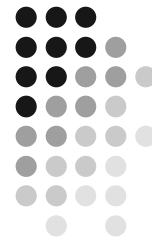


# Tema 1: Conceptos Básicos

Comunicaciones Móviles  
EC4432

Prof. Renny Badra

Septiembre-Diciembre 2011



## Reseña Histórica

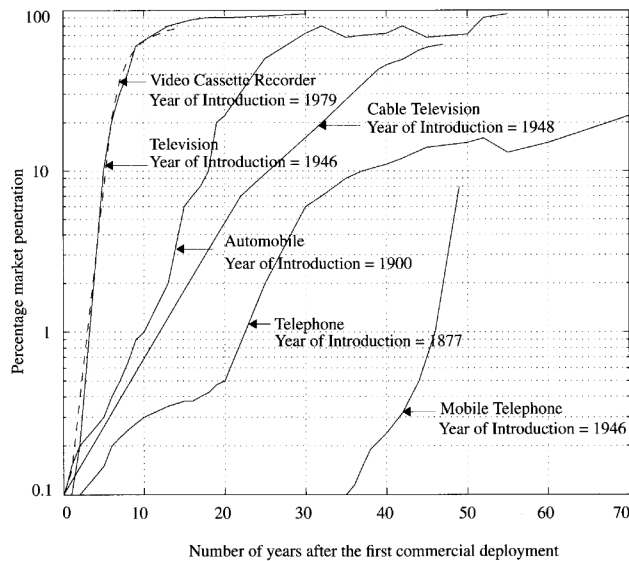
- 1921: Primer sistemas móviles para radiocomunicación policial en Detroit, EU
- 1935: Desarrollo de FM
- 1939-45: Segunda Guerra Mundial
- 1946: Primeros Teléfonos Móviles
- 1965 Primeros sistemas IMTS (autotrunking)
- 1976: Listas de espera para telefonía móvil superan al número de suscriptores en un factor de 10 (aprox)
- 1979: Primer sistema celular en Japón (NTT)
- 1981: Primer sistema celular en Europa (NMT450)
- 1983: Primer sistema celular en US (AMPS)



## Reseña Histórica

- 1991: Primeros sistemas celulares digitales (GSM, TDMA=USDC)
- 1995: Primer sistema celular CDMA
- 2000: Primeros sistemas celulares de 3G (WCDMA, 1X)
- 2002-04: Primeros sistemas celulares 3G+ (HSPA, EV/DO)
- 2003 Líneas móviles superan líneas fijas a nivel mundial (aproximadamente 1300 millones).
- 2006 Primeros sistemas de la familia WiMax
- 2009 Primer sistema comercial LTE (4G)
- 2010 Penetración a nivel mundial de la telefonía celular alcanza el 50%

## Penetración de mercado

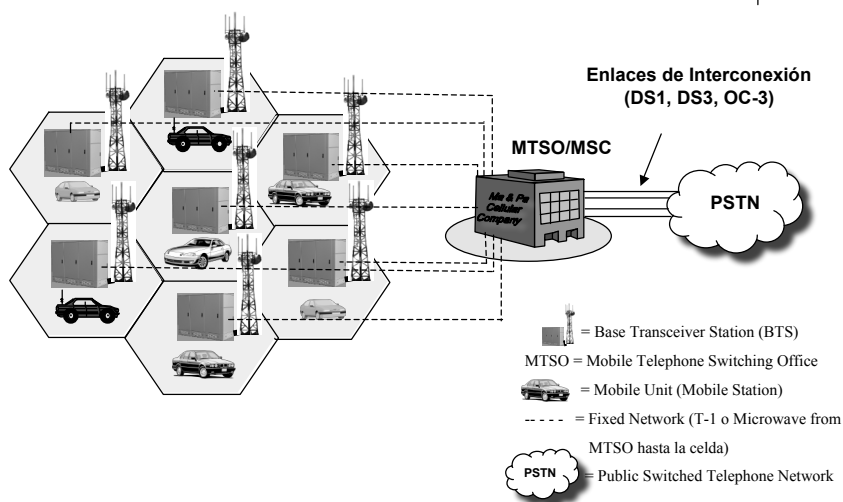


## Definiciones básicas

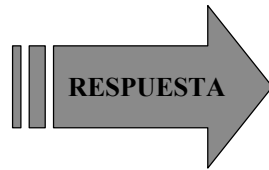
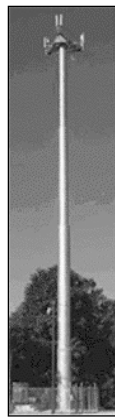


- Celda
- Sector
- Estación Base
- Canal de control
- Canal de bajada (forward)
- Canal de subida (reverse)
- Simplex
- Half duplex
- Full duplex
- Handoff (relevo)
- Estación móvil
- Page (localización)
- Acceso
- Roaming (itinerancia)
- Frequency Division Duplex
- Time Division Duplex
- Subscriber
- Transreceptor
- Red "core" o núcleo de la red
- Red de infraestructura
- Base Station Controller
- Mobile Switching Center

## Arquitectura Básica



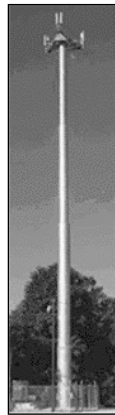
## Registro



Canal de Control de subida (acceso)

Canal de Control de bajada

## Llamada originada en el móvil

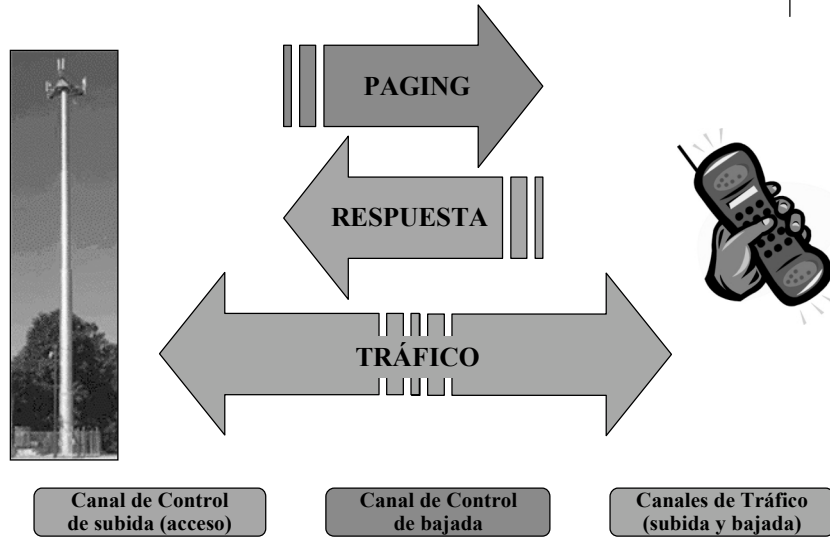


Canal de Control de subida (acceso)

Canal de Control de bajada

Canales de Tráfico (subida y bajada)

