Vol.7 No.2 (2023): Journal Scientific MQRInvestigar ISSN: 2588–0659
https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.204-219

Structure of carbon steels in a state of imbalance as a result of heat treatment in AISI 1018, 1020 and 1045 steels.

Estructura de los aceros al carbono en estado de desequilibrio como resultado de tratamiento térmico en los aceros AISI 1018, 1020 y 1045.

Autores:

Ing. Velepucha Sánchez, Jorge Milton
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Magister en Mantenimiento Industrial, Mención en Gestión Eficiente del Mantenimiento
Portoviejo – Ecuador
jorge.velepucha@utm.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-3600-5896

Ing. Zambrano Castro, Jonathan Wilmer
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Magister en Mantenimiento Industrial, Mención en Gestión Eficiente del Mantenimiento
Portoviejo – Ecuador
jonathan.zambrano@utm.edu.ec
https://orcid.org/0000-0002-1197-624X

Ing. Zevallos Cobeña, José Gregorio
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Ingeniero Mecánico
Portoviejo – Ecuador
ingenieriamecanica01@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-3460-3902

Ing. Vélez Pincay, Mónica del Rocío
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Magister en Educación y Desarrollo Social
Portoviejo – Ecuador
monicavelizpincay@gmail.com
https://orcid.org/0009-0001-8004-9845

Ing. Mendoza Montesdeoca, Wendy Soledad
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
Magister en Seguridad y Salud ocupacional
Portoviejo – Ecuador
wendymendozam7@gmail.com
https://orcid.org/0009-0008-8279-812X

Citación/como citar este artículo: Velepucha, J., Zambrano, J., Zevallos, J., Vélez, M. y Mendoza, W. (2023). Estructura de los aceros al carbono en estado de desequilibrio como resultado de tratamiento térmico en los aceros AISI 1018, 1020 y 1045. MQRInvestigar, 7(2), 204-219. https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.2.2023.204-219

Fechas de recepción: 01-MAR-2023 aceptación: 05-ABR-2023 publicación: 15-JUN-2023

https://orcid.org/0000-0002-8695-5005
http://mqrinvestigar.com/

Resumen

Hoy en día, la calidad de los materiales debe estar en su máximo nivel, para ello las aleaciones de hierro carbono necesitan adaptar durabilidad en el uso comercial. En el presente trabajo de investigación se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de las alteraciones microestructurales que los aceros llegasen a sufrir a partir de los tratamientos térmicos, específicamente a los aceros AISI 1018, 1020 Y 1045. Mediante este análisis se posibilitó efectuar prácticas en el laboratorio de fundición con el horno de resistencia eléctrica 8-18 considerando las propiedades de estos aceros para su adecuado proceso térmico, finalmente con la intervención de un equipo de observación microscópica se determinó en que fases del tratamiento térmico surgieron irregularidades microestructurales, para después luego comparar los resultados de la variación que se observada tanto en la microestructura como en la dureza, dando a conocer los resultados de la investigación con el cumplimiento de los objetivos, la afirmación de la hipótesis, las conclusiones y recomendaciones, aportando con el conocimiento de estos diferentes tipos de aceros al carbón.

Palabras claves: Desequilibrio, Aleaciones, Microestructura, Tratamiento térmico, Propiedades mecánicas, Dureza.

Abstract

Nowadays, the quality of the materials must be at its highest level, for this reason the carbon iron alloys need to adapt durability in commercial use. In the present research work, a bibliographic search was carried out on the microstructural alterations that steels may suffer from heat treatments, specifically AISI 1018, 1020 and 1045 steels. By means of this analysis it was possible to carry out practices in the foundry laboratory with the 8-18 electric resistance furnace considering the properties of these steels for their adequate thermal process, finally with the intervention of a microscopic observation equipment it was determined in which phases of the thermal treatment microstructural irregularities arose, to later compare the results of the variation observed in the microstructure as well as in the hardness, making known the results of the investigation with the fulfillment of the objectives, the affirmation of the hypothesis, the conclusions and recommendations, contributing with the knowledge of these different types of carbon steels.

Keywords: Imbalance, Alloys, Microstructure, Heat treatment, Mechanical properties, Hardness.

Introducción

El acero, un importante material de categoría indispensable para las aplicaciones en ingeniería y construcción, son cuerpos que ocupan un 80% de volumen en producción a escala global, se le asigna este grado de relevancia al acero debido a la amplia gama de aplicaciones a la espera de explotación, además a ello, el acero es capaz de entregar excelentes combinaciones de resistencia y dureza, obteniéndose mediante una forja y fabricación fácil a bajo costo (Libardo, 2018).

