

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



QUINTO INFORME DE LABORATORIO  
CIENCIA DE LOS MATERIALES II

OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

LIMA - PERÚ

NOVIEMBRE 2018

# OXIDACIÓN Y CORROSIÓN

ENTREGADO:

1 DICIEMBRE 2018

INTEGRANTES:

---

Huaroto Villavicencio Josué, 20174070I

---

Landeo Sosa Bruno, 20172024J

---

Quesquen Vitor Angel, 20170270C

---

Saldivar Montero Eduardo, 20174013E

---

Saravia Echevarria Henry, 20170233K

---

Sotelo Caverro Sergio, 20172125K

PROFESOR:

---

ING. LUIS SOSA, JOSE

# Índice general

Índice de Figuras	IV
1. Objetivos	1
2. Materiales	2
3. Procedimiento de medida	5
4. Cálculos y resultados	8
5. Conclusiones y recomendaciones	12
6. Anexos	13
Bibliografía	16

# Índice de figuras

2.1. Horno eléctrico del laboratorio . . . . .	2
2.2. Probetas de cobre, bronce y acero del laboratorio . . . . .	3
2.3. Vernier digital marca Mitutoyo . . . . .	3
2.4. Balanza de laboratorio marca Sores modelo ASX . . . . .	4
2.5. Lijas del laboratorio . . . . .	4
3.1. Probetas del laboratorio . . . . .	5
3.2. Colocando las probetas en el horno precalentado . . . . .	6
3.3. Probetas antes del calentamiento . . . . .	6
3.4. Restos de óxido después del desbaste . . . . .	7
3.5. Pesando las probetas . . . . .	7

# Capítulo 1

## Objetivos

1. Comprobar el efecto que tiene la temperatura sobre la reacción entre la superficie de un metal y el medio ambiente (aire libre).
2. Cuantificar la pérdida que se da en un material por oxidación, tanto pérdida másica como volumétrica.
3. Poder predecir el comportamiento de cada material, y así ser capaces de clasificar un material como resistente a la oxidación, y por lo tanto óptimo para un proceso a alta temperatura, o pobremente resistente, por lo cual no se recomendaría su uso.

# Capítulo 2

## Materiales

### 1. Horno eléctrico



Figura 2.1: Horno eléctrico del laboratorio

## 2. Probetas de cobre, bronce y acero



Figura 2.2: Probetas de cobre, bronce y acero del laboratorio

## 3. Vernier digital



Figura 2.3: Vernier digital marca Mitutoyo

#### 4. Balanza de laboratorio

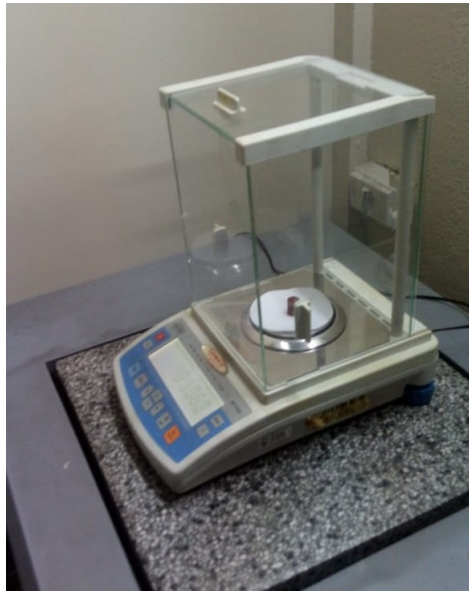


Figura 2.4: Balanza de laboratorio marca Sores modelo ASX

#### 5. Lijas



Figura 2.5: Lijas del laboratorio



## Capítulo 3

### Procedimiento de medida

1. Desbastar las probetas para eliminar posibles impurezas que puedan afectar el cálculo de su masa.



Figura 3.1: Probetas del laboratorio

2. Pesar las probetas, medir sus dimensiones y anotar.

3. Someter cada probeta a un calentamiento de  $850^{\circ}\text{C}$  con tiempos de 30, 60, 100 y 120 minutos (probetas 1, 2, 3 y 4, respectivamente).