## Llamada terminada en el móvil

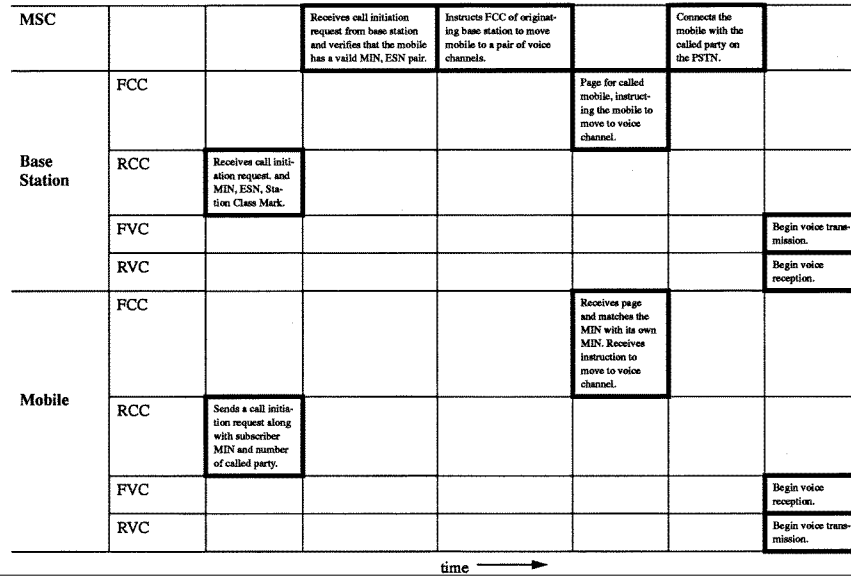


## Llamada terminada en el móvil

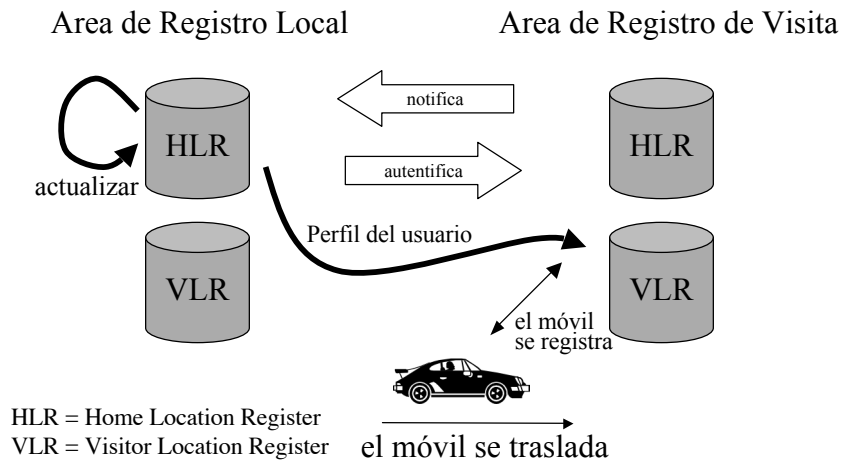
MSC		Receives call from PSTN. Sends the requested MIN to all base station.		Verifies that the mobile has a valid MIN, ESN pair.	Requests BS to move mobile to unused voice channel pair.		Connects the mobile with the calling party on the PSTN.
Base Station	FCC		Transmits page (MIN) for specified user.			Transmits data message for mobile to move to specific voice channel.	
	RCC			Receives MIN, ESN, Station Class Mark and passes to MSC.			
	FVC						Begin voice transmission.
	RVC						Begin voice reception.
Mobile	FCC		Receives page and matches the MIN with its own MIN.			Receives data messages to move to specified voice channel.	
	RCC			Acknowledges receipt of MIN and sends ESN and Station Class Mark.			
	FVC						Begin voice reception.
	RVC						Begin voice transmission.

time →

# Llamada iniciada en el móvil



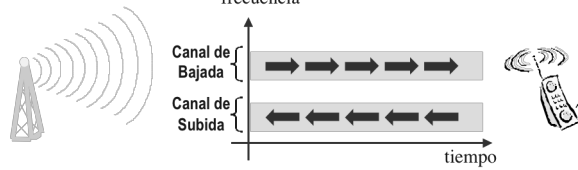
# Estrategia para Localización de Móviles



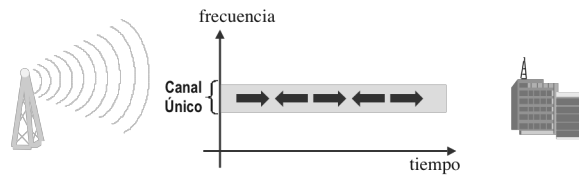
## Duplex: FDD y TDD



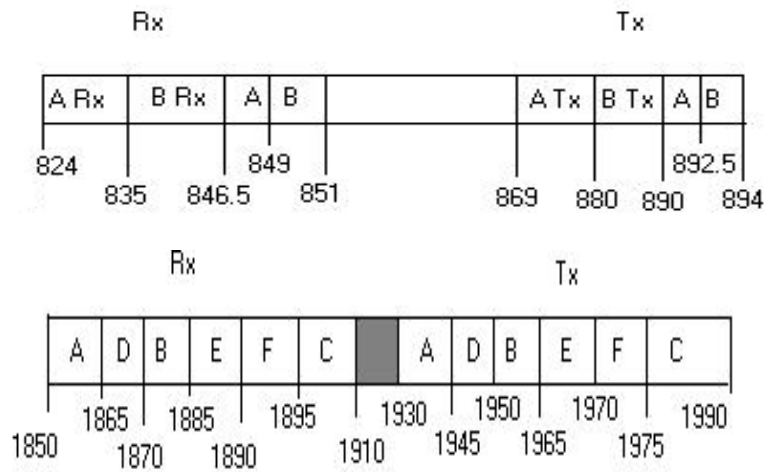
**FDD**  
**Frequency**  
**Division**  
**Duplex**



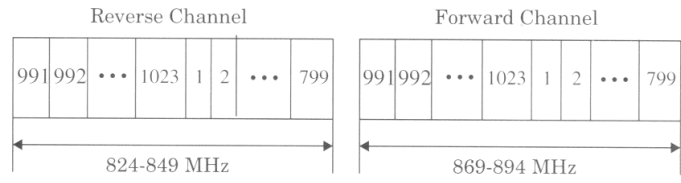
**TDD**  
**Time**  
**Division**  
**Duplex**



## Bandas: Celular y PCS



# Banda Celular

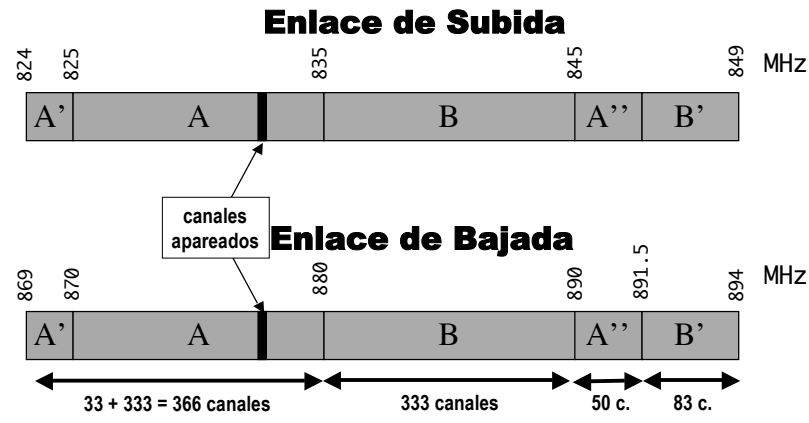


	Channel Number	Center Frequency (MHz)
Reverse Channel	$1 \leq N \leq 799$	$0.030N + 825.0$
	$991 \leq N \leq 1023$	$0.030(N - 1023) + 825.0$
Forward Channel	$1 \leq N \leq 799$	$0.030N + 870.0$
	$991 \leq N \leq 1023$	$0.030(N - 1023) + 870.0$

(Channels 800–990 are unused)

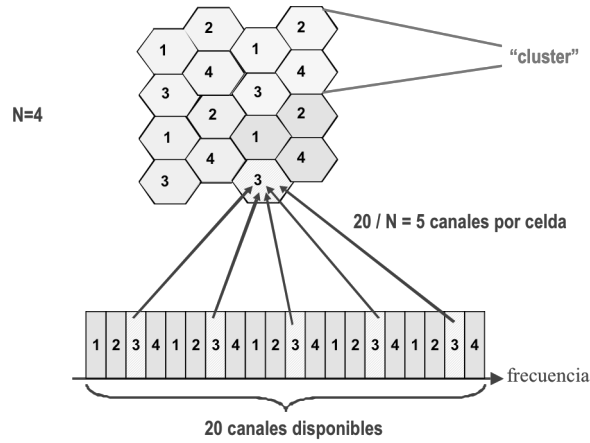
**Figure 1.2** Frequency spectrum allocation for the U.S. cellular radio service. Identically labeled channels in the two bands form a forward and reverse channel pair used for duplex communication between the base station and mobile. Note that the forward and reverse channels in each pair are separated by 45 MHz.

# Numeración de canales



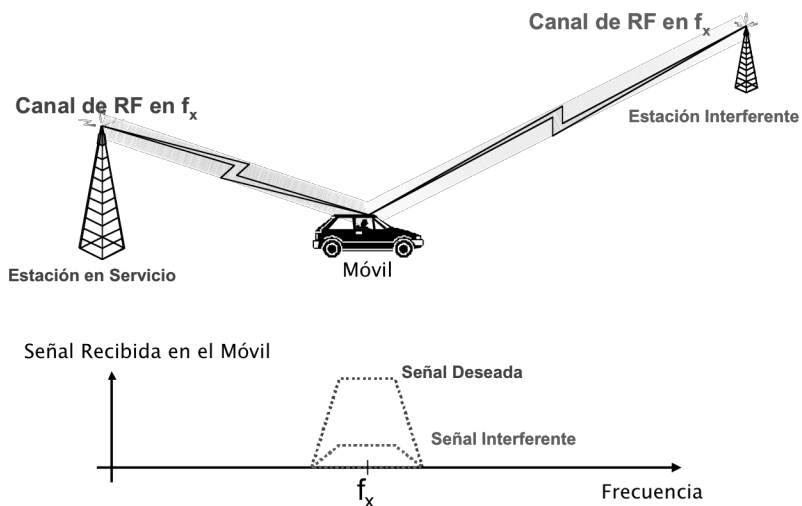


# Reuso de Frecuencias

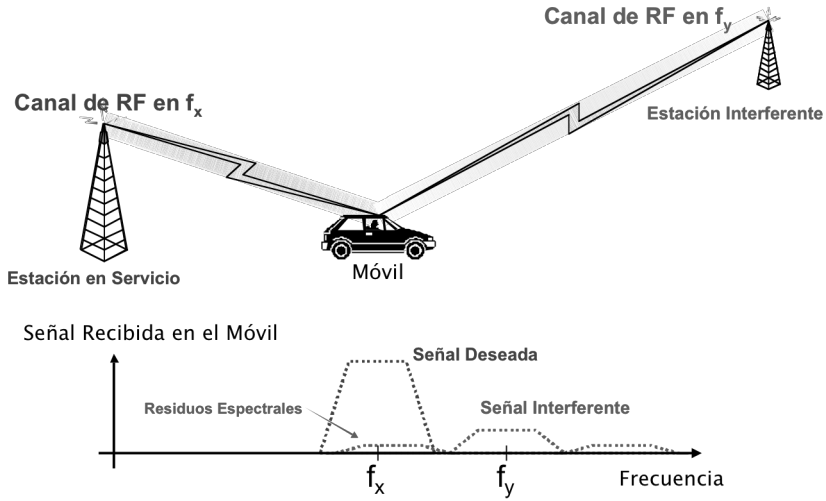


Ejemplo con factor de reuso igual a 4 y 20 canales disponibles.