"Muchos son los beneficios que ofrece el acero a distintas ramas de la ciencia, como parte estructural en obras civiles, chasis de carrocerías para la industria automotriz, instrumentación e insumos quirúrgicos médicos, innovación metalúrgica para herramientas, etc." (Flores, 2014).

Estos cuerpos son considerados como elementos de aleación, cuya composición comprende principal y esencialmente de hierro (Fe) y carbono (C), sin embargo, la presencia de otros elementos químicos y/o impurezas son también de gran relevancia para las propiedades de los aceros, por lo que su adición podría constatar de una situación inevitable o controlada, según Clauss (2019), dentro de los aceros, el carbono es el elemento que ejerce una mayor influencia sobre el cuerpo y propiedades de material; donde este se encuentra en un nivel menor al 1% en peso. Al ser el carbono el ingrediente principal, la cantidad presente provocará un efecto pronunciado sobre las cualidades del acero, por lo tanto la selección de un tratamiento térmico deberá ser proporcional a la base del contenido de carbono; teniendo en cuenta la proporción de carbono dentro del acero Mcgannon (2016) concluyó que un acero cuyo contenido de carbono en su estructura sea igual o menor al 0.30% en peso, se le denominará aceros al bajo carbono: el sucesor, el acero al medio carbono es aquel que en su estructura poseen un contenido de carbono entre 0.30% a 0.60% en peso y por último los aceros que contienen un porcentaje mayor al 0.60% de carbono en sus estructuras se los denomina aceros de herramientas, los aceros que tengan un porcentaje mayor al 2% de carbono en su estructura, se les denominará como fundiciones (p. 99).

Flores (2016) por otro lado, explicó que son aceros aquellas aleaciones de hierro y carbono que el contenido de este último no supere el 2,14% en peso, aquellos que poseen el 0,8% de carbono en peso se los conoce como aceros eutectoides; con un menor porcentaje al 0,8% los aceros hipoeutectoides y con un porcentaje mayor al 0,8% de carbono los aceros hipereutectoides. (pp. 30- 31).

Es posible clasificar los aceros según sea su composición química, por ejemplo; aquellos aceros que aparte del carbono poseen elementos como el fosforo (P), manganeso (Mg), azufre (S), silicio (Si) se consideran aceros al simple carbono. A continuación, los aceros alejados, aceros que tienen en su composición elementos que pueden alearse de manera común con el acero, siendo el vanadio (V), molibdeno (Mo), cromo (Cr), tungsteno (W) y níquel (Ni). Cabe recalcar que las cantidades de los elementos ya mencionados deben añadirse de una manera muy específica, puesto que al no considerar medidas necesarias podría perjudicar las propiedades físicas de los aceros (Jeagger, 2015).

Clasificación AISI.

"La clasificación, normativas, diseño y estándares de los aceros los establece la organización AISI, que son siglas americanas que significan Clasificación de aceros y aleaciones de metales no ferrosos" (Globally, 2010).

