

# ANÁLISIS DE MEDICIONES DE RADIACIONES NO IONIZANTES EN AMBIENTES INTERIORES Y EXTERIORES EN PREDIOS DE LA ESPOL

WILSON DIAZ GARCIA  
FELIPE PROAÑO SALVATIERRA

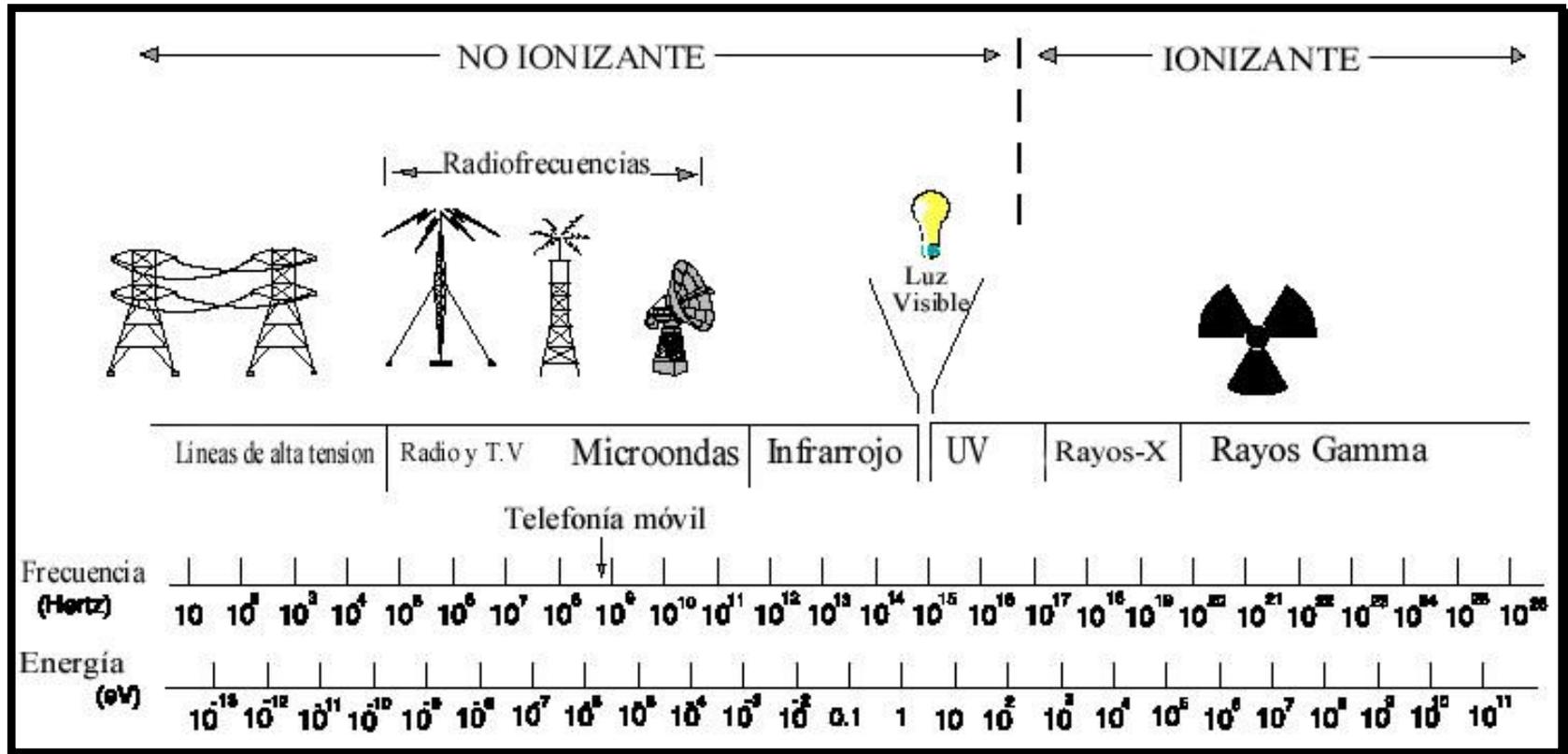
# Introducción

- ▶ Desarrollo tecnológico, mayor exposición a radiaciones electromagnéticas.
  - ▶ ESPOL no es la excepción, ya que estamos expuestos a radiofrecuencias generadas por telefonía móvil, redes Wireless LAN y radiodifusión,
  - ▶ Este proyecto hace el análisis de radiaciones no ionizantes en el campus ESPOL, con dos diferentes instrumentaciones de medición en lugares considerados de mayor sensibilidad.
- 

