

Sofía Neller

Rita cordi

(29/09/26)

- Medición de constante de Boltzmann

(29/09/26)

Pasadas de dudas (8:00)

- El experimento lo podemos hacer si sencillamente en mi casa.
- Trabajan sobre como integrar la ec. de energía y la del gas ideal. Sugerencia de prof.: conservación de la energía y fue significativa. No más dudas.

~ desayuno ~

(9:53)

Inventario del material

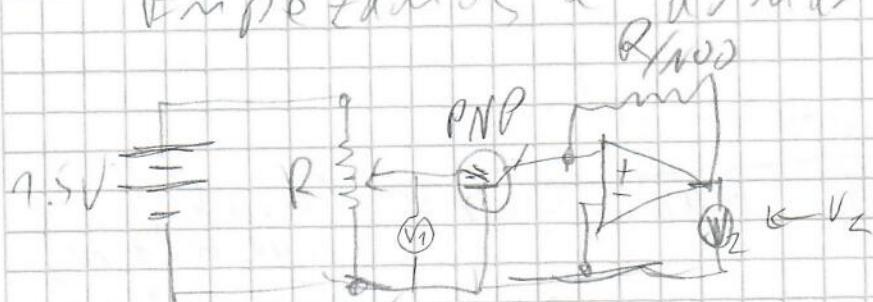
- Multímetro de RadioShack (resist. autonómico)
- Multímetro Isoftonic RL-830A
- ~ Distintos transistores (NPN) y MOSFETs
El TIP120 tiene dissipador
- ~ (heas con artículos usan PNP) ~

- Resistencias (de muchos tipos)
- 2934 ✓
- Pilas de 1.5V, Intentaremos con Atto
- cables
- Potenciómetros de 10kΩ.
~ checar, en artículo 10, usan de 1MΩ ~
Resistencia de feedback debe ser 100
menor que de potenciómetro.
- probando

(07.10.20)

- No fiamos a reunión
(10:17)

Empezamos a armar circuito



Armando el circuito sin problema
por Vamos a comprar pol.
de 1MΩ y un PNP.

(Parante al fin de seminario completo
en Mercado Libre 10 permisos
a \$65.00)

→ No compre PNP, en el articulo
de Truman y Miller usan NAN.

(05:00, 20)
(10:04)

↳ Unico cuando se reemplaza NAN por el PNP
nen

Emporando a tamal de fos.

→ NECESSITAMOS TERMÓMETRO

→ La batería está rara.

Encontré que no hace bien
contactos con los cables

Por lo que pone mucha cinta para
pegarla).

(17:32)

Tomemos primeros datos:

$$T = 16 \pm 2^\circ\text{C} \quad V_1 = 205 \pm 3 \text{ mV}$$

$$V_0 = 1.997 \text{ V} \quad V_2 = 6.4 \pm 3 \text{ mV}$$

$$R_p = 983 \text{ k}\Omega \text{ (M))} \rightarrow \text{Fluctuaciones mucha}$$

$$R_{pc} = 979 \text{ k}\Omega \quad \text{al voltaje}$$

Scribe

→ Termómetro está raro. Y oscila mucho
(de 2°C y
más para arriba). Raro es a esto 17.000 , pero se

no se para entregar. Raro es a esto 17.000 , pero se

Batería de mún.

(77:64) Y q díre. Proporción $V_1 = 1502 \text{ V}$

La tengo q me muestre apretada? caso 1

$$V_1 = 1320 \pm 2 \text{ mV}$$

$$V_2 = 559 \pm 0.1 \text{ mV}$$

$$V_1 = 1087 \pm 0.1 \text{ mV}$$

$$V_2 = 372 \pm 0.3 \text{ mV}$$

$$V_1 = 408 \pm 0.3 \text{ mV}$$

$$V_2 = 25.3 \pm 1.05 \text{ mV}$$

(73:52)

f_B a) justa a

$$V_1 = 197.1 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$4.803.70 \xrightarrow{22} \text{K}$$

$$V_2 = 149 \pm 0.05 \text{ mV}$$

Algo dista na!

$$V_1 = 136.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

may

$$V_2 = 4.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

(30 veces más grande)

$$V_1 = 894 \pm 0.5 \text{ mV}$$

Disminuir magnitud

$$V_2 = 249 \pm 0.5 \text{ mV}$$

en reunión,

$$V_1 = 573 \pm 0.5 \text{ mV}$$

$$V_2 = 27.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

) No se ve la recta.

$$V_1 = 977 \pm 0.5 \text{ mV}$$

$$V_2 = 323 \pm 0.5 \text{ mV}$$

(06.10.20)

(8:02)

Reunión

→ No salió.