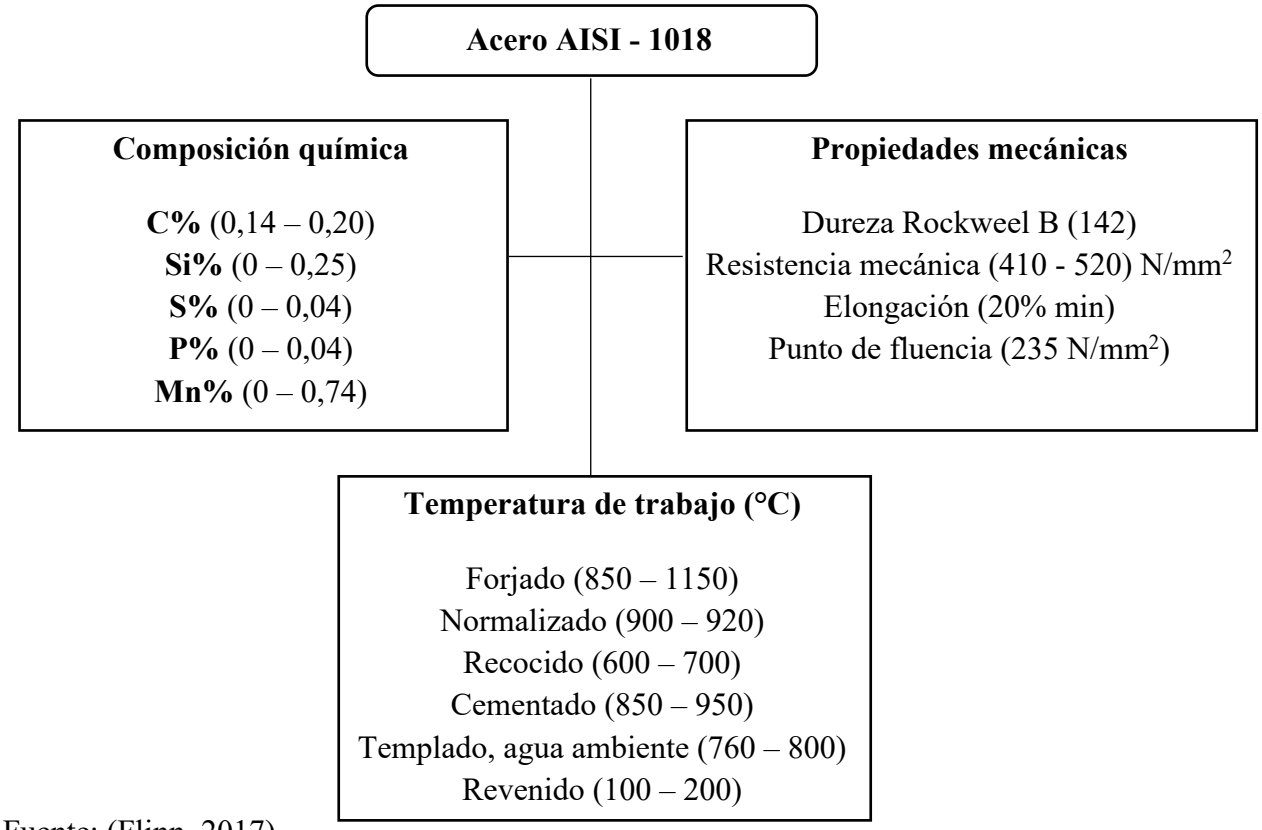
En 1912, la organización AISI - SAE organizó un evento de productores y usuarios de acero, donde se discutió la nomenclatura y composición del acero. En este sistema, el acero se valora con cuatro números. El primero identifica la aleación base, el segundo da el porcentaje aproximado del elemento base y los dos últimos dígitos dan la cantidad de carbono.

Acero AISI – SAE 1018.

Es un acero con un contenido de carbono en peso muy bajo, comúnmente se lo emplea para diseñar y fabricar elementos con dimensiones no muy grandes que se expongan constantemente al desgaste tales como pernos, piezas de máquinas, piñones, etc. La resistencia a la tenacidad 11 debe estar presente, por lo cual, a este tipo de acero le cae perfecto estos tipos de aplicaciones sin tener demasiados esfuerzos (Globally, 2010).

La figura 1 nos muestra la composición química y las propiedades mecánicas de este tipo de acero, además de las diferentes temperaturas de trabajo.

