



Métodos Experimentales
FI2003
Semestre Primavera 2009
Clase #8

Nicolás Mujica
nmujica@dfi.uchile.cl

Plan

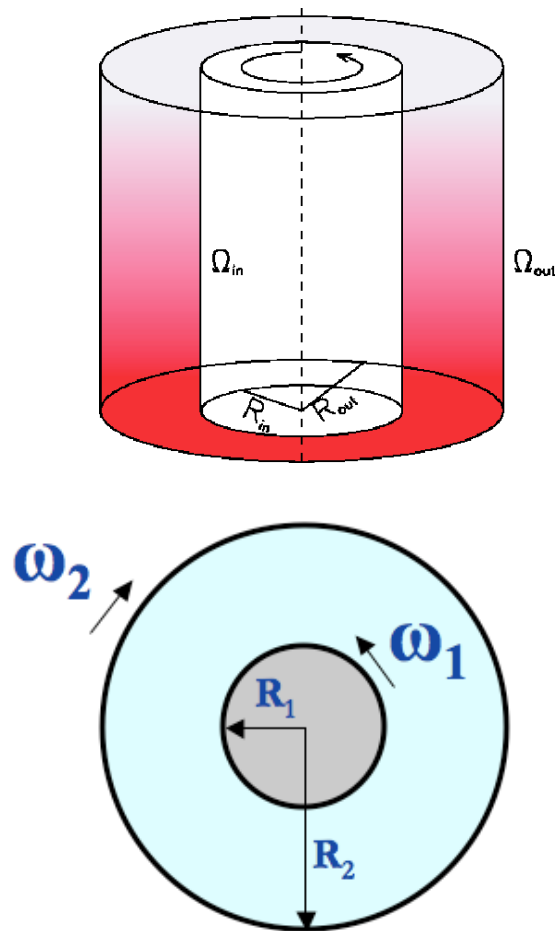
- Solución de Ejercicio 2
- Transductores (sensores, parlantes, etc...)
 - ➔ ejemplo 1: Medida capacitiva de la altura de un liquido

Transductores

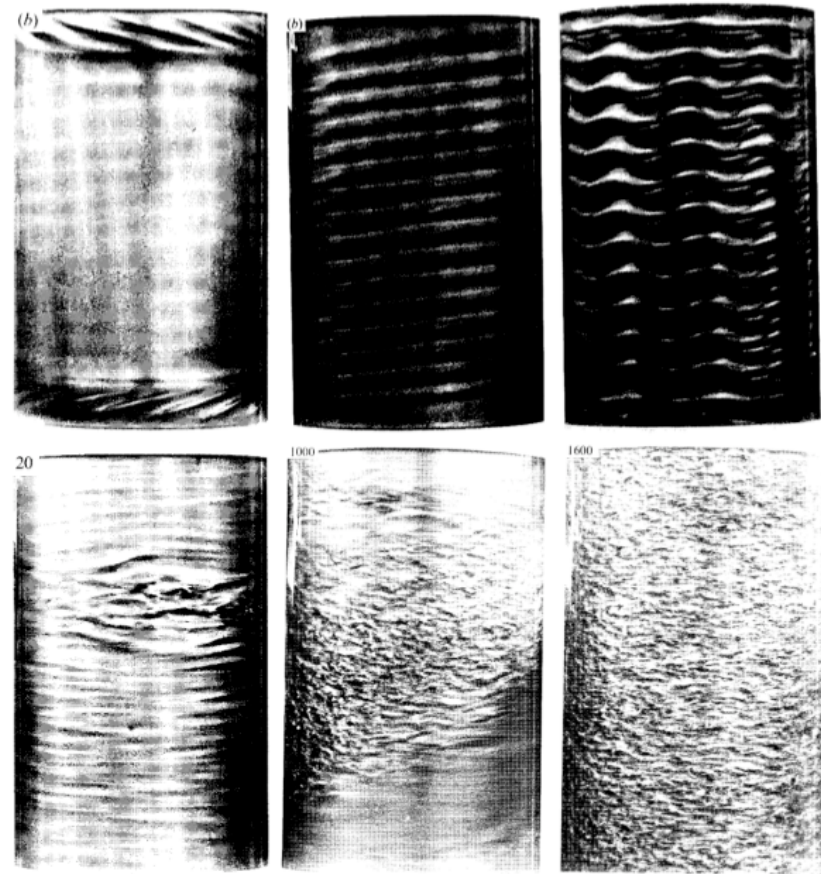
- Se llama transductor en general a un dispositivo que convierte una cantidad física en una señal eléctrica o viceversa.
- Ejemplos son sensores de fuerza, presión, aceleración, temperatura, velocidad, etc...
- Ejemplos inversos son: un parlante, un vibrador electromecánico y un emisor ultrasónico (frecuencia sobre ~ 16 kHz)
- Cada tipo de transductor funciona en base a un principio físico relacionado a la cantidad física que se quiere medir o producir
- Cada transductor tiene sus ventajas y limitaciones

