

# CONVIVIENDO CON RADIACIONES

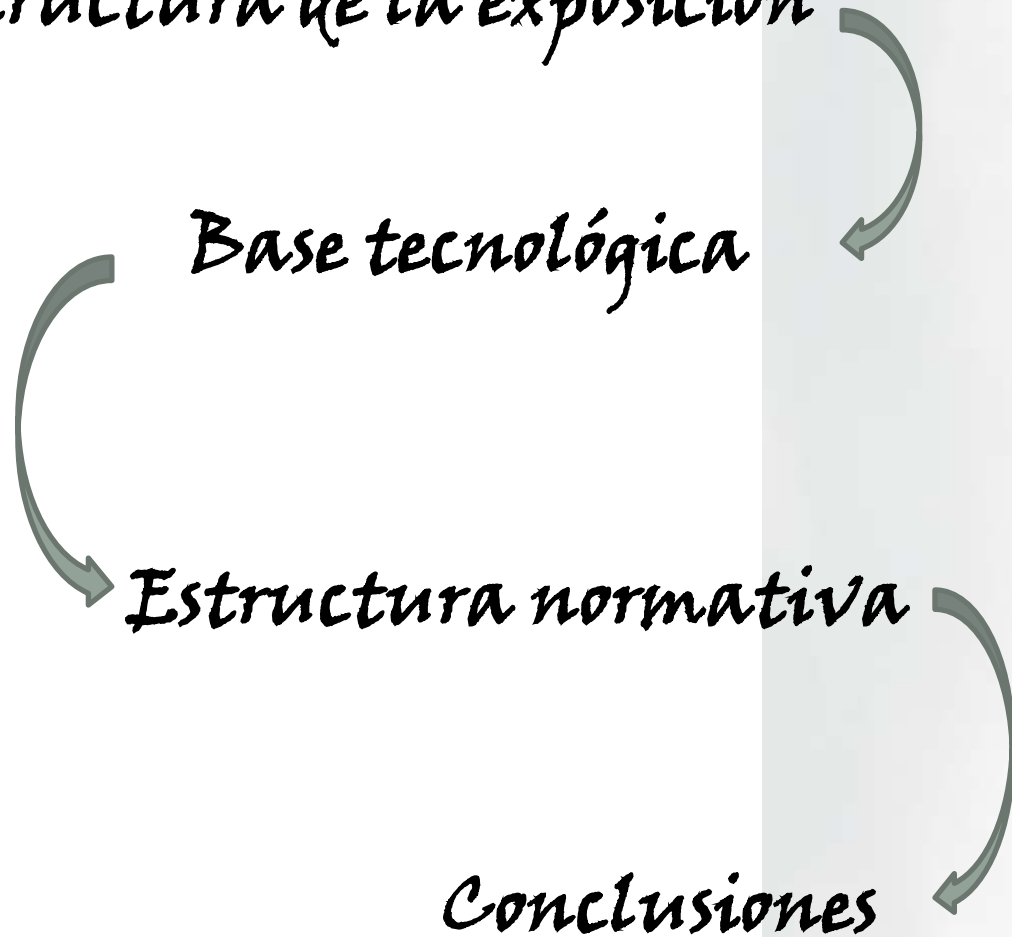
UN ENFOQUE TÉCNICO Y NORMATIVO DE LAS SEÑALES DE LA  
TELEFONÍA CELULAR

*Estructura de la exposición*

*Base tecnológica*

*Estructura normativa*

*Conclusiones*



# Base tecnológica

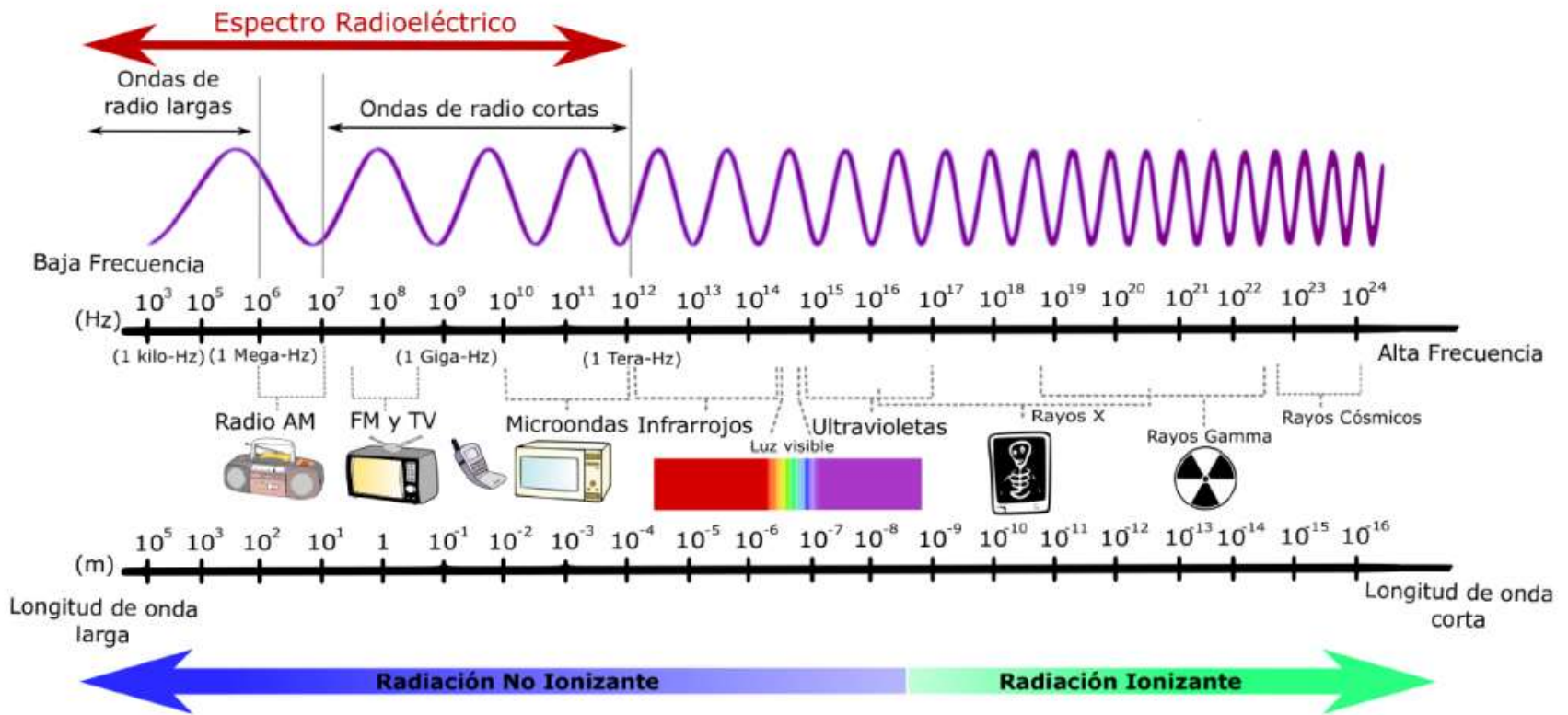
1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. Parámetros/Mediciones
6. Efectos sobre los seres vivos



# QUÉ SON LAS RADIACIONES?

- *Generador de vida terrestre*
- *Propagación de energía*
- *Ionización*
- *Radiación ionizante y no ionizante.*

# ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



# Origen de las radiaciones

- **Naturales**

- Auroras boreales
- Relámpagos
- Campo magnético terrestre

- **Artificiales**

- Señales de radio AM, FM, OC.
- Señales de telefonía celular
- Transmisión de energía eléctrica
- Hornos Microondas
- WIFI
- Teléfonos inalámbricos
- Radares
- Radioenlaces
- Controles remotos
- Electrodomésticos
- Electromedicina (Rayos X, RMN, etc.)
- Balizas
- Sistemas de depilación laser
- Etc...

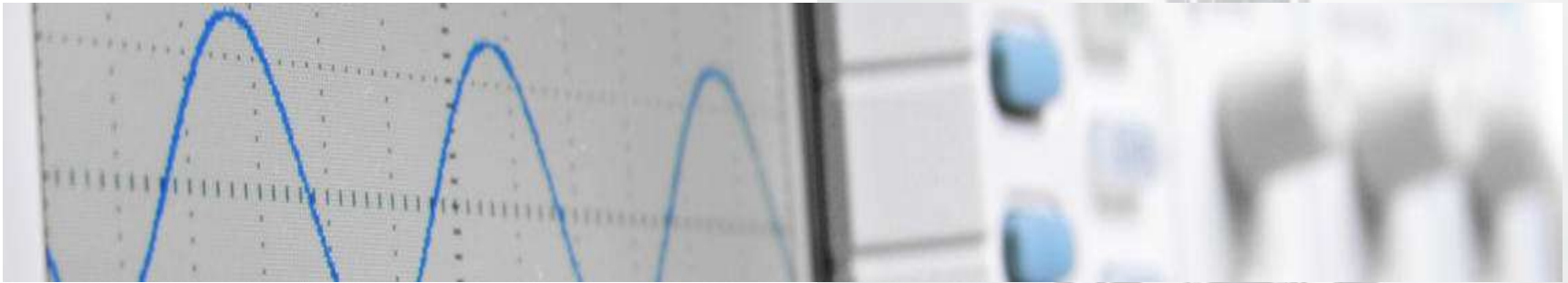


# Base tecnológica

1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. Parámetros/Mediciones
6. Efectos sobre los seres vivos



