



# Introducción Parte IV

Enrique E. Tarifa, Facultad de Ingeniería, UNJu

# Modelos empíricos vs. teóricos

# Modelos empíricos vs. teóricos

## Modelos empíricos

- Consideran la relación entradas-salidas.
- No explican el proceso.
- Requieren numerosos datos.
- El rango de validez está restringido al dominio de los datos.
- No pueden extrapolar.
- Si el sistema se modifica, pierden validez.

## Modelos teóricos

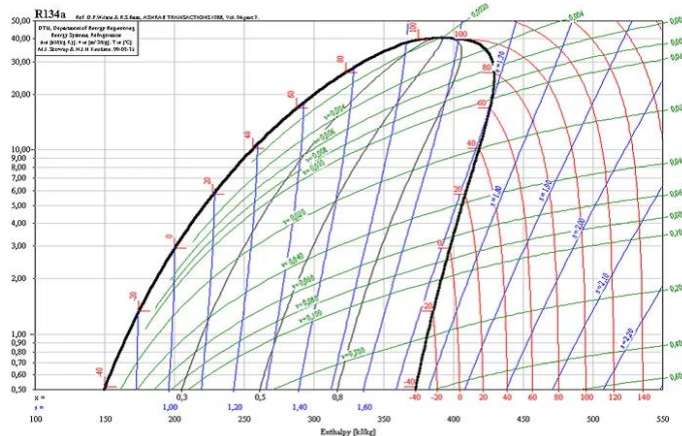
- Consideran los primeros principios.
- Explican el proceso.
- Requieren menos datos.
- Pueden extrapolar.
- El rango de validez está dado por el dominio de las leyes físico-químicas.
- Si el sistema se modifica, generalmente, siguen siendo válidos.
- No siempre es posible o conveniente desarrollarlos.

# Modelos empíricos vs. teóricos

## Modelos empíricos

- Tablas experimentales
- Gráficos
- Funciones:  $\pi_0 = \pi_1^{p_1} \pi_2^{p_2} \pi_3^{p_3} \dots \pi_n^{p_n}$

Diagrama de Molliere



## Modelos teóricos

- Modelo de espacio de estados

$$V \frac{dC_A}{dt} = F_0(C_{A0} - C_A) - Vr$$

$$V \frac{dC_B}{dt} = F_0(C_{B0} - C_B) - Vr$$

$$V \frac{dC_C}{dt} = F_0(C_{C0} - C_C) + Vr$$

$$V \frac{dC_M}{dt} = F_0(C_{M0} - C_M)$$

$$V C_p \frac{dT}{dt} = F_0 C_0 C_p (T_0 - T) + Vr(-\Delta H) - Q$$

$$r = kC_A$$

$$k = \alpha e^{-\frac{E}{RT}}$$

$$Q = UA\Delta T_{ml}$$

$$Q = N_{s0} C_{p,s0} (T_s - T_{s0})$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{(T - T_{s0}) - (T - T_s)}{\ln\left(\frac{T - T_{s0}}{T - T_s}\right)}$$

$$C = \sum_{j=A,B,C,M} C_j$$

$$x_j = \frac{C_j}{C} \quad j = A, B, C, M$$

# Modelos empíricos

# Conductividad del germanio

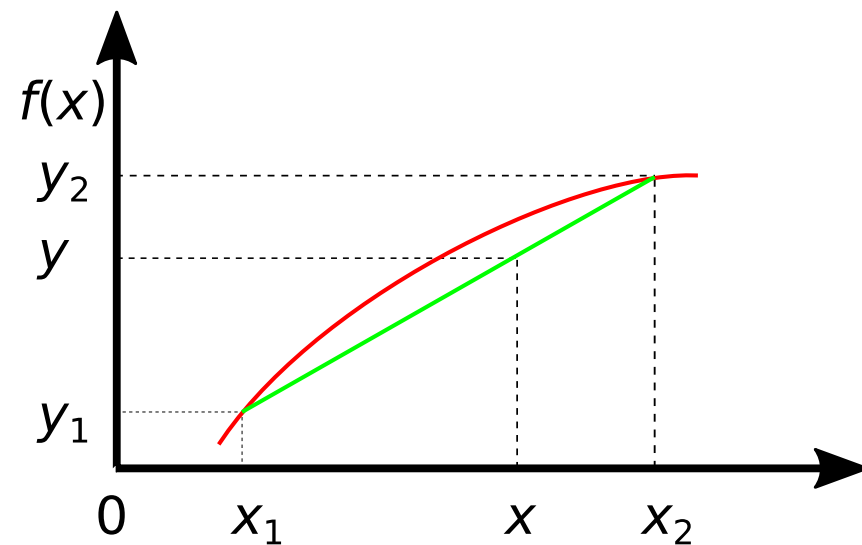
$T$ (K)	$\sigma_{\text{Ge}}$ ( $10^{-4}$ S/cm)
400	0.05
500	0.10
600	0.20
700	0.40
800	1.00
900	2.00
1000	4.00



