

IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA  
COMPLEMENTAR LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y  
EVALUACIÓN EN LA ASIGNATURA METALOGRAFÍA

CARLOS ANTONIO ACEVEDO YEPES  
LUZ ANDREA BALLESTEROS BARRERA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
BUCARAMANGA

2018

IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA  
COMPLEMENTAR LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y  
EVALUACIÓN EN LA ASIGNATURA METALOGRAFÍA

CARLOS ANTONIO ACEVEDO YEPES  
LUZ ANDREA BALLESTEROS BARRERA

Trabajo de grado (Modalidad: práctica en docencia) para optar al título de  
Ingeniero Metalúrgico

Director

ANA EMILSE COY ECHEVERRÍA  
Dra. en Ciencia y Tecnología de Materiales

Codirector (es)

JAIME GONZÁLEZ GONZÁLEZ  
Ingeniero Metalúrgico

JORGE IVÁN TORRES CAMACHO  
M.Sc. en Pedagogía

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA METALÚRGICA Y CIENCIA DE MATERIALES  
BUCARAMANGA

2018

## DEDICATORIA

*A Dios por brindarme la posibilidad de culminar esta etapa maravillosa y haber conocido a lo largo del camino persona increíbles.*

*A mis padres, Jaime y Luz Stella, el motor de mi vida y mi apoyo incondicional.*

*A mi hermano Andrés, quien me ha colaborado en todo lo que he necesitado.*

*A toda mi familia por creer siempre en mí y nunca dudar que lo lograría.*

*A mi novio Andrés López, mi compañero de viaje en toda esta aventura, por todo su amor, paciencia y apoyo total en cada paso.*

*A mi profesora y directora de proyecto Ana Coy, por darme la oportunidad de trabajar junto a ella y guiarme en todo momento.*

**Luz Andrea Ballesteros Barrera**

*A Dios, quien me brindó la sabiduría, constancia y entrega para lograr este sueño.*

*A mis padres, Carlos Alberto y María Eugenia, que, con su amor incondicional, sacrificios y consejos han sabido alentarme ante toda circunstancia.*

*A mi hermano Andrés Felipe, por ser ese amigo, con quien he vivido las mejores experiencias de mi vida.*

*A mi novia Silvia Paola, mi compañera de vida por su amor, paciencia y apoyo constante durante este proceso.*

**Carlos Antonio Acevedo Yepes**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradecemos al Grupo de investigación GIMAT y especialmente a la profesora y Elcy María Córdoba Tuta por el préstamo del microscopio Hirox para el desarrollo de nuestro proyecto.*

*Agradecemos a la Convocatoria TIC 2017-1 “Apoyo a experiencias de aprendizaje con incorporación de TIC para profesores de programas presenciales – Bucaramanga” realizada por la UIS, por la oportunidad, participación y la aceptación de nuestro proyecto de grado en ella.*

*Agradecemos a los profesores Carlos Andrés Oviedo Paul, Jaime González González y Jorge Iván Torres Camacho por su entrega, colaboración y paciencia en el desarrollo del proyecto.*

*Agradecemos a los técnicos Juan Domingo Carreño y Sergio Andrés González Calderón por su disponibilidad y colaboración durante el proyecto.*

*Agradecemos a la estudiante de Ingeniería de Sistemas Paola Andrea Caicedo Gualdrón por su colaboración en la realización de las animaciones en Adobe Flash para nuestra aula virtual.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1. MARCO TEÓRICO.....	15
1.1 ANTECEDENTES.....	15
1.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES.....	19
1.2.1 Las TIC en la educación.....	19
1.2.2 Fundamentos conceptuales contenidos en el aula virtual. ....	20
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	25
3.1 ETAPA 1. REVISIÓN TEMÁTICA Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	25
3.2 ETAPA 2. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS MULTIMEDIA, DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS Y FORMATOS DE EVALUACIÓN.....	25
3.3 ETAPA 3. CREACIÓN DEL ARCHIVO DIGITAL DE MICROGRAFÍAS .....	25
3.4 ETAPA 4. DESARROLLO DEL AULA VIRTUAL .....	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1 MICROSCOPIA ÓPTICA.....	28
4.2 PREPARACIÓN METALOGRAFICA .....	30
4.3 ALEACIONES FERROSAS .....	31
4.4 ALEACIONES NO FERROSAS.....	32
4.5 ÁLBUM METALOGRAFICO .....	33
4.6 GLOSARIO.....	34
4.7 PREVIOS.....	35
4.8 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL AULA VIRTUAL .....	36
5. CONCLUSIONES.....	37

6. RECOMENDACIONES .....	38
BIBLIOGRAFÍA.....	39
ANEXOS.....	42

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura del aula virtual de aprendizaje. ....	27
Figura 2. Portada del aula virtual de Metalografía. ....	28
Figura 3. Partes del microscopio óptico. ....	29
Figura 4. Diagrama de fases Fe-Fe <sub>3</sub> C. ....	32
Figura 5. Portada de la sección de aleaciones no ferrosas. ....	33
Figura 6. Álbum metalográfico. ....	34
Figura 7. Glosario metalográfico. ....	35
Figura 8. Página de la Universidad Industrial de Santander. ....	42
Figura 9. Acceso a la plataforma. ....	43
Figura 10. Curso Metalografía. ....	44
Figura 11. Opinión de los estudiantes sobre los contenidos del aula. ....	45
Figura 12. Opinión de los estudiantes sobre el diseño del aula. ....	45
Figura 13. Opinión de los estudiantes sobre el nivel de dificultad de manejo del aula. ....	46
Figura 14. Opinión de los estudiantes sobre la experiencia de presentación de los previos en el aula. ....	46
Figura 15. Opinión de los estudiantes sobre aspectos más útiles del aula. ....	47
Figura 16. Porcentaje de estudiantes que recomendarían el aula. ....	47

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. ACCESO A LA PLATAFORMA VIRTUAL DE LA UIS.....	42
ANEXO B. ENCUESTA VALORACIÓN DEL AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE DE METALOGRAFÍA.....	45

## RESUMEN

**TÍTULO:** IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA COMPLEMENTAR LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA, APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN EN LA ASIGNATURA METALOGRAFÍA.

**AUTORES:** Acevedo Yepes, Carlos Antonio y Ballesteros Barrera, Luz Andrea\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Aula virtual, metalografía, microestructura, proceso de aprendizaje, TIC.

**DESCRIPCIÓN:** La Universidad Industrial de Santander (UIS), en consonancia con las políticas nacionales, reconoce la importancia de la incorporación de herramientas tecnológicas en los procesos enseñanza, aprendizaje y evaluación en la educación superior presencial. Es así, como guiados por su política y viendo la necesidad de dinamizar los procesos educativos, nace este proyecto de grado con la idea de proporcionar una herramienta tecnológica que permita al estudiante de Ingeniería Metalúrgica de la UIS, en la asignatura Metalografía, facilitar el desarrollo de las competencias relacionadas con la capacidad de análisis e interpretación de microestructuras de los materiales metálicos. Para ello, se implementó un Aula Virtual de Aprendizaje, con los principales contenidos relacionados con el análisis microestructural. Además, se creó un archivo digital de micrografías mediante la recuperación de una colección de muestras patrón de materiales metálicos existentes en el laboratorio de metalografía. Para el diseño, dinamización y organización del aula, se emplearon herramientas como Adobe Flash, Canva, FlipHTML5, así como los servicios que ofrece la plataforma Moodle (archivos, carpetas, foros, videos, cuestionarios, etc), los cuales permitieron el montaje de los contenidos de una forma dinámica e interactiva. La encuesta realizada a los estudiantes de la asignatura, matriculados en el semestre I de 2018, reveló un alto grado de aceptación de esta herramienta tecnológica como complemento de los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la asignatura Metalografía.

---

\*Proyecto de grado práctica en docencia.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.

Director: Dra. Ana Emilse Coy Echeverría. Codirector: Ing. Jaime González González y M.Sc. Jorge Iván Torres Camacho.

## ABSTRACT

**TITLE:** IMPLEMENTATION OF A TECHNOLOGICAL TOOL TO COMPLEMENT THE PROCESSES OF TEACHING, LEARNING AND EVALUATION IN THE SUBJECT METALLOGRAPHY.

