

Carga y descarga de capacitores

Autores

Frigerio, Paz
mapaz@vlb.com.ar

La Bruna, Gimena
labrugi@yahoo.com

Larreguy, María
merigl@yahoo.com

Romani, Julieta
julietaromani@hotmail.com

Laboratorio de Física 2 – Universidad Favaloro-Buenos Aires Octubre 2001

Resumen

Este experimento tiene como fin el estudio de la carga y la descarga de un capacitor. A partir de un circuito RC estudiamos la variación de la tensión en el capacitor cuando éste se carga y se descarga. De los datos experimentales obtuvimos la constante de tiempo característica del circuito.

Introducción

En un circuito RC, conectado a una batería, a medida que pasa el tiempo, se observa un aumento en la tensión del capacitor, mientras que la tensión en la resistencia disminuye. Esto es así porque el capacitor se va cargando y, una vez que llega a su carga máxima, el circuito queda abierto (ver figura 1). Sabemos, según las leyes de Kirchhoff que:

$$V_o = v_R(t) + v(t) \quad (1)$$

donde V_o es el voltaje de la batería, $v_R(t)$ es la tensión en la resistencia y $v(t)$ es la tensión en el capacitor. A partir de la ecuación (1), la ecuación diferencial que describe el circuito es:

$$\frac{d}{dt}q(t) + \frac{1}{RC}q(t) - \frac{V}{R} = 0 \quad (2)$$

Si el capacitor se encuentra inicialmente descargado, la condición inicial es $q(0) = 0$.

De la ecuación diferencial se obtiene la carga q en función del tiempo y , a partir de ella, podemos obtener la corriente y las tensiones en función del tiempo. La tensión en el capacitor durante su carga es:

$$v(t) = V_o (1 - e^{-t/\tau}) \quad (3)$$

donde τ es la constante de tiempo característica:

$$\tau = RC \quad (4)$$

En un circuito RC con un capacitor cargado, se produce la descarga del mismo a través de la resistencia. La tensión en el capacitor va disminuyendo en el tiempo hasta hacerse cero, al igual que la tensión en la resistencia. Según las leyes de Kirchhoff:

$$v_R(t) = v(t) \quad (5)$$

La ecuación diferencial correspondiente al circuito es:

$$\frac{d}{dt}q(t) - \frac{1}{RC}q(t) = 0 \quad (6)$$

Conociendo la carga final q_o a la que llegó el capacitor durante la carga, se obtiene la condición inicial necesaria para la resolución de la ecuación (6).

La tensión en el capacitor durante su descarga es:

$$v(t) = \frac{q_o}{C} e^{-t/\tau} \quad (7)$$

Experimento

Para la realización de este experimento, utilizamos el circuito que se ilustra en la figura 1, tanto para la carga como la descarga del capacitor, simplemente moviendo los switch s_1 y s_2 para cerrar uno u otro circuito RC.

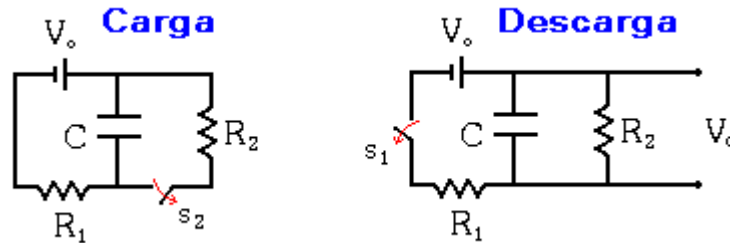


Figura 1. Circuito utilizado para estudiar la carga y descarga de un capacitor.

La fuente V_o es una batería de 9V. En ambos casos, medimos la tensión en el capacitor con un sistema de adquisición de datos conectado a una PC. Realizamos el experimento dos veces variando las resistencias R_1 y R_2 .

Resultados

En primer lugar, analizamos la carga del capacitor para dos valores distintos de resistencia R_1 usando el mismo capacitor C . Graficamos la tensión obtenida en función del tiempo de los datos experimentales, superpuesto por la curva teórica en base a la ecuación (3) como se muestra en las figuras 2 y 3.