# Interpolación lineal

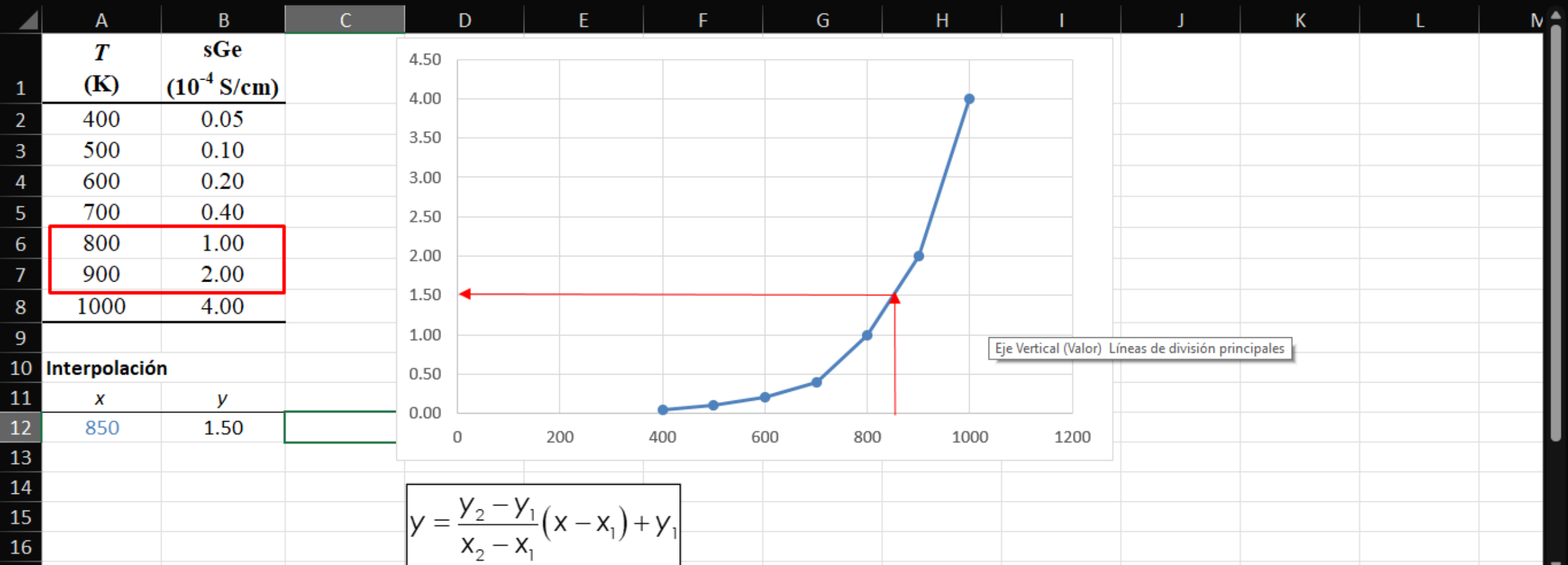
- Interpolación lineal

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$



Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

C12 fx





Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

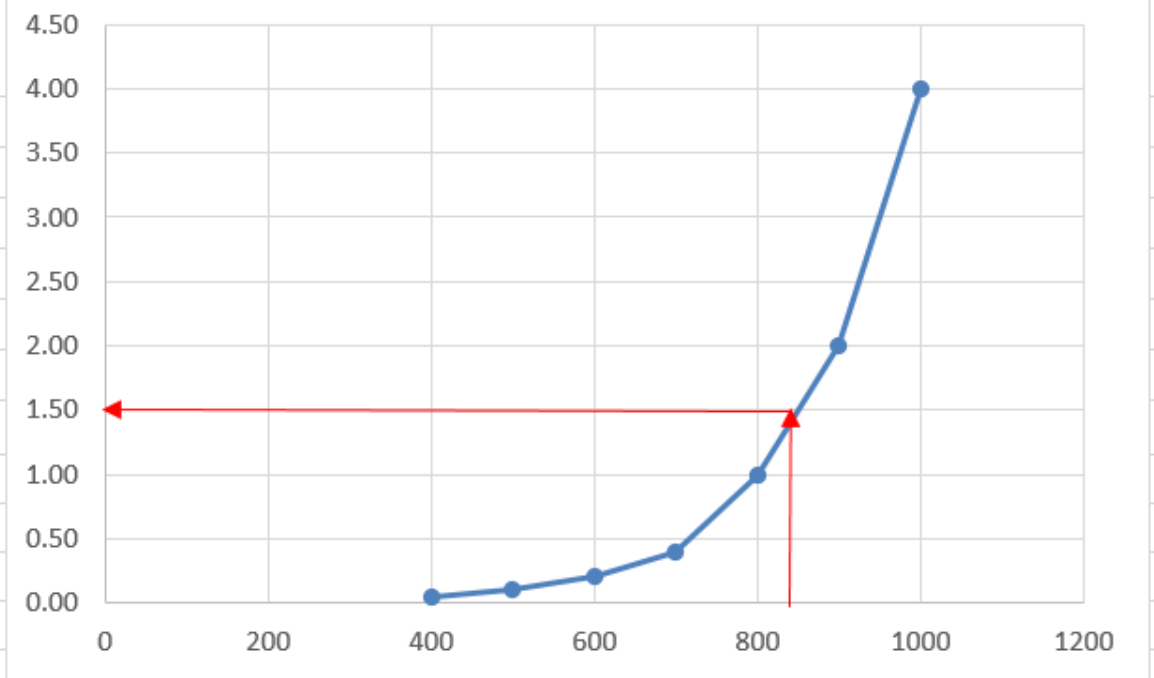
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

B12 = (B7-B6)/(A7-A6)\*(A12-A6)+B6

T (K)	sGe (10 <sup>-4</sup> S/cm)
400	0.05
500	0.1
600	0.2
700	0.4
800	1
900	2
1000	4

Interpolación	
x	y
850	= (B7-B6)/(A7-A6)*(A12-A6)+B6



$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) + y_1$$

# Regresión

Datos

x	y
$x_1$	$y_1$
$x_2$	$y_2$
$x_3$	$y_3$
...	...
$x_n$	$y_n$

Modelo

$$P(x) = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j x^j$$

$$\min_a \sum_{i=1}^n (y_i - P(x_i))^2$$

El modelo puede ser una  $f(x)$

Redes neuronales

Conductividad Ge – Regresión.xlsx

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

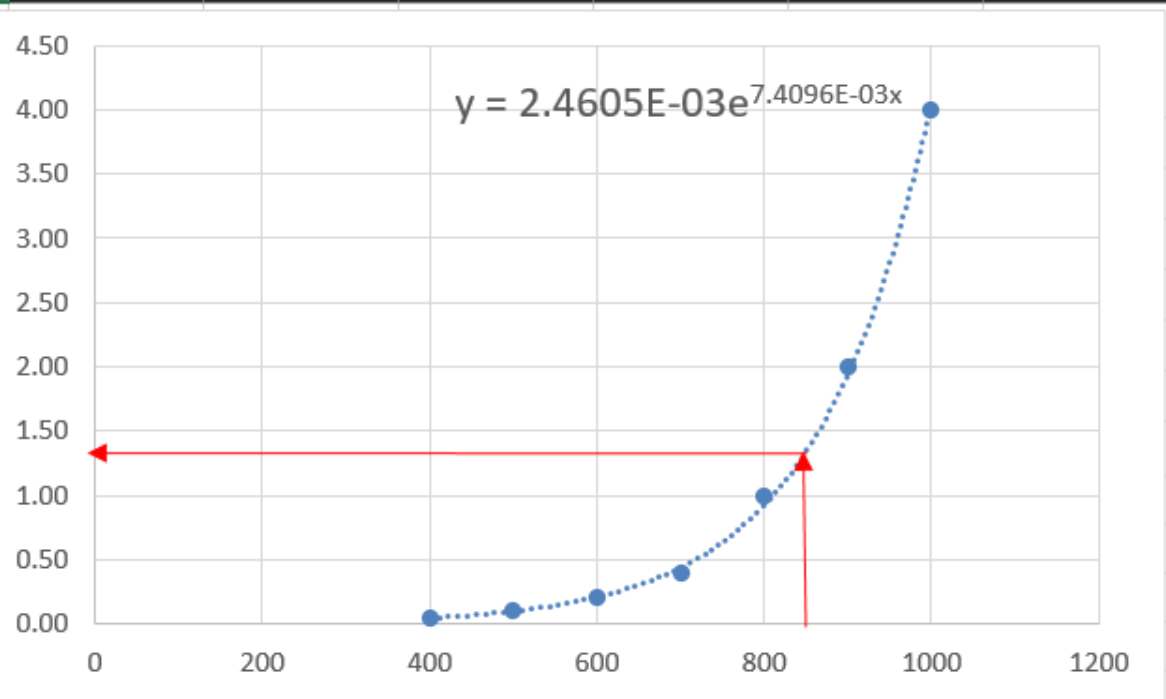
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

C12

	A	B
	T (K)	sGe (10 <sup>-4</sup> S/cm)
1		
2	400	0.05
3	500	0.10
4	600	0.20
5	700	0.40
6	800	1.00
7	900	2.00
8	1000	4.00

