

# Análisis metalográfico en una muestra de acero de bajo carbono.

Quiñonez, O.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> *Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.*

*San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.*

\* [GitHub.com/OscarNANO/OscarNANO](https://github.com/OscarNANO/OscarNANO).

---

## Resumen

En el presente trabajo se aborda un tema muy utilizado en la rama de la metalurgia: el análisis metalográfico en aceros con un bajo contenido de carbono, dichos aceros son estudiados debido a su utilidad a nivel industrial, estos materiales presentan cambios en sus propiedades de acuerdo con las fases presentes en las mismas, por lo que es de suma importancia reconocerlos a través de la microestructura que presenten. De igual forma es importante buscar soluciones para la realización de análisis metalográficos que contribuyan al estudio e investigación en aleaciones, esta solución puede encontrarse en el uso de software libre en los que se pueden replicar pruebas similares a los realizados en software con licencia.

---

Palabras clave:

*Microestructura, Metalografía, Constituyente, Fases, Aleación*

## 1. Introducción

El análisis metalográfico es un estudio de alto valor para la caracterización de los materiales. Este análisis corresponde a la ciencia que estudia las características microestructurales de metales o aleaciones, las cuales están relacionadas con las propiedades químicas y mecánicas. El análisis metalográfico requiere

de una previa preparación de la muestra, la cual incluye la extracción, montaje, desbaste, pulido y ataque químico; además del uso del microscopio metalográfico para la observación microscópica (normalmente comprende entre 50 y 1000 aumentos) y así poder obtener la imagen de la superficie deseada. La imagen resultante es de suma importancia pues se pueden distinguir los constituyen-

tes, cada constituyente metalográfico tiene una determinada velocidad de reacción con el reactivo de ataque. Los constituyentes menos atacables quedaran con más brillo y reflejaran mayor cantidad de luz en el microscopio, apareciendo más claros a la observación. Esta diferencia permite detectar los distintos constituyentes y determinar su proporción, distribución, tamaño, así como deformaciones y posibles impurezas en el metal.

El acero no debe confundirse con el Hierro, de hecho, el acero es más propiamente una aleación [1], formada de Hierro (Fe) y Carbono (C) y pueden presentar pequeños porcentajes de Manganeso (Mn), Fósforo (P) y Azufre (S). Los aceros pueden ser clasificados de acuerdo con el porcentaje de carbono que contienen, brevemente los aceros al Carbono se dividen en: bajo carbono (menor al 0.3 %), medio carbono (entre 0.3 y 0.6 %) y alto carbono (mayor a 0.6 %). También pueden presentarse elementos residuales como Cromo (Cr), Níquel (Ni) o Molibdeno (Mo) que pueden ser eliminados mediante tratamientos térmicos para su posterior aplicación en determinadas áreas de la ingeniería y construcción. Véase figura 1.

Los softwares que se usan para analizar las microestructuras son muy costosos y requieren de cierto grado de conocimiento por lo que resulta viable procesar imágenes mediante algún software libre como lo es Python, además de requerir un menor tiempo para efectuar una interpretación sencilla de la imagen procesada [2] [3].

En este trabajo se busca detectar las fases presentes en la micrografía y compararlas con las reportadas en la literatura.

Acero AISI	Composición Química, % en peso				
	%C	%Fe	%Mn	%P	%S
1010	0.08-0.13	99.18-99.62	0.30-0.60	≤0.04	≤0.05
1015	0.13-0.18	99.13-99.57	0.30-0.60	≤0.04	≤0.05
1020	0.17-0.23	99.08-99.53	0.30-0.60	≤0.04	≤0.05
1035	0.31-0.38	98.63-99.09	0.60-0.90	≤0.04	≤0.05
1045	0.42-0.50	98.51-98.98	0.60-0.90	≤0.04	≤0.05

Figura 1: Clasificación de aceros de acuerdo a la norma AISI [1].

## 2. Antecedentes

Las metalografías son imágenes tomadas de la superficie de una muestra que son visibles mediante un microscopio, estas imágenes han sido ampliamente utilizadas para conocer la microestructura con mayor detalle. La microestructura puede presentar diversas fases que han sido reconocidas a través de los diagramas de fase, en los que se representan las temperaturas y los porcentajes en composición en los que se logran formar dichas fases (figura 2). Cada fase tiene una concentración distinta de las demás por lo que también sus propiedades son diferentes y con ello las posibles aplicaciones del material[4].

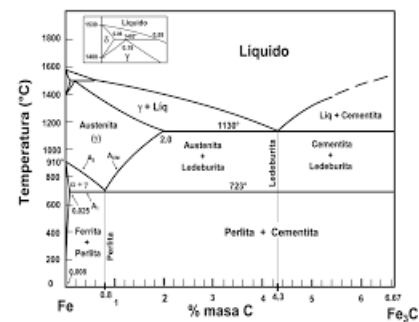


Figura 2: Diagrama de fases de Hierro-Carbono [5].

