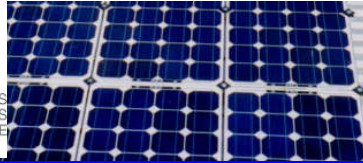




fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



FI33A ELECTROMAGNETISMO

Clase 12

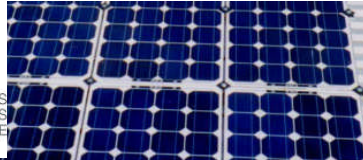
Corriente Eléctrica-II

LUIS S. VARGAS
Area de Energía
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Chile



fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



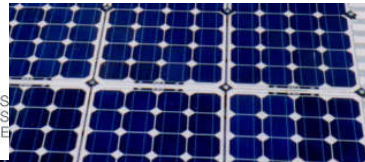
INDICE

- Vector densidad de corriente
- Ley de Ohm
- Efecto Joule

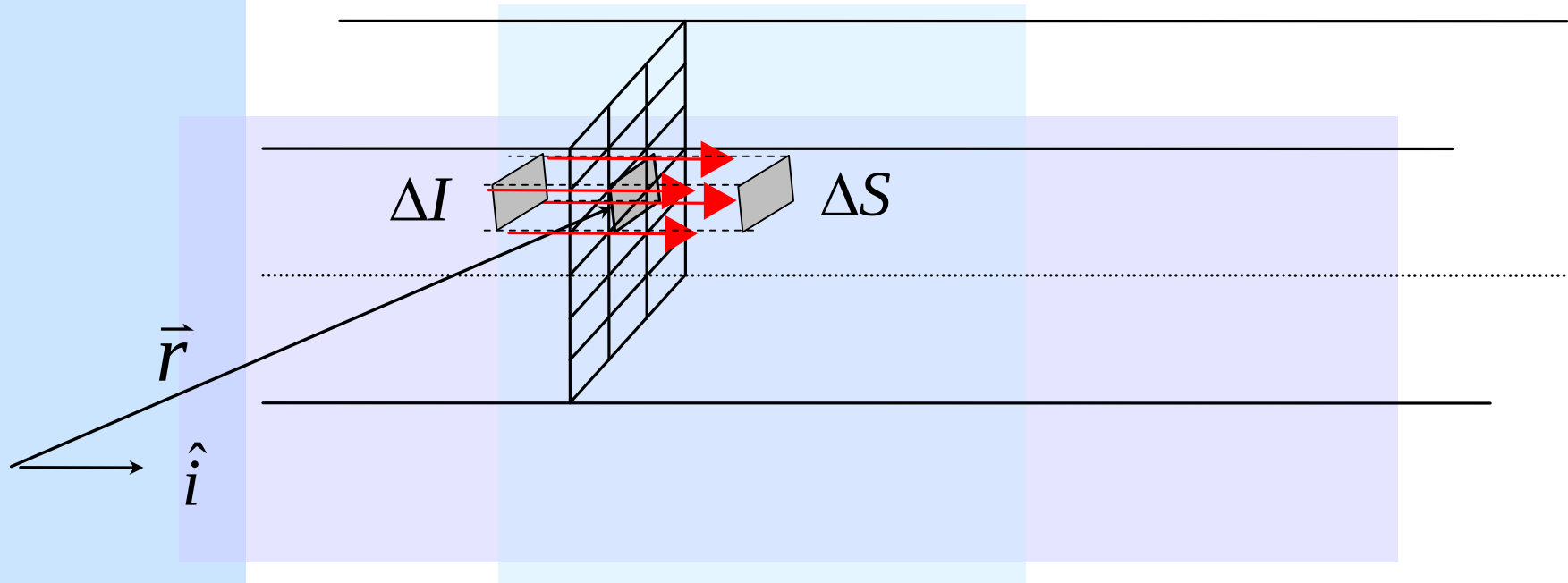


fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

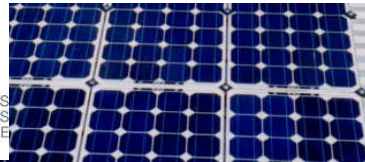


Densidad de Corriente



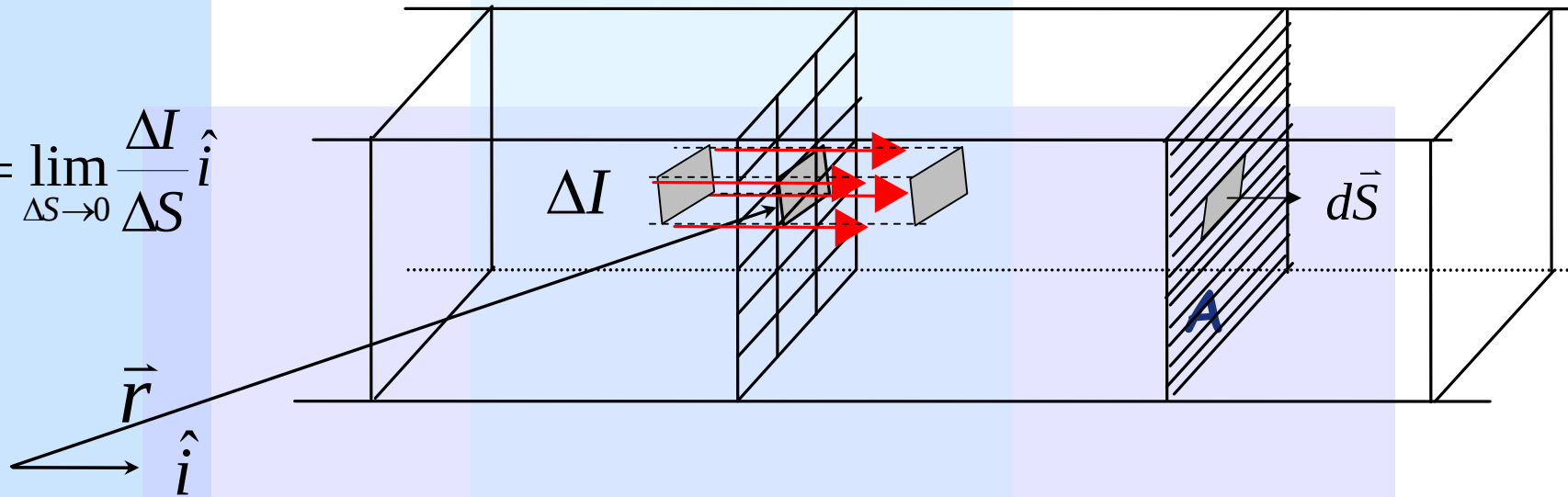
Vector densidad de corriente

$$\vec{J}(\vec{r}) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \hat{i}$$



Densidad de Corriente

$$\vec{J}(\vec{r}) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \hat{i}$$