Sugerencias: Cumplir de lo mejor,
 Chazar data sheet de transistor
 (satracción).

Pregunte sobre b. Tácora,

→ A mano o a computadora
 se puede escuchar. La voz a dejar
 así entonces.

(07.10.20)

10:00

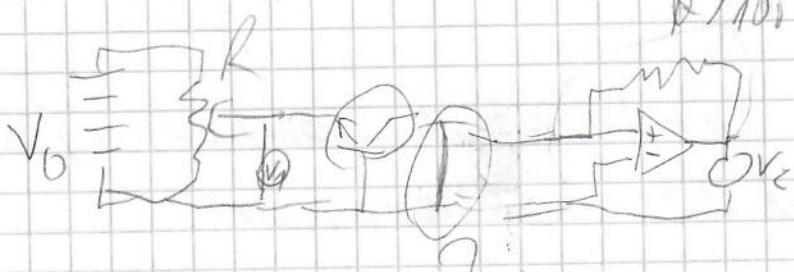
(Cumpliendo) por una pila D.

Sigue si no recibe función. No medir su
 Voltaje en N_2) pero V_o/V_s si
 miden.

(10:58)

-> RESOLVER EL PROBLEMA

Habrá un corto entre el resistor y
OP Amp



$$\text{Para que } V_2 \approx 0$$

Decidimos que la medida sea con la D.

$$V_0 = 1578 \text{ mV}$$

Las otras R no cambian (misma resistencia
y potenciometro).)

$$V_1 = 42.9 \pm 0.2 \text{ mV}$$

$$V_2 = 0.8 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 214.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 12.0 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 263.8 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 251.4 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 308.7 \pm 0.1 \text{ mV}$$

$$V_2 = 348.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 159.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 2.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 169.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 5.0 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 157.1 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 3.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$T = 17 \pm 2^{\circ}\text{C}$

1 1

$$V_1 = 123.1 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 0.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_3 = 65.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_7 = 0.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 91.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 0.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_3 = 130.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_7 = 2.0 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 144.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 2.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 126.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 15 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 68.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 0.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

~~V₇~~: ref. a 100% O₂

(08.10.20)

8:00 Reunión

(compartir los resultados).

Sugerencia: Justificar las mediciones con la distensión

(satracción)

(17. 70, 20)

$$R_o = 10.17 \text{ k}\Omega$$

$$R_i = 97.5 \Omega$$

$$T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$$

(para snail la temperatura)

V_o como fu u 17 marcas

→ combinación potencímetro

resistencia de feedback.

$$V_1 = 467 \text{ mV} \pm 0.5 \text{ mV}$$

$$V_2 = 20.9 \text{ mV}$$

$$V_3 = 269.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_4 = 32.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_5 = 270.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_6 = 18.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_7 = 121.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_8 = 7.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_9 = 146.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{10} = 41.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{11} = 121.4 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{12} = 2.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{13} = 108.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{14} = 119 \pm 0.05 \text{ mV}$$

M&A

(contato com batericâmada)

Lo arregle.

$$V_1 = 97.8 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 1.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_3 = 69.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_4 = 0.7 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_5 = 93.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_6 = 1.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_7 = 58.0 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_8 = 0.5 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_9 = 36.2 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_{10} = 0.2 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_1 = 82.9 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 7.0 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_3 = 74.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_7 = 0.4 \text{ mV}$$

$$V_1 = 46.6 \pm 0.05 \text{ mV}$$

$$V_2 = 0.3 \pm 0.05 \text{ mV}$$

Outros $\sqrt{V_1}$ memória a 100 mV se
ajustam os vetores

$$t_B = 1.667 \cdot 10^{-23} \pm 8.976 \cdot 10^{-25} \frac{\text{s}}{\text{K}}$$

En la data sheet se menciona
que $t_B < 0.5 \text{ V}$ es lineal,
nosotros encontramos $V_1 < 0.7 \text{ V}$.

Quizás se deba a que nuestros
mediciones requieren de un
regimen "más lineal".

Más lineal o free hay
más desviaciones de un vector
de ajustar para la determinación de
voltaje de saturación o uso del transistor como



Switch no son
significativos.
) porque un diodo.

(13.10.20)

→ No firmamos el comunicado.

→ Comenzamos a escribir el reporte.