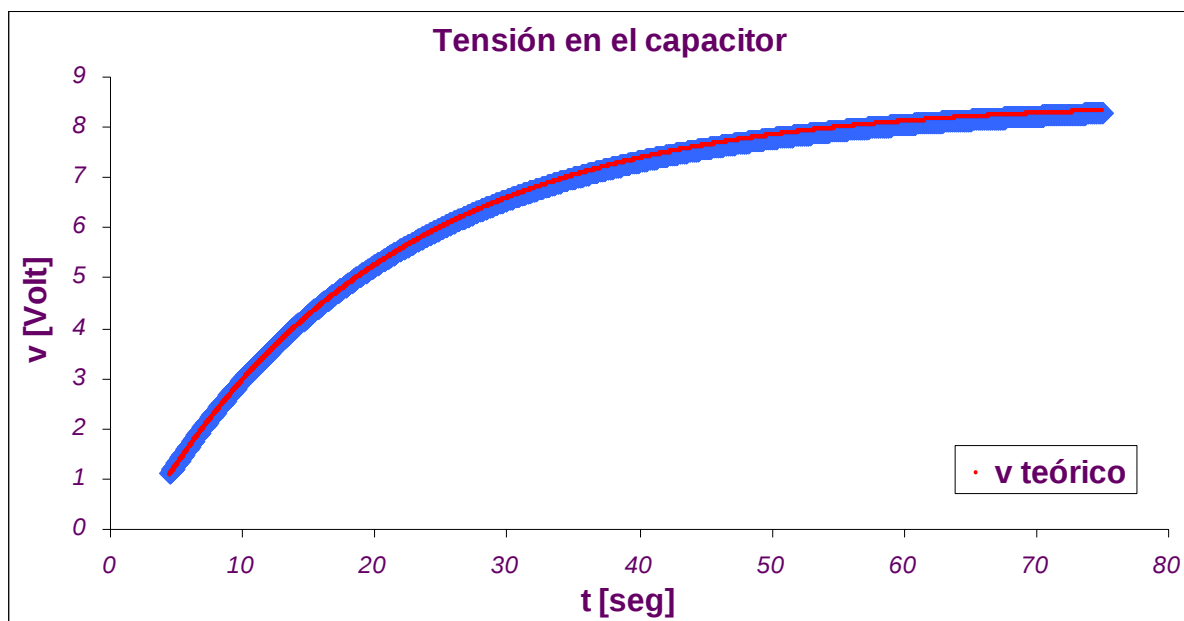


Figura 2. Gráfico de la tensión en el capacitor en función del tiempo durante la carga del primer experimento.

