

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b> .....	<b>7</b>
<b>Experiencia I</b>	
<b>Microscopio metalográfico</b> .....	<b>11</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>13</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>13</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>14</i>
<b>Experiencia II</b>	
<b>Corte y montaje de probetas</b> .....	<b>15</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>17</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>17</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>22</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>24</i>
<b>Experiencia III</b>	
<b>Fotografía y tecnología digital</b> .....	<b>25</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>27</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>27</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>32</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>32</i>
<b>Experiencia IV</b>	
<b>Desbaste y pulido mecánicos</b> .....	<b>33</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>35</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>35</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>40</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>40</i>
<b>Experiencia V</b>	
<b>Pulido químico</b> .....	<b>43</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>45</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>45</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>46</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>47</i>
<b>Experiencia VI</b>	
<b>Macroataque</b> .....	<b>49</b>
<i>OBJETIVOS</i> .....	<i>51</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	<i>51</i>
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i> .....	<i>52</i>
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i> .....	<i>53</i>

<b>Experiencia VII</b>	
<b>Ataque electroquímico</b>	<b>55</b>
<i>OBJETIVOS</i>	57
<i>INTRODUCCIÓN</i>	57
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i>	59
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i>	60
<b>Experiencia VIII</b>	
<b>Ataque químico normal</b>	<b>61</b>
<i>OBJETIVOS</i>	63
<i>INTRODUCCIÓN</i>	63
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i>	66
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i>	67
<b>Experiencia IX</b>	
<b>Reticulas y su calibración. Medida del tamaño de grano</b>	<b>69</b>
<i>OBJETIVOS</i>	71
<i>INTRODUCCIÓN</i>	71
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i>	74
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i>	75
<b>Experiencia X</b>	
<b>“Microestructuras”</b>	<b>77</b>
<i>OBJETIVOS</i>	79
<i>INTRODUCCIÓN</i>	79
<i>PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL</i>	81
<i>MATERIALES, EQUIPO Y ACCESORIOS NECESARIOS</i>	82
<b>Bibliografía</b>	<b>83</b>
<b>Anexo I</b>	<b>87</b>
<i>EL MICROSCOPIO. UN RESUMEN</i>	89
<i>TIPOS DE MICROSCOPIOS Y NOMENCLATURA</i>	91
<b>Anexo II</b>	<b>97</b>
<i>NORMAS DE TRABAJO Y PRECAUCIONES</i>	99
<i>USO DE CAMPANAS DE EXTRACCIÓN</i>	101
<i>MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS</i>	103
<i>DESECHO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS</i>	107
<i>DERRAMES DE PRODUCTOS QUÍMICOS</i>	111
<i>LA SEGURIDAD ANTE ACCIDENTES POR PRODUCTOS QUÍMICOS</i>	113

## PRÓLOGO

Este documento se elaboró para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Metalografía básica a nivel licenciatura. Está constituido por conceptos teóricos y 10 experiencias, cuyos títulos corresponden al mismo número de tópicos fundamentales de la Metalografía. Estos son: I. Microscopio metalográfico, II. Corte y montaje de probetas, III. Fotografía y tecnología digital, IV. Desbaste y pulido mecánicos, V. Pulido químico, VI. Macroataque, VII. Ataque electroquímico, VIII. Ataque químico normal, IX. Retículas y su calibración. Medida del tamaño de grano, y X. “Microestructuras”. Es el resultado de diversos cambios y mejoras que el autor ha realizado muchas veces a las notas y maneras de realizar el trabajo experimental de los temas revisados en el curso de Metalografía, que ha impartido en repetidas ocasiones y durante casi 15 años a estudiantes de la Licenciatura en Ingeniería Metalúrgica de la UAM-Azcapotzalco.

