



Guía de estudio

**QUINTO**  
SEMESTRE

# Análisis

---

# Instrumental



**PLAN 2014**  
ACTUALIZADO



# PLAN 2014

A C T U A L I Z A D O

## CRÉDITOS

**Autores:**

Martín Mancilla Hernández

**Actualización:**

Eréndira Martínez Rico

**Coordinadora:**

Claudia Guadalupe Buitrón García

Coordinadora de proyectos

Subdirección de Capacitación para el Trabajo





# PRESENTACIÓN

Con la finalidad de acompañar el trabajo con el plan y programas de estudio vigentes, además de brindar un recurso didáctico que apoye al cuerpo docente y al estudiantado en el desarrollo de los aprendizajes esperados; el Colegio de Bachilleres desarrolló, a través de la Dirección de Planeación Académica y en colaboración con el personal docente de los veinte planteles, las guías de estudio correspondientes a las tres áreas de formación: básica, específica y laboral.

Las guías pretenden ser un apoyo para que las y los estudiantes trabajen de manera autónoma con los contenidos esenciales de las asignaturas y con las actividades que les ayudarán al logro de los aprendizajes; el rol del cuerpo docente como mediador y agente activo en el aprendizaje del estudiantado no pierde fuerza, por el contrario, se vuelve fundamental para el logro de las intenciones educativas de este material.

Las guías de estudio también son un insumo para que las y los docentes lo aprovechen como material de referencia, de apoyo para el desarrollo de sus sesiones; o bien como un recurso para la evaluación; de manera que, serán ellos, quienes a partir de su experiencia definirán el mejor uso posible y lo adaptarán a las necesidades de sus grupos.

El Colegio de Bachilleres reconoce el trabajo realizado por el personal participante en la elaboración y revisión de la presente guía y agradece su compromiso, entrega y dedicación, los cuales se reflejan en el servicio educativo pertinente y de calidad que se brinda a más de 90,000 estudiantes.



Los cambios en materia de tecnología aplicada a la industria de la transformación obligan a tener una mayor exigencia en cuanto al control de calidad de productos se refiere, es por ello, que la asignatura de **Análisis Instrumental** pretende desarrollar las competencias profesionales básicas encaminadas a eficientar el tiempo y los resultados en los análisis de control de calidad de muestras comerciales considerando una norma oficial o procesos estandarizados.

La asignatura de Análisis Instrumental tiene como finalidad proporcionarle al estudiante los elementos básicos necesarios para realizar análisis de calidad más precisos a las muestras comerciales, a través del adecuado manejo de instrumentos específicos, fundamentados en las propiedades termométricas, ópticas y electrométricas de la materia.

El uso de un instrumento de análisis conlleva el desarrollo de habilidades en el uso y manejo de éste, sin embargo, las habilidades desarrolladas para realizar el análisis de los resultados obtenidos resultan ser de mayor importancia, dado que influyen en la toma de decisiones sobre la calidad de un producto, considerando siempre las NOM establecidas o los procesos estandarizados.

La presente guía pretende servir como una apoyo para que el estudiante adquiera los conocimientos básicos referidos de manera autónoma, en cuanto a los fundamentos y utilización de los diferentes instrumentos utilizados en la asignatura, y aunque ninguna estrategia puede sustituir la experiencia de la manipulación de un instrumento, se pretende acercar al estudiante al trabajo cotidiano que se realiza en un laboratorio de control de calidad con el uso de instrumentos sofisticados que eficientizan el trabajo.

Por lo anterior, para el logro de los aprendizajes en cada corte, es necesario que realices todas las actividades propuestas de manera sistemática.

*¡Bienvenido!*



**PRESENTACIÓN  
INTRODUCCIÓN**

**CORTE DE APRENDIZAJE 1. Métodos Termométricos de Análisis**

Propósito	8
Conocimientos previos	9
Evaluación diagnóstica	10
Contenidos	
Métodos Termométricos de Análisis	11
Psicrómetro de onda	11
Actividad de Aprendizaje 1	17
Actividad de Aprendizaje 2	18
Termobalanza	18
Actividad de Aprendizaje 3	21
Actividad de Aprendizaje 4	22
Autoevaluación	23
Fuentes Consultadas	25

**CORTE DE APRENDIZAJE 2. Métodos Ópticos**

Propósito	28
Conocimientos previos	29
Evaluación diagnóstica	30
Contenidos	
Espectrofotómetro	32
Actividad de Aprendizaje 1	43
Actividad de Aprendizaje 2	44
Actividad de Aprendizaje 3	44
Refractómetro	45
Actividad de Aprendizaje 4	50
Actividad de Aprendizaje 5	50
Polarímetro	50
Actividad de Aprendizaje 6	54
Actividad de Aprendizaje 7	54
Autoevaluación	56
Fuentes Consultadas	58

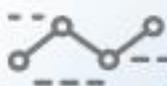
### **CORTE DE APRENDIZAJE 3. Métodos Electrométricos de análisis**

Propósito	61
Conocimientos previos	62
Evaluación diagnóstica	63
Contenidos	
Potenciometría	64
Actividad de Aprendizaje 1	77
Actividad de Aprendizaje 2	78
Autoevaluación	79
Fuentes Consultadas	81
<b>EVALUACIÓN FINAL</b>	<b>88</b>



**CORTE**

**1**



## Métodos Termométricos de Análisis

---

**Aprendizajes esperados:**

---

### **Contenidos específicos**

- 1. Psicrómetro de onda**
- 2. Termobalanza**

### **Aprendizajes esperados**

- Determinar la humedad relativa en el laboratorio con el Psicrómetro de onda.
- Determinación de la humedad de diversas muestras sólidas y en polvo o granular.

Realizar análisis termométricos a muestras comerciales, empleando el psicrómetro de onda, considerando los protocolos establecidos en el laboratorio para ello.

A continuación, encontrarás una lista con los conocimientos previos que te ayudaran a abordar de una mejor manera este corte, recuerda que estos conocimientos los has adquirido durante tu trayectoria por las asignaturas de Química y de Toma y Tratamiento de Muestras de la Salida Ocupacional de Laboratorista Químico.

- Temperatura
- Humedad
- Propiedades extensivas e intensivas
- Calor



Identifica lo que debes saber para que la comprensión de los contenidos sea más fácil, si descubres que has olvidado algo ¡repásalo!



Te proponemos responder la siguiente actividad, la cual te ayudará a recordar estos temas e identificar si cuentas con los conocimientos necesarios para abordar los aprendizajes de este corte.

**Instrucciones:**

I. Responde el siguiente cuestionario anotando dentro del paréntesis la letra de la respuesta correcta:

1. ( ) Es la medida de la energía promedio de las moléculas de un cuerpo.
 

a) Temperatura	b) Velocidad
c) Calor	d) Movimiento
  
2. ( ) Es la medida de la energía que se transfiere de un cuerpo a otro.
 

a) Movimiento	b) Temperatura
c) Velocidad	d) Calor
  
3. ( ) Proceso por el cual el agua líquida pasa al estado gaseoso.
 

a) Vaporización	b) Filtración
c) Condensación	d) Congelación
  
4. ( ) Instrumento que se utiliza para medir la temperatura.
 

a) Higrómetro	c) Potenciómetro
b) Termómetro	d) congelación
  
5. ( ) Es la cantidad de vapor de agua que hay en el ambiente.
 

a) Humedad	b) Vaporización
c) Calor	d) Temperatura

II. Identifica cada una de las siguientes propiedades de la materia, anotando dentro del paréntesis una I si es Intensiva y una E si es extensiva:

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1. ( ) Peso            | 6. ( ) Punto de ebullición |
| 2. ( ) Densidad        | 7. ( ) Capacidad calórica  |
| 3. ( ) Temperatura     | 8. ( ) Volumen             |
| 4. ( ) Punto de fusión | 9. ( ) Tensión superficial |
| 5. ( ) Inercia         | 10. ( ) Impenetrabilidad   |

## Generalidades

La materia posee propiedades que permiten su identificación, estas propiedades se clasifican en extensivas e intensivas.

Las primeras, dependen de la cantidad de materia en estudio como lo es la masa, volumen, inercia entre otras; por otro lado, las **intensivas** son las que no dependen de la cantidad de materia, por ejemplo, densidad, viscosidad, tensión superficial, temperatura.

A partir de estas propiedades se han desarrollado instrumentos que permiten medirlas más fácilmente; esto da origen al “Análisis Instrumental”.

Para el desarrollo de esta asignatura, el Análisis Instrumental se puede clasificar de manera general en:

- a. Análisis Termométricos. Se basa en las propiedades térmicas de la materia.
  - Psicrómetro de onda
  - Termobalanza
- b. Análisis Ópticos. Es la propiedad de la materia que tiene interacción con la luz.
  - Espectrofotometría
  - Refractometría
  - Polarimetría
- c. Análisis Electrométricos. Son las propiedades de conducción de la corriente eléctrica de la materia.
  - Potenciometría

### 1. Psicrómetro de onda

La atmósfera es una mezcla de gases compuesta aproximadamente por 70% de nitrógeno; 20.099% de oxígeno y pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub>, otros gases y vapor de agua.

Este vapor de agua varía según la posición geográfica, la presión, la temperatura y la hora en que se determina. Su concentración puede informarse como % de humedad atmosférica.

Su correcta medición reviste gran importancia desde el punto de vista de los procesos industriales, por ejemplo, para el almacenamiento de granos cereales, cemento, envasado de ciertos productos farmacéuticos y alimenticios, como productos liofilizados y harinas.

La masa del vapor de agua por unidad de volumen se llama **humedad absoluta**. La presión total ejercida por la atmósfera es la suma de las presiones parciales ejercidas por sus componentes gaseosos.

Las presiones anteriores son denominadas presiones parciales de los componentes. La presión parcial del vapor de agua en la atmósfera es ordinariamente de unos milímetros de mercurio.

La presión parcial del vapor de agua a cualquier temperatura de la atmósfera nunca puede ser mayor que la presión de vapor del agua a dicha temperatura particular.

Si la concentración de la humedad absoluta es tal que la presión parcial iguala a la presión de vapor, se dice que el vapor está saturado. Si la presión parcial es menor a la presión de vapor, el vapor se llama no saturado.

A la relación entre la presión parcial del vapor de agua y la presión del vapor de agua a la misma temperatura se le llama **Humedad Relativa (HR)**.

Con base a esta relación se diseñó uno de los dispositivos más precisos para la determinación de la humedad relativa: el psicrómetro de honda. Este aparato tiene dos termómetros denominados "bulbo seco y bulbo húmedo", éste último tiene colocado una mecha húmeda en el bulbo. (Fig. 1).

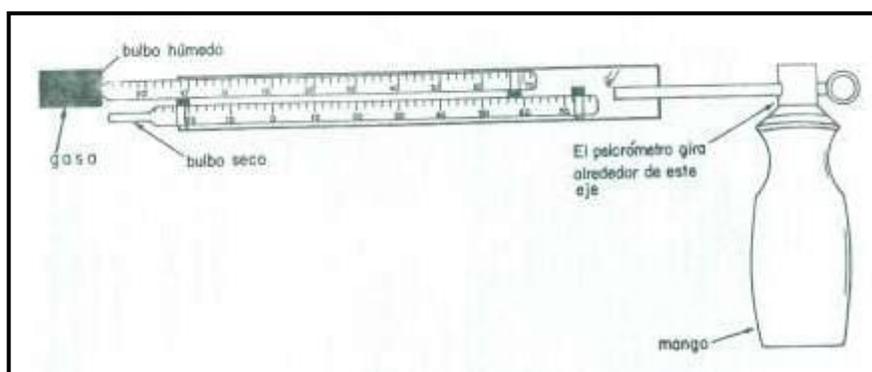


Fig. 1 Psicrómetro de onda.

La intensidad de la evaporación del agua que baña la gasa depende de la humedad relativa del aire circulante, debido a que el enfriamiento de la gasa es función de la intensidad de la evaporación mencionada, queda establecida una relación de humedad del aire ambiente y diferencia entre la temperatura señalada por el termómetro cuyo bulbo se haya sumergido en la gasa y la temperatura señalada por el termómetro de bulbo libre (seco).

La relación entre estos dos fenómenos puede expresarse cuantitativamente por medio de fórmulas o tablas. (Tabla 1).

#### Ventajas

- Es un instrumento sencillo
- Poco costoso
- Presenta buena exactitud

#### Desventajas

- Instrumento que requiere manipulación y pueden romperse los termómetros

Actualmente existen instrumentos electrónicos digitales para determinar la humedad y temperatura de espacios. (Fig. 2).



Fig.2 Higrómetro digital que mide Temperatura y Humedad.

Temperatura (°C) del termómetro seco	Diferencia (°C) entre las temperaturas del termómetro seco y húmedo																			
	0,0°	0,5°	1,0°	1,5°	2,0°	2,5°	3,0°	3,5°	4,0°	4,5°	5,0°	5,5°	6,0°	6,5°	7,0°	7,5°	8,0°	8,5°	9,0°	9,5°
0	100	90	80	72	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
1	100	90	80	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
2	100	90	81	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
3	100	91	83	74	65	57	48	43	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
4	100	91	83	75	66	59	50	45	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
5	100	92	84	76	68	60	52	48	38	31	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
6	100	92	85	77	70	62	55	50	41	34	27	20	15	10	5	-	-	-	-	-
7	100	92	85	77	71	63	57	52	44	37	30	24	18	12	5	-	-	-	-	-
8	100	93	86	79	72	65	58	53	46	40	33	27	21	15	9	3	-	-	-	-
9	100	93	86	79	73	66	60	54	48	42	35	30	24	18	13	7	3	-	-	-
10	100	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	33	27	21	16	10	5	-	-	-
11	100	93	87	82	75	69	62	57	52	46	40	35	30	24	19	13	8	4	-	-
12	100	93	87	82	76	70	63	58	53	48	42	37	32	27	22	17	12	7	-	-
13	100	93	88	82	77	71	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	6	-
14	100	94	88	83	77	72	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	6
15	100	94	89	83	78	73	67	62	57	53	49	44	39	34	30	25	21	17	12	8
16	100	94	89	83	79	74	69	63	59	55	50	46	41	36	32	27	23	19	15	11
17	100	95	90	84	80	75	70	64	60	56	52	48	43	38	34	30	24	22	18	14
18	100	95	90	85	80	76	71	65	61	57	53	49	45	40	37	32	28	24	20	16
19	100	95	90	85	81	77	72	66	62	58	55	51	47	42	38	34	30	27	23	20
20	100	95	90	85	82	77	72	68	63	60	56	52	48	44	41	37	32	29	25	22
21	100	95	91	86	82	78	73	69	64	60	57	53	49	46	42	38	34	31	27	24
22	100	95	91	87	82	78	74	70	65	62	57	54	51	47	43	40	37	33	29	27
23	100	95	91	87	83	79	75	70	66	63	58	56	52	48	45	41	38	35	31	28
24	100	95	92	87	83	79	76	71	67	63	60	57	53	50	46	43	39	37	33	30
25	100	96	92	87	83	80	76	72	68	63	61	58	54	51	48	45	41	38	35	32
26	100	96	92	87	84	80	77	73	69	65	62	58	56	52	48	46	42	39	37	33
27	100	96	92	88	84	81	77	73	70	66	62	59	57	53	50	47	43	39	37	33
28	100	96	92	88	84	81	78	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	42	38	36
29	100	96	92	88	85	82	78	75	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	38
30	100	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	58	56	53	50	47	44	42	39
31	100	96	93	89	86	82	79	76	73	69	66	63	60	57	54	51	48	45	43	40
32	100	96	93	89	86	83	79	76	73	70	67	63	60	58	55	52	49	47	43	41
33	100	96	93	89	86	83	80	77	73	70	67	64	61	58	56	53	50	48	45	43
34	100	96	93	90	87	83	80	77	74	71	68	64	62	59	57	53	51	48	46	43
35	100	96	93	90	87	83	80	77	74	72	68	65	63	60	58	54	52	49	47	44
36	100	96	93	90	87	83	81	78	75	72	69	66	63	60	58	55	53	50	48	45
37	100	96	93	90	87	84	81	78	75	72	69	67	64	61	59	56	54	51	49	46
38	100	96	93	90	87	84	82	78	76	73	70	68	64	62	59	57	55	52	49	47
39	100	96	93	90	87	84	82	78	76	73	70	68	65	63	60	58	55	53	50	48
40	100	96	93	90	88	85	82	79	77	73	71	68	66	63	61	58	56	53	51	48
41	100	97	93	91	88	85	82	79	77	74	71	69	66	63	61	59	57	54	52	50
42	100	97	93	91	88	85	82	80	77	74	72	69	67	64	62	60	57	55	53	50
43	100	97	94	91	88	85	83	80	77	74	72	69	67	64	62	60	58	55	53	51
44	100	97	94	91	89	86	83	80	78	75	72	71	68	65	63	61	58	56	54	52
45	100	97	94	91	89	86	83	80	78	76	73	70	68	66	63	61	59	57	54	52
46	100	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	71	68	66	63	61	59	57	55	53
47	100	97	94	91	89	86	83	81	78	76	73	71	68	66	64	62	60	57	56	53
48	100	97	94	92	89	86	83	81	78	76	73	71	69	66	64	62	60	57	56	54
49	100	97	94	92	89	87	84	82	79	76	74	72	69	67	65	63	61	59	57	54
50	100	97	94	92	89	87	84	82	79	77	74	72	69	67	65	63	61	59	57	55

Tabla 1. Tabla psicrométrica para la determinación de Humedad Relativa.

Para determinar la humedad de un espacio con el psicrómetro de onda, se debe realizar lo siguiente:

1. Sacar el psicrómetro de su estuche y humedecer la “mecha” del termómetro.
2. Girar vertiginosamente durante 15 segundos aproximadamente al cuerpo y a la altura de la cintura.
3. Leer la lectura de temperatura de ambos termómetros. (bulbo húmedo y bulbo seco).



4. Realizar las anotaciones correspondientes.
5. Repetir la operación hasta que dos lecturas del bulbo húmedo coincidan.
6. Con los valores obtenidos, localizar el % de humedad relativa empleando la Tabla 1.

**Ejemplo 1:**

Una lectura de temperatura en el bulbo húmedo y seco dio el siguiente resultado:

Temperatura de bulbo seco (TBS) = 26.0°C

Temperatura del bulbo húmedo (TBH) = 16.5°C

Lo primero que debemos hacer es convertir los °C a °F, utilizando la siguiente fórmula matemática:

$$^{\circ}F = (^{\circ}C \times 1,8) + 32$$

Por lo que el resultado es:

TBS = 78.8°F

TBH = 60.08 °F

Nota: puedes utilizar Convertidores de unidades en línea:

<https://www.metric-conversions.org/es/temperatura/celsius-a-fahrenheit.htm>

Posteriormente calculamos la diferencia que existe entre la temperatura del bulbo seco y del bulbo húmedo en grados centígrados.