# ¿Qué es una onda?

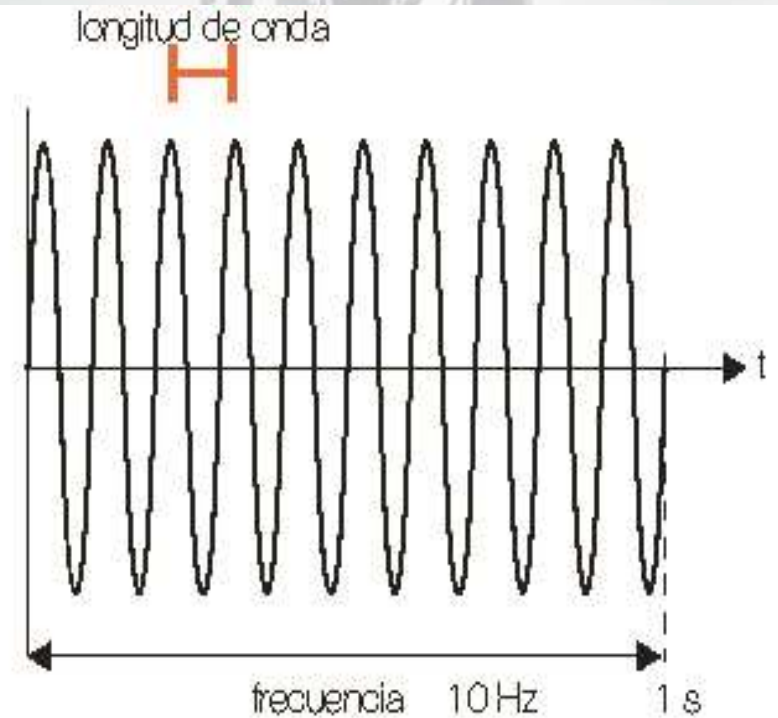
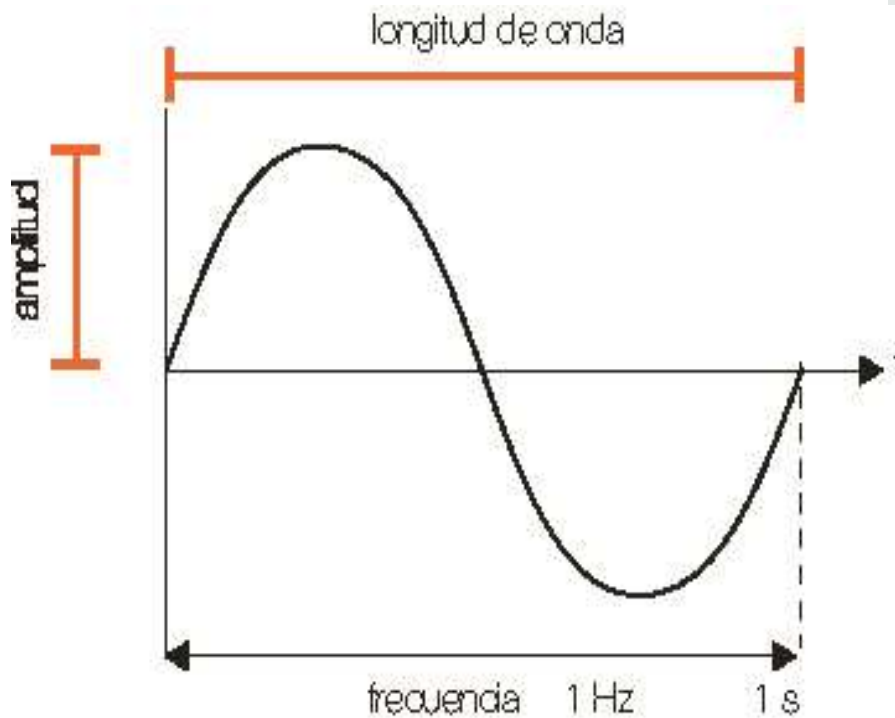


- *La onda se define como una perturbación que se propaga desde el punto en el que se produjo hacia un punto distante del mismo.*
- *Transmisión de energía sin desplazamiento de materia.*

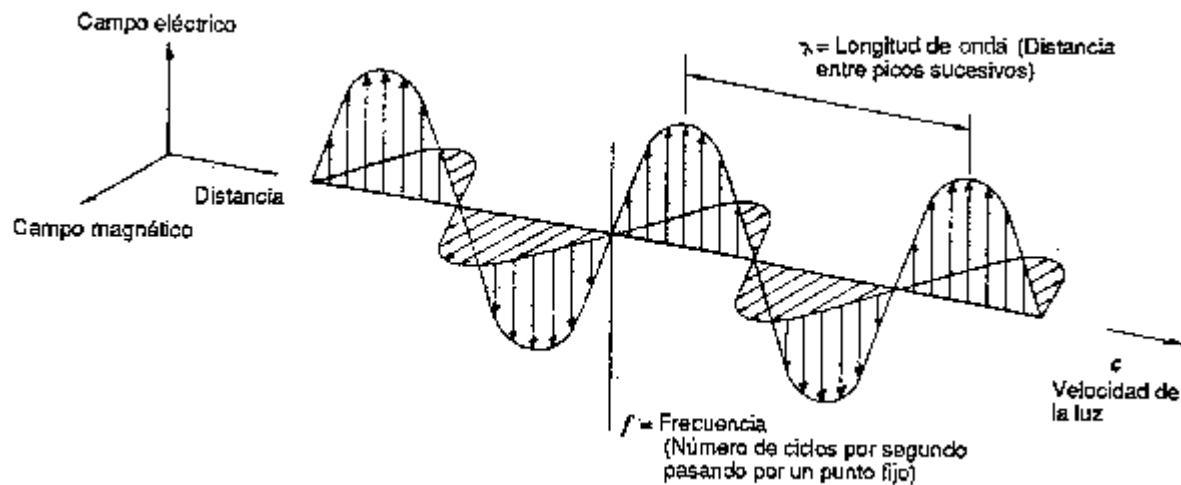


# • *Parámetros de una onda*

- *Amplitud*
- *Longitud de onda*
  - *[Longitud ( $\lambda$ ) [m] = 300 / f (MHz)]*
- *Frecuencia*



# DIAGRAMA DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA

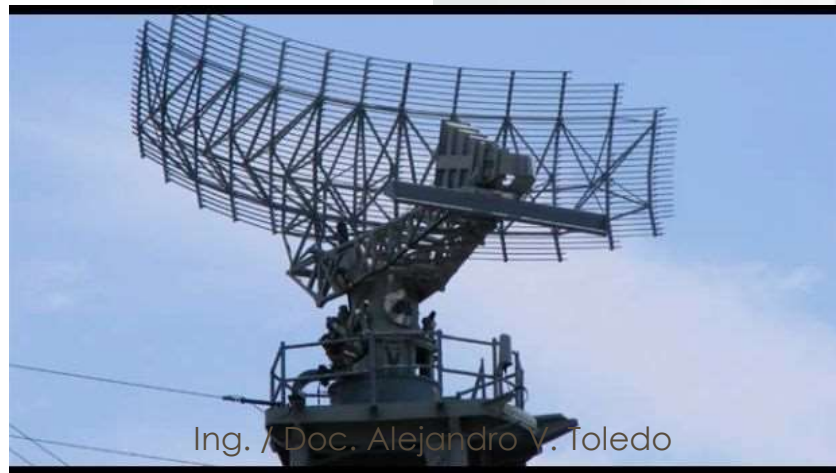


# Base tecnológica

1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. Parámetros/Mediciones
6. Efectos sobre los seres vivos



*Cuántas antenas  
tenemos en estas  
fotografías?*



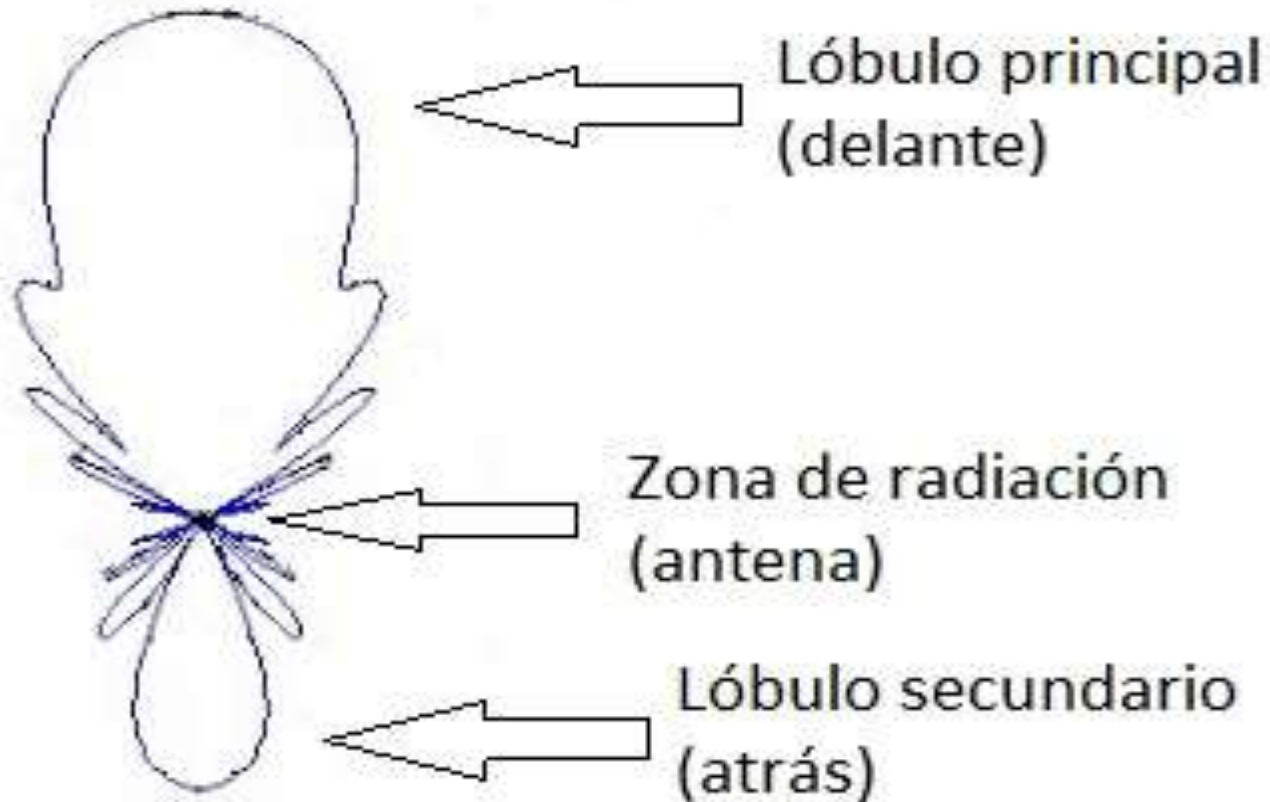
Ing. / Doc. Alejandro Y. Toledo

# • *Características*

- *Omnidireccionales*
- *Sectoriales*
  - *Parámetros*
    - *Ganancia*
    - *Diagrama de radiación*
    - *Relación delante/atrás*
    - *Ancho de banda*
    - *Impedancia*
    - *Directividad*
    - *Polarización*
    - *Eficiencia*