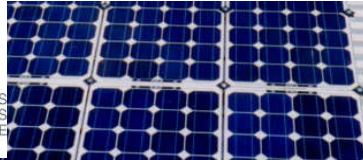
Corriente a través de A

$$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

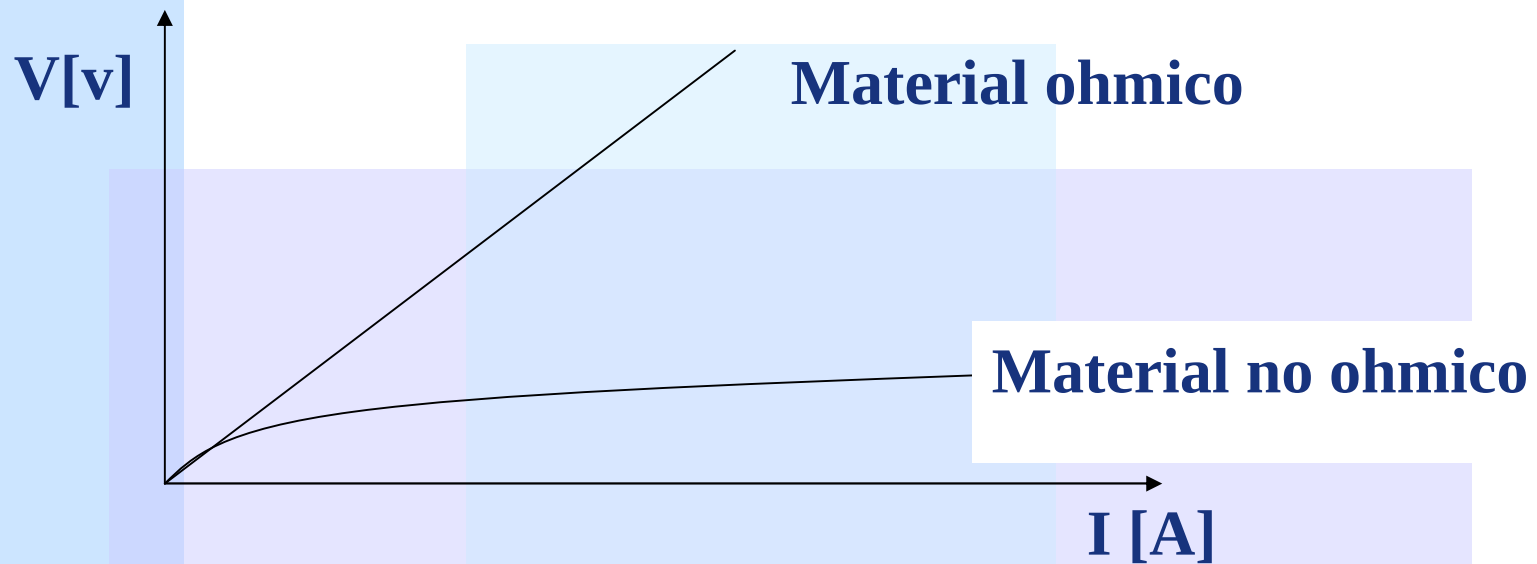


fcfm

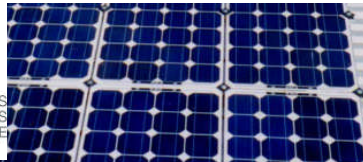
Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



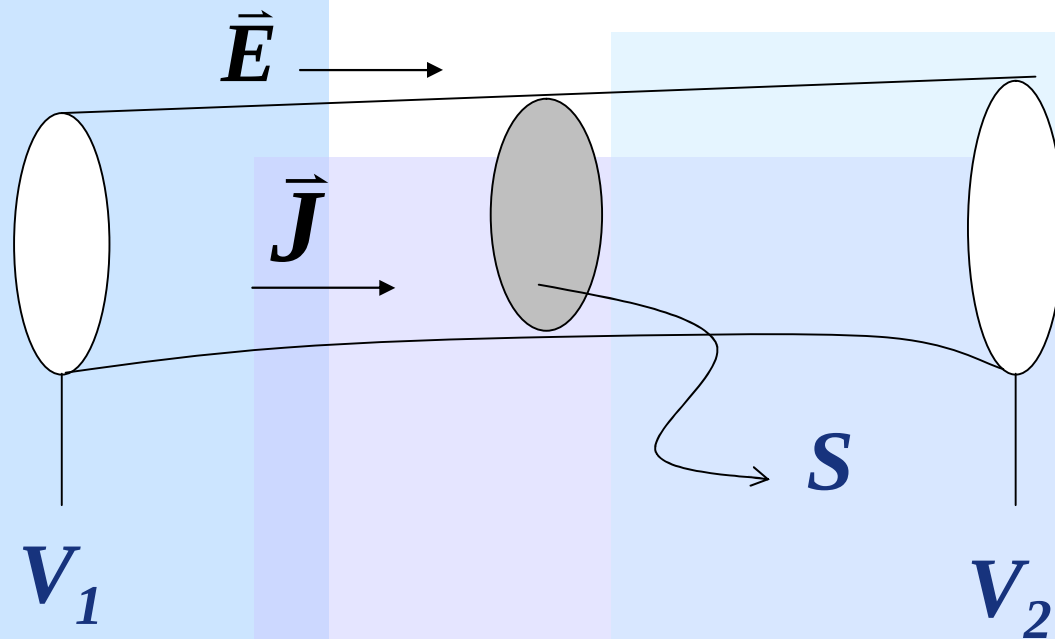
Ley de Ohm



$$\vec{J} = g \vec{E} \Rightarrow \Delta V = RI \qquad R = \rho \times \frac{l}{S}$$



Ley de Ohm



Ley de OHM

$$\vec{J} = g \vec{E}$$

$$\Delta V = RI$$

$$R = \frac{\int_1^2 \vec{E} \cdot d\vec{l}}{\iint_S g \vec{E} \cdot d\vec{S}}$$

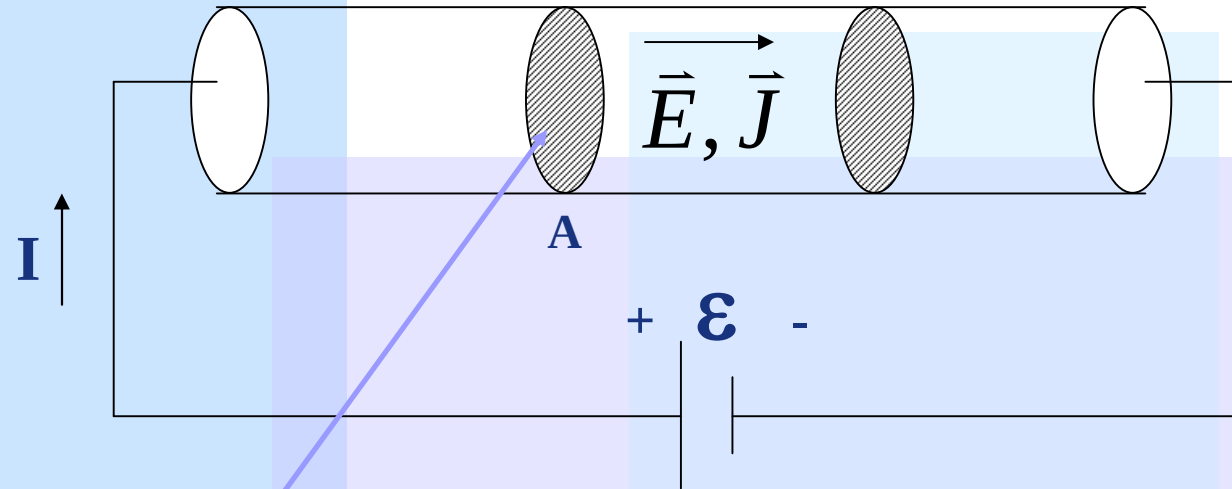


fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



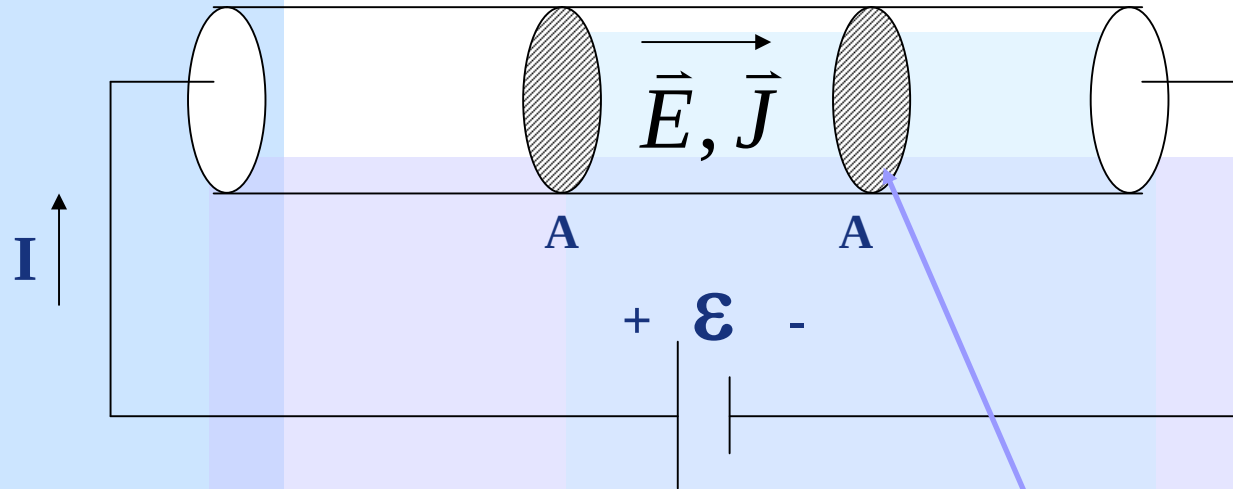
Efecto Joule



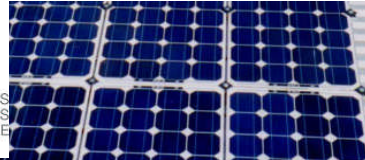
$U_1 = \Delta Q_1 \cdot V_1$ energía de la carga en el disco 1



