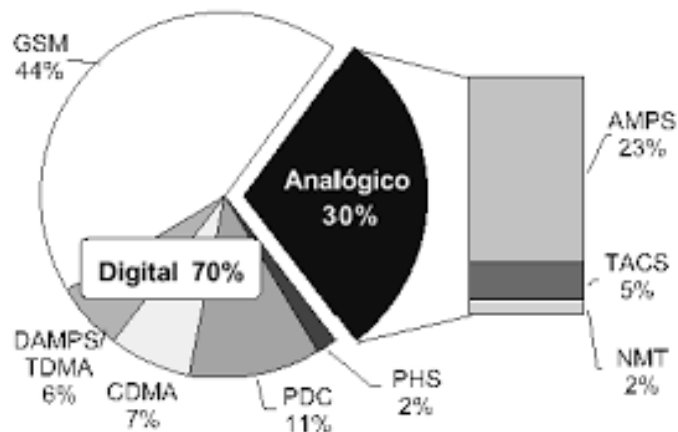


## CAPÍTULO V

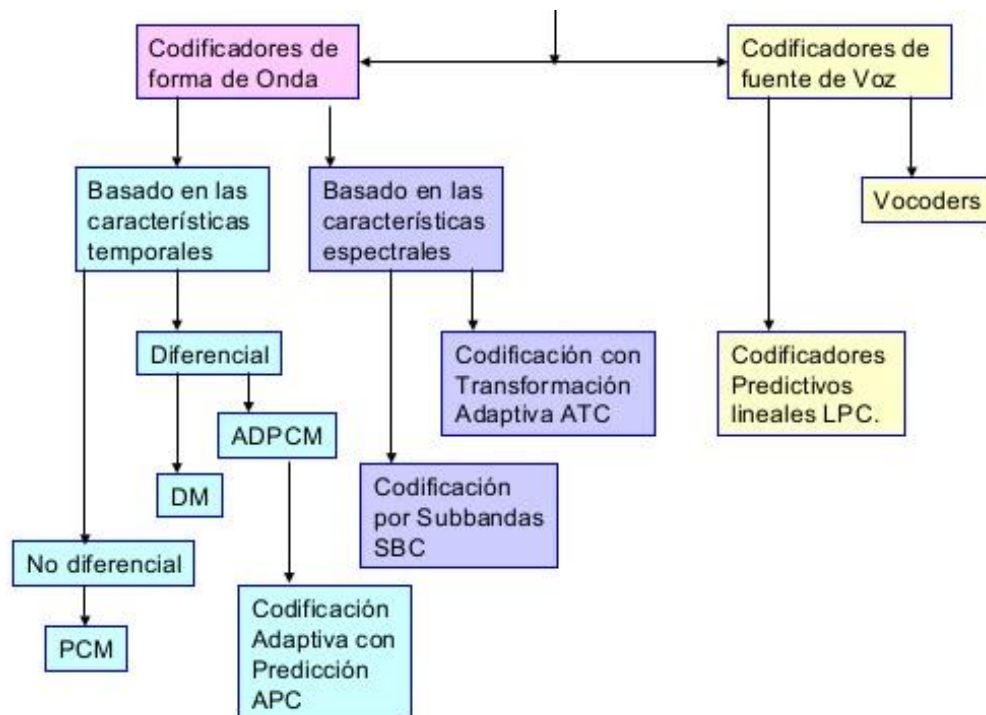
### TELEFONÍA CELULAR DIGITAL

#### Características:

- La voz se digitaliza mediante alguna técnica de codificación de voz en la misma estación móvil
- Ancho de banda amplio y utilización del espectro más eficiente.
- Mayor seguridad mediante métodos de encriptación y autenticación.
- Principales problemas: Velocidad de transmisión limitada por el retardo del canal
- Uso de métodos de acceso como TDMA y CDMA [1]



#### Codificadores de voz

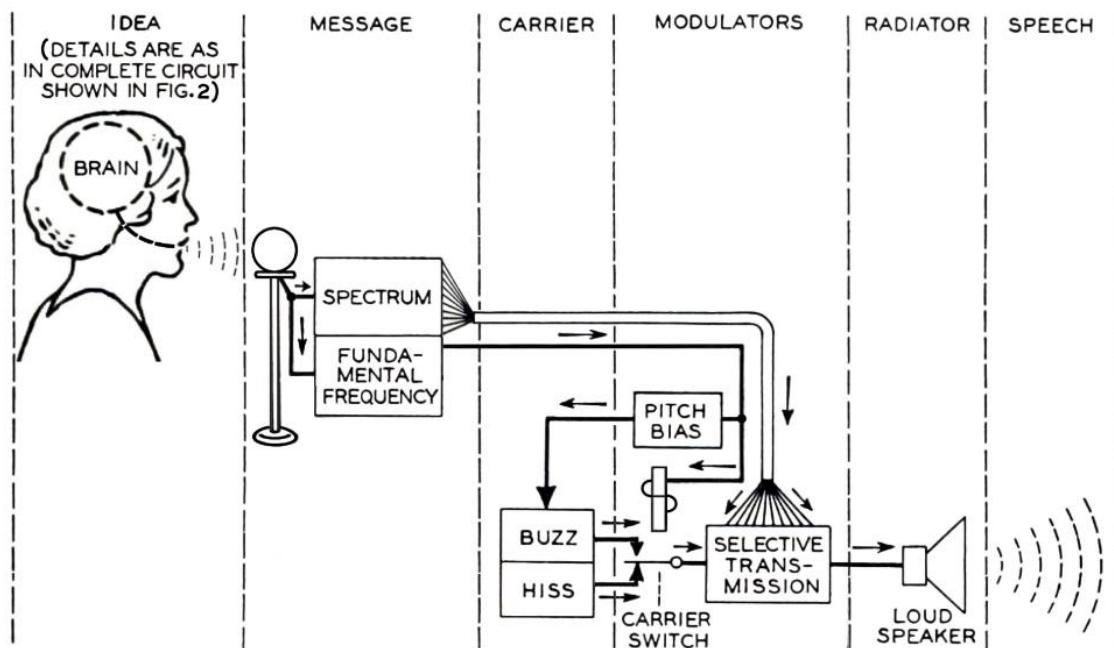


## Velocidad de codificación y aplicaciones

Algoritmo de codificación	Vel. Binaria	Aplicación
PCM	64 kbps	Telefonía, audio
ADPCM	32 kbps	Telefonía, CT2, PACS, DECT, PHS.
CELP	tasa variable 0.8,2,4,8bps	Telefonía celular digital voz paquetizada
QCELP	Tasa variable 1.2, 2.4, 4.8, 8, 9.6 y 13 kbps	IS-95
VSELP	4.5, 6.7, 7.95 y 11.2 kbps	PDC, IS-54
RPE-LTP	13 kbps	DCS-1800, GSM
ACELP	2.4, 4.8 y 8 kbps	Voz paquetizada, Frame Relay