# • Diagrama de radiación



# *Clases de lóbulos de radiación*



**ISOTRÓPICO**

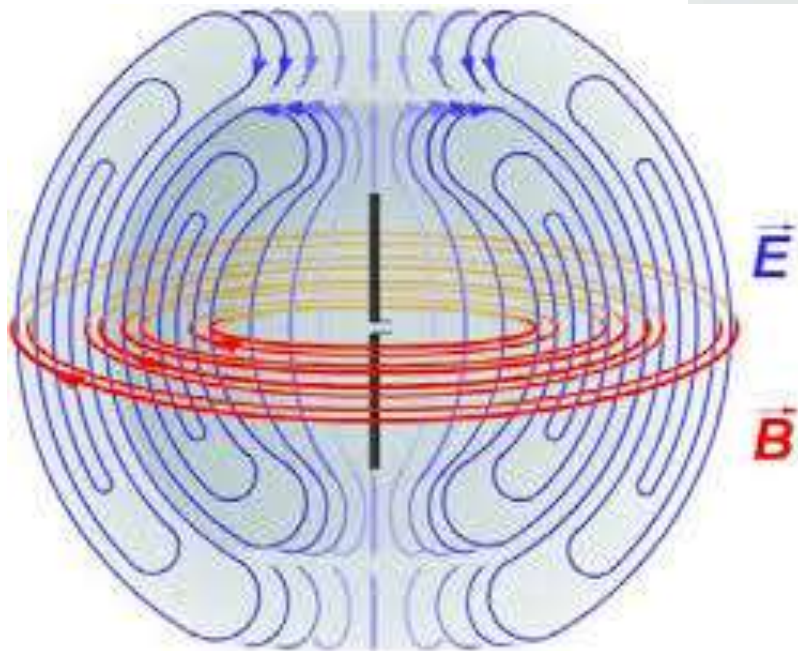


**OMNIDIRECCIONAL**



**DIRECTIVO**

# PROPAGACIÓN DE CAMPOS ANIDADOS



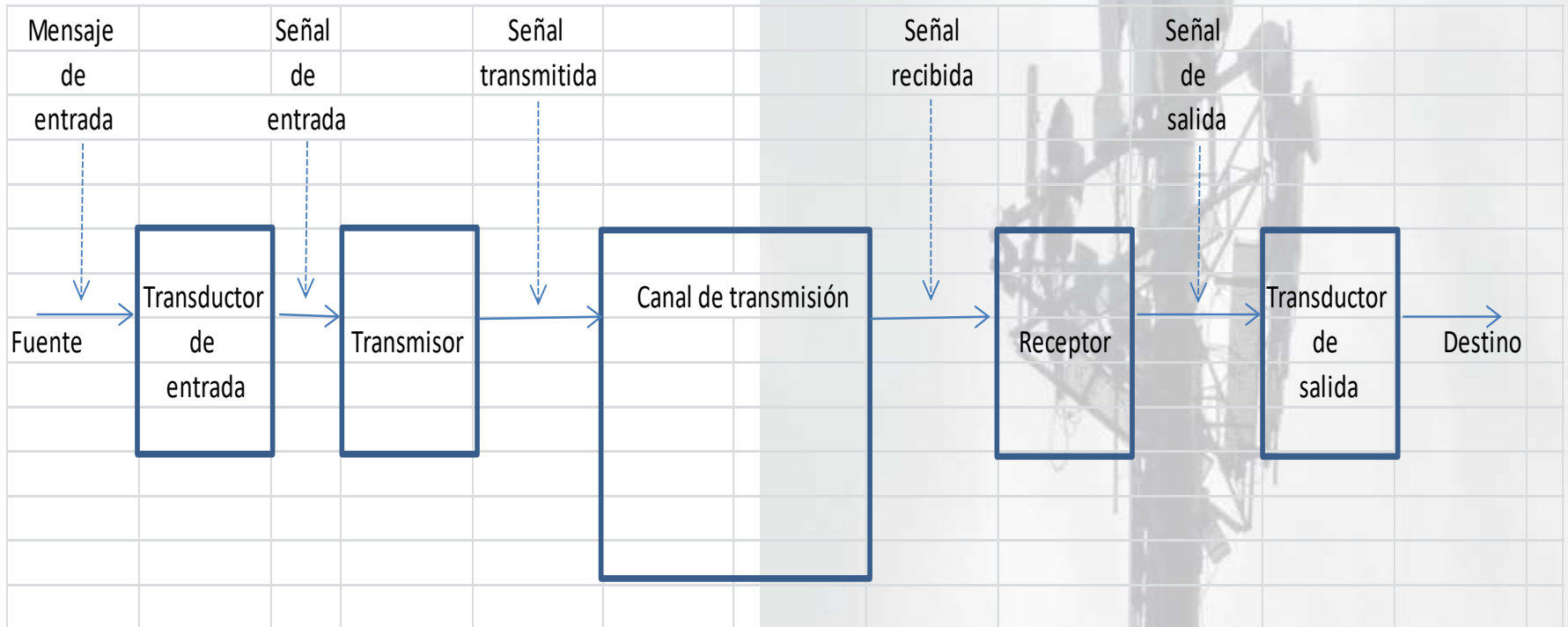


# Base tecnológica

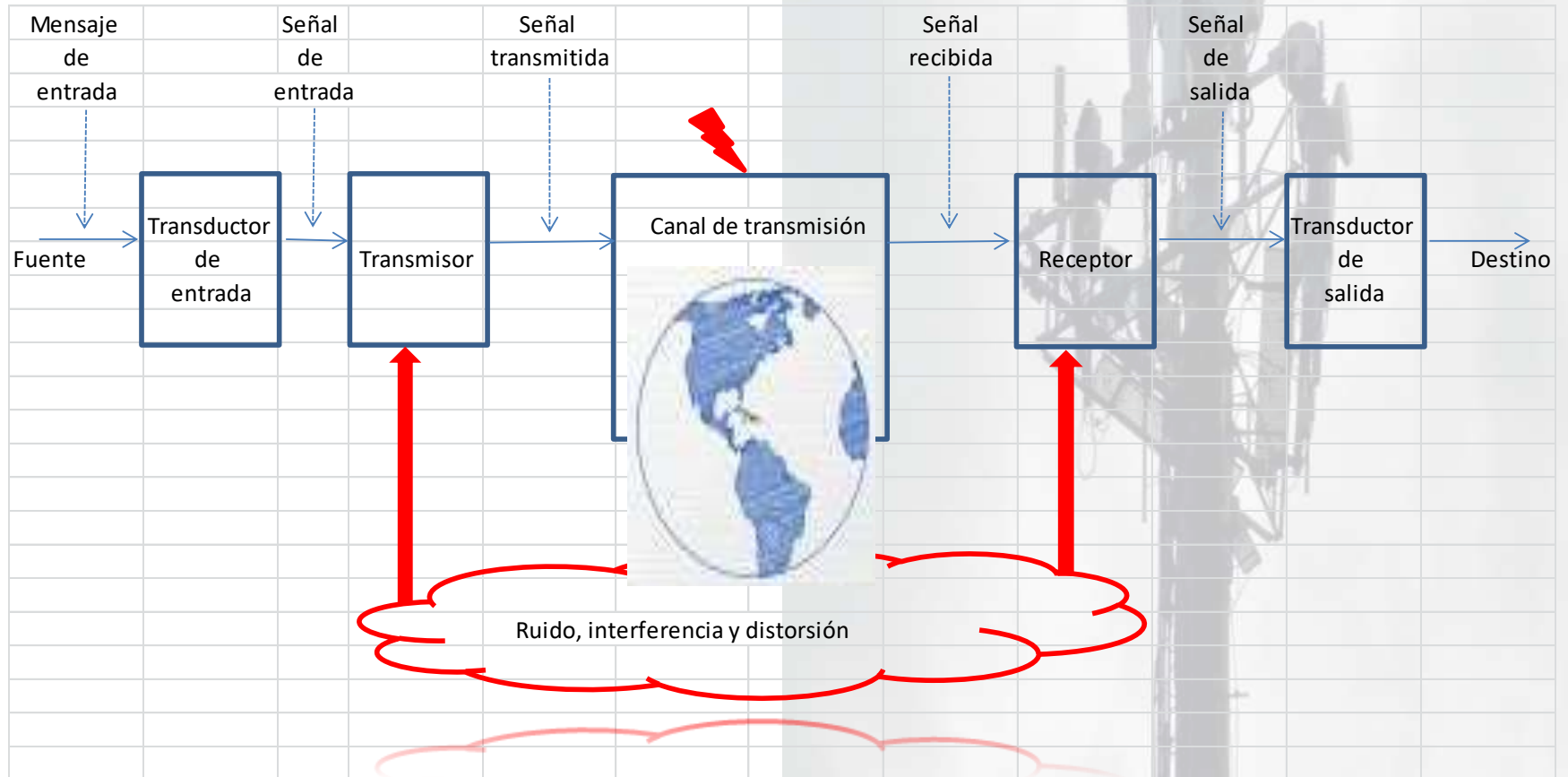
1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. Parámetros/Mediciones
6. Efectos sobre los seres vivos



# TEORÍA



# PRÁCTICA



# Base tecnológica

1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. **Parámetros/Mediciones**
6. Efectos sobre los seres vivos



# Magnitudes a monitorear y controlar

- *Campo eléctrico (E)*
  - *Magnitud vectorial Campo Eléctrico (Volts/m)*
- *Campo magnético (H)*
  - *Magnitud vectorial Campo Magnético (Amperes/m)*
- *Vector de Poynting (S)*
  - *Magnitud vectorial Densidad de Potencia Electromagnética*
  - *Resultante del producto vectorial  $E \times H$  [Watts/m<sup>2</sup>]*