Ejemplo I: medida de impedancia capacitiva para determinar la altura de un líquido

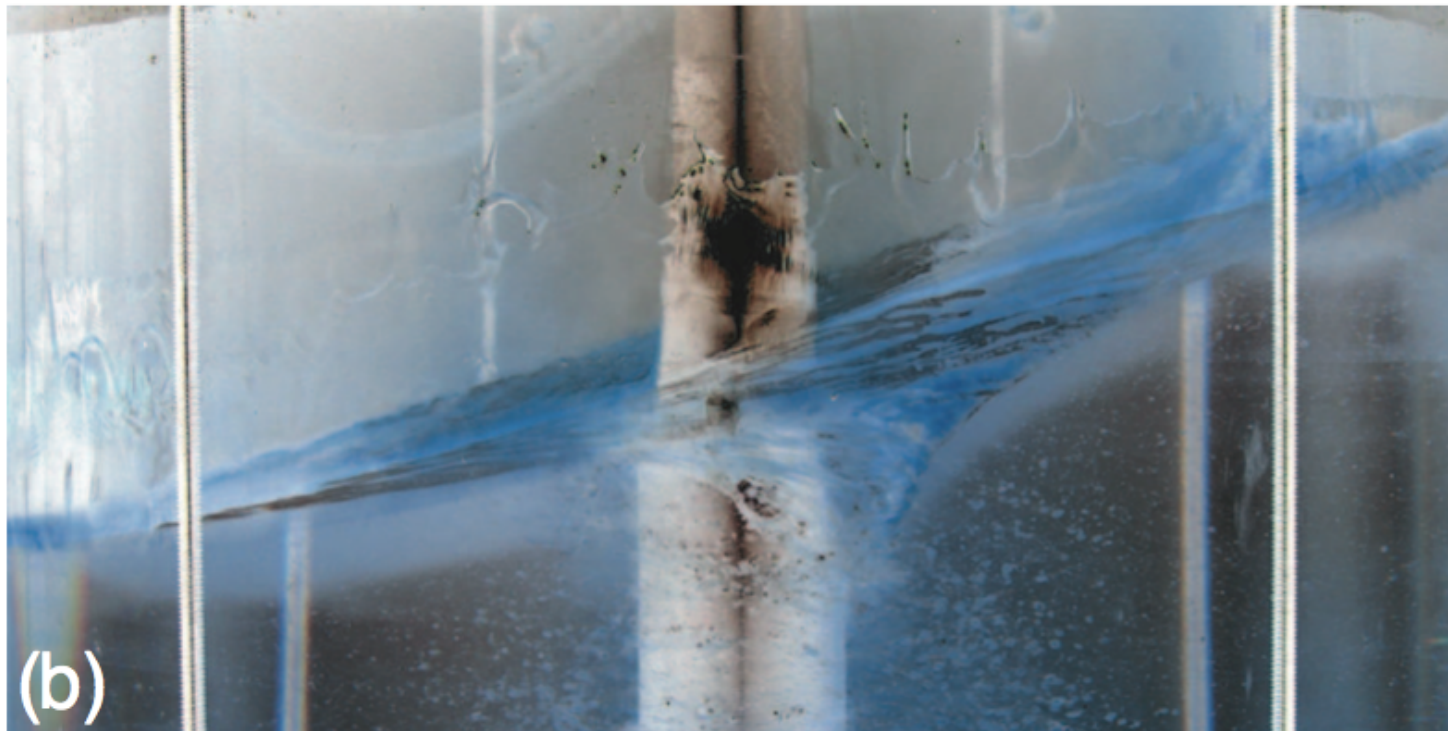
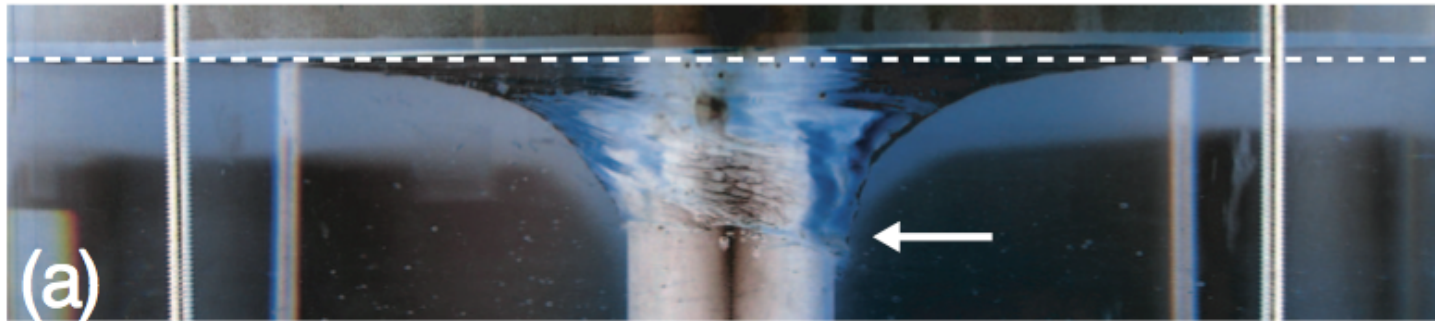
Flujo de Taylor-Couette



