

# Necesidades y Retos para la Implementación de un Laboratorio de Electrónica RF y Comunicaciones Móviles

**Dr. Javier E Gonzalez Villarruel**  
**Consultor RF**

[Jav\\_Gonza01@yahoo.com](mailto:Jav_Gonza01@yahoo.com)

NOTA . El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

→ Electromagnetismo  
→ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
→ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009

# PRESENTACION

---

- Introducción
- Aplicaciones
- Dispositivos electrónicos portátiles
- RF
- Normalización inalámbrica
- Importancia del diseño RF
- Desarrollo RF
- Funcionalidad en RF
- EMC y EMI
- Conclusión

# PLANTEAMIENTO

---

- Demanda creciente +20% de servicios móviles e inalámbricos
  - Interés en tecnología RF, grandes inversiones futuras \$\$\$ mercado de bluetooth 1.2 B
- Demanda creciente de dispositivos electrónicos portátiles
  - +información, +acceso , +conectividad
- Aplicaciones futuras, redes de sensores:
  - Telemetría, seguridad, industria, salud
  - Zigbee, Bluetooth, IEEE
- Nuevos dispositivos electrónicos portátiles:
  - + compactos, + funciones, + inmunes a interferencias, acceso a + plataformas, + capacidad de procesamiento, + vida de batería
  - Conocimiento del diseño RF
- Necesidad de laboratorios en RF

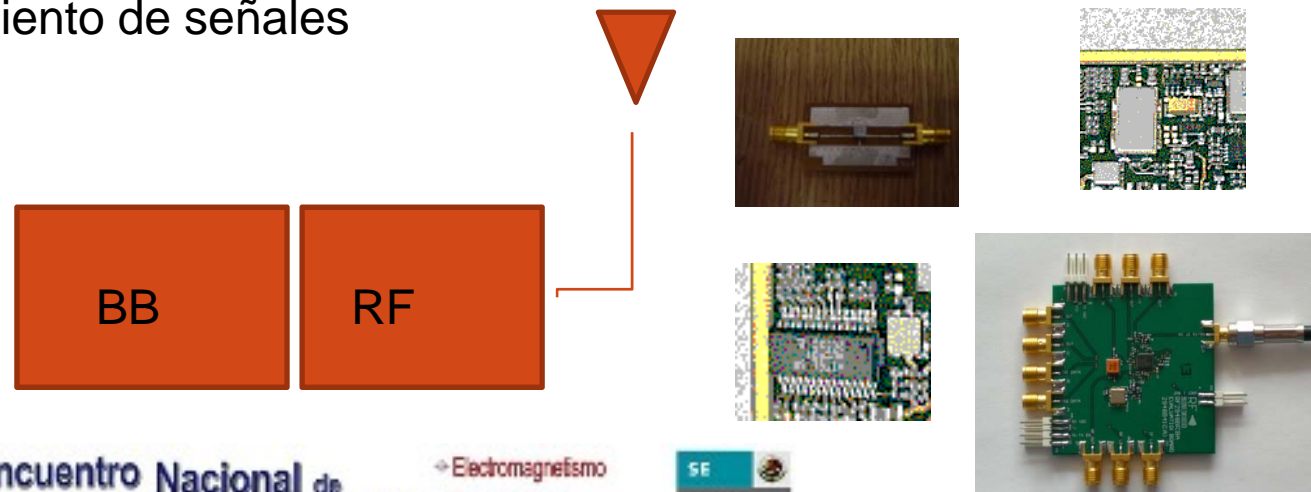
# APLICACIONES MOVILES E INALAMBRICAS

---

- Voz
- Internet
- Inventarios
- Telemetría
- Salud
- Automotriz
- Identificación
- Localización
- Instrumentación remota
- Control remoto universal
- Juegos
- Música
- Otros a venir

# DISPOSITIVOS ELECTRONICOS PORTATILES

- Dos secciones: Banda Base y RF
- Banda Base :
  - Funciones integradas, millones de transistores, múltiples funciones
- RF: limita el desarrollo
  - Pocos transistores, pocas funciones, elementos discretos, mayor consumo de batería, mayor espacio, requiere técnicas de acoplamiento de señales

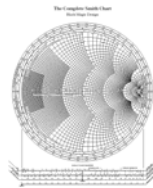


## RF... DIFICULTAD PARA EL DESARROLLO

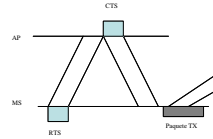
---

- Gran cantidad de las aéreas requeridas para el diseño e integración
- Proceso de diseño muy complejo
- Herramientas CAD muy limitadas lo que produce baja predicción
- Requiere gran numero de mediciones y pruebas especializadas para realizar el diseño

# RF... AREAS REQUERIDAS



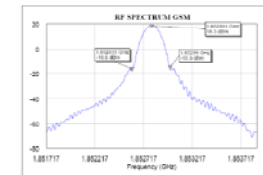
Microondas



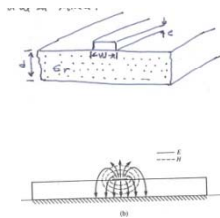
M. Acceso

IEEE 802.11		IEEE 802.11a		IEEE 802.11b		IEEE 802.11g		IEEE 802.11n	
PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC
PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC	PHY	MAC

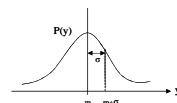
Normas



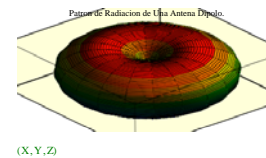
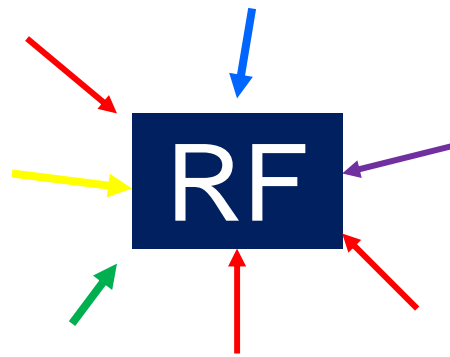
Comunicaciones