**AUTHORS:** Acevedo Yepes, Carlos Antonio y Ballesteros Barrera, Luz Andrea\*\*

**KEYWORDS:** Virtual classroom, metallography, microstructure, learning process, TIC.

**DESCRIPTION:** The Universidad Industrial de Santander, in consonance with the national policy, recognize the importance of incorporating new technological tools in the teaching, learning and evaluation processes at the face to face superior education. Thus, guided by its policy and seeing the need to dynamize the educational processes, this project is born with the idea to provide a technological tool that allows the Metallurgical Engineering student of the UIS, in the Metallography subject, to facilitate the development of skills regarding the ability to analyze and interpret microstructures of metallic materials. For this, a Virtual Learning Classroom was implemented, with the main contents related to the microstructural analysis. In addition, it was created a digital file of micrographs by recovering a collection of pattern samples of existing metallic materials in the metallography's laboratory. For the design, dynamization and organization of classroom tools were used such as Adobe Flash, Canva, FlipHTML5, as well as the services offered by the Moodle platform (files, folders, forums, videos, questionnaires, etc.), which allowed the assembly of the contents of a dynamic and interactive way. The survey made to the students of the subject, enrolled in semester I of 2018, revealed a high degree of acceptance of this technological tool as a complement to the teaching, learning and evaluation processes of the Metallography subject.

---

\*Degree project practice in teaching.

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales.

Adviser: Dra. Ana Emilse Coy Echeverría. Coadviser: Ing. Jaime González González and M.Sc. Jorge Iván Torres Camacho.

## INTRODUCCIÓN

Estamos inmersos en una era digital, con nativos digitales como estudiantes y esto genera la necesidad de ofrecer otros modelos educativos en donde la tecnología sea un complemento de los procesos educativos a nivel superior. En este sentido, se hace pertinente incluir en las asignaturas del programa de Ingeniería Metalúrgica, herramientas que proporcionen a los estudiantes apoyo en sus procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, buscando generar interacción entre los participantes (profesores y estudiantes). Por tanto, se pretende iniciar dicha inclusión por medio de este proyecto de grado con la implementación de herramientas TIC en la asignatura *Metalografía*, la cual corresponde al sexto nivel del programa de Ingeniería Metalúrgica. Es de resaltar que uno de los dos propósitos de la asignatura es desarrollar en el estudiante la capacidad de análisis e interpretación de las microestructuras de los materiales metálicos para que sean relacionadas con las propiedades de los mismos; y aunque se observa que en la asignatura se abordan los conceptos fundamentales sería de gran ayuda disponer de recursos digitales que permitan complementar los procesos educativos de los estudiantes.

Además, se cuenta con una amplia colección de muestras patrón para el estudio de microestructuras de diferentes materiales metálicos ferrosos y no ferrosos que actualmente no se usan porque la preparación de las muestras cada semestre implica incremento en los costos de las prácticas y en el tiempo para su desarrollo. Con base en lo anterior, se llevó a cabo la implementación de un espacio virtual con el fin de proporcionar una herramienta de apoyo a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de los temas relacionados con el análisis de microestructuras de materiales metálicos, aprovechando los recursos físicos existentes. Se espera con esto que el estudiante pueda mejorar la experiencia de aprendizaje con el uso de material complementario dentro de un entorno virtual.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 ANTECEDENTES

Las Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC son aquellas que permiten transformar la información con el uso de herramientas tecnológicas para lograr transmitir un mensaje más claro y conciso a quienes accedan a ella<sup>1</sup>. En la educación estas tecnologías son un instrumento facilitador en la interacción entre el docente y el alumno sin limitaciones temporales ni espaciales, proporcionando el acercamiento a los recursos y materiales de apoyo requeridos para el proceso de aprendizaje, desarrollo de actividades y calificación de las mismas mediante evaluaciones que se pueden efectuar a través de los medios tecnológicos<sup>2</sup>.

Las TIC, cada vez con más presencia en las distintas labores humanas, han mantenido durante años una constante evolución. En el campo de la docencia, uno de los primeros trabajos fue el realizado por Raht y Anderson en 1958; ellos desarrollaron el primer programa para la enseñanza de la aritmética binaria con un ordenador IBM 650. Posteriormente, en 1972, la Unesco y el Comité de Enseñanza de la Ciencia del ICSU (International Council of Scientific Unions), en París, destacaron dos trabajos, de los cuales el más relevante fue el uso de las primeras videocaseteras para fines educativos<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> OSORIO, Jader. Software Educativo para la Asignatura Cálculo I que apoye el Desarrollo de la Temática Aplicaciones de la Derivada Bajo un Enfoque por Competencias, Mediado por TICS y soportado en la Plataforma de Gestión de Aprendizaje Moodle, [En línea]. (Recuperado 9 de Mayo 2017.) Disponible en: <<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2726/2/136507.pdf>>.

<sup>2</sup> ALTABLERO, Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Nuevas Tecnologías al Servicio de la Educación, [En línea]. Abril 2004. (Recuperado 9 de Mayo 2017.) Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87399.html>.

<sup>3</sup> Educatic. La evolución de las TICs. [En línea]. Publicado en Colombia. Noviembre 2009. (Recuperado 9 de mayo 2017.) Disponible en: <http://guanolema.wordpress.com/2009/09/18la-evolucion-de-las-tics/>.

En los últimos años se han venido implementando con mayor fuerza las herramientas TIC en las diferentes áreas de la educación superior, abordando temas de interés ingenieril como es el caso a nivel internacional de la Universidad de Cambridge que en asocio con cinco instituciones de educación superior del Reino Unido, en el año 2000, implementan la herramienta DoITPoMs (Dissemination of IT for the promotion of Materials Science), cuyo propósito era hacer uso de las tecnologías de la información para mejorar la experiencia de los estudiantes en el Departamento de Ciencias de Materiales y Metalurgia, y difundir estas técnicas dentro de la comunidad académica de materiales en el Reino Unido<sup>4</sup>.

En el año 2003 The International Iron and Steel Institute lanza steeluniversity con el objetivo de ofrecer educación y formación a empleados actuales y futuros de empresas del acero. Además diseñaron un sitio web denominado learning+ destinado a graduados y estudiantes universitarios, junto con empleados de empresas del acero, con el propósito de que los profesores catedráticos complementaran la instrucción a sus estudiantes<sup>5</sup>.

Adicionalmente, para el mismo tiempo, George Vander Voort, M.Sc. en Metalurgia y Ciencia de los Materiales, publicó una página web<sup>6</sup> de gran importancia que recopila temas de interés ingenieril que sirven como complemento del aprendizaje interactivo para los estudiantes en metalografía.

Tres años después 2016/2017, en la Universidad Complutense de Madrid, se desarrolló un proyecto de innovación bajo la dirección de Raúl Arrabal Durán, titulado: Atlas Metalográfico como Recurso Didáctico en el Aprendizaje de Microestructuras de Aleaciones de Interés Tecnológico, con el propósito de brindar

---

<sup>4</sup> BARBER, Z. H; LEAKE, J. A y CLYNE, T.W. The DoITPoMS Project- a Web-Based Initiative for Teaching and Learning Materials Science. En: Journal of Materials Education Vol. 29 (1-2): 7-16 (2007).

<sup>5</sup> Steeluniversity. Acerca de steeluniversity [En línea]. (Recuperado mayo 2017.) Disponible en: <<https://steeluniversity.org/quienes-somos/?lang=es>>.

<sup>6</sup> VANDER VOORT, George. GEORGE VANDER VOORT CONSULTING, [En línea]. (Recuperado 9 de enero 2018.) Disponible en: <http://www.georgevandervoort.com/>.

un complemento al contenido de las asignaturas ofrecidas por el Departamento de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica, así como el de ser una fuente de información útil para cualquier persona interesada en aspectos relacionados con la Metalografía<sup>7</sup>.

A nivel nacional, para la enseñanza de los materiales, algunos docentes universitarios\* hacen uso de softwares especializados como el CeS Edupack. Este software contiene un gran número de recursos didácticos para apoyar la educación de materiales en ingeniería, diseño, ciencia y desarrollo sostenible<sup>8</sup>. Este tipo de recursos se ve además complementado por los blogs que crean los propios estudiantes donde recopilan los temas más importantes que abordan en las asignaturas referentes a la ciencia e ingeniería de materiales<sup>9</sup>.

En este sentido, la Universidad Industrial de Santander reconoce la importancia de la incorporación de herramientas tecnológicas en los procesos educativos y ha establecido dentro de sus políticas que “se debe incorporar TIC a los procesos de formación, como estrategia para mejorar su calidad, favorecer la innovación y la aplicación de un modelo de aprendizaje centrado en el estudiante”<sup>10</sup>. Es así, como en los últimos años se han desarrollado proyectos de implementación de estas herramientas en distintas asignaturas de los programas académicos de la UIS. En particular, en la Escuela de Ingeniería Metalúrgica se han desarrollado dos proyectos que involucran herramientas TIC; uno realizado en el año 2013 titulado “Diseño e implementación de un aula virtual interactiva apoyada en las tecnologías

---

<sup>7</sup> Universidad Complutense de Madrid. Proyecto de Innovación Atlas Metalográfico, [En línea]. Madrid 2016/2017. (Recuperado en 3 de Mayo 2018.) Disponible en <https://www.ucm.es/atlasmetalografico/presentacion>.