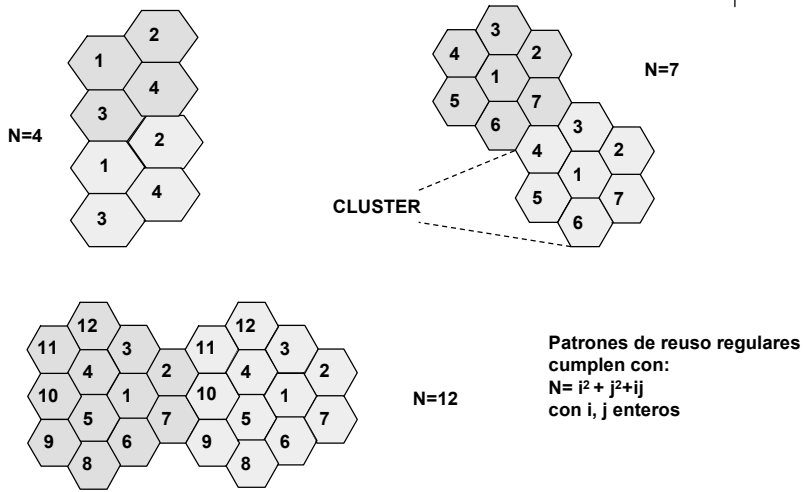
# Interferencia cocanal en sistemas celulares



# Interferencia de canal adyacente en sistemas celulares



# Factor de Reuso N



## Localización de celdas de reuso

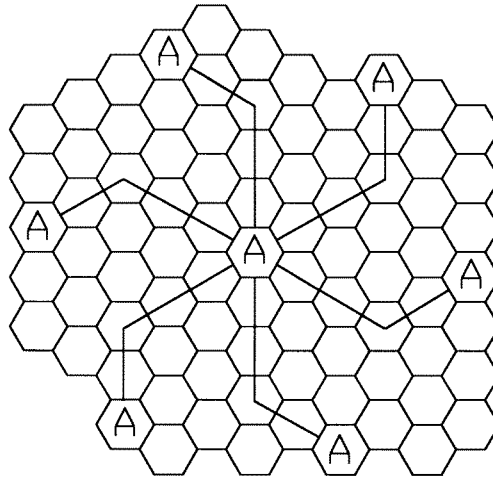


Figure 3.2 Method of locating co-channel cells in a cellular system. In this example,  $N = 19$  (i.e.,  $l = 3, j = 2$ ). (Adapted from [Oet83] © IEEE.)

## Estimación Clásica del Factor de Reuso



$$\frac{C}{I} \leq \frac{(\sqrt{3N})^n}{N_i}$$

$C/I$  es Cociente Señal - Interferencia

$n$  es el coeficiente de propagación

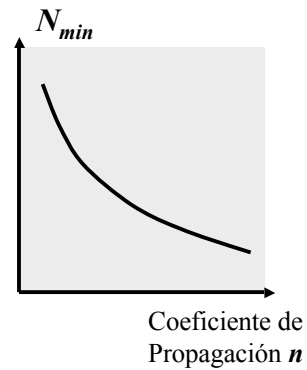
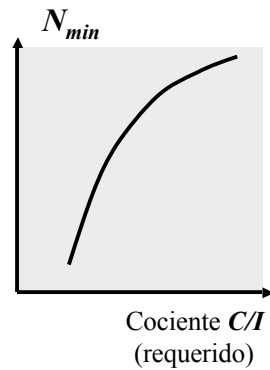
$N$  es el Factor de Reuso

$N_i$  es el número de celdas interferentes (primer anillo)

*Asunciones:*

- patrón hexagonal regular con celdas de igual tamaño
- se considera sólo el primer anillo de celdas interferentes (6)
- se desprecia el ruido térmico

## Factores que afectan el Factor de Reuso



### Ejemplo 1.1



- Típicamente, los sistemas AMPS y GSM necesitan un cociente C/I de 18 y 12 dB, respectivamente. Calcule el factor de reuso  $N$  mínimo que debe usarse a fin de garantizar estos valores de C/I. Realice este cálculo para un valor del coeficiente de propagación  $n=4$  (ciudad típica) y repita para  $n=3.4$  (ambiente suburbano con pocas obstrucciones).



## Ejemplo 1.1 (cont.)

- Solución: despejando el valor de  $N$  se obtiene, con  $N_i=6$ ,

$$N \geq \frac{1}{3} \left( 6 \frac{C}{I} \right)^{2/n}$$

- Para un ambiente urbano típico con  $n=4$  se obtiene:

AMPS ( $C/I \geq 18$  dB)

GSM ( $C/I \geq 12$  dB)

(notar: 18 dB es 63.1 en escala lineal)

(notar: 12 dB es 15.8 en escala lineal)

$$N \geq 6.5$$

$$N \geq 3.2$$

$$N_{min} = 7$$

$$N_{min} = 4$$



## Ejemplo 1.1 (cont.)

- Para un ambiente suburbano sin obstrucciones con  $n=3.4$  se obtiene:

AMPS ( $C/I \geq 18$  dB)

GSM ( $C/I \geq 12$  dB)

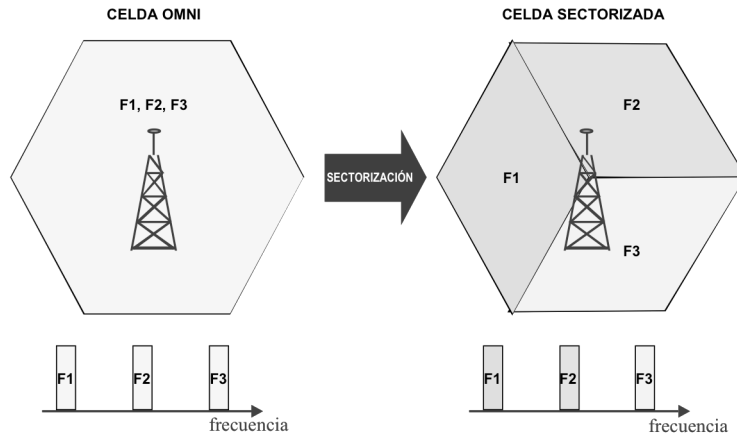
$$N \geq 10.9$$

$$N \geq 4.9$$

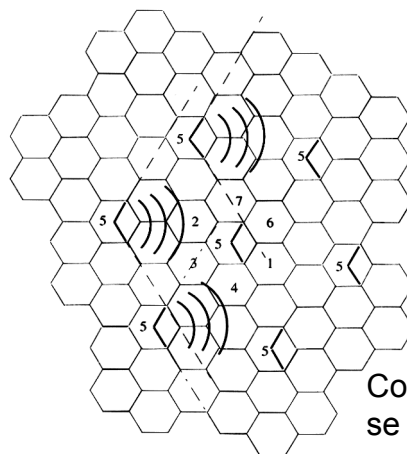
$$N_{min} = 12$$

$$N_{min} = 7$$

# Sectorización



# Sectorización mejora C/I



Con tres sectores y  $N=7$ ,  
se obtiene  $N_i=2$

**Figure 3.11** Illustration of how 120° sectoring reduces interference from co-channel cells. Out of the 6 co-channel cells in the first tier, only two of them interfere with the center cell. If omnidirectional antennas were used at each base station, all six co-channel cells would interfere with the center cell.