## VOCODERS

- Diseñadas especialmente para la transmisión de la voz a tasas menores de 20 kbps
- Un vocoder consiste en un analizador situado en el transmisor que extrae de la señal de voz un conjunto de parámetros que representan al modelo que produce la voz
- En el receptor se encuentra un sintetizador que utiliza los parámetros recibidos y con ellos produce una señal de voz reconstruida



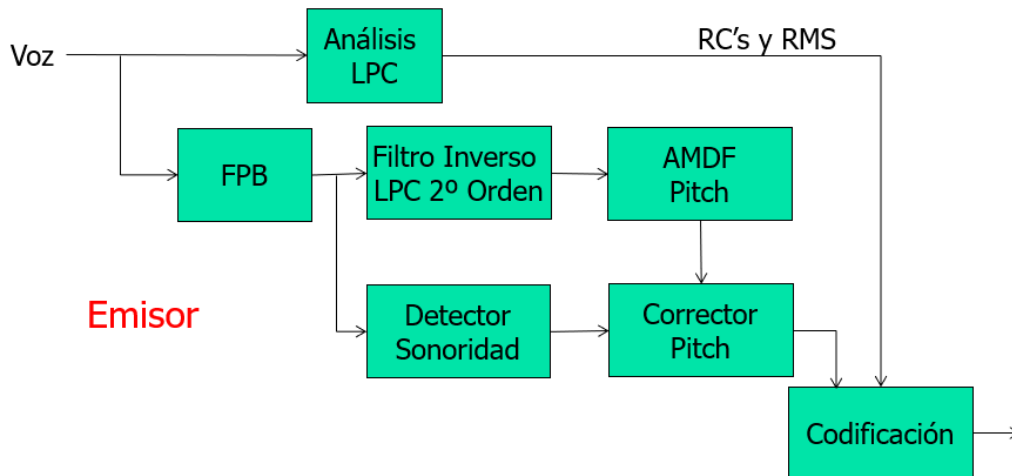
## VCODER LPC (Codificación Lineal Predictiva)

- Permite optimizar la transmisión de datos.
- Se utiliza para análisis y resíntesis del habla
- Las compañías telefónicas lo utilizan como una forma de compresión de voz, como en el estándar GSM Codificación predictiva lineal
- También se utiliza para redes inalámbricas seguras, donde la voz debe digitalizarse, cifrarse y enviarse a través de un canal de voz estrecho [3]

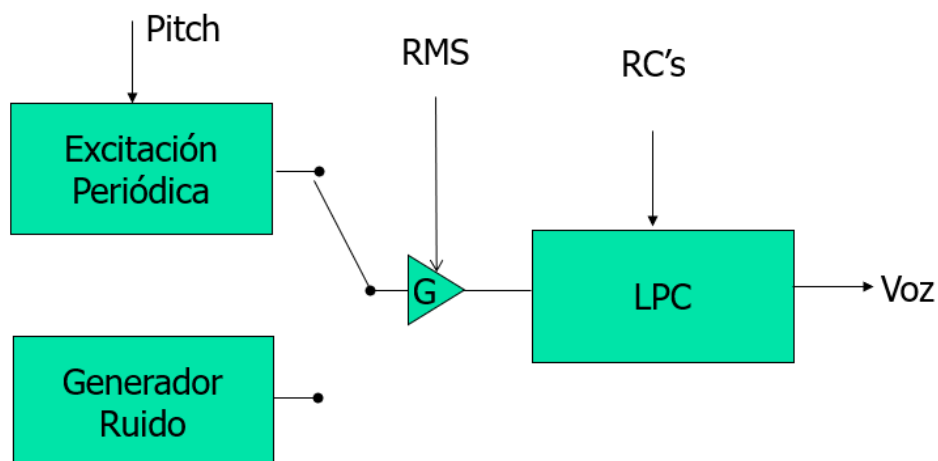
### LPC-10

- Permite la codificación de la señal de voz a 2400 bps
- Determina 10 coeficientes de predicción lineal para cada trama de 20mseg [4]

### EMISOR



### RECEPTOR

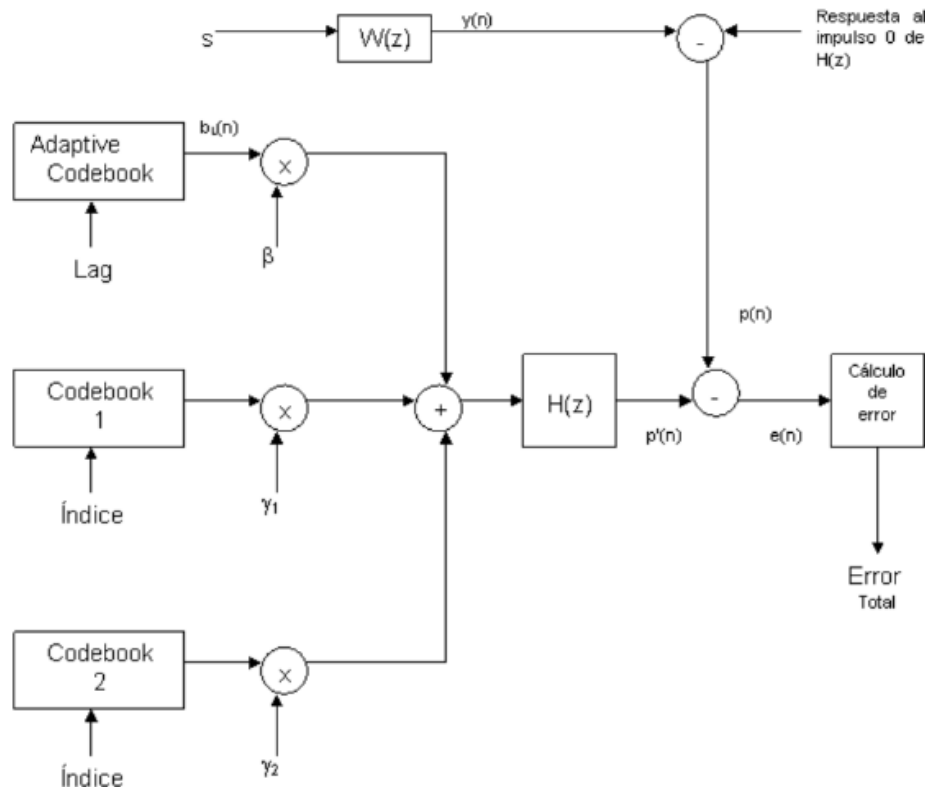


## Codificación CELP (Code Excitated Linear Prediction)

- CELP se basa en procedimientos de búsqueda de análisis por síntesis, cuantificación de vectores con pesos (VQ) y predicción lineal (LP).