(\*) TRISTANCHO, José Luis. Universidad Tecnológica de Pereira.

<sup>8</sup> Mike Ashby y colaboradores, GRANTA MATERIAL INTELLIGENCE. CeS Edupack 2015. Disponible en: <<http://www.grantadesign.com/education/edupack/>>.

<sup>9</sup> Estudiantes de metalografía (2015). Metalografía- Universidad Tecnológica de Pereira [Blog]. Disponible en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/>.

<sup>10</sup> Consejo Superior de la UIS Acuerdo 277. Bucaramanga (22 de noviembre de 2011) 16 p.

de la información y comunicación para la asignatura de materiales refractarios”<sup>11</sup> y el otro más reciente, desarrollado en el 2017, “Implementación de TIC como complemento del proceso de enseñanza/aprendizaje en la asignatura Corrosión correspondiente a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales”<sup>12</sup>.

En particular, para el programa de Ingeniería Metalúrgica, una de las asignaturas en las que se quiere implementar herramientas tecnológicas es Metalografía, en donde el mayor interés para el Ingeniero Metalúrgico es el análisis y la caracterización de materiales metálicos y aleaciones; para ello se abordan tres principales temas que contienen los principales conceptos para obtener las herramientas necesarias para determinar el estado de una pieza y así emitir juicios con respecto a ésta.

Estos antecedentes aportan al trabajo en cuanto a que demuestran que el uso de las herramientas tecnológicas como apoyo a los procesos educativos, y en específico de la plataforma Moodle, permite generar interacción en las actividades y seguimiento a las mismas. Lo anterior sin olvidar que los entornos virtuales adquieren valor pedagógico cuando son usadas como artefactos mediadores entre el profesor y el estudiante o entre iguales que proporcionan un contexto educativo singular y virtual facilitador de procesos interactivos de co-construcción de conocimiento.

---

<sup>11</sup> ACEVEDO PINEDA, Sandra Carolina; UMAÑA MARTINEZ, Zuleiny Yurley. Diseño e implementación de un aula virtual interactiva apoyada en las tecnologías de la información y comunicación para la asignatura de materiales refractarios. Tesis de pregrado Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, 2013.

<sup>12</sup> MALDONADO ZALDUA, Luisa Fernanda; NIÑO JOYA, Myriam Lizeth. Implementación de TIC como complemento del proceso de enseñanza/aprendizaje en la asignatura corrosión correspondiente a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Tesis de pregrado Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, 2017.

## 1.2 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

**1.2.1 Las TIC en la educación.** Como se mencionó anteriormente las TIC en la educación son una herramienta facilitadora para la interacción entre docente y alumno sin interrupciones espaciales ni temporales. Por otro lado, la mediación pedagógica entendida como el conjunto de herramientas que ayudan a la asimilación de saberes culturales, científicos, tecnológicos, entre otros, se ve favorecida y se puede desarrollar de una forma más eficaz mediante el uso de tecnologías, otorgando una nueva forma de expresión, percepción, información y comunicación<sup>13</sup>.

Las formas principales de mediación pedagógica abarcan tres tipos de aprendizaje:

- a) Enseñanza presencial: involucra la presencia física de docente y alumnos, en un mismo espacio y tiempo<sup>14</sup>.
- b) E-learning: significa aprendizaje electrónico, el cual emplea herramientas electrónicas tales como computadores y dispositivos electrónicos por medio de los cuales se suministran los recursos educativos al estudiante<sup>15</sup>.
- c) B-learning: el cual traduce formación combinada o enseñanza mixta, en donde se mezcla la educación presencial con el E-learning, dando lugar al proceso de aprendizaje con un carácter semipresencial, que incluye

---

<sup>13</sup> RIBAS, Oscar. Evolución de la educación: de la escuela tradicional a la escuela constructivista. Artículo en: De la Escuela Tradicional a la Escuela Constructivista. 20 de enero 2011. p. 4-7.

<sup>14</sup> CUKIERMAN, Uriel; ROZENHAUS, Julieta y SANTANGEL, Horacio. Enseñanza presencial y E-learning. En: Tecnología educativa: Recursos, modelos y metodologías. Argentina: Editorial Prentice Hall, Pearson Education, 2009. P-3-7, 44-46.

<sup>15</sup> ALARCÓN, Evelyn. E-learning. [En línea]. Publicado en Chile. Noviembre 16 2008. Disponible en: <http://umayor-e-learning.blogspot.com.co/>.

actividades online como presenciales, agilizando y mejorando las labores docente-alumno<sup>16</sup>.

**1.2.2 Fundamentos conceptuales contenidos en el aula virtual. a) Microscopía óptica.** La microscopía es una técnica de análisis para hacer visibles objetos pequeños o ciertos detalles de dichos objetos que a causa de su tamaño no se logran definir con el rango de resolución del ojo humano (alrededor de 0,2 mm), por medio del uso de lentes y luz visible<sup>17</sup>. Dependiendo del camino seguido por la luz para obtener la imagen, los microscopios ópticos podrían clasificarse en: i) microscopio de luz transmitida, en cuyo caso los materiales a observar deben ser muy finos para permitir el paso de la luz visible y ii) microscopio de luz reflejada, el cual es utilizado para materiales opacos con capacidad para reflejar la luz<sup>18</sup>. Las partes principales de un microscopio óptico son: los objetivos, los oculares, la fuente de iluminación, el cabezal y la platina<sup>19</sup>.

**b) Preparación metalográfica.** Para hacer un análisis microestructural es fundamental que la muestra de estudio reproduzca fielmente las características propias del material y que estas no hayan sido alteradas durante el proceso de preparación de la misma. Es por esto que esta etapa debe ser realizada siguiendo el procedimiento establecido bajo estándares internacionales. La norma ASTM E3

---

<sup>16</sup> FIDALGO, Angel. ¿Qué es b-learning? [En línea]. Publicado en España. Marzo 10 del 2010. Disponible en: <https://innovacioneducativa.wordpress.com/2007/03/10/%C2%BFque-es-b-learning/>.

<sup>17</sup> SMITH, Yolanda. ¿Qué es microscopía óptica? [en línea]. Abril 2017. (Recuperado 16 de Enero de 2018.) Disponible en: [https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-(Spanish).aspx).

<sup>18</sup> F.J Gil Mur, J. M Manero Planella (2005). Metalografía. Barcelona. Ediciones UPC.

<sup>19</sup> Vicerrectorado Universidad Politécnica Abierta, Curso de metalografía básica. [En línea]. 2001-2002.

"Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens" <sup>20</sup> describe de forma detallada el procedimiento a seguir.

**-Corte y montaje.** Al recibir el material, en ocasiones es necesario cortarlo de una forma determinada; en consecuencia, se emplean discos abrasivos de ciertas clases que dependen del tipo de material a emplear. El objetivo es obtener una sección del material útil ya sea longitudinal o transversal según lo que se desee analizar. Por lo general para facilitar la manipulación de la muestra se debe realizar el proceso de encapsulamiento o montaje, el cual puede ser en caliente o en frío.

**-Desbaste.** A la muestra encapsulada se le realiza un proceso de desbaste y para ello se emplean papeles con abrasivos desde un grano grueso (# 80) hasta abrasivos cada vez más finos (# 2000). De esta forma se tiene como resultado una superficie plana, uniforme, donde las rayas muy finas están de forma unidireccional<sup>21</sup>.

**-Pulido.** Después del proceso de desbaste, la muestra pasa a la etapa de pulido, cuyo objetivo es obtener una superficie especular<sup>22</sup>. Este pulido puede ser de tres tipos: manual, automático y electrolítico. En el caso de los dos primeros, la muestra se pasa por unos paños que contienen abrasivos de diferente granulometría, que por lo general son suspensiones de alúmina, magnesia o pasta de diamante. Para el caso del pulido electrolítico se necesita disponer de una celda electrolítica donde la muestra actúa como ánodo y mediante el uso de corriente y reactivos especiales se obtiene la superficie deseada. Este procedimiento es recomendado sólo para metales o aleaciones cuya microestructura sean soluciones sólidas, libres de segundas fases, con objeto de evitar la disolución de las mismas.

---

<sup>20</sup> AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. ASTM E3. Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens.

<sup>21</sup> F.J Gil Mur, J. M Manero Planella (2005). Metalografía. Barcelona. Ediciones UPC.

<sup>22</sup> *Ibíd.*, p. 15.

**-Ataque químico.** Se refiere a los procesos que se emplean para revelar las características microestructurales del material las cuales no son obvias en la condición de pulido. El propósito de esta etapa es revelar la estructura con el mayor contraste posible para conseguir los detalles más relevantes<sup>23</sup>. Para ello, se emplean reactivos químicos de ataque que actúan por disolución gradual del metal, comenzando en la superficie hasta las capas internas<sup>24</sup>. Los tipos de reactivos y la forma en que se utilizan se encuentran estandarizados en la norma ASTM E407<sup>25</sup>.