# Número de celdas interferentes (primer anillo) $N_i$



Tipo de Antena	Factor de Reuso $N=3$	Factor de Reuso $N=4$	Factor de Reuso $N=7$
Omni (360°)	6	6	6
Sectorizada (120°)	3	2	2
Sectorizada (60°)	2	1	1

# Ejemplo 1.2: Planificación frecuencial 7/21 para AMPS



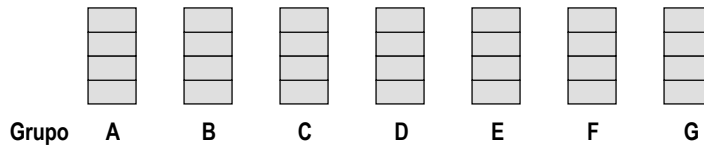
Una celda, 3 sectores

Channel Set Designations	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3
Control Ch.	333	332	331	330	329	328	327	326	325	324	323	322	321	320	319	318	317	316	315	314	313
Voice Channels	312	291	280	269	258	247	236	225	214	203	192	181	170	159	148	137	126	115	104	93	82
102	101	100	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39
39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
Expanded Spectrum A'	1020	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1013	1012	1011	1010	1009	1008	1007	1006	1005	1004	1003	1002	1001	1000
Expanded Spectrum A''	704	703	702	701	700	699	698	697	696	695	694	693	692	691	690	689	688	687	686	685	684
683	682	681	680	679	678	677	676	675	674	673	672	671	670	669	668	667	666	665	664	663	662
Set Channel Count Summary	416																				
Control	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Normal A	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
A'	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
A''	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total Voice	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19

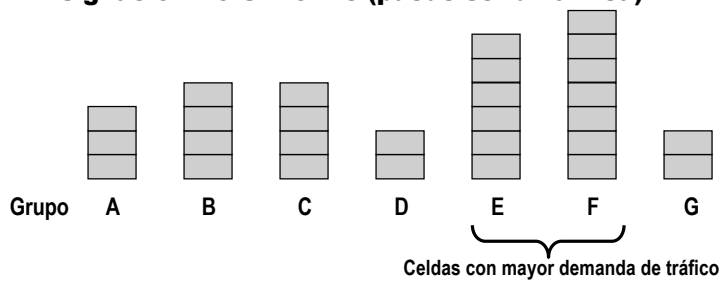
# Asignación no uniforme de canales



## Asignación Uniforme



## Asignación No Uniforme (puede ser dinámica)



# Celdas Paragua

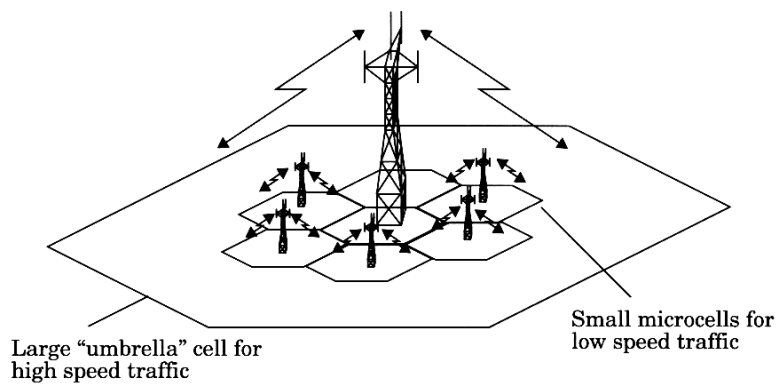


Figure 3.4 The umbrella cell approach.



## Cell Splitting

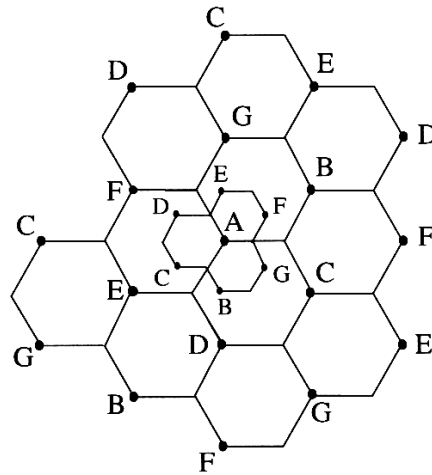
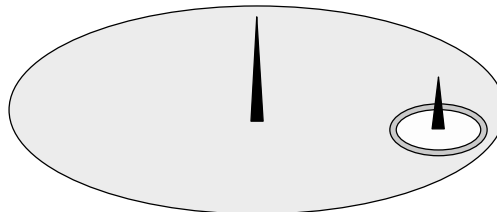


Figure 3.8 Illustration of cell splitting.

## Microceldas

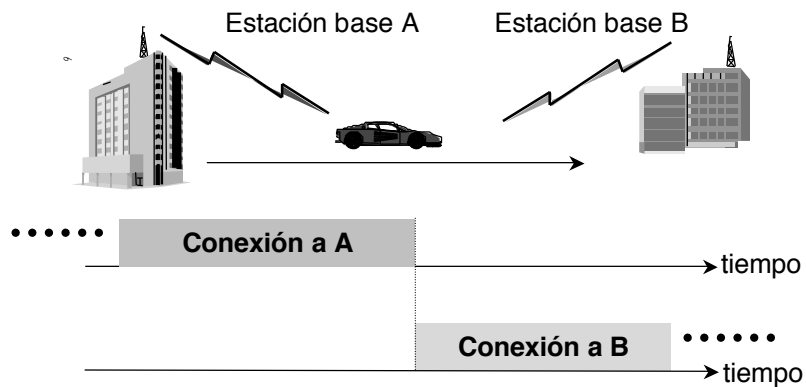
- Celdas omni que son mucho más pequeñas empujadas en una red celular
- Su radio es típicamente 50 a 250 metros.
- Transmisores de menor potencia
- Cobertura en ambientes internos y/o externos



## Acceso Fijo (WLL)



## Relevo (Handoff, Handover)



## Relevo básico

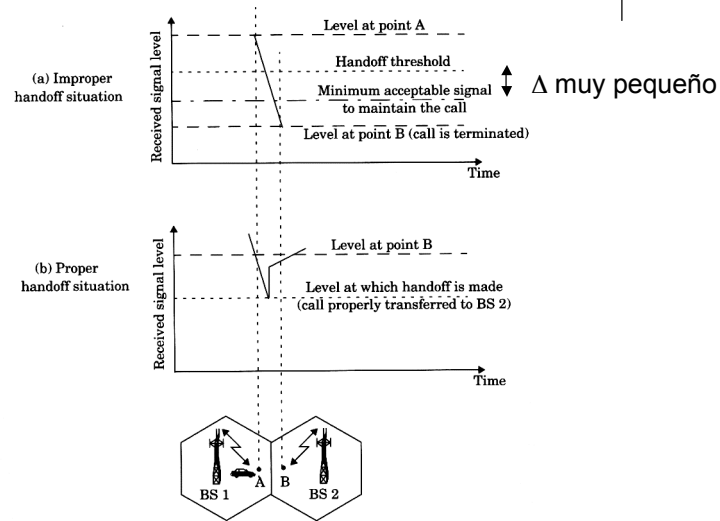


Figure 3.3 Illustration of a handoff scenario at cell boundary.

## Aspectos importantes del HO

- Situaciones no deseadas
  - $\Delta$  muy pequeño o tiempo de HO muy grande originan llamadas caídas
  - $\Delta$  muy grande originan HO excesivos
- Monitoreo del nivel de señal
  - Debe basarse en promedios deslizantes para evitar decisiones basadas en desvanecimientos a corto plazo
  - Puede ser efectuado por las estaciones base (sistemas de primera generación) o por los móviles (MAHO).
- Diferentes niveles de HO
  - Intracelda, intercelda, inter-BSC, intersistema (MSCs diferentes).
- Tiempo de permanencia o "dwell time".

## Capacidad de una celda FDMA/TDMA



$$\text{Capacidad de un Celda} = \left( \text{No. de Canales Asignados a la Celda} \times K \right) - C$$

$$K = \begin{cases} 1 & \text{para FDMA} \\ M & \text{para TDMA} \end{cases} \quad C = \begin{cases} 1 & \text{para celdas omni} \\ S \times \text{para celdas sectorizadas por } S \end{cases}$$

**M** es el número de ranuras TDMA por portadora  
**S** es el número de sectores por celda

## Capacidad promedio por celda



$$\text{Capacidad promedio por celda} = \left( \frac{\text{Número de Canales Disponibles}}{\text{Factor de Reuso Promedio } \langle N \rangle} \times K \right) - C$$

$$\langle N \rangle = \frac{\text{Número de Celdas del Sistema}}{\text{Veces que se usa cada canal en el sistema}}$$



## Ejemplo 1.3

- Un sistema GSM que ocupa toda la banda celular del operador B (60 canales) consiste de 74 celdas sectorizadas. Una vez hecha la asignación de frecuencias se verifica que la mitad de los canales se usan 14 veces, y la otra mitad se usan 15 veces a lo largo y ancho de la red. Halle la capacidad promedio de cada celda.



## Ejemplo 1.3 (cont.)

- Solución: Si la mitad de los canales se usan 14 veces y la otra mitad se usan 15 veces, el número de veces que se usa cada canal *en promedio* es 14.5 veces.
- Así, podemos estimar el factor de reuso promedio:

$$\langle N \rangle = \frac{\text{Número de Celdas del Sistema}}{\text{Veces que se usa cada canal en el sistema}}$$

$$\langle N \rangle = \frac{74 \text{ celdas}}{14.5 \text{ veces}} = 5.1$$

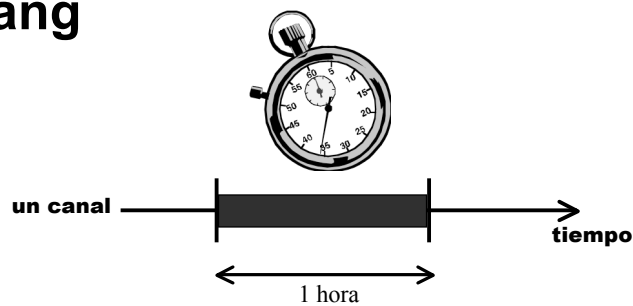
## Ejemplo 1.3 (cont.)

