

**Prueba  
Experimental**  
(en castellano)

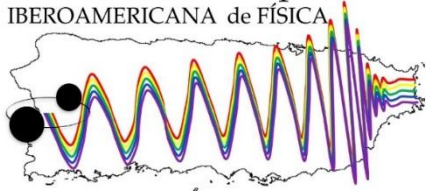
**W-1**

## **AVISO**

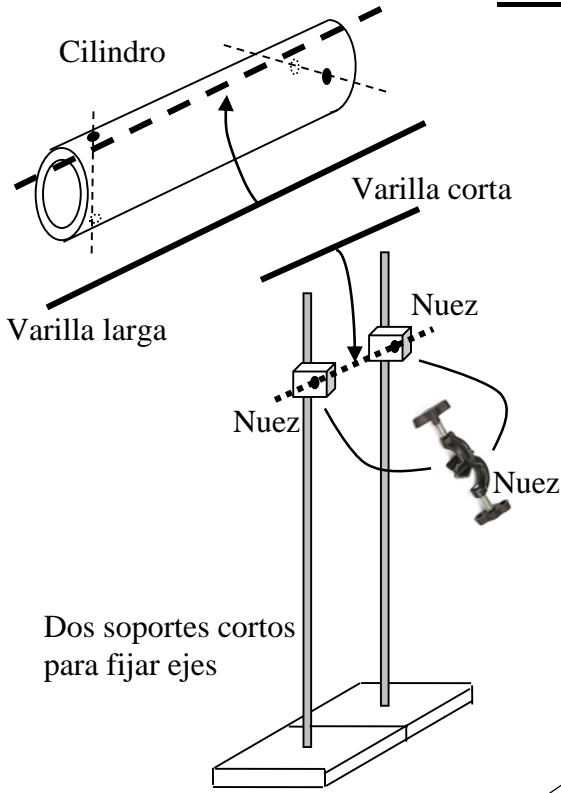
**HAGA PRIMERO TODAS SUS MEDICIONES, GRÁFICOS Y CÁLCULOS DE LAS CANTIDADES QUE SE PIDEN, Y SOLAMENTE AL FINAL PASE A LOS CÁLCULOS DE ERRORES (O INCERTIDUMBRES) QUE SE SOLICITAN.**

**EL MANEJO DE ERRORES ES IMPORTANTE Y CONSTITUYE UNA PARTE DE LA EVALUACIÓN, PERO PRIORIZAREMOS LA HABILIDAD EXPERIMENTAL PARA OBTENER DATOS CORRECTOS, LA CONSTRUCCIÓN CORRECTA DE GRÁFICOS Y EL MANEJO MATEMÁTICO DE ESOS DATOS PARA CALCULAR CANTIDADES FÍSICAS.**


**AL FINAL HAY HOJAS EXTRAS PARA CÁLCULOS, DE SER NECESARIO. SI EN UNA TAREA, DIGAMOS LA TAREA 4, USA HOJAS DE CÁLCULOS EXTRAS, NUMÉRELAS EN LA ESQUINA SUPERIOR DERECHA: W-4b, W-4c, ETC. , Y COLÓQUELAS A CONTINUACIÓN DE LA W-4a.**