**c) Análisis microestructural.** Las propiedades mecánicas, que hacen útiles a los materiales metálicos están más relacionadas con la microestructura del material que con su composición química<sup>26</sup>. Por tanto, es importante el estudio de las fases y constituyentes que la componen, así como la evaluación de parámetros tales como: tamaño de grano, inclusiones no metálicas, distribución de fases y segregaciones.

Estas particularidades, propias de cada material, ayudan a predecir de manera acertada el estado en el que se encuentra el material y las posibles afectaciones que pueda tener como consecuencia de un tratamiento térmico o mecánico, lo que ayuda a prever su comportamiento en servicio.

En este sentido, es evidente que el análisis microestructural es una herramienta valiosa para el estudio de metales y aleaciones desde su proceso de fabricación hasta el final de su vida útil, y por eso se considera como un instrumento importante de verificación y control de calidad en procesos de fabricación y tratamientos térmicos, de predicción del comportamiento de un componente en servicio, de

---

<sup>23</sup> Vicerrectorado Universidad Politécnica Abierta, Curso de metalografía básica. [En línea]. 2001-2002.

<sup>24</sup> F.J Gil Mur, J. M Manero Planella (2005). Metalografía. Barcelona. Ediciones UPC. p.16

<sup>25</sup> AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. ASTM E407. Standard Practice for Microetching Metals and Alloys.

<sup>26</sup> F. R Morral, E. Jimeno, P. Morela. Metalurgia General (Tomo 2). Barcelona. Editorial Reverté, S.A. p.695-696.

determinación de mecanismos de falla, entre otros<sup>27</sup>. Esto también ha permitido el desarrollo de los materiales metálicos, ya que controlando su microestructura se consiguen las propiedades adecuadas para diferentes aplicaciones.

Industrialmente los materiales metálicos más destacados involucran desde aleaciones ferrosas, hasta las aleaciones no ferrosas. En el grupo de las aleaciones ferrosas se encuentran los aceros, cuyo porcentaje en carbono es inferior al 2%, y las fundiciones de hierro con porcentajes de carbono del 2 al 6,67%C. Los aceros se dividen según el diagrama de fase metaestable en: hipoeutectoides, eutectoides e hipereutectoides. Por otro lado, las fundiciones siguen el diagrama estable o el metaestable, según las condiciones de solidificación<sup>28</sup>. Adicionalmente las fundiciones también pueden ser clasificadas según el contenido de carbono, aunque la principal organización es basada en la distribución del carbono: fundición gris, dúctil o esferoidal, blanca y maleable.

En relación con las aleaciones no ferrosas, se destacan las aleaciones de cobre, de aluminio y de magnesio. Las propiedades que presentan este tipo de aleaciones, y que está relacionada con su microestructura, las hace muy útiles para diferentes aplicaciones industriales. Por ejemplo, la baja densidad y la excelente relación resistencia peso de las aleaciones de aluminio y magnesio las hace idóneas para su uso en el sector aeronáutico y automotriz<sup>29</sup>. En el caso del cobre, su alta conductividad eléctrica lo hace especial para aplicaciones eléctricas y electrónicas; mientras que la conductividad térmica, resistencia a la corrosión, resistencia al desgaste y ductilidad, de las aleaciones de cobre (Bronces y Latones), son aprovechadas en aplicaciones como intercambiadores de calor, bombas, válvulas, componentes estructurales para la industria marina, etc<sup>30</sup>.

---

<sup>27</sup> *Ibíd.*, p. 696.

<sup>28</sup> F.J Gil Mur, J. M Manero Planella (2005). *Metalografía*. Barcelona. Ediciones UPC. p.51.

<sup>29</sup> POLMEAR, Ian. *Light alloys, From Traditional Alloys to Nanocrystals*. ELSEVIER.

<sup>30</sup> ASKELAND, Donald R. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Tercera Edición International Thomson Editores. p.380.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar una herramienta tecnológica para complementar los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación en la asignatura Metalografía.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un aula virtual en la asignatura Metalografía teniendo como base los contenidos programáticos relacionados con el análisis de microestructuras.
- Crear un archivo digital de micrografías mediante la recuperación de una colección de muestras patrón de materiales metálicos existentes en el laboratorio, como material complementario de la asignatura.
- Generar un espacio virtual para la asignatura Metalografía, por medio de la implementación en la plataforma “*Moodle*” de los recursos académicos requeridos como apoyo a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación.

### **3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

La metodología que se llevó a cabo para alcanzar los objetivos propuestos, consta de cuatro (4) etapas descritas a continuación.

#### **3.1 ETAPA 1. REVISIÓN TEMÁTICA Y RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

En esta primera etapa se realizó la revisión y recopilación temática de los contenidos de la asignatura Metalografía a incluir en el Aula Virtual de Aprendizaje. Estos fueron seleccionados, organizados y estructurados dentro del siguiente esquema temático: microscopía óptica, preparación metalográfica, aleaciones ferrosas, aleaciones no ferrosas, álbum metalográfico, glosario y previos.

#### **3.2 ETAPA 2. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS MULTIMEDIA, DESARROLLO DE LOS CONTENIDOS Y FORMATOS DE EVALUACIÓN**

En esta etapa se realizó la búsqueda y selección de programas, aplicaciones y demás herramientas multimedia que permitieron dinamizar los contenidos a incluir en el aula. Dichas herramientas abarcan programas como Adobe Flash para crear animaciones, páginas en internet como Canva y Powtoon Animation para diseñar las portadas de cada sección y FlipHTML5 para realizar el álbum metalográfico. Una vez seleccionadas se desarrollaron los contenidos. Los formatos para el desarrollo de los previos se diseñaron usando la opción de selección múltiple de múltiple respuesta y de única respuesta, y de falso y verdadero.

#### **3.3 ETAPA 3. CREACIÓN DEL ARCHIVO DIGITAL DE MICROGRAFÍAS**

En la creación del archivo digital de micrografías se tomó como base las muestras patrón del libro Foundry Metallography: An Elementary Analysis of the Microstructure and Properties of Selected Foundry Alloys<sup>31</sup>, que forma parte del material valioso del laboratorio de Metalografía. Las muestras patrón fueron

---

<sup>31</sup> Bailey, A. R; Samuels, L. E. Foundry Metallography: An Elementary Analysis of the Microstructure and Properties of Selected Foundry Alloys. Metallurgical Services Laboratories LTD. Betchworth, Surrey, Inglaterra.

preparadas metalográficamente siguiendo el proceso establecido en la norma ASTM E3. Para esto, dichas muestras fueron desbastadas con papel de carburo de silicio (SiC) desde granulometría 80 hasta 1500. Posteriormente, en la etapa de pulido, y dependiendo del material a preparar, se utilizaron como abrasivos alúmina y pasta de diamante, de 3 y 1  $\mu\text{m}$  hasta conseguir una superficie especular. Finalmente se realizó el ataque químico según lo indicado en el libro Foundry Metallography y en la Norma ASTM E407. Una vez preparadas las muestras, estas fueron llevadas al microscopio Hirox con el fin de obtener las micrografías correspondientes. La descripción de las micrografías fue tomada y traducida del libro Foundry Metallography. Con esta información y con la ayuda de la página de internet FlipHTML5 se diseñó y elaboró el álbum digital interactivo de micrografías.