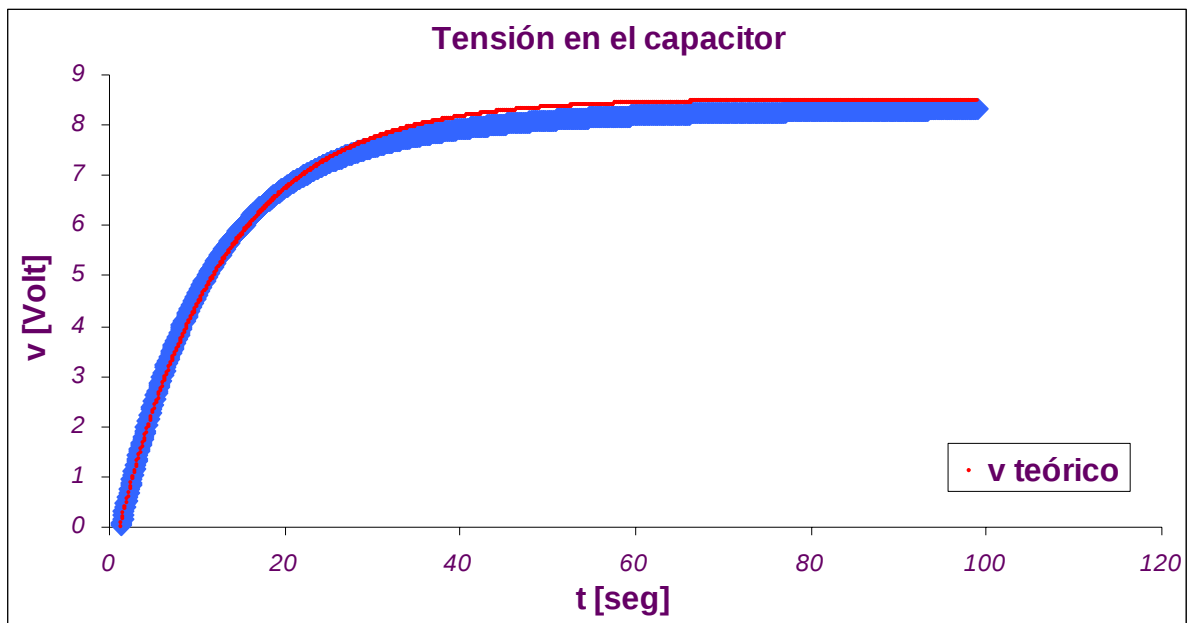


Figura 3. Gráfico de la tensión en el capacitor en función del tiempo durante la carga del segundo experimento.

Derivando la tensión en el capacitor se puede obtener una relación que permite obtener la constante de tiempo característica τ del circuito:

$$v(t) = V_o - \tau \frac{d}{dt} v(t) \quad (8)$$

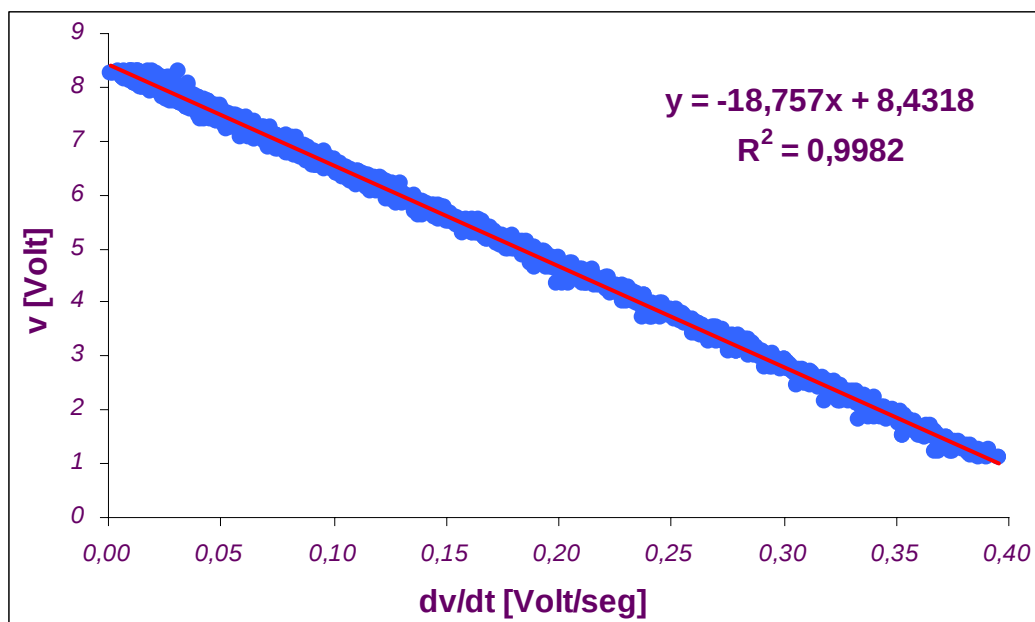


Figura 4. Gráfico de la derivada de la tensión en el capacitor en función de la tensión durante la carga del primer experimento.

En el primer caso obtuvimos una constante de tiempo de $18,76 \text{ s} \pm 0,02 \text{ s}$ como puede verse en la figura 4. En el segundo experimento, ilustrado en la figura 5, obtuvimos un valor para la constante de tiempo de $10,86 \text{ s} \pm 0,02 \text{ s}$. El primer experimento fue realizado con una resistencia R_1 menor que en el segundo experimento.

