

## **Ruptura de la tensión superficial y ecosistemas**

### **Introducción**

La tensión superficial es un fenómeno físico-químico ligado a las interacciones moleculares de un fluido. Ella resulta del aumento de la energía a la interfaz entre dos fluidos. Este sistema tiende hacia un equilibrio que corresponde a la configuración de energía más baja, modificando así su geometría para disminuir el área de esta interfaz.

Existen agentes tensoactivos, también llamados surfactantes, que disminuyen la tensión superficial entre la superficie o entre dos líquidos.

El poder contaminante de los detergentes se manifiesta también con los desechos sólidos, es más fácil que muchos desechos no floten y causen la ruptura del ecosistema y desaparición de seres vivos, tal y como es el caso controversial de las tortugas de mar y los pingüinos, por desperdicios humanos; aunque claramente ¡tampoco es la única causa!

Es por esto que en esta prueba experimental se verá cómo afecta la concentración de jabón en el agua, utilizando para ello, una propiedad particular de la tensión superficial: **la capilaridad**. Cuando un fluido sube por un tubo capilar, es debido a la tensión superficial, la cual, a su vez, depende de la cohesión del fluido, y que le confiere la capacidad de subir o bajar a lo largo de un tubo delgado.

Un líquido sube por un tubo capilar debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja la superficie. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo (ver Figura 1). Éste es el caso con el agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad. Cuando la tensión superficial disminuye, ocasiona que esta propiedad se vea afectada y por ende los organismos también.

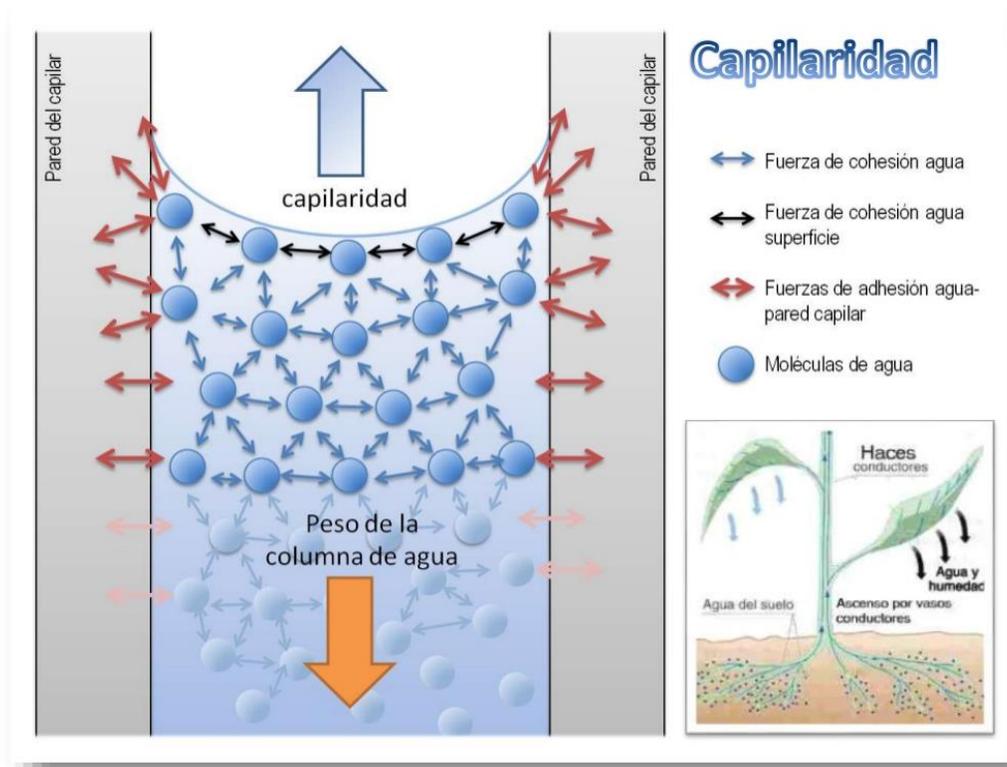


Figure 1: Esquema de fuerzas de la tensión superficial en las paredes de un tubo capilar y en una planta

La capilaridad puede ser utilizada para medir tensión superficial, sumergiendo un tubo de vidrio en una muestra de solución y luego sacándolo. Con la altura de la columna de líquido retenida en el tubo se puede determinar el coeficiente de tensión superficial  $\sigma$ .

En efecto, la condición de equilibrio del líquido en el tubo tiene la forma

$$\frac{2\sigma}{r} = \rho gh \quad (1)$$

Donde  $\rho$  es la densidad del líquido y  $r$  es el radio de capilaridad. A partir de esta condición se utiliza la ecuación para determinar el coeficiente de tensión superficial  $\sigma$

Denotaremos  $\rho_0$ ,  $\sigma_0$ , la densidad y el coeficiente de tensión superficial del agua pura y  $h_0$  la altura del nivel de agua pura en el tubo. De esta manera podremos calcular el coeficiente de tensión superficial de la solución de agua con jabón con la ecuación siguiente.

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho h}{\rho_0 h_0} \quad (2)$$

Debido a la propiedad del jabón con el agua y los niveles de concentración muy bajos de jabón, haremos la aproximación que la densidad de la solución se mantiene constante. Así:

$$\sigma = \sigma_0 \frac{h}{h_0} \quad (3)$$

Con  $\sigma_0 = 72.75 \times 10^{-3}$  N/m y  $h_0 = (2.60 \pm 0.05)$  cm en el rango de temperatura de  $(25 \pm 2)$  °C a presión atmosférica.

### Materiales

- 2 Tubos capilares
- 7 frascos con soluciones de jabón y agua de diferentes concentraciones
- Regla graduada
- 1 piseta o bombita
- Papel milimetrado



### Parte A. Dependencia de la concentración

En esta parte se busca ver la relación que tiene la tensión superficial de un líquido según la concentración de los agentes tensoactivos en él. Particularmente, estudiaremos la tensión superficial de una solución de agua y jabón, según la concentración del jabón. Para esto, se han creado 7 soluciones de diferentes concentraciones (ver tabla A ) y se pretende que, con ayuda del tubo capilar, se calcule la tensión superficial.

Procedimiento de medición:

1. Dibuje con el marcador una raya sobre el tubo, que servirá de guía para saber la profundidad que se sumergirá en la solución. Puede usar como referencia la franja azul señalada en el tubo.
2. Introduzca el tubo en la solución y agítelo, de tal manera que su interior se empape de la solución a medir, sáquelo y luego soplelo con ayuda de la piseta para vaciarlo. Repítalo al menos 3 veces para “ambientarlo” a cada solución.
3. Tape con el dedo el extremo superior del tubo y sumérjalo en la solución. De esta manera se evita que se acumulen burbujas en el interior.
4. Destape el tubo del extremo y espere a que la solución deje de ascender.
5. Saque el tubo de la solución y espere a que el líquido deje de descender, debido al cambio de presión y viscosidad.
6. Tape el tubo del mismo extremo superior, acerque cuidadosamente a la regla sin tocarlos y mida la altura de la columna del líquido.

