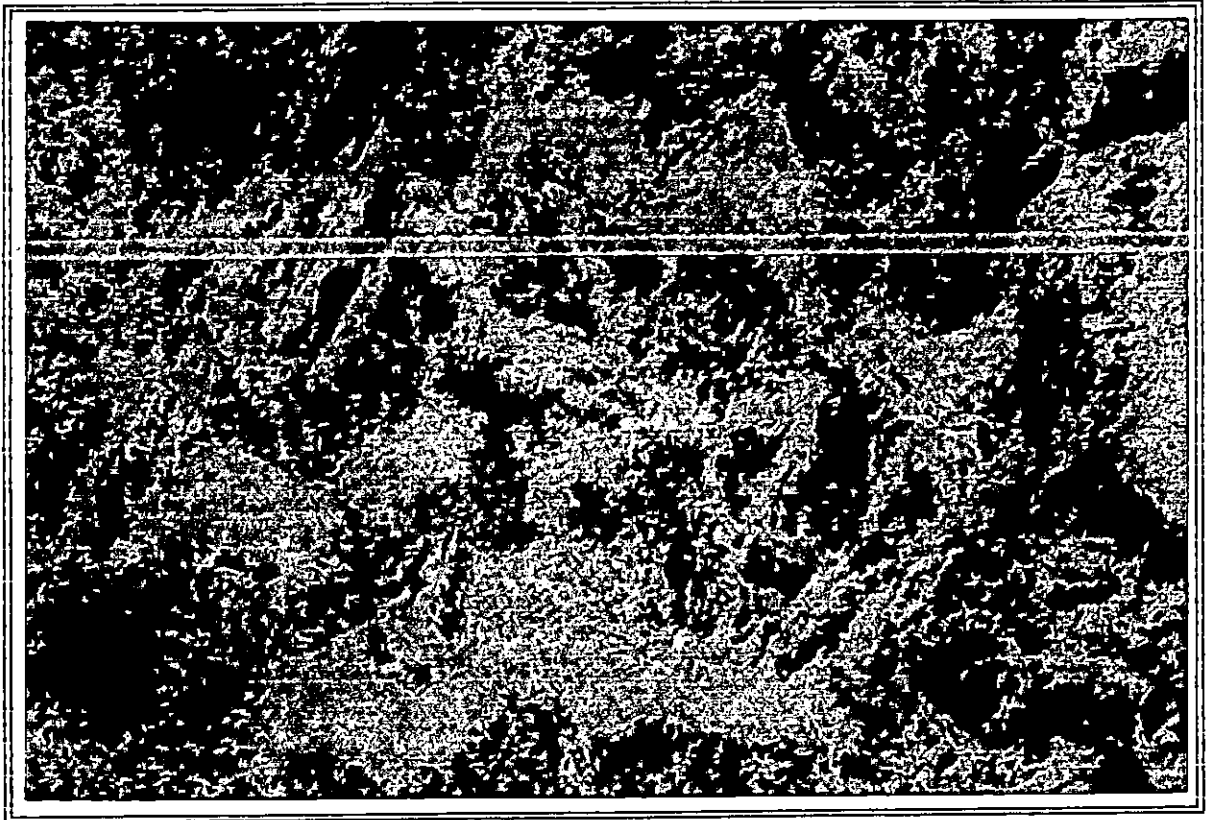
CONCLUSIONES

Acero AISI 4340. REVENIDO:

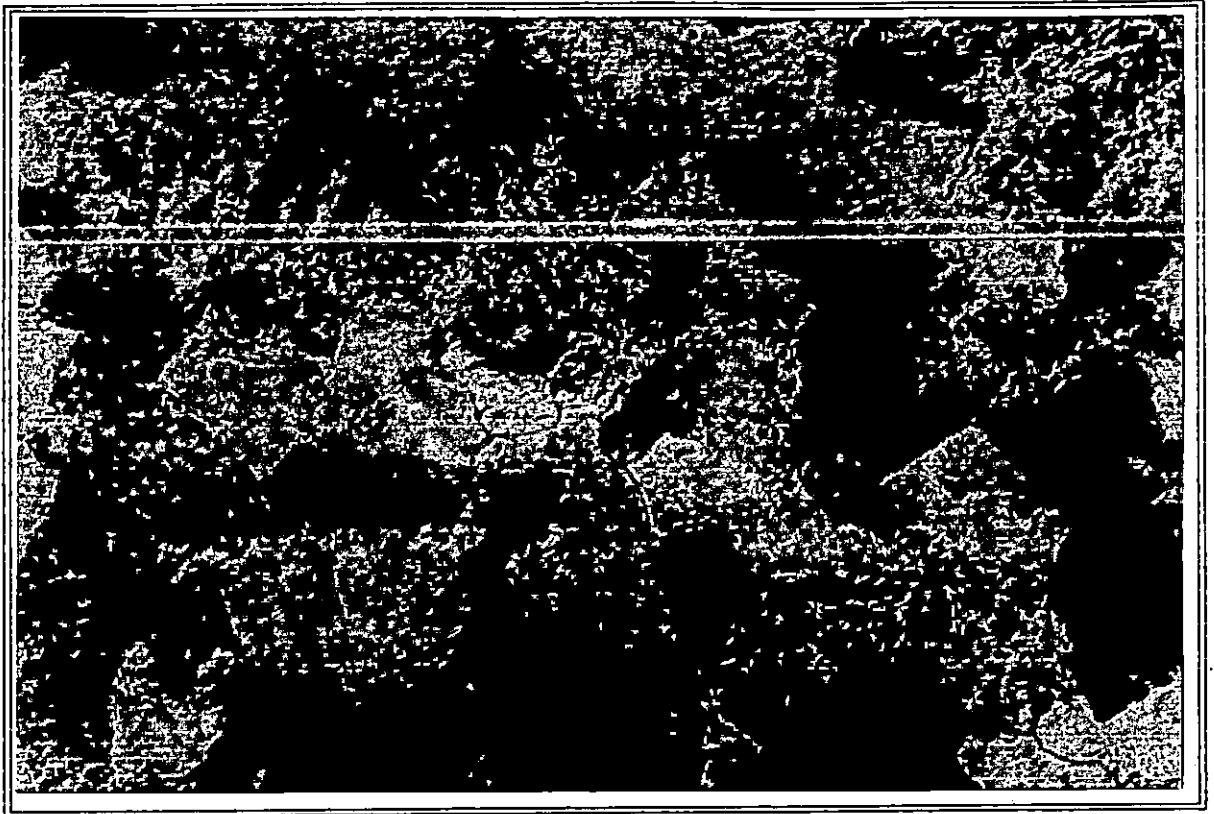
De las tres probetas, la revenida a baja temperatura muestra una microestructura suave (ferrita y perlita), esto es debido a que la probeta se templó a baja temperatura, la cual no modificó su microestructura; en cuanto a las probetas revenidas a media y alta temperatura, la microestructura que se observa es bainita, con la diferencia de que en la revenida a media temperatura, la bainita es más fina que la que se obtuvo a alta temperatura. La presencia de bainita posteriormente a un revenido a media y alta temperatura se debe a que, a ambos tratamientos los precedieron temple a media temperatura y alta temperatura respectivamente, obteniéndose estructuras de alta dureza (martensita y bainita), que al ser revenidas, se transformaron a una microestructura más estable, pero de regular dureza, como lo es la bainita.



Aceró	: AISI 4340
Composición	: C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 560 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 650 - 800 °C.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 61.1 RA (223 BHN)
Dureza Esperada	: 235 HBN máx.
Microestructuras Presentes	: Bainita, Perlita fina y Ferrita.



Acero	: AISI 4340
Composición	: C. 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico	: RECOCIDO
Temperatura	: 710 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 650 - 800 °C.
Medio Enfriante	: AL HORNO
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 54.2 RA (174 BHN)
Dureza Esperada	: 235 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Ferrita y Perlita fina.