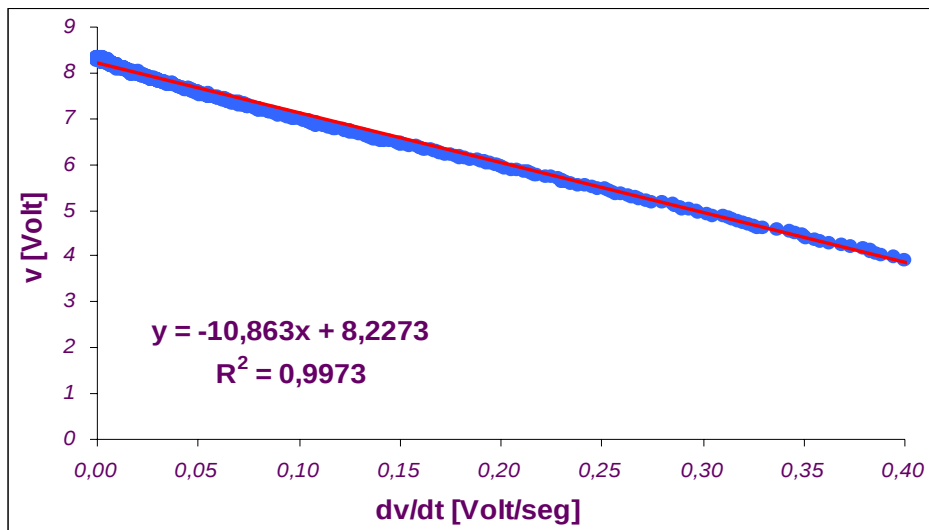


Figura 5. Gráfico de la derivada de la tensión en el capacitor en función de la tensión durante la carga del segundo experimento.

Repetimos la experiencia para la descarga del capacitor, también variando la resistencia R_2 con la que se descargaba el capacitor. Graficamos la tensión en función del tiempo en las figuras 6 y 7.

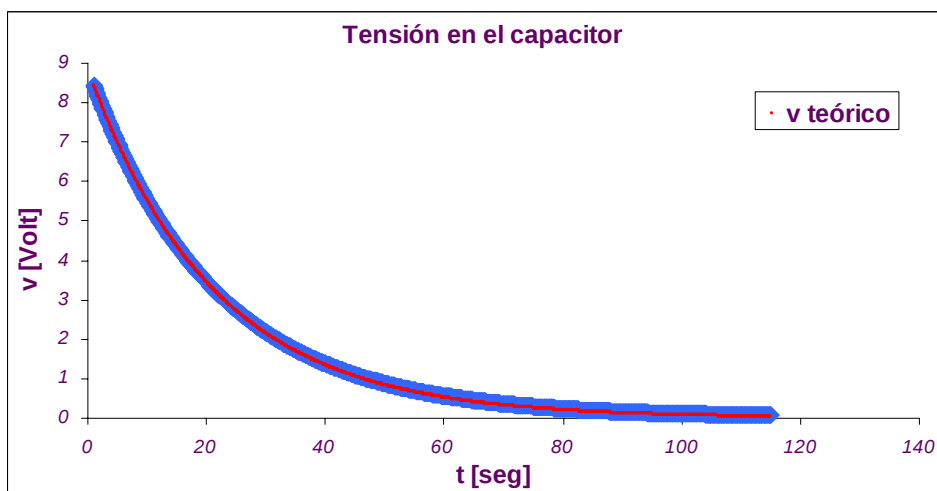


Figura 6. Gráfico de la tensión en el capacitor en función del tiempo durante la descarga del primer experimento con $\tau = 21,2$ s.

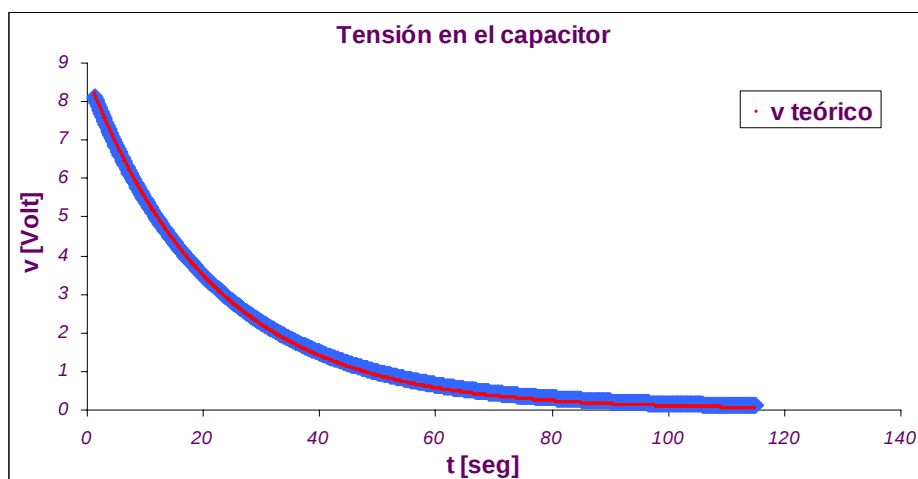


Figura 7. Gráfico de la tensión en el capacitor en función del tiempo durante la descarga del segundo experimento con $\tau = 21,9$ s.