Antes de tomar medidas, tenga en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Debido a los errores aleatorios en la toma de medidas de la altura de la columna de líquido en el capilar, es esencial llevar a cabo estas medidas las veces que considere conveniente.
- Es importante limpiar el tubo luego de cada medición, para esto haremos uso de la piseta (bombita), que nos permite soplarlo de tal manera que no queden gotas en el interior de él.
- Se recomienda que antes de hacer mediciones para una concentración, sumergir el tubo en la solución y soplarlo con la piseta (bombita) para así ambientarlo a la solución y evitar que gotas de otras concentraciones queden dentro de él y se mezclen.
- Evitar secar el tubo con la camisa debido a que podría romperse.
- **Atención:** el segundo tubo es sólo de repuesto. Cada tubo es distinto.

**A. 1** Construya una tabla con las concentraciones y alturas capilares con el cálculo de error respectivo. Esta tabla, será rotulada como tabla A1. **2.5pt**

**A. 2** Calcule el valor del coeficiente de tensión superficial  $\sigma$  para cada concentración  $c$  y haga el gráfico correspondiente. **2 pt**

Se ha determinado experimentalmente que la tensión superficial de la solución depende de la concentración de jabón, por lo que podríamos establecer esta relación como

(4) 
$$\sigma = Ac^b$$

Donde  $c$  es la concentración de jabón.  $A$  y  $b$  dos parámetros a determinar.

**A. 3** Linealice la gráfica de la parte A.2. **2.0 pt**

**A. 4** Calcule el parámetro  $b$  con su incertidumbre. **1.0 pt**

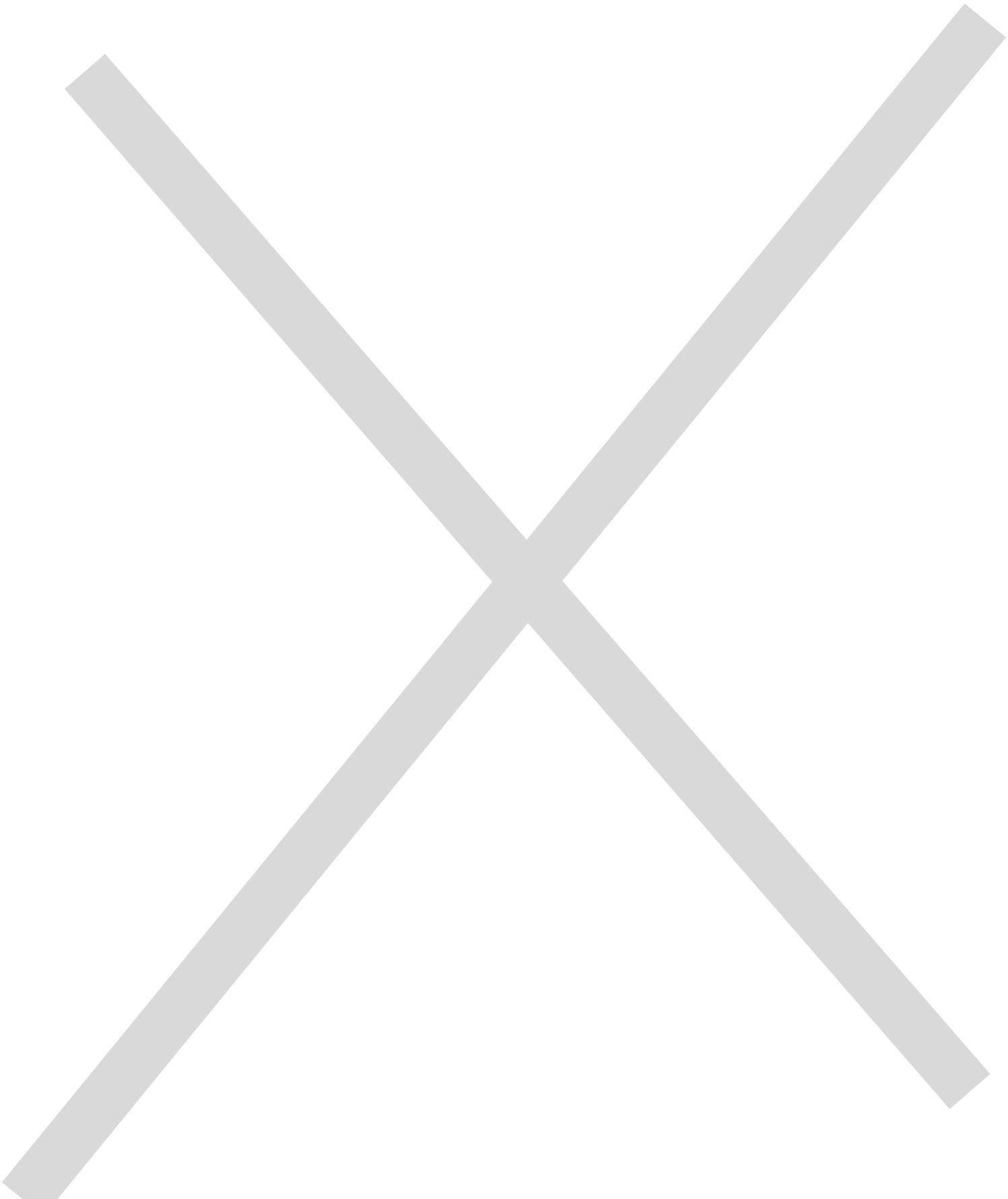
## Parte B. Aplicación práctica

Una de las ventajas que nos proporciona la estadística es la interpolación y extrapolación de datos para predecir eventos a partir de una variable conocida. En este caso usaremos los datos obtenidos en la Parte A para caracterizar la solución de agua y jabón X de concentración desconocida.