Diferencia= 26.7 - 15.6 = 11.1

Utilizando la Tabla 1. Tabla psicrométrica para la determinación de Humedad Relativa, buscamos el punto donde la temperatura del bulbo seco y la diferencia de temperaturas se interceptan.



Temperatura (°C) del termómetro seco	Diferencia (°C) entre las temperaturas del termómetro seco y húmedo																			
	0,0°	0,5°	1,0°	1,5°	2,0°	2,5°	3,0°	3,5°	4,0°	4,5°	5,0°	5,5°	6,0°	6,5°	7,0°	7,5°	8,0°	8,5°	9,0°	9,5°
0	100	90	80	72	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
1	100	90	80	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
2	100	90	81	73	64	55	48	42	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
3	100	91	83	74	65	57	48	43	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
4	100	91	83	75	66	59	50	45	35	30	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
5	100	92	84	76	68	60	52	48	38	31	24	19	15	10	5	-	-	-	-	-
6	100	92	85	77	70	62	55	50	41	34	27	20	15	10	5	-	-	-	-	-
7	100	92	85	77	71	63	57	52	44	37	30	24	18	12	5	-	-	-	-	-
8	100	93	86	79	72	65	58	53	46	40	33	27	21	15	9	3	-	-	-	-
9	100	93	86	79	73	66	60	54	48	42	35	30	24	18	13	7	3	-	-	-
10	100	93	87	80	74	68	62	56	50	44	38	33	27	21	16	10	5	-	-	-
11	100	93	87	82	75	69	62	57	52	46	40	35	30	24	19	13	8	4	-	-
12	100	93	87	82	76	70	63	58	53	48	42	37	32	27	22	17	12	7	-	-
13	100	93	88	82	77	71	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	6	-
14	100	94	88	83	77	72	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	6
15	100	94	89	83	78	73	67	62	57	53	49	44	39	34	30	25	21	17	12	8
16	100	94	89	83	79	74	69	63	59	55	50	46	41	36	32	27	23	19	15	11
17	100	95	90	84	80	75	70	64	60	56	52	48	43	38	34	30	24	22	18	14
18	100	95	90	85	80	76	71	65	61	57	53	49	45	40	37	32	28	24	20	16
19	100	95	90	85	81	77	72	66	62	58	55	51	47	42	38	34	30	27	23	20
20	100	95	90	85	82	77	72	68	63	60	56	52	48	44	41	37	32	29	25	22
21	100	95	91	86	82	78	73	69	64	60	57	53	49	46	42	38	34	31	27	24
22	100	95	91	87	82	78	74	70	65	62	57	54	51	47	43	40	37	33	29	27
23	100	95	91	87	83	79	75	70	66	63	58	56	52	48	45	41	38	35	31	28
24	100	95	92	87	83	79	76	71	67	63	60	57	53	50	46	43	39	37	33	30
25	100	96	92	87	83	80	76	72	68	63	61	58	54	51	48	45	41	38	35	32
26	100	96	92	87	84	80	77	73	69	65	62	58	56	52	48	46	42	39	37	33
27	100	96	92	88	84	81	77	73	70	66	62	59	57	53	50	47	43	39	37	33
28	100	96	92	88	84	81	78	74	70	67	63	60	57	54	51	48	45	42	38	36
29	100	96	92	88	85	82	78	75	71	67	64	61	58	55	52	49	46	43	40	38
30	100	96	93	89	85	82	78	75	72	68	65	62	58	56	53	50	47	44	42	39

Tabla 2 Tabla psicrométrica para la determinación de Humedad Relativa.

Por lo tanto, el % de humedad relativa es de 33%

### Ejemplo 2

Las temperaturas obtenidas en una bodega de leche en polvo fueron:

TBS = 21°C

TBH = 14°C

- ¿Cuál es el %HR?
- ¿Es pertinente almacenar el producto en ese espacio? Resolución

Como la temperatura está dada en °C, no es necesario hacer conversiones, por lo tanto, utilizamos los valores de la Tabla 1 y tenemos que:

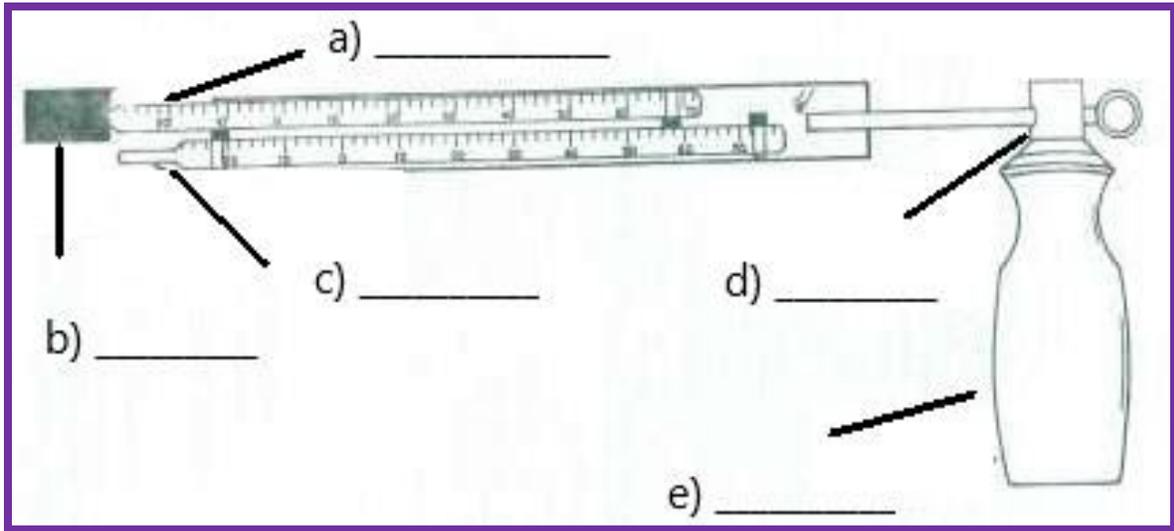
- %HR = 42%
- No, a mayor % de humedad, mayor cantidad de agua y algunos productos en polvo lo que requieren es menor cantidad de agua.

Para almacenamiento de ciertos polvos, la normatividad indica entre un 15-20% de humedad. (Medrano, 2003).

Identifica los conocimientos que has adquirido sobre el tema realizando las siguientes actividades:

### Actividad de Aprendizaje 1. Psicrometría

**Instrucciones:** Reconoce las partes de un psicrómetro de onda colocando sus nombres en la siguiente imagen:



## Actividad de Aprendizaje 2. Psicrometría

**Instrucciones:** Completa la siguiente tabla, transformando los grados centígrados a grados Fahrenheit y utilizando la Tabla psicrométrica para la determinación de Humedad Relativa que encuentras dentro del contenido.

Temperatura a bulbo seco (°C)	Temperatura bulbo seco (°F)	Temperatura a bulbo húmedo (°C)	Temperatura a bulbo húmedo (°F)	Diferencia entre el bulbo seco y el bulbo húmedo	%HR
21		18			
10		5			
13		5.5			
16.5		10			
15.5		6			
24		15.5			

### 2. Termobalanza

Se considera humedad al contenido de agua que posee una muestra. Su determinación es de suma importancia a nivel industrial, ya que se pueden asignar los costos de la materia prima para la formulación de algún producto o para el almacenamiento de alimentos de consumo humano o animal.

La termobalanza es un instrumento utilizado para determinar el grado de humedad de una muestra, las cuales pueden ser granuladas, semillas, polvos, suelos, papel, alimentos de consumo humano y animal, entre otros.

Es un instrumento de precisión de hasta milésimas de gramo en el pesaje y repetibilidad. Actualmente pueden conectarse a un ordenador o impresoras que permiten un mejor manejo y análisis de los datos obtenidos. (Sandoval, 2011).



Fig. 3 Termobalanza.

**Componentes de la termobalanza** Dentro de los componentes de la balanza destacan:

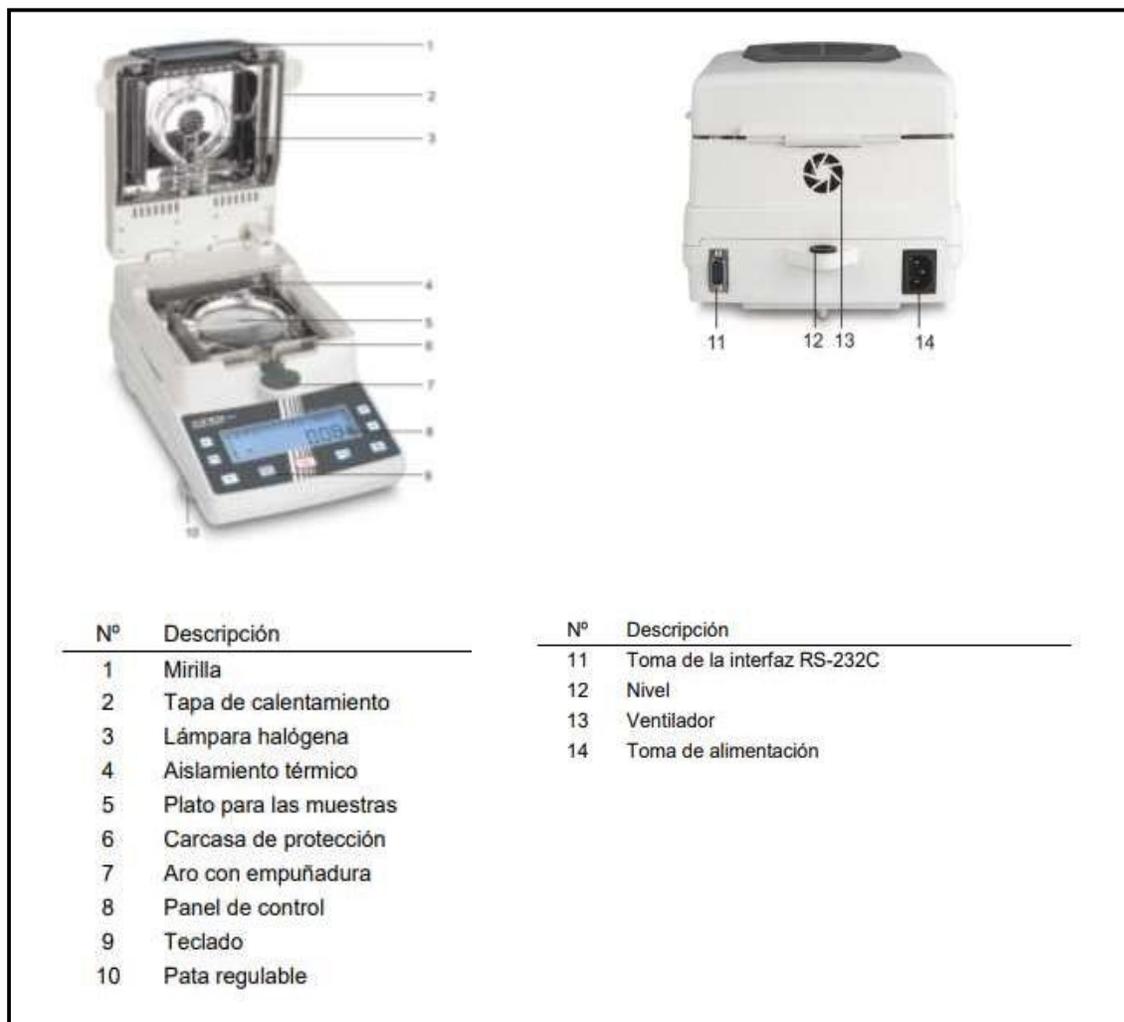


Fig. 4 Componentes de la termobalanza Taurus.

### Manejo de la termobalanza

En el siguiente link, se presenta paso a paso el manejo de la termobalanza desde su conexión, hasta el guardado y almacenaje:

<https://docs.rs-online.com/aaa1/0900766b81687df8.pdf>

Una de las ventajas de la termobalanza es que el resultado lo proporciona de manera directa una vez transcurrido el tiempo de secado programado.

Para calcular el % de humedad en un producto, la NOM NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios. en el 7 presenta la forma de realizar los cálculos correspondientes, en donde se utiliza la expresión siguiente:

$$\% \text{ en Humedad} = \frac{(P - P_1)}{P_2} \times 100$$

En donde:

P = Peso del recipiente con la muestra húmeda, en gramos.  
P<sub>1</sub> = Peso del recipiente con la muestra seca.  
P<sub>2</sub> = Peso de la muestra en gramos.

Fig.5 Expresión matemática para el cálculo del % en humedad.

Por ejemplo, una muestra de 20 gramos de harina de trigo se pesó en un crisol y dio un peso de 56.78g, al secarse la muestra, el peso fue de 45.78g. ¿Cuál es el % de humedad de la muestra?

$$\% \text{ humedad} = \frac{(56.78 - 45.78) \text{ g}}{20 \text{ g}} \times 100 = 55\%$$

Para alimentos en polvo, la NOM establece que el % de humedad debe estar entre el 5 y 10%.

En ocasiones la termobalanza se utiliza para hacer estudios de velocidad de secado y con ello establecer, para determinar el diseño de un proceso de secado y el tiempo de secado efectivo.

Por ejemplo, se realizó una curva de secado de una muestra de harina de arroz considerando los siguientes resultados:

Hora	Peso de la muestra seca (g)
09:00	5.00
09:30	4.50
10:00	3.70
10:30	3.20
11:00	2.30

Vamos a elaborar una curva de tiempo (x) contra gramos (y) y primero hay que calcular el tiempo:

Tiempo (min)	Peso de la muestra seca (g)
0	5.00
30	4.50
60	3.70
90	3.20
150	2.30

Podemos graficar en papel milimétrico o hacerlo en Excel.

La gráfica en Excel se presenta a continuación:

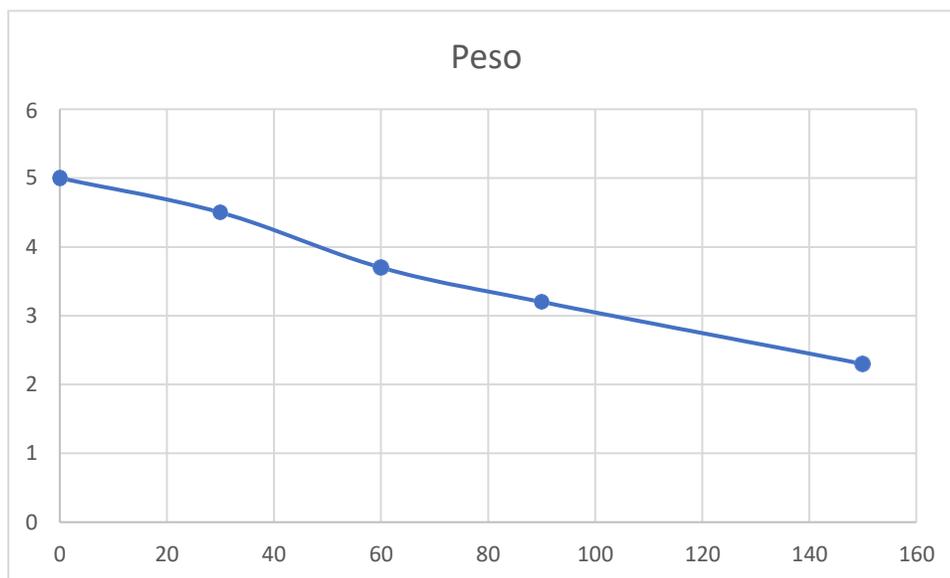


Fig. 6 Curva de secado.

### Uso y manejo de la termobalanza

Ahora revisa los siguientes videos, para que revises el uso y manejo de la termobalanza:

1. Ohaus MB45 Termobalanza – Instalación y funcionamiento  
<https://www.youtube.com/watch?v=ykAeBLX9x-4>
2. AQA – determinación de humedad (Termobalanza con NIR)  
<https://www.youtube.com/watch?v=hkDMRd386ZM>

Con la finalidad de identificar los aprendizajes adquiridos en el tema, realiza las siguientes actividades

### Actividad de Aprendizaje 3. Termobalanza.

**Instrucciones:** Identifica los pasos a seguir que se encuentran presentes en el vídeo del enlace, para la determinación de humedad en una muestra con el uso de la termobalanza, realiza una lista con estos pasos y en el siguiente espacio genera un diagrama de flujo sobre la utilización de la termobalanza.

AQA – determinación de humedad (Termobalanza con NIR)

<https://www.youtube.com/watch?v=hkDMRd386ZM>

#### Actividad de Aprendizaje 4. Termobalanza.

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes problemas, recuerda que las fórmulas se encuentran dentro del contenido del tema.

##### Problema 1:

1. Una muestra 30 g de cemento en polvo se analizó para determinar la humedad, si la muestra junto con el crisol pesó 75.65 g, y después de haberse secado, el peso del crisol y la muestra fue de 69.25 ¿Cuál es el % de humedad en la muestra?

##### Problema 2:

2. De un estudio realizado de humedad en carnes, se obtuvieron los siguientes datos:

Hora	Peso carne más canastilla	
	Carne cruda	Carne cocida
10:00	360	310
10:30	320	270
11:00	295	240
11:30	255	220
13:30	220	210
15:30	210	200
Peso de la canastilla	110	120

Realiza el tratamiento de los datos y colócalos en la siguiente tabla:

Tiempo (min)	Carne cruda	Carne cocida

Elabora la curva de secado para este proceso, indicando con una línea roja la curva de secado para la carne roja y con color azul la curva de secado para la carne cocida.



**Instrucciones:** Contesta con honestidad las preguntas que se hacen a continuación colocando una x en la carita correspondiente.

- 1 = Fácil (excelente)
- 2 = Más o menos fácil (bueno)
- 3 = Difícil (regular)
- 4 = No lo resolví (malo)

	 1	 2	 3	 4
Los ejercicios propuestos en este corte los resolví.				
Entendí los contenidos del corte.				
Entendí el aprendizaje logrado en este corte.				