Figura 3.2: Colocando las probetas en el horno precalentado



Figura 3.3: Probetas antes del calentamiento

4. Desbastar nuevamente cada probeta hasta eliminar la capa de óxido formada por el tratamiento térmico.

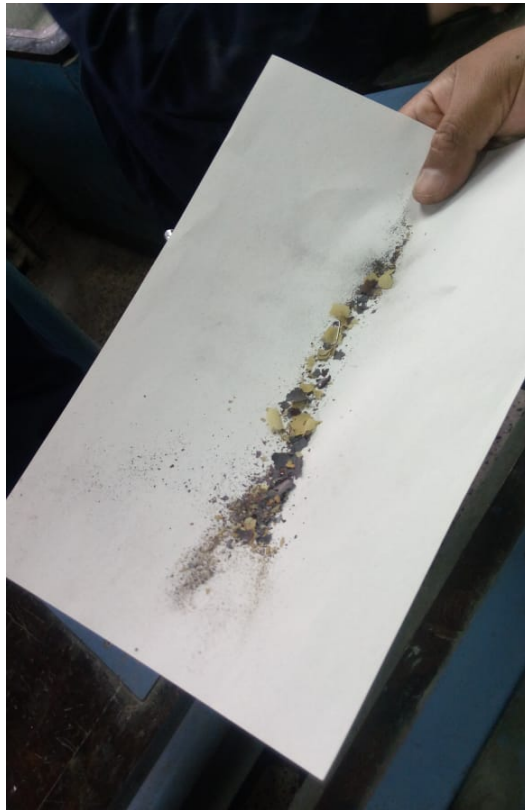


Figura 3.4: Restos de óxido después del desbaste

5. Pesar cada probeta, medir sus nuevas dimensiones y comparar con los resultados anteriores.



Figura 3.5: Pesando las probetas

# Capítulo 4

## Cálculos y resultados

Temperatura del horno = 850°C.  
El ensayo comienza a las 9:30.

	Nº	t	d1	d2	h1	h2	Masa inicial	Masa final
		min	mm	mm	mm	mm	g	g
		0						
COBRE	1	30	12.63	12.64	18.89	18.86	20.6184	20.4561
	2	60	12.69	12.66	14.68	14.69	16.374	15.9712
	3	100	12.62	12.63	13.99	13.98	15.5753	15.0107
	4	120	12.61	12.64	12.66	12.71	14.15	13.48
BRONCE	1	30	12.61	12.63	19.11	19.01	20.1239	20.0281
	2	60	12.69	12.7	16.45	16.46	17.9067	17.7156
	3	100	12.67	12.69	13.05	13.09	13.8609	13.7223
	4	120	12.65	12.7	12.87	12.88	13.6937	13.5531
ACERO	1	30	12.42	12.63	19.1	19.04	18.1775	17.9896
	2	60	12.71	12.53	18.67	18.66	17.7955	17.5339
	3	100	12.67	12.46	17.05	17.07	17.6007	17.3468
	4	120	12.49	12.65	15.27	15.22	14.6749	14.3255

Hallamos el volumen antes del ensayo, la densidad y la diferencia de masa:

	Nº	Volumen	Densidad	Dif masas
		mm <sup>3</sup>	g/ cm <sup>3</sup>	g
<b>COBRE</b>	1	2365.41371	8.71661474	0.1623
	2	1851.99386	8.84128199	0.4028
	3	1749.82614	8.90105571	0.5646
	4	1587.16801	8.91525024	0.67
<b>BRONCE</b>	1	2382.92988	8.44502399	0.0958
	2	2081.771	8.60166657	0.1911
	3	1649.61938	8.4024837	0.1386
	4	1623.72632	8.43350251	0.1406
<b>ACERO</b>	1	2348.42026	7.74030964	0.1879
	2	2333.54597	7.6259479	0.2616
	3	2114.33437	8.32446384	0.2539
	4	1890.89599	7.76081819	0.3494