T. Electro magnetica

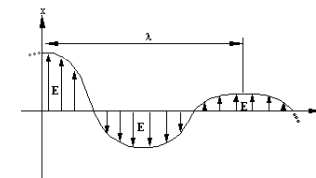


Senales Aleatorias



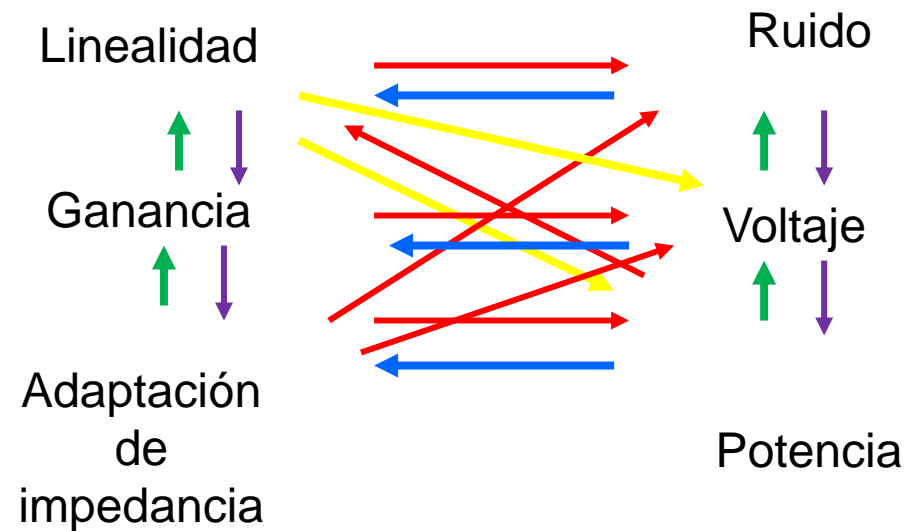
(X, Y, Z)

CAD



Propagacion

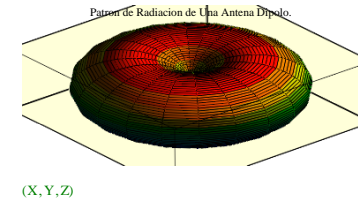
## RF... PROCESO DE DISEÑO





## RF... Herramientas CAD

- 
- Disponibilidad limitada baja integración de funciones: temporal, lineal, no lineal, digital, electromagnético = baja predicción
- Necesidad de simulaciones en varias plataformas
- A desarrollar, electromagnéticas, propagación multicapas
- Gran variedad de materiales de transmisión y tecnologías
- Gran cantidad de elementos parásitos que dificultan la simulación
- Mas complejo al aumentar la frecuencia....
- Aplicaciones de desarrollo: antenas planas integradas ..



## NORMALIZACION INALAMBRICA

---

- Muy bien aceptada
- Permite el consenso entre la industria
- Organismos internacionales ISO, IEEE, ANSI, ETSI
- Organismos de normalización
- EMC y EMI
- Colaboración entre instituciones para desarrollar aplicaciones laboratorios
  - Verificación, desarrollo e integración

# IMPORTANCIA DEL DISEÑO RF

---

- Capacidad de radiar y captar energía = movilidad de dispositivos
- Nuevas aplicaciones
  - saturación del espectro electromagnético, múltiples interferencias, medio hostil
- Banda 300 MHz a 3 GHz
- Nuevas aplicaciones
  - desarrollo que respeten legislación de emisiones Tx/Rx funcionamiento Rx con + interferencias, + procesamiento
- Mas aplicaciones
  - Celular, Bluetooth, Zigbee, WLANS, WPANS ...
- Conocimiento de la industria sobre nociones RF, EMC y EMI
- Laboratorios de desarrollo RF
  - Integración, desarrollos, pruebas, normas

# DESARROLLO DE SISTEMAS RF

## • Laboratorio RF

- Integrar áreas de conocimiento, entender proceso de diseño, instrumentación, normas ...