Figura 1:
Componentes y temperaturas de trabajo del acero AISI – 1018



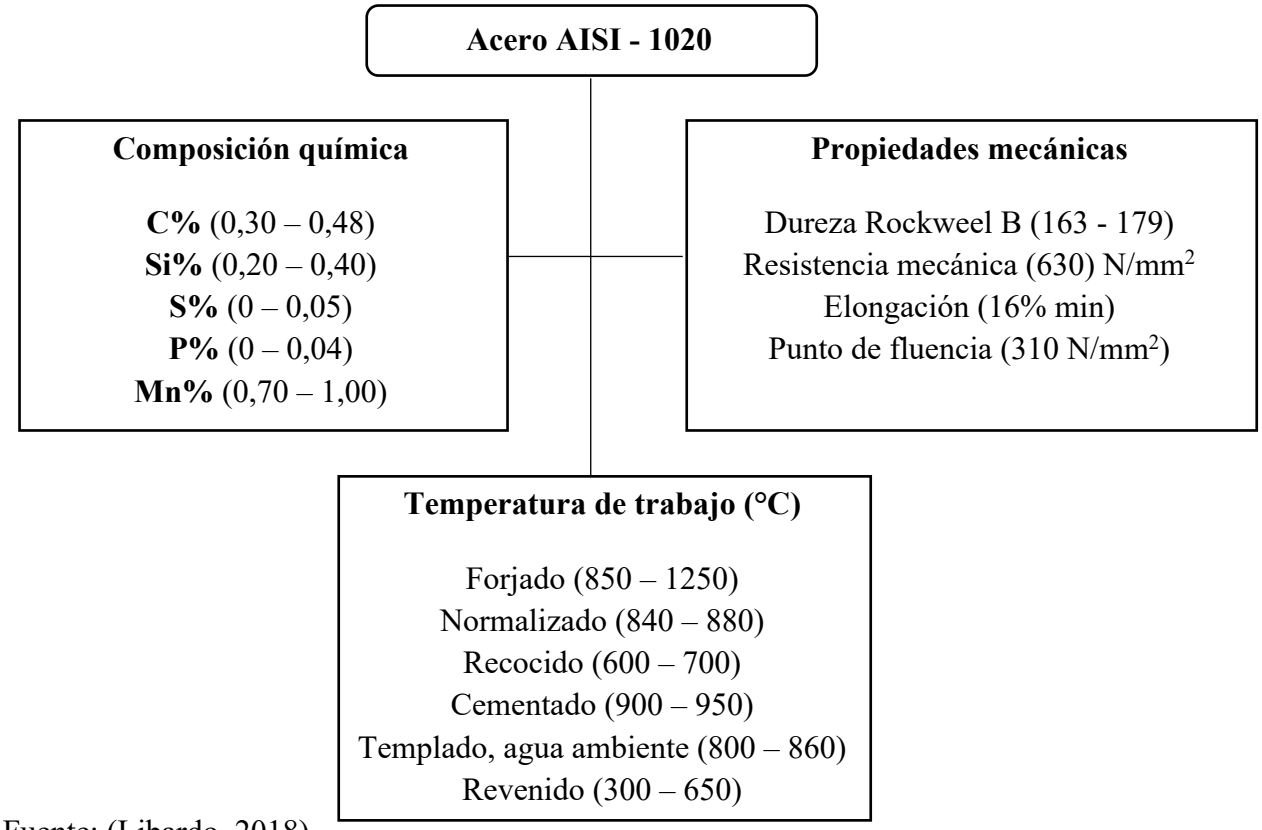
Fuente: (Flinn, 2017)

Acero AISI – SAE 1020.

Según la ASTM, el 1020 es un acero de fácil mecanizado y soldabilidad, debido a su bajo contenido de carbono se desempeñan en actividades de mediana resistencia como por ejemplo fabricación de piezas estructurales, puntas de ejes, 12 pasadores, bridas, piñones para las cadenillas de distribución, clavos de ferrocarril, grapas, etc.

La figura 2 expone la composición química y las propiedades mecánicas de este tipo de acero, además de las diferentes temperaturas de trabajo.

Figura 2:
Componentes y temperaturas de trabajo del acero AISI – 1020



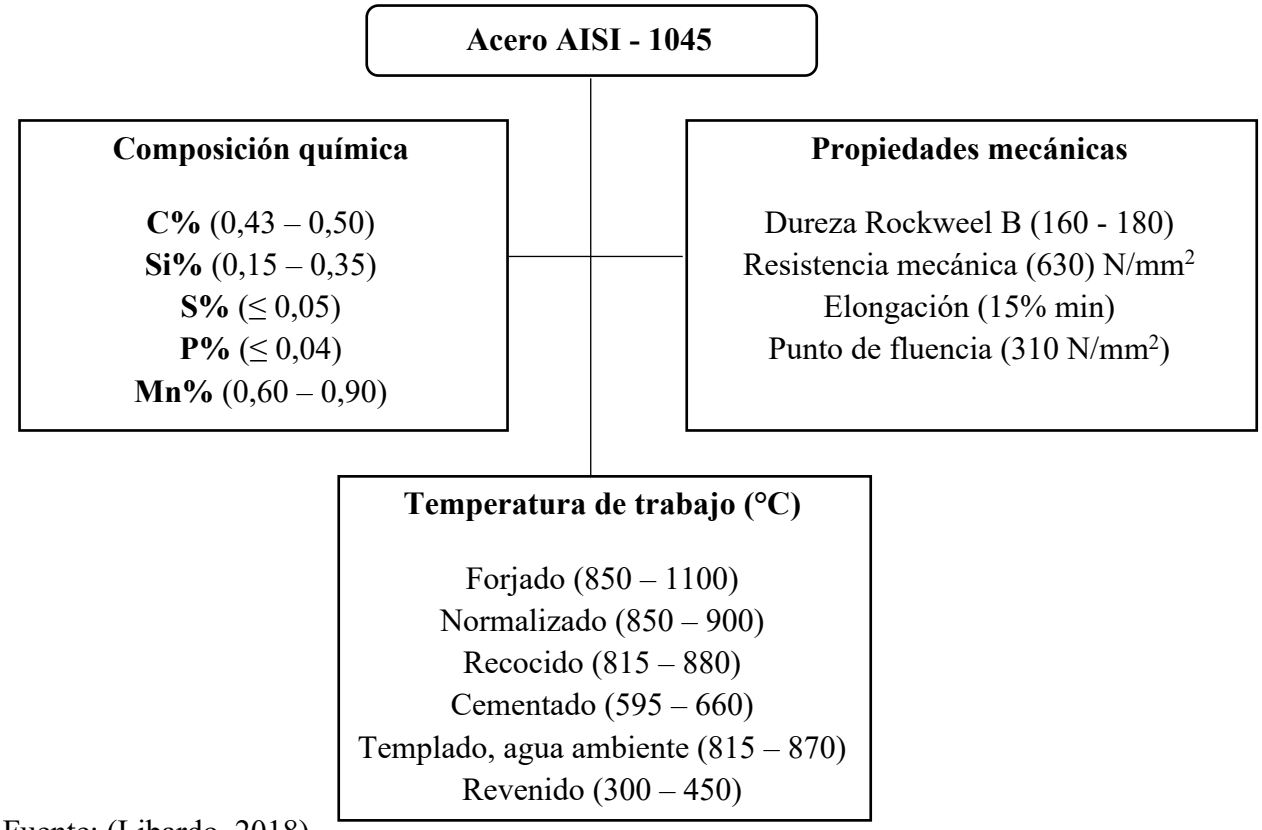
Fuente: (Libardo, 2018)