Ruta hacia Turbulencia



Si se deja una superficie libre y se hace rotar
suficientemente rápido...

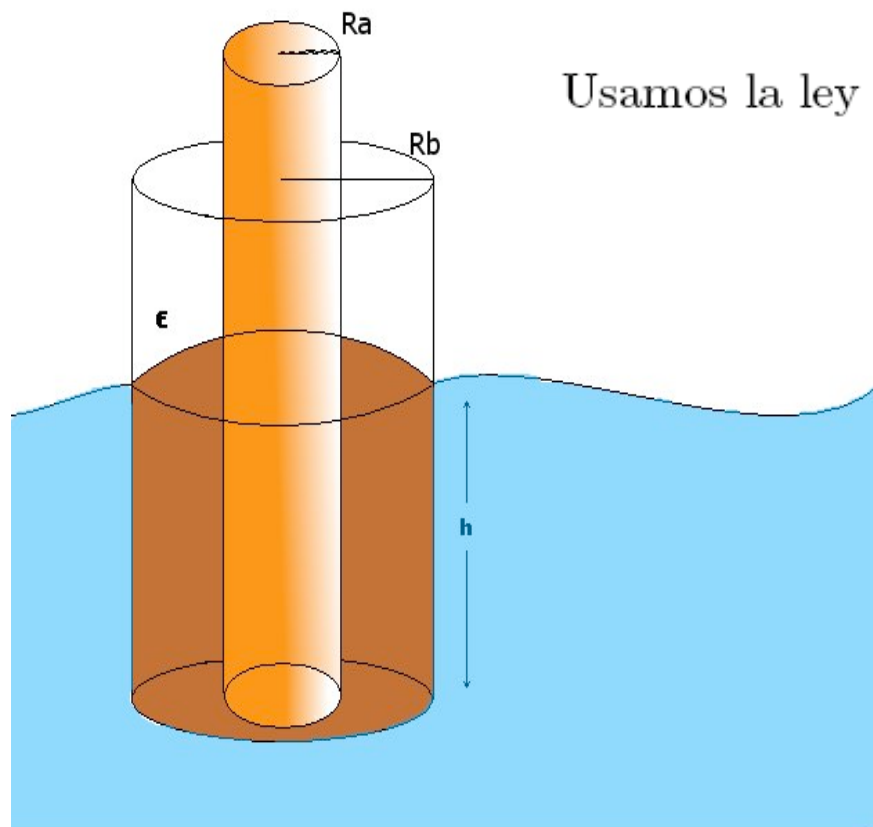


Si se deja una superficie libre y se hace rotar
suficientemente rápido...