- Se usa un filtro LPC de décimo orden para modelar las formantes de retardo corto de la señal de voz.
- La periodicidad de retardo largo de la señal se modela con un diccionario adaptativo VQ (también llamado pitch).
- El error de la predicción lineal de retardo corto y el pitch VQ se cuantifican usando un libro de secuencias estocásticas (son muestras de ruido aleatorio blanco gaussiano).
- Al receptor sólo se le envía como excitación el índice del diccionario y la ganancia. [5]

### Esquema de un analizador CELP



- $z$  Análisis de LPC de orden 10.
- SISTEMAS CELULARES 2G**

### IS-136

IS-136 es una evolución de la IS-54 estándar. IS-136 a menudo también se conoce como TDMA

Fue originalmente un importante móvil de radiocomunicaciones de la norma en el continente americano, pero entretanto ha sido sustituido por el de GSM/GPRS y CDMA2000 technologies. [1]

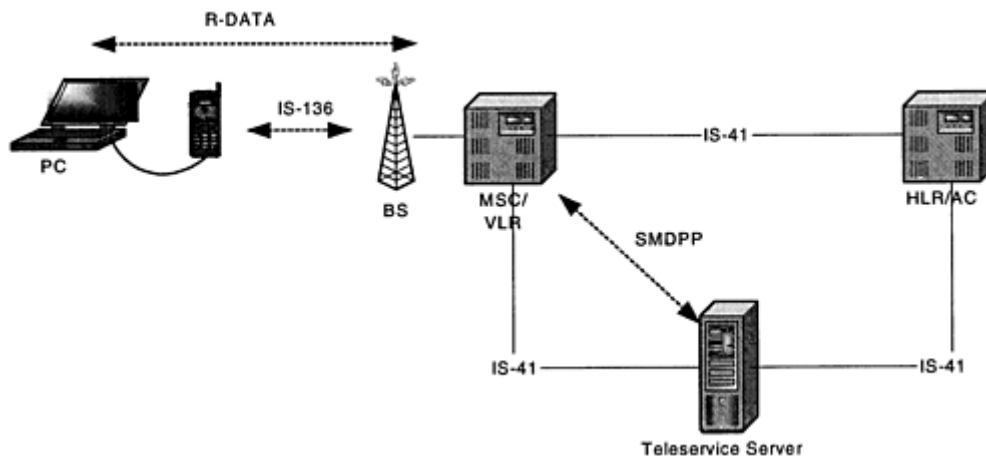
#### Características básicas de IS-136:

- Ranuras de tiempo por Canal 6
- Los usuarios por Canal: 3 (full rate), 6 (mitad de precio), 9 (futuro)
- Modulación Digital:  $\pi/4$  DQPSK, de Nyquist factor de Filtro = 0.35
- Analógico: FM
- Estructura de datos: TDMA
- La Codificación de voz: VSELP (suma de vectores emocionado lineal predictiva) 8 kbps
- Modulación Velocidad de Datos: 24,300 símbolos por segundo (1 símbolo = 2 bits)
- Los Estándares EIA/TIA: ES-136.1 y ES-136.2 del sistema
- IS-137 para las estaciones móviles
- IS-138 para las estaciones base [7]

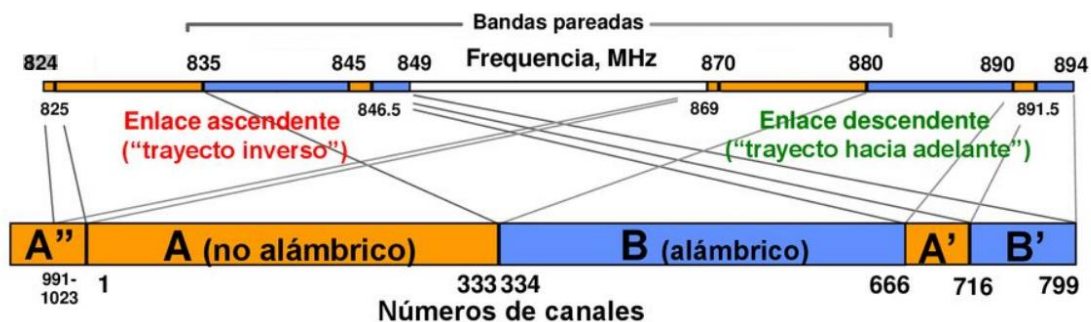
## Los Canales De Control:

- IS-136 ha digitales (DCCH) y analógica (ACC) canales de control.
- La ACC controla de las transmisiones analógicas y garantiza la compatibilidad con sistemas tales como AMPLIFICADORES y ES-54B.
- El DCCH controla de las transmisiones digitales y permite que las características especiales del IS-136.
- Una estación móvil (teléfono celular) en un ACC tiene un modo de inactividad. Durante este estado, el móvil, espera a que los mensajes de la estación base, o puede originar una llamada.
- Un móvil en un DCCH tiene un estado similar, llamado camping. Se refieren a las Operaciones de las transacciones que pueden ser procesadas durante el ralentí y el camping de los estados. [8]