# Radiaciones No Ionizantes

- ▶ Las RNI son ondas electromagnéticas cuya energía no llega a ser tan elevada como para romper enlaces entre átomos o moléculas, es decir no es capaz de ionizar.
  - ▶ En los efectos biológicos de las radiaciones no ionizantes de radiofrecuencia tenemos, los térmicos y los no térmicos.
  - ▶ Las RNI comprende desde las emisiones de las líneas de alta tensión, radiocomunicaciones, hasta el ultravioleta.
- 

# Espectro Electromagnético



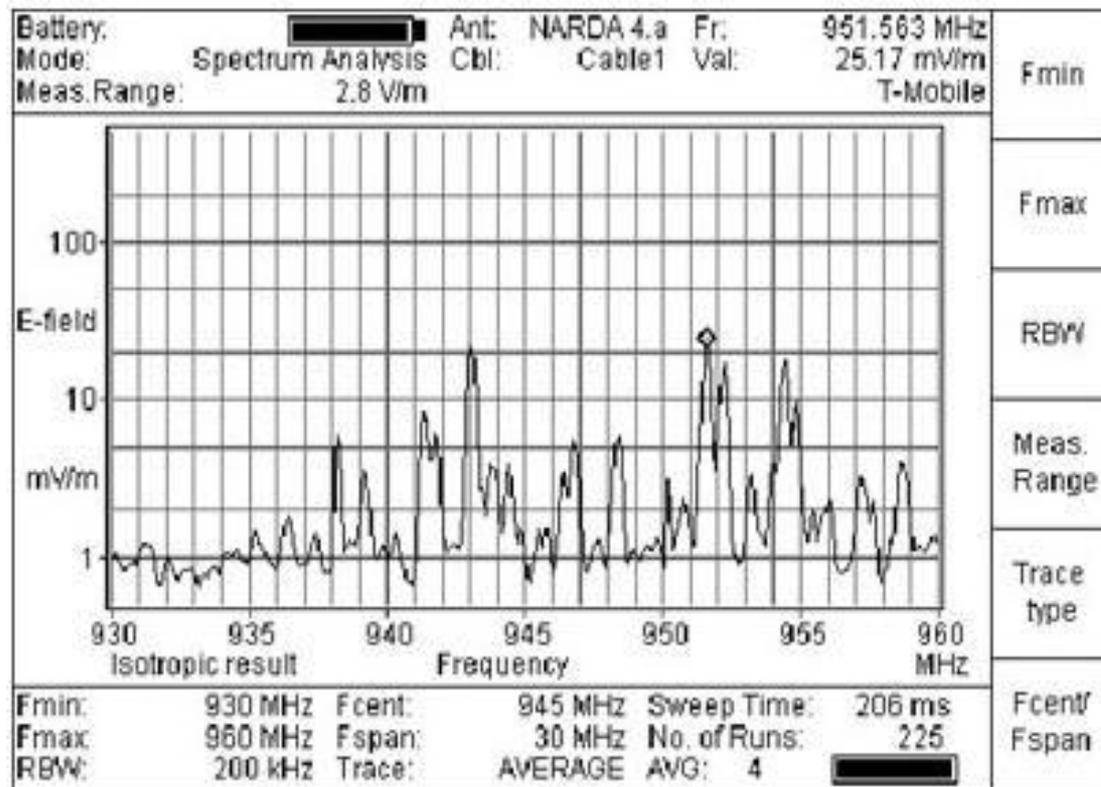
# Procedimiento de medición 1

- ▶ Medidor Selectivo de Radiación NARDA SMR 3000 Rango 100 kHz a 3 GHz
- ▶ Sonda de tipo triaxial Rango 75 a 3000 MHz (Antena del Narda SRM 3000)