También ha comprobado que los alumnos inscritos tienen ya ciertas nociones –algunos en mayor grado que otros– sobre el manejo y principios de funcionamiento del microscopio óptico y, por eso, les resulta tedioso y aburrido que el profesor revise este tópico de forma tradicional: exponiendo los conceptos frente al pizarrón y permitiendo después el acceso al reconocimiento de las partes y manejo de los microscopios. Por tal motivo, la Experiencia I la diseñó de manera distinta a las otras: no tiene una sección introductoria y el procedimiento experimental inicia con el reconocimiento general del microscopio, de sus partes principales y secundarias por parte de cada alumno, continúa con el intercambio de información entre ellos para uniformizar sus conocimientos, y recomienda una exposición posterior que impartirá el profesor acerca de los principios de funcionamiento y de operación de dicho instrumento. Además, este trabajo se apoya con información adicional que está en el Anexo I: El Microscopio. Un Resumen y Tipos de Microscopios y Nomenclatura, el cual está dirigido sobre todo a los alumnos menos instruidos en este tema. Se recomienda que éstos consulten dicha información cuando estén elaborando el reporte de esta experiencia.

El autor emplea en donde se requiere la palabra “microestructura”, escrita entre comillas, para referirse a la estructura que se define en la cuarta escala de estudio de los metales (materiales): en la primera escala de estudio se define la estructura atómica; en la segunda, la estructura de los enlaces; en la tercera, la disposición de átomos o moléculas en el espacio, existiendo los acomodamientos ordenados –los cristales individuales– o desordenados –los amorfos–, y en la cuarta, correspondería, en el sentido estricto del lenguaje, al agrupamiento de diversos cristales –los policristales. La “microestructura”, propiamente dicha, sería entonces un conjunto de cristales y sus límites; aunque el término “microestructura” también es adecuado emplearlo para un agrupamiento de constituyentes amorfos y semicristalinos –como es el caso del concreto cuando se trabaja con la metalografía. Los cristales se nombran usualmente granos cuando tienen forma poliédrica, y sus contornos, límites de grano. En caso contrario, es más común emplear las palabras constituyente o componente, y límites de componentes o constituyentes. La “microestructura” debe entenderse entonces, en un sentido general, como un conjunto de constituyentes –todos cristalinos, amorfos o una combinación de ambos– y sus límites.

La “microestructura” es la única estructura, de las cuatro posibles ya mencionadas, que puede ser vista con un microscopio óptico. Se caracteriza por la forma, cantidad, distribución, tamaño y tipo de sus componentes. En la metalografía se analizan y describen las “microestructuras” de los metales para asociar después sus atributos con las propiedades de los mismos.

En este documento no se presentan figuras, fotografías, dibujos y esquemas para apoyar la descripción, principios de funcionamiento y de operación de equipos o instrumentos que se usan en el trabajo metalográfico: las descripciones de éstos se realizan de manera general y escrita. Esto es con el fin de que no pierda pronto su valor y vigencia, como ocurriría –a juicio del autor– en caso de que contuviera imágenes o fotografías de equipos que, por alguna razón, ya no estuvieran en el laboratorio. Se recomienda que los principios de funcionamiento y maneras de operar los equipos,

herramientas e instrumentos en el laboratorio sean explicados frente a cada uno por el profesor o ayudante de laboratorio, o en algún momento de la realización de cada experiencia.

También se aconseja asignar al alumno la tarea de investigar las características de equipos similares y de marcas diferentes a los empleados en cada experiencia; asimismo sería conveniente que éste incluya dicha información, imágenes o fotografías en el reporte de cada experiencia.

La mayoría de las herramientas o máquinas que se utilizan para obtener por corte las probetas metalográficas son mencionadas, descritas y usadas en la Experiencia II, que trata acerca del corte y montaje de muestras. No se menciona en ese lugar nada sobre el soplete, no obstante éste es empleado a menudo para cortar metales. El autor de este documento considera que es demasiado y de resultados inciertos el trabajo adicional de seccionado que debe aplicarse, en al menos una de la zonas resultantes del corte, para lograr eliminar la región afectada por la flama del soplete y, así, tener finalmente una probeta con la “microestructura” representativa y original de la pieza en estudio.