(15.10.20)

(8.00) Remitiendo

Programmese respuestas a):

→ Bitácoras se entregarán con reporte

→ Entregará durante el transcurso
del mes (en classroom dire hasta
las 22:00)

→ Presentación no se debe
entregar de ante mano.

① Después de esto se envía digi-
talmente la bitácora de análisis
con el análisis de los datos.

Bitácora Práctica 1

$$I_c = I_0 e^{\frac{eV}{k_B T}} \equiv I_0 e^{\frac{eV}{kT}}, \quad e_K = e/k_B$$

$$e_{\text{real}} = 1.60217663 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k_B \text{real} = 1.380649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

$$e_K \text{real} = 11.604.518 \text{ C}\cdot\text{K}/\text{J}$$

$$y \equiv \ln(I_c) = e_K \frac{V}{T} + \ln(I_0) = mx + b, \quad m = e_K, \quad x = \frac{V}{T}, \quad b = \ln(I_0)$$

$$\sigma_x^2 = \left(\frac{\partial x}{\partial V}\right)^2 \sigma_V^2 + \left(\frac{\partial x}{\partial T}\right)^2 \sigma_T^2 = \frac{\sigma_V^2}{T^2} + \frac{V^2}{T^4} \sigma_T^2 \Rightarrow \sigma_x = \frac{1}{T} \sqrt{\sigma_V^2 + \frac{V^2}{T^2} \sigma_T^2} = \frac{1}{T} \sqrt{\sigma_V^2 + X^2 \sigma_T^2}$$

Incertidumbre de medición

Incertidumbre de ajuste m, y, b :

$$\sigma_y^2 = \left(\frac{\partial y}{\partial m}\right)^2 \sigma_m^2 + \left(\frac{\partial y}{\partial b}\right)^2 \sigma_b^2 = X^2 \sigma_m^2 + \sigma_b^2, \quad \text{o bien} \quad \sigma_{I_c}^2 = \sigma_I^2 e^{2mx} + \sigma_m^2 I_0^2 X^2 e^{2mx}$$

$$\sigma_{I_c} = I_c \sqrt{\frac{\sigma_I^2}{I_0^2} + \sigma_m^2 X^2} = I_c \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_m^2 X^2} = I_c \sigma_y$$

Incertidumbre de medición de I_c :

$$y = \ln(I_c) \Rightarrow \sigma_y^2 = \left(\frac{\partial y}{\partial I_c}\right)^2 \sigma_{I_c}^2 = \frac{\sigma_{I_c}^2}{I_c^2}, \quad \sigma_y = \left| \frac{\sigma_{I_c}}{I_c} \right|$$

$$I_c = V_2/R, \quad (\sigma_{I_c})^2 = \left(\frac{\partial I_c}{\partial R}\right)^2 (\sigma_R)^2 + \left(\frac{\partial I_c}{\partial V_2}\right)^2 (\sigma_{V_2})^2 = \frac{V_2^2}{R^2} (\sigma_R)^2 + \frac{1}{R^2} (\sigma_{V_2})^2$$

Error de k_B por ajuste:

$$k_B = e/e_K \Rightarrow \sigma_{k_B}^2 = \left(\frac{\partial k_B}{\partial e_K}\right)^2 \sigma_{e_K}^2 = \frac{e^2}{e_K^2} \sigma_{e_K}^2, \quad \sigma_{k_B} = \frac{e}{e_K^2} \sigma_{e_K}$$

$$I_0 = e^b, \quad \sigma_{I_0}^2 = e^b \sigma_b^2$$

$$\sigma_{I_0} = I_0 \sigma_b$$

Erres de fit:

$$I_{c\text{fit}} = I_c \pm \sigma_{I_c} = I_c (1 \pm \sigma_y)$$

Covarianza sobreestimada

Algun problema

Covarianza grande en ajuste lineal

con el algoritmo

Ajuste exponencial directamente es mejor!