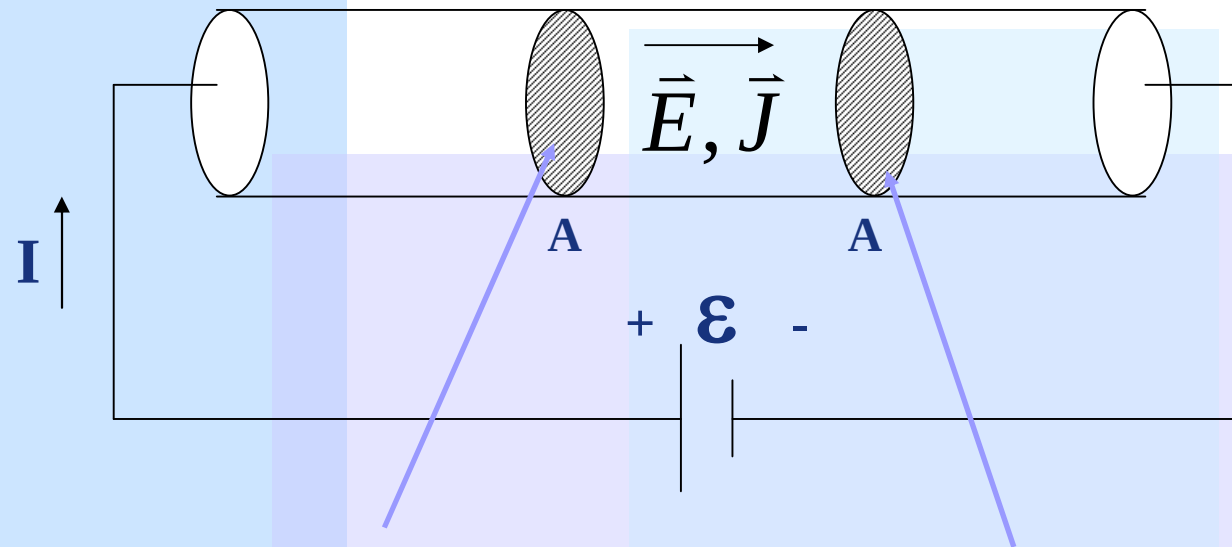
Efecto Joule



$$U_2 = \Delta Q_2 V_2 \quad \text{energía de la carga en el disco 2}$$

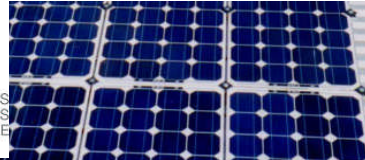


Efecto Joule

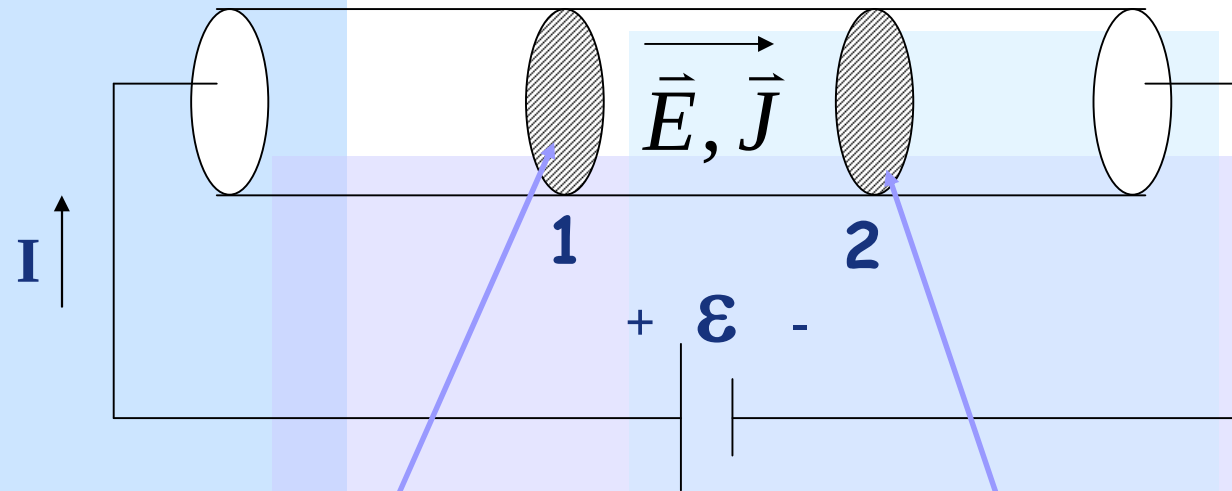


**Diferencia de energía
entre 1 y 2**

$$\Delta U = \Delta Q_1 V_1 - \Delta Q_2 V_2$$



Efecto Joule



$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

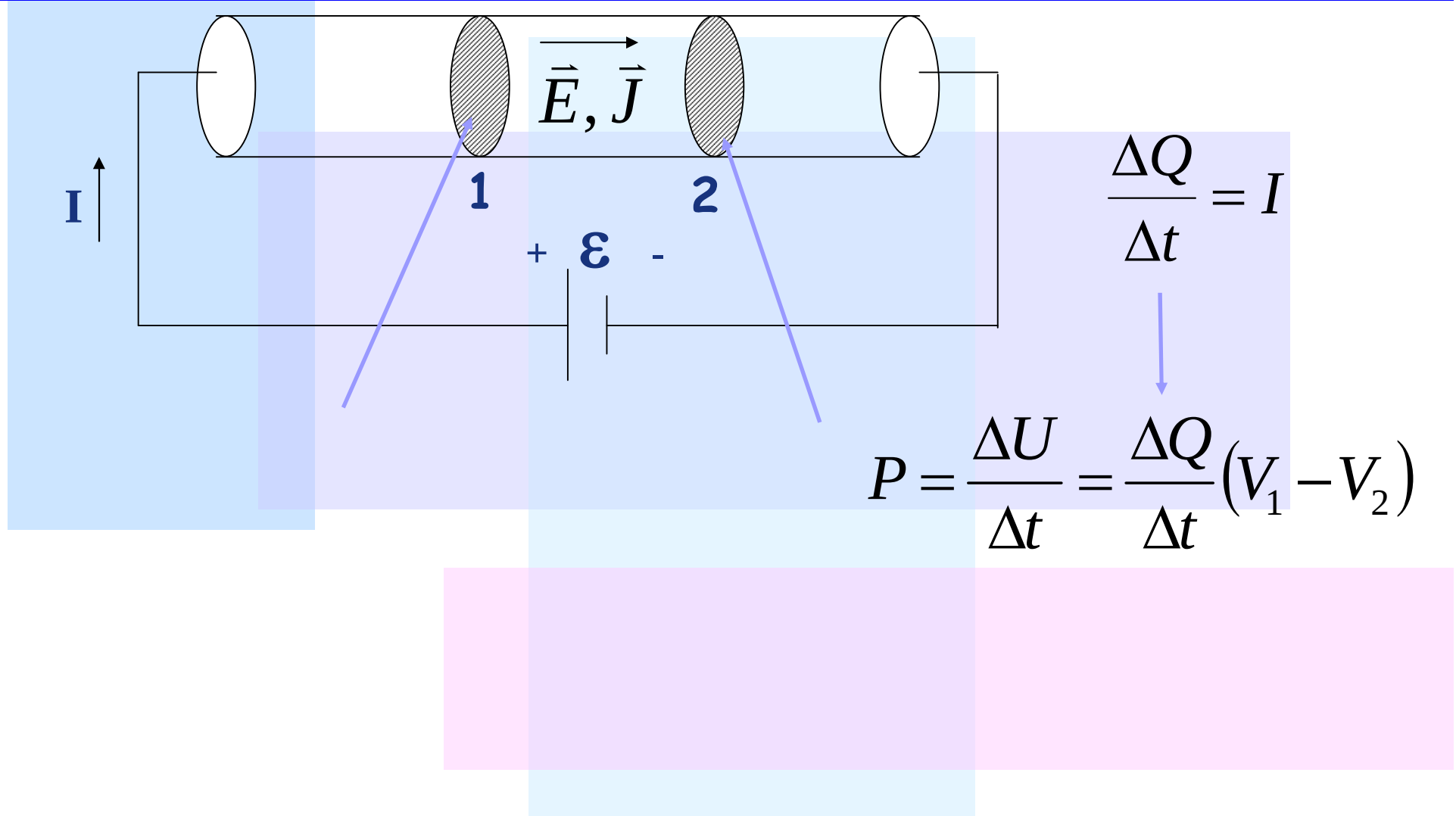
$$\Delta U = \Delta Q(V_1 - V_2)$$

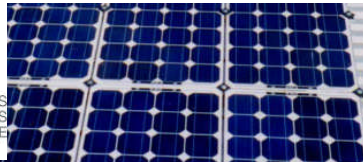
**Potencia es la derivada de la
Energía**

