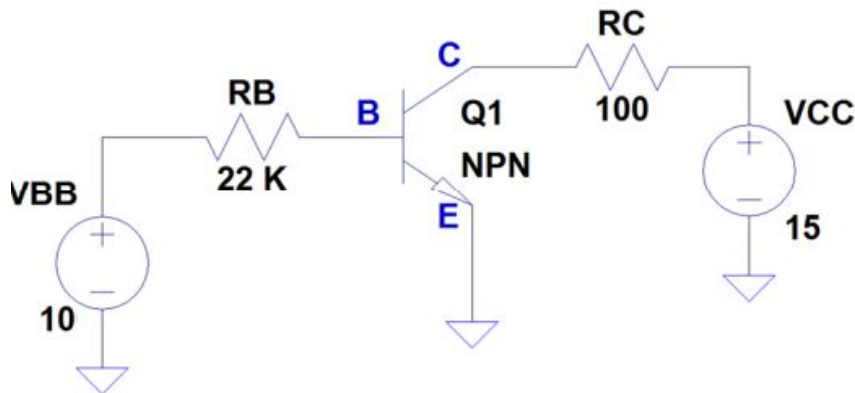


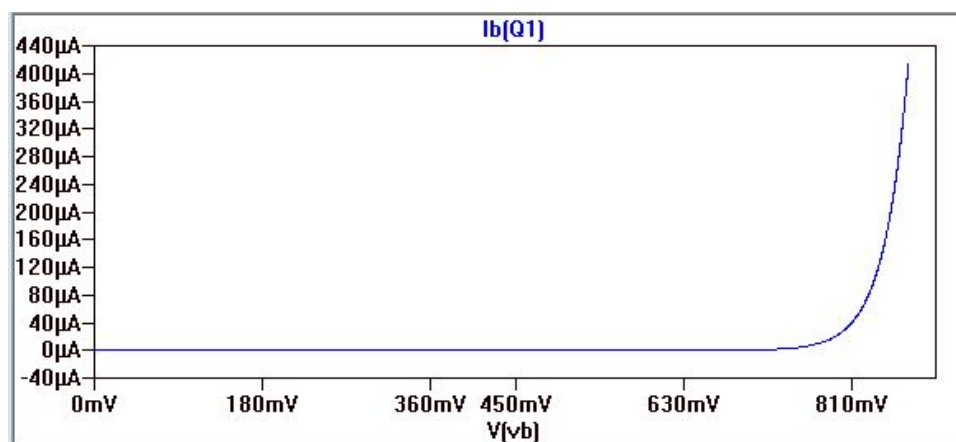
\*INFORME PREVIO:

Trabajaremos sobre este circuito:



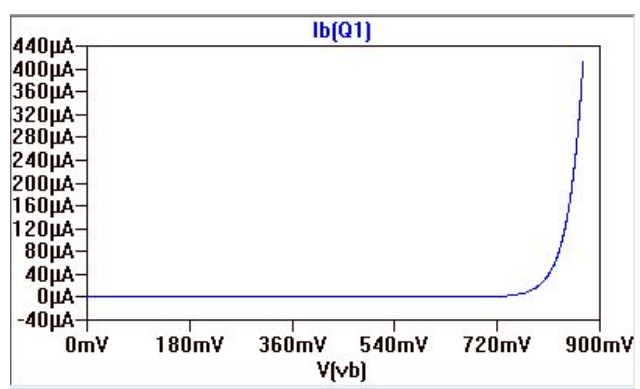
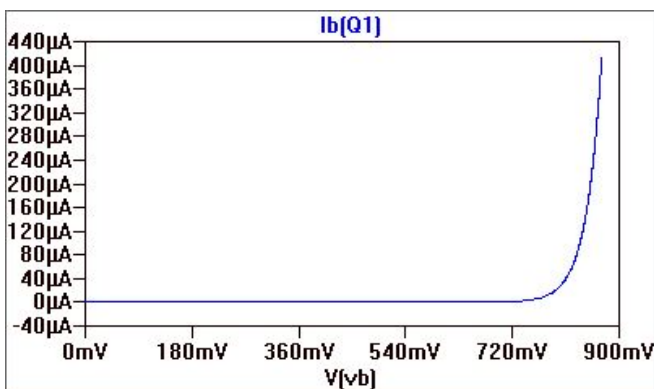
**1. Características de entrada de un transistor bipolar de unión (BJT)**