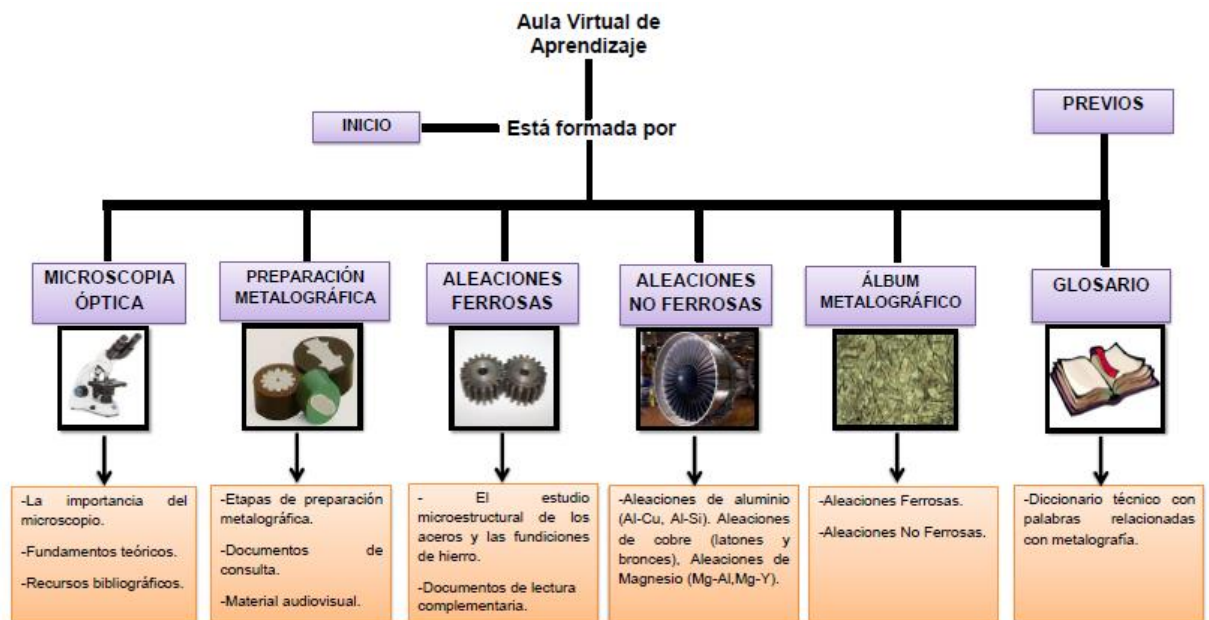
#### **3.4 ETAPA 4. DESARROLLO DEL AULA VIRTUAL**

Esta fase tuvo como objeto el montaje y la implementación del espacio virtual. En este sentido, basado en las políticas institucionales de la UIS, y aprovechando los recursos virtuales que proporciona la Universidad como respaldo de dichas políticas, se usó la plataforma *Moodle*, la cual permite la creación de cursos académicos o aulas virtuales para las distintas asignaturas de los programas de pregrado y posgrado de la Universidad, de una manera fácil, organizada, eficaz y dinámica. Posteriormente, el contenido fue agregado de forma estructurada con ayuda de las herramientas de edición que proporciona la plataforma. Dichos contenidos servirán de apoyo a los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la asignatura Metalografía. Finalmente, con el objetivo de evaluar el resultado de la implementación de la herramienta tecnológica en la asignatura Metalografía del primer semestre de 2018, se diseñó una encuesta en formularios de google, que contiene los principales parámetros a evaluar tales como: el diseño, organización, utilidad, entre otros, dirigida a los 28 estudiantes de dicha asignatura, para obtener una percepción desde el punto de vista del estudiante.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis realizado a lo largo del desarrollo de todo el proyecto se eligieron una página de inicio y siete secciones fundamentales que constituyen el aula virtual implementada para complementar los procesos educativos para la asignatura Metalografía. El acceso al aula se hace a través de la página principal de la Universidad Industrial de Santander, en la opción de aula virtual de aprendizaje, plataforma de pregrado (anexo A). A continuación, en la Figura 1 se muestra la estructura del aula virtual de aprendizaje de Metalografía.

Figura 1. Estructura del aula virtual de aprendizaje.



Al inicio de cada sección, se resaltan las competencias que se esperan alcanzar al finalizar cada tema y se continúa con la descripción del contenido de cada una de las secciones, diseñadas con distintas herramientas interactivas que forman parte del aula virtual de aprendizaje de Metalografía.

La página de inicio es una sección en la que aparece la introducción y bienvenida al aula virtual por medio de una imagen de portada realizada y tomada de Poowtoon animation como se muestra en la Figura 2. Adicionalmente, se adjuntan dos carpetas, una con el programa de la asignatura y la otra que contiene los temas de clase en archivos pdf. Por último, se agregaron dos actividades una denominada foro, que permite la interacción e intercambio de ideas entre estudiantes y profesor acerca de un tema en particular, y otra llamada chat, el cual es un espacio para consultar en tiempo real dudas e inquietudes.

Figura 2. Portada del aula virtual de Metalografía.



#### 4.1 MICROSCOPIA ÓPTICA

Tras la revisión bibliográfica realizada previamente se determinaron los principales temas de la asignatura, y entre ellos se halla el microscopio óptico, el cual es la

herramienta primordial para llevar a cabo el examen microestructural tanto a materiales ferrosos como a los no ferrosos.

Por lo anterior, se diseñó esta sección teniendo en cuenta los conceptos básicos que deben ser adquiridos para el correcto manejo del microscopio óptico, comenzando con los fundamentos teóricos, seguido de la descripción de sus partes y los tipos de microscopio que hay según el camino seguido por la luz hasta llegar al objetivo. Además, se diseñaron animaciones en Adobe Flash de las partes del microscopio (Figura 3), del principio óptico de adquisición de imagen del microscopio de luz reflejada y el de luz transmitida, con el objetivo de atraer la atención de los estudiantes y lograr la comprensión de los distintos conceptos de una forma más dinámica e interactiva.

Figura 3. Partes del microscopio óptico.



Adicionalmente, como complemento del proceso de aprendizaje se añadieron dos recursos al final de la sección. El primero consiste en un documento en formato pdf, en el cual se encuentra información más detallada acerca del microscopio óptico, sus partes y los tipos de microscopios ópticos utilizados en la caracterización de materiales metálicos. El segundo recurso es la URL, el cual es la ruta que permite ubicar de manera precisa en un servidor una página web, en este caso, la del Departamento de Ciencia de Materiales y Metalurgia de la Universidad de Cambridge en donde hay una serie de conceptos y herramientas de aprendizaje que contribuirán y completarán el tema abordado. La página se encuentra en inglés, lo que permite que el estudiante pueda interactuar con otro idioma.

## **4.2 PREPARACIÓN METALOGRÁFICA**

Esta sección describe las etapas necesarias para llevar a cabo una correcta preparación metalográfica de materiales ferrosos y no ferrosos siguiendo la norma ASTM E3. Se agregaron micrografías a 50X de una muestra de acero de bajo carbono tras ser sometido al proceso de desbaste con papeles de diferente granulometría, y también después de haber sido pulida y atacada. Esto con el fin de ver el estado superficial de las muestras en las diferentes etapas de preparación.

Así mismo, en esta sección se encuentra como recursos adicionales una carpeta con las normas ASTM E3 y E407, las cuales fueron descargadas de la página oficial de la ASTM, gracias a los recursos y convenios que tiene la biblioteca de la UIS. Esto se realizó pensando en proporcionarle al estudiante un espacio fácilmente accesible y directo de consulta. No obstante, es primordial hacer revisiones periódicas de las actualizaciones que les realicen a las normas.

Por otro lado, como aporte audiovisual se realizó un video corto, para que los estudiantes antes de enfrentarse a su primera experiencia en el laboratorio de Metalografía vean el proceso de preparación metalográfica de una muestra.

También se agregó como recurso complementario una URL al final de la sección, la cual redirige al estudiante a una página web del Consultor George Vander Voort, donde se podrá acceder a mayor información acerca del tema de preparación metalográfica y ataques químicos.