Con los datos anteriores se calcula el espesor perdido, asumimos que la capa de óxido se forma en mayor cantidad sobre el contorno del cilindro y no sobre las caras. Con esta suposición se tiene la siguiente expresión:

$$\Delta \text{Vol} = V_i - \frac{\pi \cdot h \cdot (D - 2e)^2}{4}$$

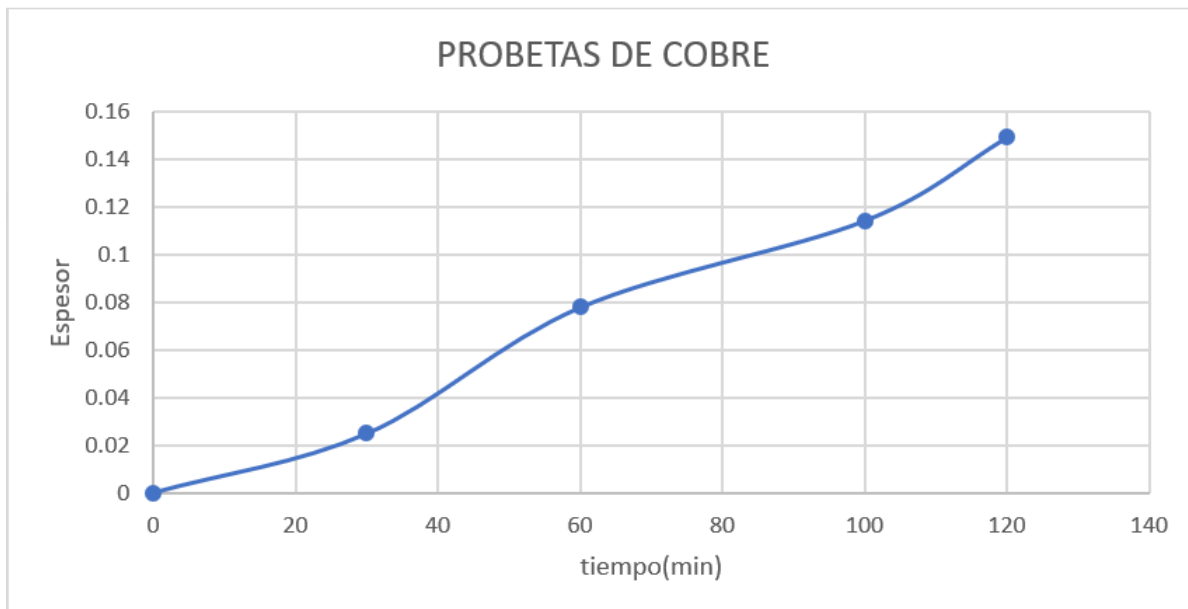