# TASA DE ABSORCIÓN ESPECÍFICA (SAR)

- *Specific Absorption Rate (SAR)*

- $SAR = \frac{d(dW)}{dt(dm)} = \{W/Kg\}$

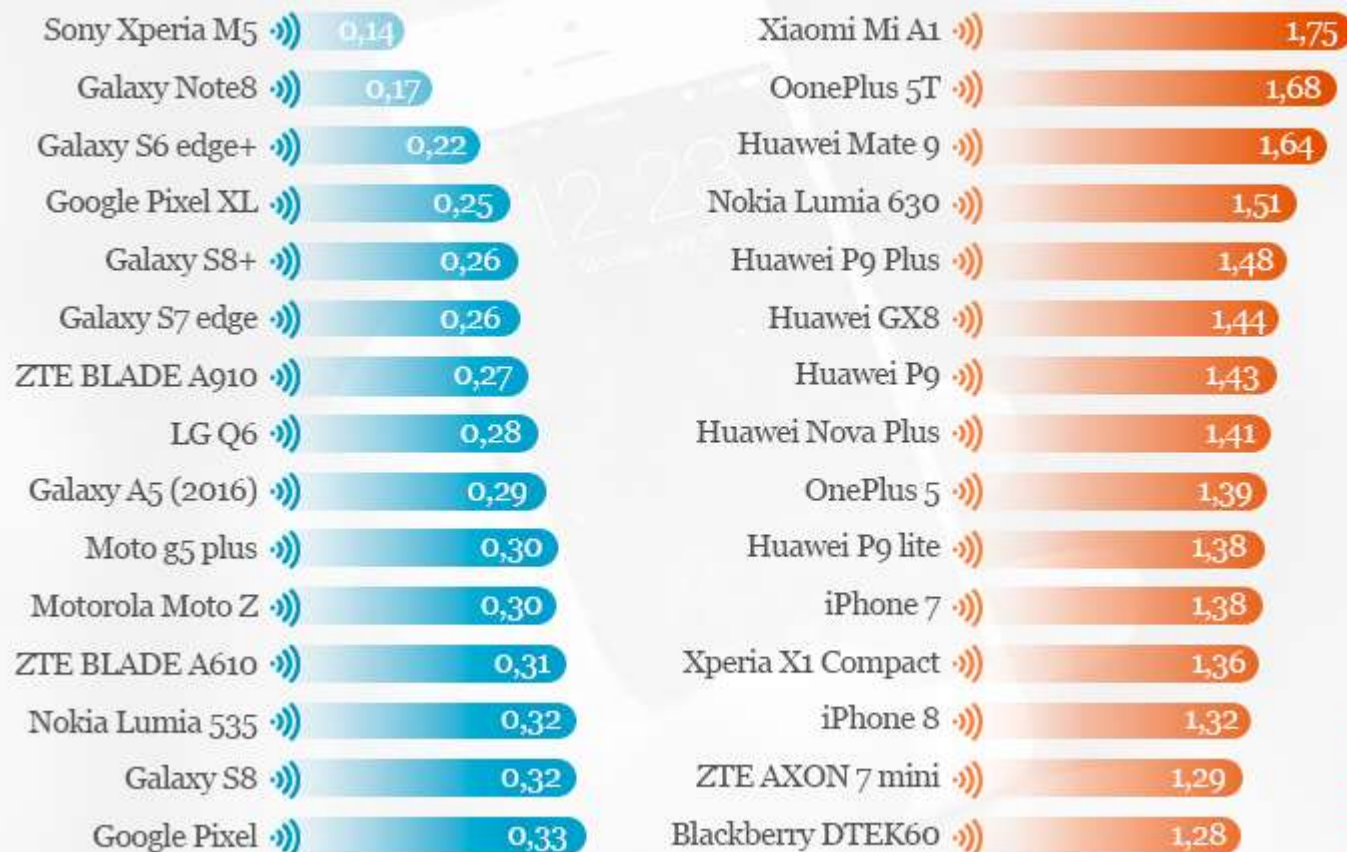
- *Donde:*

- *w/t: Energía absorbida en el tiempo (Potencia).*



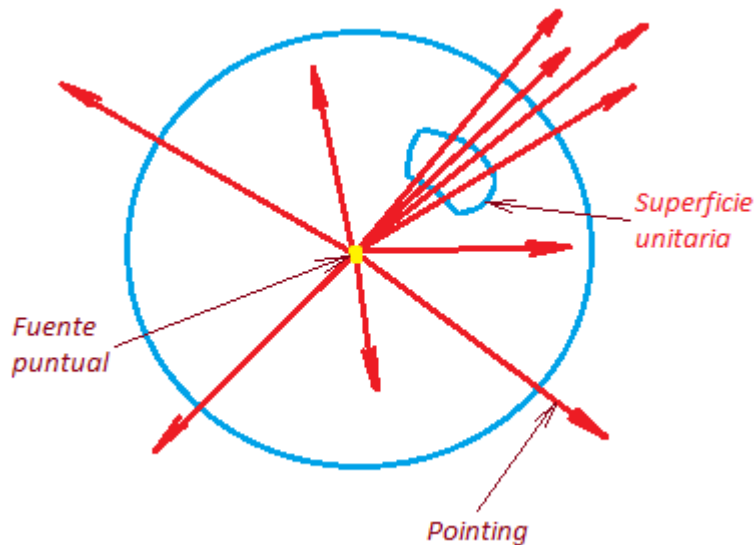
# COMPARATIVA DE SAR

## La radiación de los teléfonos móviles



# DENSIDAD DE POTENCIA (S)

- *Potencia por unidad de superficie que se recibe en un determinado sitio*

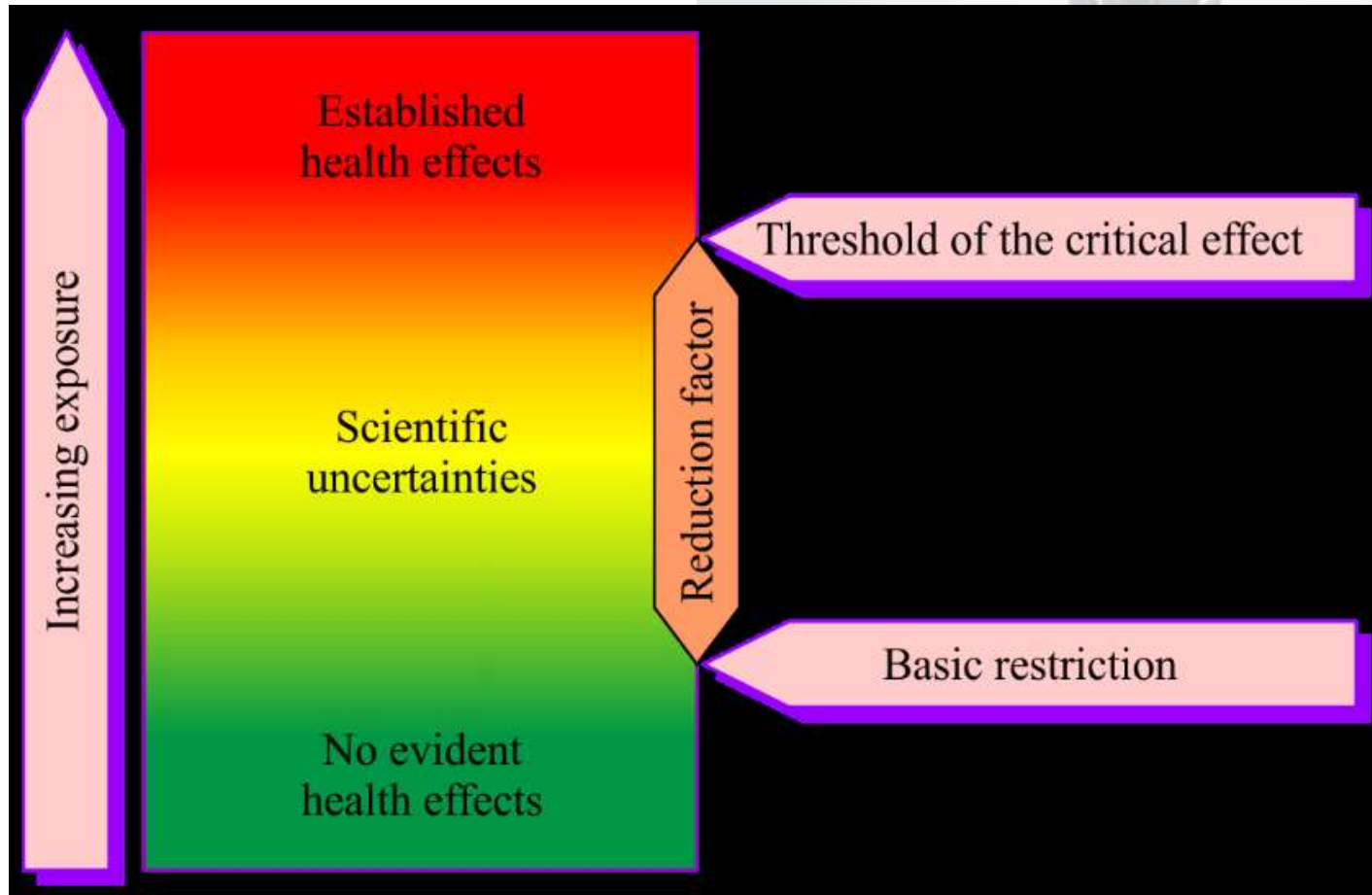




# DENSIDAD DE POTENCIA (S)

- *Unidad: Watts / cm<sup>2</sup> (mW/cm<sup>2</sup>).*
- *Disminución con el cuadrado de la distancia.*
- *Conforma un estándar a tener en cuenta a la hora de definir los niveles de radiación permitidos.*
- *SAR vs. densidad de potencia.*

# EFFECTOS DE EXPOSICIÓN EN LA SALUD



# EXPOSICIÓN

Esta puede definirse como:

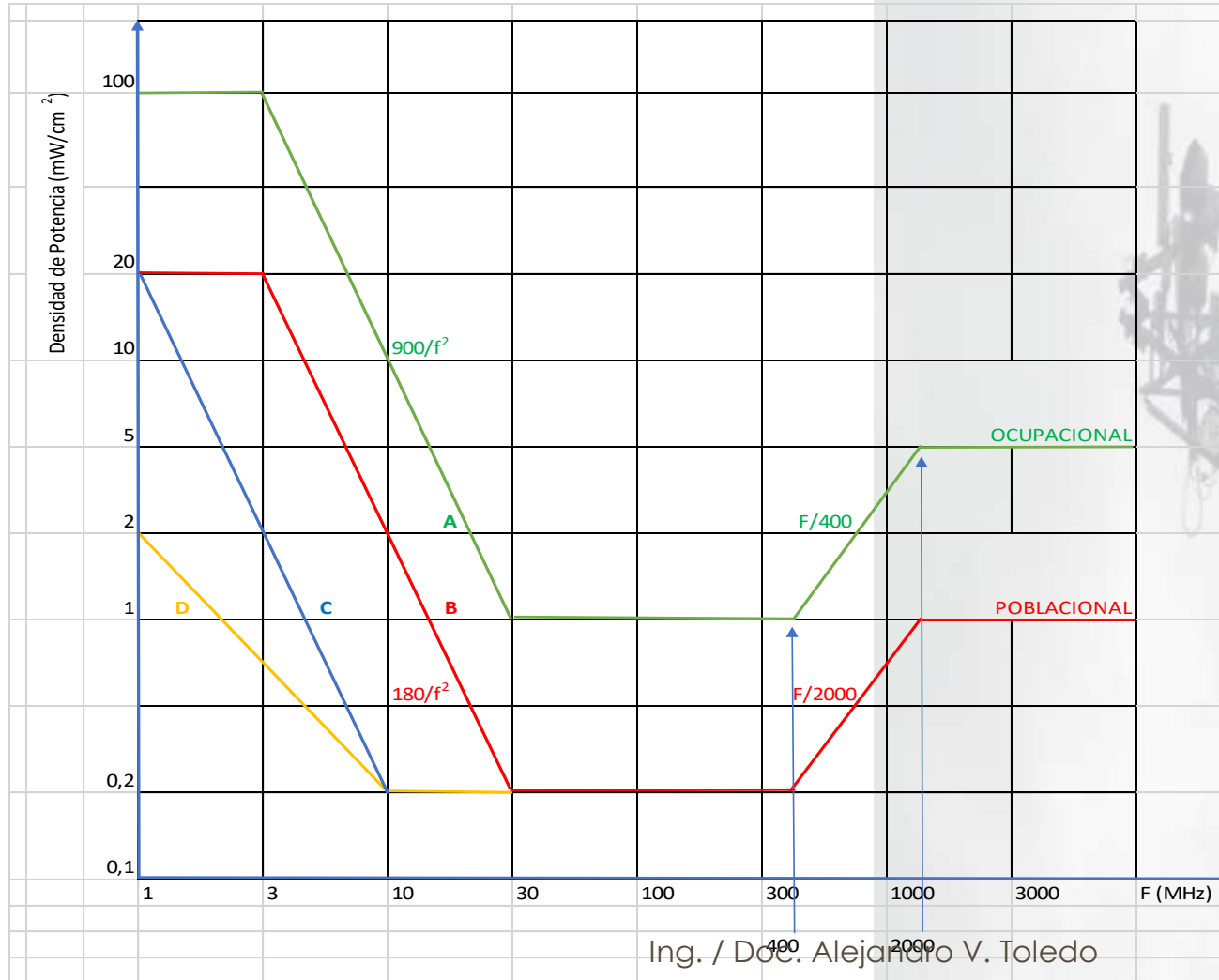
- *Ocupacional (o controlada)*
  - *Exposición diaria de 8 horas.*



- *Poblacional (o no controlada)*
  - *Exposición diaria de 24 horas.*

- *MEP: Máxima Exposición Permitida.*

# MÁXIMA EXPOSICIÓN PERMITIDA



# CÁLCULO DE DENSIDAD DE POTENCIA

- EIRP (Effective Isotropic Radiated Power o Potencia Isotrópica Radiada Efectiva, PIRE)
- $P.I.R.E. = Pot. \times G.$



# CÁLCULO DE DENSIDAD DE POTENCIA

- Por ejemplo:
  - Potencia inyectada a la antena = 60W
  - Ganancia de la antena = 16,8dB (47,86 veces)

$$P.I.R.E. = 2.871,6W$$

Si suponemos que esa "P.I.R.E." parte desde una fuente puntual y se recibe a una distancia  $L$ :

$$DP(L) = P.I.R.E. / (4 \times \pi \times L^2)$$

# Frecuencias utilizadas por la telefonía celular en Argentina

- ✓ **GSM** (850/1.900 MHz)
  - ✓ Acceso Múltiple por División de Tiempo  
(Lambda de 35,29cm a 15,78cm)
- ✓ **WCDMA** (850/1.900 MHz)
  - ✓ Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha  
(Lambda de 35,29cm a 15,78cm).
- ✓ **LTE** (700, 1.700, 2.100 y 2.600 MHz)
  - ✓ Long Term Evolution  
(Lambda de 42,85cm a 11,53cm).