### • Aplicación

- Norma inalámbrica
- Viabilidad
- Disponibilidad de tecnología y componentes

### • Plataforma

- Arquitectura
- Plan de frecuencias
- Definición de las funciones del sistema

### • Funciones

- Diseño
- Integración
- Medición

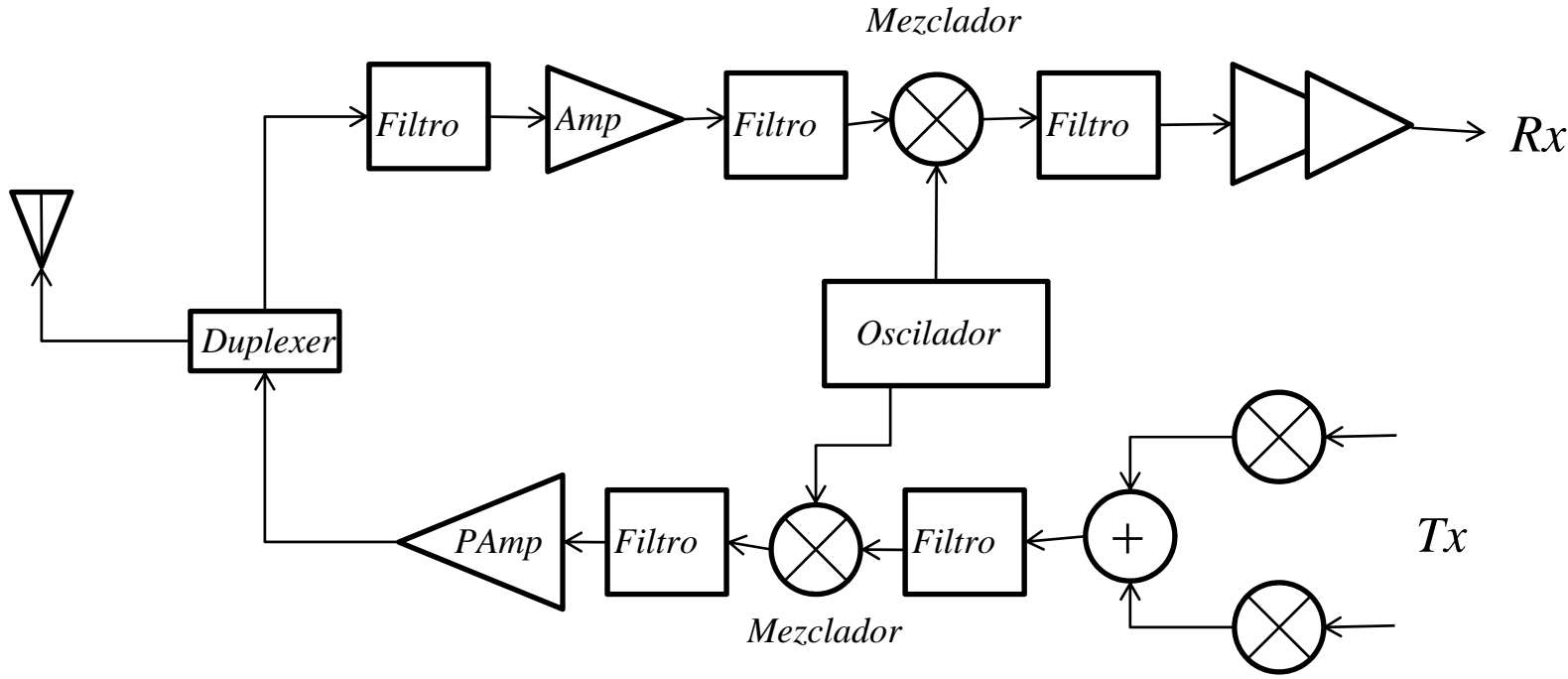
### • EMC-EMI

- Norma
- Pruebas
- Medición

### • Integración

- Pruebas de sistema
- Verificación de la norma

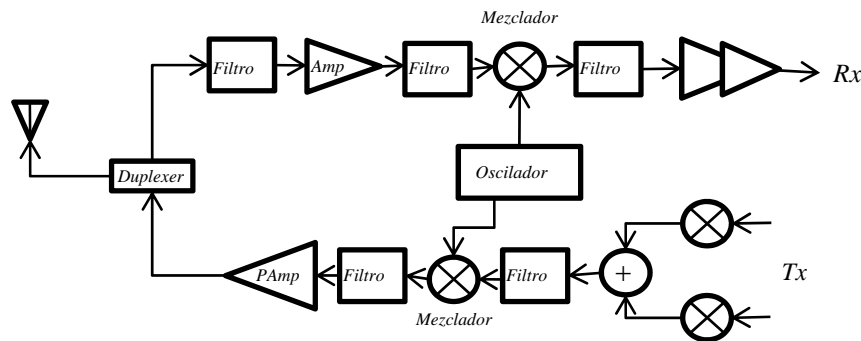
# DESARROLLO ... ARQUITECTURA RF



# DESARROLLO ... FUNCIONES RF

Sección RF		
Función	Medición	Impacto
Filtrado	Respuesta en frecuencia y adaptación	Selectividad, desviación de la banda, retardo de grupo, distorsión de la modulación
Amplificación RX	Adaptación, ganancia y distorsión	Balance entre sensibilidad e intermodulación, y figura de ruido
Amplificación TX	Adaptación, ganancia y distorsión	Potencia de salida, emisiones no deseadas, distorsión de la modulación
Traslado de frecuencia	Ganancia, distorsión	Clave en recepción, aislamiento de RF-IF-LO, balance entre ruido e intermodulación
Oscilador local	Potencia, ruido de fase, estabilidad	Selectividad del canal móvil, selectividad, EMC

# DESARROLLO... ANALISIS DEL SISTEMA

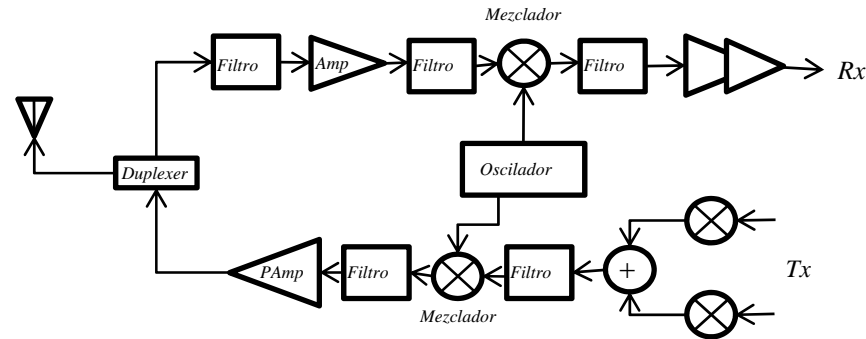


- Rx : Antena, Filtro, Amplificador, Filtro, Mezclador, Filtro
- Tx: Modulador, Filtro, Mezclador,
- Valores cumulativos

$$F_T = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_{n-1} - 1}{G_1 G_2 \dots G_n}$$

$$\frac{1}{IPO_{total}^{\frac{m-1}{2}}} = \left[ \left( \frac{1}{G_2 \cdot IPO_1} \right)^{\frac{m-1}{2}} + \left( \frac{1}{IPO_2} \right)^{\frac{m-1}{2}} \right] \quad G_T = G_1 + G_2 + G_3 \dots$$