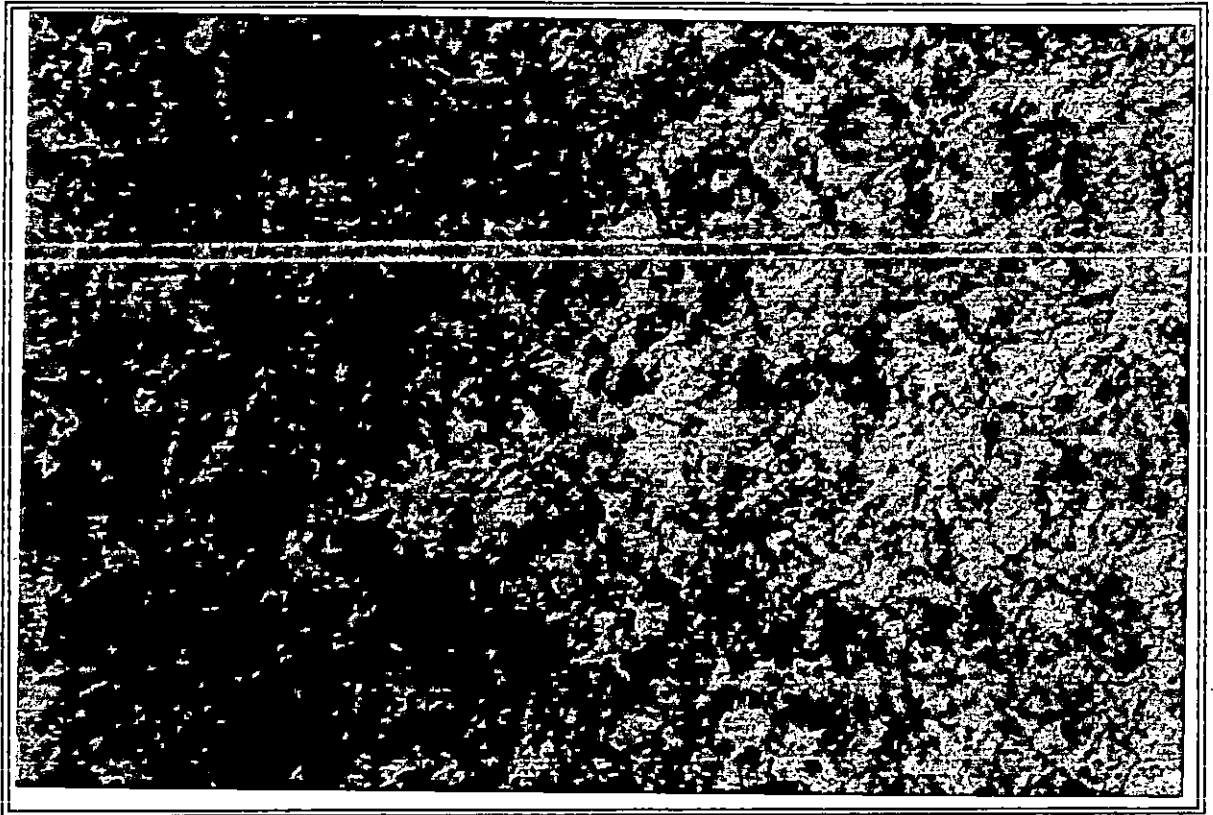


Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : RECOCIDO
Temperatura : 860 °C.
Rango teórico de Temperatura : 650 - 800 °C.
Medio Enfriante : AL HORNO
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 57.5 RA (197 BHN)
Dureza Esperada : 235 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.