## Arquitectura IS-136



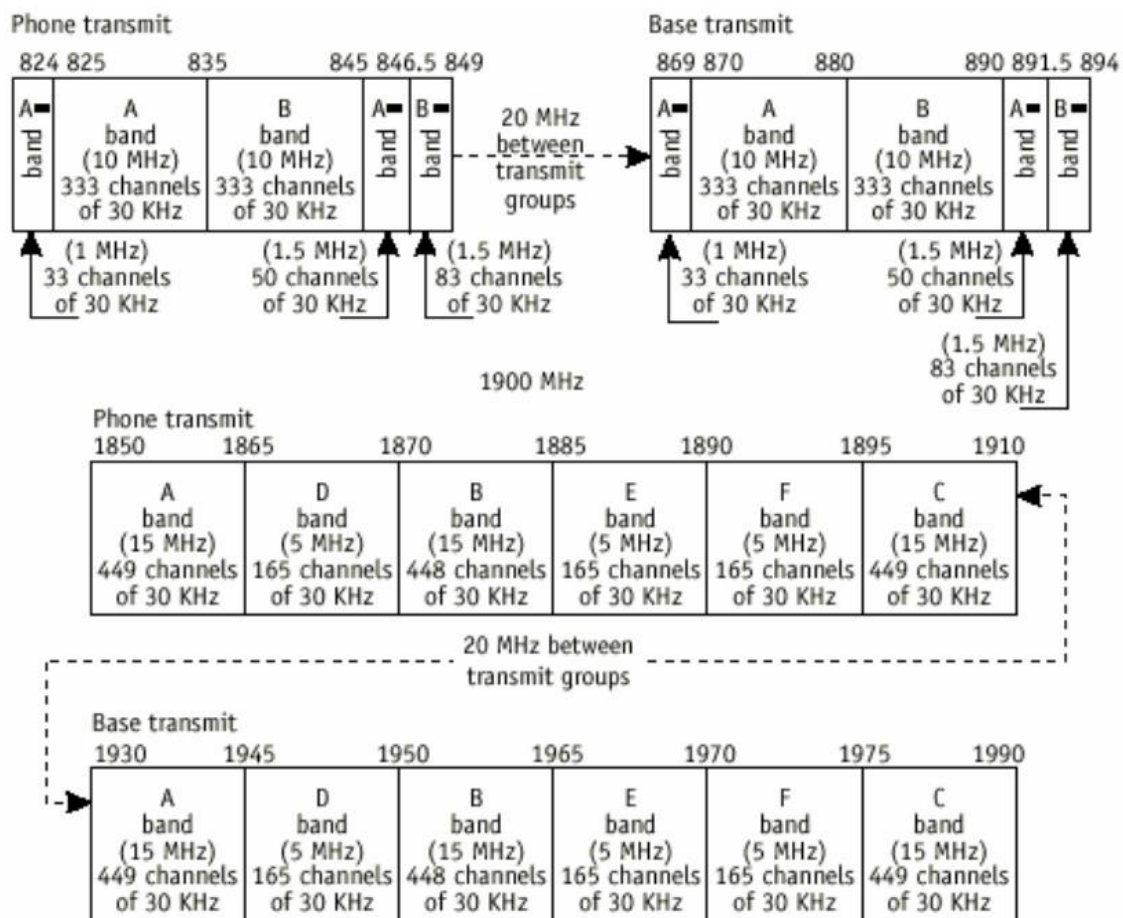
## Espectro utilizado en IS-136



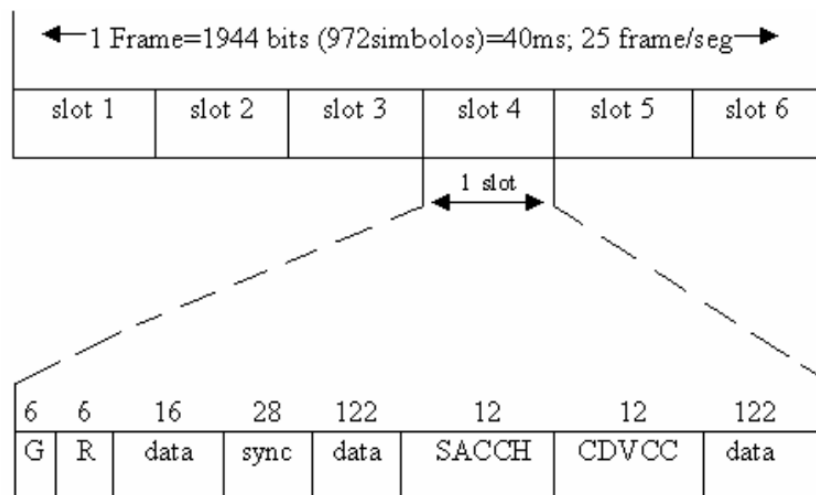
Sistema	Tipo	BW (MHz)	Numero de Canales
A''	ES	1	33
A	NES	10	333
B	NES	10	333
A'	ES	1.5	50
B'	ES	2.5	83

1. Consiste en dos bandas de frecuencias separadas, pero adyacentes una con la otra, A y B (824 - 894 MHz).
2. Cada banda tiene 416 pares de frecuencias (pares de portadoras) ó 416 canales, 30 KHz cada portadora ( $25\text{MHz}/30\text{kHz} = 833$ ,  $833/2 = 416$ ).
3. Cada par de frecuencias tiene una separación de 45 MHz entre Tx/Rx, lo cual permite la operación duplex.
4. De los 416 canales, 21 son de control y se utilizan para el envío de las señales necesarias (monitoreo y señalización) para el establecimiento de las llamadas.
5. De los 416 canales, 395 son de voz. Si fuera necesario se pueden utilizar 21 de estos canales como de control.
6. En la radio base se utiliza un transceptor por canal.
7. Cada canal de voz soporta una sola conversación a la vez. Se Tx 4 diferentes tipos de señales sobre éste: [5]
  - Voz.
  - SAT.
  - Señalización.
  - Datos.

### IS-136 en las bandas de 850 y 1900 MHz



## Trama TDMA en IS-54



**Formato del slot del móvil a la radio base**

28	12	130	12	130	12
sync	SACCH	data	CDVCC	data	reserved

**Formato del slot de la radio base al móvil**

- **R:** Ramp time
- **DATA:** Información de usuario o FACCH
- **SYNC:** Synchronisation and training RSVD: Reserved
- **SACCH:** Slow Associated Control Channel
- **CDVCC:** Coded Digital Verification Color
- **Code** (Equivalente al SAT en AMPS)

## GSM

Sistema Global de Comunicaciones Móviles. Conocido como 2G debido a que supuso un salto de las comunicaciones analógicas a las digitales.

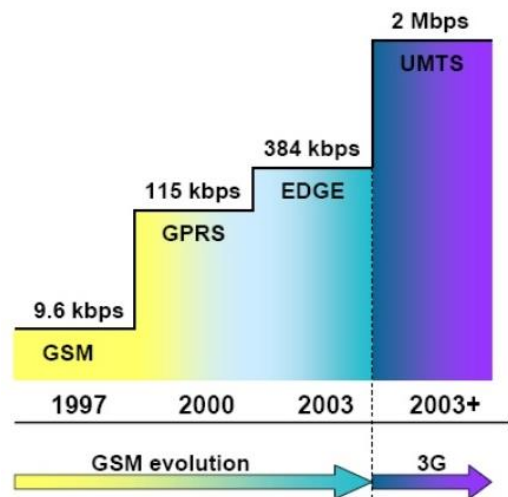
En Europa se utiliza el espectro radioeléctrico de 900 y 1800 MHz, mientras que en Estados Unidos la banda es la de 1900. Esto hace que no todos los móviles GSM puedan funcionar en todo el mundo, a no ser que su tecnología esté preparada para conectarse a todas las bandas.