Si quieres profundizar en los temas revisados en esta guía, te recomendamos:



**Psicrómetro de Onda**

<https://www.tqcsheen.com/es/producto/sling-psychrometer-es/>

**¿Qué es el psicrómetro de onda?**

Psicrómetro | Guías Prácticas ([guiaspracticas.com](http://guiaspracticas.com))

**Curvas de secado en alimentos.**

[https://www.academia.edu/16554067/curvas\\_de\\_secado](https://www.academia.edu/16554067/curvas_de_secado)

**Cómo hacer una curva de secado.**

<https://www.youtube.com/watch?v=RVRh1-ycoY8>

**Determinador electrónico de humedad. Manual de instrucciones.**

<https://docs.rs-online.com/aaa1/0900766b81687df8.pdf>



### Página web

- Academia (s/f). Curvas de secado en alimentos. Recuperado el 05 de mayo de 2022 de: [https://www.academia.edu/16554067/curvas\\_de\\_secado](https://www.academia.edu/16554067/curvas_de_secado)
- Guías Prácticas (s/f). ¿Qué es el psicrómetro de onda?. Recuperado el 04 de mayo de 2022 de: Psicrómetro | Guías Prácticas (guiaspracticass.com)
- Industrial Physics (s/f). Psicrómetro de Onda. Recuperado el 04 de mayo de 2022 de: <https://www.tqcsheen.com/es/producto/sling-psychrometer-es/>

### Videos

- Fernández, I. (2020). Cómo hacer una curva de secado. Recuperado el 05 de mayo de 2022 de: <https://www.youtube.com/watch?v=RVRh1-ycoY8>

### Documentos digitales

- Colegio de Bachilleres del Estado de Baja California Sur. (2019). Manual de Prácticas de Laboratorio. Físicas II. Revisado el 16 de mayo de 2022 de: <http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicass-de-laboratorio/manual-de-practicass-de-laboratorio-fisica-II.pdf>
- Kern, S (2016). Determinador electrónico de humedad. Manual de instrucciones. Recuperado el 05 de mayo de 2022 de: <https://docs.rs-online.com/aaa1/0900766b81687df8.pdf>
- Sandoval, J. (2011). Blog. Calibración de instrumentos para análisis instrumental. Revisado el 05 de mayo 2022 de: <http://mapalu1994.blogspot.com/2011/12/termobalanza.html>

## Tabla de Imágenes. Corte 1

Figura/ Tabla	Referencia
1	Colegio de Bachilleres del Estado de Baja California Sur. (2019). Manual de Prácticas de laboratorio. Física II. Revisado el 19 de mayo de 2022 en: <a href="http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf">http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf</a>
2	Cetronic. Componentes electrónicos. Revisado el 19 de mayo de 2022 en: <a href="https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&amp;idTienda=93&amp;codProducto=999140077&amp;cPath=78">https://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?idIdioma=&amp;idTienda=93&amp;codProducto=999140077&amp;cPath=78</a>
3	Termobalanza. Revisado el 19 de mayo de 2022 en: <a href="http://www.ipc.com.mx/basculas/basculas-para-laboratorio-analiticas/termobalanzas-and.jpg">http://www.ipc.com.mx/basculas/basculas-para-laboratorio-analiticas/termobalanzas-and.jpg</a>
4	Kern, S (2016). Manual de instrucciones Determinador electrónico de Humedad. Componentes de la Termobalanza Taurus. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="http://www.kern-sohn.com/manuals/files/Spanish/DLB_A-BA-s-1110.pdf">http://www.kern-sohn.com/manuals/files/Spanish/DLB_A-BA-s-1110.pdf</a>
5	Mancilla, H. (s/f). Ejercicio en Excel.
6	Mancilla, H. (s/f). Ejercicio en Excel.

CORTE

2

## Métodos Ópticos

Aprendizajes esperados:

### Contenidos específicos

#### 1. Espectrofotómetro

- 1.1 Fundamentos
  - 1.1.1 Ley de Lambert y Beer
- 1.2 Componentes
- 1.3 Usos y cuidados
- 1.4 Determinaciones

#### 2. Refractómetro

- 2.1 Ley de la refracción
- 2.2 Fundamentos
  - 2.2.1 Índice de refracción
- 2.3 Componentes usos y cuidados

#### 3. Polarímetro

### Aprendizajes esperados

1. Determinación de la cantidad de Fe III y Mn en una muestra comercial siguiendo los protocolos establecidos para ello.
2. Determinación de glucosa en un suero glucosado comercial siguiendo los protocolos establecidos para ello.
3. Determinación del ángulo de rotación de algunas sustancias comerciales como: glucosa, fructuosa, sacarosa y azúcar invertida, siguiendo los protocolos para ello.

Realizar análisis con instrumentos ópticos a muestras, aplicando procedimientos establecidos en el laboratorio, verificando con ello el cumplimiento de las especificaciones de una norma oficial o con lo señalado en la etiqueta del producto.

A continuación, encontrarás una lista con los conocimientos previos que te ayudaran a abordar de una mejor manera este corte, recuerda que estos conocimientos los has adquirido durante tu trayectoria por las asignaturas de Química y de Toma y Tratamiento de Muestras de la Salida Ocupacional de Laboratorista Químico.

- Naturaleza de la luz y sus propiedades
- Absorbancia
- Transmitancia
- Color
- Solución

Resuelve las siguientes actividades las cuales te permitirán identificar si cuentas con los conocimientos necesarios para abordar los aprendizajes de este corte.

## Instrucciones:

I. Relaciona las columnas anotando dentro del paréntesis la letra de la respuesta correcta:

- |  |               |
|--|---------------|
| 1. ( ) Se llama _____ cuando un rayo de luz llega a una superficie opaca y al chocar cambia de dirección y de sentido.       | a) Visible    |
| 2. ( ) Este fenómeno se debe a que la luz se propaga a diferentes velocidades dependiendo el medio en el que se desplace.    | b) Refracción |
| 3. ( ) Ocurre cuando un rayo de luz abandona su trayectoria rectilínea y se desvía en los bordes de un obstáculo u orificio. | c) Difracción |
| 4. ( ) Es el fenómeno de descomponer un rayo de luz en sus diferentes colores constituyentes.                                | d) Reflexión  |
| 5. La luz _____ está formada por 7 colores diferentes.   | e) Dispersión |

II. Responde el siguiente cuestionario, subrayando la respuesta correcta:

- ¿Es la cantidad de luz en una determinada longitud de onda que atraviesa un cuerpo?
  - Absorbancia
  - Color
  - Densidad
  - Transmitancia
- ¿Es la cantidad de luz en una determinada longitud de onda que se absorbe por un cuerpo?
  - Absorbancia
  - Color
  - Densidad
  - Transmitancia

3. Es la longitud de onda que un cuerpo emite y que es complementaria a la longitud de onda que absorbe y que podemos percibir con la vista.
- a) Absorbancia
  - b) Color
  - c) Densidad
  - d) Transmitancia
4. Mezcla homogénea de dos o más sustancias puras.
- a) Solución
  - b) Coloide
  - c) Heterogénea
  - d) Suspensión

III. Resuelve los siguientes problemas:

1. ¿Cuál es la molaridad de una solución que se prepara disolviendo 0,58 gramos de Cloruro de sodio (NaCl) para un volumen total de 500 ml?
  
2. ¿Cuántos gramos de Hidróxido de sodio (NaOH) se necesitan para preparar 300 ml de una solución 0,1 M?
  
3. ¿Cuál es el volumen necesario de ácido clorhídrico (HCl) para preparar 250 ml de una solución 0,1N? Considera una densidad de 1.18 g/ml y una pureza del 37%.



## 1. Espectrofotómetro

### 1.1 Fundamentos

#### ¿Qué es la Luz?

Es una radiación electromagnética referida a la que nos es visible. Se transmite en forma de ondas cuyo reflejo ilumina las superficies permitiéndonos, de esta manera, ver los objetos y los colores a nuestro alrededor. (Significados, 2013-2020).

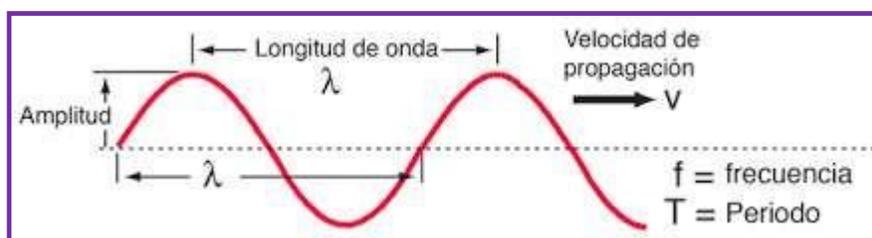


Fig. 7 Componentes de la naturaleza ondulatoria de la luz.

**Frecuencia:** Es el número de oscilaciones en un segundo. Se expresa en Hertz (Hz).

**Longitud de onda.** Es la distancia entre máximos y mínimos de un movimiento ondulatorio. Se expresa en Angstroms ( $\text{\AA}$ ), nanómetros (nm) o milimicras ( $m\mu$ ), en donde la equivalencia es:  $1 \text{\AA} = 10^{-8} \text{ cm}$  ó  $10^{-10} \text{ m}$ ;  $1 \text{ nm} = 10^{-5} \text{ cm}$ .

Convencionalmente el espectro de energía radiante se divide en varias regiones, como se muestra en la siguiente figura.

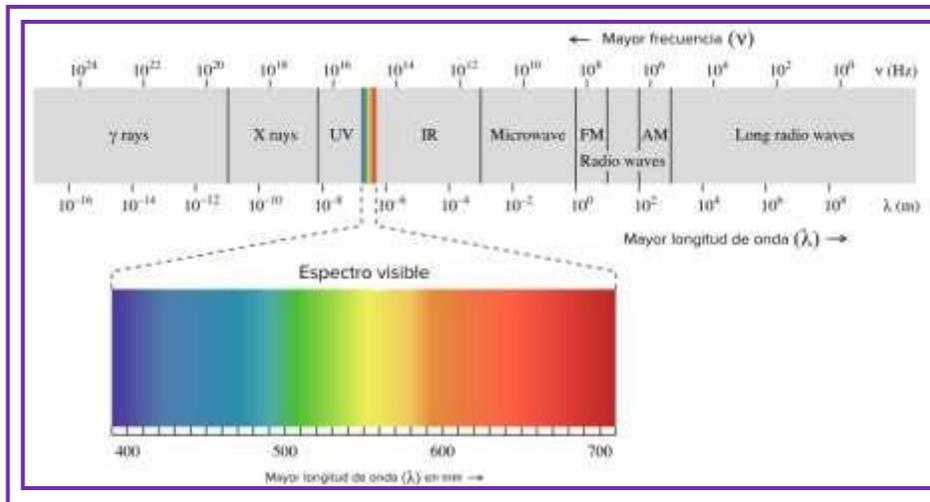


Fig. 8. Regiones del espectro electromagnético.

Si un haz de luz blanca pasa a través de una celda de vidrio que contiene un líquido, la radiación saliente es de menor potencia que cuando la radiación incide. La disminución en la potencia es en general de diferente grado para los distintos colores. La pérdida de potencia se debe a las reflexiones ocurridas en la superficie y a la difusión provocada por las partículas en suspensión de los fluidos; en los líquidos claros el fenómeno se debe a la absorción de la energía radiante por el líquido (Serrano, 2007).

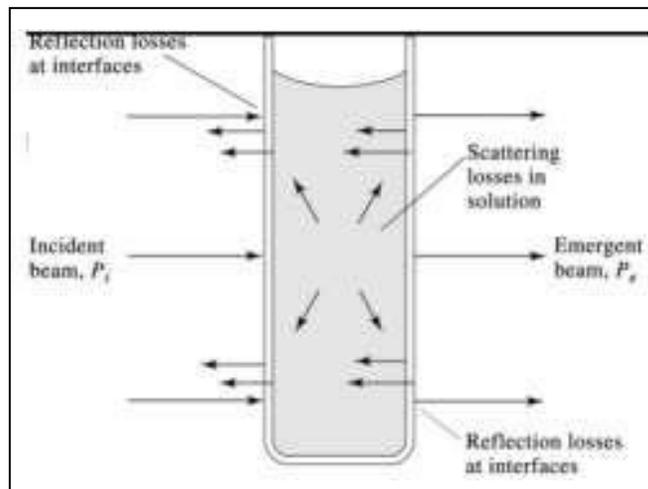


Fig.9. Reflexión de un haz de luz blanca al pasar por una celda con disolución.

El color aparente de una disolución es siempre el complementario del color absorbido. Así una disolución que absorba en la región del azul aparecerá como amarillo; la que absorba en el verde aparecerá morada.

Intervalo aproximado de longitud de onda en nm	Color	Complemento
400 - 465	Violeta	Verde – amarillo
465 – 482	Azul	Amarillo
482 - 487	Azul verdoso	Naranja
487 – 493	Azul verde	Rojo – naranja
493 – 498	Verde azulado	Rojo
498 - 530	Verde	Rojo – púrpura
530 – 559	Verde amarillento	Púrpura rojizo
559 – 571	Amarillo - verde	Púrpura
571 - 576	Amarillo verdoso	Violeta
576 – 580	Amarillo	Azul
580 – 587	Naranja amarillento	Azul
587 – 597	Naranja	Azul verdoso
597 – 617	Naranja rojizo	Azul – verde
617 - 780	Rojo	Azul - verde

Tabla 3. Colores primarios y complementarios

### 1.1.1. Ley de Lambert – Beer

La absorción de la energía radiante por la materia depende del principio general conocido como “Ley de Lambert-Beer, la cual está relacionada con los siguientes factores:

1. La energía radiante incidente es la energía luminosa que incide en una unidad de tiempo, representada por  $P_0$  ó  $I_0$ .
2. La energía radiante transmitida se representa por  $P$  ó  $I$ .
3. El espesor de la celda que contiene al líquido absorbente está dado en cm y se representa por  $b$  ó  $l$ .
4. La concentración de la disolución está dada en mol/L ó M, se representa por  $c$ .

La ley de Beer establece que la cantidad de luz o energía absorbida o transmitida por una disolución es función exponencial de la concentración de la sustancia absorbente presente y de la longitud de trayectoria hacia la muestra.

Matemáticamente esta ley se representa por:

$$P = P_0 \times 10^{-abc} \quad \dots \text{ec. 1}$$

$$\log \frac{P}{P_0} = -abc \quad \dots \text{ec. 2} \quad \text{o} \quad -A = \log \frac{P}{P_0} \quad \dots \text{ec. 3}$$

$$A = abc \quad \dots \text{ec. 4}$$

La absorbancia  $A = abc$ , donde:

$a$  = absortividad molar ( $L \times mol^{-1} \times cm^{-1}$ )

$b$  = espesor de la celda que contiene al líquido absorbente

$c$  = concentración en mol/L

La absorbancia en ocasiones en ocasiones se llama densidad óptica y es definida s definida como el logaritmo decimal del inverso de la transmitancia (T):

$$A = \log_{10} \frac{1}{T} \quad \dots \text{ ec. 5}$$

$$A = -\log T \quad \dots \text{ ec. 6}$$

$$T = 10^{-A} \quad \dots \text{ ec. 7}$$

La transmitancia es igual a la relación entre la energía radiante trasmitida (P) por una muestra y la energía radiante incidente sobre la muestra ( $P_0$ ), matemáticamente se expresa como:

$$T = \frac{P}{P_0} \quad \dots \text{ ec. 7}$$

La ley de Beer es válida sólo si:

- Se usa luz de una longitud de onda particular.
- La disolución problema sólo absorbe una longitud de onda particular.
- Sólo se medirá la luz trasmitida emergente. No deben existir fluorescencia, difusión de partículas o fugas instrumentales.

Las desviaciones a la ley de Beer pueden ser:

#### Desviaciones reales

Una elevada concentración de soluto puede producir interacciones entre las moléculas modificando el índice de refracción de la disolución y falseando los resultados.

#### Desviaciones químicas

Se deben a la estabilidad de la sustancia a analizar bajo las condiciones y el uso inadecuado de las longitudes de onda al realizar un análisis. (Elías, 1985).

## 1.2. Componentes del espectrofotómetro

El espectrofotómetro, es un instrumento que tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática (de un largo de onda particular) a través de una muestra y medir la cantidad de luz y que es absorbida por dicha muestra. (EcuRed).



Fig. 10 Espectrofotómetro.

Existen dos tipos de espectrofotómetros, simples y de doble haz.

El espectrofotómetro de un solo haz usa únicamente una trayectoria de la luz de la fuente al detector; suele operarse a una longitud de onda fija y se emplea principalmente para la determinación cuantitativa de un solo componente cuando se analizan muestras.

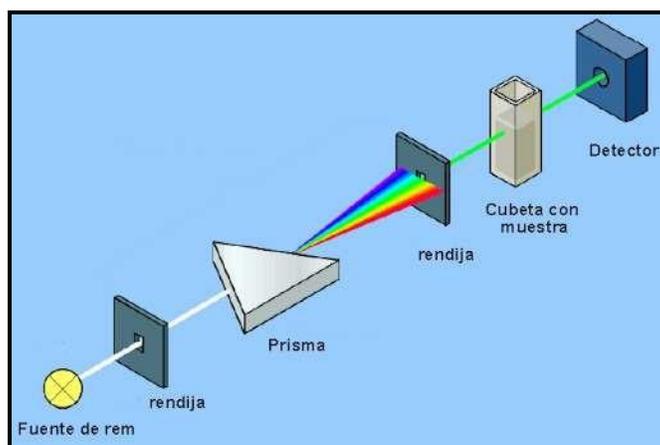


Fig. 11. Diagrama del esquema óptico de un espectrofotómetro de prisma de un solo haz.

El espectrofotómetro Bus & Lomb, está diseñado para trabajar en un intervalo de longitud de onda de 340-600 nm, el cual puede aumentarse hasta 950 nm intercambiando filtros y fototubos. Consta de las siguientes partes:

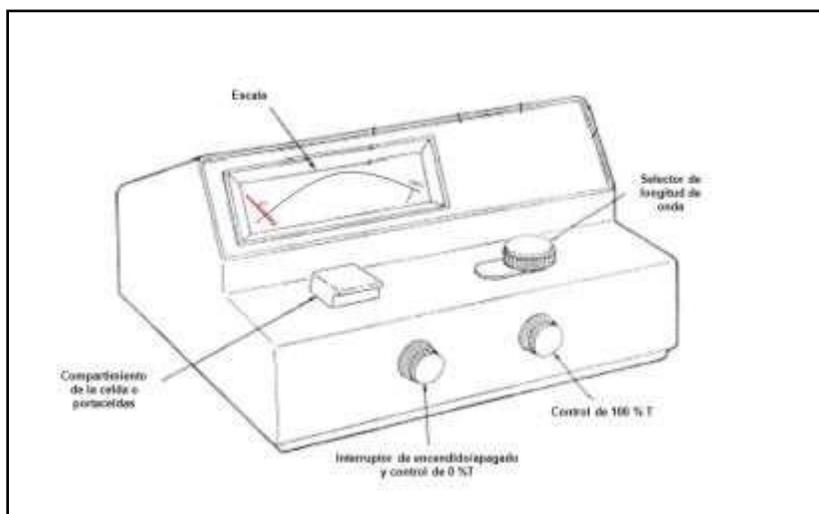


Fig. 12. Componentes del espectrofotómetro Spectronic 20.