$$\rho = \frac{\Delta m}{\Delta V}$$

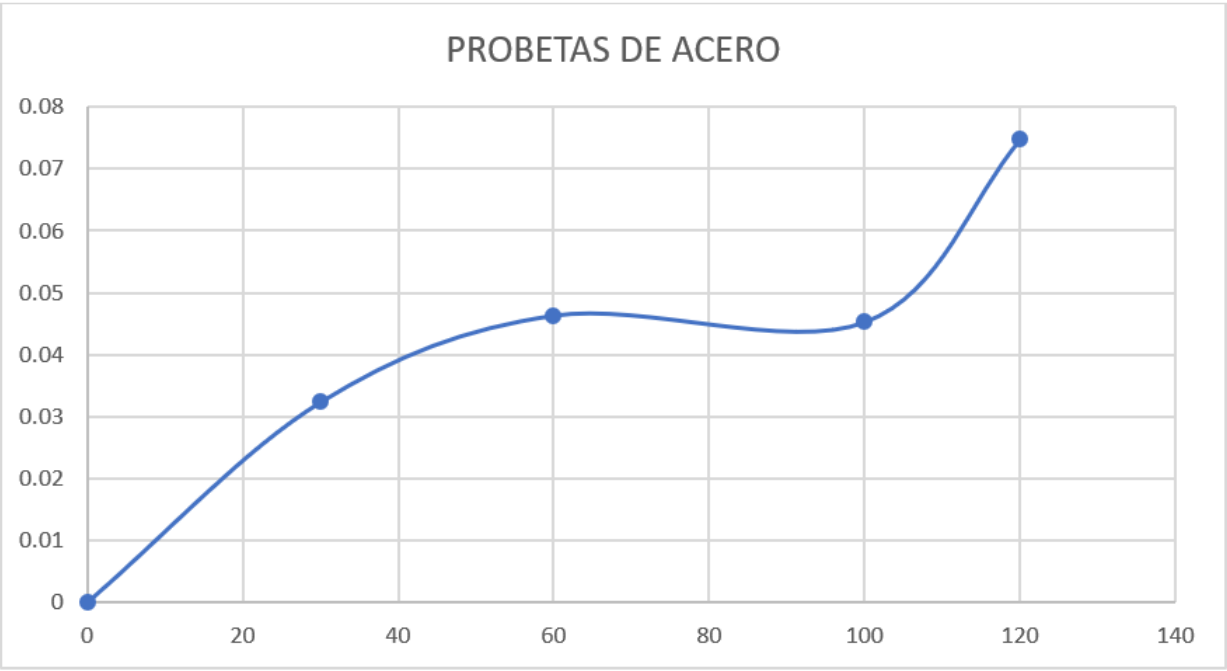
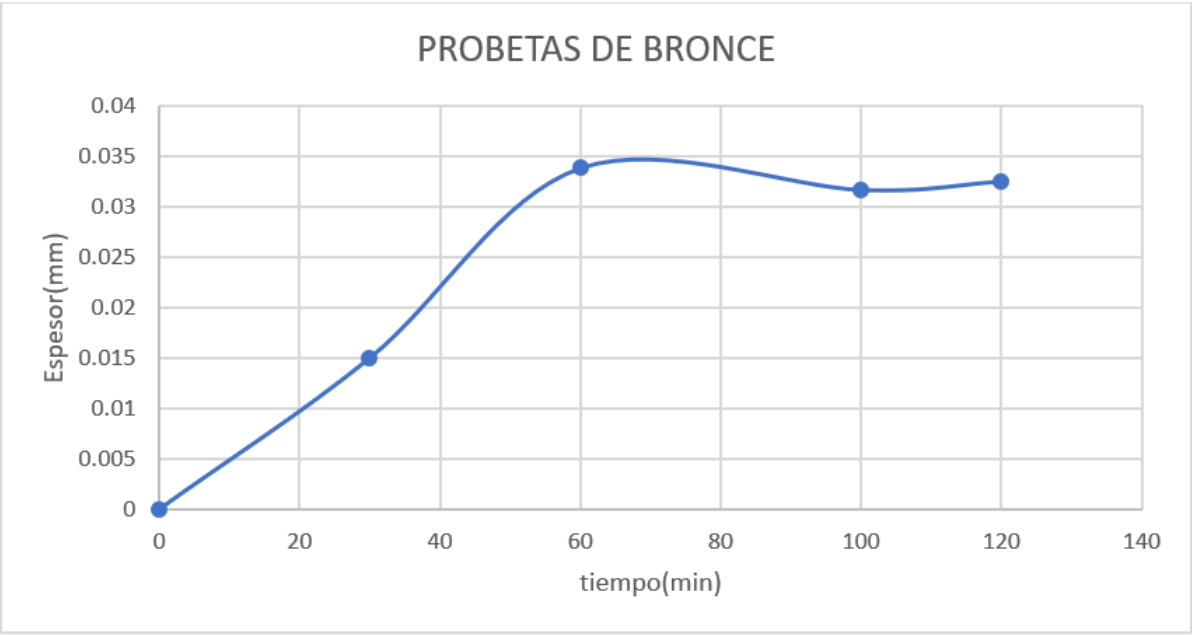
Usando estas 2 fórmulas se obtiene una expresión para calcular el espesor aproximado:

$$2e = D - \sqrt{\frac{4 \cdot \left( V_i - \frac{\Delta m}{\rho} \right)}{\pi \cdot h}}$$