Cómo se puede medir la altura de agua?

➔ Medida de impedancia capacitiva de un hilo de cobre recubierto con un aislante



Usamos la ley de Gauss:

$$\int_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q$$

$$2\pi r h D(r) = Q$$

$$\vec{D}(r) = \frac{Q}{2\pi r h} \hat{r}$$

$$\text{Para } R_a \leq r \leq R_b \quad \vec{D} = \epsilon \vec{E}$$

$$\Rightarrow \vec{E}(r) = \frac{Q}{2\pi r h \epsilon} \hat{r}$$

$$\Delta V = \int_{R_a}^{R_b} \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{Q \ln(R_b/R_a)}{2\pi h \epsilon}$$

$$C(h) = \frac{2\pi \epsilon}{\ln(R_b/R_a)} h$$

Dielectric Constants at 20°C

Material	Dielectric Constant
Vacuum	1
Glass	5-10
Mica	3-6
Mylar	3.1
Neoprene	6.70
Plexiglas	3.40
Polyethylene	2.25
Polyvinyl chloride	3.18
Teflon	2.1
Germanium	16
Strontium titanate	310
Titanium dioxide (rutile)	173 perp 86 para
Water	80.4
Glycerin	42.5
Liquid ammonia(-78°C)	25
Benzene	2.284
Air(1 atm)	1.00059
Air(100 atm)	1.0548

The dielectric constant is the relative [permittivity](#) of a [dielectric](#) material. It is an important parameter in characterizing [capacitors](#).

[Index](#)

[Tables](#)

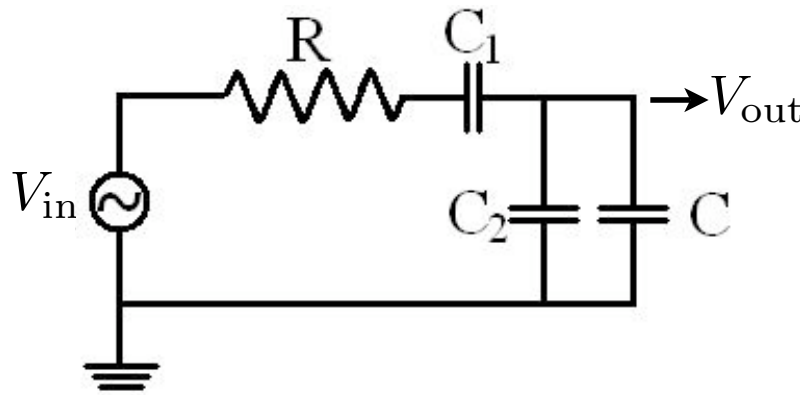
Reference

[Sears,](#)
[Zemansky,Young](#)
Table 27-1

En vacío

$$\epsilon_o \approx 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$$

Circuito simplificado



$C = C(h)$: Hilo metálico (Cu)
recubierto con aislante

C_1, C_2 : Capacitancias parásitas
(no dependen de h !)

R : Resistencia total

Formalismo de impedancia: $V_{in} = Z_{eq}I$ ($V_{in} = V_o e^{i\omega t}$)