# DESARROLLO... SISTEMA



	1	Antenna feed	3	Diplexer	5	TX/RX Switch	7	SAW Filter	9	10	LNA	11	SAW Filter	13	Mixer	14
Parametros-Ganancia (dB)		-0,5		-0,35		-0,4		-1,5		14,5		-1,5		16,5		
F (dB) ?		0,50		0,35		0,40		1,50		1,00		1,50		5,80		
IP3in (dBm) ?		60,00		60,00		46,00		30,00		3,00		30,00		3,50		
F en cascada (dB) =		0,5		0,85		1,25		2,75		3,75		3,8002		4,2545		

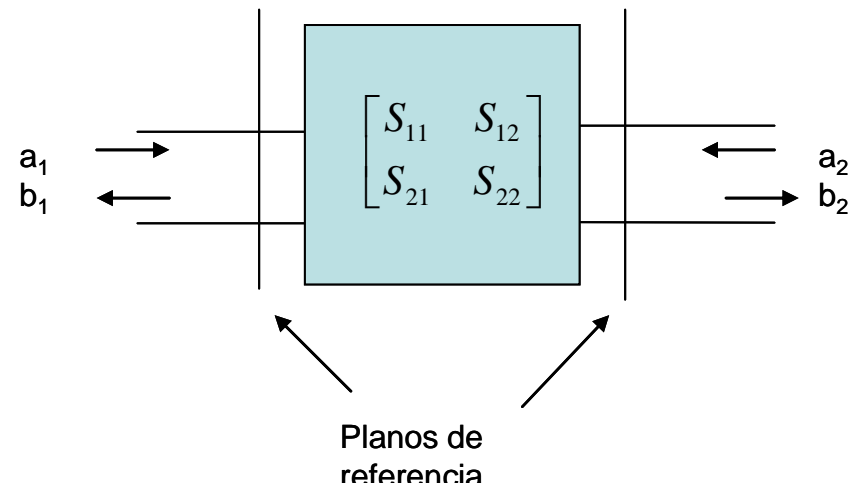


# DESARROLLO EN RF... MEDICIONES

- Matriz [S], ondas electromagnéticas incidentes (progresivas) y reflejadas (regresivas)
- S<sub>11</sub> y S<sub>22</sub>) coeficientes de reflexión de los accesos
- S<sub>12</sub> y S<sub>21</sub>) coeficientes de transmisión