Nuevamente buscamos una relación entre la derivada de la tensión y la tensión del capacitor para poder obtener el valor de la constante de tiempo. Realizamos los gráficos 8 y 9 de los cuales obtuvimos un valor de $21,19 \text{ s} \pm 0,02 \text{ s}$ para el primer experimento y $21,89 \text{ s}$ con un error absoluto de $0,02 \text{ s}$ para el segundo.

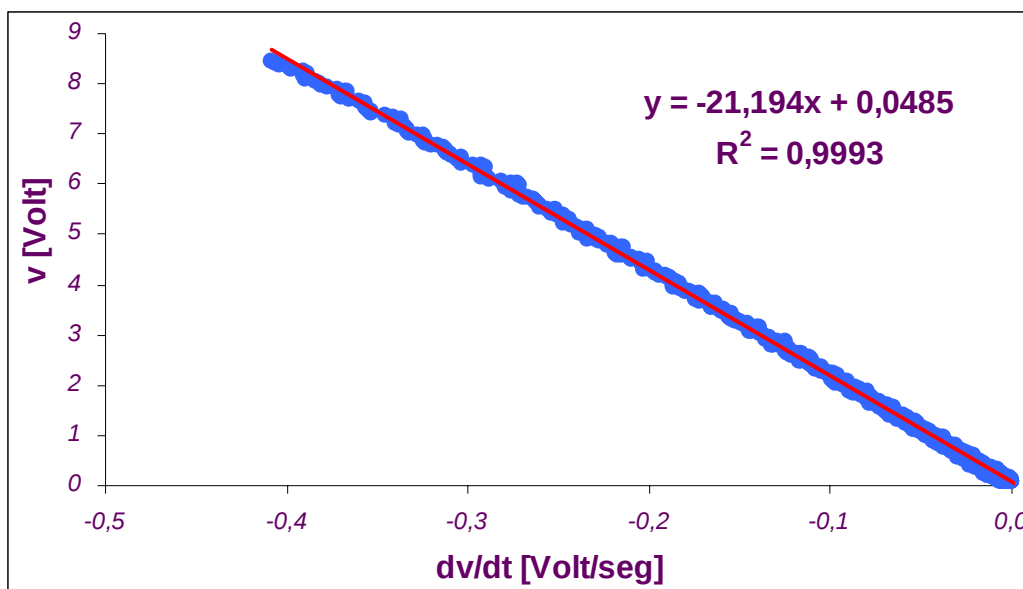


Figura 8. Gráfico de la derivada de la tensión en el capacitor en función de la tensión durante la descarga del primer experimento.

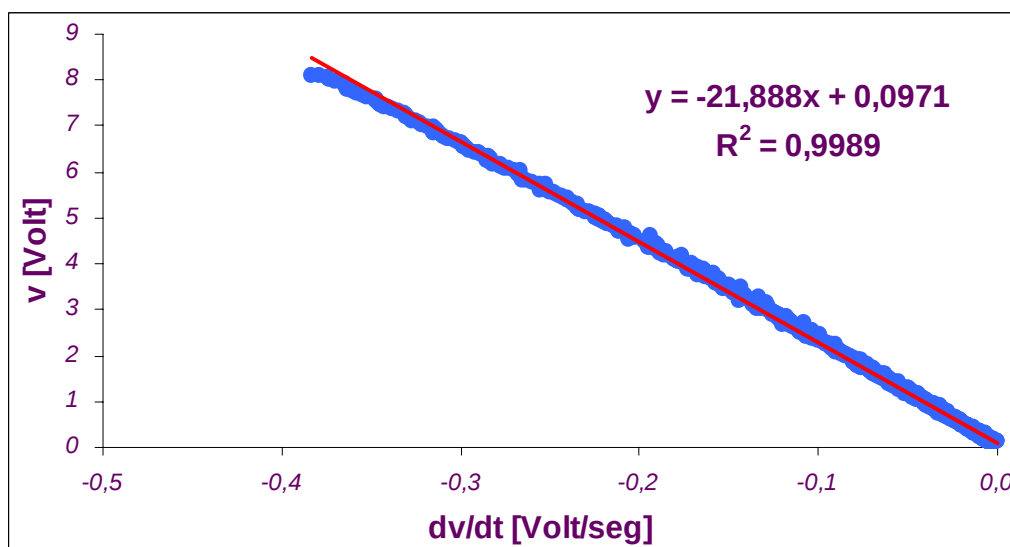


Figura 9. Gráfico de la derivada de la tensión en el capacitor en función de la tensión durante la descarga del segundo experimento.