Acero AISI – SAE 1045

El acero AISI 1045 es un acero de medio contenido de carbono el cual se lo emplea en trabajos de mayor dureza, tales como barras cilíndricas y cuadradas, puede ser soldado por una gran variedad de electrodos y tiene una ductilidad muy elevada la cual no permite complicaciones con las máquinas de corte (Globally, 2010).

La figura 3, nos muestra la composición química y las propiedades mecánicas de este tipo de acero, además de las diferentes temperaturas de trabajo.

Figura 3:
Componentes y temperaturas de trabajo del acero AISI – 1045



Fuente: (Libardo, 2018)

Propiedades químicas, físicas y mecánicas.

La reacción de un acero frente a las fuerzas que se le aplican, se denominan propiedades mecánicas, es de suma importancia el estudio sobre estas propiedades, ya que permite conocer el límite de aplicación de los aceros, las propiedades mecánicas son técnicas y estrategias útiles para identificar la gran variedad de metales existentes en el mundo (Askeland, 2012).

Clasificando las principales propiedades mecánicas de los aceros tenemos:

- Tenacidad: Esta propiedad le permite al material resistir fuerzas externas sin romperse.
- Templabilidad: Variación de la estructura cristalina de diferentes metales posterior a una brusca alternación de calentamiento y enfriamiento sucesiva.
- Rigidez: es la Resistencia a la fuerza externa que se someten los metales.

- Dureza: Se considera la resistencia de los metales ante la presencia de materiales abrasivos y deformaciones plásticas.
- Dureza al rojo: resistencia de los aceros cuando se realiza un ablandamiento generado por las altas temperaturas superiores a 500°C.
- Resistencia: capacidad para soportar cargas externas sin sufrir daños ni roturas.
- Resistencia a la corrosión: propiedad de soportar la erosión emitida por otros materiales o humedad.
- Maquinabilidad: Capacidad que tienen los aceros de facilitar el trabajo de mecanizado mediante las maquinas herramientas para obtener un acabado perfecto, esta propiedad incluye la cantidad de carbono presente, tamaño del grano y estructura cristalina.

Metalografía.

"La metalografía es la ciencia permite analizar la estructura interna y propiedades de los metales, en ella se relaciona la composición química, condiciones mecánicas y físicas" (Guzmán, 2013).

Esta ciencia según indicó León (2016), permite interpretar de manera microscópica las características estructurales e un metal puro o aleaciones, tiene el objetivo de encontrar inclusiones, tratamientos térmicos, microestructuras y en que en base a ello se pueda comprobar si el material está apto para resistir a las condiciones esperadas a las que ha sido elaborado, todo esto es posible gracias al microscopio metalográfico, instrumentación fundamental para la determinación de estructuras, que permite visualizar las características de una manera macro y micro (P. 152).

Microscopía

La microscopia es la técnica de visualización por instrumentación de calidad la cual está basada en la ciencia metalográfica, generalmente en la microscopia se emplean microscopios ópticos y electrónicos para explorar las características microestructurales de casi todos los materiales, posteriormente se requiere una captura precisa en imagen de lo que se está estudiando, por lo que se genera una fotomicrografía la cual es una recolección microscópica hecha imagen (Sánchez, 2014).