**B. 1** A partir de la medición de la altura, determine la tensión superficial de la solución X con su incertidumbre. **0.5 pt**

**B. 2** Utilizando los resultados de la parte A, determine la concentración de la solución X con su incertidumbre. **2.0 pt**





## Ruptura de la tensión superficial y ecosistemas

### Solución

#### Parte A. Dependencia de la concentración

**A. 1** Construya una tabla con las concentraciones y alturas capilares con el cálculo de error respectivo. Esta tabla, será rotulada como tabla A1. **2.5pt**

Tabla A1

(1.5pts)

C [gr/ml]	h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	h4 [cm]	h5 [cm]	h prom. [cm]	Error
0.0021	2.25	2.35	2.35	2.35	2.25	2.31	0.02
0.0142	2.00	1.85	1.80	1.80	1.75	1.84	0.04
0.0383	1.80	1.70	1.60	1.60	1.55	1.65	0.04
0.0800	1.75	1.55	1.50	1.45	1.45	1.54	0.06
0.2507	1.35	1.35	1.20	1.10	1.15	1.23	0.05
0.8009	1.15	1.10	1.10	1.05	1.00	1.08	0.03
1.6004	1.00	1.00	0.95	1.00	1.00	0.99	0.01

La altura en el capilar se obtiene de promediar al menos 5 mediciones de la altura

El error de las alturas se puede obtener como el error estándar de la media de las mediciones de cada concentración específica

$$\Delta h = \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$$

Donde  $\sigma$  es la desviación estándar de las muestras de altura

(1.0pt)

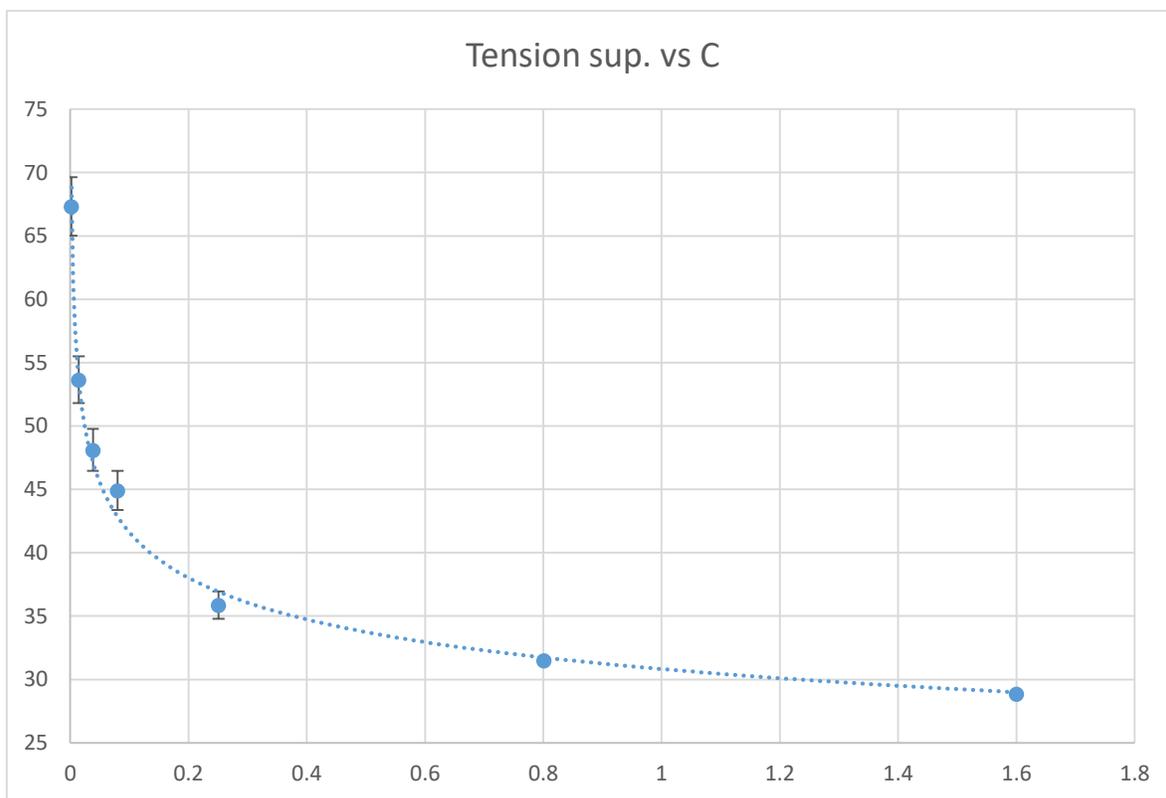
**A. 2** Calcule el valor del coeficiente de tensión superficial  $\sigma$  para cada concentración  $c$  y haga el gráfico correspondiente. **2 pt**

Tabla A2

(1.0pt)

C [gr/ml]	h prom. [cm]	Error	sigma (dinas/cm)
0.0021	2.31	0.02	67.30
0.0142	1.84	0.04	53.60
0.0383	1.65	0.04	48.07
0.0800	1.54	0.06	44.86
0.2507	1.23	0.05	35.83
0.8009	1.08	0.03	31.46
1.6004	0.99	0.01	28.84

(1.0pt)

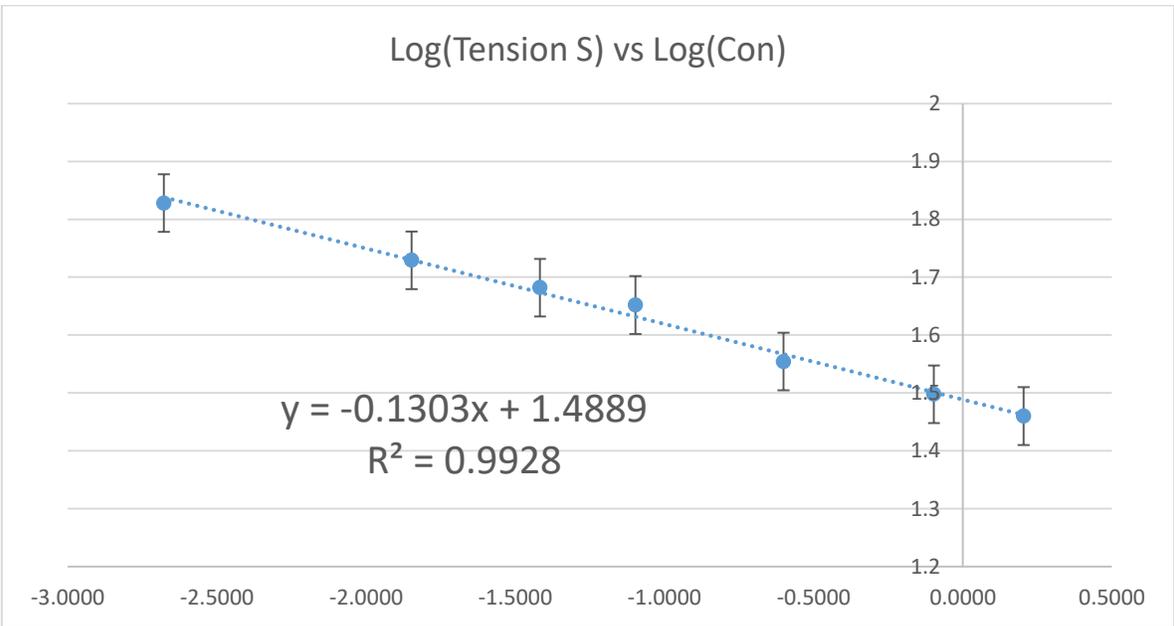


**A. 3** Linealice la gráfica de la parte A.2. **2.0 pt**

(1.0pt)