Condensadores en paralelo: $Z = \frac{1}{i\omega(C_2 + C(h))}$

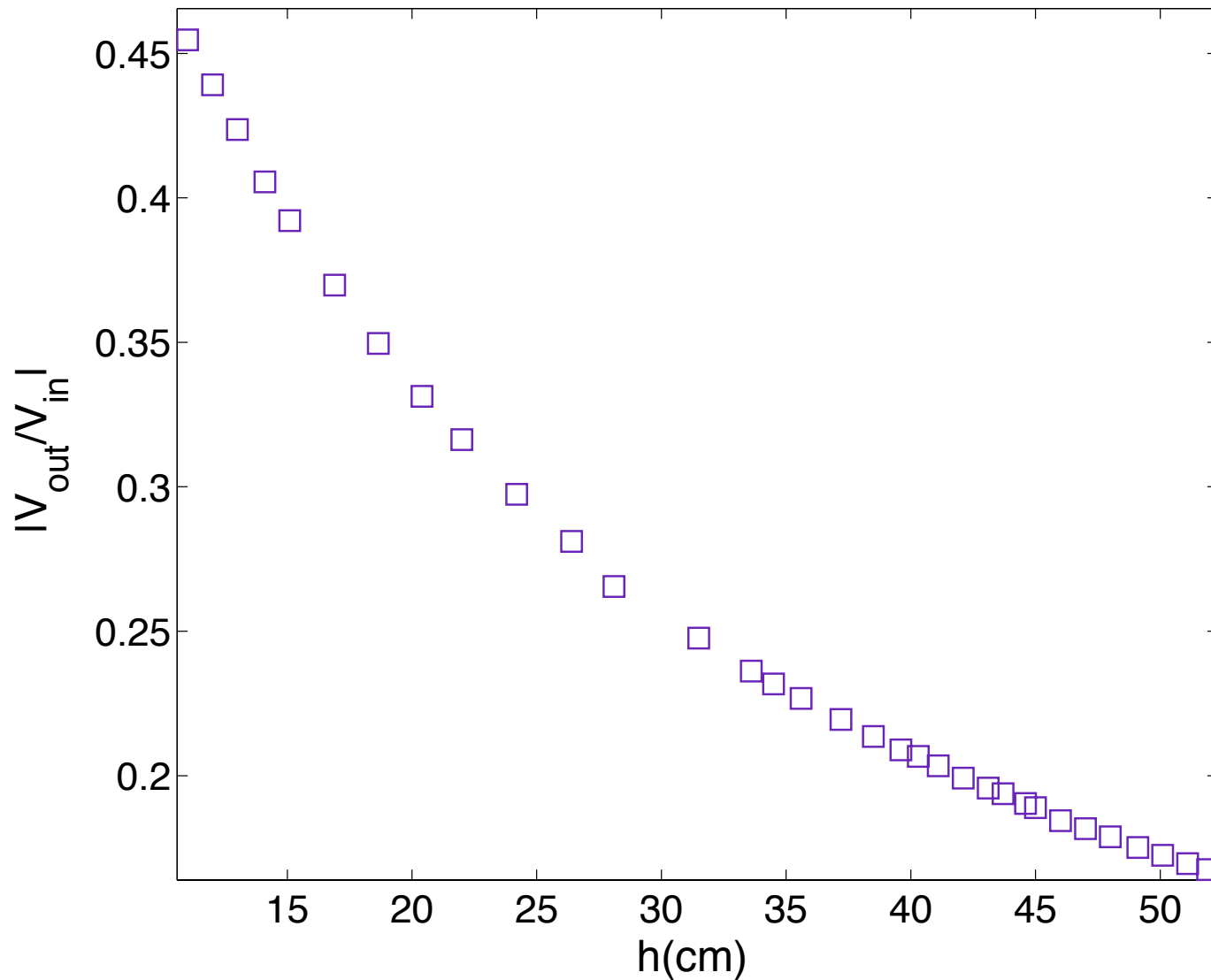
Impedancia total equivalente: $Z_{eq} = R + \frac{1}{i\omega C_1} + \frac{1}{i\omega(C_2 + C(h))}$

El voltaje de salida, i.e. a través de $C(h)$:

$$\left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{1}{\left| iR\omega(C_2 + C(h)) + \frac{C_2 + C(h)}{C_1} + 1 \right|} = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \beta \cdot h + \gamma \cdot h^2}}$$