- Finalmente, calculamos la capacidad por celda:

$$\text{Capacidad promedio de un celda} = \left( \frac{\text{Número de Canales Disponibles}}{\text{Factor de Reuso Promedio } \langle N \rangle} \times K \right) - C$$

$$\text{Capacidad promedio de un celda} = \left( \frac{60}{5.1} \times 8 \right) - 3 = 91.1 \text{ canales de voz}$$

## Erlang

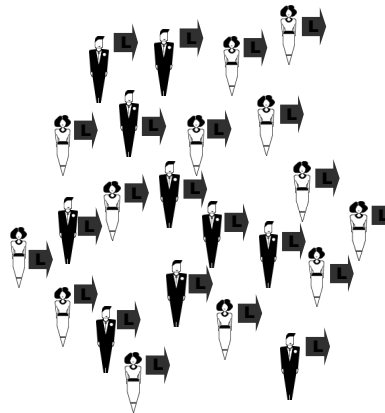


- La intensidad de tráfico es una medida de la utilización del tiempo de un canal de comunicaciones.
- La unidad básica de intensidad de tráfico se llama Erlang y corresponde a la ocupación de un circuito o línea de comunicación durante una hora.
- Un Erlang es una unidad sin dimensión física.

# Carga Ofrecida



**M suscriptores**



- M es el número de suscriptores
- L intensidad de tráfico promedio generada por cada suscriptor



**Carga = M x L [Erlang]**

# Calculo de L y valores típicos



**L = # promedio de llamadas generadas en la hora pico X duración promedio de cada llamada en horas [Erlang]**

Aplicación	L = Carga promedio por suscriptor (hora pico)
Telefonía Básica	0.1 – 0.2 Erlang
Telefonía Celular	0.015 – 0.03 Erlang
Telefonía WLL	0.05 – 0.15 Erlang



## Ejemplo 1.4

- Durante la hora pico, el usuario típico (prepago) de un de cierto sistema celular genera 1 llamada como promedio; si se trata de un usuario postpago, este promedio sube a 1.5 llamadas. Normalmente cada llamada dura un promedio de 50 segundos (prepago) y 90 segundos (postpago). Calcule los valores de L para cada tipo de usuario, y la carga total del sistema si éste posee 1.6 millones de suscriptores, de los cuales 75% son usuarios prepago.



## Ejemplo 1.4 (cont.)

- Solución:

$$L_{\text{pre}} = 1 \text{ llamada} * (50/3600) \text{ hora} = \boxed{0.014 \text{ Erlang}}$$

$$L_{\text{post}} = 1.5 \text{ llamadas} * (90/3600) \text{ hora} = \boxed{0.037 \text{ Erlang}}$$

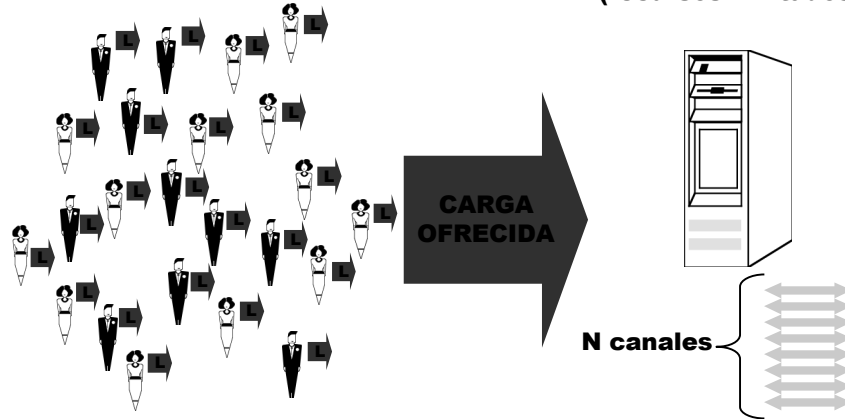
$$\text{Carga} = 1.600.000 \times 0.75 \times 0.014 + \\ 1.600.000 \times 0.25 \times 0.037 = \boxed{31.600 \text{ Erlangs}}$$



# El problema básico: estimar N

M suscriptores

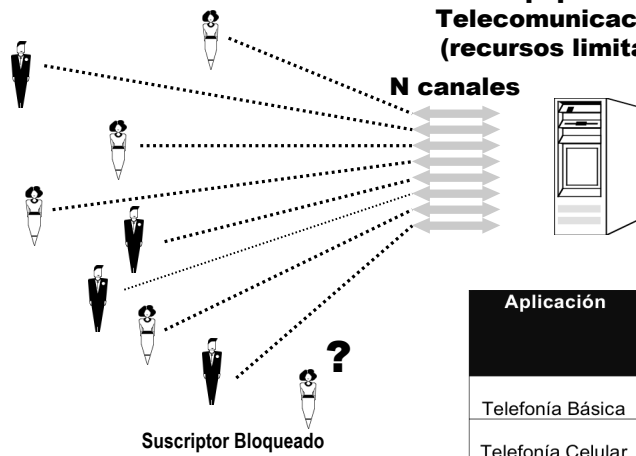
Equipos de Telecomunicaciones (recursos limitados)



# Llamada Bloqueada

Suscriptores Activos

Equipos de Telecomunicaciones (recursos limitados)



Aplicación	Grado de Servicio (GoS) (valor máximo aceptable)
Telefonía Básica	0.1 %
Telefonía Celular	2 %
Telefonía WLL	1 %

## ¿Cuándo aplica el Erlang B?



- La población de suscriptores es infinita (o muy grande).
- El número de canales disponible es grande.
- Usuarios inician y terminan sus llamadas de forma independiente.
- Usuarios cuyo intento de llamada es bloqueado no reintentan su llamada de inmediato.
- Reintentos se producen con las mismas estadísticas de las llamadas nuevas.
- Usuarios bloqueados no esperan por una línea.

## El Modelo Erlang B



$$\text{Probabilidad de Bloqueo} = \frac{(M L)^N / N!}{\sum_{k=0}^N (M L)^k / k!}$$

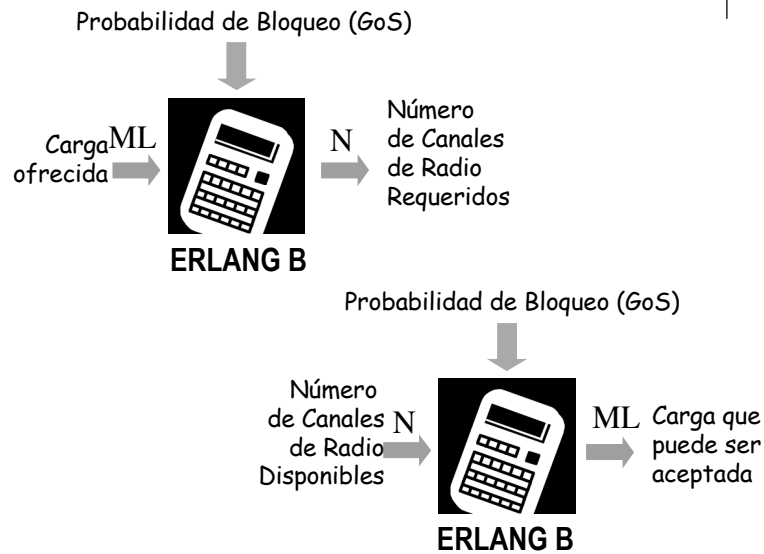
*M* es el número total de suscriptores

*L* es la carga promedio ofrecida por cada suscriptor

*M L* es la carga total ofrecida

*N* es el número de canales de comunicación disponibles

# “Calculadora” Erlang B



# Tabla de Erlang B

<i>N</i> # canales	<i>ML</i> [Erlang]
1	0.02
2	0.22
3	0.60
4	1.09
5	1.66
6	2.28
7	2.94
8	3.63
9	4.34
10	5.08
11	5.84
12	6.61

<i>N</i> # canales	<i>ML</i> [Erlang]
13	7.40
14	8.20
15	9.01
16	9.83
17	10.70
18	11.50
19	12.30
20	13.20
21	14.00
22	15.80
23	16.60
24	17.50

<i>N</i> # canales	<i>ML</i> [Erlang]
25	17.50
26	18.40
27	19.30
28	20.20
29	21.00
30	21.90
31	22.80
32	23.70
33	24.60
34	25.50
35	26.40
36	27.30

**GoS = 2%**



## Ejemplo 1.5

- Para el Ejemplo 1.3, en el cual se halló que la capacidad promedio por celda GSM es de 91.1 canales de voz, encuentre el tráfico en Erlang que puede manejar una celda promedio con un GoS del 2%. Asuma (a) celdas omni y (b) sectorización por tres (3).
- Solución: Comenzamos por calcular el número promedio de canales de voz por sector:

$$\text{Promedio Canales por sector} = \frac{\text{Promedio de canales por celda}}{3} = 30.3$$

**30 canales de voz por sector**



## Ejemplo 1.5 (cont.)

- Ahora es posible, usando una tabla de Erlang B, obtenemos la carga por sector que pueden manejar 80 canales de voz con 2% de GoS.