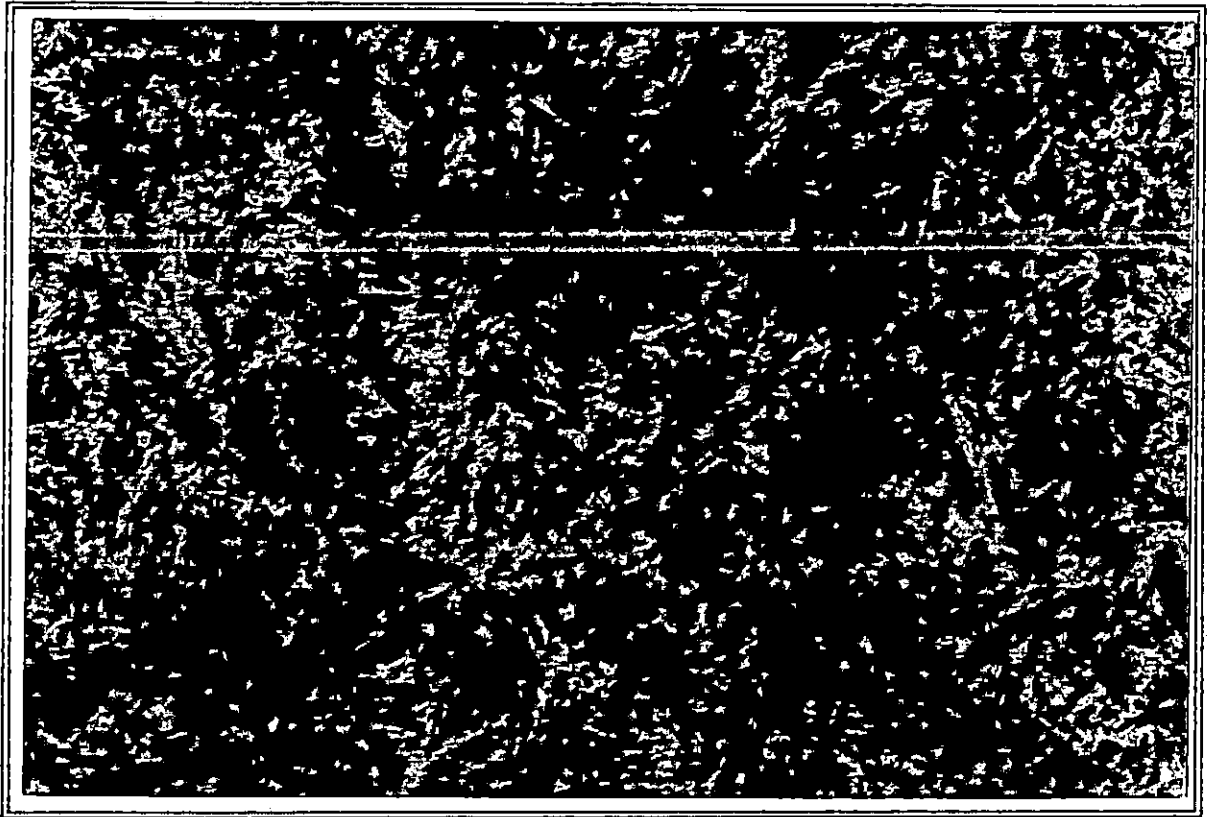
CONCLUSIONES

Acero AISI 4340. RECOCIDO:

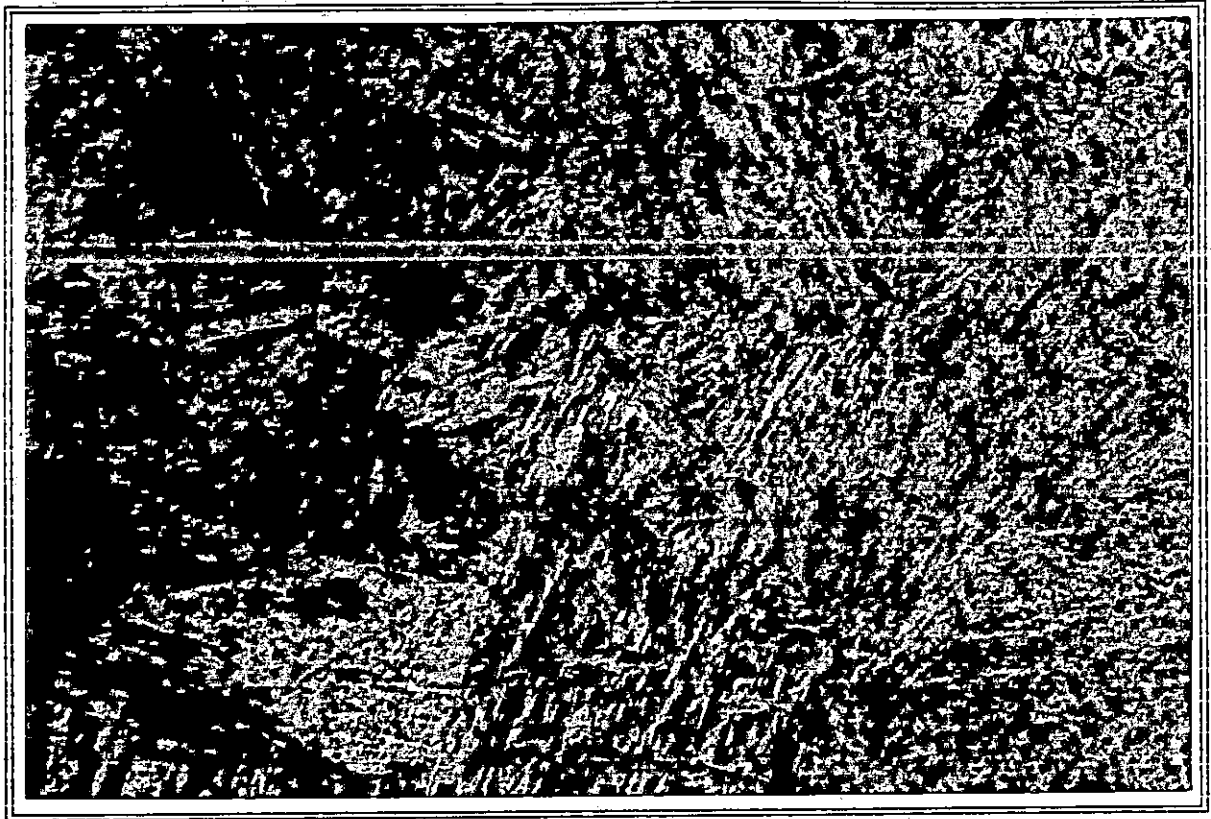
Se puede observar que la estructura original de entrega de el material (bainita), se ve modificada al aumentar la temperatura al grado de que inicialmente tenemos ferrita y bainita (baja temperatura), luego los granos de ferrita crecieron (media temperatura), hasta que parte de la bainita se transformó a perlita, lo cual se dió cuando se recoció a alta temperatura.



Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 750 °C.
Rango teórico de Temperatura : 850 - 880 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 59.4 RA (212 BHN)
Dureza Esperada : 293 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Ferrita y Perlita fina.



Acero	: AISI 4340
Composición	: C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico	: NORMALIZADO
Temperatura	: 900 °C.
Rango teórico de Temperatura	: 860 - 880 °C.
Medio Enfriante	: AL AIRE
Ataque Químico	: Nital al 2% de Concentración.
Aumento	: 500 X
Dureza Obtenida	: 74.9 RA (461 BHN)
Dureza Esperada	: 293 BHN máx.
Microestructuras Presentes	: Bainita, Perlita fina y Ferrita.



Acero : AISI 4340
Composición : C 0.34, Cr 1.5, Mo 0.2, Ni 1.5
Tratamiento Térmico : NORMALIZADO
Temperatura : 1050 °C.
Rango teórico de Temperatura : 860 - 880 °C.
Medio Enfriante : AL AIRE
Ataque Químico : Nital al 2% de Concentración.
Aumento : 500 X
Dureza Obtenida : 66.8 RA (311 BHN)
Dureza Esperada : 293 BHN máx.
Microestructuras Presentes : Bainita, Perlita fina y Ferrita.

CONCLUSIONES

Acero AISI 4340. NORMALIZADO:

Las probetas normalizadas a baja temperatura muestran una estructura de perlita fina y ferrita, mientras que las probetas normalizadas a mediana y alta temperatura, presentaron bainita en alta proporción, por lo que se puede decir que la diferencia de temperatura a la cual se elevó la probeta con respecto a la temperatura a la cual se encontraba el medio fué tan grande, que se produjo en la pieza una alta velocidad de enfriamiento, originando en la pieza estructuras bainíticas, las cuales son características en el temple y no en el normalizado; pero debido a la gran cantidad de aleantes que posee el acero AISI 4340, en el normalizado a media y alta temperatura le proporciona una velocidad de enfriamiento tal, que es posible templarlo al medio ambiente (ver gráfica T-T-T para AISI 4340 en ANEXD 1).

FUENTES DE INFORMACION

- 1 - ACAVISA de CV. , 25 Av. Sur No. 763, San Salvador.
- 2 - ABASTECEDORA INDUSTRIAL SA. de CV. , Depto. de Comercialización, Calle Gerardo Barrios, San Salvador.
- 3 - REPRESENTACIONES DIVERSAS SA. , Depto. de Mercadeo y Ventas, Calle Gabriela Mistral No. 209, San Salvador.
- 4 - ACEROS SALVADOREÑOS, Barrio San Jacinto, San Salvador.
- 5 - TALLERES MOLDTROK SA., Taller de Servicio, 25 AV. Sur, S.S.
- 6 - BOIRA DE EL SALVADOR SA., División de Tratamientos Térmicos, Carretera Panamericana, Nva. San Salvador.

BIBLIOGRAFIA

- Carl A. Keyser, Ciencia de Materiales para Ingeniería, Editorial LIMUSA, Mexico, 1975.
- Paul de Garmo, Materiales y Procesos de Fabricación, Publicaciones SEIAS.
- Sidney H. Avner, Introducción a la Metalurgia Física, McGraw Hill, Mexico, 1979.
- M. A. Grossman, Principios de Tratamientos Térmicos, Editorial Blume, Madrid, 1972.

- Ernesto G. Arqueta y otros, El Tratamiento Térmico de los Materiales Metálicos y Algunas Aplicaciones en Aceros de Herramientas y de Máquinas., Tesis, Universidad de El Salvador, San Salvador, 1980.
- Ronald E. Anevalo Perla y otros, Estudio de Casos y Propuestas de Reparación de Piezas para las Unidades de Transporte Colectivo de San Salvador., Tesis, Universidad de El Salvador, San Salvador, 1991.
- Alberto G. Regalado Campos y otros, El Tratamiento Térmico, sus Aplicaciones y Usos en los Principales Aceros que Existen en El Salvador., Tesis, Universidad Albert Einstein, San Salvador, 1990.
- René Maurício Hernandez, Apuntes de Clase Tratamientos Térmicos de los Aceros., Ciclo I, Año 1991 - 1992, Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Guía de Aleaciones y productos Eutectic + Castolin., RETECSA SA. de CV.
- Recomendaciones Técnicas para Aceros BOEHLER., ABASTEINSA de CV.
- Carta de Aceros ASSAB., ACAVISA SA. de CV.

ANEXO 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ENCUESTA A DISTRIBUIDORES DE ACEROS EN EL PAIS.