sobreestima a σ_m

No, el ajuste exp. o lineal da lo mismo

Los errores no eran grandes, sólo se debía tomar la raíz cuadrada de la matriz de covarianza... $I_{c\text{fit}} = I_c (1 \pm \sigma_y)$ ✓

```
In [1]: 1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from scipy.optimize import curve_fit
```

```
In [3]: 1 #DATOS 1
2 #Ignorados, la pila era muy pequeña
```

```
In [2]: 1 #DATOS 2
2 #V0 = 1.443 #V
3 V0 = 1538 #mV
4 R = 9.85E3 #Ohm, feedback resistance
5 dR = 50
6 P1 = 983E3 #Ohm, Potenciómetro, nominal
7 P2 = 8.3 #Ohm, Potenciómetro, central
8 e = 1.602176634E-19 #Coulombs
9 kB_real = 1.380649E-23 #J/K
10 ek_real = e/kB_real
11 T = 273.15+17 #K
12 dT = 2
```

```
In [23]: 1 #DATOS 3
2 V0 = 1538 #mV
3 R = 97.5 #Ohm, feedback resistance
4 dR = 1
5 #P1 = 983E3 #Ohm, Potenciómetro, nominal
6 P2 = 10.11 #Ohm, Potenciómetro, central
7 e = 1.602176634E-19 #Coulombs
8 kB_real = 1.380649E-23 #J/K
9 ek_real = e/kB_real
10 T = 273.15+20 #K
11 dT = 2
```

```
In [3]: 1 def model_Ic(V1,I0,ek):
2     return I0*np.exp(ek*V1/T) #I0*np.exp(e*V1/(kB*T))
3
4 def x(V1,T):
5     return V1/T
6
7 def dx(V1,dV1,T,dT): #Incertidumbre de medición
8     return 1/T*np.sqrt(dV1**2+V1**2*dT**2/(T**2))
9
10 def y(x,m,b): #Modelo Lineal
11     return m*x+b
12
13 def dy_fit(x,m,dm,b,db): #Incertidumbre de ajuste
14     return np.sqrt(x**2*dm**2+db**2)
15
16 def dy_med(Ic,dIc): #Incertidumbre de medición
17     return np.abs(dIc/Ic)
```

```
In [24]: 1 i = 3 #i-ésimos Datos
2 R = [9.85E3,97.5][i-2]
```

In [25]:

```

1 Datos = np.loadtxt("Datos"+str(i)+".txt",skiprows=1).T
2 Datos = Datos[ :, Datos[0].argsort()]*1E-3 #Ordena datos y convierte de mV a
3
4 numi = [11,9] #Cantidad de datos menores que vamos a ajustar
5 num = numi[i-2]
6 #num = len(Datos[0])
7 ind = np.arange(0,num) #1 es si se quiere eliminar el dato mas bajo
8 ind_extra = np.arange(num,len(Datos[0]))
9
10 #Datos que sí se van a ajustar
11 V1 = Datos[0][ind] #Voltaje base-emisor
12 V2 = Datos[1][ind]
13 dV1 = Datos[2][ind]
14 dV2 = Datos[3][ind]
15 Ic = V2/R
16 dIc = np.sqrt(V2**2*dR**2/(R**4)+(dV2/R)**2)
17
18 #Datos extra medidos, pero que están fuera de la región Lineal
19 V1_extra = Datos[0][ind_extra] #Voltaje base-emisor
20 V2_extra = Datos[1][ind_extra]
21 dV1_extra = Datos[2][ind_extra]
22 dV2_extra = Datos[3][ind_extra]
23 Ic_extra = V2_extra/R
24 dIc_extra = np.sqrt(V2_extra**2*dR**2/(R**4)+(dV2_extra/R)**2)
25
26 #Cambiamos datos para una función Lineal
27 x_data = x(V1,T)
28 dx_data = dx(V1,dV1,T,dT)
29 y_data = np.log(Ic)
30 dy_data = dy_med(Ic,dIc)

```

Ajuste lineal

In [26]:

```

1 popt, pcov = curve_fit(y, xdata = x_data, ydata = y_data, sigma = dy_data)
2 ek_fit, b_fit = popt
3 dek_fit, db_fit = np.sqrt(pcov[0][0]), np.sqrt(pcov[1][1])
4 I0_fit = np.exp(b_fit)
5 dI0_fit = I0_fit*db_fit
6 print("e/kB ajustada: "+str(ek_fit)+" +- "+str(dek_fit))
7 print("e/kB real: " +str(ek_real))
8 print("Error porcentual con la real: "+str(np.abs(ek_fit-ek_real)/ek_fit))

```

e/kB ajustada: 9532.01703537192 +- 509.02619000753185

e/kB real: 11604.518121550082

Error porcentual con la real: 0.2174252394312151

In [27]:

```
1 kB_fit = e/ek_fit
2 dkB_fit = e*dek_fit/(ek_fit**2)
3 print("kB ajustada: "+str(kB_fit)+" +- "+str(dkB_fit))
4 print("kB real: "+str(kB_real))
5 print("Error porcentual con la real: "+str(np.abs(kB_fit-kB_real)/kB_fit))
```