**(a) 91 canales** → Erlang B → **79.2 Erlang**

**(b) 30 canales** → Erlang B → **21.9 Erlang**

- Finalmente, obtenemos la carga total por celda:

**(a) 79.2 Erlang por celda**

**(b) 3 \* 21.9 Erlang = 65.7 Erlang por celda**

## Ejemplo 1.6



- Para el Ejemplo 1.5, halle el número de suscriptores celulares que es posible atender, asumiendo 10% postpago y 90% prepago. Utilice los datos de carga por usuario ofrecidos en el Ejemplo 1.4.

## Ejemplo 1.7



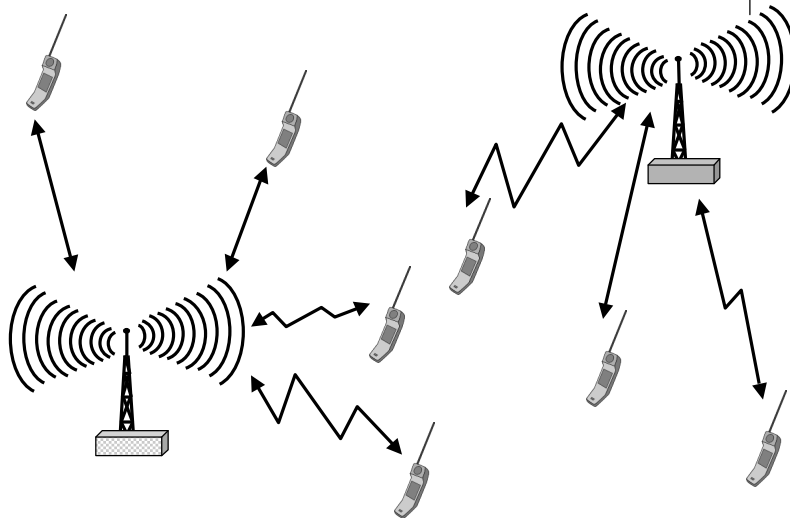
- Si el radio promedio de una celda del sistema GSM analizado en los ejemplo anteriores es de 1.8 km, y la densidad poblacional de esta ciudad es de 14000 habitantes por  $\text{km}^2$ , halle la penetración de mercado máxima que puede alcanzar el operador celular con esta red.

## Acceso Múltiple

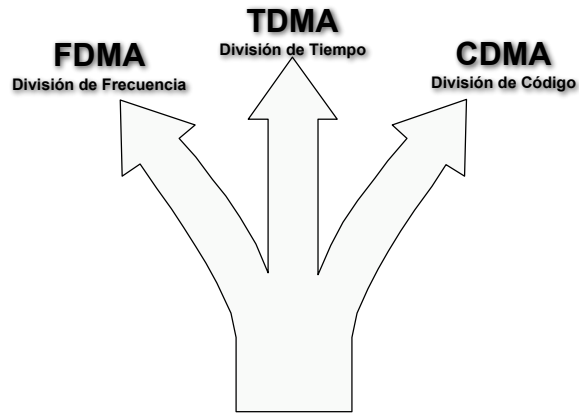
- El canal de radio debe ser compartido entre muchos usuarios
- La técnica de múltiple acceso afecta:
  - Capacidad
  - Calidad de Servicio
  - Costo de Implementación
- Las técnicas de acceso múltiple deben tomar en cuenta:
  - Interferencia (del mismo sistema, externa)
  - Pérdidas de propagación
  - Multitrayecto - desvanecimiento
  - Implementación (complejidad del receptor)



## Acceso Múltiple Celular

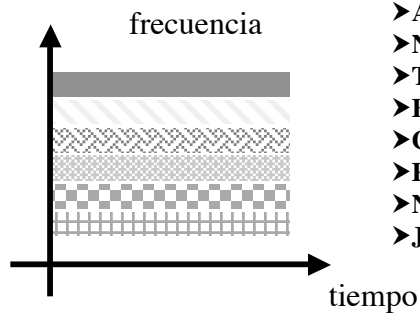


# Acceso Múltiple Determinístico



**Acceso Múltiple Determinístico**

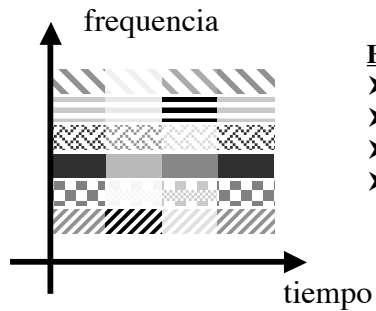
# Frequency Division Multiple Access (FDMA)



**Ejemplos:**

- AMPS (América, Australia, Africa)
- NMT (Europe, Africa, Sureste de Asia)
- TACS (Europa)
- ETACS (U.K., Africa, Sureste de Asia)
- C-450 (Alemania, Portugal)
- Radiocom 2000 (Francia)
- NTACS (Japón)
- JTACS (Japón)

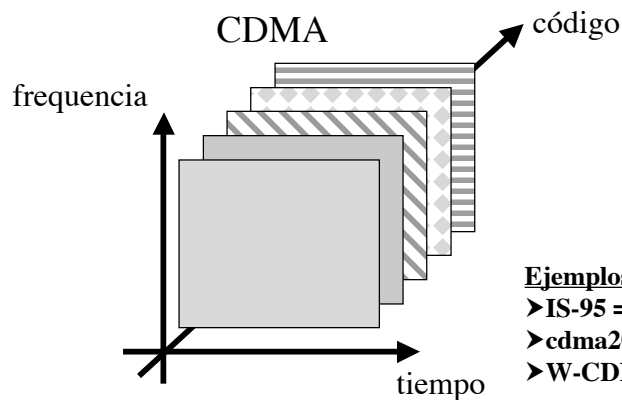
## Time Division Multiple Access (TDMA)



### Ejemplos:

- D-AMPS (IS-54) (América)
- IS-136 (TDMA) (global)
- GSM (global)
- PDC (Japón)

## Code Division Multiple Access (CDMA)

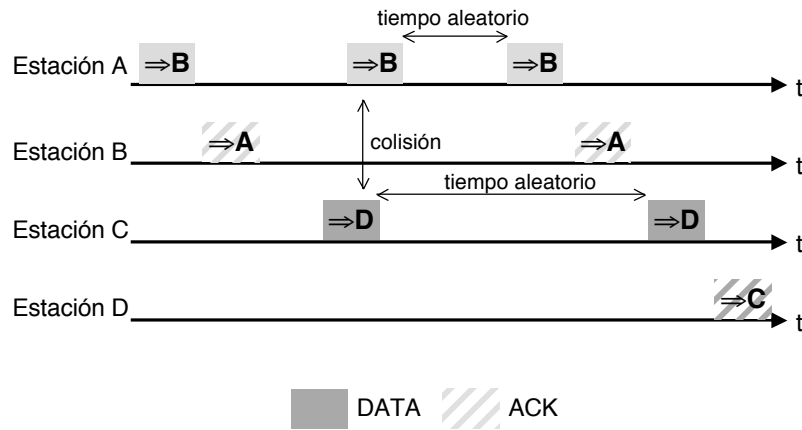


### Ejemplos:

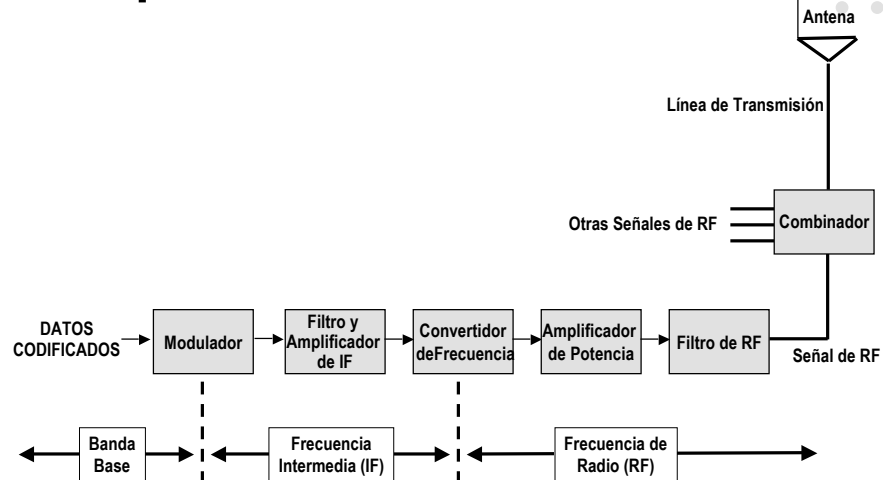
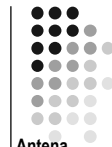
- IS-95 = cdmaOne (global)
- cdma2000 (global)
- W-CDMA (global)