Según Roig (2019), el microscopio óptico está diseñado para utilizar la luz y mediante ella estudiar la microestructura de los metales, el proceso de revelación lleva pasos que requieren precisión, ya que inicialmente se deben preparar las probetas, donde una muy buena técnica de pulido debe emplearse para darle un resultado a la cara superficial con un estilo tipo espejo (p. 20).

Un examen metalográfico completo, comprende conceptos de organización molecular, al igual que principios fundamentales de los materiales para demostrar:

- Líneas de flujo en materiales forjados.
- Capas en herramientas fortificadas por medio de tratamiento térmico.
- Zonas atacadas por el calor de soldadura.
- Granos.
- Marcas de maquinado.
- Grietas y ralladuras.
- Orientación de la fractura en fallas.
- Límites de grano y dislocaciones.
- Análisis microestructural.
- Distribución de fases en aleaciones.

La estructura cristalina.

"Los aceros en su interior cuentan con una estructura de granos cristalinos que, en sí, no son más que átomos de hierro ubicados paralelamente, un patrón regular de tres dimensiones, esta disposición de átomos se la denomina estructura cristalina" (Jeagger, 2015). Las estructuras cristalinas son ensambles de elementos menores cuya característica es poseer cristales individuales dúctiles y blandos, esta cadena de cristales llamados granos, influyen en gran proporción en las propiedades de los aceros, pese a esto, el ajuste de historial de laminación y tratamiento térmico otorgado permite modificar el tamaño de los granos en los aceros (Santana, 2015).

Estructura cubica centrada en caras (fcc).

La red cristalina de caras centradas (fcc) es una distribución molecular donde los átomos de hierro enlazados forman un cubo, la peculiaridad de esta red espacial es que estos átomos de hierro aparte de estar distribuidos en las esquinas del cubo, también se hacen presentes en el centro de cada una de las caras que las compone (Davalos, 2017).

Estructura cúbica centrada en el cuerpo (bcc).

"Esta red cristalina está compuesta por átomos de hierro se encuentran uno en cada esquina del cubo tridimensional, adicional a ello uno de los átomos de hierro se encuentra en el centro del cubo" (Clauss, 2019).

Tratamientos térmicos.

Como plantea Hill (2012) el tratamiento térmico es aquella técnica que utiliza básicamente una combinación de operaciones controladas de calentamiento y enfriamiento para modificar las propiedades de un material durante un período de tiempo que se aplica a un metal o aleación en estado sólido para lograr las propiedades deseadas (p. 528 – 529).

Su objetivo es optimizar la calidad del acero, aumentar la resistencia y dureza, mejorar la ductilidad, facilitar el trabajo, liberar fuerzas, reducir tensiones y rigidez de la herramienta diseñada en acero. De acuerdo con Schreder (2017). Es necesario calentar y refrigerar una pieza para cambiar la microestructura, con esto se consigue reducir el trabajo superficial no deseado y las tolerancias dimensionales, la preparación del trabajo y el tipo de pieza de trabajo antes del tratamiento térmico son factores a considerar.

(Clauss, 2019) destaca que la forma física o el diseño de la pieza se refleja en el tratamiento térmico. Por lo tanto, se deben considerar factores clave, como equilibrar áreas grandes, evitar esquinas afiladas y cortes internos como ranuras, y mantener un espesor uniforme para cubos de engranajes, poleas y herramientas de corte.

Material y métodos

Para poder realizar el estudio de la estructura de los aceros al carbono en estado de desequilibrio como resultado de tratamiento térmico en los aceros AISI 1018, 1020 y 1045, se llevó a cabo una exploración bibliográfica, tomada de las diversas investigaciones pertenecientes a instituciones de educación superior tanto nacionales (Ecuador) como internacionales, así mismo se analizaron diferentes libros reconocidos en la materia y se indagó en las publicaciones de artículos científicos.

La información que brinda las diversas indagaciones revisadas, establece una destacada relevancia investigativa, logrando argumentar que al estudiar la estructura de los aceros al carbono en estado de desequilibrio de los aceros AISI: 1018, 1020 y 1045 como consecuencia de los tratamientos térmicos, nos ofrece la posibilidad de ampliar los conocimientos dentro del área metalúrgica y en la ingeniería mecánica, otorgando un sinfín de aplicaciones en las industrias.

Resultados y Discusión

Sen torno a la investigación, se demuestra que los tratamientos térmicos influyen directamente en las propiedades microestructurales de los aceros en condiciones controladas con un horno de resistencia eléctrica, donde se tienen en cuenta los parámetros óptimos para los diferentes tipos de aceros al carbón (AISI 1018, AISI 1020 y AISI 1045).