# Procedimiento de medición 1

- ▶ Pantalla principal del equipo Narda SRM 3000



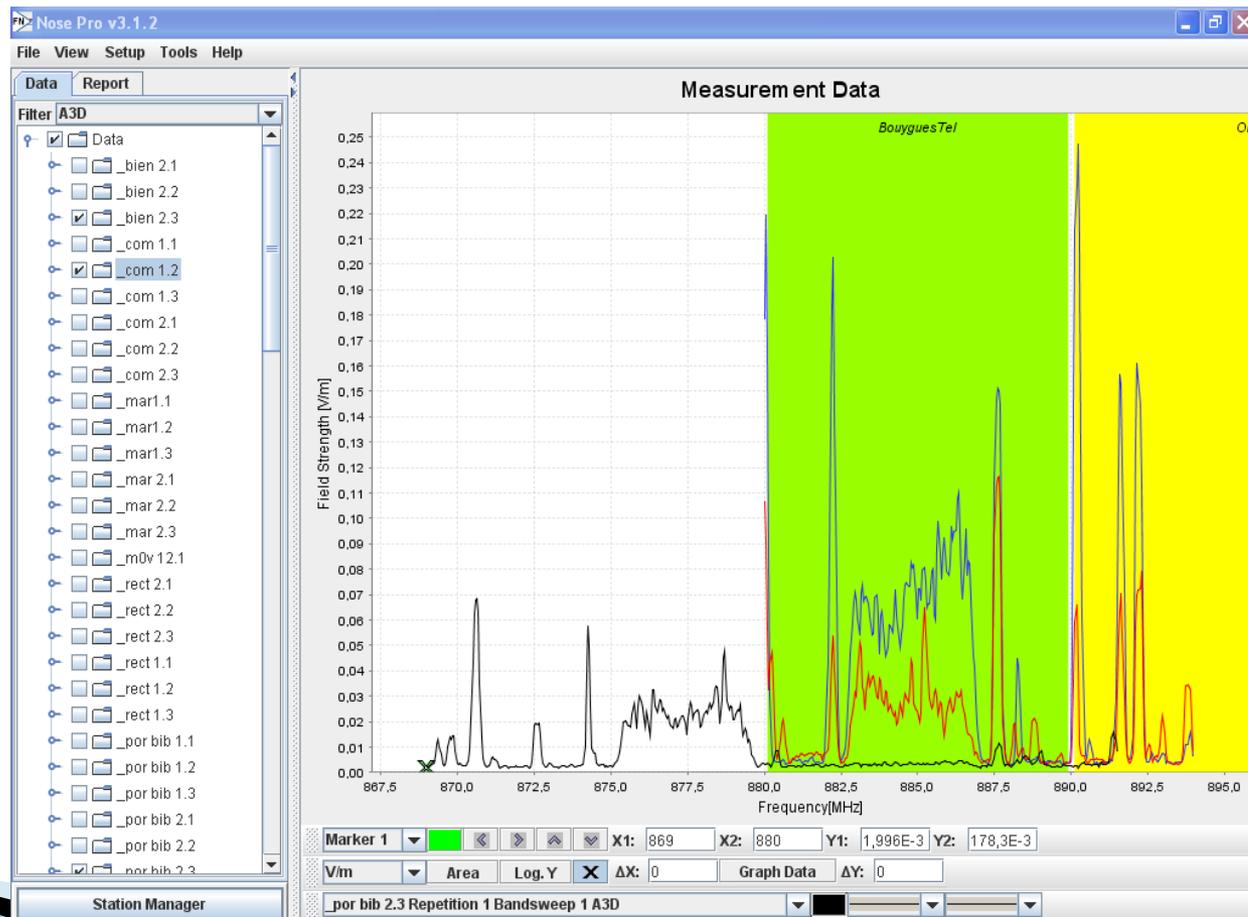
# Procedimiento de Medición 2

- ▶ Narda SMR 3000,
- ▶ Antena Cónica Dipolo, Modelo PCD 8250, Marca Field Nose, rango de 80MHz a 2,5GHz.
- ▶ Software Nose Pro



# Procedimiento de Medición 2

- ▶ Pantalla principal del software Nose PRO



# Metodología de las Mediciones

En todas las mediciones

- ▶ Se toma mediciones en las alturas de 1.1m, 1.5m y 1.7m, para cada punto
  - ▶ Las mediciones serán en horario de mayor tráfico
  - ▶ Se adjunta información referente de los puntos de medición como latitud, longitud, altura y referencia de ubicación.
  - ▶ Se realizó los dos procedimientos de medición en cada punto de medición.
- 