	Nº	espesor
		mm
<b>COBRE</b>	1	0.02486445
	2	0.07795117
	3	0.11441313
	4	0.14944788
<b>BRONCE</b>	1	0.0150194
	2	0.03387021
	3	0.03169794
	4	0.03253513
<b>ACERO</b>	1	0.03236759
	2	0.04637959
	3	0.0453143
	4	0.07482092

Con estos datos se puede graficar el espesor en función del tiempo:





# Capítulo 5

## Conclusiones y recomendaciones

1. La corrosión causa una destrucción lenta y progresiva, a partir de la superficie, de un metal por la acción de un agente exterior.
2. Para que se realice la corrosión necesariamente deben existir las condiciones necesarias: Un ambiente húmedo ácido o básico, elementos oxidantes y reductores que actúen como cátodo y ánodo-cierto concentración de sales o elementos inertes que actúen como puente salino.
3. La velocidad de ataque se incrementa sustancialmente con la temperatura a la que se someten las probetas.
4. El espesor perdido por oxidación de las probetas varía directamente proporcional al tiempo en el que estas están en el horno.
5. La cantidad producida de óxido depende del material del que están hechos cada probeta.
6. La corrosión provoca significativas pérdidas de material lo que conlleva a pérdidas económicas importantes.



# Capítulo 6

## Anexos

### Cuestionario

1. **¿En qué casos la oxidación presenta un comportamiento de tipo lineal?**

En los casos donde el volumen del óxido es inferior al del metal pues no habrá una capa decisiva que impida la linealidad en la formación del óxido a lo largo del tiempo; por tanto, la relación del volumen específico del óxido al del metal es inferior a uno, además la capa de óxido es discontinua haciendo que el oxígeno la atraviese fácilmente y continúa atacando al metal. Los metales que presentan esta condición son los ligeros, alcalinos térreos y las tierras raras.

Ley lineal:

$$W = K_L \cdot t$$

2. **El hierro por encima de los 500°C presenta un óxido complejo, debido a sus varias valencias. Sabiendo que se forman los óxidos: FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, indicar esquemáticamente sus ubicaciones en una capa de óxido.**

A altas temperaturas los tres tipos de óxido de hierro estables se forman en capas paralelas en función de la cantidad de oxígeno. La capa interior corresponde a la wustita (FeO), la cual es la de menor contenido de oxígeno (23.7 % O en peso), la capa intermedia corresponde a la magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) que tiene 27.72 % O en peso, y la capa exterior corresponde a la hematita (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que es la de mayor contenido de oxígeno (30.6 % O).

3. **Un cilindro metálico sólido con un diámetro inicial de 12.65 mm, una altura de 18.58 mm y una masa inicial de 20.5798 gramos es introducido en un horno a 850°C durante tres horas. Su masa final es de 19.6932 gramos. Determinar el espesor del material perdido por oxidación.**

Datos:

- $D=12.65 \text{ mm}$
- $h=18.58 \text{ mm}$
- $m=20.5798 \text{ g}$
- $D'=12.65-2 \cdot e \text{ mm}$
- $h'=18.58-2 \cdot e \text{ mm}$
- $m'=19.6932 \text{ g}$

$$\frac{m}{\frac{\pi D^2}{4} h} = \frac{m'}{\frac{\pi D'^2}{4} h'}$$

$$\frac{20.5798}{12.65^2 \cdot 18.58} = \frac{19.6932}{(12.65 - 2 \cdot e)^2 \cdot (18.58 - 2 \cdot e)}$$

$$(12.65 - 2 \cdot e)^2 (18.58 - 2 \cdot e) = 2845.129 \longrightarrow e = 0.1031$$

4. Un deposito abierto de acero que contiene un electrolito corrosivo sufre una perdida de material de  $2 \text{ g/m}^2$  por día. Calcule la perdida expresada en mdd.  $1 \text{ mdd} = 1 \text{ miligramo/decímetro cuadrado por día}$ . Calcule el sobre espesor de las paredes y fondo de dicho deposito para que dure sin perforarse al menos 10 años. Considerar la densidad del acero  $7,87 \text{ gr/cm}^3$ .