### 1.3. Usos y Cuidados

Observa los siguientes videos que te permitirán identificar el uso y cuidados que debe tener este tipo de instrumentos, el primero cuando tienes una pantalla digital y el segundo cuando tienes pantalla de agujas.

1. Spectronic 20. <https://www.youtube.com/watch?v=N0vsyFYNI8c>
2. Spectronic 20. <https://www.youtube.com/-watch?v=N8Lu5MTTbVs>

### 1.4. Determinaciones

El potenciómetro tiene dos usos principales:

- Determinar la longitud de onda máxima para una determinación cuando se desconoce ésta.
- Determinación de la concentración de una muestra.

**Determinación de longitud de onda máxima para una determinación cuando se desconoce ésta.**

#### Construcción de una curva de Barrido

Para la determinación de longitud de onda máxima a trabajar, es necesario realizar una curva llamada "barrido" que consiste en preparar una celda con una disolución estándar (de concentración conocida) que contenga el analito a determinar y un tubo testigo (blanco), el cual contiene todos los componentes, menos el analito a determinar, y se procede a medir la longitud de onda en un rango establecido previamente, tanto con el tubo problema como con el testigo.<sup>1</sup>

Por ejemplo, se quiere determinar la longitud de onda para realizar una determinación “x”, para la cual se obtuvieron los siguientes valores de longitud de onda ( $\lambda$ ) y absorbancia (A), utilizando un spectronic 20 (Figarola, 2015).

$\lambda$	Abs	$\lambda$	Abs	$\lambda$	Abs
440	0.204	525	1.16	610	0.095
445	0.21	530	1.061	615	0.089
450	0.224	535	0.986	620	0.085
455	0.24	540	1.047	625	0.082
460	0.26	545	1.109	630	0.078
465	0.302	550	0.992	635	0.074
470	0.349	555	0.771	640	0.07
475	0.385	560	0.654	645	0.067
480	0.456	565	0.635	650	0.061
485	0.552	570	0.592	655	0.061
490	0.598	575	0.457	660	0.056
495	0.657	580	0.301	665	0.052
500	0.787	585	0.197	670	0.047
505	0.892	590	0.145	675	0.037
510	0.89	595	0.123	675	0.033
515	0.918	600	0.112	680	0.029
<b>520</b>	<b>1.068</b>	<b>605</b>	<b>0.102</b>		

Tabla 4. Datos de longitud de onda y absorbancia para la construcción de una curva de barrido.

Si graficamos estos datos en papel milimétrico o Excel, obtendrás una curva como la que se presenta a continuación:

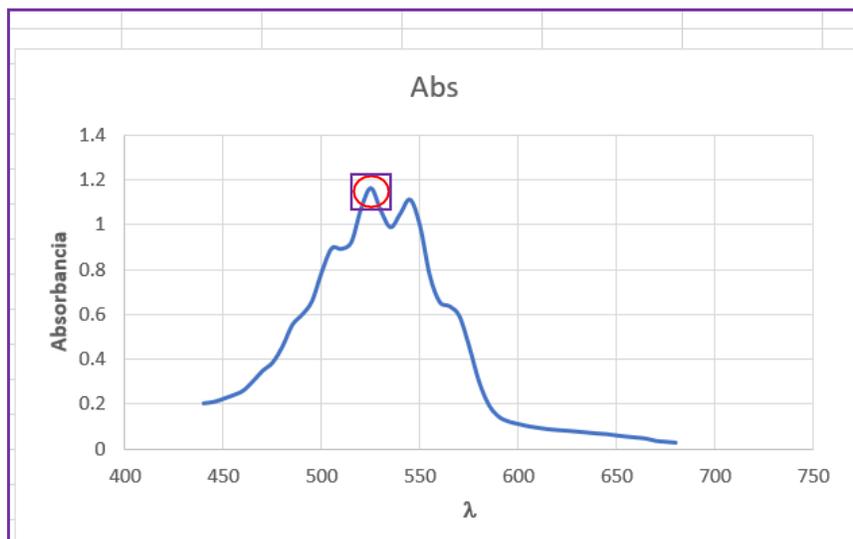


Fig. 13. Espectro de barrido para la selección de onda.

<sup>1</sup>El tubo testigo sirve para hacer la corrección de lectura de acuerdo con la siguiente expresión:  
 $A_{corr.} = A_1 - A_2$ .

El pico más alto, es la longitud de onda la cual se seleccionaría para trabajar, para este ejemplo, la longitud de onda es de 525 nm.

### **Determinación de la concentración en una muestra.**

#### **Construir la gráfica de absorbancia/transmitancia**

Para la construcción de la gráfica es necesario construir una curva “patrón o de calibración, pero ¿qué es una curva patrón o de calibración?

Es un método que se utiliza en química analítica para determinar la concentración de un analito en una muestra desconocida en un estado líquido (disoluciones). Se basa en la **relación proporcional entre la concentración y una determinada señal analítica** (en nuestro caso, absorbancia o transmitancia).

Al conocer esta relación es posible conocer la concentración en una muestra dada mediante la medida de esa señal. Esta relación (concentración – señal) se representa comúnmente en una gráfica a la que se le conoce como curva de calibración o patrón.

La señal analítica debe mantener una relación proporcional con la concentración. Las más utilizadas son aquellas que guardan **relación con la concentración de forma lineal** en un rango de trabajo, por lo que también a este tipo de curvas se les conoce también como **recta de calibración**. (Curiosando, 2016).

La elaboración de una curva de calibrado se puede dividir en dos pasos:

- preparación de las disoluciones patrón y
- obtención de la función señal – concentración (construcción de la curva propiamente dicha).

Una vez obtenida la curva se utiliza para conocer la concentración de analito en una muestra desconocida.

#### **Preparación de patrones**

Para elaborar este tipo de curva se parte de varias disoluciones con una concentración conocida de analito (la sustancia a medir) conocidas como **disoluciones patrón**. Se han de elaborar una batería de patrones suficiente para cubrir un rango que incluya la concentración esperada en las muestras desconocidas. Es importante que estas concentraciones estén dentro del rango válido para la técnica analítica que se va a utilizar.

“Es decir, han de estar por encima del mínimo de concentración de analito cuantificable por la técnica utilizada. Este mínimo es conocido como **límite mínimo cuantificable**. También ha de estar por debajo del límite de linealidad. La relación lineal entre concentración y señal no se suele mantener a altas concentraciones y el límite de linealidad marca la concentración máxima para la cual la curva de calibración sería fiable” (Curiosando, 2016).

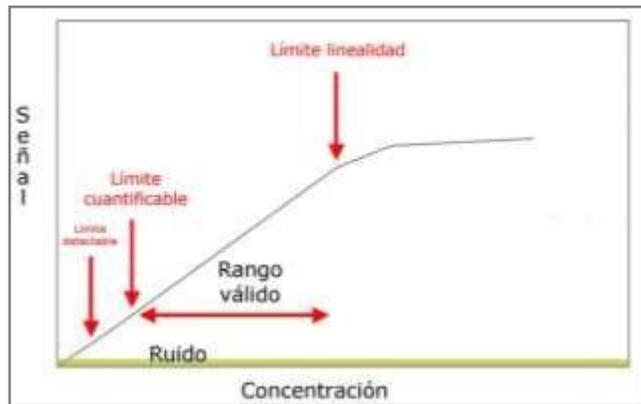


Fig. 14. Rangos válidos de una curva patrón.

Revisa los siguientes videos para mayor comprensión:

1. Curvas de calibración:
2. <https://www.youtube.com/watch?v=STLO4W8yc7Y>
3. Cálculo de [Glucosa]- Curva de calibración DNS:  
<https://www.youtube.com/watch?v=7AC3uYjDi9Q>

### Construcción de la curva: relación concentración de analito y señal analítica

La curva de calibrado se construye midiendo la señal analítica en cada uno de los patrones previamente elaborados. En el eje de ordenadas se asigna el valor de la señal medida y en el eje de abscisas la concentración del patrón; de esta forma podemos señalar puntos en la gráfica según las coordenadas (concentración (x), señal (y)).

A los puntos obtenidos, se les puede aplicar una regresión lineal, generalmente se utiliza el método de mínimos cuadrados para obtener la recta que los relaciona y su función.

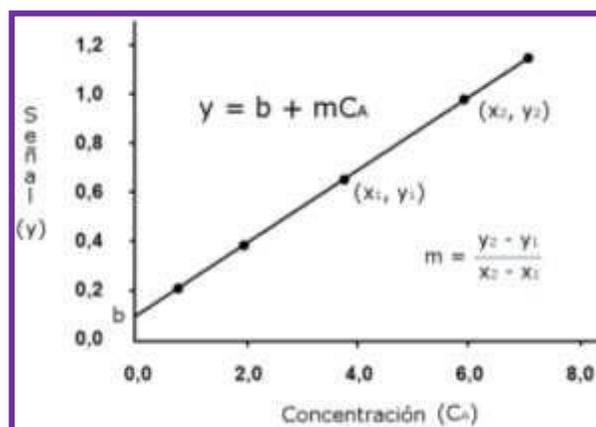


Fig. 15. Método de mínimos cuadrados.

Este método puedes realizarlo de manera manual o utilizando una hoja en Excel (Mendoza, 2016).

## Determinaciones analíticas

A continuación, se presentan dos ejemplos de determinaciones analíticas y su resolución.

### Ejemplo 1. Método gráfico.

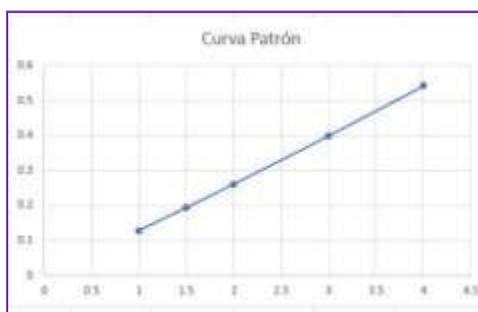
A partir de una solución patrón de 100 ppm (100 mg/L) de un compuesto orgánico que presenta una banda de absorción máxima a 270 nm se preparó una curva de calibración: se obtuvieron los siguientes datos:

Conc. (ppm)	A
1	0.1282
1,5	0,1940
2	0.2615
3	0,3995
4	0,5422

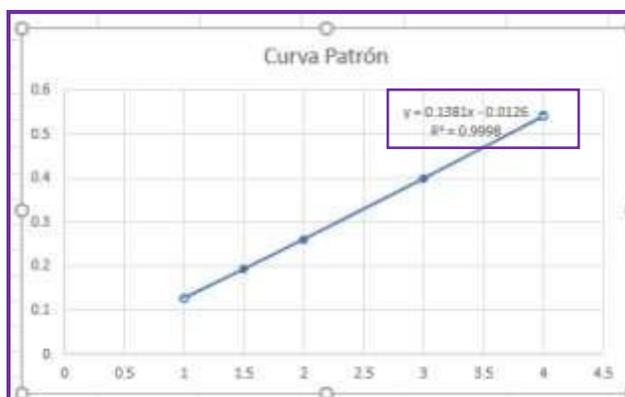
Si 2 ml de una solución desconocida de este compuesto son diluidos a 50 ml se obtiene una absorbancia de 0,425. Calcula la concentración de la muestra en mg/l.

### Resolución

1. Construyamos la gráfica:



2. Encontramos la ecuación de la recta en el gráfico:



$y = 0.1381x - 0.0126$ , nos dan el valor de 0.425 (y), despejamos de la ecuación "x" y sustituimos el valor de "y". Revisémoslo por pasos:

- a. despejamos "x";  $y + 0.0126 = 0.1381x$ , pero "y" es igual a 0.425, entonces  $0.1381x = 0.425 + 0.0126 =$
- b. despejamos "x";  $x = 4376/0.1381 = 3.16$  ppm que es el valor obtenido de la gráfica, ahora
3. Obtener el resultado

$$R = 3.16 \text{ ppm} \times 50 \text{ mL} / 2 \text{ mL} = 79 \text{ ppm}$$

### Ejemplo 2:

Método matemático

- 1- Calcular la absorbancia que corresponde a cada valor de transmitancia porcentual: a) 20%, b) 35,3 %, c) 75,5 %, d) 4,5 % y e) 100%

### Resolución

Inciso a)

Datos	Formula	Sustitución	Operación	Resultados
%T = 20 T = 20/100T = 0.20 A = ¿?	A = -log T (ec. 6)	A = -log (0.20)	-(-0.698)	A = 0.698

Realizando el mismo procedimiento, calcula el valor de los incisos b), c), d)

### Ejemplo 3:

Inciso a)

Calcular la T que corresponde a cada uno de los siguientes valores de absorbancia: a) 0,800, b) 0,115, c) 0,585 y d) 0,057.

Datos	Formula	Sustitución	Operación	Resultados
A = 0.800T = ¿?	A = -log T (ec. 6)	T = 10 <sup>-0.800</sup>	T = 0.1584	%T= 15.84
	<b>Despeje</b> T = 10 <sup>-A</sup>			

Siguiendo el mismo procedimiento, calcula los incisos b), c) y d)

**Ejemplo 4:**

Una solución 0,0500 M, cuyo soluto tiene un peso molecular de 230, da una lectura de transmitancia de 35 % cuando se usa una cubeta de 1 cm de camino óptico y una longitud de onda de 270 nm. Calcular la absorptividad molar (a).

Datos	Formula	Sustitución	Operación	Resultados
C = 0.0500M Pm = 230 g/molc = 11.5 g/L T = 35% T = 0.35 b = 1 cm $\lambda = 270 \text{ nmA}$ = 0.4559a = ¿?	$A = abc$ (ec. a)	$a = 0.4559/1 \times 11.5$	$a = 0.0396$	$a = 0.0396 \text{ g l}^{-1} \text{ cm}^{-1}$
	<b>Despeje</b>			
	$A = A/bc$			

Identifica los conocimientos que has adquirido sobre el tema realizando las siguientes actividades.

**Actividad de Aprendizaje 1. Espectrofotetría.**

- Instrucciones:** Identifica las partes del espectrofotómetro en la siguiente imagen y coloca el nombre en el lugar que corresponde:



Si lo consideras necesario revisa tus notas antes de responder tu actividad.

## Actividad de Aprendizaje 2. Espectrofotometría.



**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente caso y responde lo que se te pide.

Se disolvieron 0,0250 g de hierro puro en 40 ml de HCl (1:3), en seguida se añadió 1 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado, se transfirió a un matraz aforado de 1 L, y se aforó con agua destilada.

Posteriormente se toman 2, 4, 6, 8 y 10 ml de esta disolución y se llevan a matraces aforados de 10 ml, añadiendo a cada uno de ellos 1 mL de la disolución de acetato de sodio para mantener el pH entre 3 y 6, 1 mL de la disolución de hidroxilamina y se deja reposar durante 5 minutos para que la reacción sea completa; se añaden 1,0 mL de la disolución de 1,10-fenantrolina y se afora hasta la marca con agua destilada.

Calcula la concentración final en cada uno de los matraces y completa la siguiente tabla:

ml de solución estándar	Concentración en mg/L
1	
2	
3	
4	
5	

## Actividad de Aprendizaje 3. Espectrofotometría.

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente caso y responde lo que se te pregunta en los incisos a) y b):

Una alícuota de 5 ml de agua de la llave se llevaron a un matraz aforado de 10 ml con 1 ml de acetato de sodio. 1 ml de hidroxilamina y 1 ml de 1,10-fenantrolina y se afora con agua destilada hasta la marca.

Posteriormente se leyó su transmitancia dando un valor de 54%:

- a) Elabora una curva patrón con los datos que se le proporcionan a continuación (elabora la curva en Excel o papel milimétrico y entrégala al profesor).



b) Calcula el % de Fe presente en el agua de la llave.

Concentración ppm	Transmitancia (%)	A = -log T	Absorbancia
0.0	100		
0.5	89		
1,00	84		
2,00	71		
4,00	44		

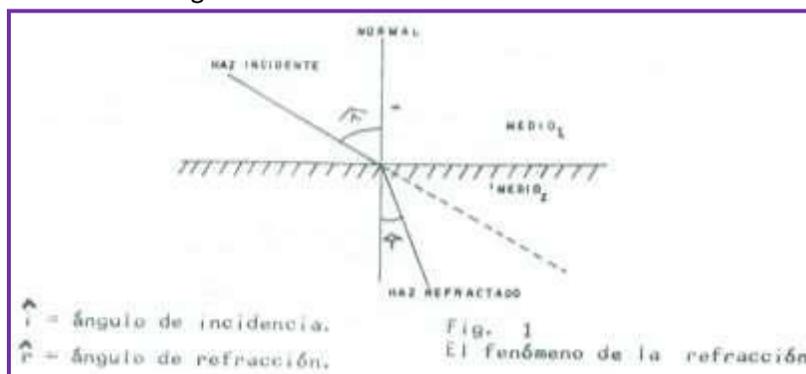
% Fe =	(mg encontrados en la gráfica) (meq Fe) (10 de dilución) (100)
	ml de la muestra de agua

## 2.Refractómetro

Cuando la luz atraviesa de un medio refringente (trasparencia) a otro, cambia la dirección debido a la variación de la velocidad de la luz en ambos medios. A este fenómeno se le llama **refracción**.

Al haz original de luz se le llama **haz incidente**, el ángulo que forma éste con la normal de la superficie es el ángulo de incidencia, El haz luminoso después del cambio de dirección se denomina **haz refractado** y el ángulo que forma con la normal es el **ángulo de refracción**. (Elías, 1985).

Fig. 16. El fenómeno de la refracción.



### 2.1 Leyes de la Refracción

1. “El rayo incidente, el refractado y la normal a la superficie en el punto de incidencia están en el mismo plano”  
<https://www.fisicalab.com/apartado/reflexion-refraccion-luz>
2. La ley (Snell), menciona que la relación entre el ángulo de incidencia  $\hat{i}$ , el de refracción  $\hat{r}$  y los índices de refracción absolutos de la luz en los medios 1 y 2,  $n_1$  y  $n_2$ , según:

$$\frac{\sin(\hat{i})}{\sin(\hat{r})} = \frac{n_2}{n_1}$$

Fig. 17. Segunda ley de la refracción (Snell).