### Historia

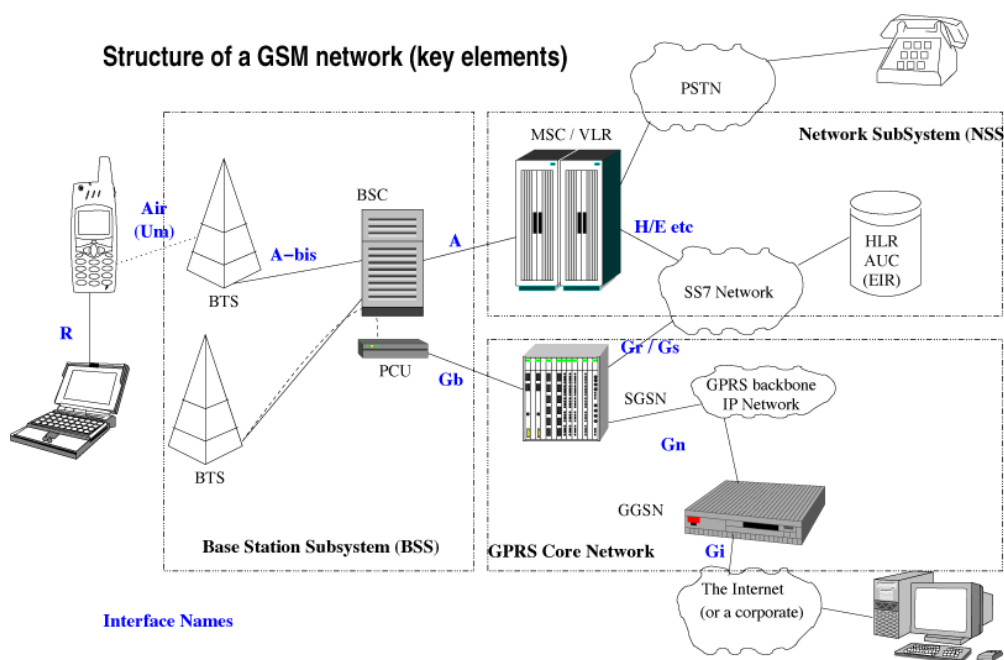
- 1982: CEPT comienza el desarrollo de GSM (Groupe Spéciale Mobile)
- 1989: Se forma el ETSI y GSM se convierte en un comité técnico
- 1990: Las especificaciones de GSM en la banda de 900 MHz también son aplicadas al sistema
- Digital Cellular System en la banda de 1800 MHz (DCS-1800)



- 1991: Las Recomendaciones de GSM se encuentran muy avanzadas
- 1992: Lanzamiento comercial de GSM en Europa (God Has Sent Mobiles)
- 1993: GSM cuenta con 62 miembros en 39 países en todo el mundo. Además 32 miembros más potenciales en otros 19 países
- 1993: GSM cuenta con cerca de un millón de usuarios, el 80% de ellos en Alemania
- 1993: Primeros servicios comerciales fuera de Europa: Australia, Hong Kong, Nueva Zelanda.
- 1993: GSM cuenta con redes operando en Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Noruega, Portugal, Suecia, Suiza y UK.
- 1994: Otros países con planes para GSM: Andorra, Austria, Bélgica, Brunei, Camerún, Chipre, Estonia, Islandia, Irán, Kuwait, Latvia, Malasia, Holanda, Pakistán, Qatar, Singapur, Sudáfrica, España, Siria, Tailandia, Turquía, Emiratos Arabes, entre otros. [8]



## Arquitectura de GSM



## TIPOS DE CANALES

### CANALES DE TRÁFICO (TRAFFIC CHANNELS, TCH)

- Albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.

### CANALES DE CONTROL O SEÑALIZACIÓN

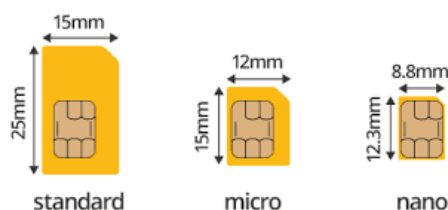
- **Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH)**
  - Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH)
  - Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH)
  - Canal de control de sincronismo (Synchronization Control Channel, SCCH)
  - Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH)
- **Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH)**
  - Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH)
- Canal de control dedicado entre BS y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH)
- **Canales de control común (Common Control Channels, CCCH)**
  - Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH)
  - Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH)
  - Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH)

### CANALES DE DIFUSIÓN CELULAR (CELL BROADCAST CHANNELS, CBC)

## SIM (Subscriber Identity Module)

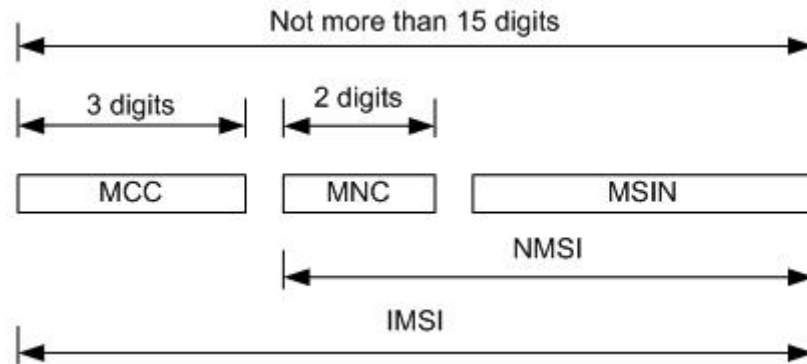
La tarjeta SIM o Subscriber Identity Module es una pequeña tarjeta de plástico que tiene un chip pegado a ella

En este chip, almacena de manera segura tu número de teléfono, así como las claves de acceso de un usuario concreto en una operadora de telefonía



## IMSI - International Mobile Subscriber Identity

- Es el identificador de la línea o servicio.
- Este número sirve para enrutar las llamadas.
- Las operadoras miran este número y de ahí pueden obtener el país o la red a la que pertenece. [8]



- **MCC:** Código del país (3 dígitos)
- **MNC:** Código de la red móvil (2 o 3 dígitos)
- **MSIN:** Número de 9 o 10 dígitos como máximo que contiene la identificación de la estación móvil (MS o Mobile Station) [1]

## Bandas de Frecuencia en GSM

Banda	Nombre	Canales	Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	Notas
<b>GSM 850</b>	GSM 850	128 - 251	824,0 - 849,0	869,0 - 894,0	Usada en los EE.UU., Sudamérica y Asia.
<b>GSM 900</b>	P-GSM 900	0-124	890,0 - 915,0	935,0 - 960,0	La banda con que nació GSM en Europa y la más extendida
	E-GSM 900	974 - 1023	880,0 - 890,0	925,0 - 935,0	E-GSM, extensión de GSM 900
	R-GSM 900	n/a	876,0 - 880,0	921,0 - 925,0	GSM ferroviario (GSM-R).
<b>GSM1800</b>	GSM 1800	512 - 885	1710,0 - 1785,0	1805,0 - 1880,0	
<b>GSM1900</b>	GSM 1900	512 - 810	1850,0 - 1910,0	1930,0 - 1990,0	Usada en Norteamérica, incompatible con GSM-1800 por solapamiento de bandas.

