

# Ejercicio 1

## Curvas características

Se busca simular las curvas características de distintos dispositivos y corroborar estas simulaciones con las mediciones obtenidas:

1. Diodo común
2. Diodo Zener
3. Transistor bipolar

Todas las simulaciones fueron realizadas en LTSPICE.

### 1.1 Curva del diodo común

El diodo utilizado fue el 1N4007, para el cual la tensión de breakdown es de -1000V y su tensión threshold es cercana a los 0.7 V

Se utilizó una fuente de tensión continua, a la cual se la fue variando y se midió la tensión en el diodo y la corriente que circulaba por la resistencia con tester.

El circuito propuesto para realizar las mediciones es el siguiente:

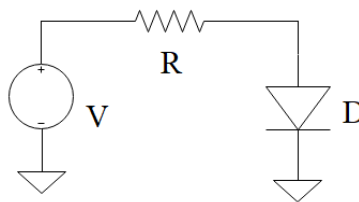


Figura 1.1: Circuito propuesto para las mediciones del diodo.

Con  $R = 20\Omega$ . Las curvas resultantes de las mediciones y de las simulaciones fueron las siguientes:

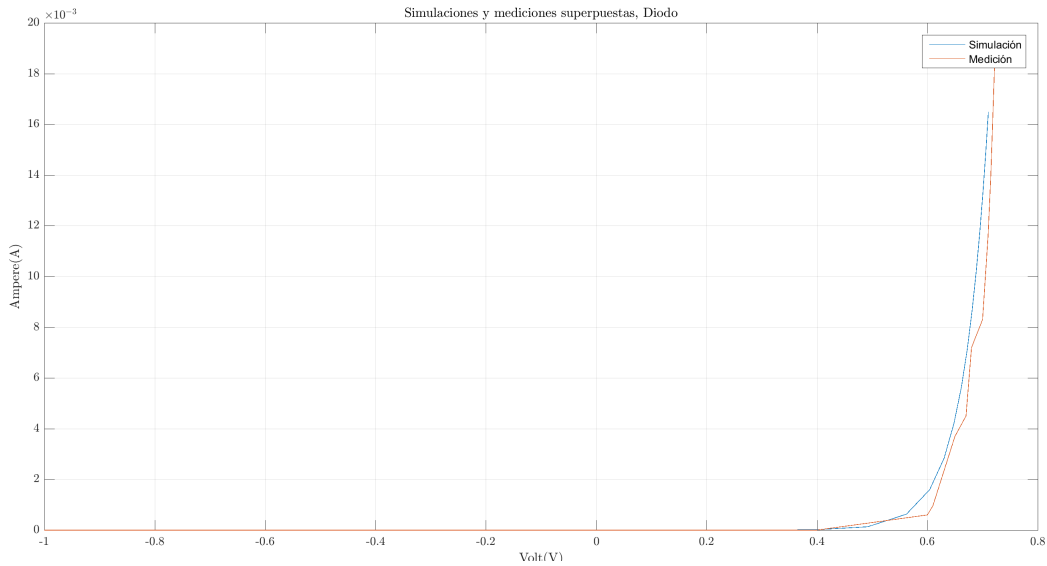


Figura 1.2: Simulación de la curva del diodo y medición superpuestas.

La curva simulada coincide con la medida, por lo que se verifica que el diodo cumple con el modelo ideal.

Debe hacerse notar que la corriente en valores inferiores a los 0.3V no pudo ser medida, ya que el tester arrojaba una medición de 0V en su mínima escala. Esto se corresponde con el modelo teórico del diodo ya que la corriente en estos valores de tensión será del orden de los  $\mu\text{A}$ , medición que no podrá ser realizada con los tester del pañol.

## 1.2 Curva del diodo Zener

El diodo Zenner utilizado fue un diodo Zener de 3,9 V, modelo 1N4730A. Sin embargo, las simulaciones en LTSPICE se hicieron con el modelo GP3V9 ya que no se pudo obtener el modelo del 1N4730A para el SPICE, por lo que se espera una diferencia entre la curva simulada y la medida.

Se utilizó una fuente de tensión continua, a la cual se la fue variando y se midió la tensión en el diodo y la corriente que circulaba por la resistencia con tester.

El circuito propuesto para realizar las mediciones es el siguiente:

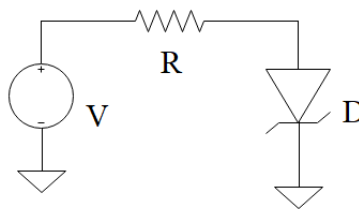


Figura 1.3: Circuito propuesto para las mediciones del diodo Zener.