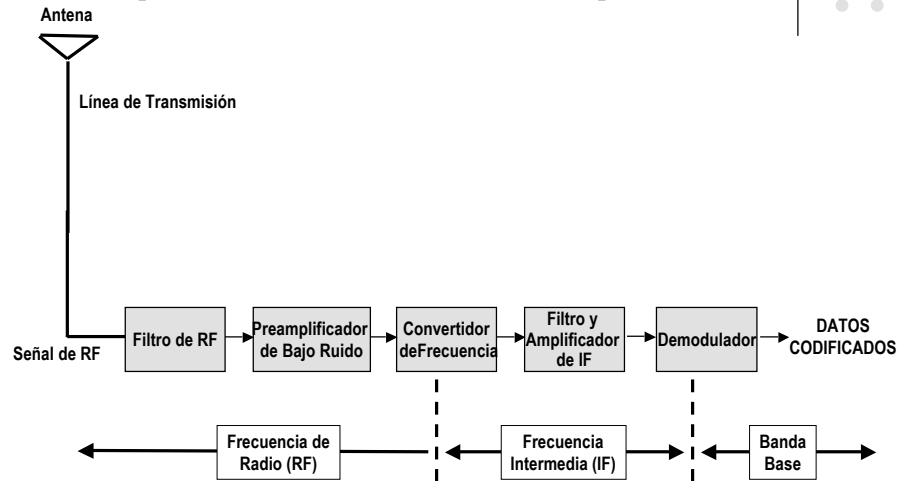
## Acceso Múltiple Aleatorio: ALOHA (canales de control de subida)



## Componentes del Transmisor



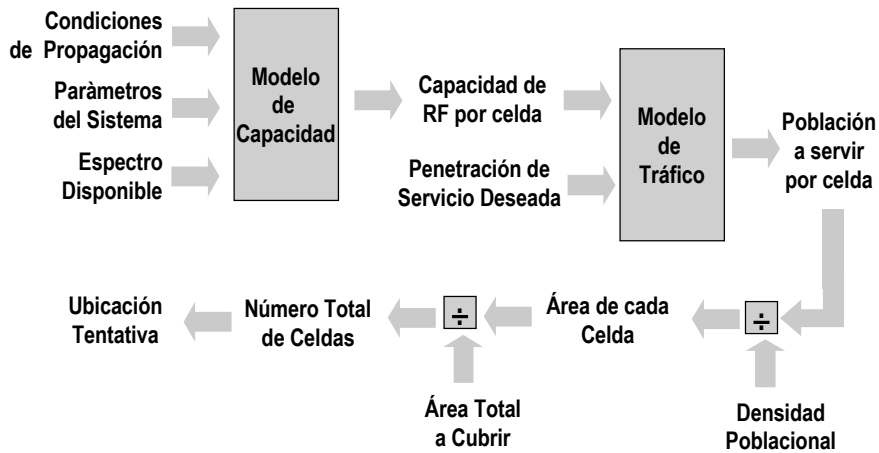
# Componentes del Receptor



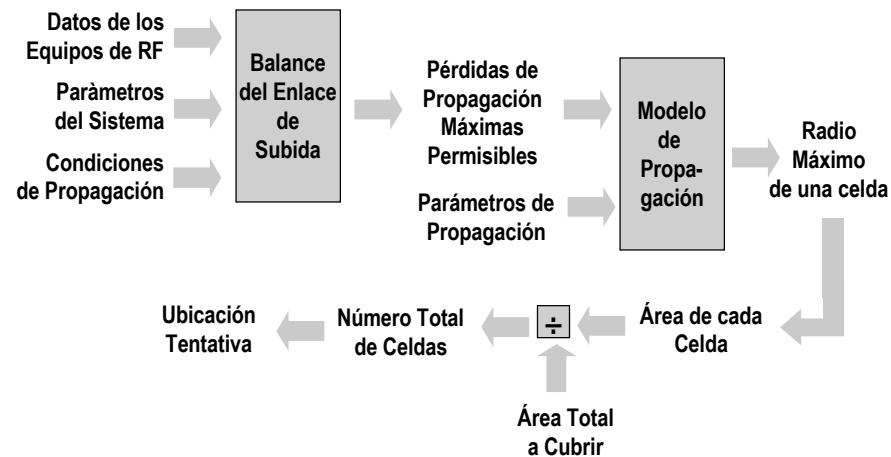
# Compartiendo la Antena

Técnica	Características	Utilización
Cavidades	Combinación a alta potencia con bajas pérdidas	Combinación de varias señales a transmitir en una estación base
Combinadores Híbridos	Combinación a alta potencia con altas pérdidas	Combinación de varias señales a transmitir en una estación base
Amplificadores de Alta Potencia	Combinación a baja potencia	Combinación de varias señales a transmitir en una estación base
Duplexers	Separación de señales transmitidas y recibidas	Uso de la misma antena para Tx y Rx en el móvil y en algunas estaciones base

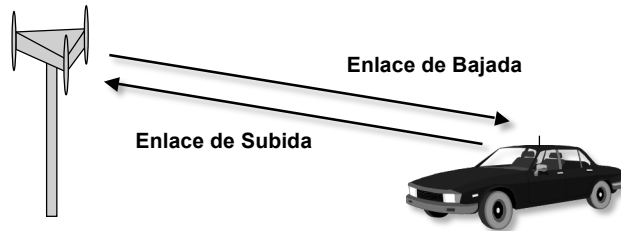
# Estrategia para la Planificación limitada por Capacidad



# Estrategia para la Planificación limitada por Cobertura



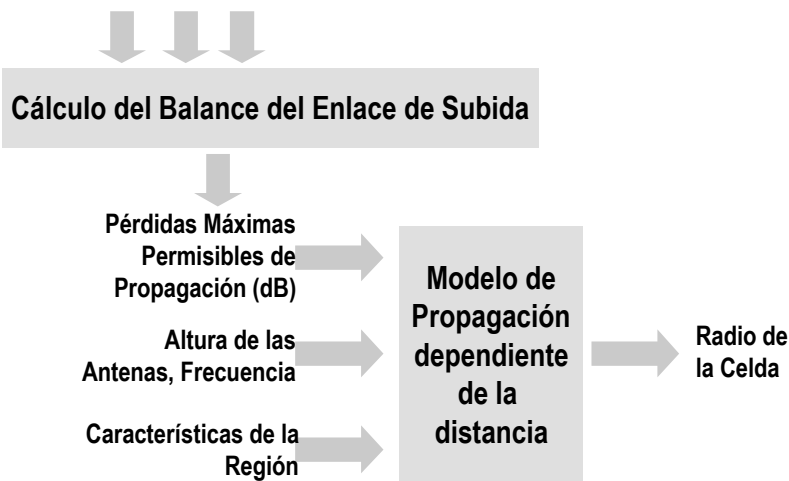
## Enlaces de Bajada y Subida



- Enlace de bajada:
  - Transmisor de la estación base dispone de energía "ilimitada"
- Enlace de subida:
  - Potencia del transmisor está limitada
  - Este es el enlace que limita el radio de la celda
    - Estimar radio de la celda en función del enlace de subida
    - Diseñar transmisor de la estación base de forma de cubrir este radio

## Cálculo de Cobertura

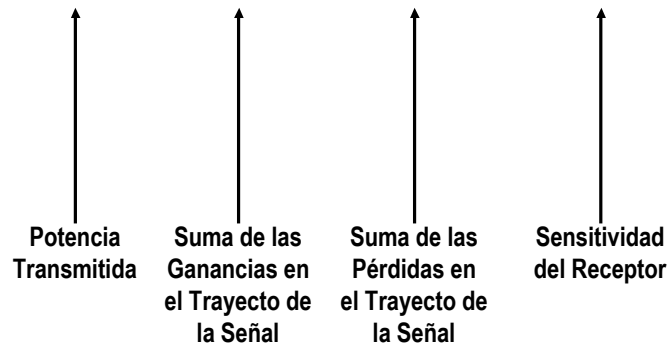
Parámetros del Balance del Enlace de subida