La formulación, condiciones de uso y efectos sobre los metales de muchas sustancias químicas que se emplean para obtener diversos objetivos en la metalografía, están publicados en tablas de libros o en ficheros que han sido elaborados por personas en los laboratorios donde son frecuentes los estudios de este tipo. El aprendiz debe saber que dicha información le servirá en muchas ocasiones sólo de referencia, porque podría obtener resultados distintos a los anunciados, aunque siga a pie juntillas la información disponible y esté trabajando con metales para los cuales esa información ya fue probada. Uno de los parámetros importantes durante el ataque de metales con reactivo es el tiempo que permanecen éstos en contacto. Es necesario entonces, a juicio del autor, enfatizar en su determinación y que el alumno se entrene en seguir un procedimiento sistemático para determinarlo. Por eso uno de los objetivos de las Experiencias V, VI, VII y VIII se relaciona con la determinación del tiempo para la conclusión de la actividad principal en cada una de ellas.

En el ataque electroquímico la “microestructura” es revelada por la acción conjunta de un reactivo y una diferencia de potencial, que es aplicada al conjunto probeta en ataque –sustancia de ataque. El voltaje es esencial, porque sin éste no será posible revelar la estructura de ciertos metales específicos, como los refractarios o severamente deformados. Esto último se solicita se corrobore, mediante el logro de uno de los objetivos en la experiencia que está relacionada con este tipo de ataque, la Experiencia VII.

La Experiencia X, “Microestructuras”, fue diseñada tomando en cuenta que los alumnos ya han cursado la materia Ingeniería de los Materiales, donde el programa considera, entre muchos temas más, la revisión del concepto de “microestructura”: sus atributos, las definiciones de fase y sus distintos tipos; la definición, interpretación y uso de los diagramas de equilibrio y, a partir de los mismos, el concepto de tratamiento térmico, los diversos efectos en la obtención de las “microestructuras” y la predicción de las “microestructuras” según el tipo de tratamiento aplicado a los materiales, por lo que no les resulta difícil ejecutar y entender, así como aprovechar al máximo lo que aporta la realización de esta experiencia. Sin embargo, se recomienda que ésta se efectúe poco a poco –literalmente: “llevando de la mano al alumno”–, llevando a cabo una parte durante una hora y al inicio de cada sesión del curso, explicando, repitiendo los conceptos involucrados y enfatizando el efecto de la historia térmica y composición sobre el tipo de “microestructura” obtenible. En general, lo que más les gusta a los alumnos es familiarizarse con algunos rasgos microestructurales, aprender cómo se encuentra y elige una zona representativa, constatar que la teoría se cumple y se obtienen microestructuras que él mismo intentó y pudo predecir. De hecho, quedan motivados para sus otras materias.

En el pasado se realizaba una última experiencia relacionada con la fotografía a base de químicos. Ahora se propone una experiencia sustituta de fotografía y tecnología digital, diseñada para que se realice como Experiencia III. Se recomienda en este lugar para garantizar que los alumnos tengan tiempo suficiente para conseguir el programa de edición

de imágenes, recomendado por el profesor o cualquier otro, repasen y practiquen la edición y mejora de imágenes y las maneras de insertarlas en archivos de texto en su casa; logren practicar los aspectos esenciales de la fotografía digital al adquirir y editar imágenes de superficies y “microestructuras” que ellos revelen desde la Experiencia V y hasta la VIII.

Al final está un Anexo II, que incluye los temas: Normas de trabajo y precauciones, Uso de campanas de extracción, Manejo de sustancias químicas, Desecho de sustancias químicas, Derrames de productos químicos y La seguridad ante accidentes por productos químicos. Es conveniente que el profesor reiteradamente encargue al alumno la tarea de leer dicha información, lo cuestione en distintas ocasiones para evaluar el grado de comprensión de los conceptos anotados en dicho anexo y esté atento de que el alumno aplique lo conducente durante el trabajo experimental.

M. en C. José Arturo Aragón Lezama