Haciendo variar  $V_{bb}$  entre 0V y 10V y manteniendo  $V_{cc}$  constante, se realiza la simulación pedida. A continuación, la gráfica muestra la relación entre  $I(C)$  y  $V_{BE}$  obtenida:



La traza azul muestra los distintos valores que toma  $I(C)$  para cada valor de  $V_{BE}$  (Eje X) que, en este caso, coincide con  $V_B$  por ser el emisor conectado a tierra.

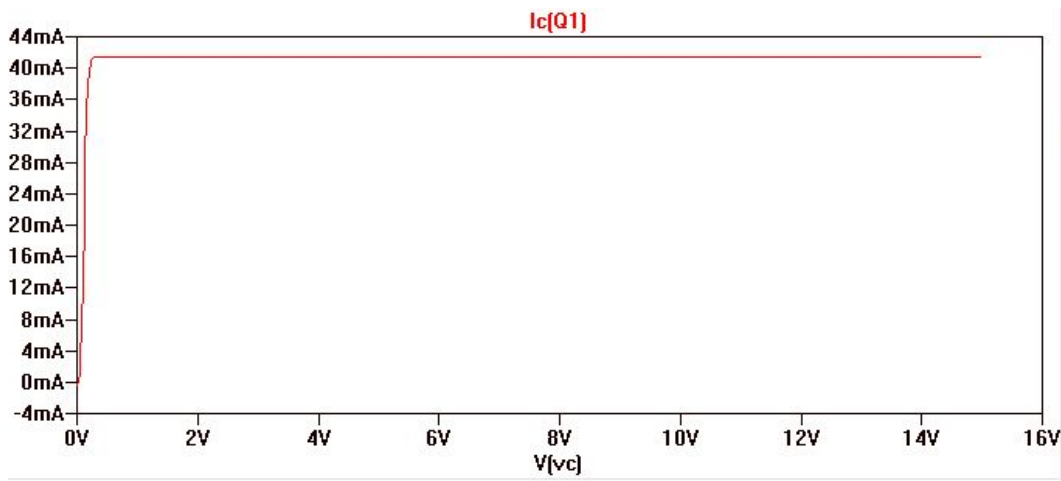
Repetiendo la simulación con distintos valores de  $R$  ( $0,1 \Omega$  y  $0 \Omega$  respectivamente) obtenemos las siguientes gráficas. Como se puede apreciar, el resultado no varía.



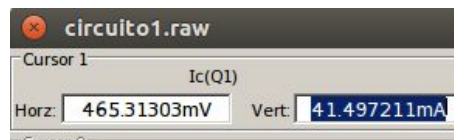
Esto tiene sentido porque, en este circuito, el valor de  $V_{BE}$  tan solo depende de la fuente de tensión  $V_{BB}$  y del valor de la resistencia  $R_B$ , y no depende de nada que se encuentre en la rama del colector.

## 2. Obtención de las características de salida del BJT

A continuación, sobre el mismo circuito, mantenemos  $V_{bb}$  constante y hacemos variar  $V_{cc}$  entre 0V y 15V. En la siguiente imagen, el eje OX refleja el valor de  $V_C$  y la traza roja la intensidad de corriente en el colector del transistor  $I_C$ .



La tensión  $V_{cc}$  a la cual  $V_{CE}$  comienza a incrementar y en la que  $I_C$  deja de depender de  $V_{cc}$  es la tensión a la cual se produce el cambio de estado de saturación a activa. Este punto es el que señala el cursor en la siguiente imagen, es decir, el (465mV, 41,92mA).