C [gr/ml]	Log(C)	sigma (dinas/cm)	Log(sigma)
0.0021	-2.6778	67.306	1.83
0.0142	-1.8477	53.60	1.73
0.0383	-1.4168	48.07	1.68
0.0800	-1.0969	44.86	1.65
0.2507	-0.6008	35.83	1.55
0.8009	-0.0964	31.46	1.50
1.6004	0.2042	28.84	1.46

(1.0pt)



**A. 4** Calcule el parámetro  $b$  con su incertidumbre.

**1.0 pt**

Pueden determinar la pendiente mediante el método gráfico, midiendo directamente la pendiente en el gráfico que obtuvieron en la parte A3 (0.5pts)

Pueden estimar la incerteza de la pendiente trazando las pendientes máxima y mínima en el gráfico (0.5pts)

$$b = (-13.03 \pm 0.49) \times 10^{-2}$$

Alternativamente pueden obtener el parámetro mediante mínimos cuadrados y obtener el error estándar de la pendiente (0.5pts)

$$b = \frac{\text{cov}(x, y)}{\sigma_x^2}$$

Donde  $\sigma_x^2$  es la varianza de  $x$ , y  $\text{cov}(x, y)$  es la covarianza entre  $x$  e  $y$  (0.5pts)

$$\Delta b = \frac{\sigma_y}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}}$$

Donde  $\sigma_y$  es la desviación estándar de la muestra de  $y$

### Parte B. Aplicación práctica

**B. 1** A partir de la medición de la altura, determine la tensión superficial de la solución X con su incertidumbre.

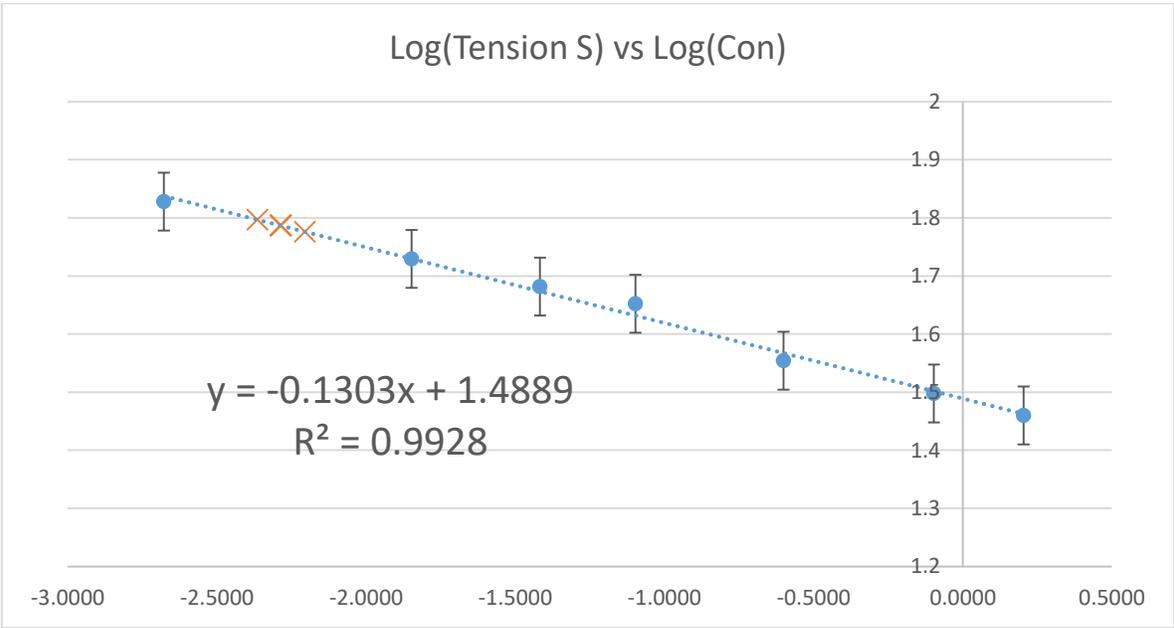
**0.5 pt**

h1 [cm]	h2 [cm]	h3 [cm]	h4 [cm]	h5 [cm]	h prom. [cm]	Error
2.15	2.1	2.1	2.05	2.1	2.1	0.01

Se hacen varias medidas de la altura en el capilar y se obtiene el promedio (0.25pts)

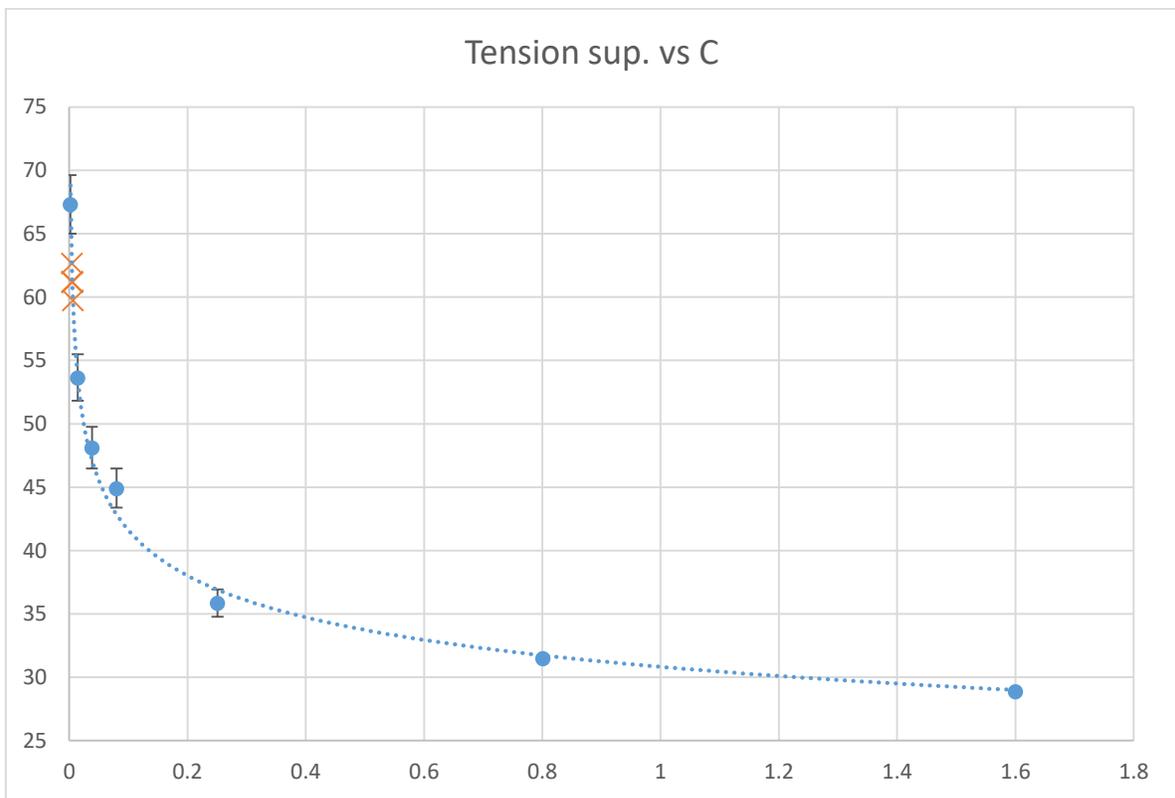
Nuevamente se obtiene la incerteza como el error estándar de la media (0.25pts)