# Variación del campo electromagnético de la radiobase con la distancia

Para Frec = 700 MHz

$$P = 60 \text{ W}$$

$$G = 16,8 \text{ dB} = 47,86 \text{ veces}$$

$$P.I.R.E. = 2871,6 \text{ W}$$

$$DPrb = P.I.R.E. / (4 \times \pi \times Lrb^2)$$

$$MEP_p = 700 / 2000 = 0,35 \text{ mW/cm}^2$$

$$DPrb @ 8,08 \text{ m} = 0,35 \text{ mW/cm}^2$$

$$MEP_o = 700 / 400 = 1,75 \text{ mW/cm}^2$$

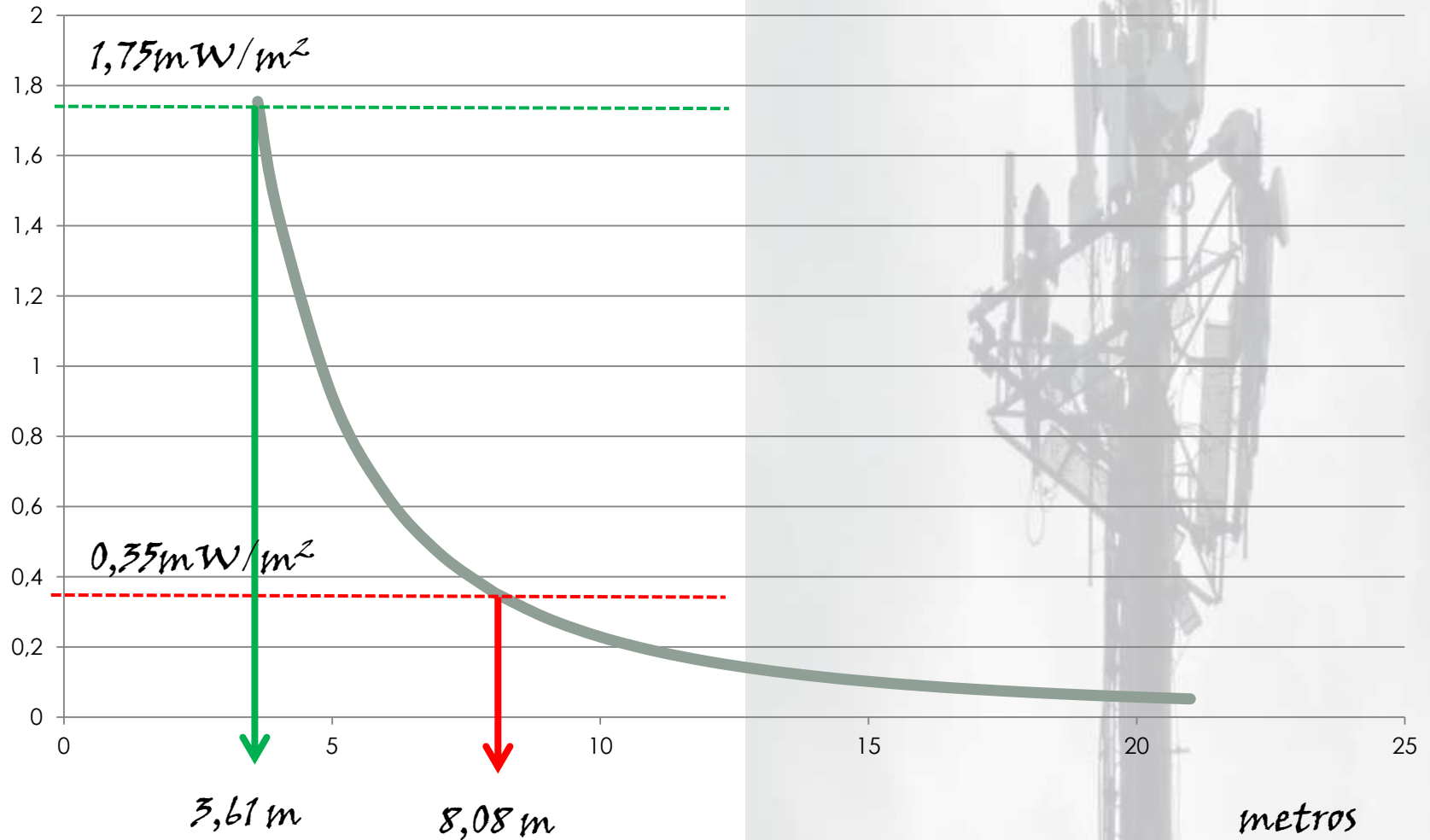
$$DPrb @ 3,61 \text{ m} = 1,75 \text{ mW/cm}^2$$