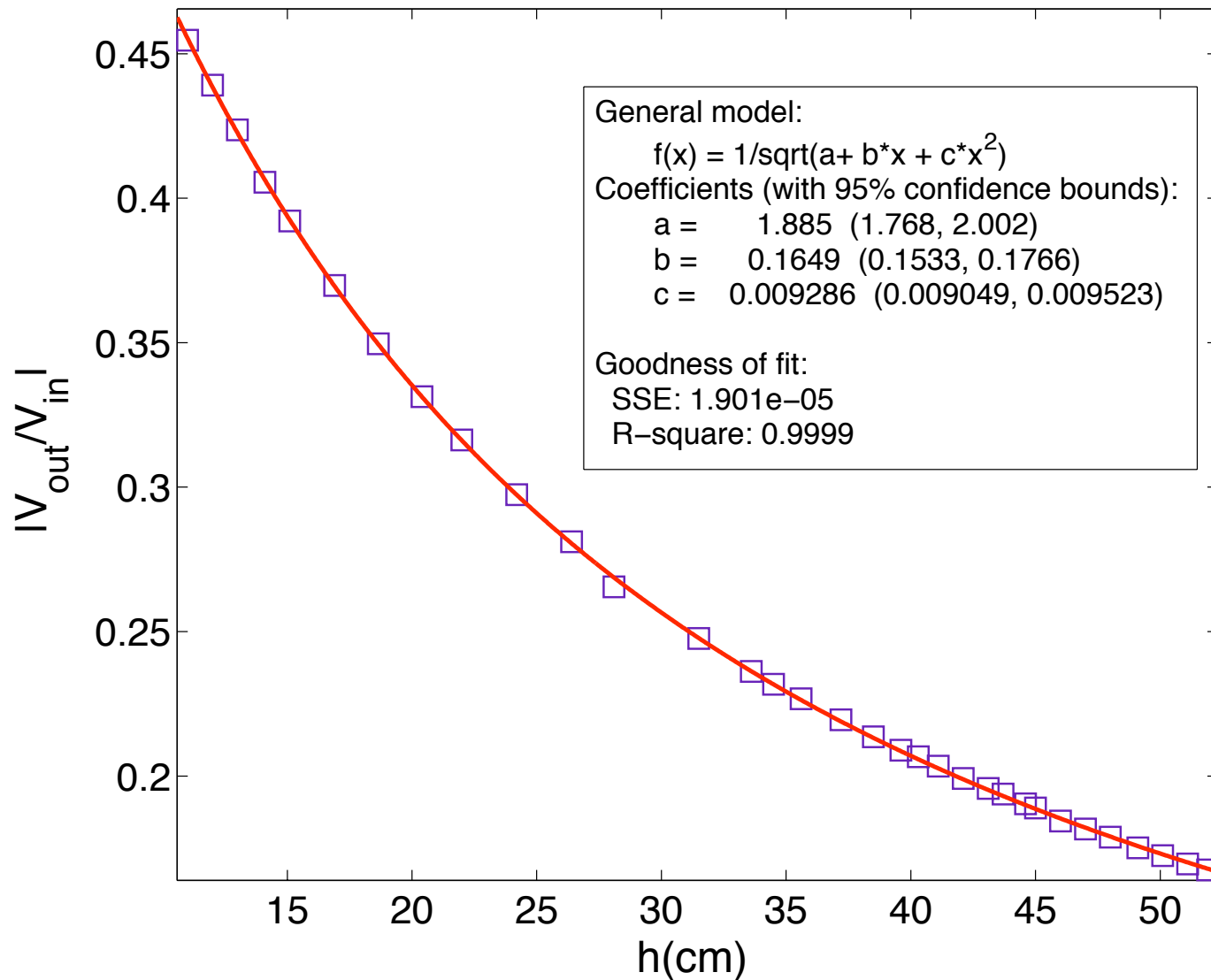
Curva de calibración

Calibración: Se llena un estanque con agua, se mide la altura h y el cuociente $|V_{\text{out}}/V_{\text{in}}|$



Curva de calibración

Calibración: Se llena un estanque con agua, se mide la altura h y el cuociente $|V_{out}/V_{in}|$



Confirmación

Cómo depende $|V_{\text{out}}/V_{\text{in}}|$ de la frecuencia ω para h fijo?

$$\left| \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right| = \frac{1}{\left| iR\omega(C_2 + C(h)) + \frac{C_2 + C(h)}{C_1} + 1 \right|}$$

Confirmación

Cómo depende $|V_{\text{out}}/V_{\text{in}}|$ de la frecuencia ω para h fijo?

$$\left| \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right| = \frac{1}{\left| iR\omega(C_2 + C(h)) + \frac{C_2 + C(h)}{C_1} + 1 \right|}$$

$$\left| \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right| = \frac{1}{\sqrt{a + b\omega^2}}$$

Confirmación

Cómo depende $|V_{\text{out}}/V_{\text{in}}|$ de la frecuencia ω para h fijo?