**B. 2** Utilizando los resultados de la parte A, determine la concentración de la solución X con su incertidumbre. **2.0 pt**



(1.0pts)

Solution	C (% m/v)
A	0.0021
B	0.0142
C	0.0383
D	0.0800
F	0.2507
H	0.8009
J	1.6004



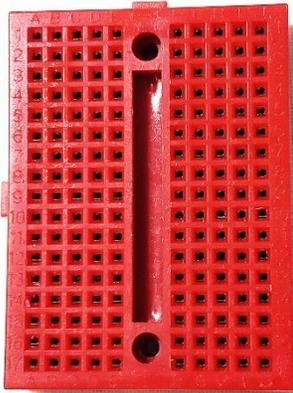
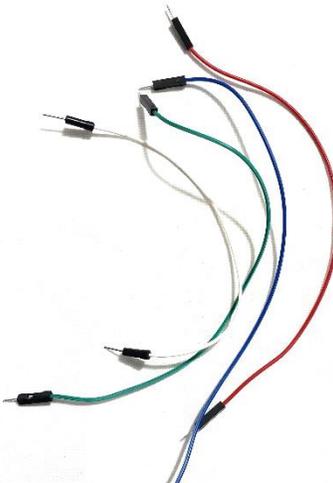
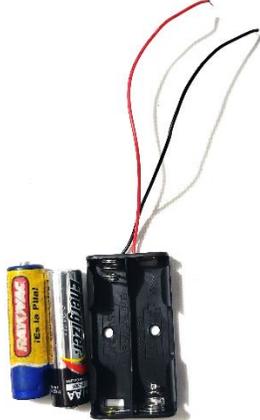
$$C_x = (5.1 \pm 0.9) \times 10^{-3}\%(m/v)$$

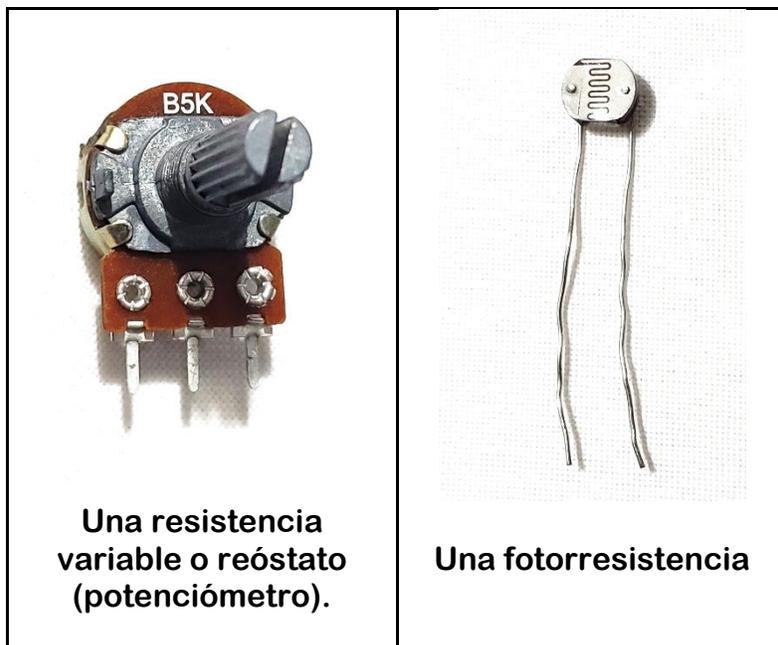
(1.0pts)

El error se estima como el intervalo que abarca todas las concentraciones

### Caracterización de LED y Fotorresistencia (10 puntos)

**Materiales:**

 <p><b>Breadboard o protoboard.</b></p>	 <p><b>Cables conectores para breadboard.</b></p>	 <p><b>Cables cocodrilos.</b></p>
 <p><b>LED de luz roja.</b></p>	 <p><b>Porta baterías con baterías</b></p>	 <p><b>Dos multímetros digitales</b></p>



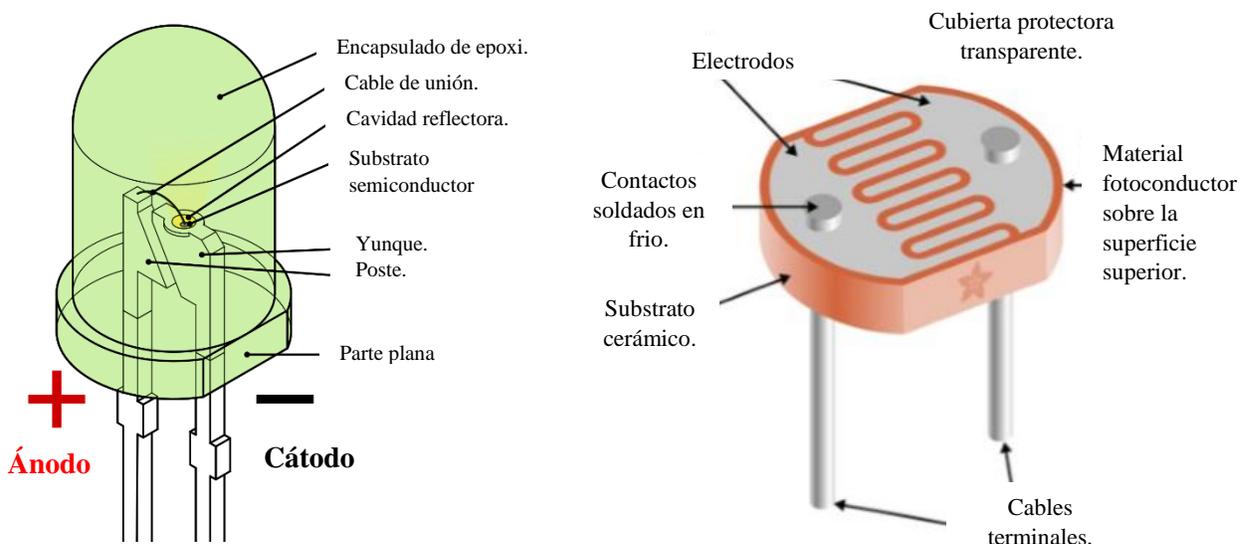
El breadboard o protoboard que se utilizará para este experimento, a diferencia de otras protoboard comerciales, consta únicamente de dos columnas con hileras de 5 agujeros u orificios. Estos 5 agujeros están conectados entre sí internamente y cada hilera es independiente de las demás.