Fijando ahora  $V_{cc}$  a 15V y  $V_{bb}$  a 10 V, sabiendo que el transistor se encuentra en la región activa, podemos calcular el valor de  $\beta$ , ya que en esta región se cumple  $I_C = \beta I_B$ .

Cálculo de  $\beta$ : Mediante una simulación .op, se obtienen los datos de la imagen. A partir de ellos:

$$\frac{I_C}{I_B} = \beta = 100$$

--- Operating Point ---		
V(n002):	10	voltage
V(n001):	15	voltage
V(b):	0.870595	voltage
V(c):	10.8503	voltage
Ic(Q1):	0.0414976	device_current
Ib(Q1):	0.000414976	device_current
Ie(Q1):	-0.0419125	device_current
I(Rc):	0.0414973	device_current
I(Rb):	-0.000414973	device_current
I(Vcc):	-0.0414973	device_current
I(Vbb):	-0.000414973	device_current

## \*TRABAJO EXPERIMENTAL

### 1. Características de entrada de un transistor bipolar de unión (BJT)

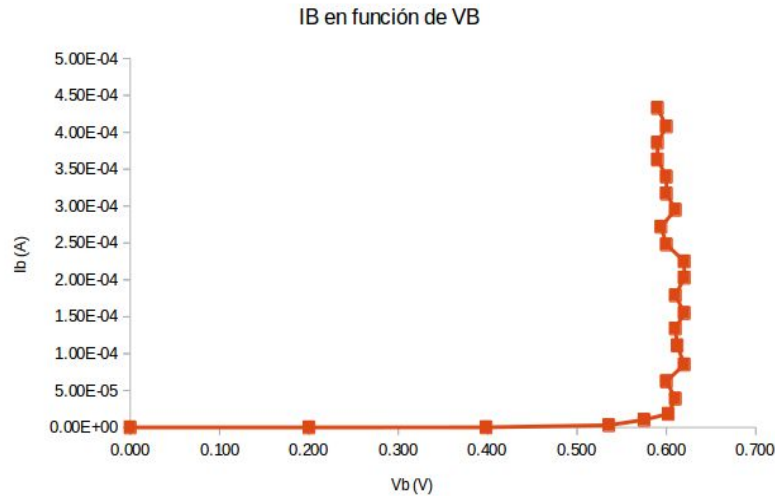
El valor real de la resistencia  $R_B$  determinado utilizando el ohmímetro es de  $21800 \Omega$ , bastante menor al utilizado en la simulación, de  $22 \text{ k} \Omega$ .

Por estar el emisor conectado a tierra,  $V_{BE} = V_{BB} - V_{RB}$  (1)

Para los valores más bajos de  $V_{BB}$ ,  $V_{RB}$  variaba muy rápidamente. Sin embargo, la variación de  $V_{RB}$  para valores más altos de  $V_{BB}$  el cambio era constante: por tanto, las medidas las tomamos haciendo que el incremento fuera menor en los valores más pequeños de  $V_{BB}$ .

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla, en ella  $V_{BE}$  se extrae de la ecuación (1) e  $I_B$  se calcula a partir de  $I_B = \frac{V_{RB}}{R_B}$  (2).