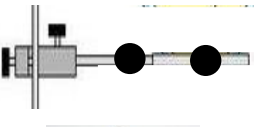
**MATERIALES:**




Cronómetro 

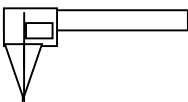
Nivel de burbujar 


Masa de 200 g 


Sostén S de regla y resorte 


Clip de presión para fijar la regla al sostén S 


Soporte largo para colgar el resorte

Vernier 

Resorte cónico que cuelga del sostén S 

Portapesas y pesas 

Pedazo de tape 

Alambre Indicador 

Regla 

Fig. 1

Enganche Metálico 

Cómo usar el Enganche Metálico para acoplar el tubo y el resorte

Carga acoplada

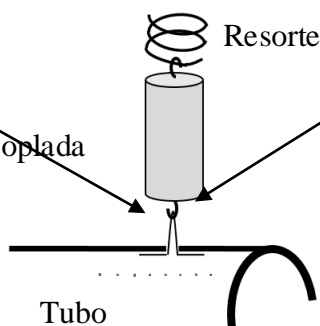
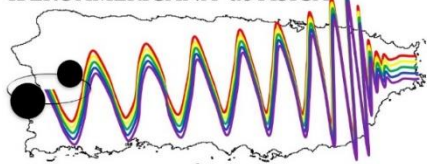


Fig. 2

Tubo

**XXIII** Olimpiada  
IBEROAMERICANA de FÍSICA



**Puerto Rico 2018**

**Prueba  
Experimental**

(en castellano)

**W-2a**



Cilindro



Resorte cónico



Dos soportes cortos  
para fijar ejes



Soporte largo para  
colgar el resorte



Varilla larga



Varilla corta



Nueces



Masa de 200 g



Sostén S de  
regla y resorte



Nivel  
de  
burbujas



Cinta  
adhesiva



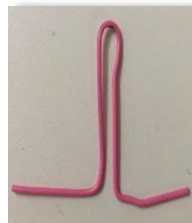
Portamasas  
y masas



Vernier



Cronómetro



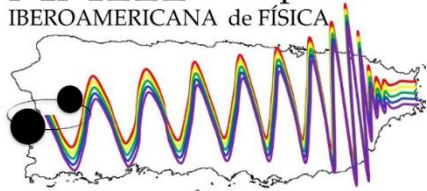
Enganche  
Metálico



Clip de presión  
para fijar la regla  
al sostén S



Alambre  
Indicador



RESULTADOS A REPORTAR

(HOJA DE COTEJO FINAL)

**TAREA 1-**

$$k = \underline{\quad 9.2 \text{ N/m} \quad}$$

**TAREA 2-**

$$k = \underline{\quad 9.2 \text{ N/m} \quad}$$

$$\delta k = \underline{\quad \pm 0.3 \text{ N/m} \quad}$$

$$m_{eq} = \underline{\quad 0.23 \text{ kg} \quad}$$

$$\delta m_{eq} = \underline{\quad \pm 0.02 \text{ kg} \quad}$$

**TAREA 3**

$$I_{x'x'} = \underline{\quad 0.001166 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I_{xx} = \underline{\quad 0.00058 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I_{xx,teor} = \underline{\quad 0.0057 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$Dif(\%)_{exp-teor} \text{ entre } I_{xx} \text{ e } I_{xx,teor} = \underline{\quad 1.7\% \quad}$$

$$I_{y'y'} = \underline{\quad 0.0197 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$\delta_{y'y'} = \underline{\quad 0.0003 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I_{yy} = \underline{\quad 0.0072 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I_{yy,teor} = \underline{\quad 0.0066 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$Dif(\%)_{exp-teor} \text{ entre } I_{yy} \text{ e } I_{yy,teor} = \underline{\quad 9\% \quad}$$

**TAREA 4-**

$$I_{t-r} = \underline{\quad 0.0534 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I_{eq} = \underline{\quad 0.034 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$\delta I_{eq} = \underline{\quad 0.004 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$I' = \underline{\quad 0.0373 \text{ kg m}^2 \quad}$$

$$\delta I' = \underline{\quad 0.0005 \text{ kg m}^2 \quad}$$

**TAREA 5-**

$$\lambda = \underline{\quad 0.020 \text{ s}^{-1} \quad}$$

De acuerdo con sus resultados, ¿puede considerar  $I_{eq} = I'$ ?