La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y de refracción se le llama **índice de refracción** y se representa por **n**.

Este índice es una propiedad específica de la sustancia (propiedad intensiva). El índice de refracción de la sustancia representa la relación de la sustancia con respecto al aire.

Por ejemplo, las que se presentan a continuación.

Sustancia	Índice de refracción (n)
Vidrio	1.5 – 1.9
Diamante	2.42
Cuarzo fusible	1.46
Glicerina	1.47
Alcohol etílico	1.36
Agua	1.33

Tabla 5. Índices de refracción de diferentes sustancias.

El índice de refracción de una sustancia con respecto al vacío se llama índice de **refracción absoluto (nA)**.

El índice que se obtiene de dos materiales o el índice de refracción de la luz que pasa de un material a otro se llama índice de **refracción relativo (nR)**.

Entonces, se puede deducir el índice relativo para cualquier par de materiales en función de sus índices de refracción: por ejemplo, el índice relativo de la luz que pasa del agua al vidrio será:

$$n_{Rv/a} = \frac{1.5}{1.33} = 1.12$$

El ángulo de incidencia más pequeño para el cual tiene lugar la reflexión total interna se llama **ángulo límite**.

El índice de refracción depende fuertemente de la composición de la muestra, de la temperatura y de la longitud de onda de la luz utilizada, se suele medir n con la línea espectral de la luz amarilla del sodio (Línea D= 589nm) y a T=20, 25 o 40°C y se denota como:  $n^t_D$

La velocidad con que viaja la luz de un medio a otro está determinada por la siguiente ecuación matemática:

$$v = \frac{c}{n}$$

Donde:

v = velocidad de la luz en el medio (sustancia)  
c = velocidad de la luz en el vacío =  $3 \times 10^8$  m/s  
n = índice de refracción de la sustancia

También depende de la longitud de onda de la sustancia, y la ecuación matemática que da respuesta a esto es:

$$\lambda = \frac{\lambda_0 c}{n}$$

Donde:

$\lambda_0$  longitud de onda  
 $\lambda_0$  = Longitud de onda del color del rayo  
n = índice de refracción

También existe una relación con la composición de la sustancia (concentración) y está determinado por:

$$R = \frac{(n^2 - 1) M}{(n^2 - 2) d}$$

Donde:

R = Refractividad molar  
n = índice de refracción  
M = Concentración (mol/L)  
d = densidad de la sustancia

### Ejemplo 1:

Calcula el índice de refracción relativo del vidrio ( $n_v$ ) al aceite ( $n_a$ ). Hallar la velocidad de propagación y la longitud de onda, en el aceite y en el vidrio de un rayo de color verde de 5400 Å.

Datos: índice de refracción del vidrio 1,55; índice de refracción del aceite 1,45.

### Solución

$$\text{Índice de refracción relativo: } n_R = \frac{n_v}{n_a} = \frac{1.55}{1.45} = 1.07$$

$$\text{Velocidad en el aceite: } v_a = \frac{c}{n_a} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.45} = 206\,896.5 \text{ km/s}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{540 \text{ Å}}{1.45} = 372.14 \text{ Å}$$

Realiza la misma operación para el vidrio

## Ejemplo 2:

Sabiendo que la velocidad de la luz en el agua es de 225000 km/s y de 124481 km/s en el diamante:

- Hallar los índices de refracción absolutos en el agua y en el diamante.
- Hallar el índice de refracción relativo del agua respecto al diamante.

Solución

a)

$$\begin{array}{l} \text{Agua } n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{2.25 \times 10^8 \text{ m/s}} = 1.33 \\ \hline \text{Diamante } n = \frac{c}{v} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{1.24 \times 10^8 \text{ m/s}} = 2.42 \end{array}$$

b)

$$n_{(\text{agua} - \text{diamante})} = \frac{n_d}{n_a} = \frac{1.33}{2.42} = 0.55$$

Existe al igual que

el

espectrofotómetro, la resolución gráfica, que implica elaborar una curva con los índices de refracción de una sustancia de concentración conocida.

## 2.2 Fundamentos

### 2.2.1 Índice de refracción

#### Refractómetro

El instrumento utilizado para la determinación del índice de refracción se llama “**refractómetro**”. Existen varios tipos:

- Pulfrich
- Inmersión
- Abbé
- Abbé de precisión
- Diferenciales
- Manuales

El refractómetro Abbé es el utilizado comúnmente, la cantidad de muestra es mínima y queda contenida en una capa delgada (aproximadamente de 0.01mm) entre dos prismas.

Este refractómetro es:

- práctico y versátil
- utiliza muestras pequeñas
- su lectura puede ser en n y de grados Brix ( $^{\circ}$ Brix)
- su rango esta entre 1.3 a 1.7
- la luz que utiliza es blanca o luz de sodio
- tiene una precisión de 0.001,  $^{\circ}$ Brix 0.5 unidades
- su uso más común es en análisis de alimentos
- posee un sistema comparador formado por 2 prismas Amici

### 2.3 Componentes usos y cuidados

Los componentes internos del refractómetro de Abbé se presentan a continuación:

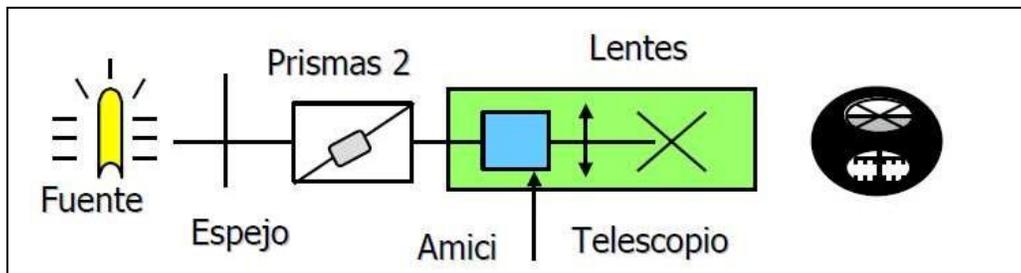
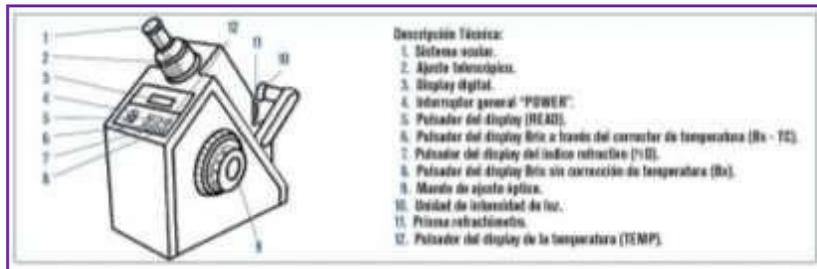


Fig. 18. Componentes internos del refractómetro de Abbé.

Los componentes externos del refractómetro de Abbé digital son:

Fig. 19. Componentes externos del refractómetro de Abbé.



Revisa los siguientes videos para que te familiarices con el refractómetro de Abbé:

1. Refractómetro de Abbe-Generalidades, uso, calibración y cuidado:

<https://www.youtube.com/watch?v=7eZUilGe6wM>

Un refractómetro muy práctico es el refractómetro de mano, revisa el siguiente video para que identifiques su uso.

2. Uso de los refractómetros de mano:

[https://www.youtube.com/watch?v=XET-v\\_MgF6U](https://www.youtube.com/watch?v=XET-v_MgF6U)

3. Uso del refractómetro: <https://www.youtube.com/watch?v=FOg1zGdy85Y>

#### Actividad de Aprendizaje 4. Refractometría.

**Instrucciones:** Identifica los pasos para utilizar el refractómetro de Abbe, que encontraras en el siguiente video Refractómetro de Abbe-Generalidades, uso, calibración y cuidado.

<https://www.youtube.com/watch?v=7eZUilGe6wM>, anótalos y en el siguiente espacio elabora un diagrama de flujo de su utilización.

#### Actividad de Aprendizaje 5. Refractometría.

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes problemas, recuerda que las fórmulas se encuentran dentro del contenido del tema.

##### Problema 1

Para la luz amarilla del sodio, cuya longitud de onda en el vacío es de  $5890 \text{ \AA}$ , los índices de refracción absolutos del alcohol y del benceno, son 1,36 y 1,50 respectivamente. Encontrar la velocidad de propagación y la longitud de onda en ambos medios de la luz amarilla.

##### Problema 2

a) ¿Qué frecuencia tiene un rayo de luz que en el agua y en el vidrio tiene una longitud de onda de  $3684 \text{ \AA}$  y  $3161 \text{ \AA}$ , respectivamente?

Encontrar la velocidad de propagación en ambos medios, si sus índices de refracción son: 1,33 y 1,55.

b) ¿Qué longitud de onda presentará en el vacío? ¿Cuál será ahora su frecuencia?

### 3. Polarímetro

La polarimetría es un método de análisis químico que mide el cambio que sufre el plano de luz polarizada cuando ésta atraviesa un medio transparente formado por sustancias ópticamente activas.

La luz polarizada se obtiene cuando se logra que la radiación vibre en un solo plano con respecto al haz de la trayectoria como se muestra en la figura; la vibración se da en un solo plano en el espacio.

La luz polarizada se obtiene por reflexión y por refracción (Ramírez, 2013).



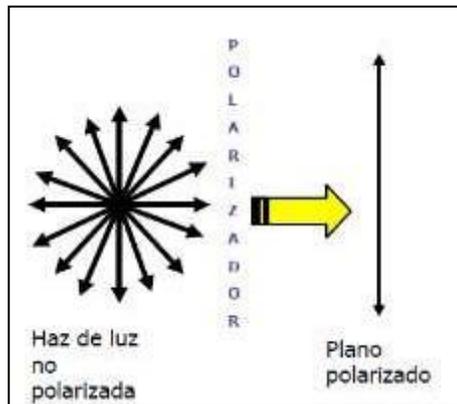


Fig. 20. Luz polarizada.

**1.Reflexión.** El ángulo de incidencia al cual la luz reflejada es en su totalidad, polarizada, éste es llamado ángulo polarizante y es igual a  $\tan i = n$  donde  $n =$  índice de refracción del vidrio.

Debido a la pérdida de la intensidad de la luz por los fenómenos de absorción y transmisión:

- 1.1. La luz que se obtiene muy débil.
- 1.2. Los cuerpos transparentes reflejan poco y transmiten mucho.
- 1.3. Esta forma de luz polarizada es poco utilizada.

**2.Refracción.** El haz de radiación monocromática no polarizada se hace incidir sobre líquidos y gases ópticamente anisotrópicos, al igual que sobre sólidos que cristalicen en de forma cubica o sólidos no cristalinos; ocurre una doble refracción de dicho haz donde el haz de radiación es dividido en dos rayos polarizados, en donde:

- 2.1. El desplazamiento del rayo ordinario (O) es con la misma velocidad en todas las direcciones.
- 2.2. El rayo extraordinario (E) se desplace con mayor velocidad en algunas direcciones que en otras.

“La velocidad del rayo ordinario es igual a la del rayo extraordinario en la dirección del eje óptico en los cristales anisotrópicos, algunos cristales anisotrópicos pueden exhibir 2 ejes ópticos” (Ramírez, 2013).

### Actividad óptica

Se denomina actividad óptica a la capacidad que presentan ciertas sustancias de hacer girar la luz polarizada plana.

Las sustancias que se utilizan en el polarímetro se conocen como ópticamente activas y son aquellas que giran el plano de la luz polarizada que vibra en un cierto plano, pasa a través de una sustancia ópticamente activa y emerge vibrando en un plano diferencial. Estas sustancias se clasifican en:

Dextrógiras	Desvían la luz hacia la derecha		+
-------------	---------------------------------	---	---

Levógiras	Desvían la luz polarizada hacia la izquierda		-
-----------	--	---	---

La rotación específica de algunos azúcares se muestra a continuación:

Azúcar	$[\alpha]_D^{t=20^\circ C}$
Glucosa	52.5
Fructosa	-92.5
Azúcar Invertido	-20
Sacarosa	66.5
Lactosa	52.5

Tabla 6. Rotación específica de algunos azúcares.

### Variables que afectan la rotación óptica

Las variables experimentales que afectan la rotación específica son:

1. Concentración de la disolución a medir.
2. La naturaleza del disolvente usado, el agua es el que se utiliza con mayor frecuencia.
3. La temperatura.
4. El espesor de la capa atravesada.
5. La longitud de onda de la radiación de la luz polarizada (en la medida que disminuye la longitud de onda aumenta la rotación óptica).

En polarimetría la propiedad que se mide es la rotación específica, que es una característica de las sustancias ópticamente activas, la cual se define como “la rotación angular en grados causada por la longitud de 1 dm de una solución cuando la concentración es de: 1 gramo/ml” y se expresa matemáticamente como:

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{c * l}$$

Donde:

$[\alpha]_{\lambda}^t$  = es la rotación específica

- $\alpha$  Ángulo de rotación
- c Concentración en g/mL
- l Longitud del tubo en decímetros

También está el término de rotación molecular que se define matemáticamente como:

$$[M] = M[\alpha] / 100$$

Donde:

$[M]$  = Rotación molecular

M = Peso molecular

### Ejemplo 1:

Una muestra de suero mixto contiene por cada ración de 250 ml = 12.5 g de glucosa y la lectura del ángulo de rotación con celda de 20 cm o 2 dm, fue de +1.4° a 20°C. Calcule su  $[\alpha]$  para 100 ml de muestra:

$$[\alpha]_d^t = \frac{\alpha}{c * l}$$

De la fórmula: despeja  $[\alpha]$  y sustituye los valores:

$$[\alpha] = 1.4^\circ \times 0.05 \text{ g/mL} \times 2 \text{ dm} = 0.14 / 250 \text{ mL}$$

$$[\alpha] = 0.056 / 100 \text{ mL}$$

### Aplicaciones

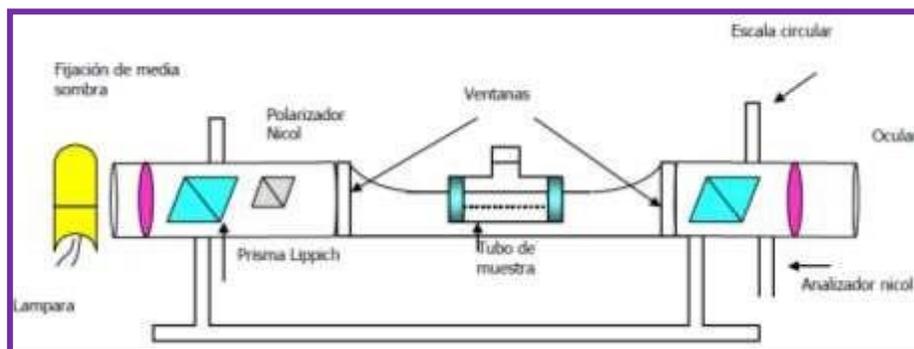
Las aplicaciones del polarímetro pueden ser:

- Cualitativas, en donde destacan:
  - ✓ La identificación de algunos líquidos o soluciones como aminoácidos, esteroides, alcaloides y carbohidratos.
- Cuantitativo, en donde destacan:
  - ✓ La medición de la concentración de compuestos ópticamente activos por ej.: carbohidratos como sacarosa, azúcar invertido y glucosa o almidón (medición cuantitativa de hidratos de carbono) o medir el grado de conversión de ellos en procesos químicos o enzimáticos.
  - ✓ En la industria azucarera para determinar el azúcar de la remolacha.
  - ✓ Análisis de productos comerciales de azúcares como la dextrosa, la lactosa y la maltosa y productos que contienen estos azúcares
  - ✓ Se utiliza la rotación óptica para la valoración de sustancias que son ópticamente activas, entre ellas aceites volátiles, alcaloides y alcanfor, casi todos estos compuestos exigen el uso de luz monocromática, ya que la dispersión rotatoria de la mayoría de dichos materiales es diferente de la del cuarzo.
  - ✓ En el control de calidad de alimentos de uso humano y animales que contengan azúcares.

## El Polarímetro

El polarímetro es el instrumento empleado comúnmente y está constituido por una fuente de luz monocromática, un prisma polarizador para producir radiación polarizada, un tubo de muestra, un prisma analizador con escala circular y un detector como se observa en la siguiente figura.

Fig. 21. Componentes de un polarímetro.



Revisa los siguientes videos para familiarizarte con el uso del polarímetro:

1. Presentación Polarímetro: <https://www.youtube.com/watch?v=Cob57FIX5t4>
2. Cómo utilizar el polarímetro: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_p8g89bRJRI](https://www.youtube.com/watch?v=_p8g89bRJRI)
3. Polarímetro: Cómo funciona: <https://www.youtube.com/watch?v=CRNJ3VsMBGs>

### Actividad de Aprendizaje 6. Polarimetría.

**Instrucciones:** Identifica los pasos a seguir para la determinación de rotación de una molécula en una muestra con el uso del polarímetro, que se encuentran presentes en el vídeo del enlace, Polarimetry Tutorial. <https://www.youtube.com/watch?v=rvfLXm1aiM4> (activa los subtítulos), realiza una lista con estos pasos y en el siguiente espacio genera un diagrama de flujo sobre la utilización del polarímetro.



### Actividad de Aprendizaje 7. Polarimetría.

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes problemas, recuerda que las fórmulas las puedes encontrar dentro del contenido del tema.

#### Problema 1:

Se ha observado que un enantiómero puro tiene una rotación óptica de  $-0.82^\circ$  medida en un tubo de 1 dm, con una concentración de 0.3 g/10 mL. Calcular la rotación específica de esta molécula.

**Problema 2:**

Una muestra de suero mixto contiene por cada ración de 250 ml = 12.5 g de glucosa y la lectura del ángulo de rotación con celda de 20 cm o 2 dm, fue de  $+1.4^\circ$  a  $20^\circ\text{C}$ . Calcule la  $[\alpha]$  para 100 ml de muestra.





**Instrucciones:** Contesta con honestidad las preguntas que se hacen a continuación colocando una x en la carita correspondiente:

- 1 = Fácil (excelente)
- 2 = Más o menos fácil (bueno)
- 3 = Difícil (regular)
- 4 = No lo resolví (malo)

	 1	 2	 3	 4
Los ejercicios propuestos en este corte los resolví.				
Entendí los contenidos del corte.				
Entendí el aprendizaje logrado en este corte.				