Acero AISI 1018.

El acero AISI SAE 1018 es un acero con bajo contenido de carbono entre 0,15 – 0,20% en su estructura, generalmente es empleado para cumplir tareas bajo dimensiones poco considerables expuestas al desgaste, tales como pernos, engranajes, partes externas de maquinarias, etc. Gracias a la bibliografía existente donde conocimos tablas y especificaciones de este acero se ha permitido indagar la temperatura del temple (780°C) .Con la ayuda del diagrama de hierro carbono se ha podido establecer que 59 influencia tienen los tratamientos térmicos en la microestructura y su equilibrio molecular, como tareas técnicas de estudio, se ha considerado la recolección de todos los datos en estos ensayos, desde la observación metalográfica hasta el examen de dureza en las probetas de acero AISI 1018 con un radio de 2,50 cm y 1,50 cm de espesor

En la tabla 1, se muestran datos obtenidos para el acero AISI SAE 1018 antes y después del tratamiento térmicos contando de manera fundamental con las temperaturas específicas de temple y revenido.

Tabla 1

Datos del acero AISI SAE 1018 antes y después del tratamiento térmicos

Dureza inicial (HB)	**Temperatura de temple (°C)**	**Tiempo de sostenido**	**Medio refrigeración**
81 81 81	780	40 min	Agua a temperatura ambiente
Dureza después de temple (HB)	**Temperatura de revenido**	**Medio de refrigeración revenido**	**Dureza después de revenido (HB)**
- 209 208	200	Aire atmosférico	- - 225

Fuente: (Macías Tito, 2022)

Acero AISI 1020.

El acero AISI SAE 1020 es un acero industrial utilizado en el diseño de piezas para estructuras soldables o de maquinaria de mediana resistencia, en su estructura tiene aproximadamente 0,18% de carbono en peso por lo que se le asigna al grupo de aceros al bajo carbón, posee excelentes propiedades de mecanizado y soldabilidad. Mediante tablas de propiedades físicas y químicas de este tipo de acero se pudo establecer la temperatura del temple (850°C). Con la ayuda del diagrama de hierro carbono se ha podido establecer que influencia tienen los tratamientos térmicos en la microestructura y su equilibrio molecular, como tareas técnicas de estudio, se ha considerado la recolección de todos los datos en estos ensayos, desde la observación metalográfica hasta el examen de dureza en las probetas de acero AISI 1020 con un radio de 3,00 cm y 1,60 cm de espesor.

Para el proceso de tratamientos térmicos es fundamental contar con las temperaturas específicas de temple y revenido con sus sostenidos.

En la tabla 2 se pueden observar los datos del acero AISI 1020.

Tabla 2
Datos del acero AISI SAE 1020 antes y después del tratamiento térmicos

Dureza inicial (HB)	**Temperatura de temple (°C)**	**Tiempo de sostenido**	**Medio refrigeración**
147 147 147	850	40 min	Agua a temperatura ambiente
Dureza después de temple (HB)	**Temperatura de revenido**	**Medio de refrigeración revenido**	**Dureza después de revenido (HB)**
- 95 96	240	Aire atmosférico	- - 217

Fuente: (Macías Tito, 2022)

Acero AISI 1045.

El acero AISI SAE 1045 es un acero con medio contenido de carbono el cual se lo emplea en trabajos de mayor dureza, tales como barras cilíndricas y cuadradas, puede ser soldado por una gran variedad de electrodos y tiene una ductilidad muy elevada la cual no permite complicaciones con las máquinas de corte. Mediante tablas de propiedades físicas y químicas de este tipo de acero se pudo establecer la temperatura del temple (850°C). Con la ayuda del diagrama de hierro carbono se ha podido establecer que influencia tienen los tratamientos térmicos en la microestructura y su equilibrio molecular, como tareas técnicas

de estudio, se ha considerado la recolección de todos los datos en estos ensayos, desde la observación metalográfica hasta el examen de dureza en las probetas de acero AISI 1045 con un radio de 1,00 cm y 1,00 cm de espesor.

Para el proceso de tratamientos térmicos es fundamental contar con las temperaturas específicas de temple y revenido con sus sostenidos.

En la tabla 3 se pueden apreciar los datos del acero AISI 1045.