$$P = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}(V_1 - V_2)$$

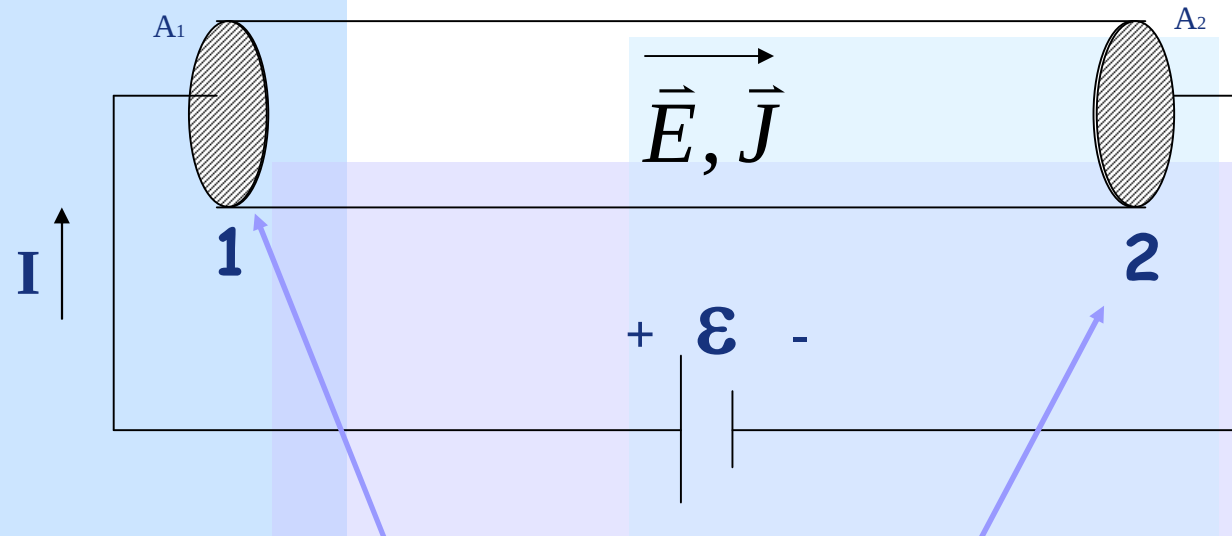


Efecto Joule





Efecto Joule



- Calor disipado
- Fem proporciona energía

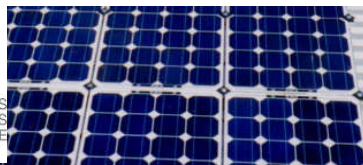
Potencia es diferencia de potencial por corriente

$$\Rightarrow P = I\Delta V$$

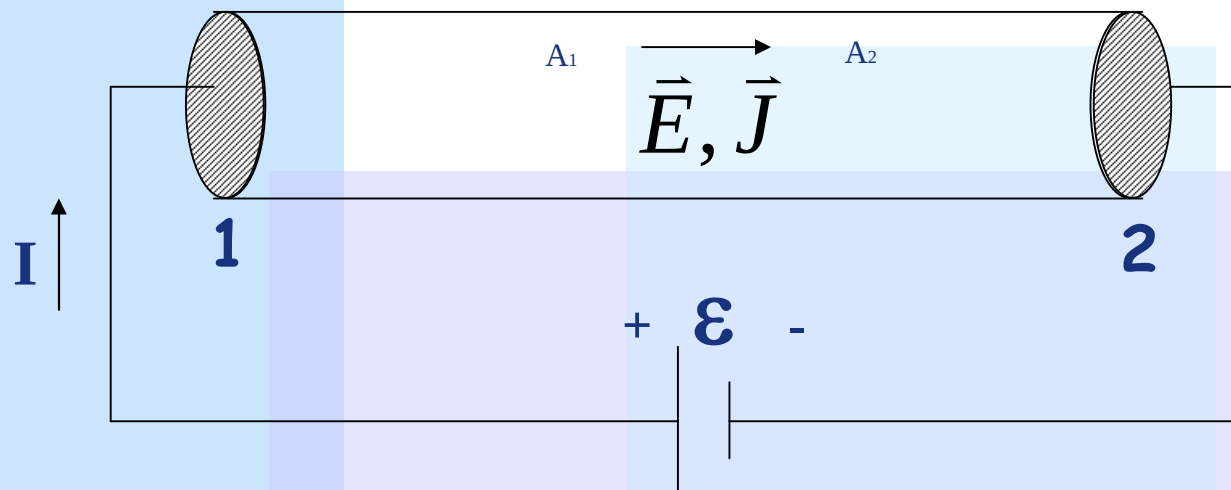


fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Efecto Joule



- Calor disipado

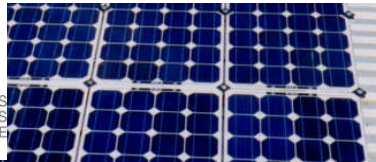
- Fem proporcionala energía

$$\Delta V = RI \Rightarrow P = I \cdot R \cdot I = RI^2 \quad \text{ó} \quad P = \frac{\Delta V^2}{R}$$



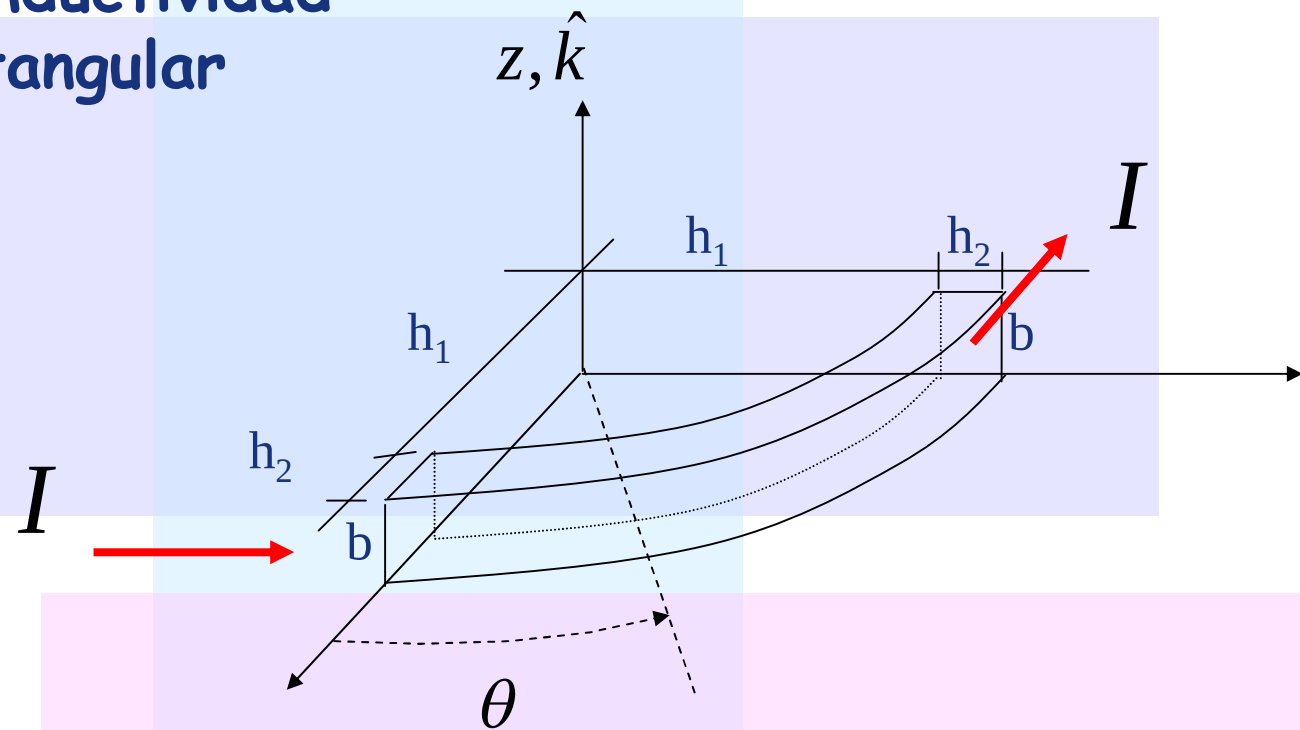
fcfm

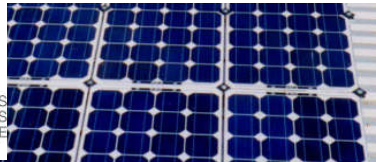
Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Ejemplo