Por último, graficamos los valores de τ obtenidos experimentalmente en función del producto de las resistencias R y el capacitor C utilizados. El resultado obtenido se muestra en la figura 10.

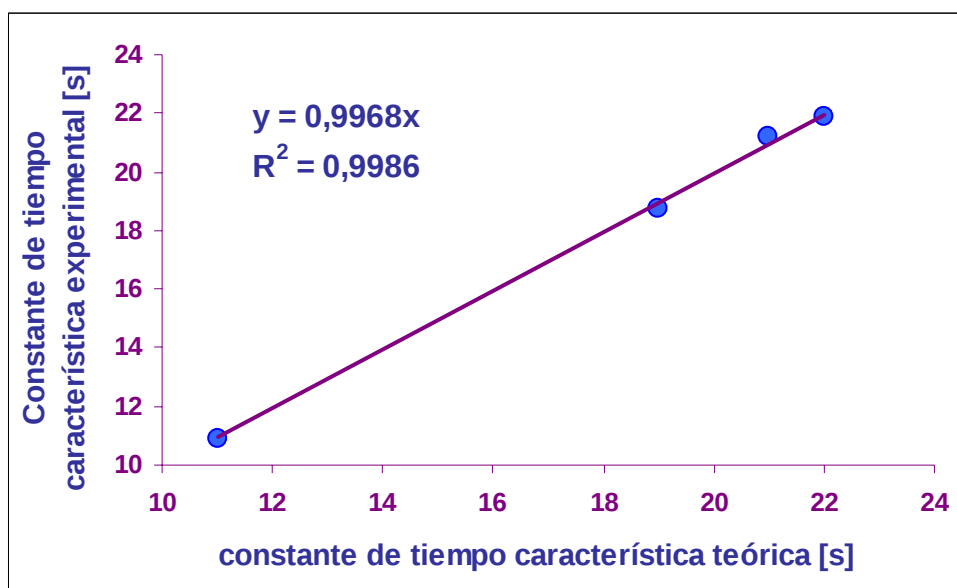


Figura 10. Gráfico que comprueba la definición teórica de la constante de tiempo característica de un circuito RC.

Conclusión

Las figuras 2 y 3 comprueban la ecuación (3) que dice que la tensión en el capacitor durante la carga tiende exponencialmente a la tensión de la fuente cuando la carga del mismo tiende a la carga máxima. En las figuras 6 y 7 se puede ver la caída exponencial de la tensión en el capacitor cuando éste se descarga hasta llegar a una tensión igual a cero.

De los datos y la relación dada en la ecuación (8) pudimos obtener el valor de las constantes de tiempo características de los circuitos, para distintas resistencias. De las figuras 4, 5, 8 y 9, y a partir de la regresión lineal, obtuvimos el valor de τ de la pendiente de las rectas.

Pudimos comprobar que para resistencias mayores, la constante de tiempo característica del circuito resulta mayor.

Además, se comprueba en la figura 10 la definición de la constante característica τ dada en la ecuación (4), ya que la pendiente que obtuvimos fue de $1,00 \pm 0,03$ de graficar los valores de τ obtenidos experimentalmente en función del producto de las resistencias R usadas en cada caso y el capacitor C utilizado de $10\mu\text{F}$.

Los experimentos realizados comprobaron con gran aproximación a la teoría conocida sobre circuitos RC que describe su comportamiento durante la carga y la descarga de un capacitor.

Bibliografía

⁽¹⁾ *Física Universitaria*, F. W. Sears, M. W. Zemansky y H. D. Young, 6ta. Ed., Editorial Fondo Educativo Interamericano, México (1986).

⁽²⁾ *Física Re-Creativa*, S. Gil y E. Rodríguez, 1ra. Ed., Argentina (2000).