[8]

## Normas de las redes celulares

V · T · E		La red celular de las normas
		Lista de teléfono móvil generaciones
<b>0G radio teléfonos (1946)</b>		MTS · ECIM · Altai · OLT · MTA MTB · MTC · MTD · AMTS · Autotel (la PALMA) · ARP · B-Netz · AMR
<b>1G (1979)</b>	<b>AMPERIOS de la familia</b>	AMPERIOS · N-AMPS · TAC · ETACS
	Otros	NMT · C-450 · Hicap · Mobitex · DataTAC
<b>2G (1991)</b>	<b>GSM/3GPP familia</b>	GSM · CSD · HSCSD
	<b>3GPP2 familia</b>	cdmaOne (is-95)
	<b>AMPERIOS de la familia</b>	D-AMPS (ES-54 e is-136)
	Otros	CDPD · IDEN · PDC · PHS
<b>2G de transición (2,5 G, 2,75 G)</b>	<b>GSM/3GPP familia</b>	GPRS · EDGE/EGPRS · Evolucionado BORDE
	<b>3GPP2 familia</b>	CDMA2000 1X (TIA/EIA/IS-2000) · CDMA2000 1X Avanzada
	Otros	Ampliar · DECT
<b>3G (2001)</b>	<b>3GPP familia</b>	UMTS (UTRA-FDD / W-CDMA (FOMA) · UTRA-TDD LCR / TD-SCDMA · UTRA-TDD HCR / TD-CDMA)
	<b>3GPP2 familia</b>	CDMA2000 1xEV-DO Release 0 (TIA/IS-856)
	<b>3GPP familia</b>	HSPA (HSDPA · HSUPA) · HSPA+ (DC-HSDPA) · LTE (E-UTRA)
<b>3G de transición (3,5 G, 3,75 G, 3,9 G)</b>	<b>3GPP2 familia</b>	CDMA2000 1xEV-DO la Revisión de UN (TIA/EIA/IS-856-A) · EV-DO Revisión B (TIA/EIA/IS-856-B) · EV-DO Revisión C
	<b>IEEE de la familia</b>	WiMAX Móvil (IEEE 802.16 e) · Flash-OFDM · iBurst (IEEE 802.20) · WiBro
	<b>ETSI familia</b>	HiperMAN
	<b>3GPP familia</b>	LTE Advanced (E-UTRA) · LTE Advanced Pro (4,5 G Pro/pre-5G/4,9 G)
<b>4G (2009)</b> <b>IMT Avanzadas (2013)</b>	<b>IEEE de la familia</b>	WiMAX (IEEE 802.16 m) (WiMax 2.1 (LTE-TDD / TD-LTE) · WiBro)
<b>5G (2019)</b> <b>IMT-2020 (en desarrollo)</b>	<b>3GPP familia</b>	NR · NR-1IoT · LTE-M · NB-IoT
	Otros	DECT-5G

Activate Windows [1]

## IS- 95

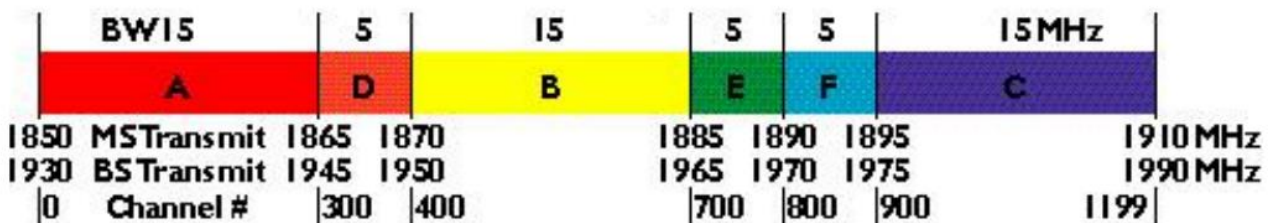
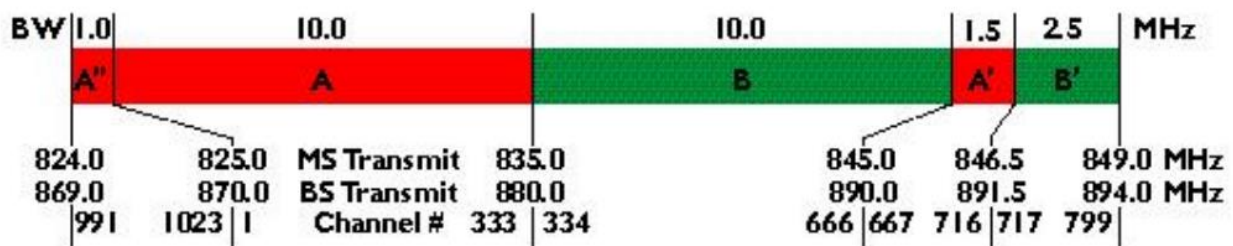
- El estándar IS-95 CDMA es un sistema de tercera generación de acceso múltiple por división de código y que utiliza las técnicas de espectro ensanchado
- Tiene la particularidad de expandir las señales que son transportados, con códigos Pseudo aleatorios, a esta técnica también se le conoce como el espectro ensanchado DSS
- Los sistemas CDMA, dividen el espectro de frecuencia en canales o portadoras de 1.25 Mhz, cada uno de los cuales soporta múltiples canales de código de usuarios