SON IGUALES: SUS INCERTIDUMBRES SE SOLAPAN

**HOJA DE DATOS; INCLUYA LA INCERTIDUMBRE DE CADA UNO.**

Masa  $m_r$  del resorte:  $0.101 \pm 0.001$  kg

Masa  $m_t$  del tubo:  $0.304 \pm 0.001$  kg

Longitud  $L$  del tubo:  $0.500 \pm 0.001$  m

Diámetro externo  $D_e$  del tubo: (0.088 y 0.090):  $0.089 \pm 0.001$  m

Diámetro interno  $D_i$  del tubo: (0.086 y 0.087):  $0.086 \pm 0.001$  m

Radio externo  $R_e$  del tubo:  $0.0445 \pm 0.0005$  m

Radio interno  $R_i$  del tubo:  $0.0435 \pm 0.0005$  m

Diámetro  $d$  de los orificios laterales:  $0.007 \pm 0.001$  m

Distancia  $s$  del borde del tubo al borde más cercano de un orificio lateral:  $0.048 \pm 0.001$  m

Distancia  $l$  del borde del tubo al centro del orificio lateral más próximo:  $0.050 \pm 0.001$  m

Distancia  $r$  del eje  $y'y'$  al eje  $z'z'$  (Fig. 4):  $0.407 \pm 0.001$  m

Distancia  $h$  del eje  $y'y'$  al centro del tubo:  $0.200 \pm 0.001$  m

(Si alguna de estas distancias requiere de varias mediciones, estime su error aleatorio)

EN LAS TABLAS DE MEDICIONES QUE SE INCLUYEN EN CADA TAREA NO TIENE QUE LLENAR TODAS LAS FILAS Y COLUMNAS QUE APARECEN: USE SOLAMENTE LAS QUE ESTIME NECESARIAS.