EMPRESA: _____

PERSONA ENCUESTADA: _____

CARGO: _____

FECHA: _____

1- Que marcas de Aceros distribuyen? _____

2- De que país proceden? _____

3- Bajo que norma se rigen las especificaciones de estos aceros?

4- Verifican la Calidad y Norma de los aceros que reciben? _____

5- Con que especificaciones de norma deben de venir los aceros?

6- Distribuyen Aceros al Carbono? _____

7- Distribuyen Aceros Aleados? _____

8- Distribuyen Aceros Especiales? _____

9- Que tipos de acero le demandan más? (Enumerar según la demanda).

- a) _____
- b) _____
- c) _____
- d) _____
- e) _____

10)- Que propiedades tienen los aceros que antes enumeró?

- a) _____
- b) _____
- c) _____
- d) _____
- e) _____

11)- Para qué usos recomienda cada uno de estos aceros?

- a) _____
- b) _____
- c) _____
- d) _____
- e) _____

12)- Que tipo de empresas son las que demandan más los aceros mencionados _____

13)- Podría mencionar alguna de esas empresas? _____

14)- Sabe si estas empresas tienen su propio taller para Tratamientos Térmicos? _____

15)- La Compañía Distribuidora de Aceros, proporciona el servicio de Tratamientos Térmicos a sus clientes? _____

16)- Si tuviera que sugerir a un cliente una empresa que realice Tratamientos Térmicos, cuál o cuales le sugeriría?

17)- Que tipo de Tratamiento Térmico les indica a sus clientes que pueden practicar en los aceros que a Ud. más le demandan?

18)- Ha tenido algún tipo de reclamo, sobre los aceros suministrados? _____

19)- Si ha tenido reclamos, podría explicar en que han consistido?

20)- Cuenta la distribuidora con información teórica escrita acerca de los tratamientos que pueden aplicarse a los aceros que venden y de como deben de realizarse? _____

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQ.
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

ENCUESTA A EMPRESAS CONSUMIDORAS DE ACEROS.

EMPRESA: _____

PERSONA ENCUESTADA: _____

CARGO: _____

FECHA: _____

1)- Que tipos de aceros consume más? _____

2)- Por qué los prefiere? _____

3)- Que establecimiento se los proporciona? _____

4)- Ha tratado de sustituirlos por algún otro acero? _____

5)- A los aceros que consume, les aplica algún Tratamiento Térmico posterior al maquinado? _____

6)- Cuales son los Tratamientos térmicos que comúnmente aplica?

7)- Podria explicar la forma como realizan los Tratamientos Térmicos?_____

8)- El personal que realiza los Tratamientos Térmicos posee alguna formación técnica al respecto, ó se basan en la experiencia?

9)- Después de realizar los Tratamientos Térmicos, realizan alguna prueba, para determinar su eficacia en la realización de este?

10)- En alguna ocasión ha tenido algún tipo de reclamo con relación a procesos de Tratamientos Térmicos?_____

11)- Si su empresa no realiza Tratamientos Térmicos, que empresas le realizan los Tratamientos?_____

12)- Que tipos de Tratamientos son los que solicita?_____

13)- Cual es la calidad del Tratamiento obtenido?_____

14)- Posee algún método para determinar la calidad del tratamiento según su requerimiento?_____

15)- Cuenta la empresa con la información teórica suficiente para poder realizar los diferentes tratamientos térmicos a los aceros que consume?_____

AIISI 1020

CONOCIDO COMO EJE TRANSMISION

ACERO PARA CONSTRUCCION DE MAQUINARIA, DE ACABADO BRILLANTE.

COMPOSICION QUIMICA

C 0.18-0.22 Mn 0.60

SI 0.20 P 0.22 S 0.11

NORMA

AIISI/SAE 1020

DIN ST 37-C22

PUNTA IDENTIFICACION PLATEADO METAL

CARACTERISTICAS:

Es un acero que posee bajo contenido de Carbono, no alzado y laminado en frío permite una alta tenacidad y media resistencia a la tracción. Se usa para ejes de transmisión de fuerza.

Sus características más notables son:

- . Calibrage exacto en su medidas
- . Excelente tenacidad
- . Acabado brillante
- Se puede cementar.

APLICACIONES.

Sirve para la construcción de maquinaria, es un tipo de acero muy usado de los clasificados como laminados en frío, sus uso dentro de nuestro mercado se orienta a:

- 1) Para partes de maquinaria, matricería.
- 2) En troquelaría, dados, etc.
- 3) Pernos, tuercas, pines guías, pines de sujeción, bulones, herramientas, etc.
- 4) Ejes donde la resistencia a la tracción no es muy elevada.

PROPIEDADES MECANICAS:

Resistencia a la tracción: MAX 32-37 Kp/mm².