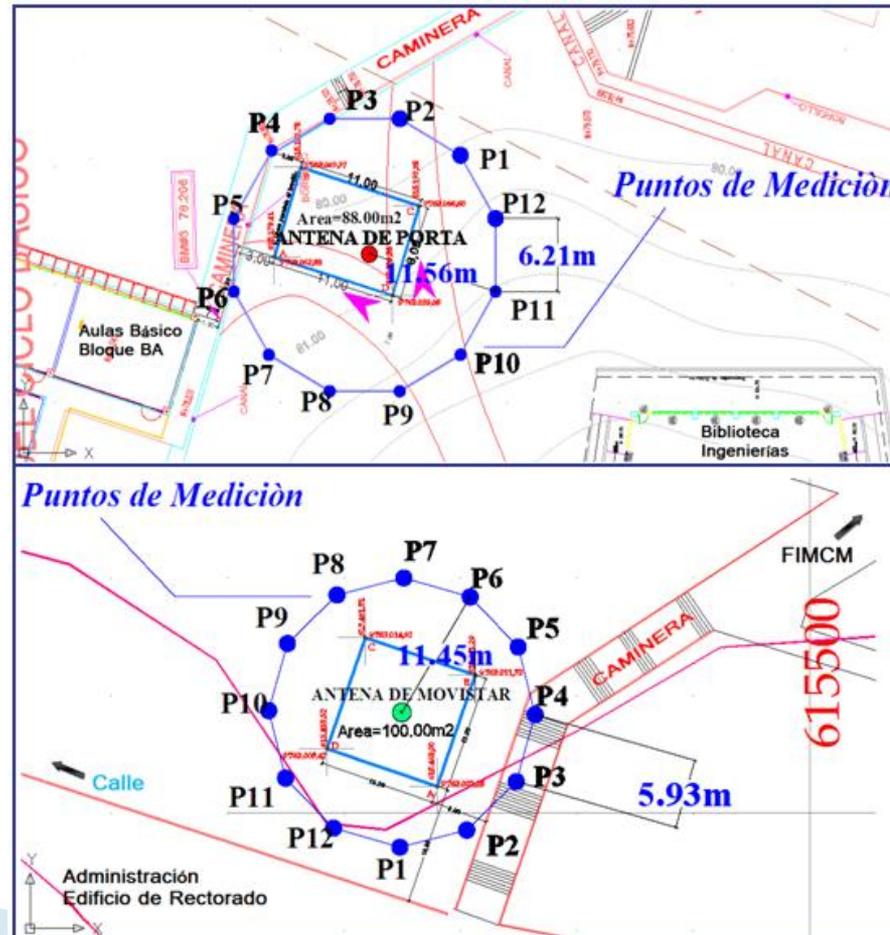
# Metodología de las Mediciones

Particularmente para las mediciones de Telefonía Móvil

- ▶ Las mediciones se efectuarán en 12 puntos alrededor de las Radio Bases de Telefonía Móvil Celular de las Operadoras Porta y Movistar, existentes en los predios de ESPOL.
- ▶ También se ejecutará las mediciones en el interior de las edificaciones dentro del campus con mayor sensibilidad a las radiaciones de la radio bases de telefonía móvil.
- ▶ Rango de frecuencia concesionada de CONECEL 860MHz–880MHz y 890MHz–891.5MHz,
- ▶ Rango de frecuencia concesionada de OTECEL 880MHz–890MHz y 891.5MHz–894MHz

# Metodología de las Mediciones

- ▶ Distribución de las Mediciones de Telefonía Móvil.



# Metodología de las Mediciones

- ▶ Distribución de las Mediciones de Telefonía Móvil.

Telefonía Móvil	Radio Base	Ubicación	Número de Mediciones
	Porta	Junto a Edificio de Aulas del Básico	12
	Movistar	Atrás del Edificio de Rectorado	12

Telefonía Móvil	Radio Base	Edificación	Número de Mediciones
	Porta	Aulas ICM	2
		Edificio ICM-ICF	2
		Aulas Básico	2
		Fepol	2
		Edificio Nuevo FICT	2
		Biblioteca Central	2
	Movistar	Rectorado	2
		Edificio FIMCM	2
		Comedor Ingenierías	2
		CSI	2
Bienestar Estudiantil		2	

# Metodología de las Mediciones

Particularmente para las mediciones de Redes Wireless LAN

- ▶ Red Wireless LAN “ESPOL”
- ▶ Medición en interiores de la intensidad de campo eléctrico del canal inalámbrico utilizado en ese momento.
- ▶ Banda de uso WLAN, 2.4 a 2.5 GHz.
- ▶ La medición se realizara a no más de 10 metros de la ubicación del punto de acceso wireless.