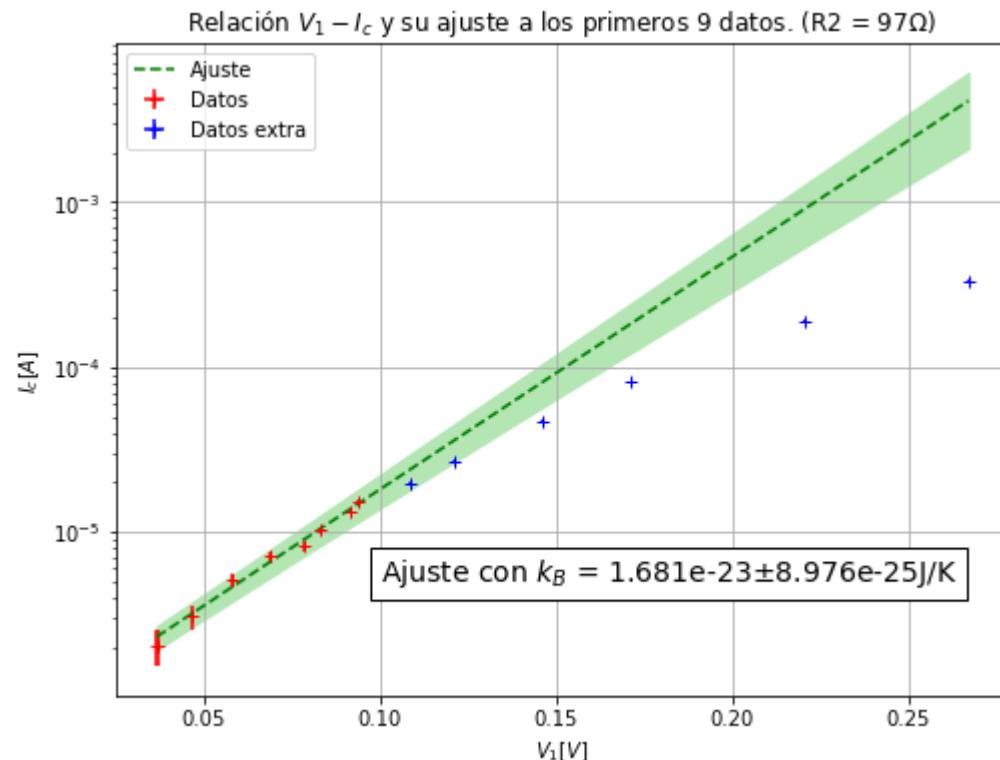
```
kB ajustada: 1.680836939395468e-23 +- 8.975959863577943e-25
kB real: 1.380649e-23
Error porcentual con la real: 0.1785943254575508
```

In [28]:

```

1 #Aún con el ajuste a la recta, lo más práctico es graficar V1, Ic en escala
2 V_cont = np.linspace(V1.min(),V1_extra.max(),100)
3 x_cont = V_cont/T
4
5 plt.figure(figsize=(8,6))
6 plt.errorbar(V1,Ic,dIc,dV1,"r+",label="Datos")
7 plt.errorbar(V1_extra,Ic_extra,dIc_extra,dV1_extra,"b+",label="Datos extra")
8 plt.plot(V_cont,model_Ic(V_cont,I0_fit,ek_fit),"g--",label="Ajuste")
9 sy = dy_fit(x_cont,ek_fit,dek_fit,b_fit,db_fit)
10 plt.fill_between(V_cont,model_Ic(V_cont,I0_fit,ek_fit)*(1+sy),model_Ic(V_cont,I0_fit,ek_fit)*(1-sy),color='green',alpha=0.5)
11 plt.title(r"Relación $V_1-I_c$ y su ajuste a los primeros "+str(num)+" datos")
12 plt.yscale("log")
13 plt.xlabel(r"$V_1[V]$")
14 plt.ylabel(r"$I_c[A]$")
15 POSX = [0.13,0.10] #Datos2, Datos3
16 POSY = [0.5E-7,5E-6] #Datos2, Datos3
17 posx , posy = POSX[i-2], POSY[i-2]
18 props=dict(boxstyle='square', facecolor='white', alpha=1)
19 plt.text(posx, posy, r"Ajuste con $k_B$ = "+"{:.3e}".format(kB_fit)+"$\pm$"+
20         fontsize=14, bbox=props)
21 plt.legend()
22 plt.grid()
23 plt.show()