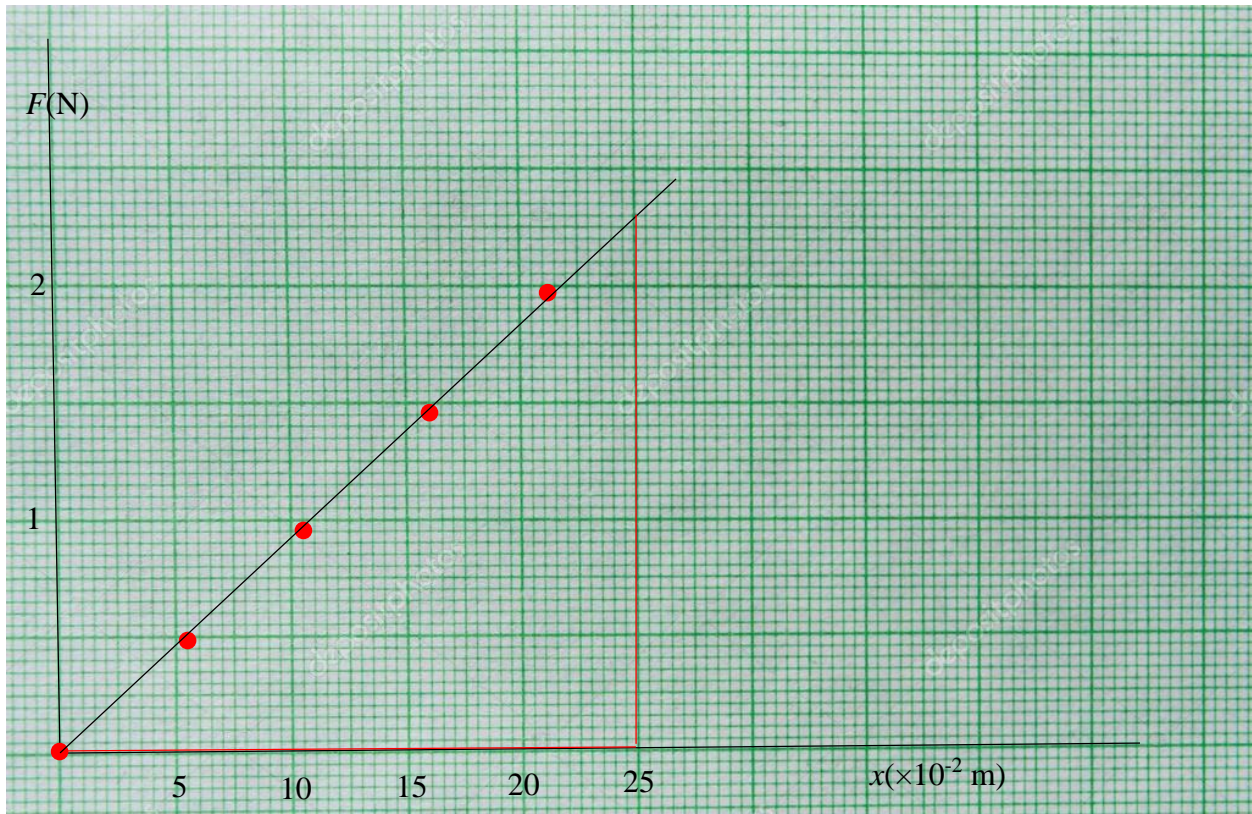
Puerto Rico 2018

TAREA 1-

Medida de  $k$  (método estático):

$m(\text{g})$	$x(\text{cm})$	$\Delta x(\text{cm})$	$mg(\text{N})$			
0	41.6	0	0			
50	46.7	5.1	0.484			
100	52.1	10.5	0.979			
150	57.5	15.9	1.457			
200	62.9	21.2	1.957			

GRÁFICO: (1)