Primero calculamos la perdida en md.

$$2 \cdot \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ dia}} \cdot \frac{1000 \text{mg}}{1 \text{g}} \cdot \frac{10^{-2} \text{m}^2}{1 \text{dm}^2} = 20 \text{md}$$

Ahora calculamos la perdida por cada metro cuadrado y en 10 años, también calculamos el volumen de la perdida y finalmente el espesor.

$$20 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{dm}^2 \text{ dia}} \cdot \frac{1 \text{kg}}{10^6 \text{mg}} \cdot \frac{100 \text{dm}^2}{1 \text{m}^2} \cdot \frac{365 \text{dias}}{1 \text{año}} = 0.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{ año}} \xrightarrow{10 \text{ años después}} 7.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$V = \frac{7.3 \text{kg}}{7.87 \cdot 10^3 \text{kg/m}^3} = 0.9276 \cdot 10^{-3} \text{m}^3 \implies e = \frac{V}{\text{Area}} = 0.92757 \text{ mm}$$

5. Se quiere utilizar un determinado tipo de acero para la fabricación de tanques que almacenaran un líquido corrosivo. Para ello se expusieron probetas de este acero a la acción de este liquido corrosivo y se observo una perdida media de  $30 \text{ miligramos/decímetro cuadrado por día}$ . Determinar si el acero seleccionado es el adecuado. Un material se considera bastante resistente y puede utilizarse si su velocidad de corrosión es menor o igual a  $1 \text{ mm/año}$ .

Primero se calcula la pérdida de masa en un año, para esto se hace un cambio de unidades:

$$\frac{30 \text{mg}}{\text{dm}^2 \text{ dia}} \cdot \frac{1 \text{g}}{1000 \text{mg}} \cdot \frac{365 \text{dias}}{1 \text{año}} \cdot \frac{100 \text{dm}^2}{1 \text{m}^2} = 1.09 \frac{\text{kg}}{\text{año}}$$

Para un año se tiene una masa perdida de 1.09 kg. El volumen de esta masa es:

$$V = \frac{1.09\text{kg}}{7.87\text{kg/m}^3} = 1.38 \cdot 10^{-4} m^3$$

Ahora se calcula el espesor perdido:

$$V = A \cdot e$$

Para un metro cuadrado del tanque:

$$e = 0.138\text{mm/año}$$

Según tablas, como el espesor es menor que 1 mm por año, se deduce que el acero elegido es muy resistente al ataque corrosivo del liquido que almacenara.

# Bibliografía

- [1] Zavaleta Gutierrez, Nilthon. “Corrosión”. *CONCYTEC*.
- [2] Zolotarevski, V. “Pruebas Mecánicas y Propiedades de los Metales”.*Editorial MIR*.
- [3] Lasheras. “Tecnología de los Materiales Industriales”.
- [4] Groysman, A. “Corrosion for everybody”.
- [5] Smith, William F. y Ph.D. Hashemi, Javad “Ciencia e ingeniería de materiales”.  
*Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España*. 570, (2004).
- [6] Callister, William D. y Rethwisch, David G. “Introducción a la ingeniería de los materiales”. *Barcelona Reverté*., 960, (2007).
- [7] Askeland, Donald R., Pradeep P. Phulé y Wright, Wendelin J. “Ciencia e ingeniería de los materiales”.*México, D.F. Internacional Thomson Editores*. 6<sup>ta</sup> edición, 1004, (2012).