### Características

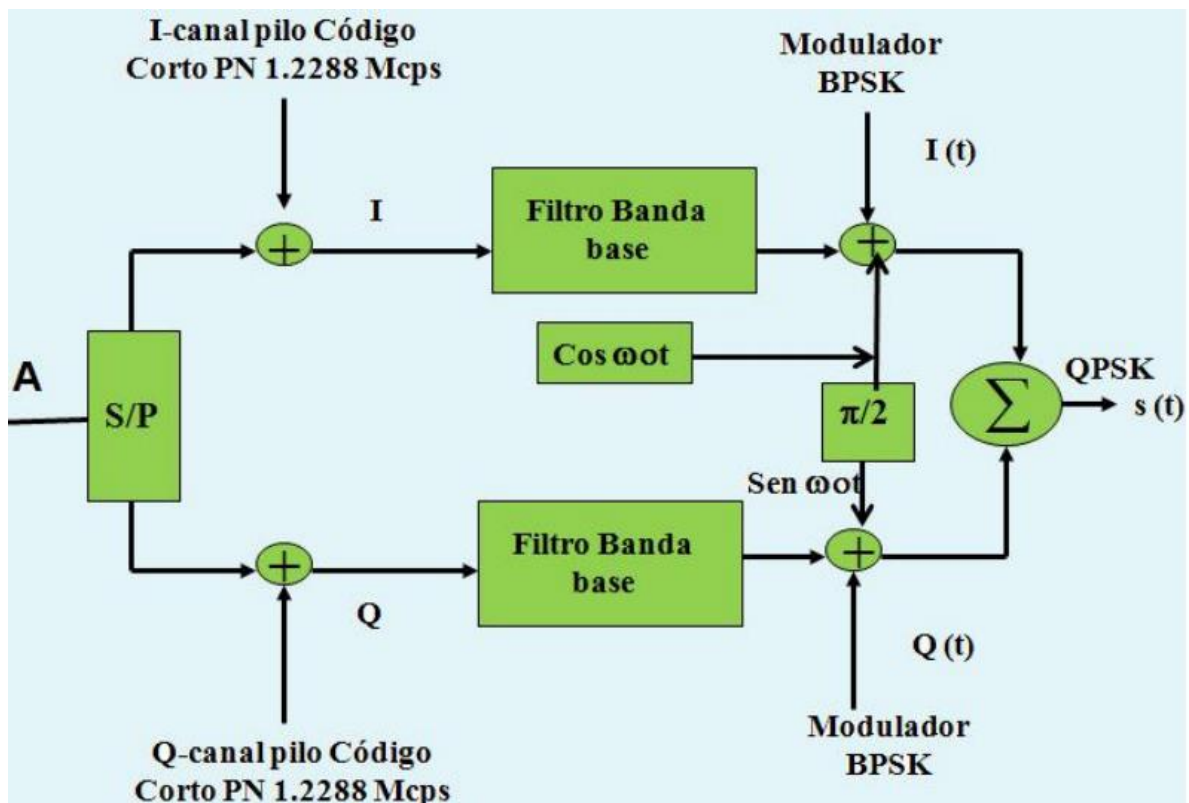
- **Privacidad:** Debido al código las transmisiones no son fácilmente interceptadas.
- **Atenuación del canal:** En caso de tener una zona de distorsión o atenuación en un medio, el usuario no se perjudica como en otra técnica de acceso múltiple, ya que solo parte de la información está siendo enviada por esta frecuencia porque es compartida por todos.  $\theta$
- **Rechazo a la interferencia intencional:** Al tener un ancho de banda menor al necesario para transmitir un símbolo, el sistema salta a un ancho de banda de frecuencia más alta que el de la señal.
- **Flexibilidad:** Para realizar la comunicación no es necesaria la sincronización entre grupos de usuarios, solamente entre el transmisor y el receptor.

La tecnología CDMA puede operar en la Banda Celular, de:

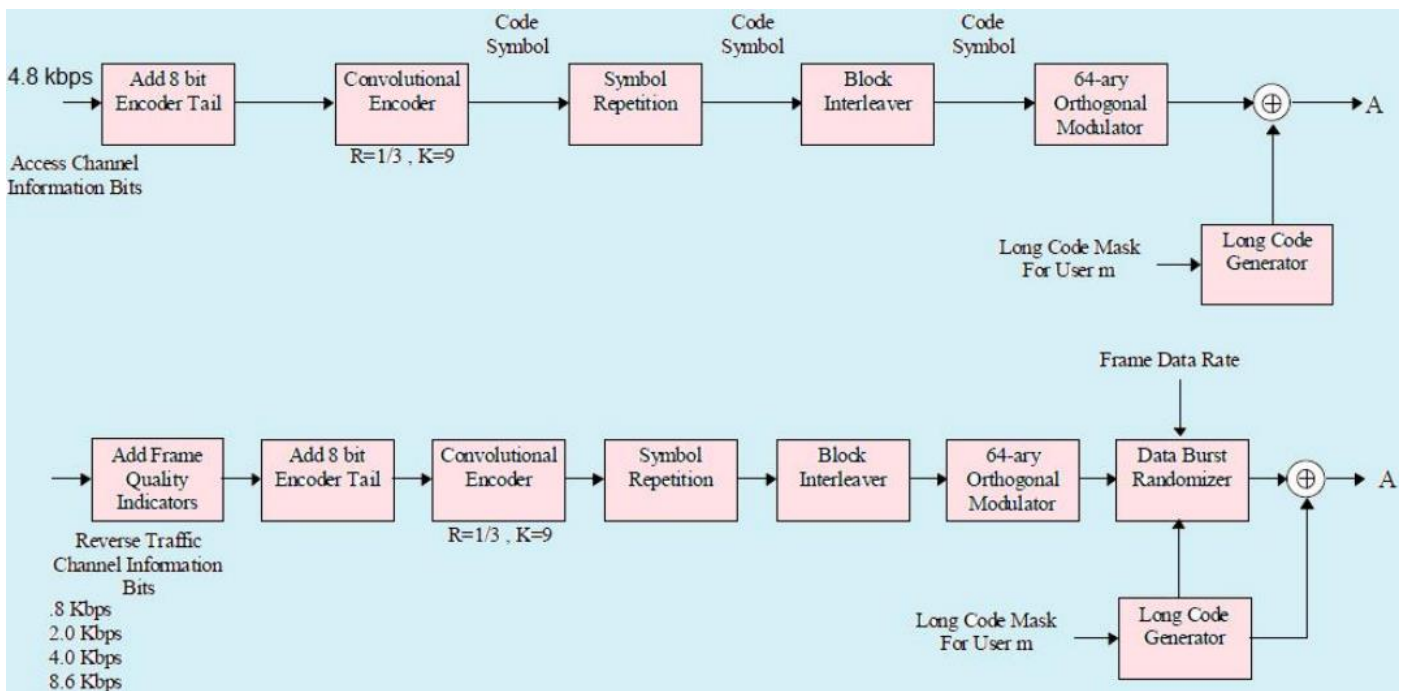
- 824MHz a los 894MHz
- 1850 Mhz A 1990 Mhz