$V_{BB} \text{ (V)}$	$V_{RB} \text{ (V)}$	$V_{BE} \text{ (V)}$	$I_B \text{ (A)}$
0.000	0.000	0.000	0.00E+00
0.200	0.000	0.200	0.00E+00
0.400	0.002	0.398	8.26E-08
0.600	0.065	0.536	2.96E-06
0.800	0.225	0.575	1.03E-05
1.000	0.398	0.602	1.83E-05
1.500	0.890	0.610	3.90E-05
2.000	1.400	0.600	6.25E-05
2.500	1.880	0.620	8.53E-05
3.000	2.388	0.612	1.11E-04
3.500	2.890	0.610	1.34E-04
4.000	3.380	0.620	1.55E-04
4.500	3.890	0.610	1.79E-04
5.000	4.380	0.620	2.03E-04
5.500	4.880	0.620	2.25E-04
6.000	5.400	0.600	2.48E-04
6.500	5.906	0.594	2.72E-04
7.000	6.390	0.610	2.95E-04
7.500	6.900	0.600	3.17E-04
8.000	7.400	0.600	3.40E-04
8.500	7.910	0.590	3.63E-04
9.000	8.410	0.590	3.86E-04
9.500	8.900	0.600	4.08E-04
10.000	9.410	0.590	4.33E-04



Representando los puntos que tienen como coordenadas el valor de la tercera columna (x) y el de la cuarta (y), se obtiene la siguiente gráfica. Como se puede ver, tiene un comportamiento genérico similar al de la primera gráfica de la simulación, que toma valores nulos o muy bajos hasta llegar aproximadamente a los 800mV donde comienza a crecer radicalmente. En esta gráfica, obtenida a partir de valores experimentales, el crecimiento se produce antes, en torno a los 600 mV. Esto se puede deber a las diferencias del valor de la resistencia y, sobre todo, al hecho de que el transistor simulado es diferente al utilizado. Además, las pequeñas variaciones a los 600mV pueden deberse a los errores de precisión que supone medir valores tan pequeños.

## 2. Obtención de la característica de salida del BJT

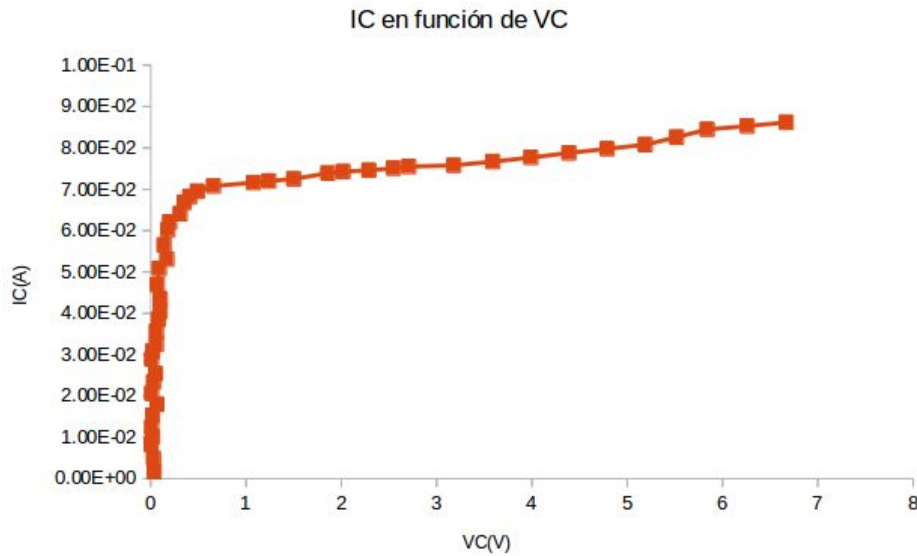
La resistencia comprobada en este caso será  $R_C$ , que tiene un valor real de 99.6  $\Omega$ .

Para estas medidas también se tomó un incremento menor cuanto mayor fuese el valor de  $V_{CC}$ . En la tabla, como  $V_E$  es 0,  $V_{CE} = V_{CC} - V_{RC}$ .  $I_C$  también se calcula del mismo modo que en el apartado anterior, pues  $I_C = \frac{V_{RC}}{R_C}$ .