$k = \Delta F / \Delta x = 2.3 / (25 \times 10^{-2}) = 9.2 \text{ N/m}$

.....  $k : (0.5)$

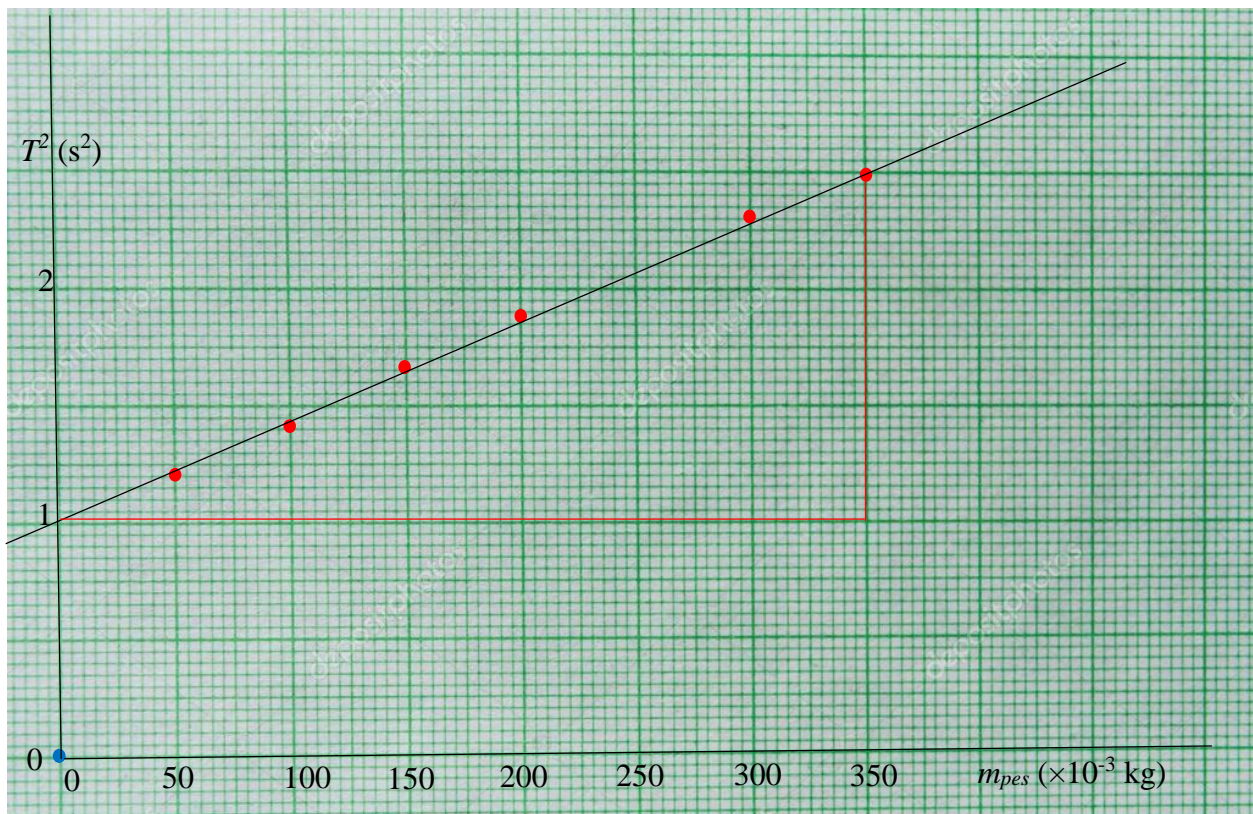


Puerto Rico 2018

TAREA 2-

Medida de  $m_{eq}$  y  $k$  (método dinámico): (Tiempo  $t$  de 10 oscilaciones)

$m$ (g)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$t_3$ (s)	$t_{avg}$ (s)	$T$ (s)	$T^2$ (s <sup>2</sup> )
50	10.97	11.00	10.94	10.97	1.097	1.203
100	11.97	12.03	11.97	11.99	1.999	1.438
150	12.93	12.94	12.96	12.94	1.294	1.674
200	13.72	13.69	13.62	13.68	1.368	1.871
300	15.28	15.21	15.28	15.26	1.526	2.327
350	15.81	15.81	15.84	15.82	1.582	2.503



$$2\pi/T = [k/m]^{1/2} = [k/(m_{pes} + m_{eq})]^{1/2}$$

$$T^2 = (4\pi^2/k) m_{pes} + (4\pi^2/k) m_{eq}$$

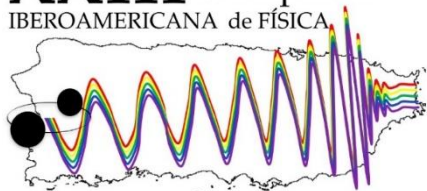
$$\text{Pendiente} = (2.5 - 1.0) / (0.350 - 0) = 4.286 = 4\pi^2/k ; k = 9.21 \text{ N/m}$$

$$\text{Intercepto} = 1.00 = (4\pi^2/k) m_{eq} ; m_{eq} = 0.233 \text{ kg}$$

Por propagación de errores (de las escalas gráficas):

$$\delta k = k [\delta m_{pes}/\Delta m_{pes} + \delta T^2/\Delta T^2] = 9.2(2/350 + 0.05/2.5) \approx 0.3 \text{ N/m}$$

$$\delta m_{eq} = m_{eq} [\delta k/k + \delta T^2/\text{interc}] = 0.233(0.3/9.2 + 0.05/1.0) \approx 0.02 \text{ kg}$$



**TAREA 3-**

Medida de  $I_{yy}$ : (Medidas de  $t$  en 10 oscilaciones)

$t$ (s)	$T$ (s)					
11.31	1.131					
11.35	1.135					
11.34	1.134					
11.32	1.132					
11.36	1.136					
			$T_{avg}$ (s)	$\delta T_{avg}$ (s)		
			1.134	$\pm 0.003$		

$$I_{y'y'} = mghT^2/(4\pi^2) = 0.304 \times 9.786 \times 0.203 \times 1.134^2 / (4\pi^2) = 0.0197 \text{ kg m}^2 \quad (h = 0.200 + 0.003 \text{ m})$$

$$I_{yy} = I_{y'y'} - mh^2 = 0.0197 - 0.304 \times 0.203^2 = 0.0072 \text{ kg m}^2 \approx 0.007 \text{ kg m}^2$$

$$I_{yy \text{ teor}} = 1/4 m(R_e^2 + R_i^2 + L^2/2) = 0.25 \times 0.304(0.044^2 + 0.043^2 + 0.500^2/3)$$