## Forward CDMA Channel

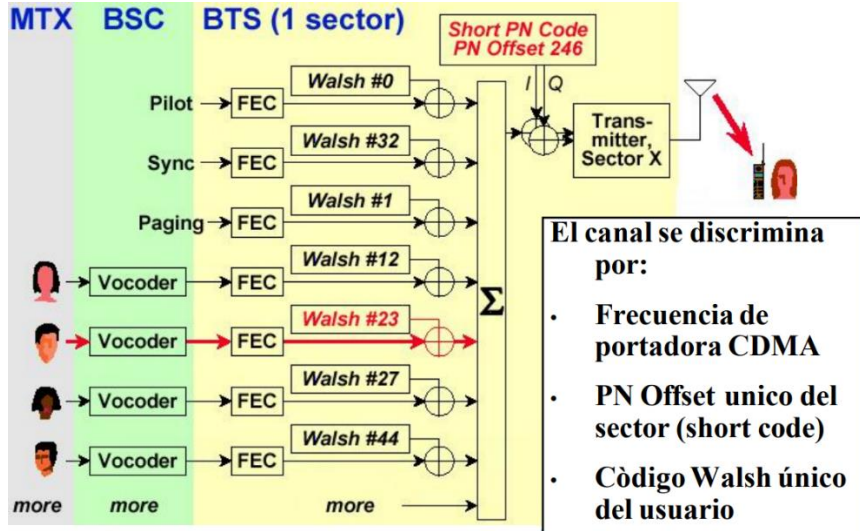


## Reverse CDMA Channel

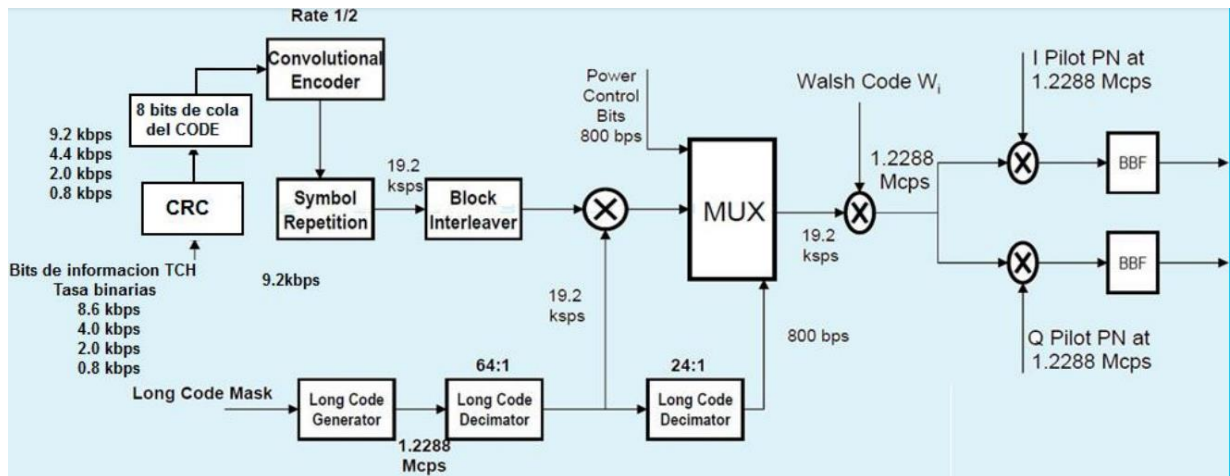




## Codificación: Forward Channel



## Traffic Channel



## Distribución del Espectro radioeléctrico en Ecuador



## Bandas Asignadas en el Ecuador

Operadora y Banda	Frecuencia UPLINK (MHZ)		Frecuencia (MHZ)	DOWNLINK
CLARO A-A'	824.2	834.8	869.2	879.8
MOVISTAR B	835	844.8	880	889.8
CLARO A'	845	846.4	890	891.4
MOVISTAR B'	846.6	848.8	891.6	893.8
MOVISTAR D-D'	1865	1870	1945	1950
CLAROE-E'	1885	1895	1970	1975
CNT F-F'	1890	1895	1970	1975
CNT EP C-C'	1895	1910	1975	1990

## Comparación entre sistemas

Aspecto	IS-95		IS-136		GSM	
	Móvil	WLL	Móvil	WLL	Móvil	WLL
BW/Ch (kHz)	1250	1250	30	30	200	200
Número de Ch. *	3	3	167	167	25	25
Eb/No	7dB	6dB	18dB	14dB	12dB	12dB
Factor N	1	1	7	4	3	3
Canales/sector**	3	3	7.95	13.92	2.78	2.78
Usuarios/canal	25	31	3	3	8	8
Usuarios/sector	75	93	23.85	41.76	22.24	22.24
Tráfico/sector (bloqueo 2%)	63.9	81.2E	16.4E	32.7E	15.2E	15.2E
Tráfico/celda (Bloqueo 2%)	191.7E	243.6E	49.2E	98.1E	45.6E	45.6E
Celdas/1000E	6	4	21	10	22	22
Erlangs/celda por MHz	38.3E	48.7E	9.84E	19.6E	9.12E	9.12E

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. A. Huurdeman, The Worldwide History of Telecommunications., John Wiley & Sons.
- [2] J. B. Nica, «Slideshare,» 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/nica2009/lecture-7-probabilidad-de-error-de-transmisin-pcm-formateo-de-seales-dpcm-adpcm>.
- [3] F. Torreon, «ulpg,» [En línea]. Available: <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/23/23210/teoriavocoderlpc.pdf>.
- [4] M. Bonilla. [En línea]. Available: <http://www.tpartner.net/2015/11/26/telefonianalogica-vs-digital-vs-ip-que-tecnologia-elegir-para-la-empresa/>.
- [5] D. Gómez, «researchgate,» [En línea]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/272508453\\_Parametrizaciones\\_robustas\\_de\\_Reconocimiento\\_Automatico\\_de\\_Habla\\_RAH\\_en\\_redes\\_de\\_comunicaciones](https://www.researchgate.net/publication/272508453_Parametrizaciones_robustas_de_Reconocimiento_Automatico_de_Habla_RAH_en_redes_de_comunicaciones).
- [6] G. Rodriguez, 2010. [En línea]. Available: [http://www.spw.cl/05mar07\\_mobile/Material\\_moviles/amps.pdf](http://www.spw.cl/05mar07_mobile/Material_moviles/amps.pdf).
- [7] J. Bustos, «Estudio de Sistemas de compresión de voz digital orientado a telefonía celular,» 2002.
- [8] M. K. W. M. W. O. Siegmund M. Redl, An Introduction to GSM, Artech House, 1995.