Los diodos emisores de luz (LED por sus siglas en inglés) son fuentes de luz prometedoras capaces de producir altas intensidades de luz con eficiencias al menos 10 veces mayor que las fuentes de luz tradicionales. Sus aplicaciones van desde señalización y uso en sensores e indicadores, retroiluminación de pantallas de computadoras y dispositivos móviles, hasta la iluminación general.

La forma comercial de los LED de diferentes colores presenta un encapsulado de resina epóxica del que sobresalen dos terminales que son necesarios para proveer el voltaje  $V$  que permitirá la emisión de luz. Es de notar que, este componente tiene polaridad, tal como muestra la Figura 1 (a).

Teniendo un dispositivo capaz de emitir luz con alta eficiencia, resulta útil contar con un dispositivo que nos permita estimar la intensidad de la luz emitida. Uno de los primeros dispositivos creados para tal fin es la fotorresistencia. Éste es un componente cuya resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de la luz incidente. Puede ser llamado también fotoconductor, celda

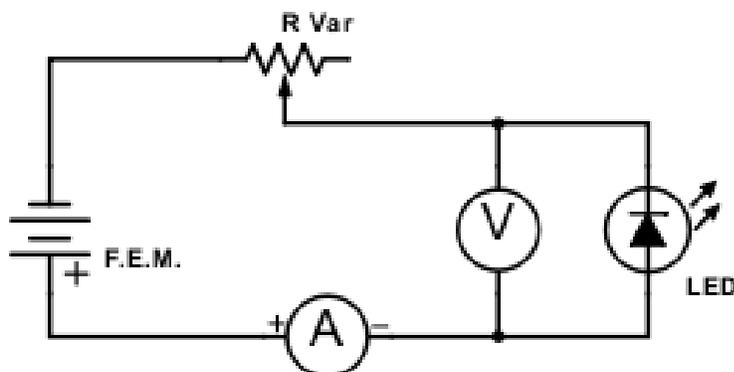
fotoeléctrica o resistencia dependiente de la luz (LDR por sus siglas en inglés). Su construcción se muestra en la Figura 1(b).



**Figura 2:** (a) Diagrama de un LED mostrando sus componentes y destacando sus cables conectores con la polaridad apropiada <sup>[1]</sup>. (b) Diagrama de una fotorresistencia mostrando sus componentes y sus terminales no polarizados <sup>[2]</sup>.

### Parte A: Curva Característica del LED.

En esta parte estudiaremos el comportamiento no lineal de la corriente que circula a través de un diodo emisor de luz con respecto un voltaje externo aplicado entre sus terminales. Para ello tenemos que medir la diferencia de potencial entre los terminales del diodo y la corriente que circula a través del mismo. Primeramente, con los materiales provistos, tenemos que armar el circuito mostrado en la Figura 3, teniendo cuidado de respetar la polaridad indicada.



**Figura 3:** Diagrama de conexión de los elementos requeridos para la Parte A. Observe que la fuerza electromotriz (F.E.M. con la polaridad indicada), el amperímetro (A), el LED (con la polaridad apropiada) y la resistencia variable (R Var) se encuentran conectados en serie. El voltímetro (V) se encuentra conectado en paralelo con el LED.

Antes de armar el equipo y tomar mediciones, favor leer las siguientes recomendaciones:

- Asegúrese que el lugar de trabajo se encuentra seco, sin residuos de jabón.
- Arme en su totalidad los componentes, asegurándose que no exista corto circuito antes de conectar las baterías (F.E.M.).
- Por su sensibilidad, el amperímetro NO DEBE conectarse directamente para medir la corriente de las baterías. Se corre el peligro de quemar el protector interno (fusible) del mismo, inutilizándolo para medir corrientes.
- Revise que el multímetro digital se encuentra en la posición apropiada y en la escala apropiada para medir las cantidades solicitadas.
- Desconecte las baterías cuando termine de medir, evitando que se agoten prematuramente.
- El potenciómetro funciona como una resistencia variable si conectas la terminal de en medio junto con cualquier terminal de los lados. Puede dejar la terminal del otro lado sin conectar.
- Los multímetros pueden funcionar como voltímetros o como amperímetros dependiendo de la selección que hagamos con la palanca del centro. Debe tener cuidado a la hora de escoger la escala apropiada.

**A. 1**

Construya una tabla que muestre la información de la corriente que circula por el LED junto con el Voltaje a los extremos de sus terminales. Tome un número de medidas apropiado para realizar análisis estadísticos.

**2.0 pt**

Experimentalmente se ha determinado que la relación entre la corriente y el voltaje está determinada por la siguiente ecuación:

$$I = I_1 e^{\beta V} + I_0 \quad (1)$$

De manera que el voltaje vs corriente tiene una proporcionalidad logarítmica de la forma:

$$V = V_1 \log(I) + V_0 \quad (2)$$

**A. 2**

Encuentre el valor de los parámetros  $V_0$  y  $V_1$  de la Ecuación 2 con sus respectivas incertezas.

**3.0 pt**

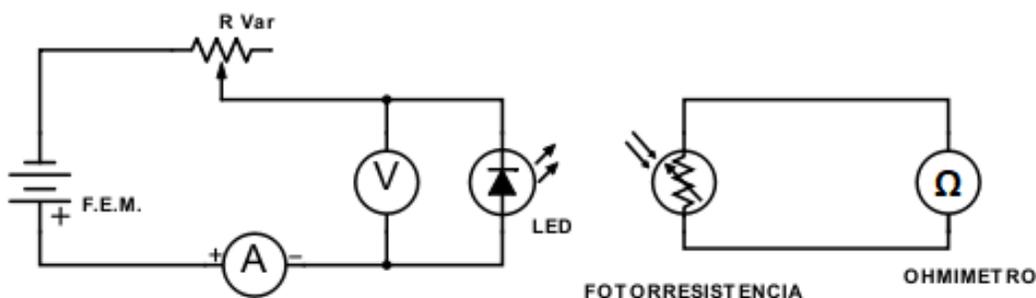
### Parte B: Caracterización de una Fotorresistencia usando el LED.

En esta parte estudiaremos el comportamiento de una fotorresistencia y su relación con la intensidad generada por el LED. Para ello asumiremos que el diodo convierte la potencia eléctrica que se le suministra de forma eficiente y la transforma en una intensidad de luz apropiada:

$$\text{Intensidad} \propto \text{Potencia.}$$

Esta relación es válida dentro de nuestro intervalo de medición.

Con una fuente de intensidad variable (puesto que podemos variar la potencia del LED con el potenciómetro), podemos encontrar la relación entre la intensidad de la luz y la resistencia de la fotorresistencia. Para ello procederemos a armar el circuito mostrado en la Figura 4, teniendo cuidado de respetar la polaridad indicada.



**Figura 4:** Diagrama de conexión de los elementos requeridos para la Parte B. Observe que la fuerza electromotriz (F.E.M. con la polaridad indicada), el amperímetro (A), el LED (con la polaridad apropiada) y la resistencia variable (R Var) se encuentran en serie. El multímetro se coloca en modo ohmímetro y mide la resistencia efectiva de la fotorresistencia.