Una barra de cobre
pandeada de conductividad
 g y sección rectangular





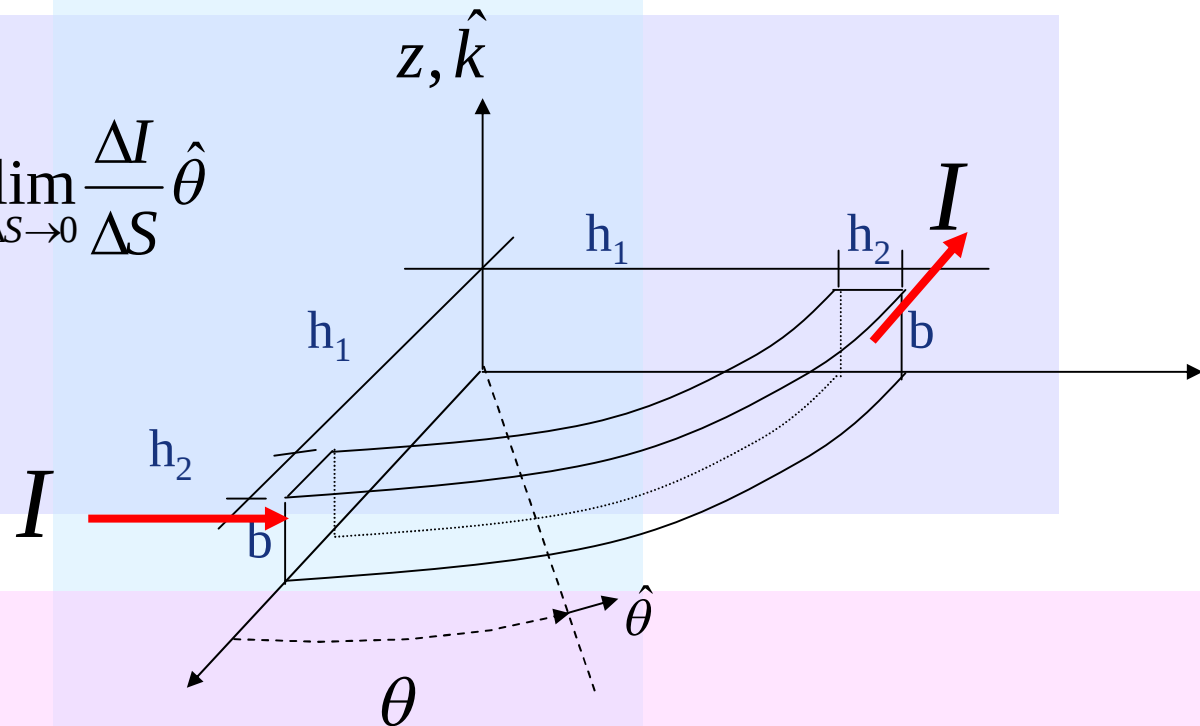
Ejemplo

Vector densidad de corriente

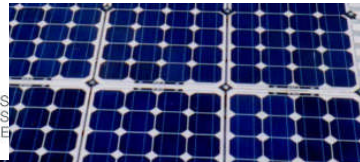
$$I = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{S}$$

$$\vec{J}(\vec{r}) = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta S} \hat{\theta}$$

$$\vec{J}(\vec{r}) = \frac{I}{bh_2} \hat{\theta}$$



Suponemos que la corriente se distribuye en forma uniforme



Ejemplo

Resistencia

$$R = \frac{\int_1^2 \frac{\vec{J}}{g} \cdot d\vec{l}}{\iint_S \vec{J} \cdot d\vec{S}}$$

$$d\vec{l} = r d\theta \hat{\theta} \Rightarrow \int_1^2 \frac{\vec{J}}{g} \cdot d\vec{l} = \frac{I}{gbh_2} r \frac{\pi}{2}$$

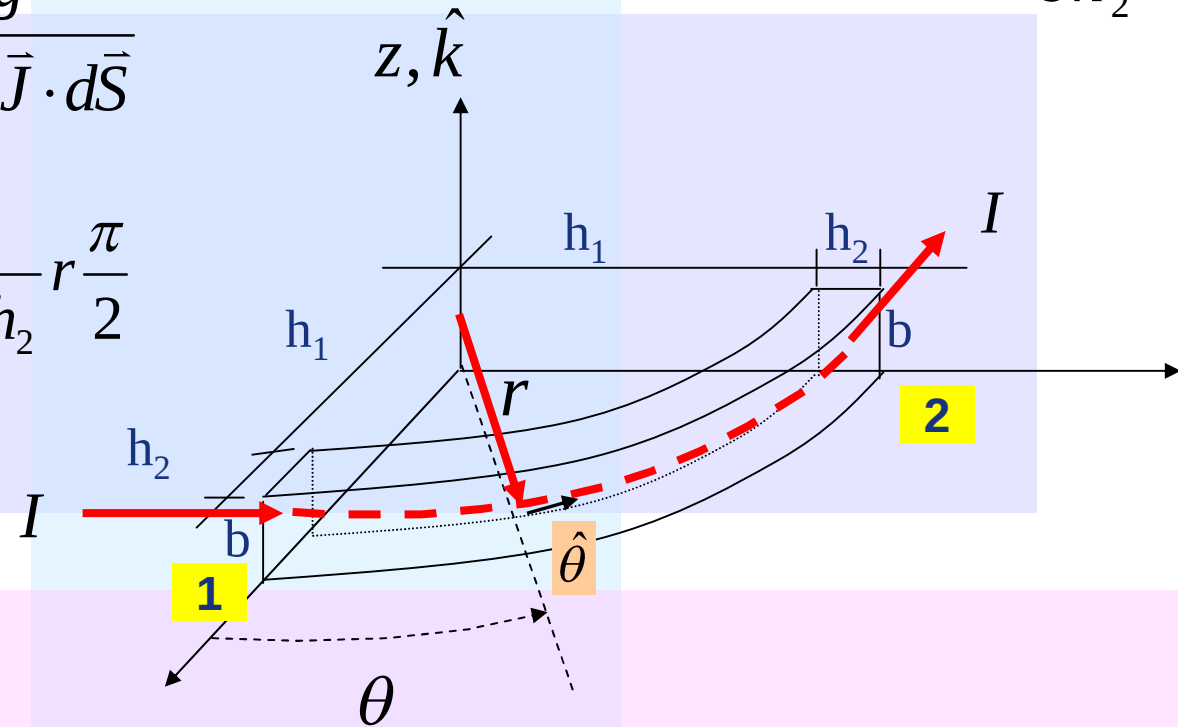
$$\iint_S \vec{J} \cdot d\vec{S} = I$$
$$R = \frac{\frac{I}{gbh_2} r \frac{\pi}{2}}{I}$$