Cada microestructura presenta una forma granular, debido a que todos los metales solidos son cristalinos por su naturaleza, procedente de la formación de pequeños cristales en el metal fundido durante el proceso de solidificación [1]. Las simulaciones computacionales han sido utilizadas en el procesamiento de imágenes digitales para lograr una adecuada apreciación y correcta interpretación de estas, en el caso de los aceros se han logrado analizar fases como la ferrita, martensita, perlita, etc. Diversos lenguajes de programación han sido utilizados con este propósito, así como para el estudio de otros materiales, siendo los mas atractivos los softwares libres de código abierto[2] [3].

### 3. Trabajos Relacionados

Diversos autores han utilizado el procesamiento de imágenes mediante algún software con el propósito de usarlo para micrografías. A continuación, se muestra el cuadro 1 en el que se mencionan las características principales de sus trabajos.

Cuadro 1: Comparación de trabajos relacionados

Autor	Aportación
<i>Castro M.</i> [6]	Paquetes ITK y VTK
<i>Silva A.</i> [2]	Fundiciones nodulares
<i>Llulluna F.</i> [7]	Uso de multilenguaje
<i>Chiriboga C.</i> [3]	Gráficas Ashby

## 4. Solución propuesta

Mediante el uso de una micrografía previamente realizada en una muestra de acero se intenta determinar cuáles son las fases presentes, esto se puede lograr mediante un código que al seleccionar una imagen pueda detectar los pixeles dentro de ella y generar un histograma que brinde la información mencionada. Posteriormente se compara los resultados con los datos encontrados en la literatura y así evaluar la similitud del experimento.

### 4.1. Metodología

Para el desarrollo del análisis metalográfico se requirió del programa Python 3 con el cual, a través del uso de la librería OpenCv fue posible analizar la imagen seccionándola a partir de los pixeles de la imagen utilizada, este tipo de imágenes normalmente son presentadas en escala de grises, esto con el objetivo de generar un mayor contraste y una mejor visualización de la microestructura. Para determinar la cantidad de pixeles que es encontraban en la escala de grises fue necesario usar la descripción RGB (del inglés Red “Rojo”, Green “Verde” y Blue “Azul”) que hace referencia a la composición del color en términos de la intensidad de los colores primarios con que se forma: el rojo, el verde y el azul. Es un modelo de color basado en la síntesis aditiva, con el que es posible representar un color mediante la mezcla por adición de los tres colores primarios. El modelo RGB indica la proporción en que se mezclan cada uno de los tres colores, se asigna un valor para cada uno, de modo que el valor 0 indica que

el color no intervino en la mezcla, y el valor 255 indica que es la máxima intensidad del color proporcionado, de manera mas explicita se muestra la figura 3, donde se marca el color negro como la ausencia de los tres componentes (0, 0, 0) y el color blanco como el máximo nivel (255, 255, 255) [8].

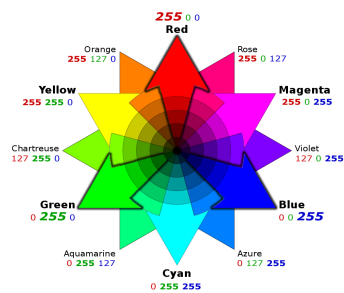


Figura 3: Valores de los colores formados en la escala RGB [8].

Con base en la imagen [9] en escala de grises de un acero 1045 [1] se obtuvo un histograma en la que se encuentra graficada la intensidad con respecto a la cantidad de pixeles que se encuentran en la imagen y a partir de la cual se buscó determinar la cantidad en la que se presentaban las fases. Véase figura 4.

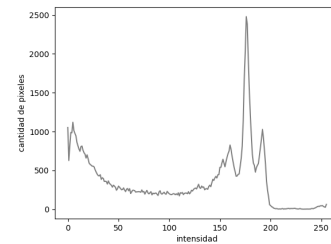
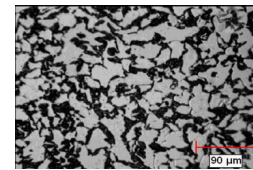


Figura 4: Imágen de la microestructura y su correspondiente histograma [10].

El mismo procedimiento fue realizado en otras dos imágenes a manera de comprobación. Véanse figuras 5 y 6.

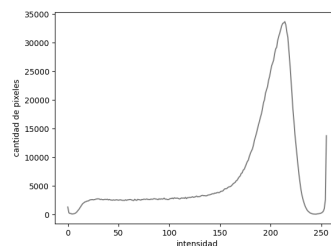
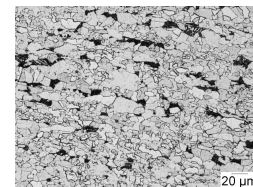


Figura 5: Imágen de la microestructura y su correspondiente histograma [9].

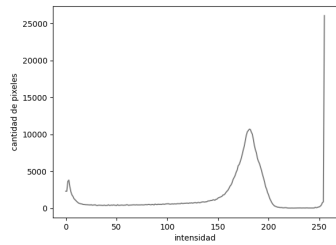
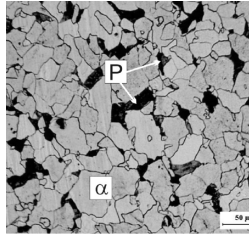


Figura 6: Imagen de la microestructura y su correspondiente histograma [10].