Regresión	
x	y
850	1.34



$$y = a \exp(bx)$$

$$y = 2.4605 \times 10^{-3} \exp(7.4096 \times 10^{-3} x)$$

Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

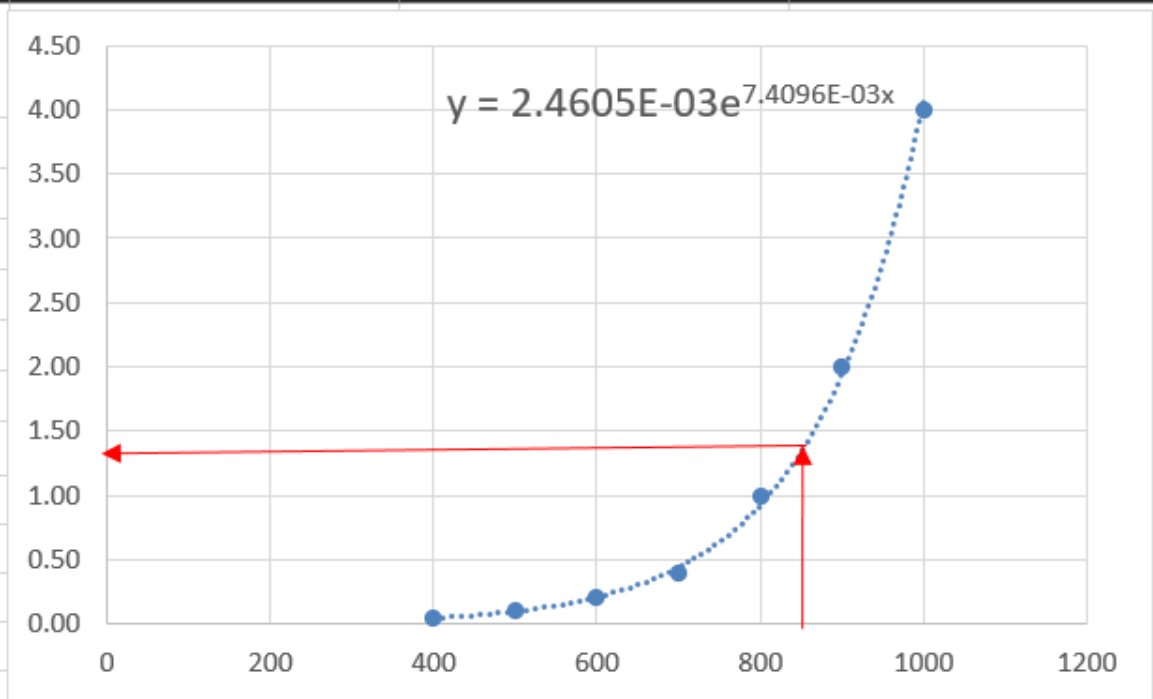
Comentarios Compartir

Calibri 11 Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

B12 =0.0024605\*EXP(0.0074096\*A12)

T (K)	sGe (10 <sup>-4</sup> S/cm)
400	0.05
500	0.1
600	0.2
700	0.4
800	1
900	2
1000	4

Regresión	x	y
	850	=0.0024605*EXP(0.0074096*A12)



$$y = a \exp(bx)$$

$$y = 2.4605 \times 10^{-3} \exp(7.4096 \times 10^{-3} x)$$

# Errores

Función como base

$$E = y - y(x)$$

$$E_R = \frac{y - y(x)}{y(x)}$$

$$E\% = 100 \frac{y - y(x)}{y(x)}$$

Datos como base

$$E = y(x) - y$$

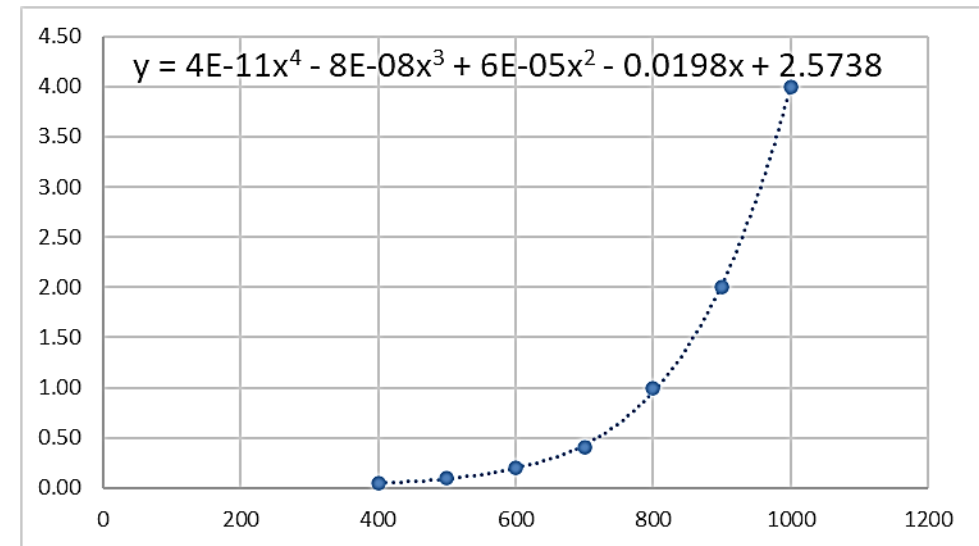
$$E_R = \frac{y(x) - y}{y}$$

$$E\% = 100 \frac{y(x) - y}{y}$$

# Cifras significativas

$T$ (K)	$S_{Ge}$ ( $10^{-4}$ S/cm)	$\sigma_{Ge}(T)$	<i>Error %</i>
400	0.05	0.1578	215.60
500	0.10	0.1738	73.80
600	0.20	0.1978	-1.10
700	0.40	0.2778	-30.55
800	1.00	0.5578	-44.22
900	2.00	1.2778	-36.11
1000	4.00	2.7738	-30.66

$$=(C2-B2)/B2*100$$



$$=4E-11*A2^4-8E-8*A2^3+6E-5*A2^2-1.98E-2*A2+2.5738$$

# Cifras significativas

## Definición

- Las cifras significativas son las que aportan alguna información.
- El 0 a la izquierda no es significativo.
- El 0 antes del punto decimal es ambiguo.
- Notación científica:  $\#.#####E##$ 
  - $3.56E5 = 3.56 \times 10^5$
- c. s. = decimales + 1

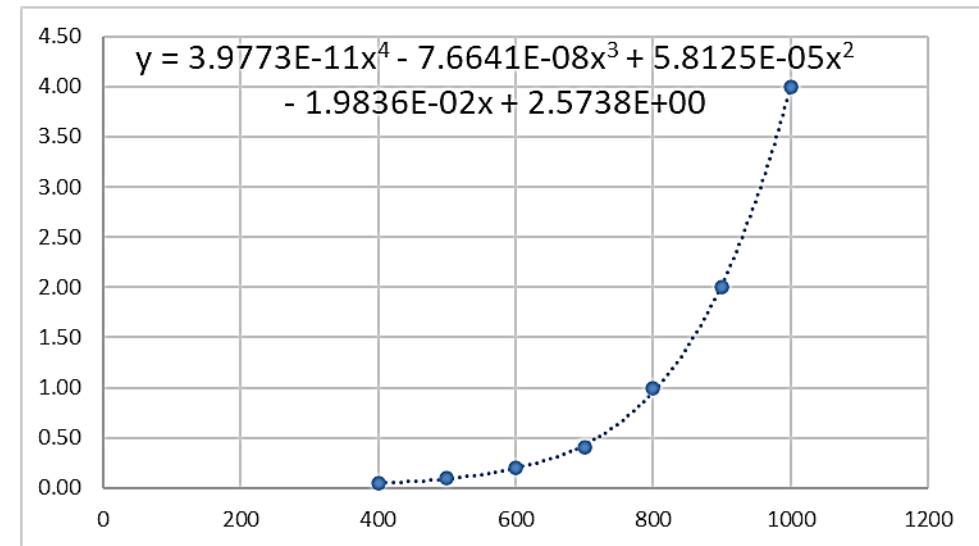
## Ejemplos con 4 c. s.