**Tomando el radio
medio**

$$r = h_1 + \frac{h_2}{2} \Rightarrow$$

$$R = \frac{\pi}{2gbh_2} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$$

$$\vec{J}(\vec{r}) = \frac{I}{bh_2} \hat{\theta}$$





Ejemplo

Resistencia

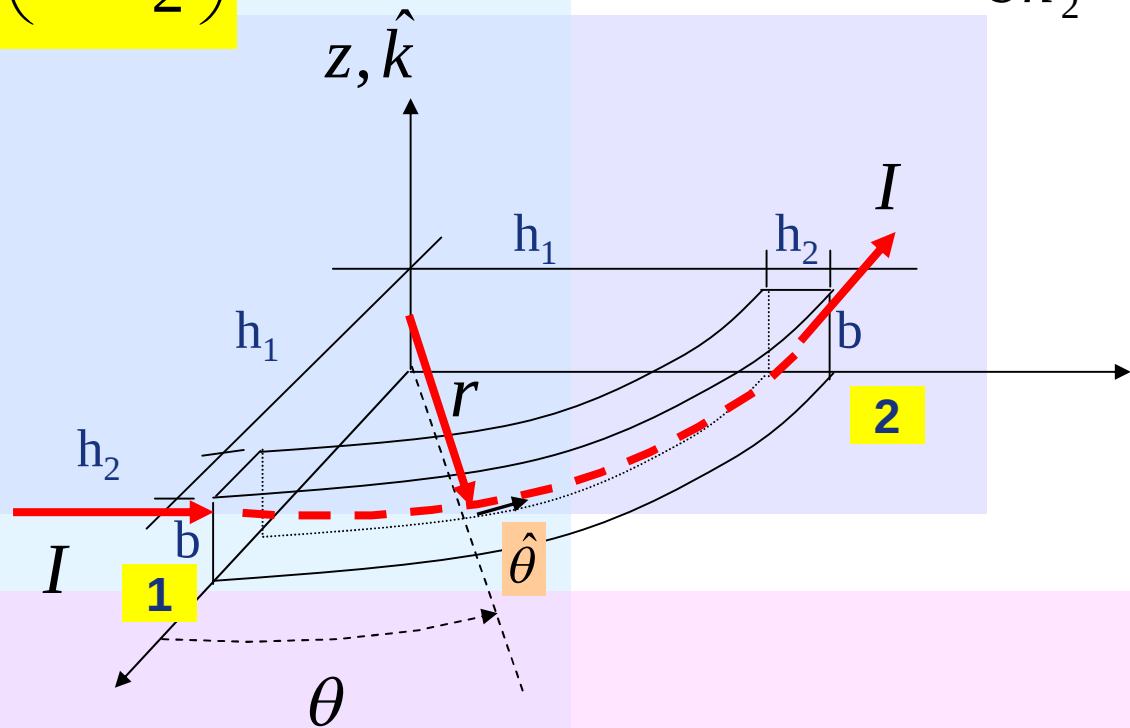
$$R = \frac{\pi}{2gbh_2} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right)$$

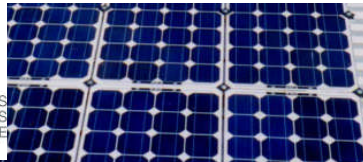
$$\vec{J}(\vec{r}) = \frac{I}{bh_2} \hat{\theta}$$

Potencia disipada

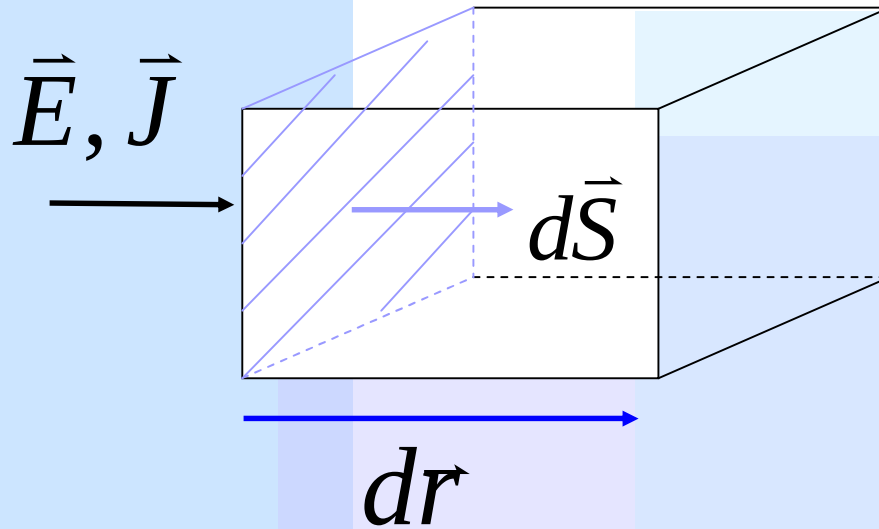
$$P = RI^2$$

$$P = \frac{\pi}{2gbh_2} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) I^2$$





Efecto Joule



$$dP = I \Delta V$$

$$dP = \underbrace{(\vec{J} \cdot d\vec{S})}_I \cdot \underbrace{(\vec{E} \cdot d\vec{r})}_{\Delta V}$$

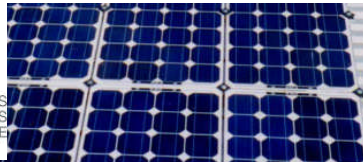
$$\Rightarrow dP = \vec{J} \cdot \vec{E} \cdot d\vec{s} \cdot d\vec{r}$$

Se cumple

$$d\vec{s} \cdot d\vec{r} = dv \Rightarrow dP = \vec{J} \cdot \vec{E} \cdot dv$$

**Potencia disipada en
volumen Ω**

$$\therefore P = \iiint_{\Omega} \vec{J} \cdot \vec{E} dv$$



Ejemplo

Densidad de corriente

$$\vec{J}(\vec{r}) = \frac{I}{bh_2} \hat{\theta}$$

Campo

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{I}{gbh_2} \hat{\theta}$$

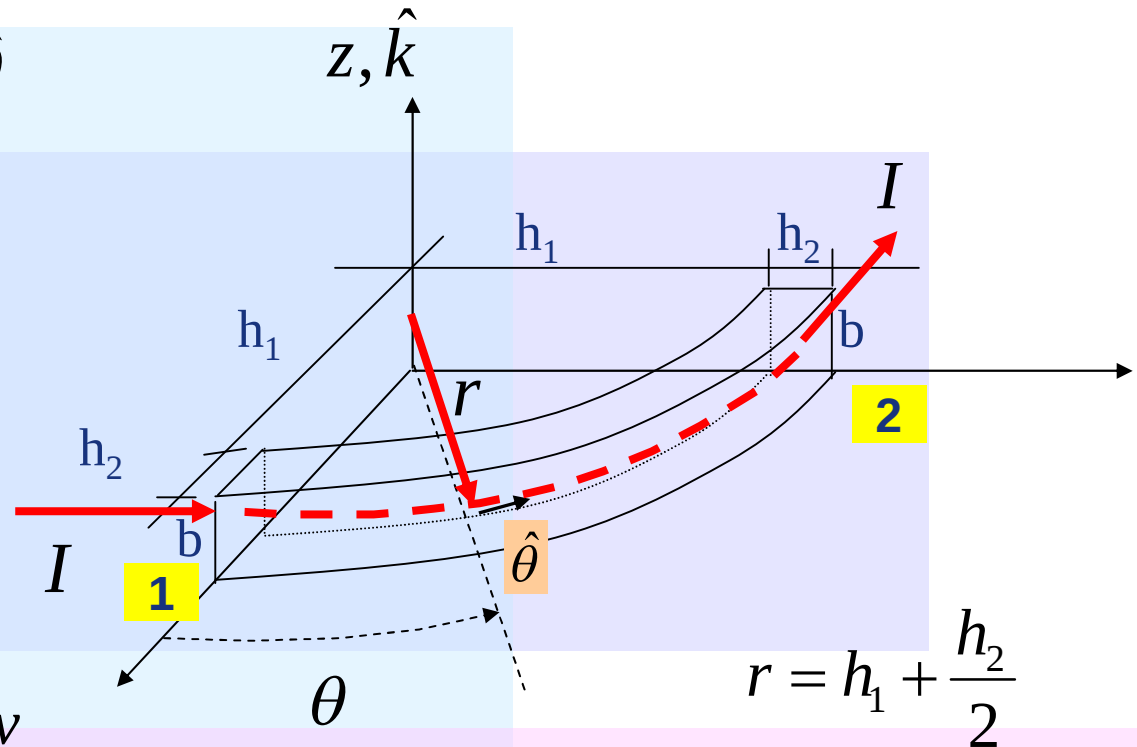
Potencia disipada

$$P = \iiint_{\Omega} \vec{J} \cdot \vec{E} dv$$

$$P = \iiint_{\Omega} \frac{I}{bh_2} \hat{\theta} \cdot \frac{I}{gbh_2} \hat{\theta} dv$$

$$P = \frac{I}{bh_2} \cdot \frac{I}{gbh_2} \iiint_{\Omega} dv = \frac{I^2}{g(bh_2)^2} bh_2 \frac{2\pi r}{4}$$