```



Ajuste a la exponencial (en deshuso)

```
In [200]: 1 popt, pcov = curve_fit(model_Ic, xdata = V1, ydata = Ic, sigma = dy_data)
2 I0_fit, ek_fit = popt
3 dI0_fit, dek_fit = pcov[0][0], pcov[1][1]
4 print("I0 ajustada: "+str(I0_fit))
5 print("e/kB ajustada: "+str(ek_fit)+" +- "+str(dek_fit))
6 print("e/kB real: " +str(ek_real))
7 print("Error porcentual con la real: "+str(np.abs(ek_fit-ek_real)/ek_fit))
```

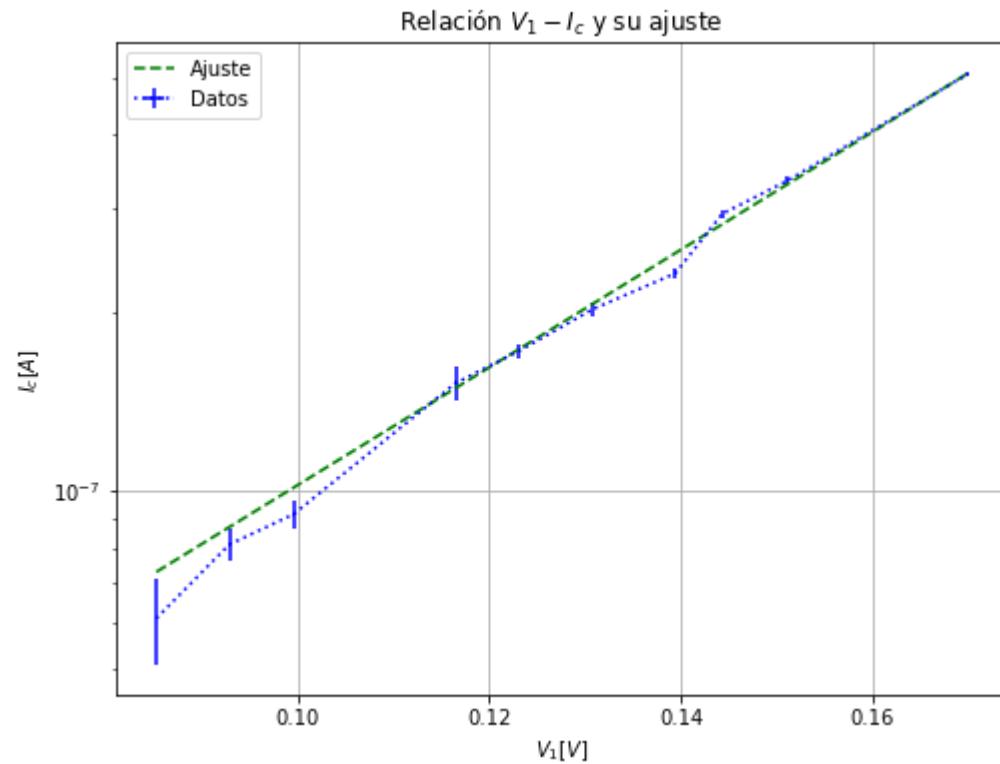
```
I0 ajustada: 1.030820759368649e-08
e/kB ajustada: 6727.257695425246 +- 29226.21596989225
e/kB real: 11604.518121550082
Error porcentual con la real: 0.7249997914367887
```

```
In [201]: 1 kB_fit = e/ek_fit
2 print("kB ajustada: "+str(kB_fit))
3 print("kB real: " +str(kB_real))
4 print("Error porcentual con la real: "+str(np.abs(kB_fit-kB_real)/kB_fit))
```

```
kB ajustada: 2.381619237047411e-23
kB real: 1.380649e-23
Error porcentual con la real: 0.42028978498189906
```

In [202]:

```
1 plt.figure(figsize=(8,6))
2 plt.errorbar(V1,Ic,dIc,dV1,"b:",label="Datos")
3 plt.plot(V1,model_Ic(V1,I0_fit,ek_fit),"g--",label="Ajuste")
4 plt.title(r"Relación $V_1-I_c$ y su ajuste")
5 plt.yscale("log")
6 plt.xlabel(r"$V_1[V]$")
7 plt.ylabel(r"$I_c[A]$")
8 plt.legend()
9 plt.grid()
10 plt.show()
```



In []:

1