General	Científica
1234	$1.234 \times 10^3$
1.234	$1.234 \times 10^0$
0.01234	$1.234 \times 10^{-2}$
1003	$1.003 \times 10^3$
1234000	$1.234 \times 10^5$
1200	$1.200 \times 10^3$

# Cifras significativas

$T$ (K)	$S_{Ge}$ ( $10^{-4}$ S/cm)	$\sigma_{Ge}(T)$	<i>Error %</i>
400	0.05	0.0526	5.13
500	0.10	0.0927	-7.26
600	0.20	0.1973	-1.34
700	0.40	0.4315	7.87
800	1.00	0.9558	-4.42
900	2.00	2.0264	1.32
1000	4.00	3.9948	-0.13

$$=(C2-B2)/B2*100$$



$$=3.9773E-11*A2^4-7.6641E-8*A2^3+5.8125E-5*A2^2-1.9836E-2*A2+2.5738$$



# Cifras significativas

$$=3.9773E-11x^4-7.6641E-8x^3+5.8125E-5x^2-1.9836E-2x+2.5738$$

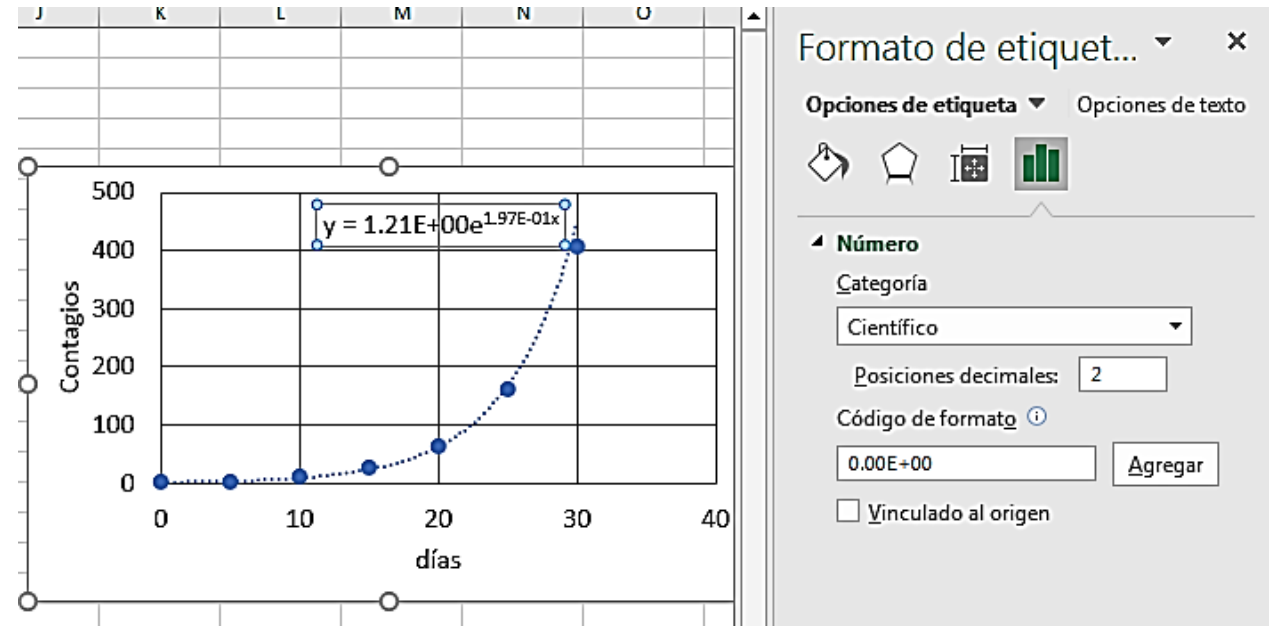


Buscar:	x
Reemplazar:	"A2"

$$=3.9773E-11*A2^4-7.6641E-8*A2^3+5.8125E-5*A2^2-1.9836E-2*A2^+2.5738$$

# Regresión

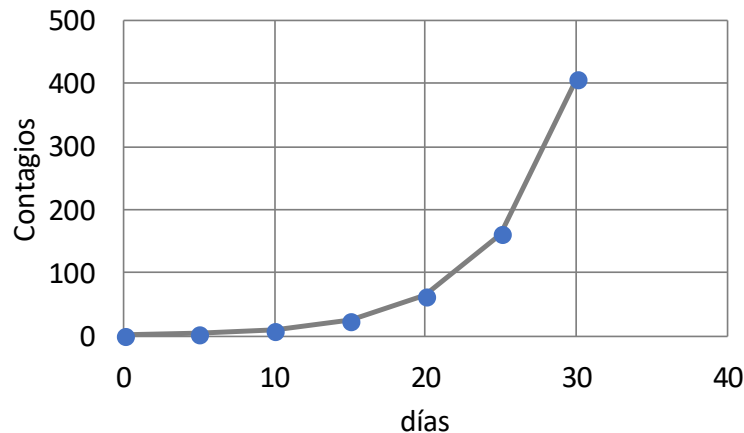
- Línea de tendencia en Excel
- Dar formato científico a los coeficientes:
  - c. s. = decimales + 1
- Coeficiente de determinación  $R^2$ :
  - Está entre 0 y 1.
  - $$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (f(x_i) - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{Var(F)}{Var(Y)}$$



# Interpolación vs. regresión

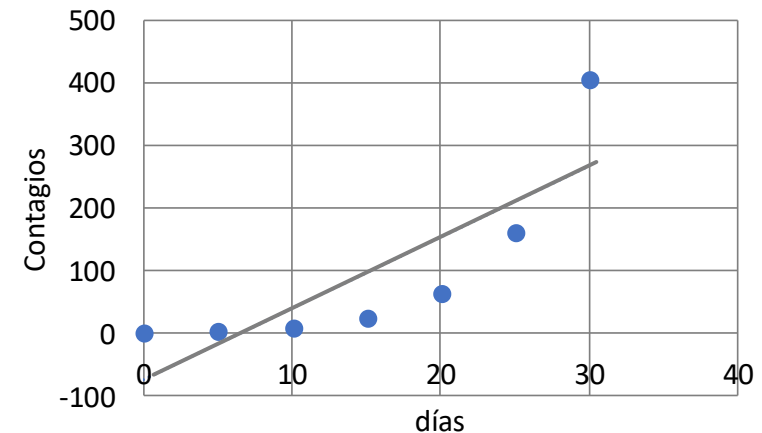
## Interpolación

- Supone que los datos no tienen error.
- Los errores afectan.
- Emplea datos cercanos.
- Fórmula sencilla.



## Regresión

- Considera que los datos tienen error.
- Los errores son atenuados.
- Emplea todos los datos.
- Fórmulas complejas.



# Modelos teóricos

# Calentador de agua

## Modelo empírico

V (V)	I (A)
0	0.00
1	0.18
2	0.37
3	0.54
4	0.78
5	1.14
6	1.37
7	1.43
8	1.57
9	1.94
10	1.85
11	2.04
12	2.62

## Sistema



Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

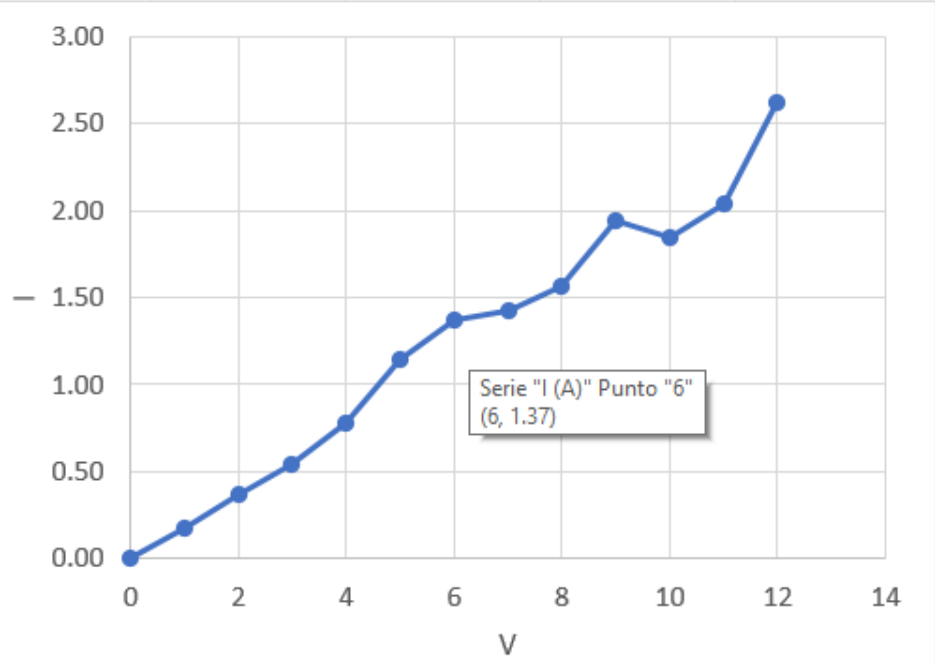
Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