## ¿Qué es el Balance de un Enlace?



$$P_{tr,dBm} + G_{dB} - P_{dB} \geq R_{sen,dBm}$$

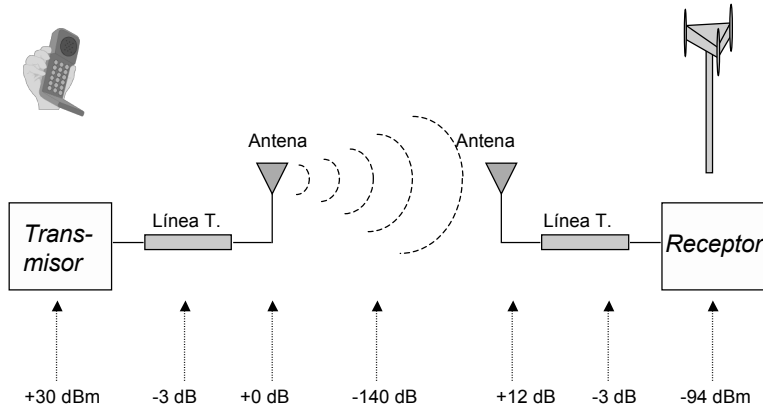


## Parámetros del Balance de un enlace

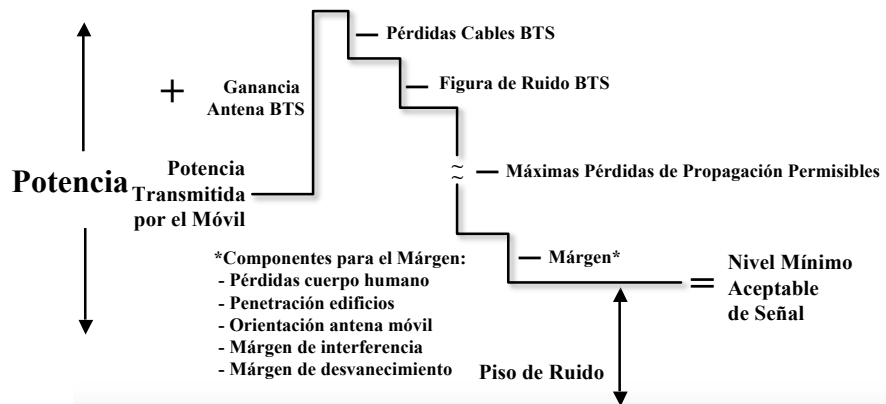


- **Específicos de la Red**
  - Topografía de la Región (parámetros de los modelos de propagación)
  - Calidad de la Cobertura (confiabilidad en el borde de la celda. etc.)
- **Específicos del Estándar**
  - Ancho de Banda y Tasa de Datos
  - Máxima Potencia de Transmisión del Móvil
- **Específicos de los Equipos**
  - Cifra de Ruido del Receptor
  - Ganancia de las antenas
  - Pérdidas en Cables y Conectores
- **Específicos de la Tecnología**
  - Requerimiento Mínimo de  $C/(I+N)$  o  $E_b/(I_o+No)$
  - Interferencia de otras celdas
  - Factor de Carga (CDMA sólo)
  - Ganancia por Relevo Suave (CDMA sólo)

# Ejemplo de un Balance de Enlace



# Componentes del Balance del Enlace



## Potencia Recibida Mínima Necesaria (Sensitividad)



$$R_{sen, dBm} = 10\log(KT) + 10\log(BW) + F_{dB} + [C/(I+N)]_{min, dB}$$

Potencia Recibida Mínima Necesaria

Cifra de ruido del receptor

$$R_{sen, dBm} = -174 \text{ dBm/Hz} + 10\log(R) + F_{dB} + [Eb/(Io+No)]_{min, dB}$$

$10\log(K \times 300^\circ K)$

## Ejemplo 1.8



- Se desea estimar el radio de cobertura de un sistema celular GSM en la banda de 900 MHz, a partir de los siguientes datos:
  - Potencia de los móviles: 2 W
  - Ancho de banda de la señal GSM: 200 KHz
  - Requerimiento mínimo de C/I: 12 dB
  - Pérdidas por interacción con el cuerpo humano: 3 dB
  - Pérdidas/ganancias en la unidad móvil: 0 dB
  - Margen de desvanecimiento a gran escala: 10.4 dB
  - Margen de desvanecimiento a pequeña escala: 3 dB
  - Margen de interferencia: 3 dB
  - Pérdidas por penetración en estructuras: 10 dB
  - Pérdidas por cables/conectores en la estación base: 3 dB
  - Ganancia antena estación base: 14 dB
  - Ganancia por diversidad de recepción estación base: 3 dB
  - Cifra de ruido receptor: 6 dB

# Transmisor



	Transmisor Móvil		Comentario
(A)	Potencia Máxima	33 dBm	ver lámina siguiente
(B)	Cables y Conectores	0 dB	
(C)	Ganancia Antena	0 dB	
(D)	Pérdidas por Interacción con el cuerpo	-3 dB	
(E)	EIRP	30 dBm	A+B+C+D
	<b>Canal</b>		
	<b>Receptor BTS</b>		
	<b>Pérdidas Máximas Permisibles</b>		

# Potencia Máxima Unidad Móvil GSM (900 MHz)



Clase	Potencia Pico Tx	Tipo de Terminal
1	20 W (43 dBm)	Vehículo / Portátil
2	8 W (39 dBm)	Vehículo / Portátil
3	5 W (37 dBm)	Portátil
4	2 W (33 dBm)	Portátil
5	0.8 W (29 dBm)	Portátil





## Canal de Radio



	Transmisor Móvil		Comentario
(E)	EIRP	30 dBm	
	<b>Canal de Radio</b>		
(F)	Margen Desvanecimiento Gran Escala	-10.4 dB	90% confiabil.
(G)	Margen Desvanecimiento Pequeña Esc.	- 3 dB	
(H)	Margen de Interferencia Cocanal	- 3 dB	
(I)	Pérdidas por penetración en vehículos	- 5 dB	Cobertura calle
(J)	<b>Canal de Radio (excepto propagación)</b>	<b>- 21.4 dB</b>	F+G+H+I
	<b>Receptor BTS</b>		
	<b>Pérdidas Máximas Permisibles</b>		

## Receptor BTS



	Transmisor Móvil		Comentario
(E)	EIRP	30 dBm	
	<b>Canal de Radio</b>		
(J)	Canal de Radio (excepto propagación)	- 21.4 dB	
	<b>Receptor BTS</b>		
(K)	Ganancia Antena	14 dB	sectorizada
(L)	Ganancia por Diversidad de Recepción	3 dB	
(M)	Pérdidas por Cables y Conectores	- 3 dB	
(N)	<b>Receptor BTS</b>	<b>14 dB</b>	K+L+M
	<b>Pérdidas Máximas Permisibles</b>		

## Pérdidas Máximas Permisibles



	Transmisor Móvil		Comentario
(E)	EIRP	30 dBm	
	<b>Canal de Radio</b>		
(J)	Canal de Radio (excepto propagación)	- 21.4 dB	
	<b>Receptor BTS</b>		
(N)	Receptor BTS	14 dB	
	<b>Pérdidas Máximas Permisibles</b>		
(O)	Ganancias y Pérdidas Acumuladas	22.6 dB	E+J+N
(P)	Sensitividad del Receptor	-102.8 dBm	ver lámina siguiente
	<b>Pérdidas Máximas Permisibles</b>	<b>125.4 dB</b>	<b>O - P</b>

## Sensitividad del Receptor



$$R_{sen, dBm} = 10\log(KT) + 10\log(BW) + F_{dB} [C/(I+N)]_{min, dB}$$

200 KHz

$$R_{sen} = -174 \text{ dBm/Hz} + 53.0 \text{ dBHz} + 6 \text{ dB} + 12 \text{ dB}$$

$$R_{sen} = -102.8 \text{ dBm}$$

## Modelo Aproximado para Propagación



- The “Quick” propagation model is a “down and dirty” estimate for general propagation prediction.
- Gives reasonable first-order prediction of propagation loss over a variety of morphologies.
- Useful for “quick” and unrefined prediction, and for illustration.

$$PL(dB) = 121 + 36 \log(d) \quad \text{Cellular band (880 MHz)}$$

$$PL(dB) = 130 + 40 \log(d) \quad \text{PCS, UMTS bands (1900 MHz)}$$

$PL$  = Propagation loss in dB       $d$  = distance in kilometers

## Radio de Cobertura



- Con  $PL(dB) = 125.4$  dB y operando en la banda celular, se obtiene:
  - $d = 1325$  m
- Modelos más completos toman en consideración:
  - Altura de las antenas (BS y MS)
  - Tipo de región
  - Frecuencia exacta de la portadora

## Ejemplo 1.9



- Se desea estimar el margen de desvanecimiento de un sistema celular AMPS a nivel de calle en la banda de 850 MHz cuyas celdas tienen un radio de 1.5 km, a partir de los siguientes datos:
  - Potencia de los móviles: 0.6 W (handheld), 3W (otros)
  - Ancho de banda de la señal AMPS: 30 KHz
  - Requerimiento mínimo de C/I: 17 dB
  - Pérdidas por interacción con el cuerpo humano: 3 dB
  - Pérdidas por penetración en vehículos: 5 dB
  - Pérdidas/ganancias en la unidad móvil: 0 dB
  - Margen de interferencia: 3 dB
  - Pérdidas por cables/conectores en la estación base: 2 dB
  - Ganancia antena estación base: 14 dB
  - Ganancia por diversidad de recepción estación base: 3 dB
  - Cifra de ruido receptor: 5 dB