**Ajuste por mínimos cuadrados.**

[https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimos\\_cuadrados](https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADnimos_cuadrados)

**Actividad óptica.**

<https://www.liceoagb.es/quimiorg/actopt.html>

**Calculo de la concentración utilizando la Ley de Beer Lambert.**

**Ejemplo.**

<https://www.youtube.com/watch?v=wQAbB55V9Ig>

**Espectrometría Ultravioleta Visible.**

Espectrofotometria Ultravioleta Visible. - YouTube

**Problemas de óptica.**

<https://docplayer.es/10883583-Problemas-de-optica-fisica-2-bachillerato-profesor-felix-munoz-jimenez.html>

**Refractometría y polarimetría.**

[https://www.academia.edu/33666349/Tema\\_7\\_%C3%ADa\\_Refractometr%C3%ADa\\_y\\_Polarimetr%C3%ADa\\_Profesores\\_de\\_la\\_c%C3%A1tedra](https://www.academia.edu/33666349/Tema_7_%C3%ADa_Refractometr%C3%ADa_y_Polarimetr%C3%ADa_Profesores_de_la_c%C3%A1tedra)



**Sitios web:**

Curiosoando.com. (2016). ¿Qué es una curva de calibración? Recuperado el 09 de mayo de 2022 de: <https://curiosoando.com/que-es-una-curva-de-calibracion>

Ramírez, A. (2013). Tema 7 Refractometría y Polarimetría. Recuperado el 09 de mayo de 2022, de: <https://docplayer.es/10151172-Tema-7-refractometria-y-polarimetria.html>

**Videos**

Bioquímica- BCM- Facultad de Medicina- Udelar. (2019). Cálculo de Glucosa-Curva de calibración con DNS. Recuperado el 09 de mayo de 2022, de: <https://www.youtube.com/watch?v=7AC3uYjDi9Q>

Figarola, D. (2015). Determinación de la longitud de onda de máxima absorbancia de una sustancia. Recuperado el 09 de mayo de 2022, de: <https://www.youtube.com/watch?v=g9ICWZV2mI4>

Mendoza, C. (2016). Mínimos cuadrados. Excel. Recuperado el 09 de mayo de 2022 de: <https://www.youtube.com/watch?v=SEj8sGSrzWY>

**Documentos digitales:**

Colegio de Bachilleres del Estado de Baja California Sur. (2019). Manual de Prácticas de Laboratorio. Físicas II. Revisado el 16 de mayo de 2022 de: <http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf>

Figura	Referencia
6	Google imágenes Fuente. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://n9.cl/820hh">https://n9.cl/820hh</a>
7	Wikipedia. (s. f.). Espectro electromagnético. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico">https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico</a>
8	Serrano, J. (s. f.). Reflexión de un haz de luz. Academia. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.academia.edu/12786226/Posgrado_en_INGENIER%C3%8DA_DEL_AGUA">https://www.academia.edu/12786226/Posgrado_en_INGENIER%C3%8DA_DEL_AGUA</a>
9	Serrano, J. (s. f.). Reflexión de un haz de luz. Academia. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.academia.edu/12786226/Posgrado_en_INGENIER%C3%8DA_DEL_AGUA">https://www.academia.edu/12786226/Posgrado_en_INGENIER%C3%8DA_DEL_AGUA</a>
10	Sandoval, J. (2011). Espectrofotómetro. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://mapalu1994.blogspot.com/2011/12/espectrofotometro.html">https://mapalu1994.blogspot.com/2011/12/espectrofotometro.html</a>
11	Díaz, A. (s. f.). Diagrama del esquema óptico de un espectrofotómetro. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf">https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf</a>
12	Elias E. (1985). Prácticas de Pruebas Físicas II. Colegio de Bachilleres. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf">http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf</a>
13	Figarola, D. (2015). Determinación de la longitud de onda de máxima absorbancia de una sustancia. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=g9ICWZV2ml4">https://www.youtube.com/watch?v=g9ICWZV2ml4</a>
14	Curiosoando. (2017). Límites de una recta de calibración. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://curiosoando.com/que-es-una-curva-de-calibracion">https://curiosoando.com/que-es-una-curva-de-calibracion</a>
15	Curiosoando. (2017). Límites de una recta de calibración. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://curiosoando.com/que-es-una-curva-de-calibracion">https://curiosoando.com/que-es-una-curva-de-calibracion</a>
16	Elias E. (1985). Prácticas de Pruebas Físicas II. Colegio de Bachilleres. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf">http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf</a>
17 y 18	Ramírez, A. (2013). Tema 7 Refractometría y Polarimetría. Recuperado el 19 de mayo de 2022, de: <a href="https://docplayer.es/10151172-Tema-7-refractometria-y-polarimetria.html">https://docplayer.es/10151172-Tema-7-refractometria-y-polarimetria.html</a>
19	García, B. (2011). Refractómetro de Abbe. Blogspot. <a href="http://calibraciondeinstrumentosgg.blogspot.com/2011/11/refractometro-abbe.html">http://calibraciondeinstrumentosgg.blogspot.com/2011/11/refractometro-abbe.html</a>
20 y 21	Ramírez, A. (2013). Tema 7 Refractometría y Polarimetría. Recuperado el 19 de mayo de 2022, de: <a href="https://docplayer.es/10151172-Tema-7-refractometria-y-polarimetria.html">https://docplayer.es/10151172-Tema-7-refractometria-y-polarimetria.html</a>

CORTE

3

## Métodos electrométricos

---

### Aprendizajes esperados:

---

#### Contenidos específicos

1. **Potenciómetro**
  - 1.1 Fundamentos
2. **Uso**
3. **Cuidados**

#### Aprendizajes esperados

1. Determinación del PH de una solución comercial, considerando los protocolos para ello.

Realizar análisis con instrumentos electrométricos a muestras, aplicando procedimientos establecidos en el laboratorio, verificando con ello el cumplimiento de las especificaciones con una norma oficial o con lo señalado en la etiqueta del producto.

A continuación, encontrarás una lista con los conocimientos previos que te ayudaran a abordar de una mejor manera este corte, recuerda que estos conocimientos los has adquirido durante tu trayectoria por las asignaturas de Química y de Toma y Tratamiento de Muestras de la Salida Ocupacional de Laboratorista Químico.

Listado de aprendizajes

- Ácido
- Base
- pH
- pOH
- Titulación

**Instrucciones:** Realiza las dos actividades que se presentan a continuación:

- I. Identifica las siguientes sustancias colocando dentro del paréntesis una A, si se trata de un ácido o una B si se trata de una base:

a) $\text{H}_2\text{SO}_4$ ..... ( )	f) $\text{NaOH}$ ..... ( )
b) $\text{Mg}(\text{OH})_2$ .....( )	g) $\text{H}_3\text{PO}_4$ ... ..( )
c) $\text{NH}_3$ .....( )	h) $\text{H}_2\text{S}$ ..... ( )
d) $\text{CH}_3\text{COOH}$ .....( )	i) $\text{Al}(\text{OH})_3$ ..... ( )
e) $\text{HCl}$ ..... ( )	j) $\text{KOH}$ ..... ( )

- II. Relaciona las columnas colocando dentro del paréntesis la letra de la respuesta correcta.

1. ( ) Especie cuyo valor de pH es menor de 7	a) Ácido débil
2. ( ) Especie química que presenta diferentes colores cuando se encuentra en medio ácido o en medio básico	b) Base fuerte
3. ( ) Especie química que en disolución acuosa se disocia completamente liberando protones ( $\text{H}^+$ )	c) Ácido
4. ( ) Especie química que en disolución acuosa se disocia pobremente liberando ( $\text{H}^+$ )	d) pH
5. ( ) especie química que en disolución acuosa se disocia completamente liberando iones $\text{OH}^-$	e) Acido fuerte
6. ( ) Especie química cuyo valor de pH es mayor que 7	f) Base
7. ( ) Especie química cuyo valor de pH es 7	g) Indicador
8. ( ) Especie química que en disolución acuosa se disocia pobremente liberando iones $\text{OH}^-$	h) Base débil
9. ( ) Potencial de hidrogeno que sirve para determinar la acidez de las sustancias.	i) Neutro

## 1. Potenciómetro

### 1.1 Fundamentos

El campo de la electroquímica abarca reacciones químicas en las que hay transferencia real de uno o más electrones de una especie a otra.

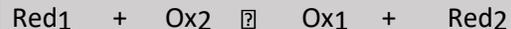
A la sustancia que cede electrones se le denomina **“donador de electrones o reductora”**.



La sustancia que adquiere electrones se llama **“aceptora de electrones u oxidante”**



La unión de estas dos semirreacciones constituye una reacción completa **“redox”**.



En química analítica la determinación de la concentración de una o más especies participantes en la reacción, por ejemplo, la determinación del ion hidrógeno con el medidor de pH (potenciómetro o pH metro) es la aplicación más común de las celdas electroquímicas. (Elías López E., 1985).

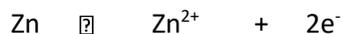
La transferencia de electrones de un lugar a otro constituye un flujo de corriente eléctrica.

Para generar corriente eléctrica puede utilizarse una combinación adecuada de reacciones químicas (celdas galvánicas).

Existen dos aspectos de las reacciones redox de interés en el análisis cuantitativo:

1. La cantidad de electricidad asociada con las reacciones químicas que tienen lugar.
2. La fuerza o potencial con que los electrones son transferidos.

Si un trozo de zinc (Zn) se coloca en agua o en una disolución de baja concentración de iones de Zn, presenta tendencia a perder electrones y a convertirse en ion Zn. El fenómeno continúa hasta establecerse un equilibrio entre el metal y sus iones.



Una situación similar se produce para todos los metales en contacto con disoluciones de sus iones.

Cada semirreacción está caracterizada por un cierto potencial de semicelda o de electrodo, que representa la tendencia del metal a oxidarse formando iones, o la tendencia de estos iones a reducirse dando el metal.

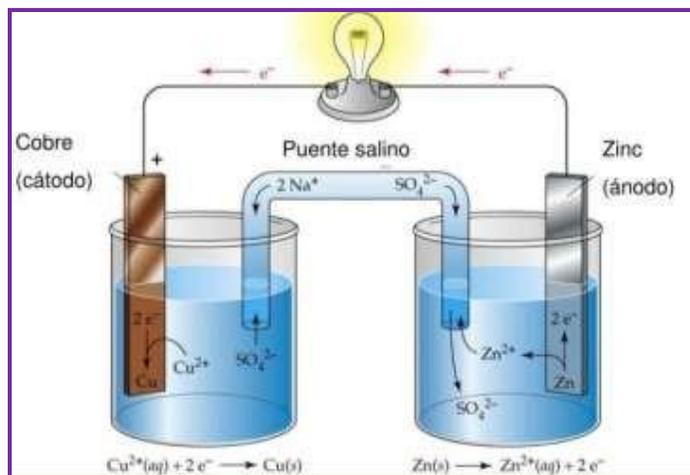


Fig. 22. Celda Galvánica.

El potencial de un electrodo no puede medirse en forma directa; no obstante, si se conectan dos semiceldas, puede medirse la fuerza electromotriz (fem) de ésta.

La celda de la fig. 21, está conformada por un electrodo de Zn sumergida en una disolución de ZnSO4 (sulfato de zinc) y un electrodo de Cu sumergido en una disolución de CuSO4 (sulfato de cobre II). Los electrodos están conectados mediante un alambre y el circuito se complementa mediante un puente salino, que contiene una disolución conductora de sulfato de sodio (Na2SO4 que une eléctricamente a las dos semiceldas. El voltímetro mide la fem total. Si a una de las semiceldas se le asigna arbitrariamente un potencial de cero, la fem medida representa el potencial de la otra semicelda.

En 1889, el fisicoquímico alemán Walter Hermann Nernst (Méndez, 2010), formuló una expresión que relaciona el potencial de una semicelda con las concentraciones que contiene. De manera general: Ox + ne<sup>-</sup> ⇌ Red, la ecuación de Nernst es:

$$E = \text{constante} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$$

Donde:

E = potencial de la semicelda

R = constante cuyo valor es de 8.314 julios/°KT = temperatura absoluta (°K)

n = número de electrones que intervienen en la reacción de la semicelda F = constante de Faraday (96493 coulumbios)

[Red] y [Ox] = concentraciones de las formas reducidas y oxidadas de la sustancia implicada en la semirreacción.

Para una temperatura de 25 °C (298 °K) y usando un factor de 2.303 para convertir logaritmos naturales en decimales, la ecuación se convierte en:

$$E = \text{constante} - \frac{2.303 \times 8.314 \times 298}{n \times 96493^F} \log \frac{[\text{Red}]^2}{[\text{Ox}]^2}$$

$$E = \text{constante} - \frac{0.0591}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$$

Como el potencial de un electrodo varía de acuerdo con las concentraciones de las sustancias que reacciona para disponer de una base de comparación entre los distintos potenciales de semicelda, es necesario definir un "estado patrón" en que todas las sustancias intervengan con actividad unitaria en la reacción, las cuales son:

- Un líquido o un sólido puro que estén en su estado patrón o de actividad unidad.
- Un gas en su estado patrón cuando se halla a 760 mmHg (1 atm de presión) y a 0°C.
- Un soluto, por ejemplo, un ion que esté en su estado normal cuando su actividad es la unidad.
- Un soluto poco soluble, por ejemplo, AgCl (cloruro de plata), que esté en estado patrón cuando la disolución esté saturada.
- Un gas disuelto que esté en estado normal cuando su concentración en la disolución en su solubilidad a 1 atm de presión y 0°C.

Cuando los reactivos se encuentran en estado patrón o actividad unitaria, la relación  $[\text{Red}]/[\text{Ox}] = 1/1$ , y su logaritmo es cero; entonces E es igual a la constante de la ecuación Nernst, la cual se simboliza con  $E^0$ , es el potencial normal de la semicelda, por lo tanto, la ecuación de Nernst se expresa de la siguiente forma:

$$E = E^0 - \frac{0.0591}{n} \log \frac{[\text{Red}]}{[\text{Ox}]}$$

### Potenciometría

La potenciometría consiste en la medida de la fem de una celda galvánica, a través de la cual la corriente que pasa virtualmente es cero, por lo que no tienen lugar cambios importantes de las sustancias electroactivas.

La variable de interés es la modificación del potencial de un electrodo sencillo o de una semicelda que en que tienen lugar variaciones de la concentración de uno o ambos componentes.

Como el potencial de un electrodo sencillo no puede medirse directamente, el par de electrodos de la celda consiste en un **electrodo de referencia** que mantiene un potencial constante y un **electrodo indicador**, cuyo potencial depende de la composición de la disolución electrolítica.

### Electrodos de referencia

Si un electrodo debe mantener el potencial fijo, su composición debe permanecer fija, lo cual implica que no pase corriente por él. El electrodo mantiene o reajusta su composición original al pasar una

pequeña corriente en cualquier sentido. (Brunnati, 2002).

### Tipos de electrodos

- a. Electrodo de hidrogeno. Una lámina de platino (Pt) se introduce parcialmente en una disolución 1M de H<sup>+</sup> y se hace burbujear gas hidrógeno. La conexión con otra semicelda se consigue mediante un puente salino. La semicelda es: Pt/H<sub>2</sub> (1atm)/H<sup>+</sup>(1M). El valor de E° = 0.00 V, es arbitrario y es al cual se refieren las demás semiceldas.

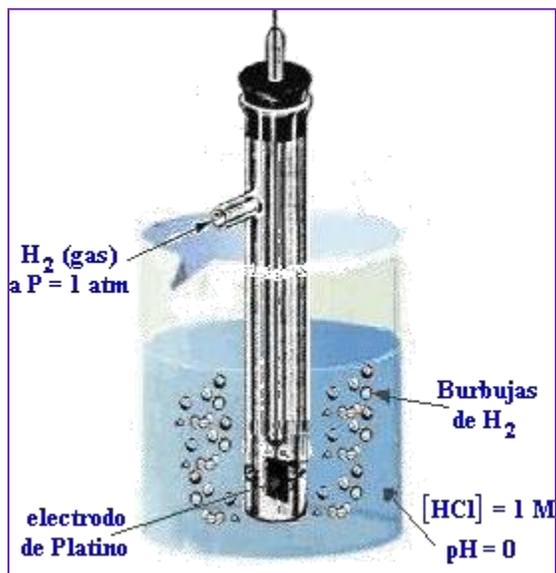
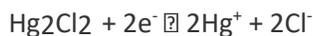


Fig. 23 Electrodo de referencia (Hidrógeno).

- b. Electrodo de calomel. Éste consiste en una mezcla de mercurio metálico (Hg<sup>0</sup>) y de cloruro mercurioso (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, calomelano) en contacto con una disolución de cloruro de potasio (KCl): Hg/Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (s)/KCl (conc. conocida), la semirreacción es:



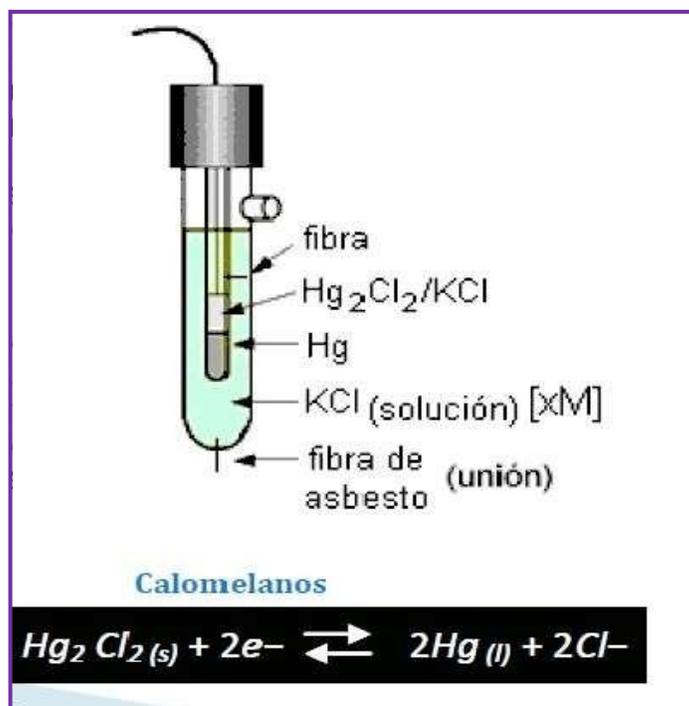


Fig. 24. Electrodo de calomel.

- c. Electrodo de cloruro de plata. Éste consiste en un alambre de plata ( $\text{Ag}^0$ ) recubierto parcialmente por una solución de cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ).