J3 fx

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	V (V)	I (A)											
2	0	0.00											
3	1	0.18											
4	2	0.37											
5	3	0.54											
6	4	0.78											
7	5	1.14											
8	6	1.37											
9	7	1.43											
10	8	1.57											
11	9	1.94	y1 = a*x1+b										
12	10	1.85	y2 = a*x2+b										
13	11	2.04											
14	12	2.62											
15			$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$										
16													
17													
18													



Datos		Interpolación	
V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
9	1.94	9.5	1.90
10	1.85		



Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Formato condicional Dar formato como tabla Estilos de celda Estilos

Insertar Eliminar Formato Celdas

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Edición

Complementos Analizar datos

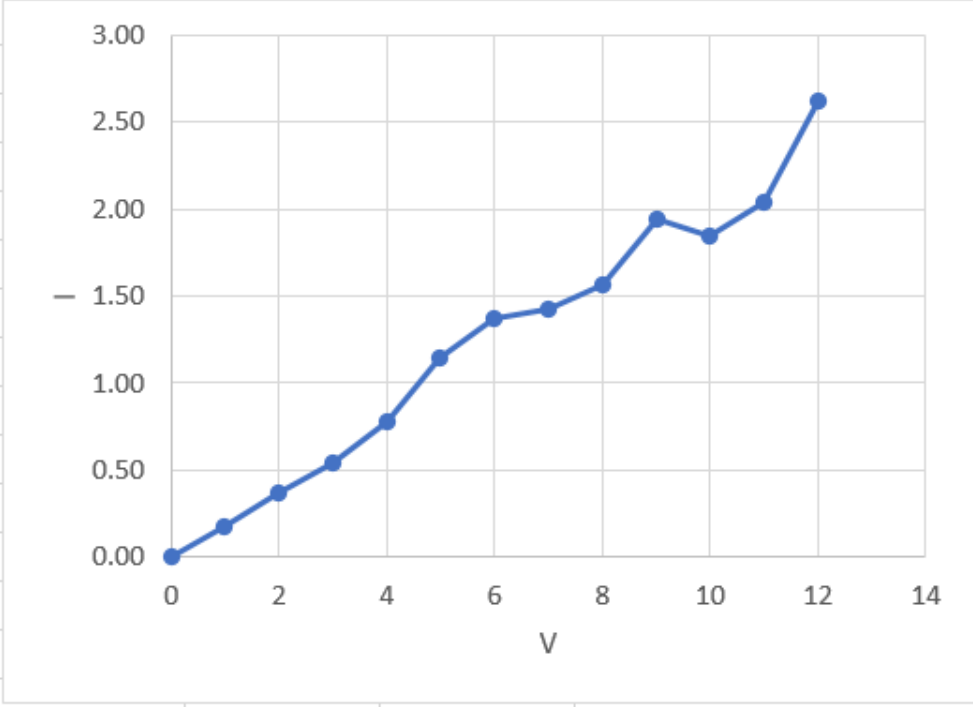
I3 =(G4-G3)/(F4-F3)\*(H3-F3)+G3

	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62



$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$


Datos		Interpolación	
V (V)	I (A)	V (V)	I (A)
9	1.94	9.5	$=(G4-G3)/(F4-F3)*(H3-F3)+G3$
10	1.85		



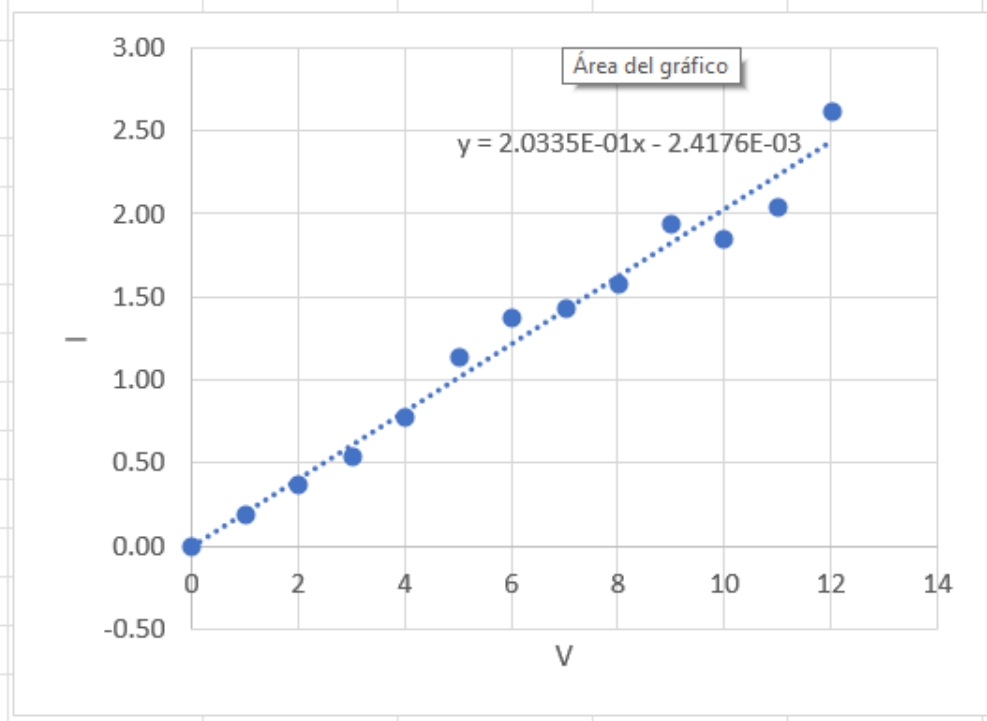
Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda Comentarios Compartir

Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

H3 fx

	A	B	C	D	E
1	V (V)	I (A)			
2	0	0.00			
3	1	0.18			
4	2	0.37			
5	3	0.54			
6	4	0.78			
7	5	1.14			
8	6	1.37			
9	7	1.43			
10	8	1.57			
11	9	1.94			
12	10	1.85			
13	11	2.04			
14	12	2.62			