Tabla 3
Datos del acero AISI SAE 1045 antes y después del tratamiento térmicos

Dureza inicial (HB)	**Temperatura de temple (°C)**	**Tiempo de sostenido**	**Medio refrigeración**
175 174 175	850	50 min	Agua a temperatura ambiente
Dureza después de temple (HB)	**Temperatura de revenido**	**Medio de refrigeración revenido**	**Dureza después de revenido (HB)**
- 95 96	450	Aire atmosférico	- - 76

Fuente: (Macías Tito, 2022)

Conclusiones

Mediante el estudio bibliográfico acerca de las propiedades y características físicas, mecánicas y químicas de los aceros al bajo carbono AISI 1018, 1020, 1045 se destaca la importancia de estos materiales en aplicaciones industriales debido a que sus aplicaciones se encuentran constantemente expuestas al desgaste, mediante los factores y fases del tratamiento térmico como temple y revenido se ha podido fundamentar las bases conceptuales de este trabajo de titulación.

Tras el análisis, podemos deducir que el tratamiento térmico de los aceros AISI 1018, 1020 y 1045 que constaron de temple, revenido y recocido fueron controlados, esto gracias a un horno de resistencia eléctrica. Estos tratamientos se ejecutaron según la composición química de cada probeta en función de temperatura y tiempo.

El estado y las alteraciones de la microestructura antes y después de los tratamientos térmicos correspondientes, revelaron fases de Cementita y perlita para los aceros presentados

de forma comercial, se destacó el aumento de la dureza en los aceros AISI SAE 1018, 1020 tratados mediante el temple y revenido; sin embargo, el acero AISI SAE 1045 redujo su dureza al aplicarle el tratamiento térmico de temple y revenido. Esto se debe al tratamiento térmico de ablandamiento aplicado puesto a no conseguir este material de forma comercial.

Referencias bibliográficas

Askeland, D. (2012). *La ciencia e ingeniería de los materiales*. Sonora.

Clauss, R. E. (2019). *Metalurgia para ingenieros*. Chicago.

Davalos, K. (2017). *Estructura interna de los metales*. En P. F. Dio Brando, Metalurgia aplicada a la ingeniería (págs. 50-52). Sonora: El naranjo editorial.

Flinn, R. T. (2017). *Materiales de ingeniería y sus aplicaciones*. México: Diana Editorial.

Flores, J. L. (2014). *Aceros y sus aplicaciones*. Nuevo León: Publicaciones La Libertad.

Globally, A. -S. (2010). *Pruebas sobre aceros bajo Carbón*. Nuevo León: Publicaciones New Points.

Guzmán, F. (junio de 2013). *Análisis de aceros por microscopia óptica.* Obtenido de Instituto Politécnico Nacional: https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/12065/ANALISISACERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hill, R. E. (2012). *Principios de Metalurgia física*. Montevideo: Edilibros

Jeagger, K. (2015*). La relación entre la microestructura y la tenacidad a la fractura en Aceros para líneas*. New Jersey

León, T. (2016). *Estudio a fatiga mecánica de fundiciones de aluminio obtenida de chatarra de pistones de buses hino fg para determinar el diagrama esfuerzo-número de ciclos.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23380/1/Tesis%20I.M.%20342%20-%20Le%C3%B3n%20Guerrero%20Tainy%20Elizabeth.pdf

Libardo,V.(2018). *SAE 1020 y SAE 1045. Aceros ingeniería al Carbono*. Obtenido de: https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2.

Macías, T. (2022). *Estructura de los aceros al carbono en estado de desequilibrio como resultado de tratamiento térmico en los aceros AISI 1018, 1020 y 1045.* Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica de Manabí: http://repositorio.utm.edu.ec/collections/ad044909-dd86-43d3-8297-c1e4fd34487b

McGannon, H. E. (2016). *Fabricación, Conformado y tratamiento térmico del acero*. Estados Unidos

Roig. (2019). Fabricación De Aceros Especiales. En Santiago, Definición Y Clasificación De Los Aceros Especiales (pág. 177).

Sánchez, E. (2014). *Técnicas de microscopía para la mejora en resolución, obtención de seccionado óptico y medida cuantitativa de fase.* Obtenido de Repositorio de la Universidad de Valencia:

https://roderic.uv.es/bitstream/handle/10550/36796/TESISDOCTORAL_EMILIO_SANCHEZ-ORTIGA.pdf?sequence=1

Santana, S. (2015). *Estructuras Metálicas*. Nuevo México.

Schreder, A. W. (2017). Metales. *Microestructura y propiedades*. California.

Conflicto de intereses:
Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.
Financiamiento:
No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.
Agradecimiento:
N/A
Nota:
El artículo no es producto de una publicación anterior, tesis, proyecto, etc.