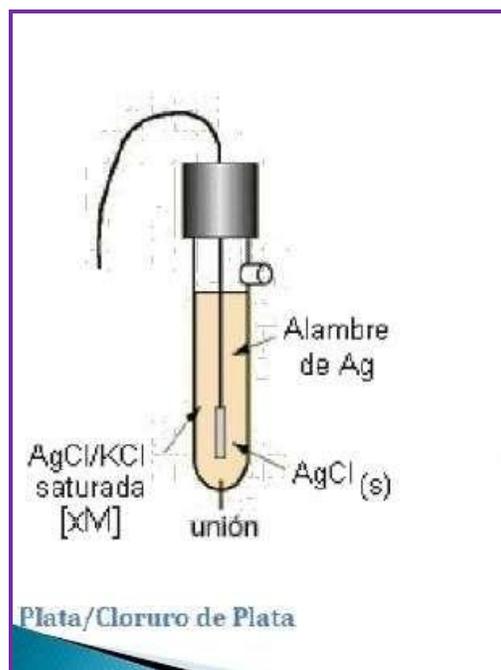
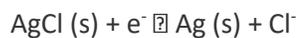


Fig. 25. Electrodo de plata/cloruro de plata.

## Potenciómetro

Es un instrumento que mide la fem de una celda galvánica, a través de la cual la corriente que pasa virtualmente es cero, por lo que no tienen lugar cambios importantes de las sustancias electroactivas.

De acuerdo con su uso se conocen también como pH-metros y sirven para medir el grado de acidez o basicidad en una sustancia en solución. Fue creado por el químico Arnold Orville Beckman en 1934.

Actualmente existe una gran variedad de modelos de potenciómetros (pH-metro), sin embargo, los constituyentes principales en todos son los que se presentan en la siguiente figura:

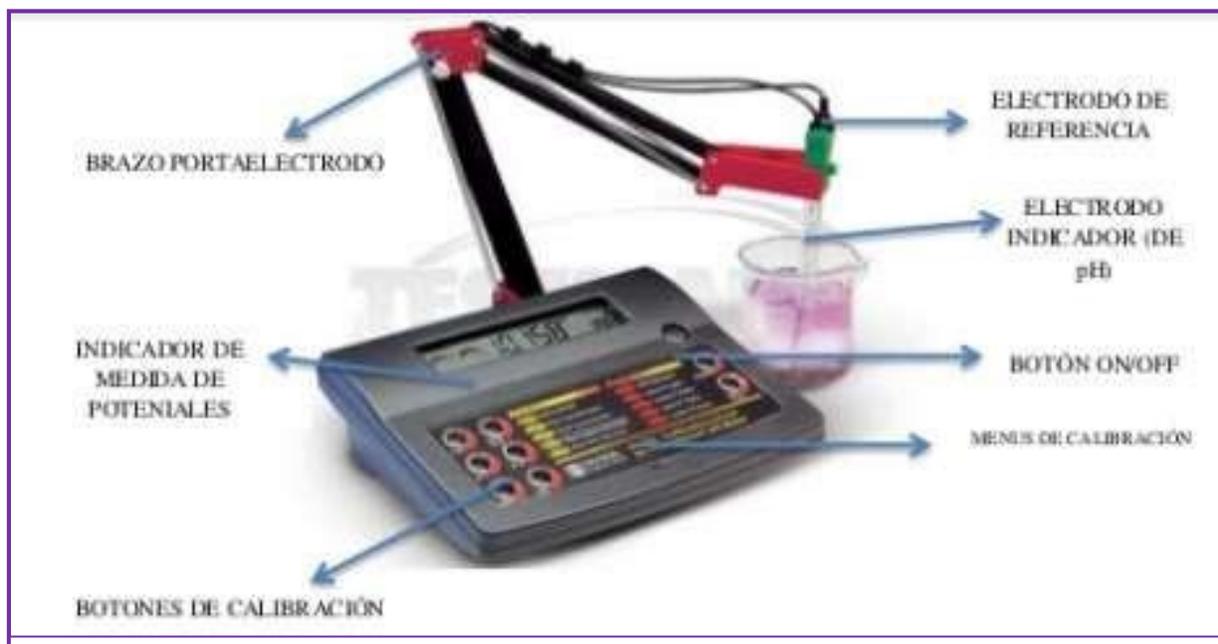


Fig. 26. Constituyentes de un pH-metro.

## 2 y 3 Usos y Cuidados

### • Electroodos

- Deben ser colocados en disolución amortiguadora de calibración 15 minutos antes de usarse.
- Cuando se transfieren de una solución a otra, deben enjuagarse con agua destilada.
- Las soluciones amortiguadoras y las muestras deben estar a la misma temperatura.
- El uso prolongado en soluciones muy ácidas o básicas pueden afectar la vida del electrodo.
- Los electrodos de pH deben ser guardados en soluciones de pH = 7 cuando no se usen.

### • Potenciómetro

- Debe calibrarse con una solución reguladora previo a su uso.
- Evitar derrames de soluciones corrosivas en el pH-metro.
- Colocarlo en una superficie plana y firme.
- Limpiarlo al concluir el trabajo.
- Guardarlo en un lugar seco y de temperatura controlada.

Observa con atención el siguiente video para que te familiarices con su uso y manejo.

1. Uso del Potenciómetro

<https://www.youtube.com/watch?v=Fqb5pFat5DY>

2. Metodología y Teoría del uso del potenciómetro.

[https://www.youtube.com/watch?v=aE18AE0r8G8&ab\\_channel=Laboratoreando](https://www.youtube.com/watch?v=aE18AE0r8G8&ab_channel=Laboratoreando)

3. Calibración de un pH-metro.

[https://www.youtube.com/watch?v=o8NfOGIa258&ab\\_channel=IngeniaUdeA](https://www.youtube.com/watch?v=o8NfOGIa258&ab_channel=IngeniaUdeA)

## Determinaciones

### Electrodos indicadores para medir el pH (iones H<sup>+</sup>)

Una aplicación común de la potenciometría es la determinación del punto final en las reacciones ácido base, en donde el electrodo indicar empleando debe tener un potencial que varíe de una forma definida con los cambios de la  $[H^+]$

Los electrodos de vidrio poseen una membrana delgada de vidrio en forma de bulbo en el extremo de un tubo lleno de una solución reguladora de pH conocido y constante.

En los electrodos comerciales, la conexión externa de la disolución se afecta mediante un pequeño electrodo de referencia de calomel o de cloruro de plata, colocado dentro del electrodo de vidrio.

Cuando el electrodo se coloca en una disolución que contiene iones hidrógeno a diferentes concentraciones de la existente en el interior de la membrana, se genera un potencial a través de la membrana de vidrio. El electrodo es una celda cuyo potencial depende de la diferencia entre las concentraciones de iones hidrógeno a ambos lados de la membrana.

## pH

El pH de una disolución es una medida de la acidez o la alcalinidad (basicidad), expresada en términos cuantitativos en una escala de 0 a 14. Un pH de 7 equivale a una disolución neutra; por debajo de este valor corresponde a soluciones ácidas y mayores de 7, a soluciones básicas o alcalinas.



Fig. 27. Escala de pH

El grado de acidez o alcalinidad en una sustancia depende de la concentración de iones hidrógeno (H<sup>+</sup>) y iones oxidrilo (OH<sup>-</sup>) en la misma.

Por lo tanto, para medir el grado de acidez o alcalinidad es necesario medir solamente la concentración de los iones hidrógeno, lo cual puede hacerse con un potenciómetro.

### Titulaciones Potenciométricas

Una titulación potenciométrica es una técnica, la cual asocia una valoración volumétrica a un potenciómetro y cuyo objetivo es determinar el punto de equivalencia que está relacionado con las variaciones de fem del sistema.

Existen 3 tipos de titulaciones potenciométricas:

1. Ácido-base
2. Por precipitación
3. Óxido-reducción

En este corte se revisarán solamente las titulaciones potenciométricas ácido-base.

Anteriormente (en 4° semestre) revisaste las valoraciones ácido base y utilizabas un indicador para identificar el punto de equivalencia. A ese método se le llama “colorimétrico”; en el método potenciométrico no es necesario utilizar indicadores, si no hacer uso de la fem de las disoluciones en estudio, los cuales se registraran en el potenciómetro.

Recordarás que la combinación entre un ácido y una base genera una reacción de neutralización:



La variable que se determina a través del potenciómetro es el pH, el cual se relaciona con el volumen (ácido o base), empleado y su representación gráfica del proceso de neutralización se ilustra a continuación y permite una estimación muy precisa del punto final de la valoración. (Matilla, 2009).

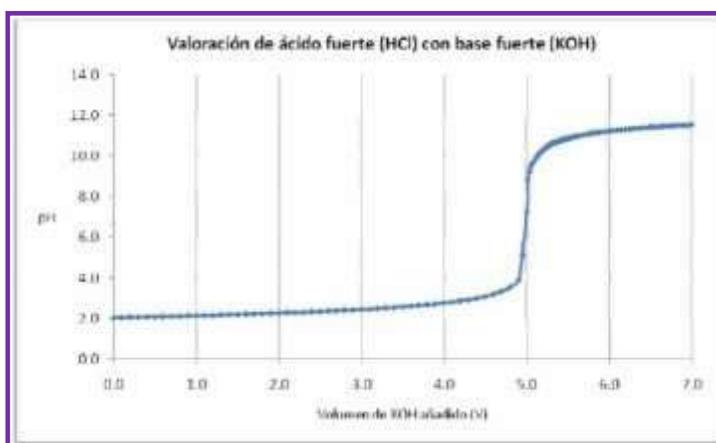
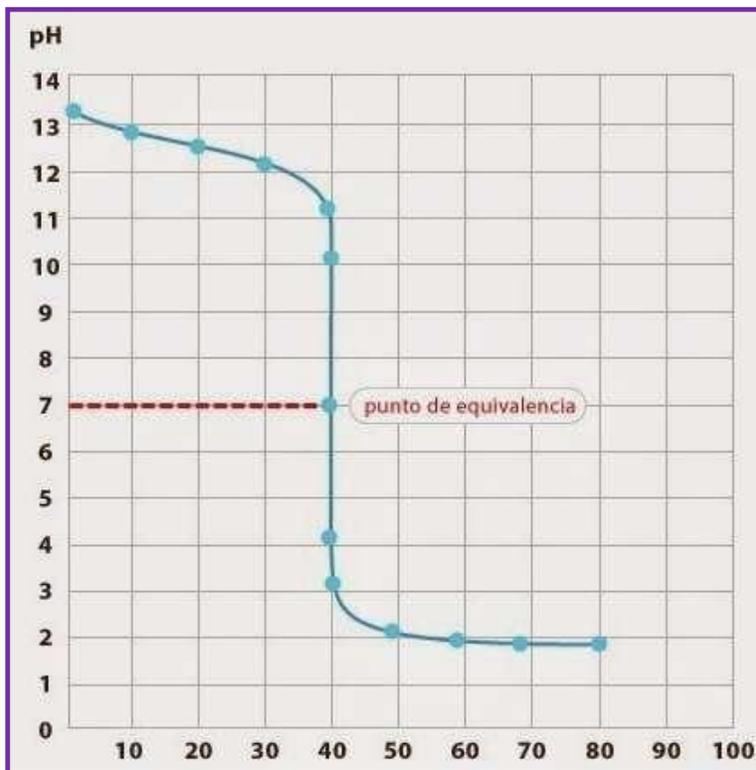


Fig. 28. Curva de titulación potenciométrica ácido fuerte con una -base.

Como se puede observar, el ácido y la base son fuerte, para la titulación de un ácido fuerte y una base débil, la curva que se forma es:

Fig. 29. Curva de titulación potenciométrica base fuerte-ácido fuerte.



Cálculo del punto de equivalencia

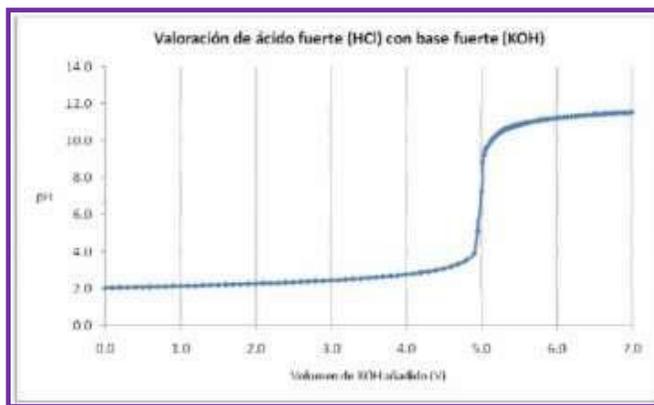
Para el cálculo del punto de equivalencia existen varios métodos:

1. Método de las paralelas
2. Método de las tangentes
3. Primera derivada
4. Segunda derivada

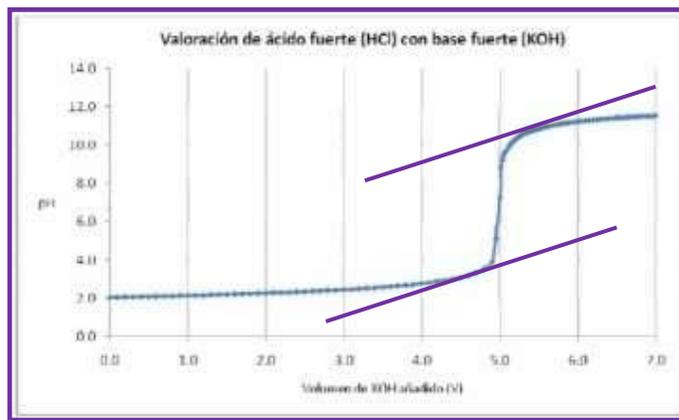
## 1. Método de las paralelas

Los pasos para seguir para determinar el punto de equivalencia por este método son:

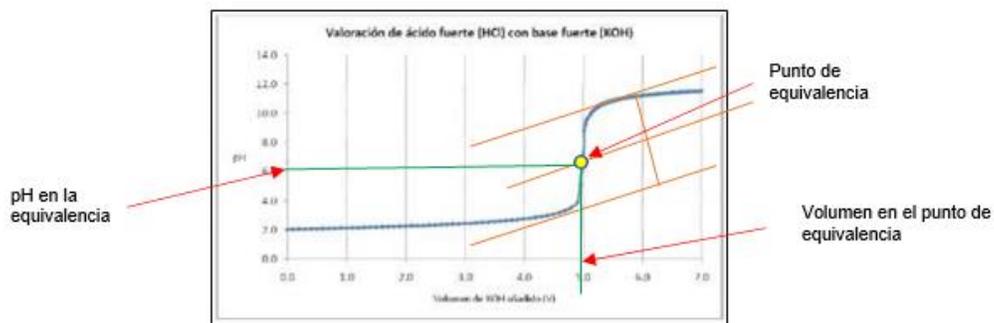
- 1.1. Realizar la valoración
- 1.2. Obtener la curva correspondiente



- 1.3. Trazar dos líneas paralelas que toquen solamente la línea de los puntos de inflexión de la curva:



- 1.4. Trazar una línea perpendicular en un ángulo de  $90^\circ$  a las líneas paralelas trazadas:



1.5. Dividir en dos partes iguales la línea y trazar otra línea paralela que pase por el centro, del centro se trazan dos líneas una hacia el eje “x” y otra hacia el eje “y”. Con los valores de volumen y pH en el punto de equivalencia se puede conocer la concentración y los mg de analito en la muestra.

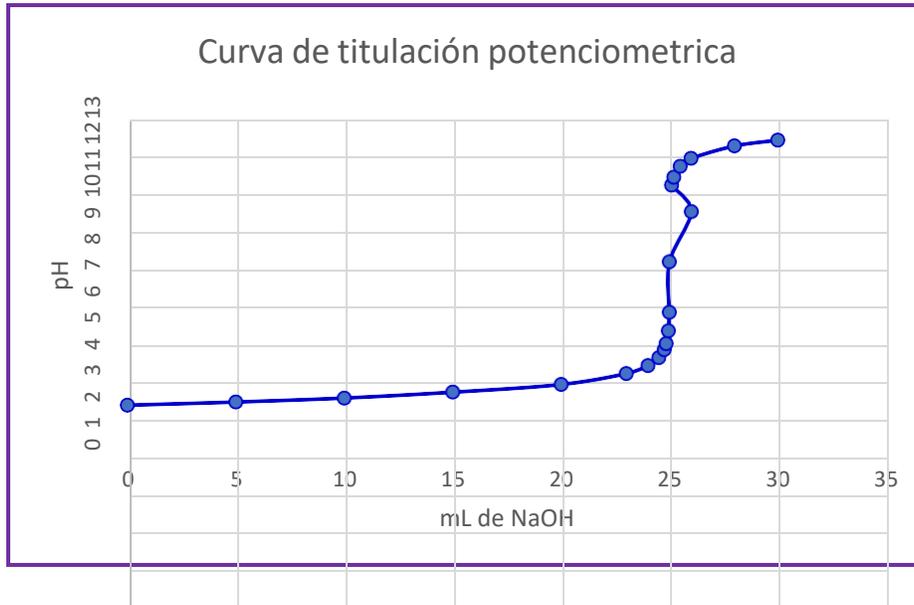
### Ejercicios 1

Calcula el pH y los mL de gastados en el punto de equivalencia de los siguientes valores obtenidos de una titulación potenciométrica de una muestra con NaOH.