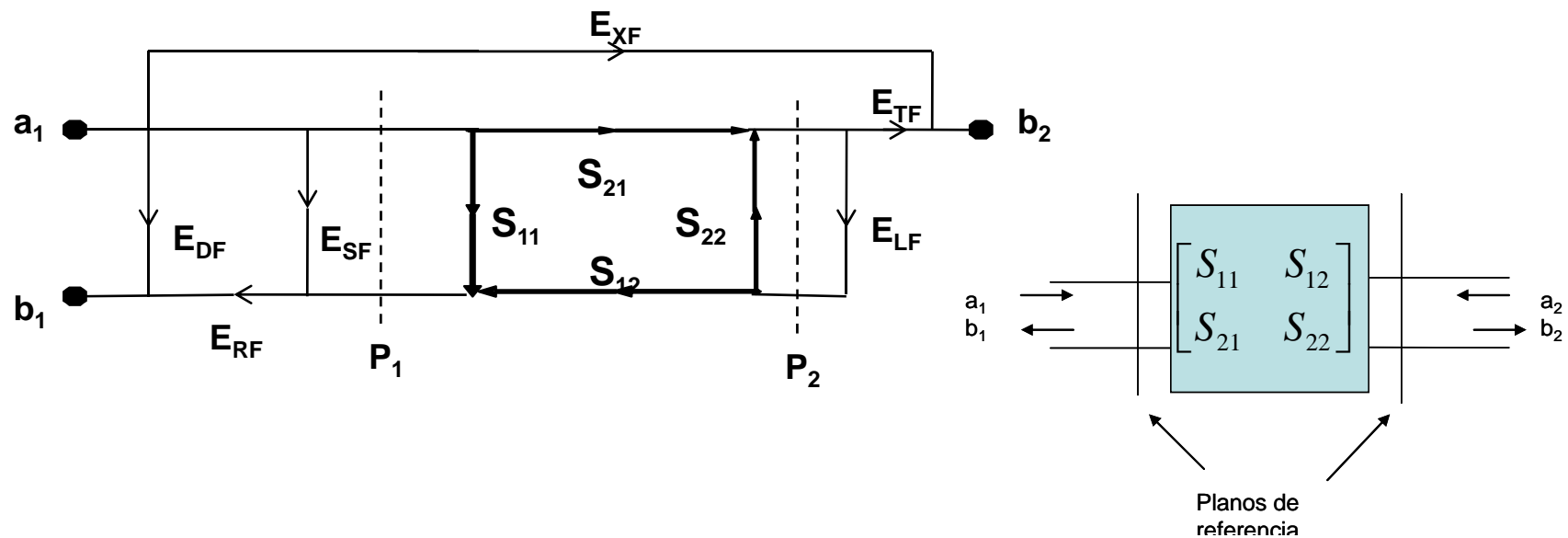


$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$



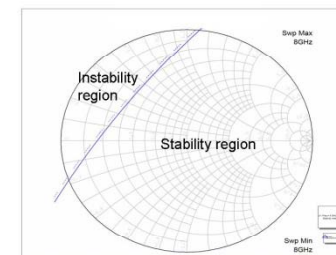
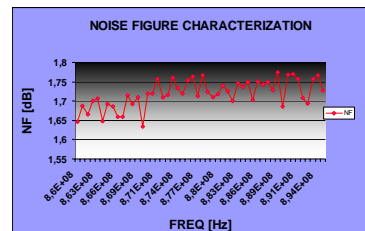
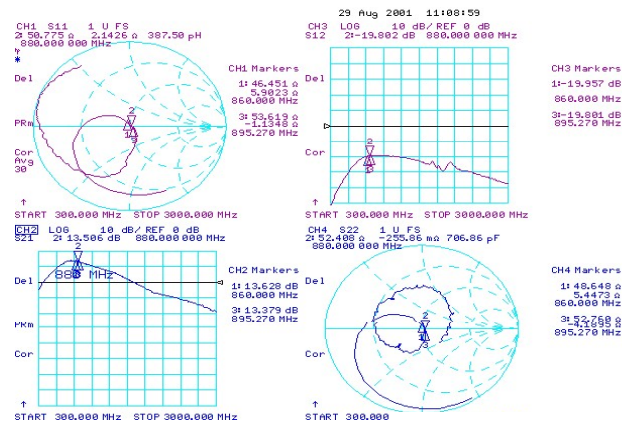
# DESARROLLO EN RF... ERRORES DE MEDICION

- Se requiere calibrar el banco de medidas, patrones, métodos de corrección
- Errores en las mediciones: aleatorios y sistematicos
- Sistematicos 6 en una direccion, 12 en dos direcciones
- Medidas ajustadas a los planos de referencia



# DESARROLLO EN RF... Funciones Amplificador de Bajo Ruido

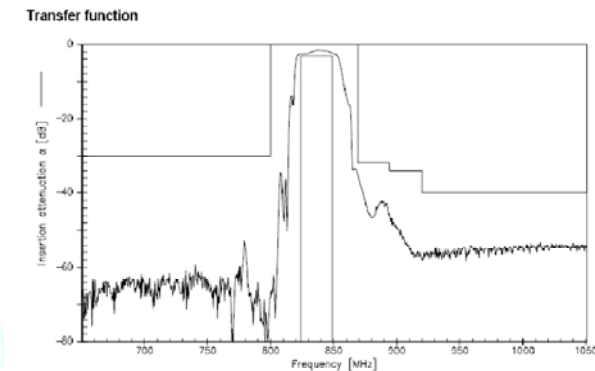
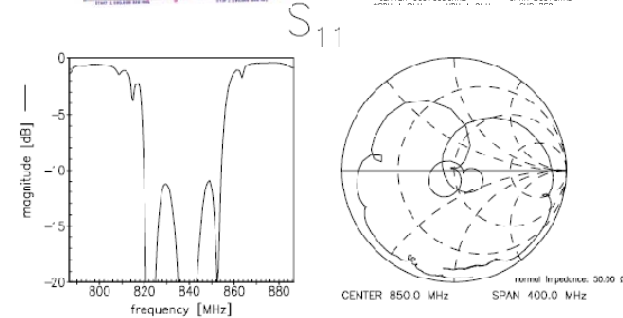
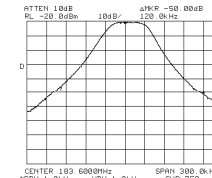
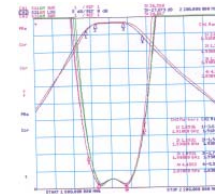
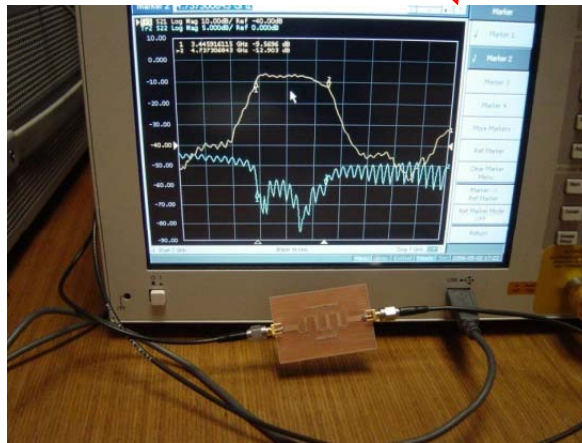
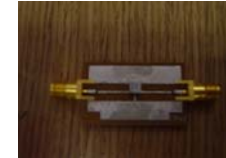
- Características: adaptación, ganancia, figura de ruido, IP3, linealidad ...
- Calculo de estabilidad
- Analizador de redes, medidor de ruido, generadores RF



# DESARROLLO EN RF...Funciones

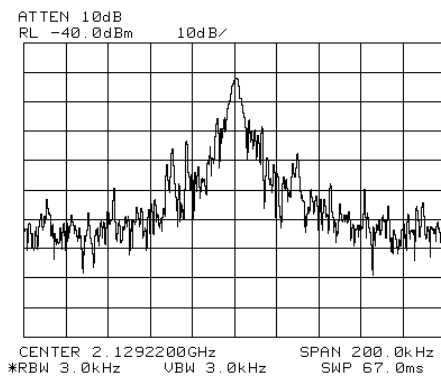
## Filtro Paso Banda

- Características: adaptación, return loss, respuesta dentro y fuera de banda, perdidas, selectividad
- Analizador de redes vectoriales
- Inadecuada Calibración

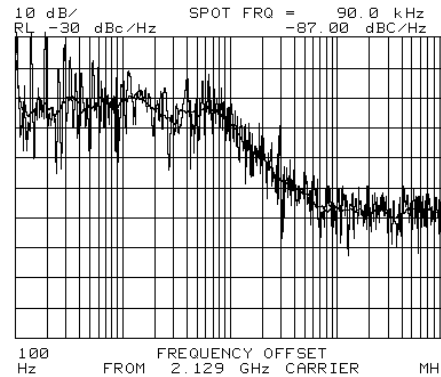


# DESARROLLO EN RF...Funciones Osciladores

- 
- Características: pureza espectral, estabilidad, ruido de fase, spurs
- Analizador de espectros, medidor de potencia,