Frec = 700MHz

mW/cm<sup>2</sup>



# Variación del campo electromagnético de la radiobase con la distancia

Para  $Frec = 2600\text{MHz}$

$$P = 60\text{W}$$

$$G = 16,8\text{dB} = 47,86 \text{ veces}$$

$$P.I.R.E. = 2871,6\text{W} (*)$$

$$DPrb = P.I.R.E. / (4 \times \pi \times Lrb^2)$$

$$MEP_p = 1\text{mW}/\text{cm}^2$$

$$DPrb @ 4,78\text{m} = 1\text{mW}/\text{cm}^2$$

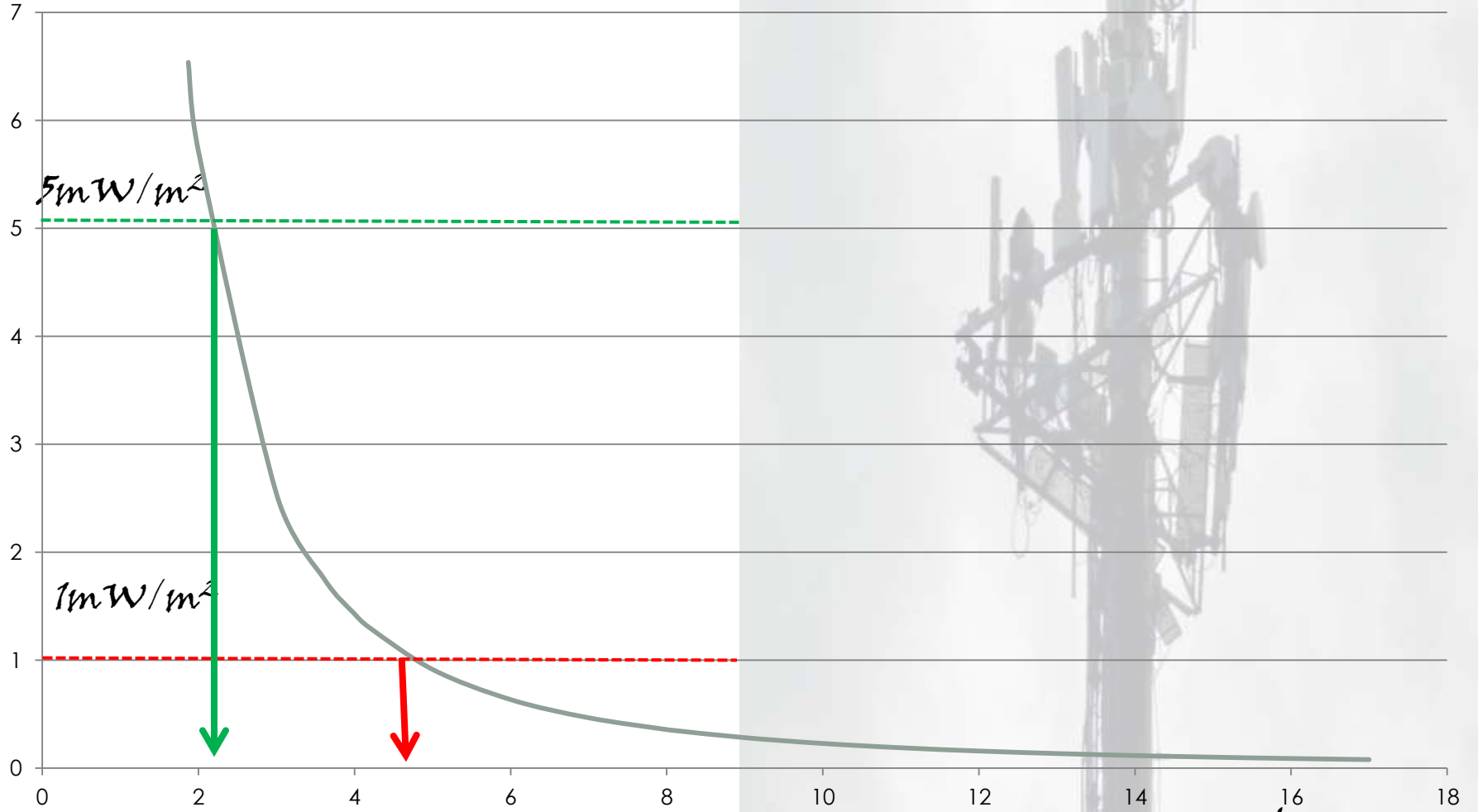
$$MEP_o = 5\text{mW}/\text{cm}^2$$

$$DPrb @ 2,13\text{m} = 5\text{mW}/\text{cm}^2$$



Frec = 2600MHz

mW/cm<sup>2</sup>



*Entonces... hablemos  
del celular que  
llevamos en el  
bolsillo...*



# Variación del campo electromagnético del teléfono celular con la distancia

Para Frec = 700MHz

$$P_t = 1W$$

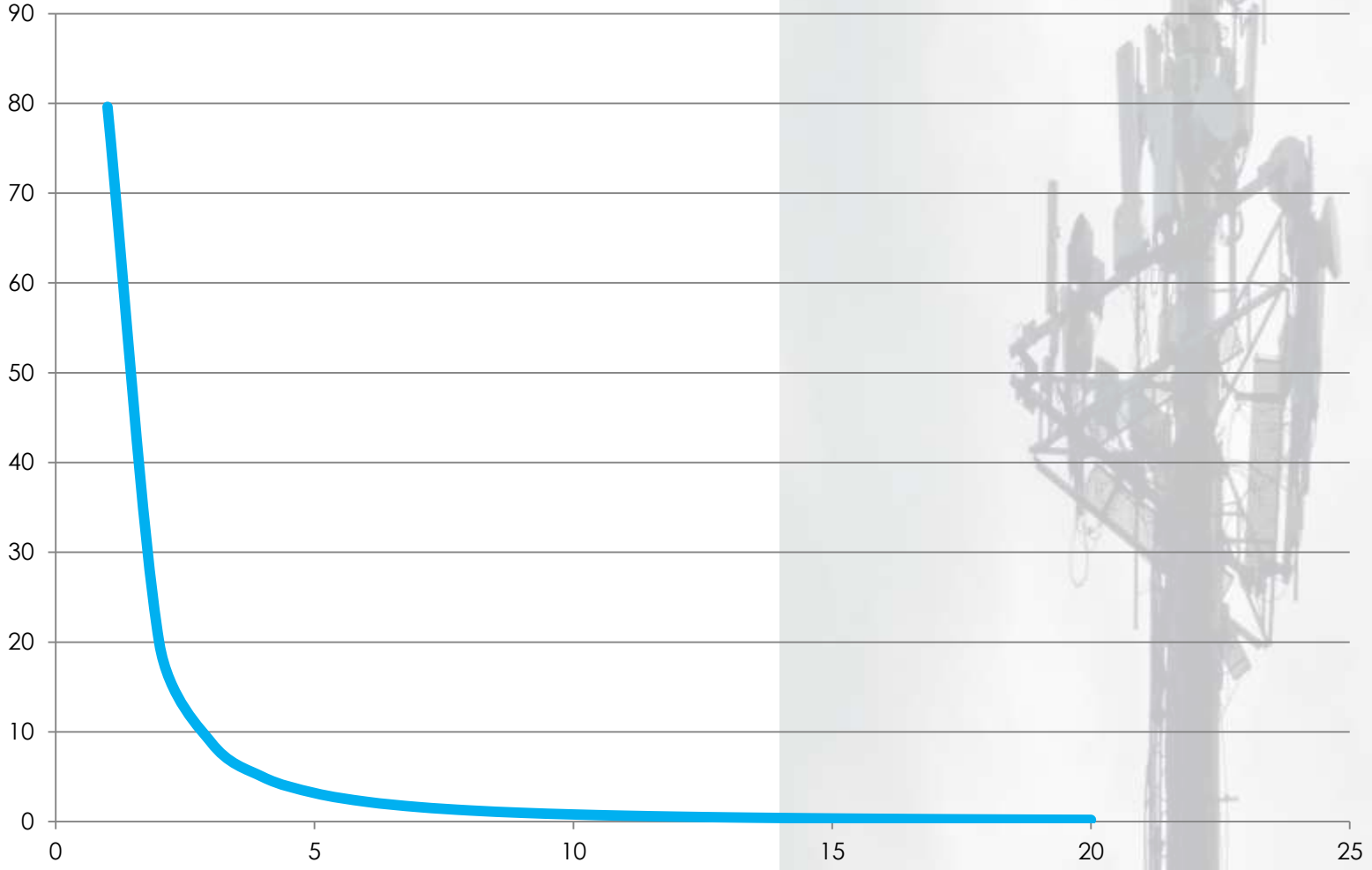
$$D_{P_t} = P_t / (4 \times \pi \times L^2)$$