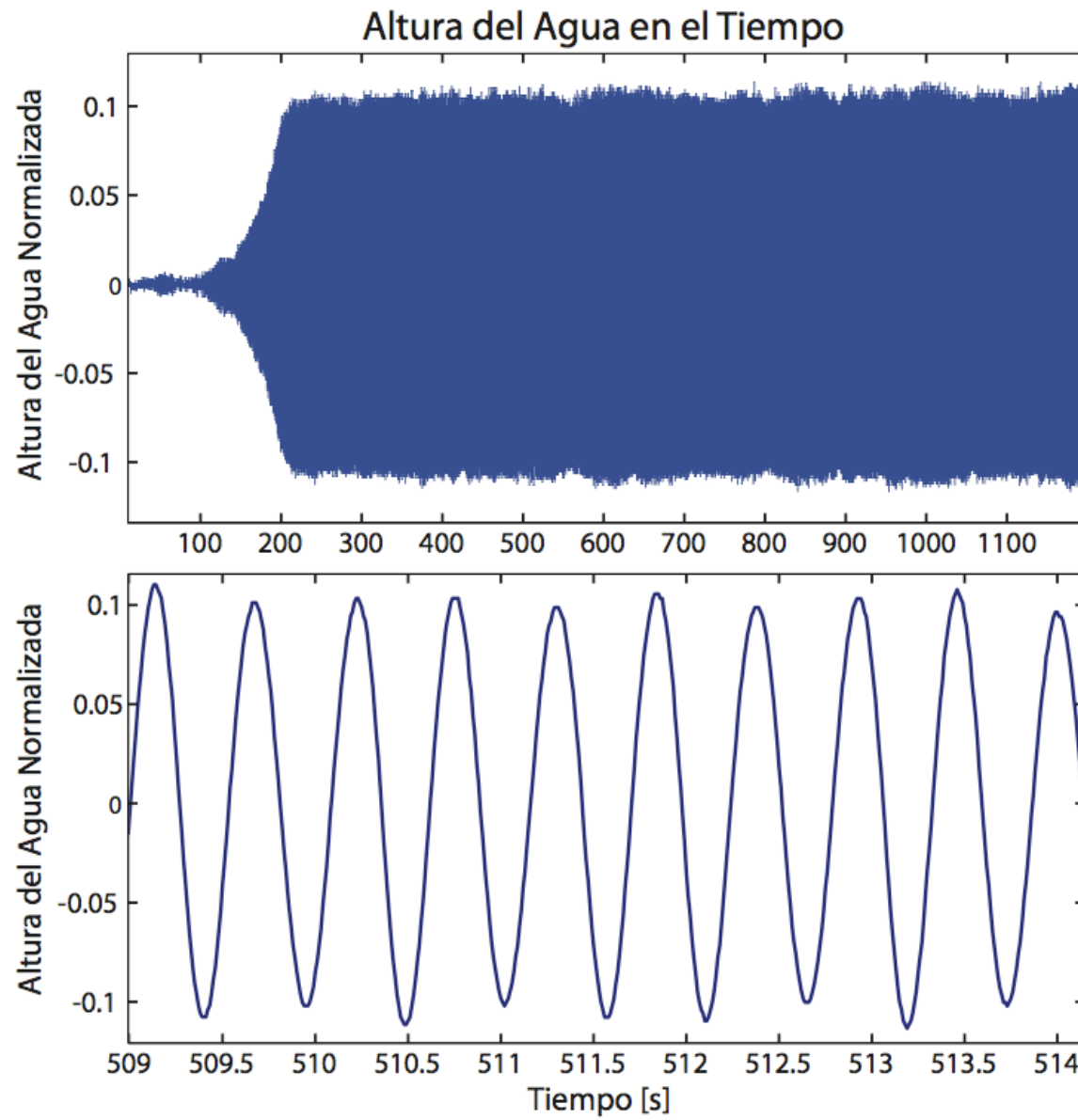
$$\left| \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right| = \frac{1}{\left| iR\omega(C_2 + C(h)) + \frac{C_2 + C(h)}{C_1} + 1 \right|}$$

$$\left| \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} \right| = \frac{1}{\sqrt{a + b\omega^2}}$$

Funciona?

Si!

Medida de $h(t)$



Medida de $h(t)$