Con  $R = 10\Omega$ . Las curvas resultantes de las mediciones y de las simulaciones fueron las siguientes:

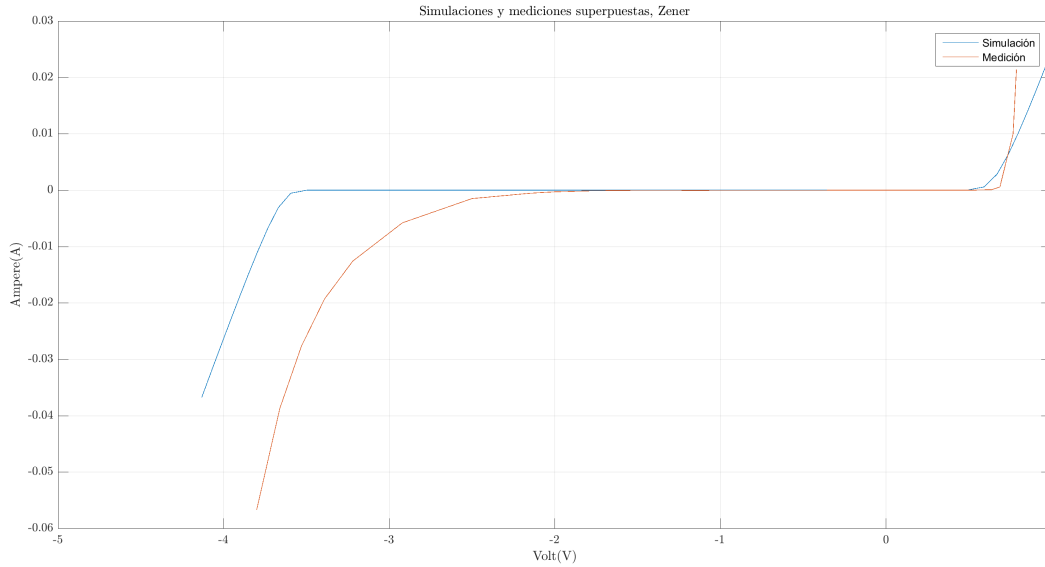


Figura 1.4: Simulación de la curva del zener y medición superpuestas.

Como se puede notar, las curvas resultantes tienen la misma forma, la propia de un diodo zener, con una caída exponencial de la corriente cerca de la tensión de breakdown y una subida también exponencial para valores cercanos a 0.7V. Sin embargo, debe hacerse notar que la tensión a partir de la cual comienza la caída abrupta para la simulación es exactamente 3.9V, mientras que para el diodo medido, la caída comienza en valores cercanos a 2.5V.

La razón de esto se cree que es la diferencia de modelos elegidos para la simulación y para la medición, siendo el diodo 1N4730A con el que se contaba es un diodo de peor calidad, en el sentido en que el "codo" característico del zener comienza para valores de tensiones relativamente bajos, pero la caída abrupta comienza recién a partir de los 3.9V o valores cercanos a los mismos.

Debe recordarse de la sección anterior que los valores de medición de corriente nulos no necesariamente lo son así, sino que estos son los valores que pudo arrojar un tester común en mínima escala, y que además se estima que las corrientes circulantes serán del orden de los  $\mu\text{A}$ .

### 1.3 Curvas del transistor bipolar

El transistor utilizado fue un BC547.

El circuito propuesto para realizar las mediciones es el siguiente:

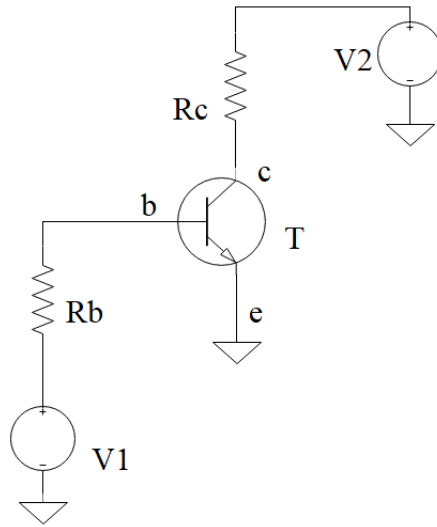


Figura 1.5: Circuito propuesto para las mediciones del transistor.

Los valores de resistencia elegidos fueron  $R_B = 33k\Omega$  y  $R_C = 150\Omega$ : el primero para limitar la corriente de base a valores en el orden de los  $\mu A$ , y el segundo para poder observar los cambios en  $V_{CE}$  en el rango de 30V de la fuente utilizada.