Regresión	
V (V)	I (A)
9	1.83






Archivos Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

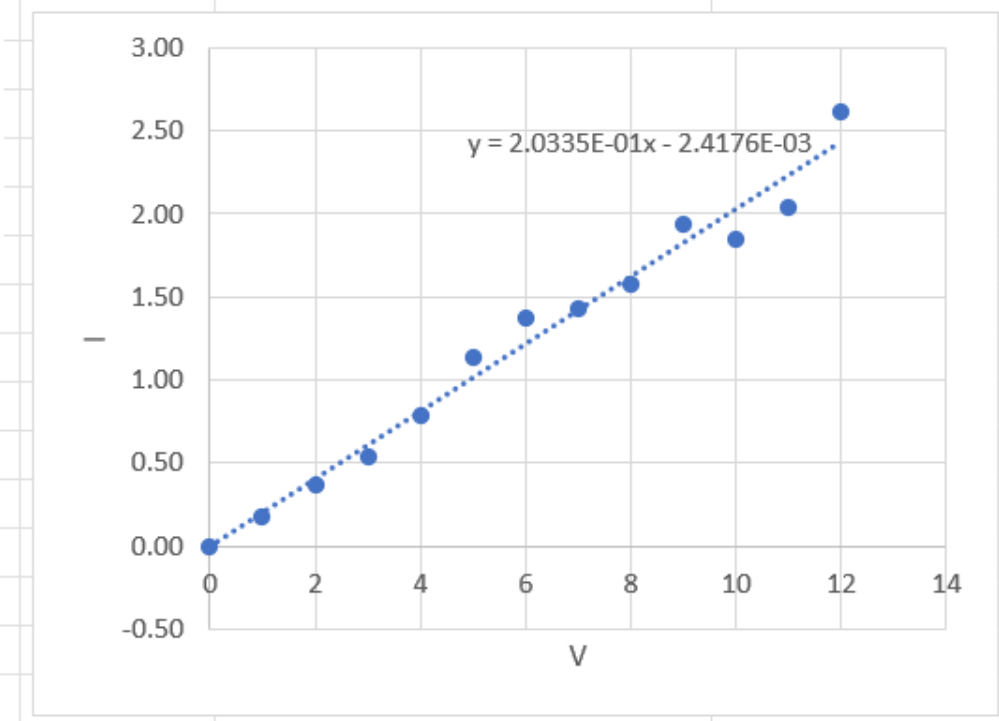
Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

G3 :  $= 0.20335 * F3 - 0.0024176$

	A	B	C	D	E
1	V (V)	I (A)			
2	0	0			
3	1	0.18			
4	2	0.37			
5	3	0.54			
6	4	0.78			
7	5	1.14			
8	6	1.37			
9	7	1.43			
10	8	1.57			
11	9	1.94			
12	10	1.85			
13	11	2.04			
14	12	2.62			
15					
16					
17					
18					

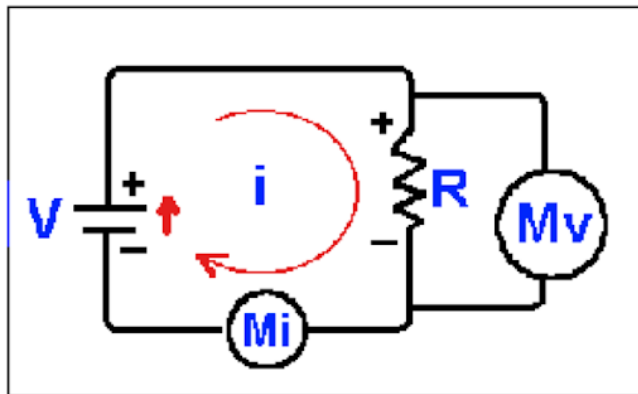
**Regresión**

V (V)	I (A)
9	$= 0.20335 * F3 - 0.0024176$



# Calentador de agua

Modelo teórico



$$I = \frac{V}{R} = aV$$

Sistema




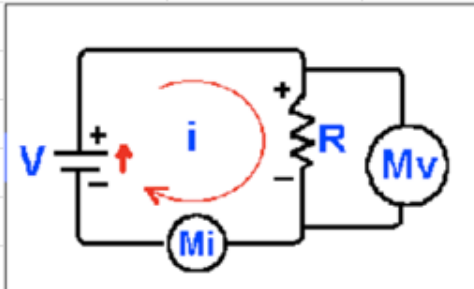
Archivos Inicio Insertar Disposición de página **Fórmulas** Datos Revisar Vista Programador Ayuda

Comentarios Compartir

Insertar función  $\Sigma$  Autosuma  $\mathcal{L}$  Lógicas  $\mathcal{P}$  Python  $\mathcal{R}$  Restablecer  $\mathcal{D}$  Diagnósticos  $\mathcal{I}$  Inicialización Python (versión preliminar)  $\mathcal{A}$  Asignar nombre  $\mathcal{U}$  Utilizar en la fórmula  $\mathcal{C}$  Crear desde la selección  $\mathcal{R}$  Rastrear precedentes  $\mathcal{R}$  Rastrear dependientes  $\mathcal{Q}$  Quitar flechas  $\mathcal{V}$  Ventana Inspección  $\mathcal{O}$  Opciones para el cálculo  $\mathcal{C}$  Cálculo

H3  $\times$   $\checkmark$   $f_x$

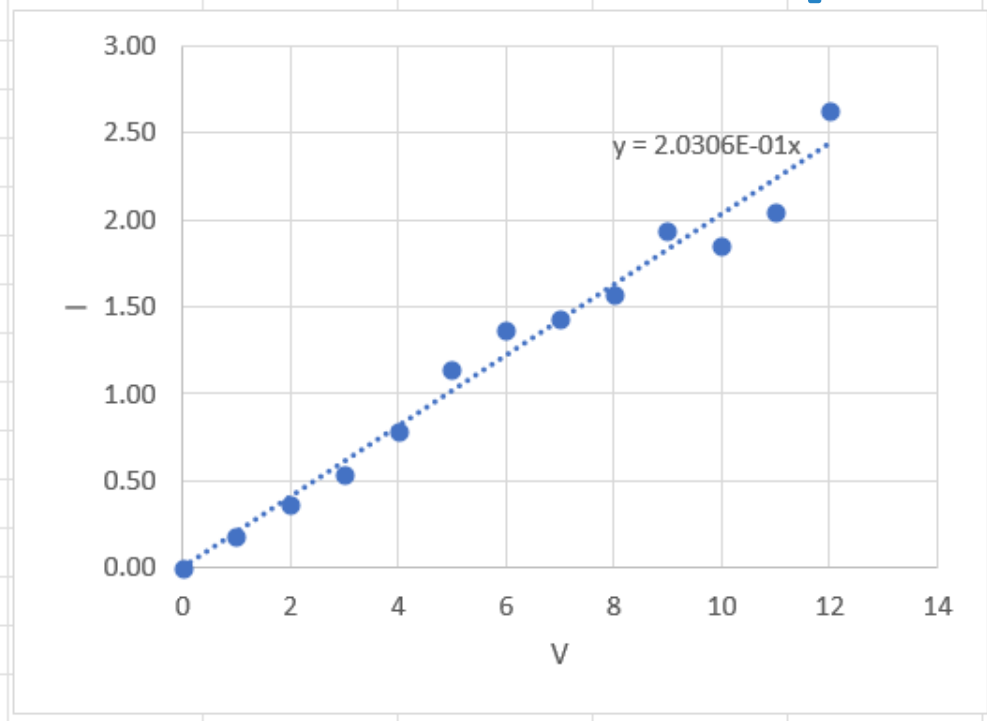
	A	B	C	D	E
1	V (V)	I (A)			
2	0	0.00			
3	1	0.18			
4	2	0.37			
5	3	0.54			
6	4	0.78			
7	5	1.14			
8	6	1.37			
9	7	1.43			
10	8	1.57			
11	9	1.94			
12	10	1.85			
13	11	2.04			
14	12	2.62			
15					
16	$I = \frac{V}{R}$	$I = aV$			
17					
18					