12/1/00  
LO\_1 Cell Mode  
Probe

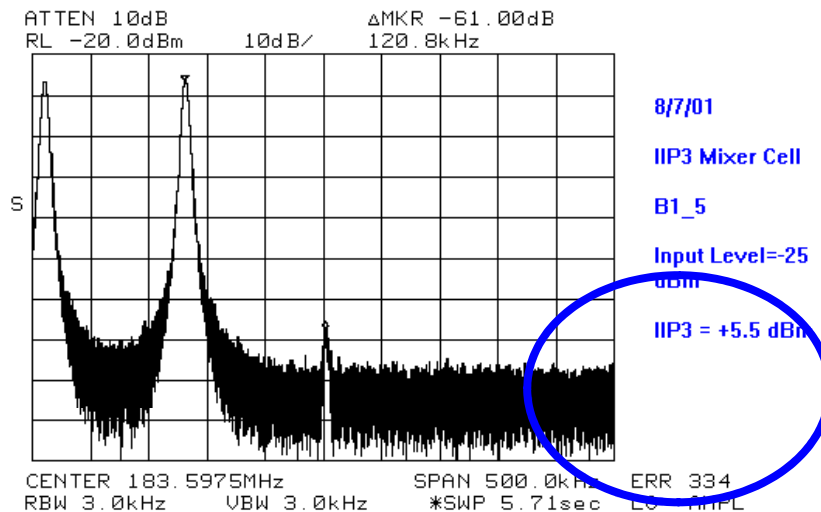
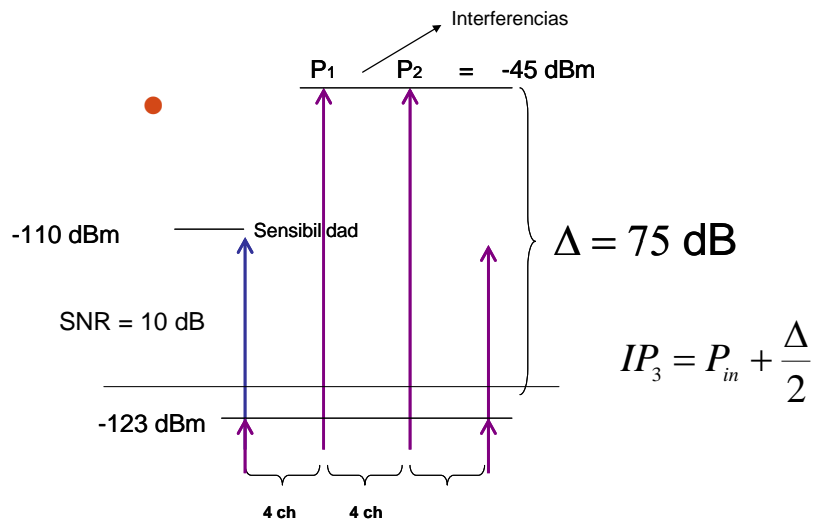


12/1/00  
Phase Noise LO\_1  
Cell BER Mode  
W/probe

Requerimientos del Oscilador	IS-136	GSM	W-CDMA
Channel BW (Hz)	3.00E+04	2.00E+05	5.00E+07
Phase noise (dBc/Hz) at Adj	-74.18317	-79.88708	-103.761
Phase noise (dBc/Hz) at Alt	-102.5869	-104.0497	-103.7562

# DESARROLLO EN RF... Funciones Convertidor de Frecuencia

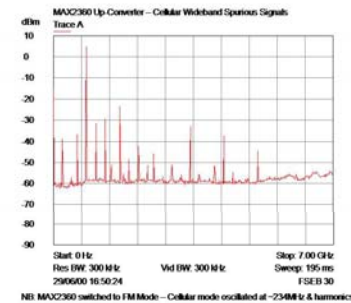
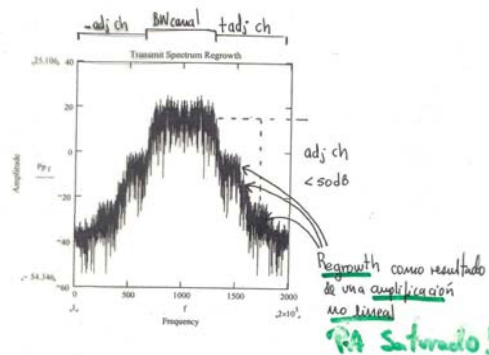
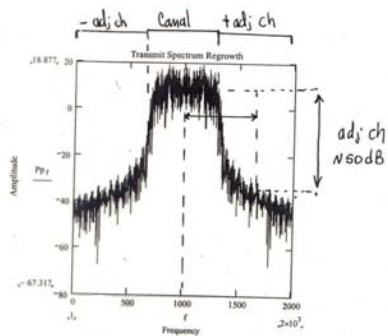
- Características: ganancia de conversión, adaptación, rechazo LO-IF, RF-IF, IP3, ...
- VNA, analizador de espectros, medidor de potencia