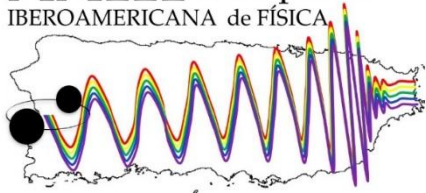
$$I_{yy \text{ teor}} = 0.0066 \text{ kg m}^2 \approx 0.007 \text{ kg m}^2$$

$$\delta I_{y'y'} = I_{y'y'} (\delta m/m + \delta g/g + \delta h/h + 2\delta T/T) =$$

$$= 0.0194(0.001/0.304 + 0 + 0.001/0.203 + 2 \times 0.003/1.134) = 0.0003 \text{ kg m}^2$$

$$Dif(\%) = (6/66) \times 100 = 9\%$$





TAREA 4-

Medida de  $I_{eq}$ : (Medidas de  $t$  en 10 oscilaciones)

$t$ (s)	$T$ (s)				$\delta T_{avg}$ (s)		
12.10	1.210						
11.88	1.188						
12.00	1.200						
11.91	1.191						
11.97	1.197						
				$T_{avg}$ (s)	$\delta T_{avg}$ (s)		
				1.197	$\pm 0.013$		

$$I_{t-r} = kr^2T^2/(4\pi^2) = 9.2 \times 0.400^2 \times 0.200 \times 1.197^2 / (4\pi^2) = 0.0534 \text{ kg m}^2$$

Pero:  $I_{t-r} = I_{y'y'} + I_{eq}$

$$I_{eq} = I_{t-r} - I_{y'y'} = 0.0534 - 0.0197 = 0.0337 \text{ kgm}^2 = 0.034 \text{ kg m}^2 \quad (I_{y'y'} = 0.0197 - 0.0004)$$

$$\delta I_{t-r} = I_{t-r}(\delta k/k + 2\delta r/r + 2\delta T/T) =$$

$$\delta I_{t-r} = 0.0534(0.3/9.2 + 2 \times 0.003/0.400 + 2 \times 0.013/1.197) \approx 0.004 \text{ kg m}^2$$

$$\delta I_{eq} = \delta I_{t-r} + \delta I_{y'y'} = 0.004 + 0.0003 \approx 0.004 \text{ kg m}^2$$

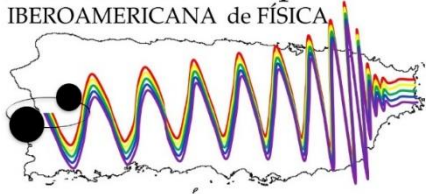
$$I'_{eq} = m_{eq}r^2 = 0.233 \times 0.400^2 = 0.0373 \text{ kg m}^2 = 0.0373 \text{ kg m}^2$$

$$\delta I'_{eq} = I'_{eq}(\delta m_{eq}/m_{eq} + 2\delta r/r) = 0.037(0.002/0.233 + 2 \times 0.001/0.400) = 0.0005 \text{ kg m}^2$$

$$I'_{eq} = 0.0373 \pm 0.0005 \text{ kg m}^2$$

$$0.030 < I_{eq} < 0.038 \quad \text{y} \quad 0.0368 < I'_{eq} < 0.0378$$

Los dos valores coinciden dentro de sus márgenes de incertidumbres.