$$MEF_p = 700 / 2000 = 0,35mW/cm^2$$

$$D_{Prb} @ 15cm = 0,35mW/cm^2$$

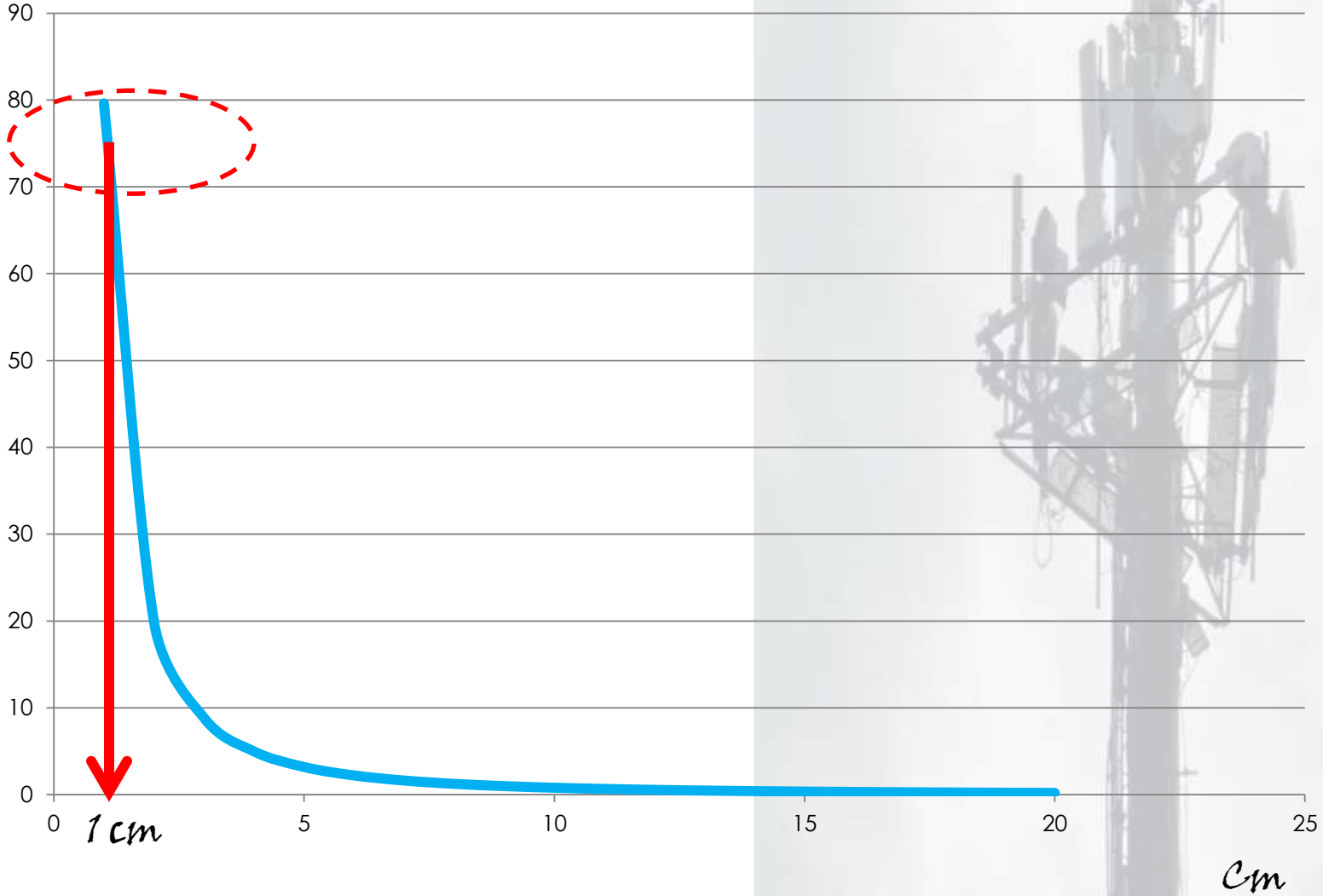


$mW/cm^2$

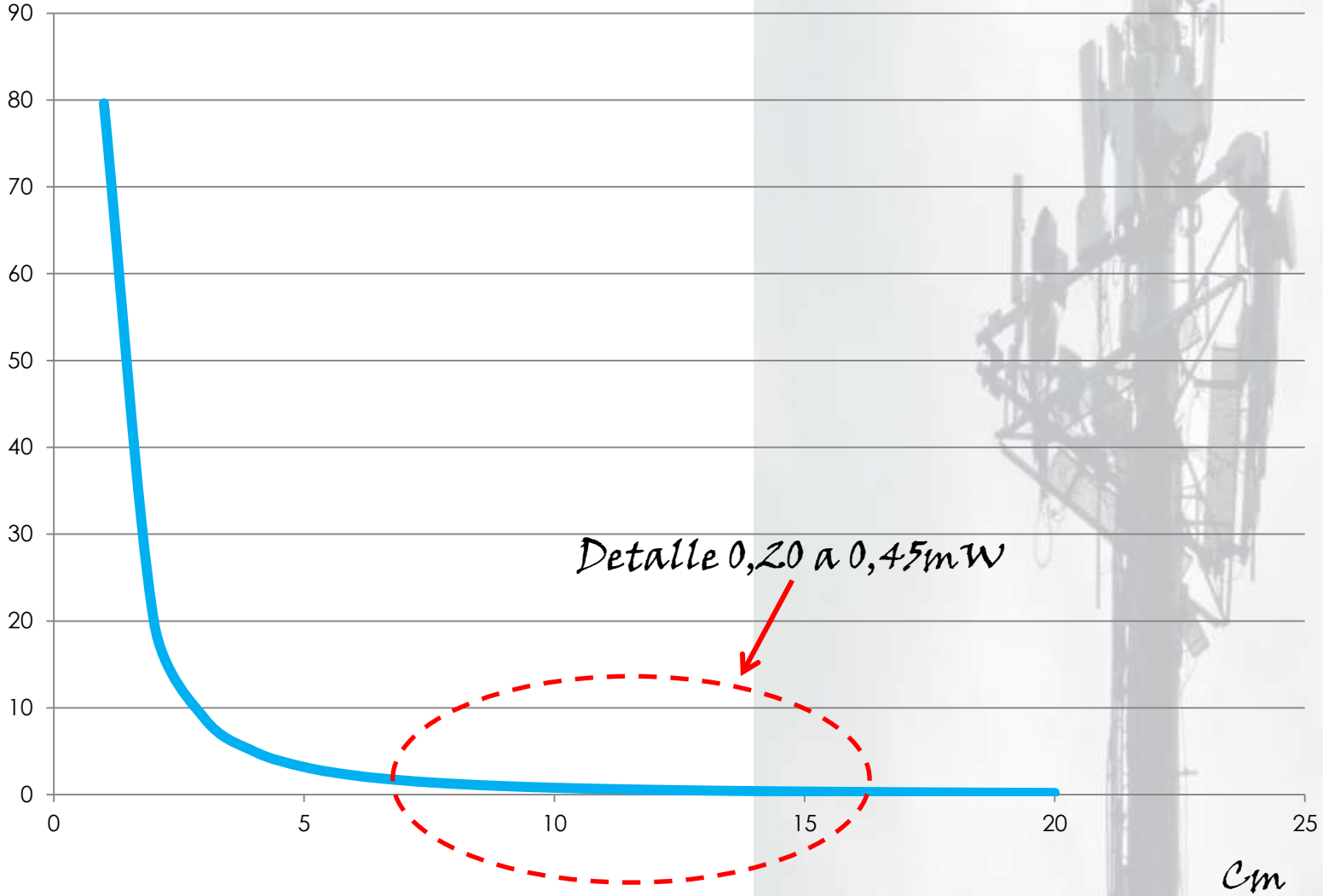


$Cm$

$mW/cm^2$



$mW/cm^2$

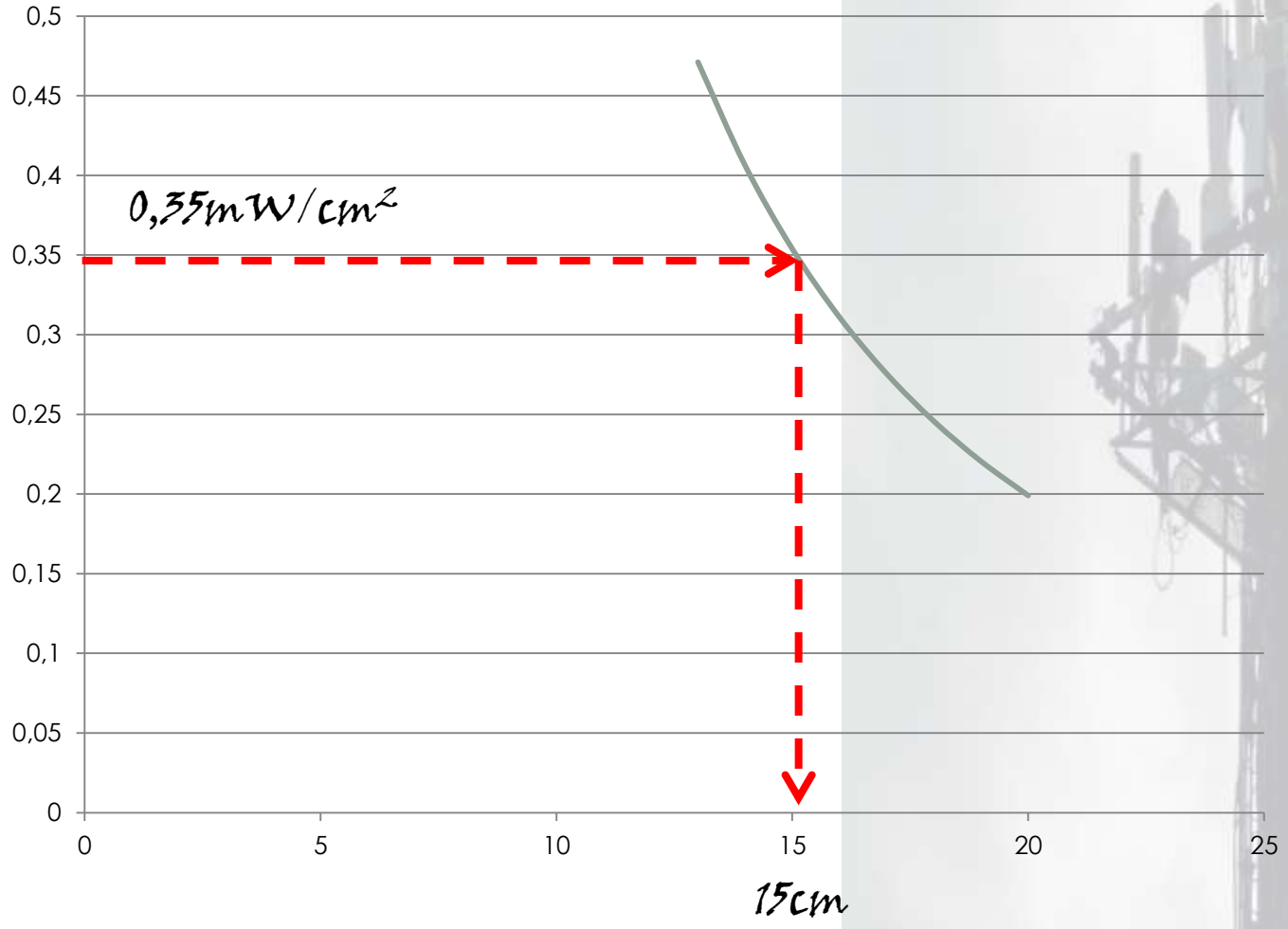


Detalle 0,20 a 0,45mW



# Detalle de 0,20 a 0,45mW

mW/cm<sup>2</sup>



# Variación del campo electromagnético del teléfono celular con la distancia

$$Frec = 2600 \text{ MHz}$$

$$P_t = 1 \text{ W}$$

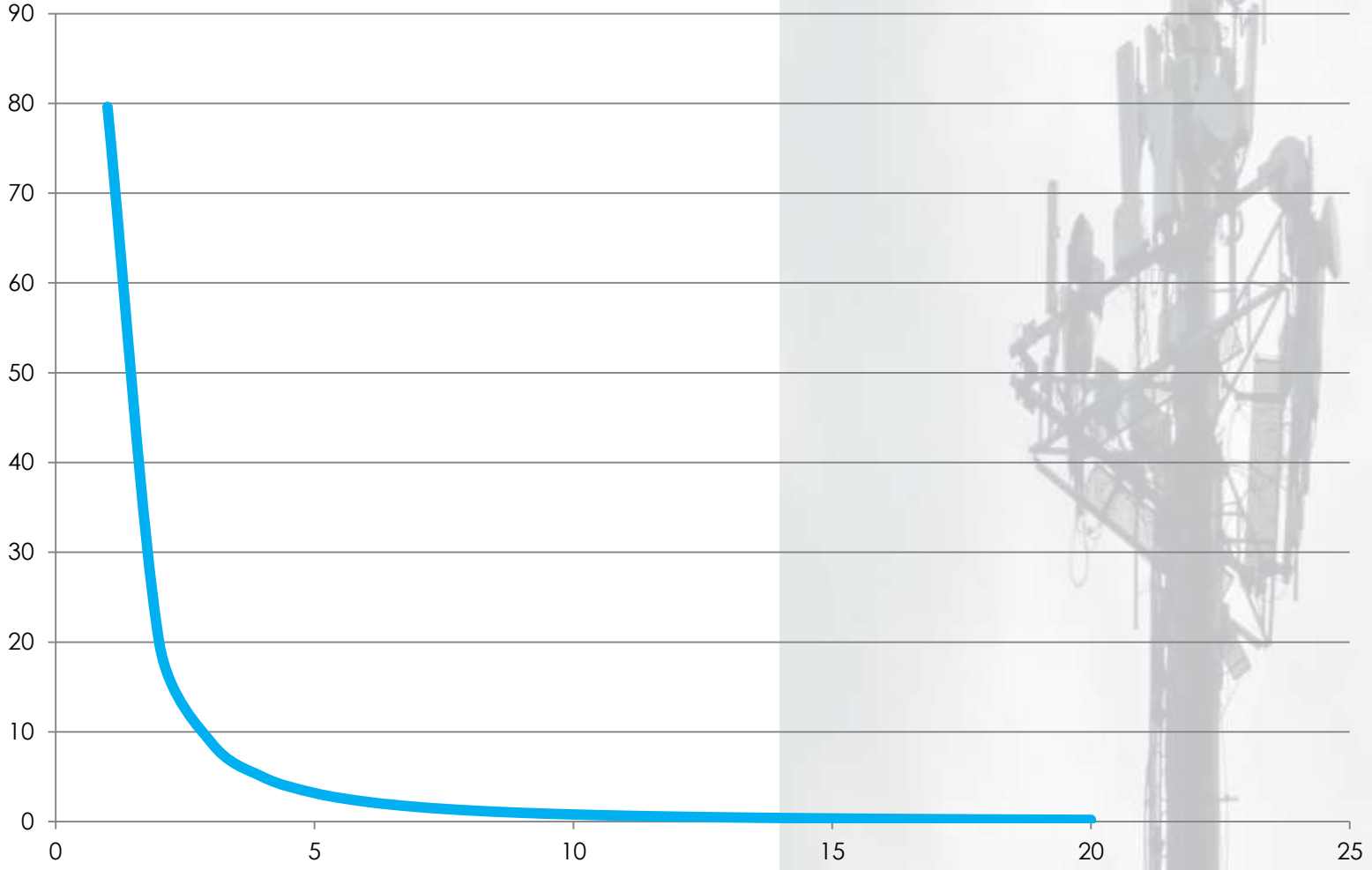
$$D_{P_t} = P_t / (4 \times \pi \times L^2)$$