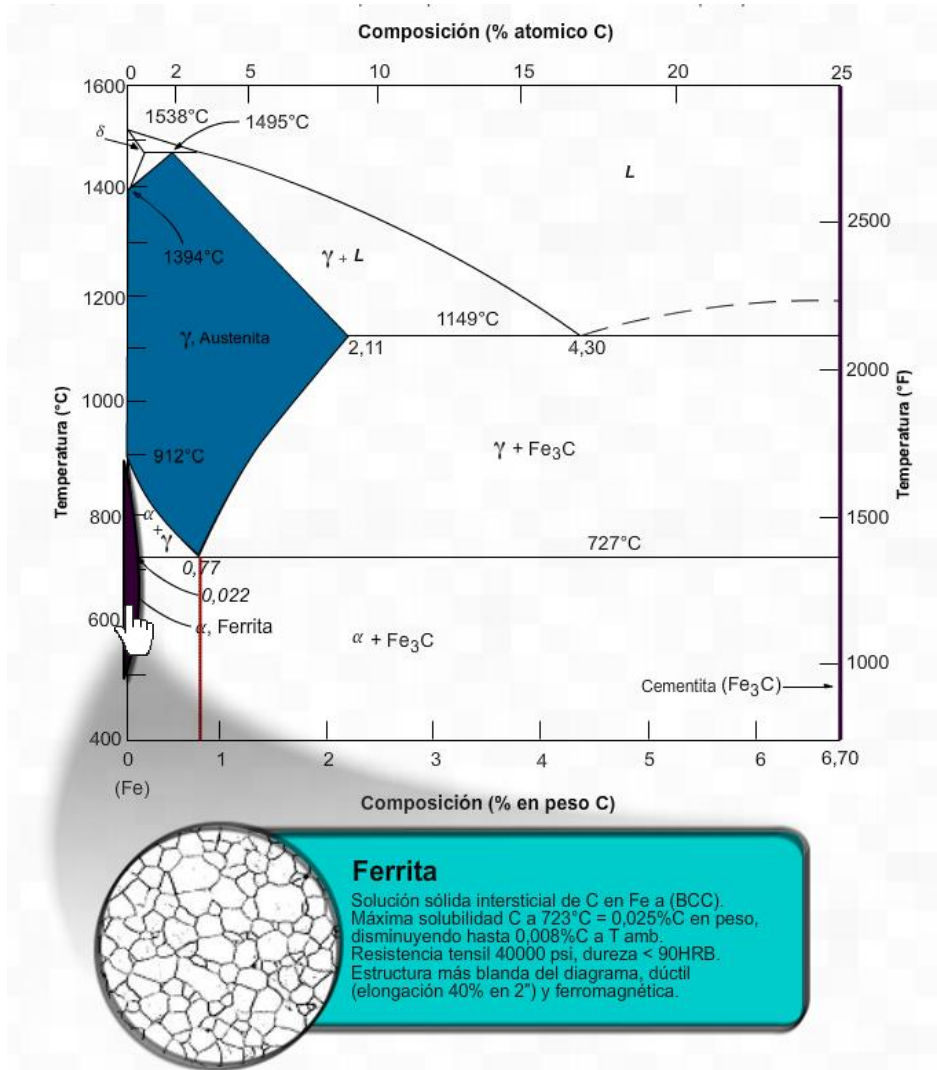
### **4.3 ALEACIONES FERROSAS**

El estudio microestructural de los aceros y las fundiciones de hierro es un tema de gran interés para la formación de un Ingeniero Metalúrgico, dado que son los materiales de más amplio uso en la ingeniería, y el conocer sus características microestructurales para relacionarlas con su composición y propiedades le brindarán herramientas necesarias para determinar el estado de una pieza y de esta forma poder emitir juicios de valor en relación con su aceptación o rechazo.

En este sentido, este apartado se diseñó pensando en proporcionar al estudiante una herramienta que le permita analizar microestructuras de aceros y fundiciones de hierro apoyado en el uso del diagrama de fases. En consecuencia, se agregaron los dos diagramas que representan las aleaciones ferrosas; en el caso del diagrama correspondiente a los aceros, se utilizó la herramienta Adobe Flash para realizar una animación que permite explorar las principales fases con sus respectivas descripciones, tal como se observa en la Figura 4.

Además de los diagramas, se incluyeron micrografías de las subclasificaciones de los aceros y fundiciones, con el propósito de generar un acercamiento y diferenciación de los principales constituyentes de cada material ferroso. Finalmente, se agregó una carpeta que contiene documentos de lectura complementaria, para la realización de otras actividades.

Figura 4. Diagrama de fases Fe-Fe<sub>3</sub>C.



#### 4.4 ALEACIONES NO FERROSAS

Dentro de las aleaciones no ferrosas se encuentran todas aquellas aleaciones que no contienen hierro en grandes proporciones en su composición. Las propiedades que éstas presentan: baja densidad (aluminio, magnesio y titanio), alta conductividad eléctrica y térmica (cobre y sus aleaciones), resistencia a la corrosión (titanio, níquel, cobre y sus aleaciones), etc, han llevado a que éstas tengan un

amplio espectro de aplicación en diferentes industrias como la aeronáutica, civil, química, biomédica, entre otras. De aquí que su estudio y conocimiento tenga especial importancia tanto para controlar sus procesos de fabricación como evaluar su comportamiento en servicio.

Es por esto que dentro del aula virtual no podía faltar un espacio dedicado al estudio de las características microestructurales de este tipo de aleaciones. Por consiguiente, se elaboró una sección en donde el estudiante puede observar, analizar e interpretar, con la ayuda de los diagramas de fase correspondientes, microestructuras de las principales aleaciones de aluminio (Al-Cu, Al-Si), aleaciones de cobre (latones y bronce) y aleaciones de magnesio (AZXX, WEXX). La Figura 5, corresponde a la portada de la sección de aleaciones no ferrosas que representa la información que se encuentra en ella.

Figura 5. Portada de la sección de aleaciones no ferrosas.



**COOPER**



**ALUMINIUM**



**MAGNESIUM**

## ALEACIONES NO FERROSAS





**Al terminar este tema estarás en capacidad de:**

- Identificar microestructuras de aleaciones de cobre, aluminio y magnesio.
- Determinar los componentes microestructurales de estas aleaciones no ferrosas.
- Indicar para una microestructura dada el proceso aproximado de fabricación, apoyado en el uso del diagrama de fases.

## 4.5 ÁLBUM METALGRÁFICO

Esta sección consiste en un archivo digital de micrografías de muestras patrón, basado en el libro Foundry Metallography. El contenido del álbum metalográfico está

estructurado en dos categorías: aleaciones no ferrosas y aleaciones ferrosas. En cada división se estudian las microestructuras más representativas de cada categoría, indicando las fases y constituyentes presentes en el material, así como su proceso de obtención por colada, entre otros.

El álbum es un recurso dinámico al cual pueden acceder los estudiantes de forma fácil e interactiva a una serie de micrografías de los materiales más empleados en las industrias, en estado de colada, tales como aceros, fundiciones, latones, aleaciones de magnesio, entre otros, donde podrán comparar las microestructuras de cada una y relacionarlas con las propiedades que puedan tener, teniendo en cuenta las fases constituyentes. Para su edición, se utilizó una página en Internet FlipHTML5 que permite generar un visualizador que le da la forma de libro interactivo, tal como se ilustra en la Figura 6, partiendo de archivos pdf.

Figura 6. Álbum metalográfico.



## 4.6 GLOSARIO

Esta sección se planteó con el objetivo de enriquecer el vocabulario técnico de los estudiantes y contribuir al mejor entendimiento de la asignatura. En consecuencia,

se generó un espacio abierto y colaborativo que permite construir, entre todos los estudiantes, un glosario con términos, tanto en español como en inglés, relacionados con metalografía, ingresando información respaldada de libros, normas, entre otros.

La Figura 7 muestra la portada de la sección, en la que se encuentra la entrada al glosario, además de un documento Word en donde están las indicaciones a seguir para la construcción del mismo.

Figura 7. Glosario metalográfico.



#### 4.7 PREVIOS

Esta sección contiene los previos relacionados con el análisis microestructural de las aleaciones ferrosas y no ferrosas. Su construcción se realizó con la actividad de los cuestionarios, para lo cual fue necesario crear previamente un banco de preguntas. Este banco fue creado por la profesora que dirige la asignatura con base en las competencias que se quieren desarrollar en el estudiante. Las preguntas fueron del tipo selección múltiple con única respuesta o múltiple respuesta, y de falso y verdadero.

#### **4.8 RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE EVALUACIÓN DEL AULA VIRTUAL**

Los resultados de la encuesta realizada a los estudiantes de Metalografía del primer semestre de 2018 se presentan en el anexo B. Del análisis de los resultados se resalta el alto grado de aceptación que generó el aula virtual en su proceso de aprendizaje. Dentro de los aspectos que les resultaron más útiles señalaron, en su orden, las animaciones e imágenes incluidas, la realización de actividades como glosarios y en último lugar la interacción en el aula. En cuanto al diseño, más del 92% de los estudiantes lo consideran apropiado, teniendo un grado de valoración de muy bueno y excelente. En cuanto al nivel de dificultad de manejo del aula, más del 85% considera que es fácil y sencillo explorar y aprovechar los recursos del aula.

En relación con la experiencia de presentación de previos los resultados no fueron tan positivos, dado que el 57,1% consideraron que tuvieron una experiencia regular, el 28,6 % satisfactorio y sólo el 14,3% lo consideraron muy bueno. Las principales razones de esa baja aceptación estuvieron relacionadas con el tipo de pregunta y el hecho que no pudieran regresarse a revisar las respuestas, ya que una vez contestada la pregunta el sistema no le permitía devolverse. Dentro de los aspectos positivos valoraron el poder observar las micrografías en colores reales y a diferentes aumentos, lo que les permitía realizar un mejor análisis de las mismas.

A pesar de la experiencia no tan positiva de presentación de los previos, el 100% de los estudiantes recomendarían a sus compañeros que cursen Metalografía aprovechar al máximo todos los recursos ofrecidos en el aula virtual, lo que demuestra un alto grado de valoración y aceptación de esta herramienta tecnológica como complemento de los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la asignatura.