VCC(V)	VRC(V)	VCE(V)	IC(A)
0.00	0.00	0.00	-1.97E-05
0.20	0.16	0.04	1.69E-03
0.50	0.47	0.03	4.87E-03
0.80	0.80	0.00	8.25E-03
1.00	0.98	0.02	1.01E-02
1.20	1.19	0.01	1.23E-02
1.50	1.48	0.02	1.53E-02
1.80	1.74	0.07	1.80E-02
2.00	1.99	0.01	2.06E-02
2.20	2.17	0.03	2.34E-02
2.50	2.45	0.05	2.54E-02
2.80	2.79	0.01	2.89E-02
3.00	2.98	0.02	3.08E-02
3.20	3.14	0.06	3.25E-02
3.50	3.44	0.06	3.56E-02
3.80	3.72	0.08	3.85E-02
4.00	3.90	0.10	4.04E-02
4.30	4.20	0.10	4.35E-02
4.60	4.53	0.07	4.69E-02
5.00	4.91	0.09	5.08E-02
5.30	5.13	0.17	5.31E-02
5.60	5.46	0.14	5.65E-02
6.00	5.82	0.18	6.02E-02
6.20	6.00	0.20	6.21E-02
6.50	6.19	0.31	6.41E-02

VCC(V)	VRC(V)	VCE(V)	IC(A)
6.80	6.45	0.35	6.68E-02
7.00	6.59	0.41	6.82E-02
7.20	6.71	0.49	6.95E-02
7.50	6.84	0.66	7.08E-02
8.00	6.92	1.08	7.16E-02
8.20	6.96	1.24	7.20E-02
8.50	7.00	1.50	7.25E-02
9.00	7.14	1.86	7.39E-02
9.20	7.18	2.02	7.43E-02
9.50	7.21	2.29	7.46E-02
9.80	7.25	2.55	7.51E-02
10.00	7.29	2.71	7.55E-02
10.50	7.32	3.18	7.58E-02
11.00	7.41	3.59	7.67E-02
11.50	7.51	3.99	7.77E-02
12.00	7.61	4.39	7.88E-02
12.50	7.71	4.79	7.98E-02
13.00	7.81	5.19	8.08E-02
13.50	7.98	5.52	8.26E-02
14.00	8.16	5.84	8.45E-02
14.50	8.24	6.26	8.53E-02
15.00	8.33	6.67	8.62E-02

Representando los valores obtenidos en una gráfica obtenemos la siguiente:



En este caso, el comportamiento general vuelve a ser el mismo que en la gráfica obtenida en la simulación. Sin embargo, en la simulación  $I_c$  se estabiliza en torno a los 42mV y aquí no lo hace hasta los 70mV. Esto es debido a que nuestro transistor no es igual al de la simulación. Además, cuando se produce esta estabilización, la pendiente de nuestra curva no se hace cero como en la simulación (aunque no crezca tan rápidamente,  $I_c$  sigue creciendo). Esto es debido a la no idealidad del transistor usado en el montaje.

### 3. Análisis de resultados

Para calcular el parámetro  $\beta$ , se utilizarán los valores de los puntos de cada tabla en los que  $V_{CC}=15\text{ V}$  y  $V_{BB}=10\text{ V}$ , es decir, los valores de la última fila de cada tabla. Como  $\beta = \frac{I_c}{I_b}$ , entonces:

$$\beta = \frac{8.62E-02}{4.33E-04} = 199,08$$

De esta manera, vemos como el valor de este parámetro casi se duplica con respecto al que se esperaba, el de la simulación, que tenía un valor de 100.

Esto ocurre debido a que el transistor no es el mismo, por lo que el valor de  $\beta$  no tiene que ser el mismo. Sí es importante que, a pesar de esto, la ‘forma’ que toman las gráficas sea la misma (esto es: exponencial, logarítmica, o lo que sea), lo cual en este caso sí se cumple.

Analizando la segunda gráfica, podemos considerar que el punto de conmutación es aquel en que el valor de las intensidades deja de aumentar de forma muy rápida para hacerlo en incrementos mucho más pequeños. Esto ocurre en torno al punto (700mV, 70mA).