$$MEP_p = 1 \text{ mW/cm}^2$$

$$D_{Prb@9cm} = 1 \text{ mW/cm}^2$$

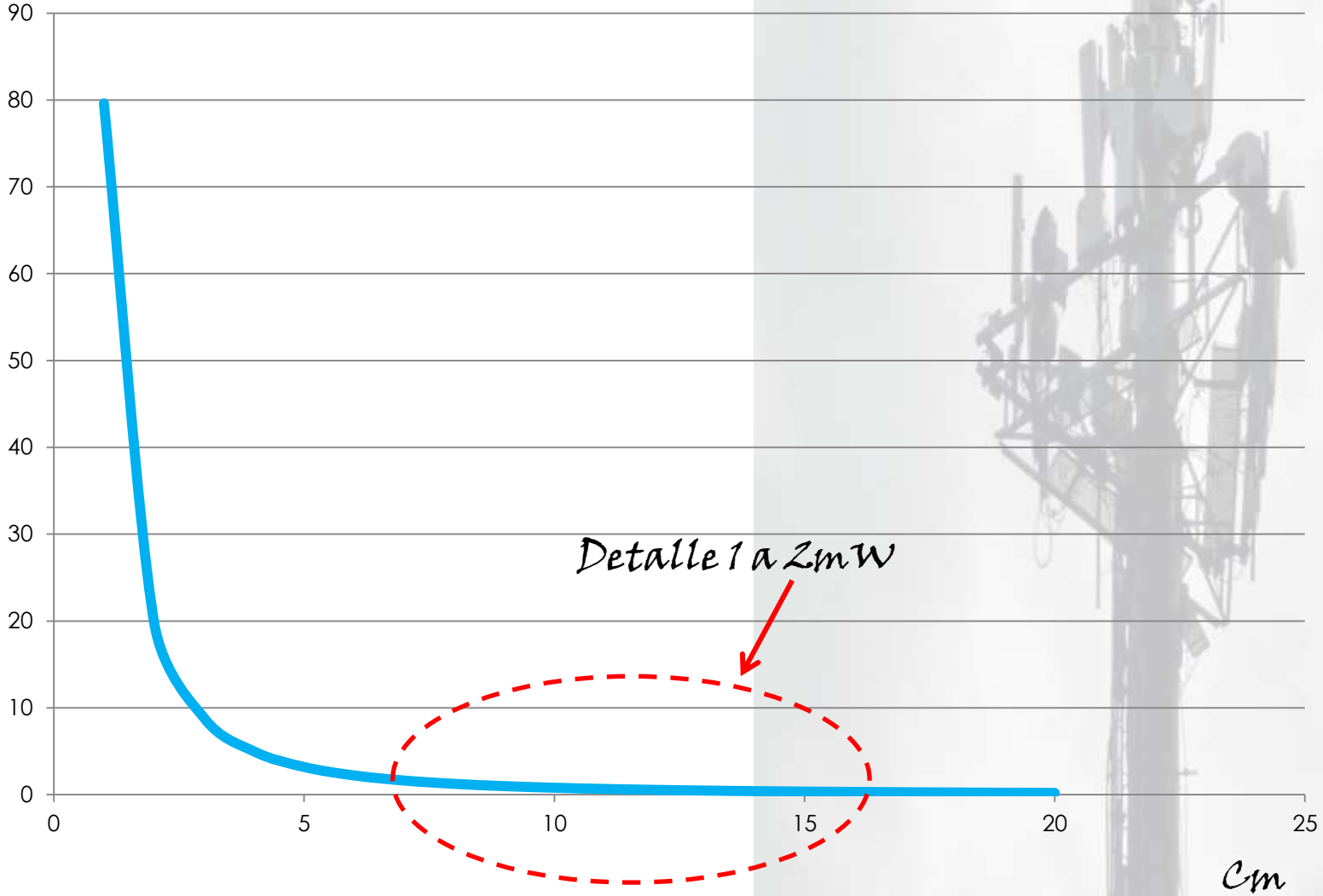


$mW/cm^2$



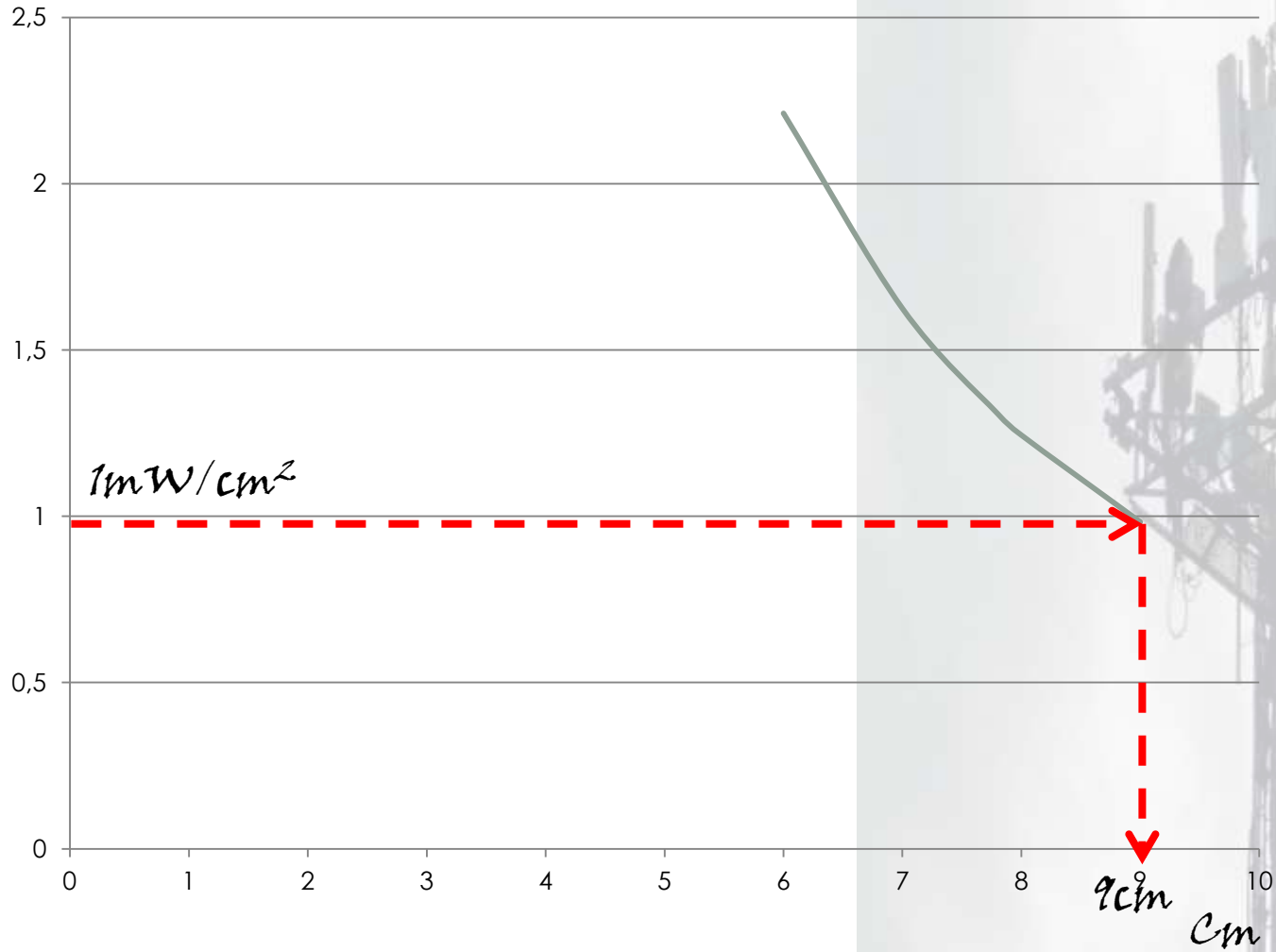
$Cm$

$mW/cm^2$



Detalle 1 a 2mW

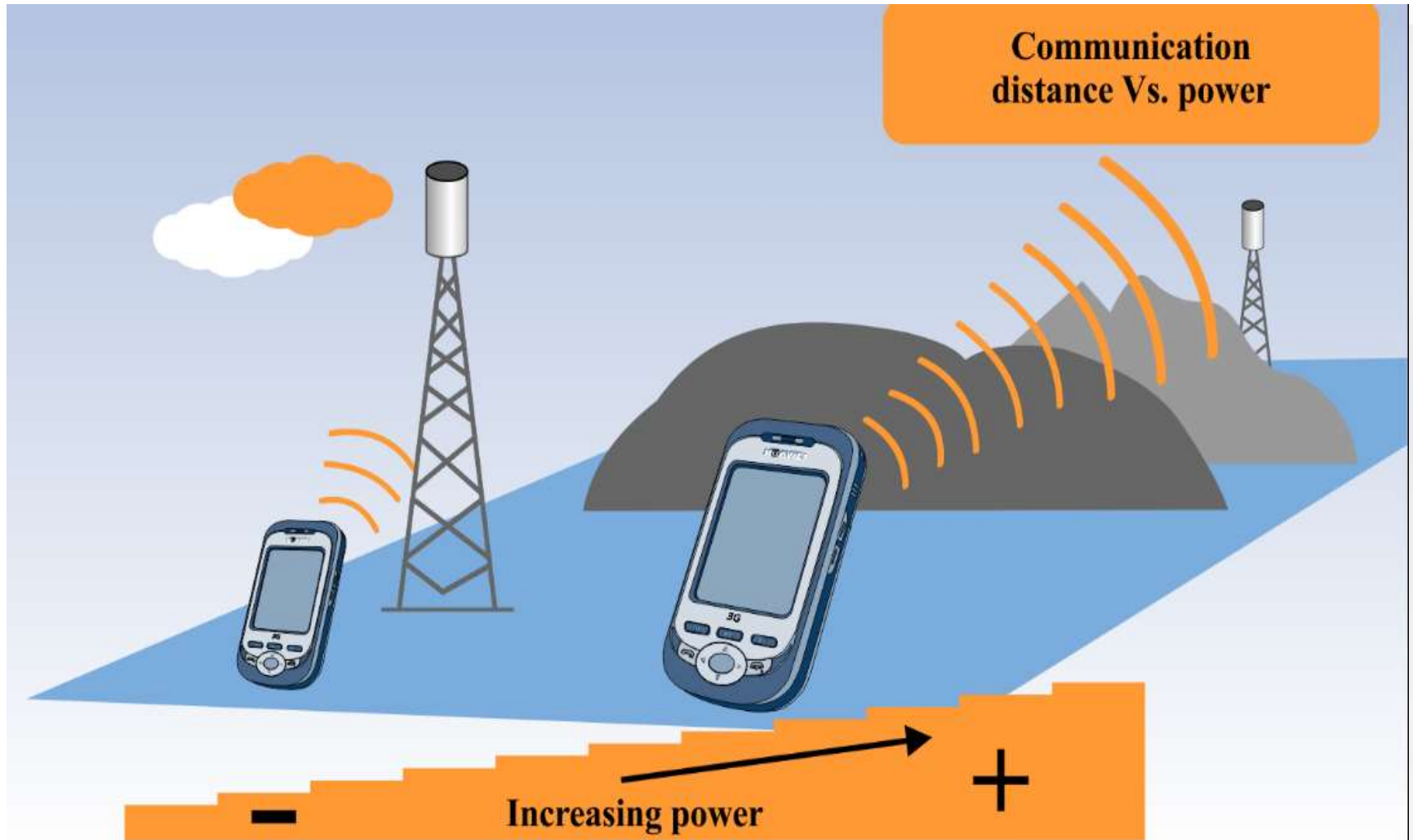
$mW/cm^2$



# Gestión de potencia en el celular

- Máxima potencia de 2 Watts de pico (caso extremo).
- Valor máximo al encender el celular.
- Potencia depende de factores geográficos y de tráfico.
- Utilización de Adaptive Power Control.
- Optimización de la calidad de servicio.
- Decrece la potencia con el inverso del cuadrado de la distancia.
- Nuevos diseños de móviles (menor potencia)

# Gestión de potencia en el celular



# Base tecnológica

1. Radiaciones Ionizantes y No Ionizantes
2. Ondas
3. Antenas
4. Componentes del sistema de telecomunicaciones
5. Parámetros/ Mediciones
6. Efectos sobre los seres vivos





# EFECTOS BIOLÓGICOS

- *Corrientes eléctricas existen naturalmente en el cuerpo humano.*
- *Sistema nervioso basado en impulsos eléctricos.*
- *Reacciones bioquímicas asociadas con la digestión y las relacionadas con la actividad cerebral, incluyen procesos eléctricos.*
- *Fuerza de atracción electroestática, vs. fuerza de atracción gravitatoria.*



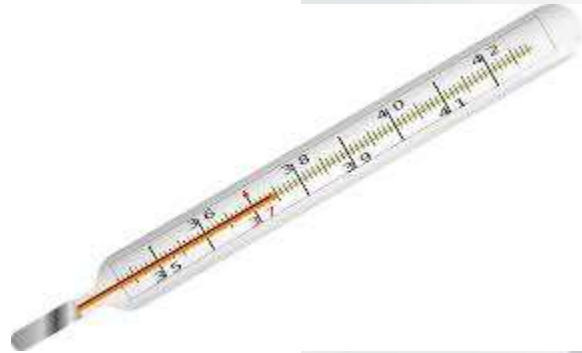
# REACCIONES YA CONOCIDAS

- Hasta 100KHz (corrientes inducidas)
- Desde 100KHz hasta 10 GHz (corrientes inducidas y calentamiento)
- A partir de los 10 GHz (calentamiento)

# EFFECTOS TÉRMICOS Y NO TÉRMICOS

- *Efectos térmicos.*

- *Hipertermia,*
- *Quemaduras,*
- *Cataratas y*
- *Esterilidad.*



*Se producen corrientes inducidas que pueden producir daño .*

- *Efectos no térmicos.*

- *Alteraciones celulares, cromosómicas y genéticas;*
- *Alteraciones del ritmo cardíaco y de la presión arterial*
- *Efectos endocrinos y efectos auditivos.*



# *Uso Responsable*

*Siempre intentar utilizarlo con la función de manos libres*

*No utilizarlo:*

- *Cuando se enciende*
- *Cuando la señal recibida sea baja:*
  - *Lejos de la radiobase*
  - *En ascensores*
  - *En medios de transporte público*
  - *En habitáculos cerrados*



*Pasamos al siguiente  
módulo...*