## 5. CONCLUSIONES

- Con base en los contenidos programáticos y por medio de la revisión bibliográfica se diseñó un aula virtual de metalografía dinámica e interactiva donde se recogen de forma estructurada, en siete secciones, los contenidos relacionados con el análisis microestructural.
- Se creó el archivo digital de micrografías como herramienta complementaria de la asignatura para brindar a los estudiantes una base de datos de los distintos materiales tanto ferrosos como no ferrosos, en estado de colada, donde pueden analizar las diferentes microestructuras de cada material.
- Se generó el aula virtual de aprendizaje para la asignatura Metalografía en la plataforma Moodle, utilizando los recursos tales como archivos, carpetas, URL, y actividades tales como cuestionarios, glosario, foros y chat, los cuales apoyarán los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación de la asignatura.
- La encuesta aplicada a los 28 estudiantes de la asignatura reveló un alto grado de aceptación del aula virtual de Metalografía como complemento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la asignatura. Sin embargo, es necesario revisar y, de ser necesario, realizar ajustes a la parte de evaluación en relación con los tipos de pregunta y las opciones de respuesta.

## 6. RECOMENDACIONES

- Para avanzar en la evolución del proyecto se recomienda continuar en la exploración de diversas herramientas TIC y la actualización y ampliación de los contenidos incluidos.
- Es importante añadir una sección dirigida exclusivamente a todo lo relacionado con las prácticas del laboratorio, que incluya sus guías, normas, con el fin de complementar el aula virtual.
- Se recomienda que para el diseño de las animaciones se utilicen programas compatibles con los dispositivos celulares para que puedan ser visualizados con los navegadores habituales.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO PINEDA, Sandra Carolina; UMAÑA MARTINEZ, Zuleiny Yurley. Diseño e implementación de un aula virtual interactiva apoyada en las tecnologías de la información y comunicación para la asignatura de materiales refractarios. Tesis de pregrado Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, 2013.

ALARCÓN, Evelyn. E-learning. [En línea]. Publicado en Chile. Noviembre 16 2008. Disponible en: <http://umayor-e-learning.blogspot.com.co/>.

ALTABLERO, Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Nuevas Tecnologías al Servicio de la Educación, [En línea]. Abril 2004. (Recuperado 9 de Mayo 2017.) Disponible en: <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87399.html>.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. ASTM E3. Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens.

AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS. ASTM E407. Standard Practice for Microetching Metals and Alloys.

ASKELAND, Donald R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Tercera Edición International Thomson Editores. p.380.

BARBER, Z. H; LEAKE, J. A y CLYNE, T.W. The DoITPoMS Project- a Web-Based Initiative for Teaching and Learning Materials Science. En: Journal of Materials Education Vol. 29 (1-2): 7-16 (2007).

Bailey, A. R; Samuels, L. E. Foundry Metallography: An Elementary Analysis of the Microstructure and Properties of Selected Foundry Alloys. Metallurgical Services Laboratories LTD. Betchworth, Surrey, Inglaterra.

Consejo Superior de la UIS Acuerdo 277. Bucaramanga (22 de noviembre de 2011) 16 p.

CUKIERMAN, Uriel; ROZENHAUS, Julieta y SANTANGEL, Horacio. Enseñanza presencial y E-learning. En: Tecnología educativa: Recursos, modelos y metodologías. Argentina: Editorial Prentice Hall, Pearson Education, 2009. P-3-7, 44-46.

Educativ. La evolución de las TICs. [En línea]. Publicado en Colombia. Noviembre 2009. (Recuperado 9 de mayo 2017.) Disponible en: <http://guanolema.wordpress.com/2009/09/18la-evolucion-de-las-tics/>.

Estudiantes de metalografía (2015). Metalografía- UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA [Blog]. Recuperado en: <http://blog.utp.edu.co/metalografia/>.

FIDALGO, Angel. ¿Qué es b-learning? [En línea]. Publicado en España. Marzo 10 del 2010. Disponible en: <https://innovacioneducativa.wordpress.com/2007/03/10/%C2%BFque-es-b-learning/>.

F.J Gil Mur, J. M Manero Planella (2005). Metalografía. Barcelona. Ediciones UPC.

F. R Morral, E. Jimeno, P. Morela. Metalurgia General (Tomo 2). Barcelona. Editorial Reverté, S.A. p.695-696.

MALDONADO ZALDUA, Luisa Fernanda; NIÑO JOYA, Myriam Lizeth. Implementación de TIC como complemento del proceso de enseñanza/aprendizaje en la asignatura corrosión correspondiente a la Escuela de Ingeniería Metalúrgica y Ciencia de Materiales. Tesis de pregrado Ingeniería Metalúrgica. Universidad Industrial de Santander, 2017.

Mike Ashby y colaboradores, GRANTA MATERIAL INTELLIGENCE. CeS Edupack 2015. Disponible en: <http://www.grantadesign.com/education/edupack/>.

OSORIO, Jader. Software Educativo para la Asignatura Cálculo I que apoye el Desarrollo de la Temática Aplicaciones de la Derivada Bajo un Enfoque por Competencias, Mediado por TICS y soportado en la Plataforma de Gestión de Aprendizaje Moodle, [En línea]. (Recuperado 9 de Mayo 2017.) Disponible en: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2726/2/136507.pdf>.

POLMEAR, Ian. Light alloys, From Traditional Alloys to Nanocrystals. ELSEVIER.

RIBAS, Oscar. Evolución de la educación: de la escuela tradicional a la escuela constructivista. Artículo en: De la Escuela Tradicional a la Escuela Constructivista. 20 de enero 2011. p. 4-7.

SMITH, Yolanda. ¿Qué es microscopía óptica? [En línea]. Abril 2017. (Recuperado 16 de Enero de 2018.) Disponible en: [https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/life-sciences/What-is-Optical-Microscopy-(Spanish).aspx).

Steeluniversity. Acerca de steeluniversity [En línea]. (Recuperado mayo 2017.) Disponible en: <<https://steeluniversity.org/quienes-somos/?lang=es>>.

Universidad Complutense de Madrid. Proyecto de Innovación Atlas Metalográfico, [En línea]. Madrid 2016/2017. (Recuperado en 3 de Mayo 2018.) Disponible en <https://www.ucm.es/atlasmetalografico/presentacion>.

VANDER VOORT, George. GEORGE VANDER VOORT CONSULTING, [En línea]. (Recuperado 9 de enero 2018.) Disponible en: <http://www.georgevandervoort.com/>.

Vicerrectorado Universidad Politécnica Abierta, Curso de metalografía básica. [En línea]. 2001-2002.

## ANEXOS

### ANEXO A. ACCESO A LA PLATAFORMA VIRTUAL DE LA UIS

-Acceder a la página principal de la Universidad Industrial de Santander y seleccionar aula virtual de aprendizaje.

Figura 8. Página de la Universidad Industrial de Santander.

The screenshot shows the website of the Universidad Industrial de Santander (UIS) as of May 15, 2018. The page layout includes a top navigation bar with links like 'Inicio', 'La UIS', 'Unidades Académicas', and 'Programas Académicos'. A main banner area contains three overlapping cards: 'Día del Profesor 18 Mayo', 'Inscripciones II Semestre de 2018' (with a 'RECAUDO' notice for May 23-16), and 'Elección Representante de los Estudiantes de Pregrado' (May 16, 8 a.m. - 4 p.m.). A right sidebar lists social media handles and services, with 'Aula Virtual de Aprendizaje' highlighted in a red box. The main content area features news items such as 'FELIZ DÍA DEL MAESTRO', 'CIRCULAR INFORMATIVA PARA PROFESORES UIS', and 'EL PAPEL DE LAS CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES HOY, TEMA CENTRAL DE LA SEGUNDA SEMANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS'. A left sidebar lists various university services like 'Rectoría', 'Admisiones', and 'Cátedra Low Maus'.

-Para ingresar a la plataforma de pregrado es necesario ser miembro de la Universidad Industrial de Santander.

Figura 9. Acceso a la plataforma.

The image shows the header of the Universidad Industrial de Santander (UIS) virtual learning platform. The header includes the UIS logo, the text "Universidad Industrial de Santander" and "AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE", and social media icons for Twitter and Facebook. Below the header is a green navigation bar with the following links: UIS, Vicerrectoría Académica, CEDEDUIS, and IPRED. The main content area features a large image of a building and a row of colorful pencils. Below this image are two sections: "Nuestras Plataformas" and "Instrucciones de Ingreso".

**Nuestras Plataformas**

This section contains a login form for "Ingreso Pregrado" (Pregraduate Access). The form has two input fields: "Usuario:" (User) and "Contraseña:" (Password), followed by a green "INGRESAR" (Log In) button. To the right of the form are icons for "Sedes Regionales" (Regional Seats) and "Posgrado" (Postgraduate). Below these icons are logos for "IPRED" (Instituto de Pedagogía, Investigación y Asesoría al Liderazgo) and "Instituto de Lenguas".