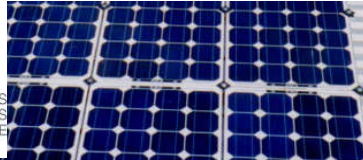
$$P = \frac{\pi}{2gbh_2} \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) I^2$$





fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

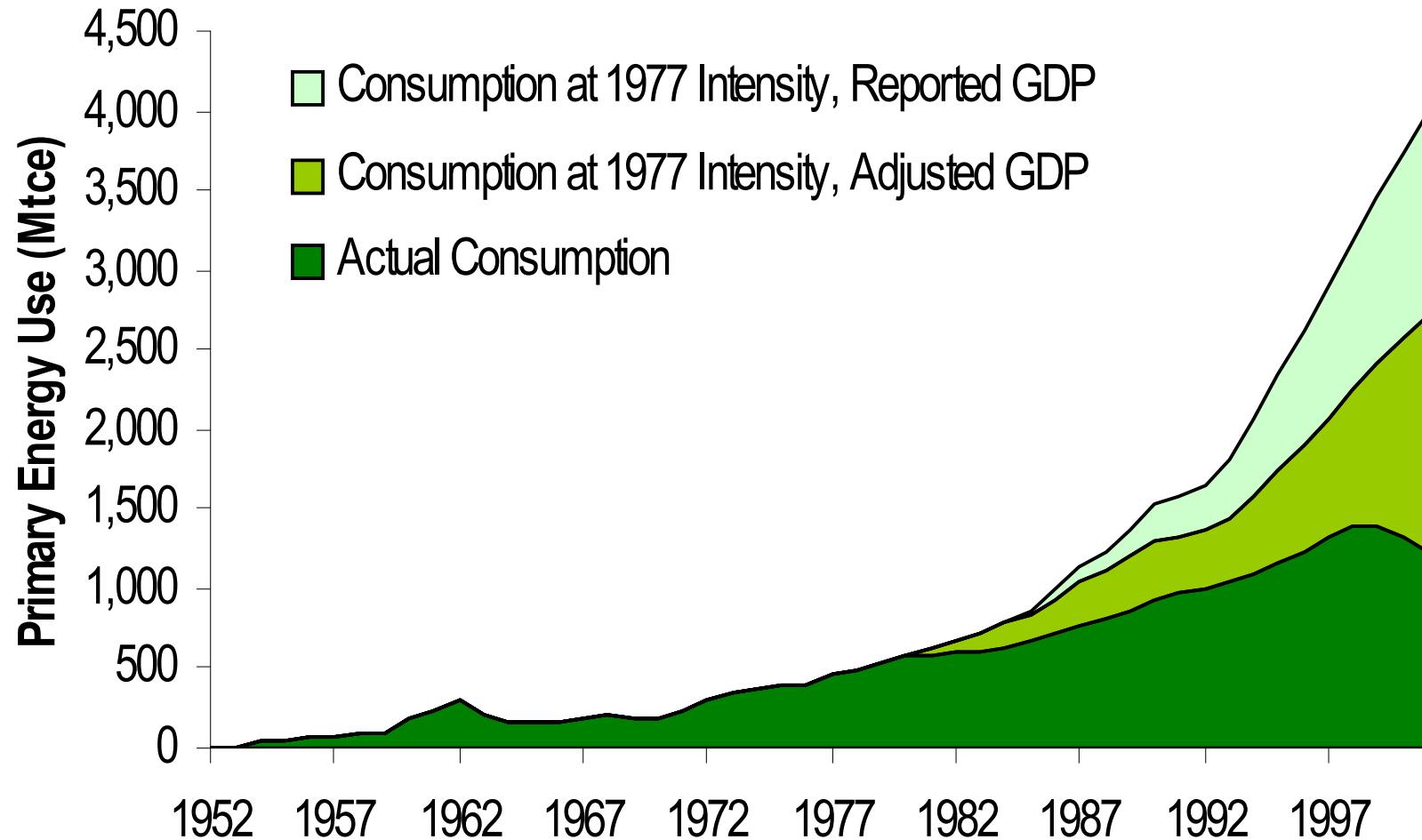


Aspectos prácticos del efecto Joule

- Calentamiento indeseado de máquinas eléctrica
- Calentamiento de artefactos produce incendios
- Pérdidas de energía en general
- La eficiencia energética es un tema país