Límite de fluencia: MAZ, 23-27 Kp/mm².

Dureza Brinell en estado de entrega: MAX, 100-140 DB.

Dureza Rockwell C; Por la poca penetración de temple, se usa en estado normalizado. (Para dureza hay que cementarlo).

BOEHLER ☆ ANTINIT AS 2 (W) A 500

Tipo de aleación: C max. 0,05 Cr 18,5 Ni 9,5 0/0

Normas: AISI : 304
 DIN : X 5 CrNi 18 9
 MAT N^o : 4301

Color de identificación: Blanco — Negro
 Estado de suministro : Apagado y decapado.

Acero inoxidable, aleado al cromo—níquel, muy resistente a la desintegración del grano y ataques químicos, de estructura austenítica. Muy apropiado para embutir y pulir.

APLICACIONES: En las industrias alimenticias tales como la cervecera, lechera, azucarera. Fábricas de jabones, ceras y grasas comestibles; utensilios domésticos y de hotelería; cubiertos; industria del cuero como también farmacéutica y de la técnica dental. Para elementos, que exigen una resistencia a temperaturas hasta 800° C.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:

Forjado: 1100 — 900° C

Enfriamiento al aire.

Apagar: 1000 — 1050° C al agua

Dimensiones menores de 2 mm. de espesor, enfriar al aire.

Aptitud para ser trabajado:

Viruteado : buena


Embutido : muy buena

Susceptibilidad de ser magnetizado: posible pero poca.

PROPIEDADES MECANICAS										
Ensayo por choque sobre probeta entallada mín. Kpm/cm ²	Ensayo Erichsen de estampado en chapa de 1 mm mm.	Límite de fluencia ensayada en probeta caliente mín. kp/mm ²				Dureza (Brinell) HB	Límite de fluencia mín. kp/mm ²	Resistencia a la tracción mín. kp/mm ²	Alargamiento (L=5d) mín 0/0	Contracción mín. 0/0
		1000°C	2000°C	3000°C	4000°C					
20	~12	—	—	—	—	~160	22	50—70	50	30
VALORES FISICOS										
Peso específico (g/cm ³)	Módulo de elasticidad a 200°C kp/mm ²	Resistencia eléctrica a 200°C Ohm.mm ² /m	Conductibilidad térmica a 200°C cal/cm.°C	Calor específico a 200°C cal/g.°C	Dilatación térmica 10 ⁻⁶ .m/m.°C entre 200°C y					
					1000°C	2000°C	3000°C	4000°C	5000°C	
7,8	20300	0,73	0,035	0,12	16	17	17	18	18	

Soldadura: El acero es fácilmente soldable. Se recomienda electrodos según norma DIN 8556 AWS E Kb 19 9 20 ó E 308 —15 (BOEHLER FOX AS 2) ó E Ti 19 9 26 ó E 308—16 (BOEHLER FOX AS 2—A). Luego de soldar, el enfriamiento brusco no es necesario.

BOEHLER  AMUTIT-S

 K 460



Tipo de aleación: C 0.95 Mn 1.0 Cr 0.5 W 0.5 V 0.10%
Normas AISI : 0 1
DIN : 100 MnCrW 4
MAT Nº : 2510
Color de identificación: Rojo - Azul
Estado de suministro : Recocido: 65 - 75 kp/mm²
(Brinell : 191 - 219 HB)

Acero especial, aleado, de temple parejo y seguro con poca variación de medidas, excelente conservación de filo, buena resistencia al desgaste y magnífica tenacidad. Fácilmente maquinable.

APLICACIONES: Especialmente para dispositivos de roscar como también para punzones y cizallas para chapa delgada, herramientas para labrar madera. Matrices de corte con exigencias normales; guías y pines para matricería.

Cuchillas para cortar papel, tabaco o similares materiales delgados. Herramientas de medición, p. ej. calibradores, reglas, etc. Moldes para plástico y resinas sintéticas.

INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:

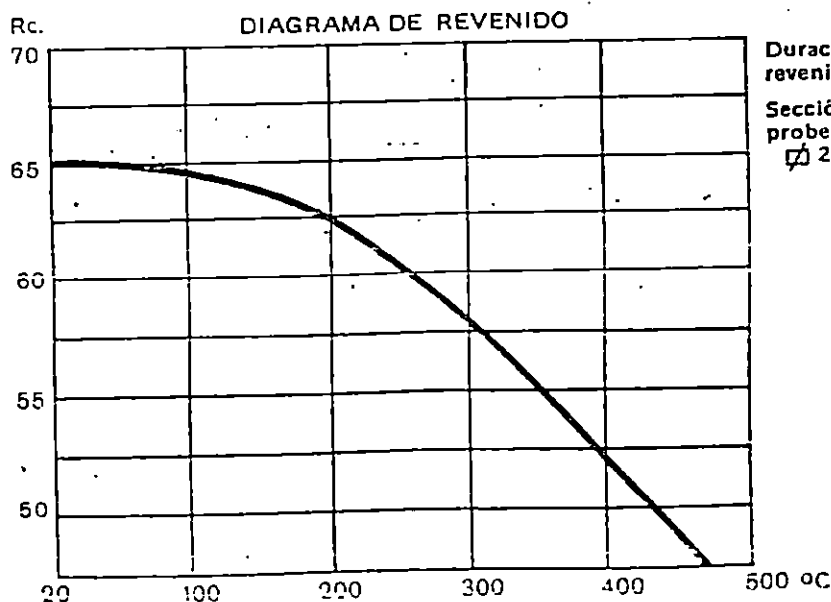
Forjar: 1050 - 850°C
Recocido: 760 - 780°C
Enfriamiento lento en el horno hasta 600°C; 780 - 820 °C
Temple: 780 - 820 °C

Tiempo de mantenimiento aprox.
10 min. para una sección de 20 mm.

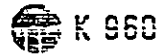
Enfriamiento: En aceite para herramientas simples, baño de sal de 200 - 250°C para herramientas complicadas.

Dureza obtenible: 63 - 65 Rc.

Revenido: Según diagrama. Normalmente 100 - 300°C.



BOEHLER ☆ EHH (EMS 60)



Tipo de aleación: C 0,60 o/o Si 0,3. Mn 0,7
 Color de identificación: Blanco
 Estado de suministro: Dureza natural: 70 - 90 kp/mm² (204 - 263 HB)
 Largos Standard de Stock: 3'5 - 4 metros

BOEHLER ☆ EH (EMS 45)



Tipo de aleación: C 0,45 o/o Si 0,3. Mn 0,7
 Color de identificación: Blanco-Negro-Blanco
 Estado de suministro: Dureza natural: 60 - 75 kp/mm² (175 - 219 HB)
 Normas: EHH(EMS 60) EH(EMS 45)
 AISI: 1060 1045
 DIN: Ck 60 (St C 60.61) Ck 45 (St C 45.61)
 MAT Nº: 1221 1191

Aceros finos al carbono, de alta calidad. Gran pureza lograda con un proceso espeical de fabricación y estricto control de calidad.

APLICACIONES: Elementos de maquinaria y repuestos bonificados de dimensiones menores. Ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines, pasadores, chavetas, etc. En estado normalizado también para piezas grandes forjadas. Herramientas de mano.

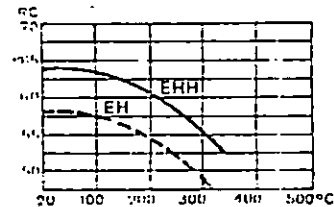
INSTRUCCIONES PARA EL TRATAMIENTO:

	EHH	EH
Forjar:	1050 - 850°C	1.100 - 850°C
Normalizar:	820 - 850°C	840 - 870°C
Recocer:	650 - 700°C	650 - 700°C
Resistencia a la tracción en estado recocido:	60 - 70 kp/mm ²	55 - 65 kp/mm ²
Temple:	800 - 830°C	820 - 850°C al agua
Dimensiones menores:	810 - 840°C	830 - 860°C al aceite
Revenido:	100 - 300°C	100 - 300°C depende del uso
	ó 550 - 660°C	ó 550 - 660°C

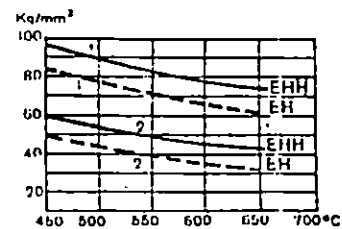
Soldadura: Estos aceros no deben soldarse.

DIAGRAMA DE BONIFICACION

Marca Estado	CARACTERISTICAS MECANICAS				
	Diámetro mm	Límite de fluencia min. kg/mm ²	Resistencia a la tracción Kg/mm ²	Alargamiento (L=50) min. o/o	Contracción min. o/o
EHH bonific.	hasta 16	58	85 - 100	11	25
	de 16 a 40	50	85 - 95	13	35
EH bonific.	hasta 16	49	71 - 86	14	35
	de 16 a 40	42	67 - 82	16	40
EH normaliz.	de 40 a 100	38	63 - 78	17	45
	16-100	39	70 - 90	14	-
EH normaliz.	16-100	34	60 - 75	17	-



1.- resistencia a la tracción
 2.- límite de fluencia



Temperatura de revenido en °C.