## 5. Evaluación

Como se mencionó anteriormente, fue necesario comparar los resultados y la manera más práctica fue mediante un análisis ANOVA. A continuación, se muestran los resultados obtenidos (figuras 7 y 8).

ANOVA para porcentaje de ferrita

	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	F	VALOR P
ENTRE GRUPOS	23,045	1	23,045	5,145	0,064
DENTRO DE GRUPOS	26,876	6	4,479		
TOTAL	49,922	7			

Figura 7: Análisis anteriormente reportado [7].

ANOVA para el porcentaje de ferrita.

	GL	Suma Cuad.	Media Cuad.	Valor F
Entre grupos	1	21.08	21.08	3.277
Dentro de grupos	4	25.73	6.4325	
Total	5	46.81		

Figura 8: Análisis obtenido.

## 5.1. Diseño experimental

La simulación fue llevada a cabo en Python Shell en la que se mostraba el histograma de la imagen analizada, posteriormente el histograma fue usado como referencia para la integración del área generada y se procedió al análisis de los datos para su comparación. Esta simulación fue aplicada en un procesador ©Intel Celeron N2840 con el uso de 4GB de memoria RAM por lo que es recomendable tomar en cuenta las condiciones de uso para una mejor eficiencia. La escala RGB fue ajustada de manera que detectara los tonos de gris presentes en la imagen y así generar el histograma para posteriormente proceder a ser comparadas con los datos existentes.

## 6. Conclusiones

En el análisis metalográfico de una pieza de acero fue necesario para conocer su microestructura y saber así que propiedades podría presentar, para dicho análisis se requirió del software libre Python con el que se buscaba identificar la(s) fase(s) presentes y así auxiliarnos de un método simple y capaz de reproducirse en diferentes muestras.

Los datos obtenidos durante el experimento señalan que se obtuvo una aproximación

adecuada a la reportada por la literatura, lo que permite su implementación como herramienta auxiliar en el campo de la metalurgia tradicional, sabiendo que el posible resultado es aproximado al de los determinados con softwares especializados.

La fase ferrita fue identificada en la imagen reportada por [10] y comparada con la reportada por [7] lo que siguiere un adecuada experimentación.

## 7. Trabajos Futuros

El campo de la metalurgia es muy amplio y requiere de muchos procesos en los que se realizan análisis de datos obtenidos a partir de imágenes, como en el caso de las micrografías en superaleaciones y de aleaciones no ferrosas en la que se busca determinar tanto composición como posibles defectos e inclusiones en la muestra además de extenderse a campos como la cerámica en la que se requiere conocer porcentajes de porosidad, la implementación de un software libre ayuda al desarrollo de métodos más sencillos que permitan, entre otras cosas, facilitar la caracterización de este tipo de materiales.

## 8. Agradecimientos

Agradezco a la Dra. Elisa Schaeffer por su ayuda durante la realización de este trabajo y el material de apoyo[11][12], así como sus enseñanzas durante el curso de simulación computacional de nanomateriales en el semestre agosto 2020 – enero 2021.

## Referencias

- [1] J. Maldonado. *Aceros y sus aplicaciones*. FIME, UANL., 1996.
- [2] A. Silva. *Desarrollo del código de programación para procesamiento de imágenes aplicada en fundiciones nodulares*. Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador., 2017.
- [3] C. Chiriboga. *Desarrollo de un código de programación en lenguaje python para generación de gráficas de Ashby aplicadas a la selección de materiales*. Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador., 2018.
- [4] D. R. Askeland. *La ciencia e ingeniería de los materiales*. International Thomson Editores., 2004.
- [5] M. A. Martínez. *Efecto de adición de vanadio en la microestructura y propiedades mecánicas del hierro dúctil ADIs y CADIs*. Departamento de Ingeniería Metalúrgica y Materiales, ESIQIE, IPN., 2018.
- [6] M. Castro. *Software para la caracterización de aceros al carbono mediante el procesamiento digital de imágenes*. Universidad Central Marta Abreu de las villas, Cuba., 2012.
- [7] F. Llulluna. *Procesamiento de imágenes mediante software libre python para el análisis metalográfico*. Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador., 2014.

- [8] J. Flores. *Sintesis digital de color utilizando tonos de gris*. Facultad de ciencias, UASLP., 2009.
- [9] A; Kheirandish Sh. Anazadeh. Affect of the tempering temperature on the microstructure and mechanical properties of dual phase steels. *Materials science and technology*, 2012.
- [10] D. San Martin. Effect of heating rate on reaustenitiation of low carbon steel. *Materials science and technology*, 2008.
- [11] E. Schaeffer. Proyecto final, 2020. URL <https://elisa.dyndns-web.com/teaching/comp/par/proyecto.html>.
- [12] E. Schaeffer. Ejemplo de cita, 2020. URL <https://elisa.dyndns-web.com/teaching/comp/sim/reporte.html>.