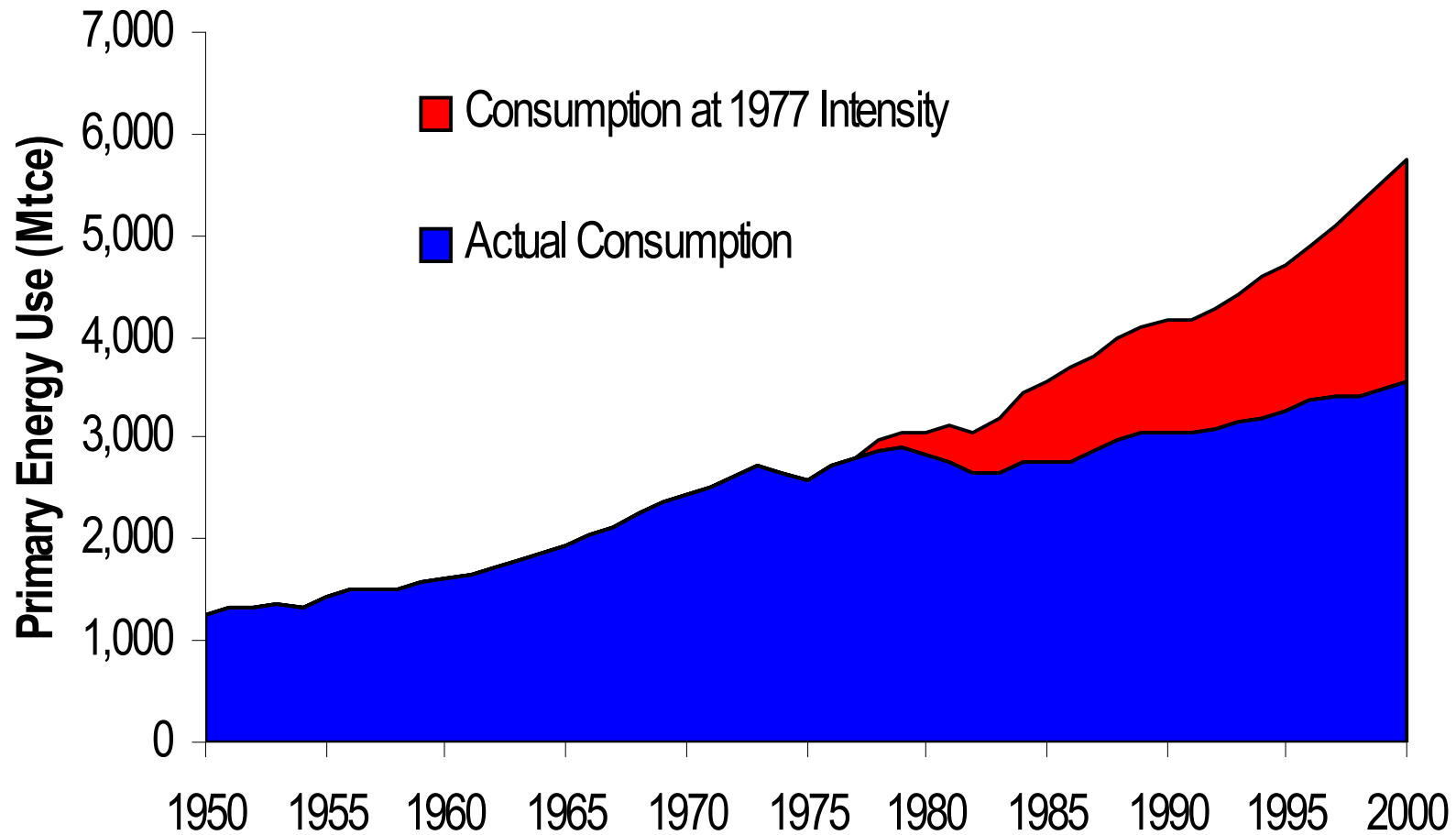


China's energy intensity





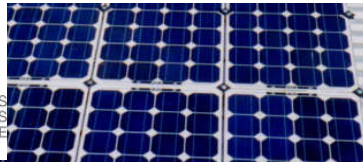
USA's energy intensity





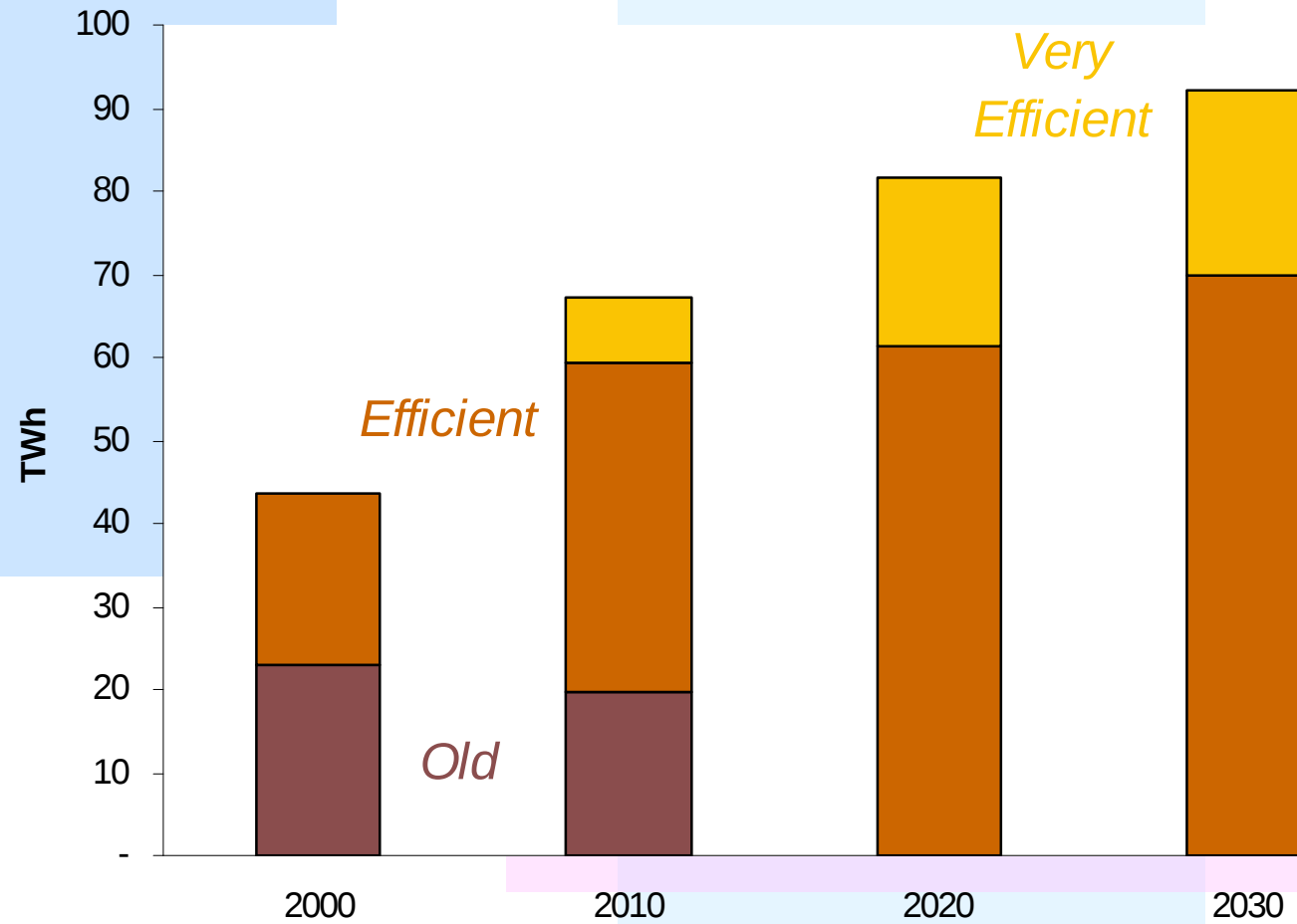
fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



CHINA

China 3.5% Case: Urban Refrigerators



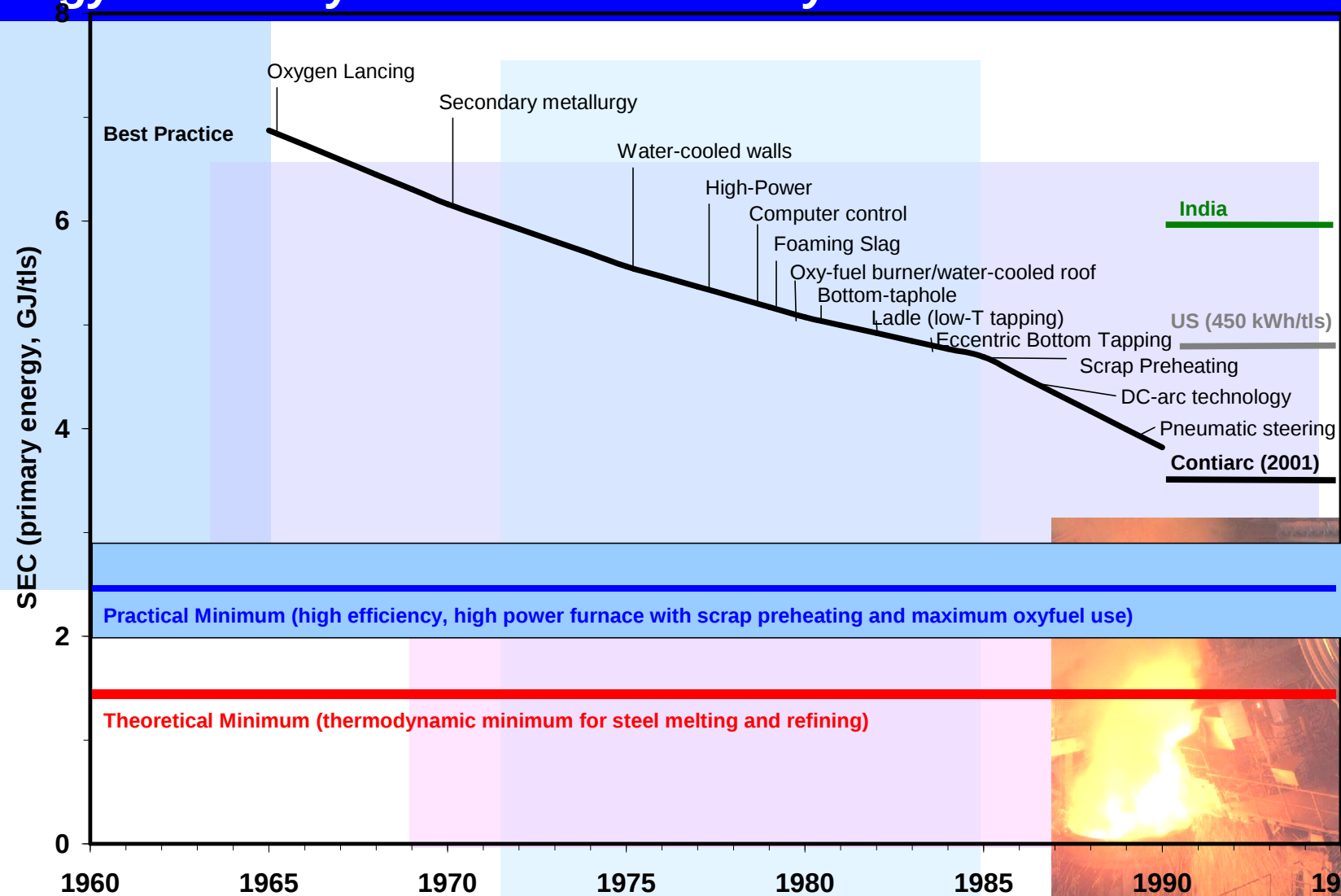


fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



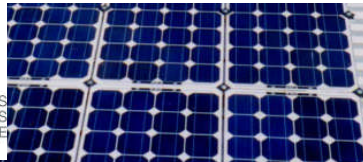
Energy Efficiency in the Steel Industry – Electric Arc Furnace





fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



Eficiencia Energética en Chile