Para cada curva, se asumió una corriente de base  $I_b$  constante tanto al momento de simular como al de realizar las mediciones. Sin embargo, esto resulta ser una idealización, ya que en realidad la fuente de continua no podrá aportar una tensión exactamente igual para todos los valores de tensión entre colector y emisor. La tensión de la base también irá fluctuando y con eso también lo hará  $I_b$ . Se tomó un promedio de las corrientes de base para definir una curva a simular/medir.

Resolviendo las mallas del circuito y asumiendo una caída de 0.7V sobre el transistor, se pudo definir el valor de tensión de la fuente de base para lograr cada corriente de base deseada y con ella trazar cada curva.

Es así como, para una corriente de base fija, se realizó un barrido de tensión continua de  $V_2$ , con la cual se iba a su vez barriendo en tensión emisor-colector, que se midió también utilizando un multímetro.

La corriente de base se midió a partir de tomar la tensión sobre la resistencia de base, cuyo valor era fijo y conocido. Análogamente, la corriente del colector se midió a partir de tomar la tensión sobre la resistencia del colector.

Las curvas resultantes de las mediciones y de las simulaciones fueron las siguientes:

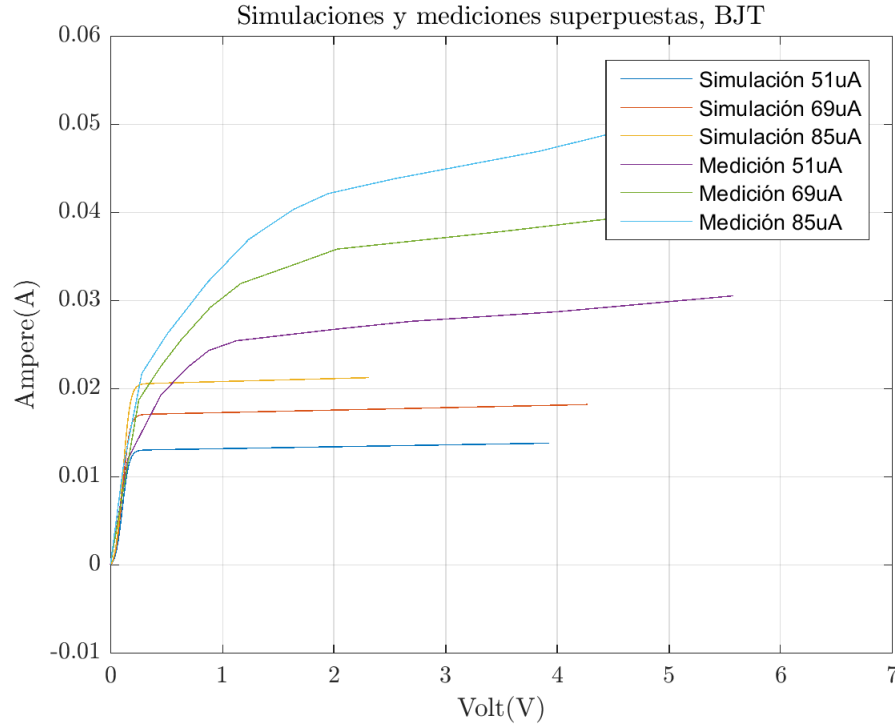


Figura 1.6: Simulación de la curva del transistor y medición superpuestas.

Si bien las curvas medidas respetan la forma general que esperaba obtenerse, se observan significantes discrepancias con la simulación.

Para empezar, el valor de  $I_C$  para el que la corriente comienza a depender de manera aproximadamente lineal de  $V_{CE}$  es mucho menor en la simulación. Esto puede deberse a la gran dispersión del valor de  $h_{fe}$ , que el fabricante sólo indica que se encuentra entre 110 y 800 (adimensional). La relación entre  $I_C$  e  $I_B$  indicaría que LTSPICE considera  $h_{fe} \sim 250$ , lo cual es mucho menor que el medido con el tester de 569. Con este último  $h_{fe}$  se pueden explicar las corrientes obtenidas para polarización activa directa.

Por otro lado, en la simulación las curvas llegan a su comportamiento lineal para valores de  $V_{CE}$  menores que para las mediciones. Aquí pueden estar entrando en juego comportamientos no ideales del transistor no contemplados por el simulador, así como otras diferencias entre el modelo genérico y el transistor concreto que se utilizó.