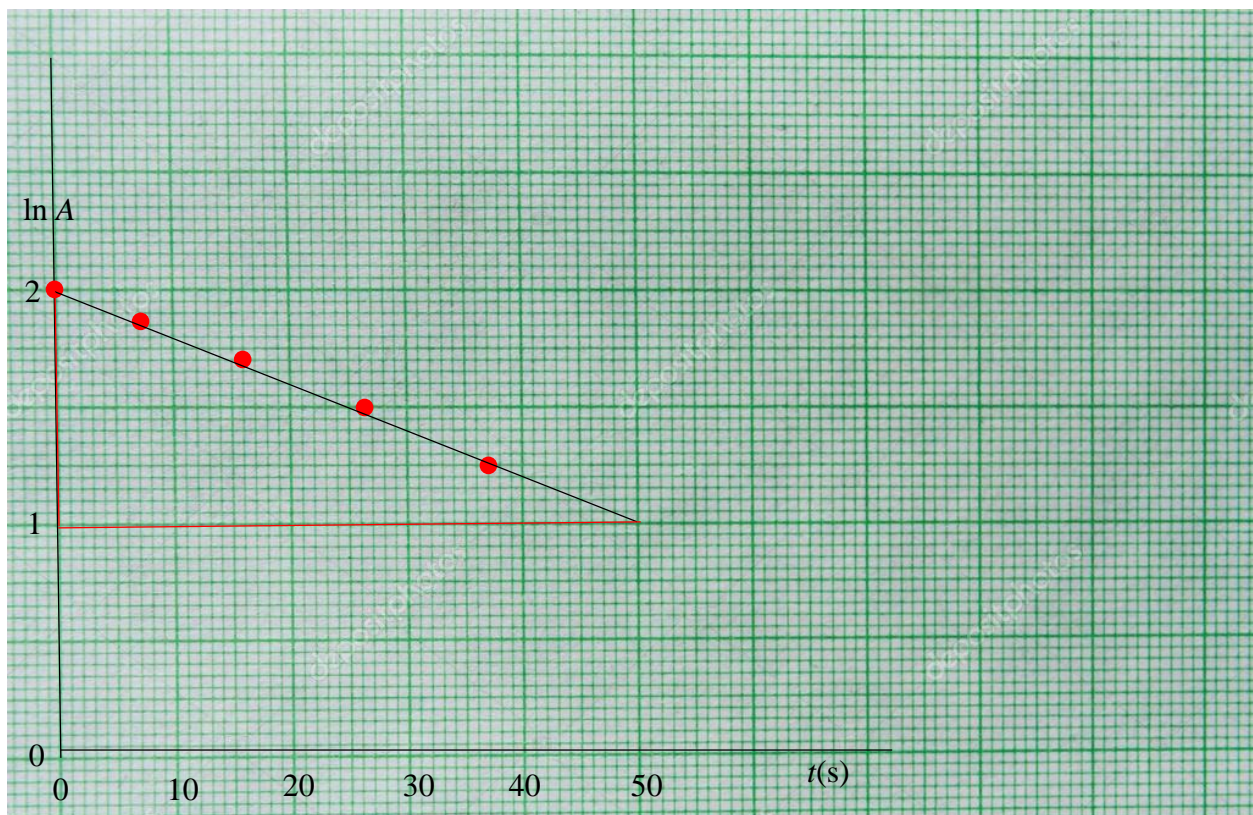
**TAREA 5-**

**Medida de  $\lambda$ .**

Posición de equilibrio en la regla:  $x_o =$  30.5 cm

$x(\text{cm})$	$t_1(\text{s})$	$t_2(\text{s})$	$t_3(\text{s})$	$t_{\text{avg}}(\text{s})$	$A(\text{cm})$	$\ln A$
38	0	0	0	0	7.5	2.01
37	8.28	6.19	7.35	7.2	6.5	1.87
36	17.47	14.35	15.78	15.8	5.5	1.70
35	26.51	26.66	25.36	26.2	4.5	1.50
34	37.50	36.75	36.41	36.9	3.5	1.25

$\lambda =$  0.020 s<sup>-1</sup>



$\lambda = (2 - 1) / (50 - 0) = 1/50 = 0.020 \text{ s}^{-1}$

$A = 7.5(\text{cm}) e^{-.020t}$