**Modelo teórico**

V (V)	I (A)
20	4.06

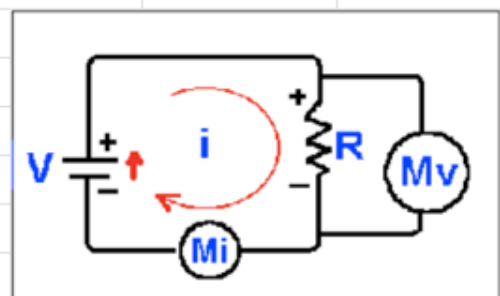
Extrapolación



Portapapeles Fuente Alineación Número Estilos Celdas Edición Complementos Analizar datos

G3 =0.20306\*F3

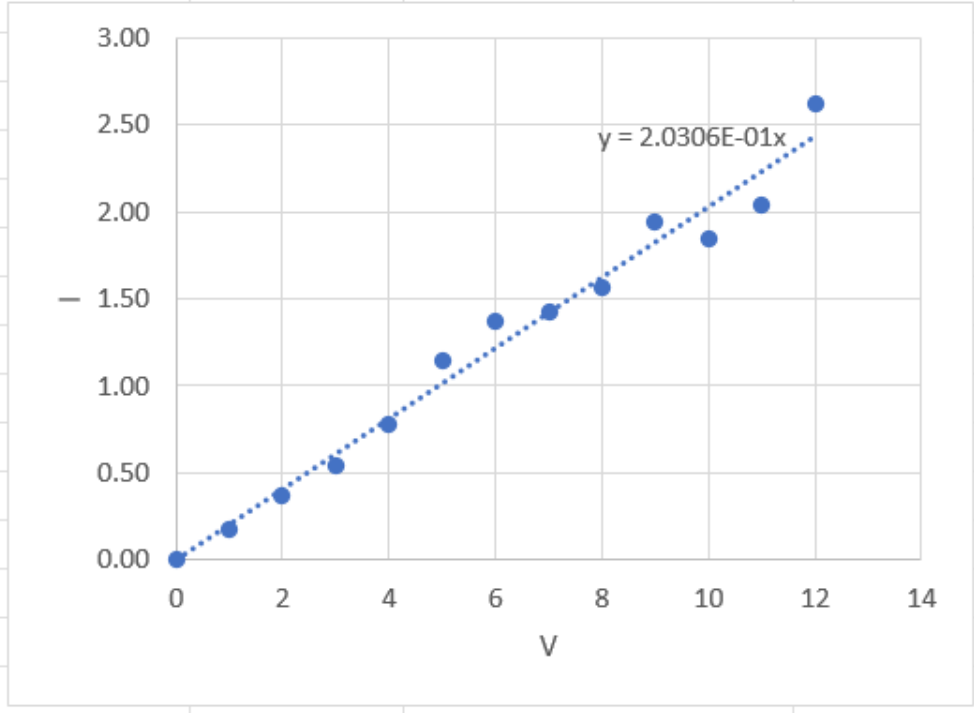
	A	B
1	V (V)	I (A)
2	0	0
3	1	0.18
4	2	0.37
5	3	0.54
6	4	0.78
7	5	1.14
8	6	1.37
9	7	1.43
10	8	1.57
11	9	1.94
12	10	1.85
13	11	2.04
14	12	2.62



$$I = \frac{V}{R}$$

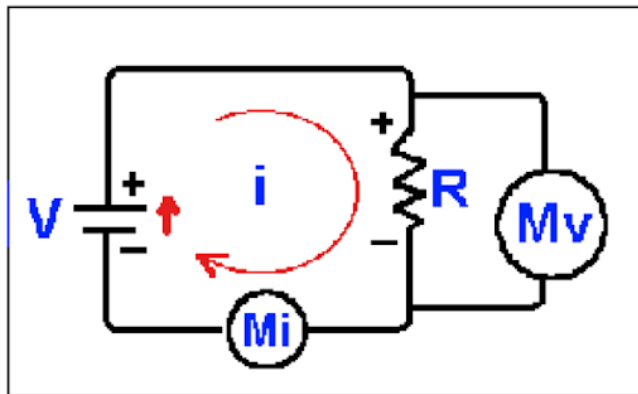
$$I = aV$$

Modelo teór	
V (V)	I (A)
20	=0.20306*F3



# Calentador de agua

Modelo teórico



$$I = \frac{V}{R} = aV$$

Sistema



Si se conecta otra resistencia igual en serie o en paralelo, no es necesario modificar el modelo.

# Tunguska, 1908



[Incidente Tunguska](#)

[Simulación](#)

# Meteoroides

- Un meteoroides es una pieza de roca o de restos metálicos que viaja en el espacio exterior.



# NEO Earth Close Approaches

Home About Orbits Close Approaches Impact Risk Planetary Defense Discovery Statistics Tools Extras

HOME -> CLOSE APPROACHES -> NEOS

Show 10 entries

Showing 51 to 60 of 137 entries

Search: Search object

Object	Close-Approach (CA) Date	CA Distance Nominal (LD   au)	CA Distance Minimum (LD   au)	V relative (km/s)	V infinity (km/s)	H (mag)	Estimated Diameter
<a href="#">(2020 NN)</a>	2020-Jul-25 12:56 ± < 00:01	16.22   0.04167	16.17   0.04155	10.13	10.12	24.6	32 m - 71 m
<a href="#">(2018 GO4)</a>	2020-Jul-25 15:20 ± < 00:01	11.79   0.03029	11.79   0.03029	9.07	9.06	24.5	33 m - 75 m
<a href="#">(2020 OW5)</a>	2020-Jul-25 18:07 ± < 00:01	2.41   0.00618	2.40   0.00615	7.48	7.42	26.2	16 m - 35 m
<a href="#">(2020 OY5)</a>	2020-Jul-26 04:07 ± < 00:01	9.05   0.02325	9.01   0.02316	18.87	18.87	23.7	48 m - 110 m
<a href="#">(2020 OA5)</a>	2020-Jul-27 07:25 ± 00:14	16.70   0.04292	16.63   0.04273	10.22	10.21	26.8	11 m - 26 m
<a href="#">(2020 OO1)</a>	2020-Jul-27 15:23 ± < 00:01	1.74   0.00447	1.74   0.00447	7.27	7.19	26.4	14 m - 31 m
<a href="#">(2020 NZ)</a>	2020-Jul-28 00:54 ± < 00:01	8.21   0.02111	8.14   0.02091	7.80	7.78	25.3	23 m - 52 m
<a href="#">(2020 OE2)</a>	2020-Jul-28 03:04 ± < 00:01	4.47   0.01148	4.47   0.01147	2.91	2.83	27.0	10 m - 23 m
<a href="#">(2020 OY4)</a>	2020-Jul-28 05:30 ± < 00:01	0.11   0.00028	0.11   0.00028	12.39	11.59	30.2	2.4 m - 5.5 m
<a href="#">(2020 PY)</a>	2020-Jul-28 17:55 ± 00:07	15.93   0.04094	15.74   0.04044	10.45	10.44	25.7	19 m - 43 m