Antes de armar el equipo y tomar mediciones, favor leer las siguientes recomendaciones:

- Asegúrese que el lugar de trabajo se encuentra seco, sin residuos de jabón.
- Asegúrese que la fotorresistencia esté cerca del LED, para que reciba principalmente luz proveniente del LED y no del ambiente.
- Arme en su totalidad los componentes, asegurándose que no existan corto circuitos antes de conectar las baterías (F.E.M.).
- Por su sensibilidad, el amperímetro NO DEBE conectarse directamente para medir la corriente de las baterías. Se corre en peligro de quemar el protector interno (fusible) del mismo, inutilizándolo para medir corrientes.
- Revise que el multímetro digital se encuentra en la posición apropiada y en la escala apropiada para medir las cantidades solicitadas.
- Desconecte las baterías cuando termine de medir, evitando que se agoten prematuramente.
- El potenciómetro funciona como una resistencia variable si conectas la terminal de en medio junto con cualquier terminal de los lados. Puedes dejar la terminal del otro lado sin conectar.

- Los multímetros pueden funcionar como ohmímetros o como amperímetros dependiendo de la selección que hagamos con la palanca del centro. Debe tener cuidado a la hora de escoger la escala apropiada.

<b>B. 1</b>	Construya una tabla que muestre la corriente que circula por el LED vs. la resistencia medida por la fotorresistencia. Tome un número de mediciones apropiada para análisis estadístico.	<b>1.0 pt</b>
-------------	--	---------------

Dado que necesitamos conocer la potencia con la que el LED emite (para conocer su intensidad), podemos calcular a partir de la gráfica del apartado A.2 el valor del voltaje en los extremos del LED usando la información dada por la Ecuación (2) y con ello encontrar la potencia usando la relación:

$$P = IV \rightarrow f(I) \quad (4)$$

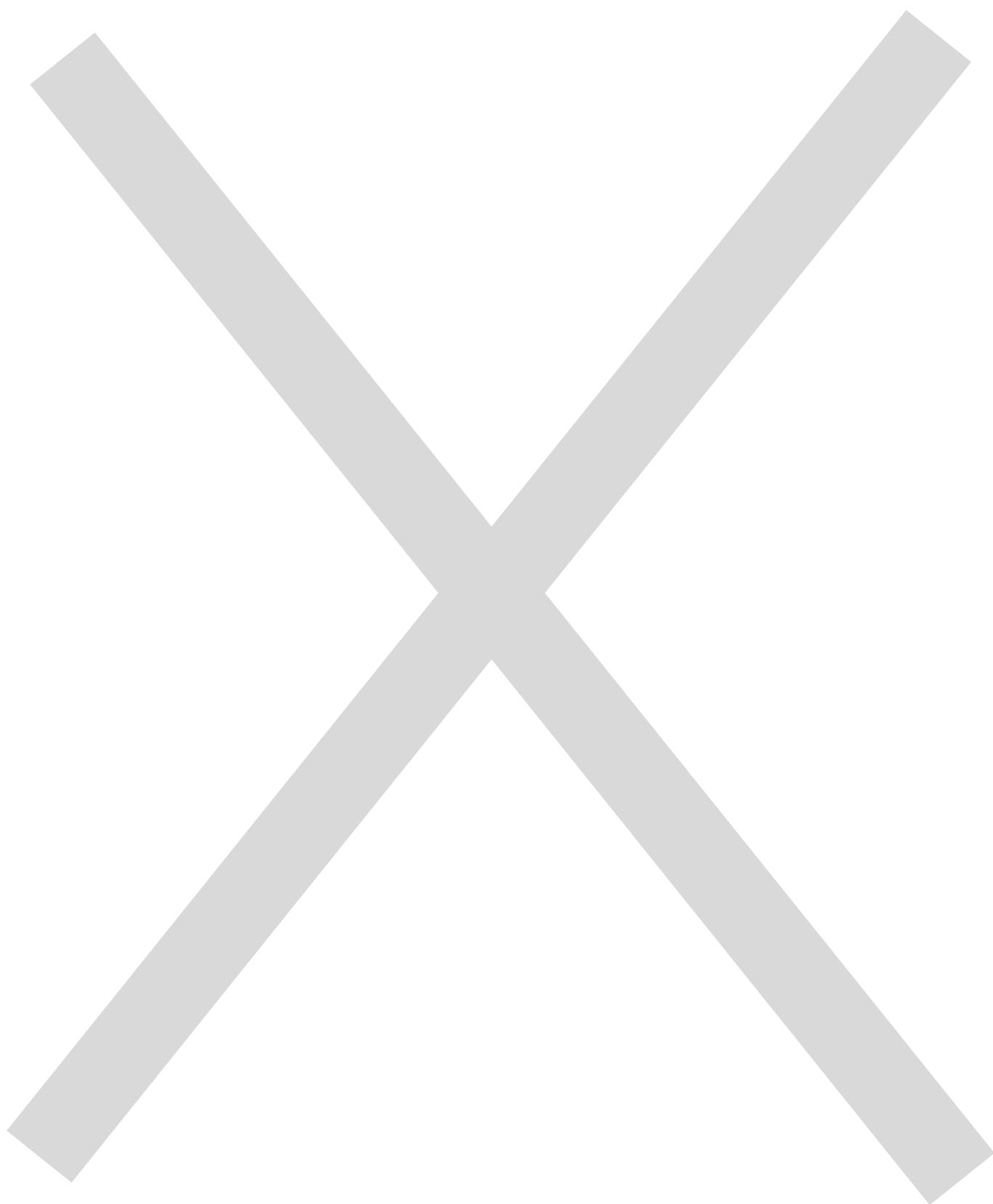
Donde vemos que podemos expresar la potencia como una función de la corriente únicamente.

<b>B. 2</b>	Construya una tabla que muestre el valor medido de la corriente que circula por el LED, el voltaje calculado en los extremos del LED, la potencia que el LED emite para esa corriente dada y el valor medido de la resistencia a los extremos de la fotorresistencia.	<b>2.0 pt</b>
-------------	---	---------------

<b>B. 3</b>	Utilizando los datos de la tabla B.2, encuentre la relación entre la potencia del LED y la resistencia de la fotorresistencia.	<b>2.0 pt</b>
-------------	--	---------------

[1] Safa Kasap. Electrical Engineering Department. University of Saskatchewan. Canada.

[2] GL55 Series Photoresistor Datasheet. CdS Manual.



## Caracterización de LED y Fotorresistencia (10 puntos)

**A. 1**

Construya una tabla que muestre la información de la corriente que circula por el LED junto con el Voltaje a los extremos de sus terminales. Tome un número de medidas apropiado para realizar análisis estadísticos.