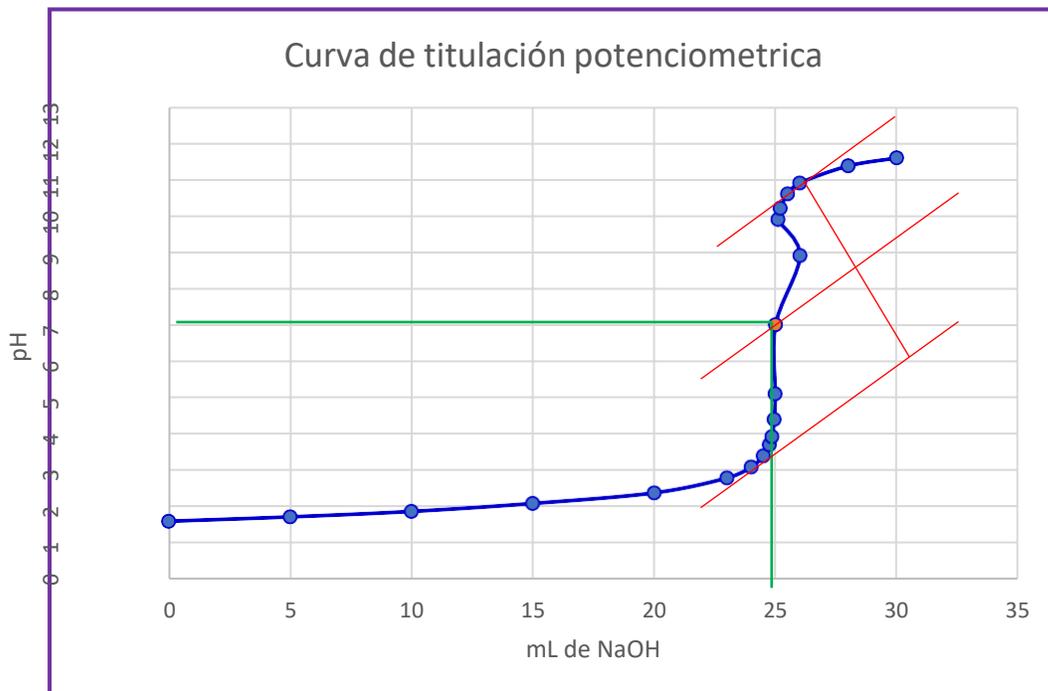
mL NaOH	pH	mL NaOH	pH
0	1.6	24.95	4.4
5	1.72	24.99	5.1
10	1.87	25	7
15	2.09	26.01	8.9
20	2.38	25.1	9.9
23	2.79	25.2	10.2
24	3.09	25.5	10.6
24.5	3.4	26	10.9
24.75	3.7	28	11.37
24.85	3.92	30	11.59

## Resolución

1. Grafica en Excel o papel milimétrico para obtener la curva.



2. Traza tus líneas paralelas, la perpendicular, divide entre dos y traza la tercera línea paralela.

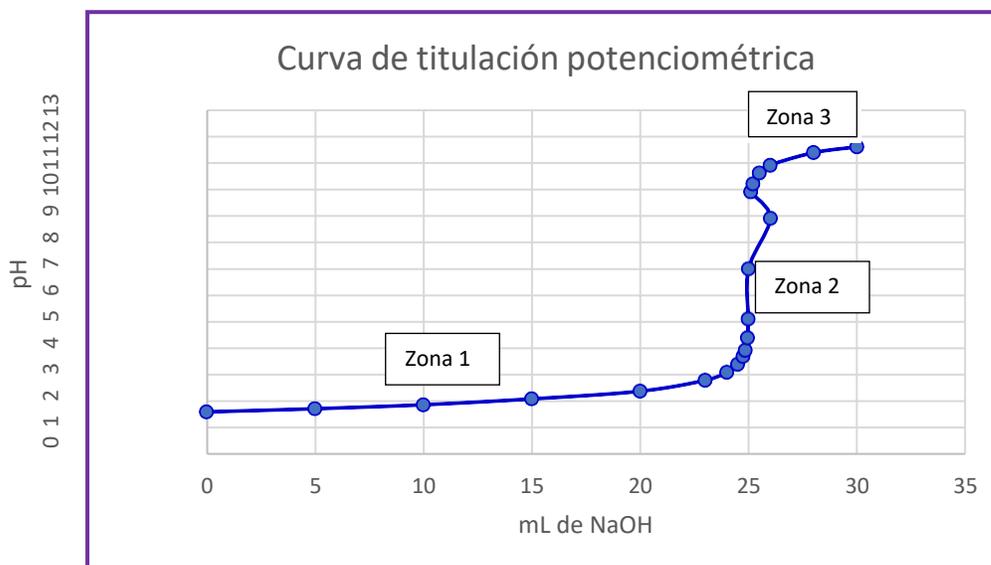


El volumen es de 25 mL y el pH es de 7.1.

Recuerda que si el punto de equivalencia es donde se llega a la neutralización, el valor de pH debe ser aproximadamente 7.

### Ejemplo 2:

En la siguiente figura, identifica las zonas de predominio de las especies reaccionantes si se tiene una valoración de HCl con NaOH (ve la tabla de valores del ejemplo anterior).



### Resolución

La reacción general es;  $H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$

En la zona 1, predomina la especie  $H^+$ . Si observas la tabla de valores, el pH es ácido.

En la zona 2,  $H^+/OH^-$ , dado que ahí se encuentra el punto de equilibrio.

En la zona 3, predomina la especie  $OH^-$ . Si observas la tabla de valores, el pH es básico.

### Ejemplo 3:

Calcule el pH y el pOH, de una solución de NaOH de concentración  $8.73 \times 10^{-6}$  molar

La expresión matemática general derivada de la disociación del agua es:

$$pH + pOH = 14$$

Para una solución ácida (que posee iones  $H^+$ ) en solución acuosa la expresión matemática para el cálculo de los iones es:

$$pH = -\log [H^+]$$

Para una disolución que posee iones OH<sup>-</sup> en solución acuosa la expresión matemática para el cálculo de los iones es:

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

Para resolver el problema, es importante primero conocer el pOH, ya que la concentración de iones OH<sup>-</sup> es igual a  $8.73 \times 10^{-6}$

Por lo tanto:

$$\text{pOH} = -\log (8.73 \times 10^{-6})$$

$$\text{pOH} = 5.059$$

Por lo tanto, el pH es:

$$\text{pH} = 14 - 5.059 = 8.94$$

### Actividad de Aprendizaje 1 Potenciometría

**Instrucciones:** Resuelve los siguientes problemas, calculando el pH resultante de preparar las siguientes soluciones, recuerda que las fórmulas las encuentras en el contenido del corte.

1. Se disuelven 10 ml de HCl de pureza 37% en 570 ml de disolución. Considera una densidad de 1.6 g/ml para el HCl.
2. Se disuelven 50 gr de Hidróxido de aluminio (Al(OH)<sub>3</sub>) en 750 ml de disolución.
3. Se disuelven 1.5 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) con una pureza de 97% y una densidad de 1.8 g/ml para un volumen de 1.25 L.
4. Se disuelven 40 gr de hidróxido de sodio (NaOH) en un volumen de 1.75 L



## Actividad de Aprendizaje 2. Potenciometría

**Instrucciones:** Lee con atención el siguiente caso y responde lo que se te pregunta:

Se realizó una valoración potenciométrica de 50 ml de ácido cítrico con hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N, obteniéndose los siguientes datos:

Volumen de NaOH (ml)	pH
0	2.87
5	4.14
10	4.57
15	4.92
20	5.35
22	5.61
24	6.12
25	8.72
26	10.29
28	11.75
30	11.96
35	12.22
40	12.36
45	12.46
50	12.52

- Realiza la gráfica de la titulación, puedes hacerla en papel milimétrico o bien en Excel.
- Por el método de las paralelas determina el punto de equivalencia.
- ¿Cuál es la acidez titulable con el volumen del punto de equivalencia?

Utilice la siguiente expresión matemática para su cálculo

$$\text{Acidez} = \frac{N_{\text{NaOH}} \times V_{\text{NaOH}} \times E_{\text{eq ácido cítrico}}}{V_{\text{muestra}}}$$





**Instrucciones:** Contesta con honestidad las preguntas que se hacen a continuación colocando una x en la carita correspondiente:

- 1 = Fácil (excelente)
- 2 = Más o menos fácil (bueno)
- 3 = Difícil (regular)
- 4 = No lo resolví (malo)

	 1	 2	 3	 4
Los ejercicios propuestos en este corte los resolví.				
Entendí los contenidos del corte.				
Entendí el aprendizaje logrado en este corte.				

Para profundizar en los contenidos revisados, puedes revisar las siguientes páginas en internet



### **pH y alcalinidad**

<https://www.lenntech.es/ph-y-alcaldinidad.htm>

### **¿Qué es el pH?**

<https://culturacientifica.com/2019/11/28/que-es-el-ph/>

### **Potenciometría**

<https://fbcweb1.unl.edu.ar/laboratorios/ladaq/wp-content/uploads/2019/10/7-Potenciometr%C3%ADa.pdf>

### **Química y ciencia potenciometría**

<https://laquimicaylaciencia.blogspot.com/2011/03/potenciometria.html>

### **Analítica III. La potenciometría**

<http://clasesusanita.blogspot.com/2010/01/la-potenciometria.html>

### **Cálculo de pH en disoluciones acuosas**

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/51369/FINAL%20articulo%20docente%20%20Calculo%20de%20pH%20en%20disoluciones%20acuosa.pdf>

### **¿Qué necesitas saber para calcular el pH?**

<https://www.greelane.com/es/ciencia-tecnolog%C3%ADa-matem%C3%A1ticas/ciencia/how-to-calculate-ph-quick-review-606089/>

### **Prácticas de Análisis físicos y químicos Martín mancilla**

### **Ejercicios potenciométricos**

<https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/34794/1/%28C%29%2020%20Dr%20JM%20Fernandez%20MANERES.pdf>



**Documentos digitales:**

Brunnati, C, De Napoli H. (2002). Métodos Potenciométricos. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de :  
<http://materias.fi.uba.ar/6305/download/Metodos%20Potenciometricos.pdf>

Elias E. (1985). Prácticas de Pruebas Físicas II. Colegio de Bachilleres. Revisado el 19 de mayo de 2022 de:  
<http://www.cobachbcs.edu.mx/content/files/Docentes/manuales-de-practicas-de-laboratorio/manual-de-practicas-de-laboratorio-fisica-II.pdf>

Matilla Hernández, A. (18 de febrero de 2009). Valoraciones Potenciométricas ácido base. Recuperado el 2 de septiembre de 2020, de:  
[https://www.ugr.es/~focana/dfar/aplica/valorAcidoBase/valoraciones\\_acido-base.pdf](https://www.ugr.es/~focana/dfar/aplica/valorAcidoBase/valoraciones_acido-base.pdf)

Muñoz, M. (2015). Método de las Tangentes para la determinación del punto final en valoraciones potenciométricas. Recuperado el 12 de mayo de 2022 de:  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/52387/M%C3%A9todo%20de%20las%20tangentes%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20del%20punto%20de%20final%20en%20valoraciones%20potenciom%C3%A9tricas.pdf;sequence=1>

**Sitios web:**

Méndez, Á. (10 de mayo de 2010). La Guía Química Ecuación de Nernst. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de: <https://quimica.laguia2000.com/ecuaciones-quimicas/ecuacion-de-nernst>

### Tabla de Imágenes Corte 3

Figura	Referencia
22	Lifeder. (s. f.). Celda galvánica. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.lifeder.com/celda-galvanica/">https://www.lifeder.com/celda-galvanica/</a>
23	100cia Química. (s. f.). Electrodo de referencia. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://www.100ciaquimica.net/temas/tema9/punto6.htm">https://www.100ciaquimica.net/temas/tema9/punto6.htm</a>
24	Slideshare. (s. f.). Electrodo de calomel. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://image.slidesharecdn.com/potencialesdeelectrodos-120703191922-phpapp01/95/potenciales-de-electrodos-12-728.jpg?cb=1341343635">https://image.slidesharecdn.com/potencialesdeelectrodos-120703191922-phpapp01/95/potenciales-de-electrodos-12-728.jpg?cb=1341343635</a>
25	Slideshare. (s. f.). Electrodo de plata/cloruro de plata. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://image.slidesharecdn.com/potencialesdeelectrodos-120703191922-phpapp01/95/potenciales-de-electrodos-13-728.jpg?cb=1341343635">https://image.slidesharecdn.com/potencialesdeelectrodos-120703191922-phpapp01/95/potenciales-de-electrodos-13-728.jpg?cb=1341343635</a>
26	Slideshare. (s. f.). Potenciómetro. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://image.slidesharecdn.com/108920751-potenciometro-170124235521/95/potenciometro-5-638.jpg?cb=1485303100">https://image.slidesharecdn.com/108920751-potenciometro-170124235521/95/potenciometro-5-638.jpg?cb=1485303100</a>
27	Concepto. (2021). Escala de pH. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://concepto.de/ph/">https://concepto.de/ph/</a>
28	Matilla, A. (2009) .Valoraciones potenciométricas ácido-base. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="https://n9.cl/24g3r">https://n9.cl/24g3r</a>
29	Sukaldari. (2015). Acido fuerte-base fuerte. Revisado el 19 de mayo de 2022 de: <a href="http://zizurquimica2.blogspot.com/2015/02/valoraciones-acido-base.html">http://zizurquimica2.blogspot.com/2015/02/valoraciones-acido-base.html</a>

La siguiente evaluación tiene como propósito que identifiques los aprendizajes que has adquirido a lo largo del desarrollo de esta guía.

Instrucciones generales: Lee con atención cada una de las instrucciones de los reactivos que se presentan a continuación y contesta lo que se te pide en cada uno de ellos.

### I. Relación de columnas

Instrucciones: Relaciona las siguientes columnas anotando dentro del paréntesis la letra del instrumento que contiene todos los componentes de la columna de la derecha.

- |    |     |  |                        |
|----|-----|--|------------------------|
| 1. | ( ) | Lámpara halógena, plato para la muestra, panel de control, para reguladora.                    | A. Potenciómetro       |
| 2. | ( ) | Control de %T, selectos de longitud de onda, compartimiento de la celda o porta celda.         | B. Termobalanza        |
| 3. | ( ) | Menú de calibración, indicador de medida de potenciales, electrodos de referencia e indicador. | C. Refractómetro       |
| 4. | ( ) | Polarizador nicol, ocular, escala circular, tubo de muestra.                                   | D. Psicrómetro de onda |
| 5. | ( ) | Sistema ocular, pulsador de display Brix, unidad de intensidad de luz, prisma.                 | E. Polarímetro         |
| 6. | ( ) | Termómetro, gasa, mango bulbo húmedo, bulbo seco.  | F. Espectrofotómetro   |

## II. Falso – verdadero

**Instrucciones:** Lee las siguientes aseveraciones y coloca en el paréntesis una “V” si es verdadera o una “F” si es falsa.

7. ( ) A la masa del vapor de aire por unidad de volumen se llama humedad absoluta.
8. ( ) La atmósfera es una mezcla de gases compuesta aproximadamente por 70% de CO<sub>2</sub>; 20.099% de oxígeno y pequeñas cantidades de N<sub>2</sub>
9. ( ) El método de las tangentes (paralelas) se utiliza para determinar la longitud máxima.
10. ( ) Electrodo cuyo potencial eléctrico depende de la composición de la solución es el electrodo indicador.
11. ( ) La termobalanza representa el % de sólidos disueltos que contiene una muestra líquida azucarada.
12. ( ) La actividad óptica es una propiedad de la sustancia que gira el plano de la luz polarizada.
13. ( ) La humedad es prueba de calidad que se refiere a la cantidad de agua en una muestra sólida pulverizada
14. ( ) La NOM NMX-F-083-1986, establece cómo determinar el contenido de azúcar de una muestra.
15. ( ) El instrumento utilizado para medir la rotación específica es el potenciómetro

## III. Opción múltiple

**Instrucciones:** Lee con atención cada una de las siguientes aseveraciones y coloca en el paréntesis de la izquierda la letra de la opción que conteste correctamente.

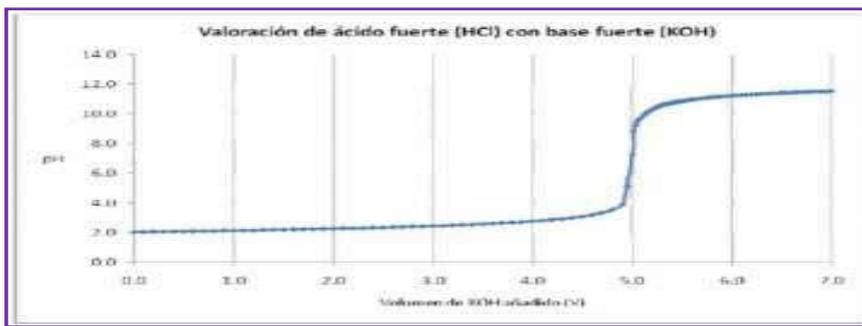
16. ( ) La luz viaja en forma de:
- Onda
  - Línea recta
  - Fotones
  - Paquetes dispersos

17. ( ) La longitud de onda es:
- El número de oscilaciones en un segundo.
  - La distancia entre una máximos y mínimos
  - La velocidad a la que se propaga la luz
  - La distancia entre máximos y mínimos de un movimiento ondulatorio
18. ( ) El instrumento utilizado para secar sustancias que conservan su estructura química cuando se calientan bajo radiación infrarroja es:
- Termobalanza
  - Desecador
  - Estufa
  - Mufla
19. ( ) Al fenómeno que sufre una sustancia debido al cambio de velocidad de un haz de luz al pasar de un medio a otro diferente pasando por la normal se le conoce como:
- Ángulo de refracción
  - Actividad óptica
  - Refracción
  - Reflexión
20. ( ) A la sustancia que gira el plano de la luz polarizada a la derecha se le conoce como:
- Levógiro
  - Dextrógiro
  - Haz incidente
  - Actividad óptica
21. ( ) Al instrumento empleado en la determinación del potencial de hidrógeno se le conoce como:
- Espectrofotómetro
  - Polarímetro
  - Refractómetro
  - Potenciómetro
22. ( ) El valor del pH de una disolución de NaOH de concentración  $8.73 \times 10^{-6}$  M es:
- 10.2
  - 9.8
  - 8.9
  - 6.5
23. ( ) A la curva empleada para identificar el punto de equivalencia se le conoce como:
- Curva de secado
  - Curva de valoración
  - Curva de calibración
  - Curva patrón

24. ( ) La velocidad de propagación del aceite que tiene un índice de refracción de 1,45 es:

- a. 98 543. 2 km/s
- b. 150 320.4 km/s
- c. 198 896.5 km/s
- d. 206 896.5 km/s

25. ( ) El valor del pH en el punto de equivalencia en la siguiente imagen es:



- a. 8.0
- b. 7.0
- c. 6.0
- d. 5.0

26. ( ) La concentración de sacarosa a 20°C, que contiene 100 ml de una solución que registró un ángulo de rotación  $\alpha = +2.8^\circ$  dextrógira con el polarímetro y con una rotación específica de  $[\alpha] = 56^\circ$  es:

- a. 0.0025g/mL
- b. 0.025g/mL
- c. 0.250g/mL
- d. 2.500g/mL

**Valor de los reactivos:**

Número de Reactivo	Puntaje
22, 24, 25 y 26	2 puntos cada uno.
Valor de los demás reactivos	1 punto.
Valor total de la evaluación	30 puntos

# PLAN 2014

ACTUALIZADO



Somos Lobos Grises,  
somos Bachilleres



D.R. Colegio de Bachilleres. 2021-2022