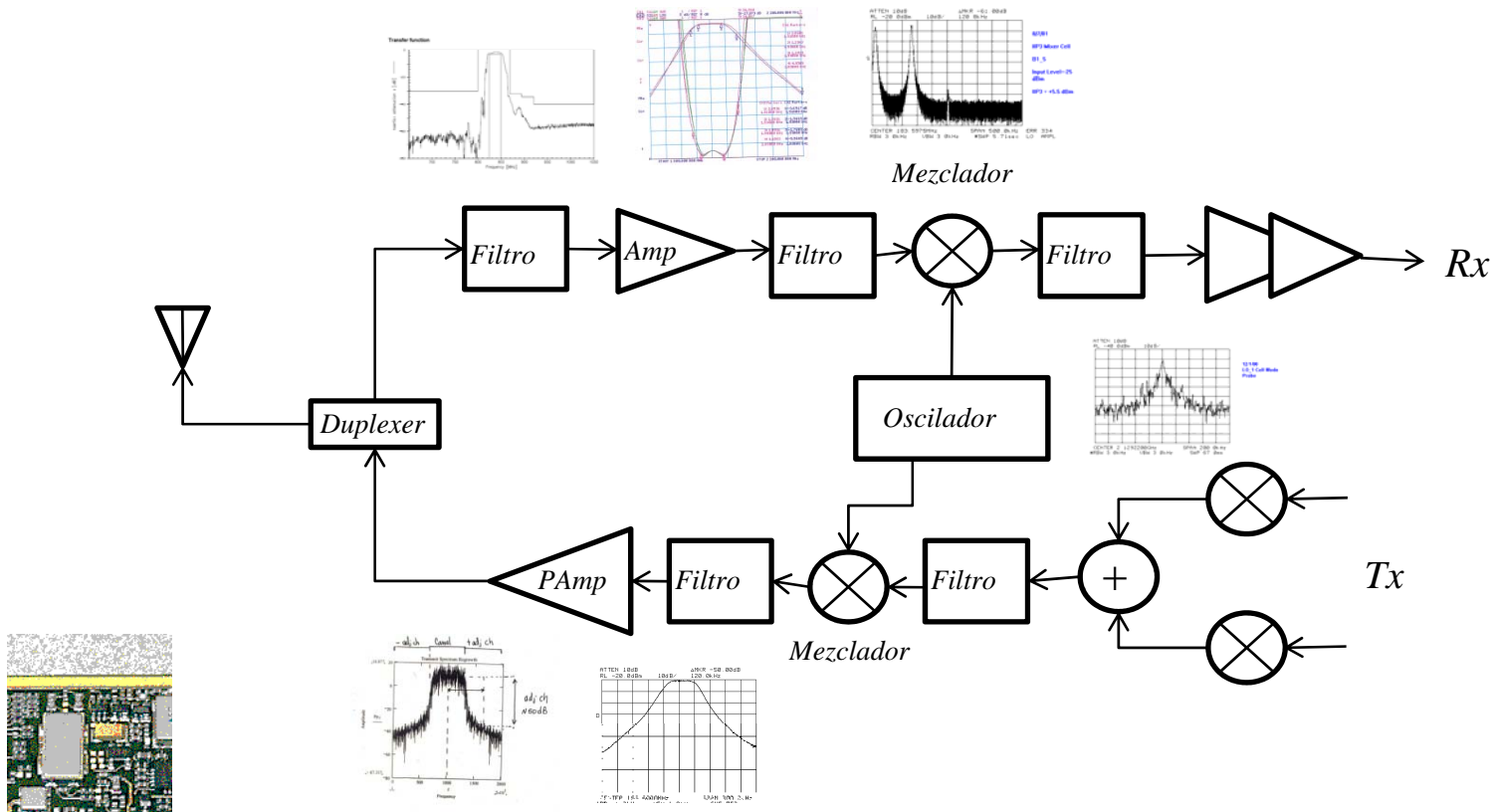
# DESARROLLO EN RF... Funciones Amplificador de Potencia

- Características: P1 dB, IP3, potencia de salida, ganancia, linealidad en banda, distorsión de la señal modulada, spurs fuera de banda, mascarilla
- Analizador de espectros, generador de señales moduladas, medidor de potencia,



# DESARROLLO EN RF...

## Funciones Integradas en la Arquitectura RF





# FUNCIONALIDAD DE SISTEMAS RF

Pruebas de Funcionamiento IS-55A			
Especificacion	Valor	Especificacion	Valor
Recepción		Transmisión	
Sensitividad (dBm)	-116	Estabilidad de frecuencia	+/- 2.5 PPM
Selectividad de canal adjacente (dB)	16	Potencia RF	+2/-4 dBm
Selectividad del canal alterno (dB)	60	EVM	12.5%
Intermodulación (dB)	65	Limite de desviación de modulación	12 KHz
BER	3% @ -103 dBm	Limitacion de emisiones	