Print CSV Excel

Previous 1 ... 5 **6** 7 ... 14 Next

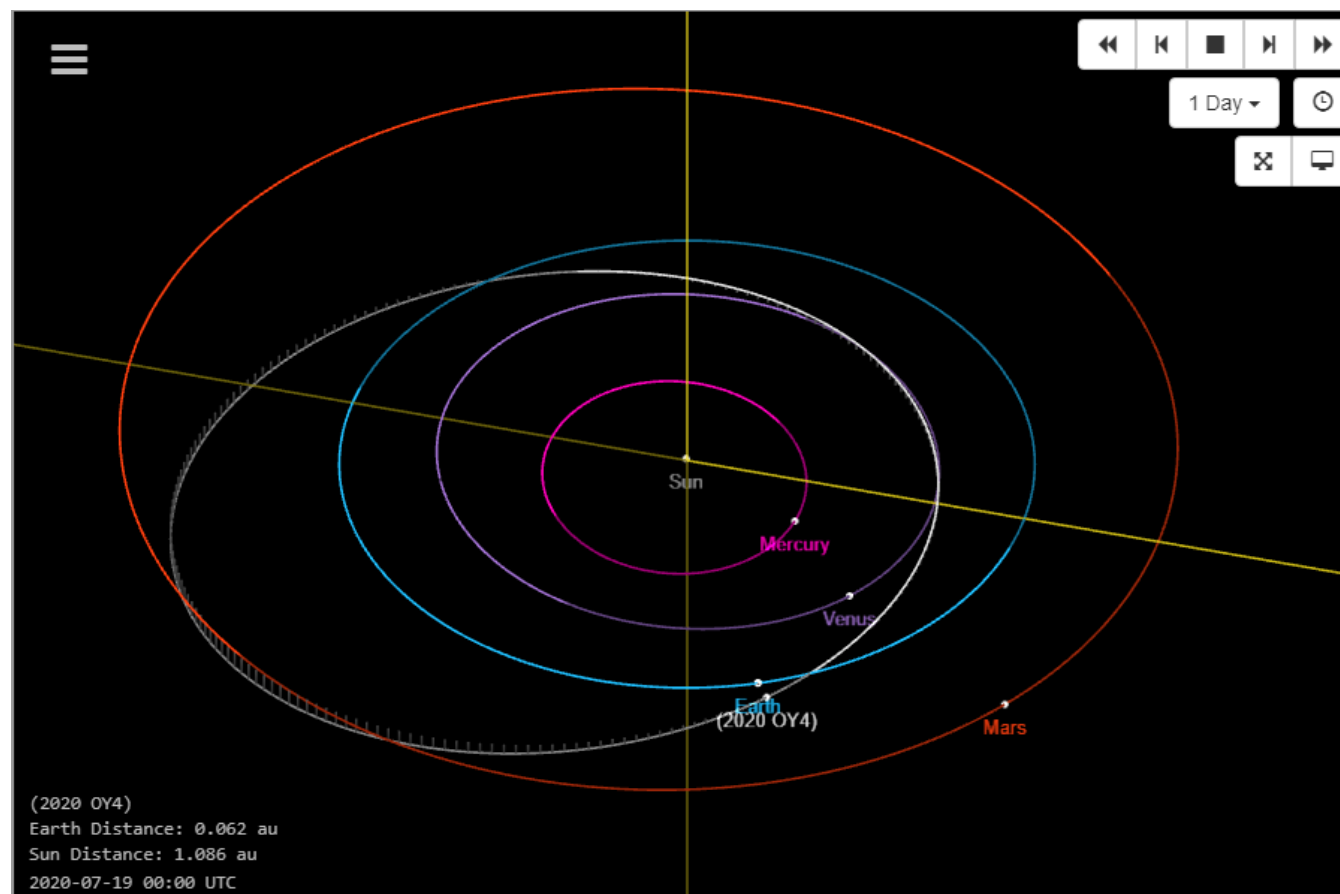
Use the "Print" button above to print data contained in this table. Use the "CSV" or "Excel" buttons to download the data for use in your spreadsheet program. Allow a few seconds for downloads of large datasets.

Machine-readable data are available. See the [API document](#) for details.

<https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/>



# 2020 OY4



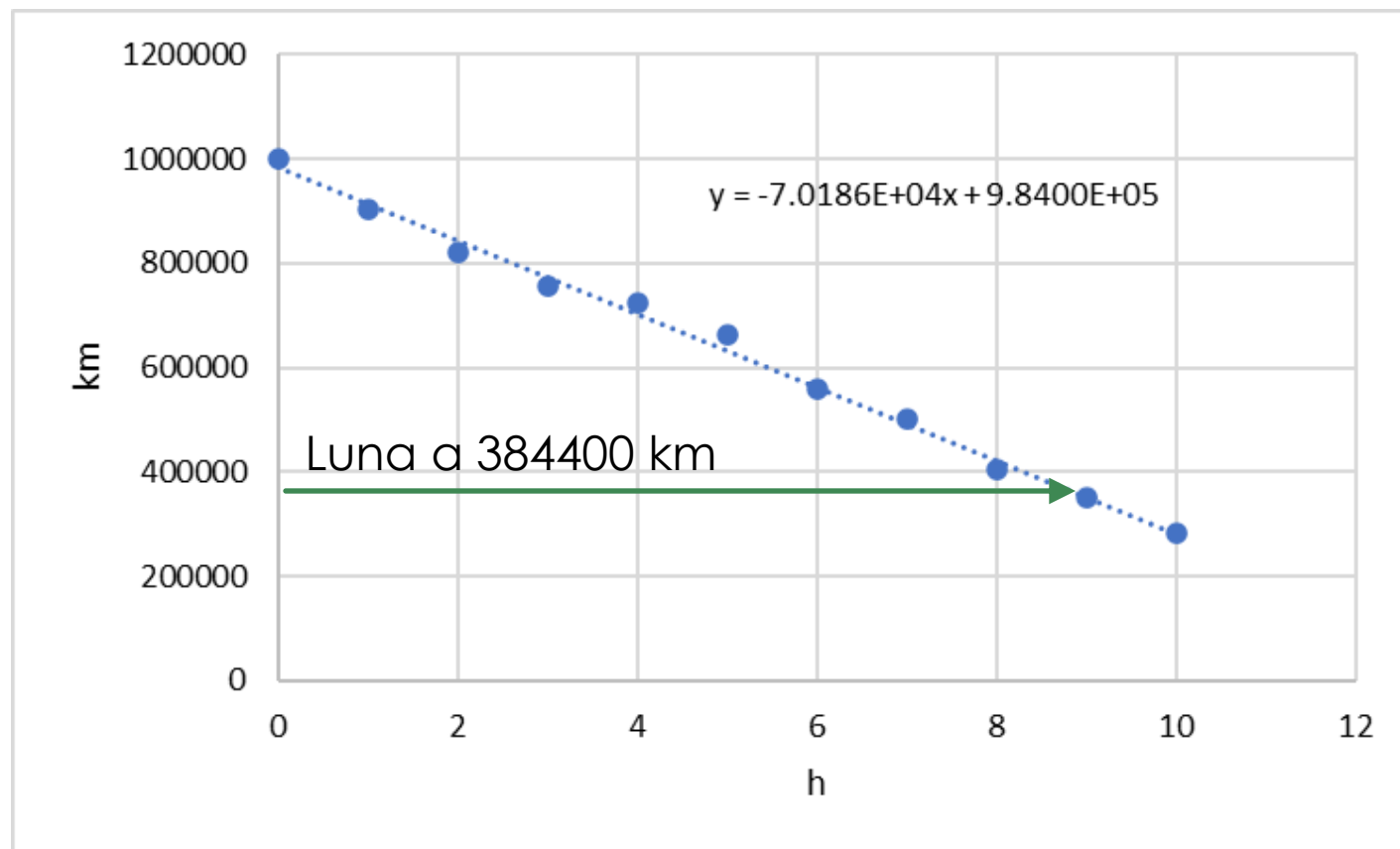
# Observaciones

$t$ (h)	$d$ (km)
0	1000000
1	901892
2	821209
3	757918
4	724129
5	661623
6	558060
7	500666
8	403836
9	352063
10	282301



Meteoroides.xlsx

# Interpolación



# Extrapolación

○ Movimiento uniforme