**2.0 pt**

LED Rojo	
I (mA)	V (Volts)
0.75	1.802
0.8	1.807
0.89	1.813
0.93	1.815
1.08	1.825
1.19	1.832
1.26	1.836
1.39	1.845
1.51	1.852
1.6	1.857
1.66	1.859
1.72	1.863
1.81	1.866
1.85	1.87
2.02	1.875
2.15	1.876
2.31	1.883
2.4	1.881
2.7	1.901
2.47	1.892
2.86	1.907
2.96	1.909
3.42	1.923
3.97	1.939
3.99	1.938
5.7	1.98

1

5.84	1.983
6.01	1.986
6.4	1.968

**A. 2**

Encuentre el valor de los parámetros  $V_0$  y  $V_1$  de la Ecuación 2 con sus respectivas incertezas.

**3.0 pt**

Para ello tenemos que realizar el cambio de variable de  $I \rightarrow \ln I$  y construir la siguiente Tabla:

LED Rojo		
I [A]	ln(I)	V [Volt]
0.00075	-7.19544	1.802
0.0008	-7.1309	1.807
0.00089	-7.02429	1.813
0.00093	-6.98033	1.815
0.00108	-6.83079	1.825
0.00119	-6.7338	1.832
0.00126	-6.67664	1.836
0.00139	-6.57845	1.845
0.00151	-6.49565	1.852
0.0016	-6.43775	1.857
0.00166	-6.40094	1.859
0.00172	-6.36543	1.863
0.00181	-6.31443	1.866
0.00185	-6.29257	1.87
0.00202	-6.20466	1.875
0.00215	-6.14229	1.876
0.00231	-6.07051	1.883
0.0024	-6.03229	1.881
0.0027	-5.9145	1.901
0.00247	-6.00354	1.892
0.00286	-5.85693	1.907
0.00296	-5.82257	1.909

2

0.00342	-5.67811	1.923
0.00397	-5.52899	1.939
0.00399	-5.52396	1.938
0.0057	-5.16729	1.98
0.00584	-5.14302	1.983
0.00601	-5.11433	1.986

El análisis estadístico de la tabla mostrada anteriormente, usando las columnas  $\ln(I)$  y Voltaje es el siguiente:

<b>Regression Statistics</b>	
Multiple R	0.993233254
R Square	0.986512297
Adjusted R Square	0.985993539
Standard Error	0.006182345
Observations	28

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	2.42441	0.01256	2.39859	2.45022
X Variable 1	0.08792	0.00202	0.08378	0.09207

De donde vemos que nuestros valores buscados son:

$$V_0 = 2.42441 \pm 0.01256$$

$$V_1 = 0.08792 \pm 0.00202$$

De manera que nuestro intervalo del 95% de confianza para  $V_0$  y para  $V_1$  viene dado por:

$$2.39859 \leq V_0 \leq 2.45022$$

$$0.08378 \leq V_1 \leq 0.09207$$

- B. 1** Construya una tabla que muestre la corriente que circula por el LED vs. la resistencia medida por la fotorresistencia. Tome un número de mediciones apropiada para análisis estadístico. **1.0 pt**

I [mA] (Medida)	Resistencia (Medida)
0.00020	103000.0
0.00023	101900.0
0.00025	101000.0
0.00030	99000.0
0.00032	98100.0
0.00035	96700.0
0.00041	94800.0
0.00044	93900.0
0.00053	91300.0
0.00064	89600.0
0.00071	87500.0
0.00076	84700.0
0.00083	84200.0
0.00102	80000.0

- B. 2** Construya una tabla que muestre el valor medido de la corriente que circula por el LED, el voltaje calculado en los extremos del LED, la potencia que el LED emite para esa corriente dada y el valor medido de la resistencia a los extremos de la fotorresistencia. **2.0 pt**

I [mA] (Medida)	Voltaje [V] (Calculada)	Potencia [mW] (Calculada)	Resistencia (Medida)
0.00020	1.76741	0.00036	103000.0

0.00023	1.77776	0.00040	101900.0
0.00025	1.78561	0.00044	101000.0
0.00030	1.80219	0.00054	99000.0
0.00032	1.80821	0.00058	98100.0
0.00035	1.81616	0.00064	96700.0
0.00041	1.82911	0.00074	94800.0
0.00044	1.83726	0.00082	93900.0
0.00053	1.85246	0.00098	91300.0
0.00064	1.86942	0.00119	89600.0
0.00071	1.87865	0.00133	87500.0
0.00076	1.88506	0.00143	84700.0
0.00083	1.89265	0.00157	84200.0
0.00102	1.91104	0.00195	80000.0

**B. 3**

Utilizando los datos de la tabla B.2, encuentre la relación entre la potencia del LED y la resistencia de la fotorresistencia.

**2.0 pt**

LED Rojo				
I [mA]	Voltaje [V]	Potencia [mW]	Resistencia	1/R
(Medida)	(Calculada)	(Calculada)	(Medida)	
0.00020	1.76741	0.00036	103000.0	9.709E-06
0.00023	1.77776	0.00040	101900.0	9.814E-06
0.00025	1.78561	0.00044	101000.0	9.901E-06
0.00030	1.80219	0.00054	99000.0	1.010E-05
0.00032	1.80821	0.00058	98100.0	1.019E-05
0.00035	1.81616	0.00064	96700.0	1.034E-05
0.00041	1.82911	0.00074	94800.0	1.055E-05
0.00044	1.83726	0.00082	93900.0	1.065E-05
0.00053	1.85246	0.00098	91300.0	1.095E-05
0.00064	1.86942	0.00119	89600.0	1.116E-05

5

0.00071	1.87865	0.00133	87500.0	1.143E-05
0.00076	1.88506	0.00143	84700.0	1.181E-05
0.00083	1.89265	0.00157	84200.0	1.188E-05
0.00102	1.91104	0.00195	80000.0	1.250E-05

A partir de esta tabla tenemos que encontrar el análisis estadístico para las columnas de potencia vs.  $1/R$ :

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.996433
R Square	0.992879
Adjusted R Square	0.992286
Standard Error	7.6E-08
Observations	14

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Intercept	9.17E-06	4.43E-08	9.08E-06	9.27E-06
X Variable 1	0.001741	4.26E-05	0.001648	0.001834

De donde vemos que la relación entre la Potencia del LED cumple una relación directa con  $1/R$  (es decir una relación inversa con  $R$ ). Nuestros coeficientes de regresión entonces son:

$$\frac{1}{R} = C_1 * I + C_0$$

Con valores  $C_1 = 0.00171$  y  $C_0 = 9.17 \times 10^{-6}$ . Dichos coeficientes calculados tienen el siguiente intervalo de 95% de confianza:

$$0.001648 \leq C_1 \leq 0.001834$$

$$9.08 \times 10^{-6} \leq C_0 \leq 9.27 \times 10^{-6}$$

Con un valor de  $R^2 = 0.992879$  vemos un fit apropiado para la cantidad de datos.