## FUNCIONALIDAD SISTEMA RX...Sensibilidad

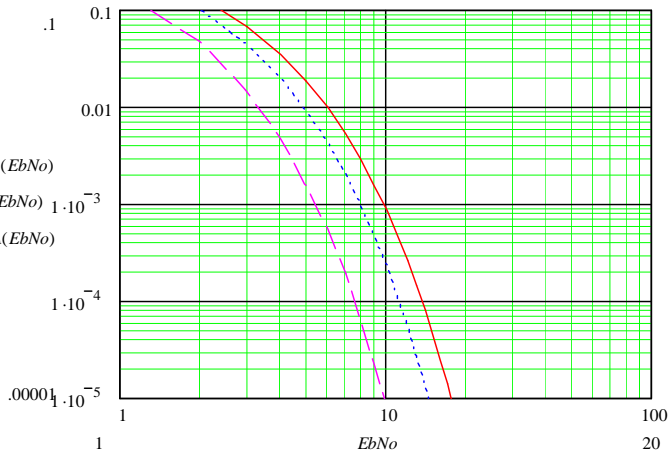
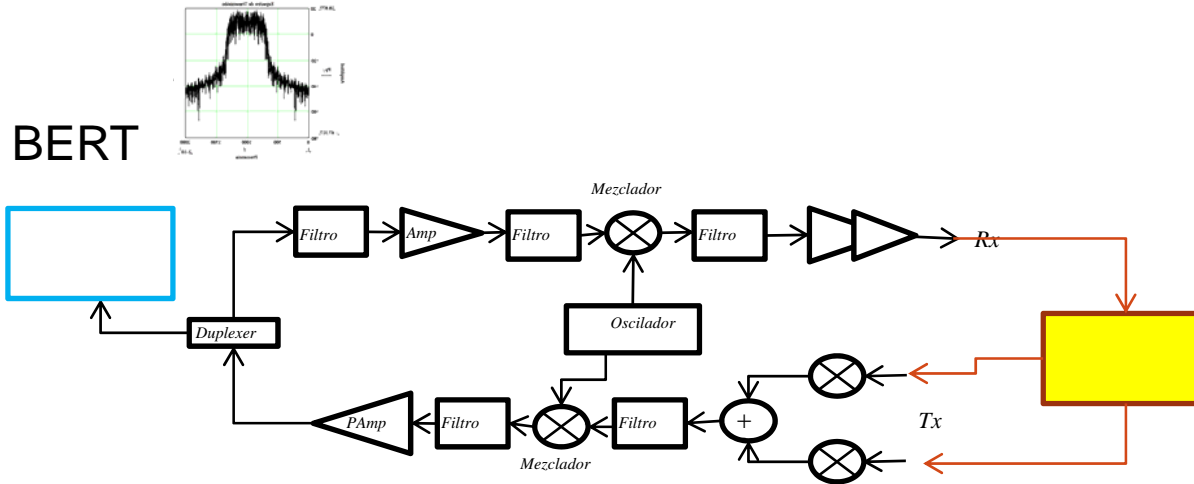
- Capacidad para detectar señales de potencia muy pequeñas
- La sensibilidad depende de:
  - Ancho de banda del canal
  - Figura de ruido del receptor
  - Mínima relación SNR para un BER en acuerdo al tipo de modulación

$$P_{\min} = KTB F \cdot SNR_{\min}$$

$$SNR_{\min} = \left( \frac{E_b}{N_o} \right) + 10 \log \left( \frac{m \cdot R_{bit}}{B} \right)$$

Característica	IS-136	GSM	W-CDMA
BER	3%	2%	3%
Sensibilidad	-110	-102	lor = -107, DPCH_Ec = -117
Modulación	Pi/4 DQPSK	GMSK	
BW	30 KHz	200 KHz	3.84 MHz
Figura de ruido	8 dB	8 dB	8 dB

# FUNCIONALIDAD SISTEMA RX...Sensibilidad

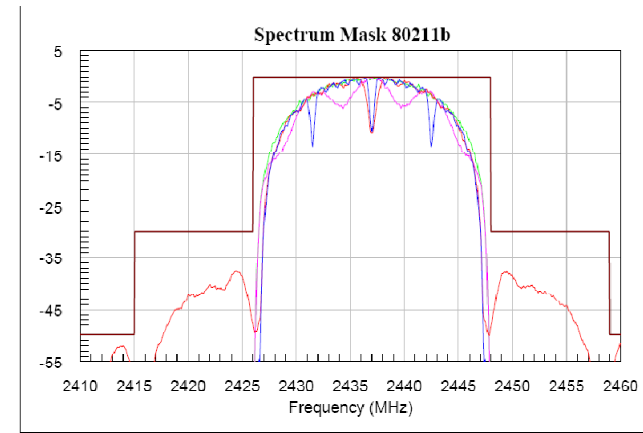
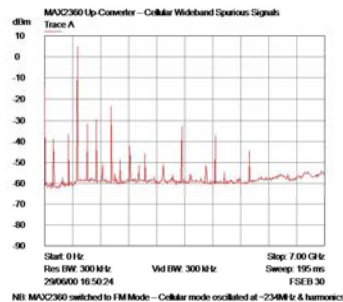


# FUNCIONALIDAD SISTEMA TX...POTENCIA RF LIMITE DE EMISIONES

- Potencia de salida RF dentro de los limites
  - Incertidumbre de la medida, depende de las adaptaciones

$$\frac{1 - |\Gamma_L|^2}{(1 + |\Gamma_s \Gamma_L|^2)} \leq \eta d \leq \frac{1 - |\Gamma_L|^2}{(1 - |\Gamma_s \Gamma_L|^2)}$$

- Emisiones:
  - Fuera de banda
  - Búsqueda de fuentes
  -



# EMC Y EMI

---

- - Estudio de normas según aplicación: Nacional o internacional
  - Diseñar e integrar de acuerdo a recomendaciones para evitar afectaciones
  - Desarrollo de procesos, técnicas de pruebas para verificar diseños
  - Recintos especializados, cámaras anecoicas y semi-anecoicas
  - EMC-EMI puede limitar la exportación

# CONCLUSION

---

-

- Sistemas móviles = generado gran interés en RF
- Tecnología RF clave para desarrollos móviles e inalámbricos
- Retos y necesidades de un laboratorio RF
  - Instrumentación, normas, técnicas de medición, bancos de prueba, tecnologías propias a RF, proceso de diseño e integración de funciones .... Colaboración con industria, organismos de normalización
- Laboratorio de RF para la formación de recursos humanos
- Desarrolladores de aplicaciones móviles e inalámbricas deben tomar en cuenta EMC-EMI
  - puede limitar o complicar la exportación de productos electrónicos y eléctricos

---

-

# GRACIAS



**Encuentro Nacional de  
Metrología Eléctrica 2009**  
**18-20 de noviembre**

↪ Electromagnetismo  
↪ Temperatura y  
Propiedades Termofísicas  
↪ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,  
DERECHOS RESERVADOS 2009