**Instrucciones de Ingreso**

This section features a photograph of a large tree on a campus. Below the image is the heading "Pregrado" and a paragraph of text: "Si es estudiante de Pregrado debe usar de usuario el código de estudiante y de contraseña la del Sistema de Información Académica."

-Se selecciona Escuela de Ing. Metalúrgica y Ciencia de los Materiales, y en el 2018-I, encontrarán un curso llamado Metalografía.

Figura 10. Curso Metalografía.

The image shows the user interface of the Universidad Industrial de Santander's virtual learning platform. At the top, the university's logo and name are displayed, along with social media links and the user's name, Luz Andrea Ballesteros Barrera. The main navigation bar includes links to 'Página Principal', 'UIS', 'Vicerrectoría Académica', 'CEDEDUIS', 'IPRED', and 'Idioma'. The user is logged in as 'Luz Andrea Ballesteros Barrera (Salir)'. The left sidebar contains a 'NAVEGACIÓN' menu with options like 'Página Principal', 'Área personal', 'Páginas del sitio', 'Mi perfil', 'Mis cursos', and 'Cursos'. The 'Cursos' section is expanded, showing a list of courses under the category 'ESCUELA DE ING.METALURGICA Y CIEN.DE LOS MATERIALES / 2018-1'. The course 'METALOGRAFIA: 2018-1-27167-J3-J2-J1' is highlighted with a red rectangular box. Other courses listed include 'PROCESOS DE FUNDICION', 'PROCESO DE MOLDEO', 'MATERIALES I', 'TERMODINAMICA', and 'TRATAMIENTOS TERMICOS'.

-Para tener acceso al curso, es necesario contactarse con el Ingeniero encargado de la plataforma virtual.

## ANEXO B. ENCUESTA VALORACIÓN DEL AULA VIRTUAL DE APRENDIZAJE DE METALOGRAFÍA

Figura 11. Opinión de los estudiantes sobre los contenidos del aula.

### 1. Piensas que los contenidos encontrados en el aula son:

28 respuestas

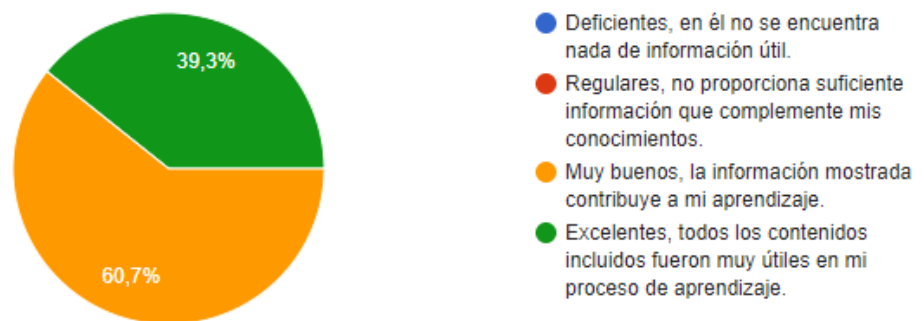


Figura 12. Opinión de los estudiantes sobre el diseño del aula.

### 2. Respecto al diseño del aula virtual, teniendo en cuenta parámetros como creatividad, uso apropiado de colores, contraste, espacio y composición, tu opinión es:

28 respuestas

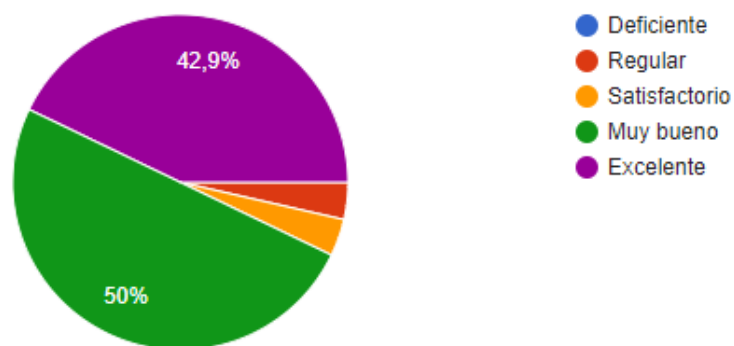


Figura 13. Opinión de los estudiantes sobre el nivel de dificultad de manejo del aula.

3. Respecto al nivel de dificultad para manejar, explorar y aprovechar los recursos del aula virtual de aprendizaje, tu opinión es:

28 respuestas

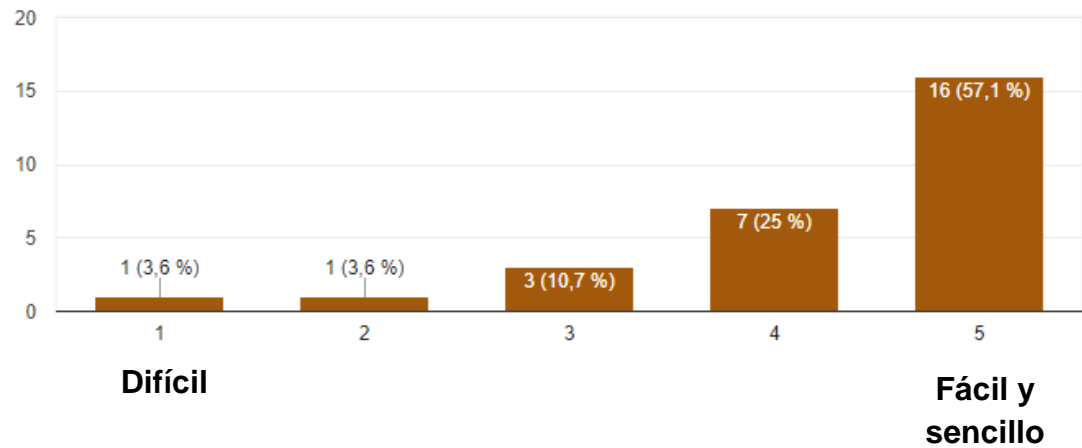


Figura 14. Opinión de los estudiantes sobre la experiencia de presentación de los previos en el aula.

4. Teniendo en cuenta la experiencia de presentación de los previos por medio del aula virtual, consideras que fue:

28 respuestas

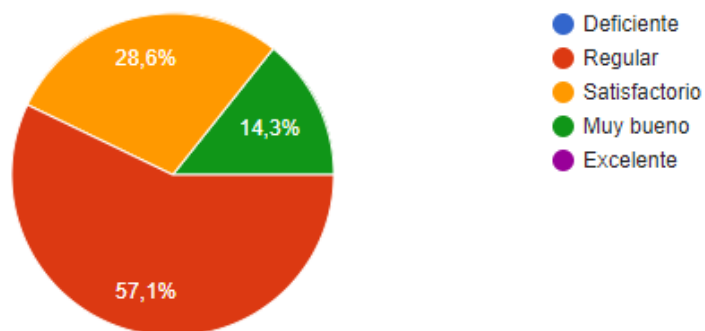


Figura 15. Opinión de los estudiantes sobre aspectos más útiles del aula.

5. ¿Qué aspectos del aula te resultaron más útiles? Puedes seleccionar más de uno.

28 respuestas

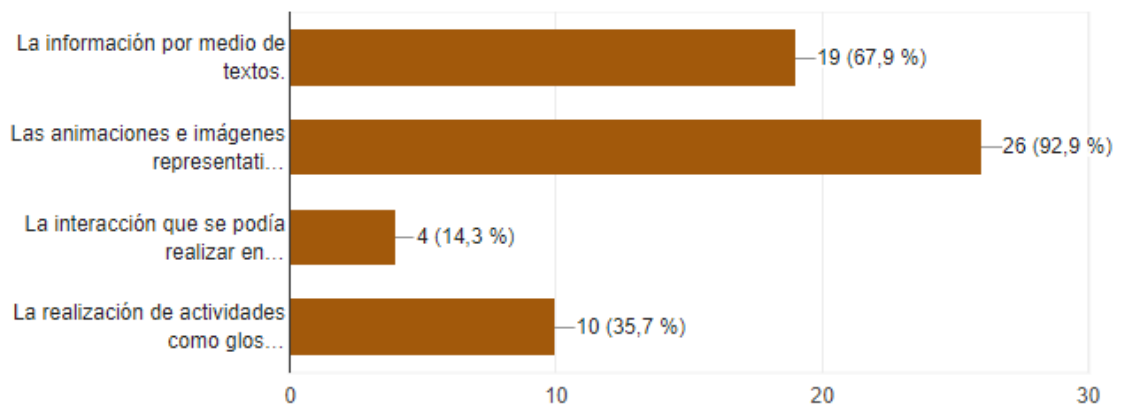


Figura 16. Porcentaje de estudiantes que recomendarían el aula.

8. ¿Recomendarías a los compañeros que verán la asignatura el siguiente semestre, aprovechar al máximo el aula virtual de aprendizaje de Metalografía?

28 respuestas