# Metodología de las Mediciones

- ▶ Puntos de acceso Wireless LAN ESPOLO



# Metodología de las Mediciones

## Distribución de las mediciones de la Red Wireless LAN ESPOL

Ubicación Wireless Access Point	Ubicación Wireless Access Point
FEPOL	Biblioteca 1250a
FIMCP Edificio Nuevo	Rectorado
ICHE Bloque B	Biblioteca 1250b
FIEC Edificio Nuevo	Protel
Biblioteca 1250c	FIEC Aulas
Protal	ICHE Laboratorios
Intec Biblioteca	FIEC Laboratorio Computación
CSI	Protmec
FICT Edificio Administración	FIMCM Edificio Administración
CTI Aula Satelital	Edificio ICQ
Intec Aulas Tecnología	FIMCM Laboratorios
FIEC Viejo Decanato	Rectorado Auditorio
ICHE Edificio Administración	FIEC Edificio Nuevo 3er Piso
FIMCP Edificio Administración	Laboratorios Física y Química
Biblioteca Central	Estadística
FIEC Laboratorio de Robótica	ICHE Biblioteca Científica
Aulas de Básico	FIMCP Asociación Estudiantil

# Metodología de las Mediciones

## Para la Medición a Múltiples Fuentes

- ▶ Mediremos la contribución individual de varios sistemas de comunicación que funcionan a diferentes frecuencias entre ellas Broadcasting (Radio FM y Televisión Abierta) y Telefonía Móvil.
- ▶ La ubicación del punto de medición se hará en el lugar externo más cercano a Cerro Azul, ya que posee una gran concentración de antenas de radio.

Medición a Múltiples Fuentes	Punto de Medición			
	Ubicación	Altura [m]	Coordenada	
			Longitud	Latitud
	Canchas de Tecnología	194	2°09'14"	79°57'31"

# Aplicación de Recomendaciones

- ▶ ICNIRP
- ▶ ITU-T K.52
- ▶ ITU-T K.61
- ▶ CENELEC EN 54000
- ▶ CENELEC EN 50383
- ▶ Reglamento de Protección de Emisiones de Radiación No Ionizante generadas por el uso del Espectro Radioeléctrico

# Niveles de Referencia

- ▶ Niveles de referencia para exposición poblacional a campos eléctricos y magnéticos

Tipo de exposición	Gama de frecuencias	Intensidad de campo eléctrico (V/m)	Intensidad de campo magnético (A/m)	Densidad de potencia de onda plana equivalente $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> )
Público en general	Hasta 1 Hz	–	$2 \times 10^4$	–
	1-8 Hz	10 000	$2 \times 10^4/f^2$	–
	8-25 Hz	10 000	$5000/f$	–
	0,025-0,8 kHz	$250/f$	$4/f$	–
	0,8-3 kHz	$250/f$	5	–
	3-150 kHz	87	5	–
	0,15-1 MHz	87	$0,73/f$	–
	1-10 MHz	$87/f^{1/2}$	$0,73/f$	–
	10-400 MHz	28	0,073	2
	400-2000 MHz	$1,375f^{1/2}$	$0,0037f^{1/2}$	$f/200$
2-300 GHz	61	0,16	10	

# Niveles de Referencia

- ▶ Niveles de referencia para las bandas de frecuencias analizadas.

	Banda de Frecuencia	Niveles de Referencia
Telefonía Móvil	869 - 880 MHz.	40,79
	890 - 891,5 MHz.	41,05
	880 - 890 MHz.	41,02
	891,5 - 894 MHz.	41,11
WLAN	2,4 - 2,5 GHz.	61,00
Radio	88 - 108 MHz	28
Televisión	76 - 88 MHz	28
	174 - 216 MHz	28
	512 - 608 MHz	33,9
	614 - 686 MHz	36,01

# Análisis de los Resultados

## Análisis a Múltiples Fuentes

$$\sum_{i=100\text{KHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{l,i}}\right)^2 \leq 1$$

- ▶  $E_i$  : es la intensidad de campo eléctrico a la frecuencia  $i$
- ▶  $E_{l,i}$  : es el límite de referencia a la frecuencia  $i$

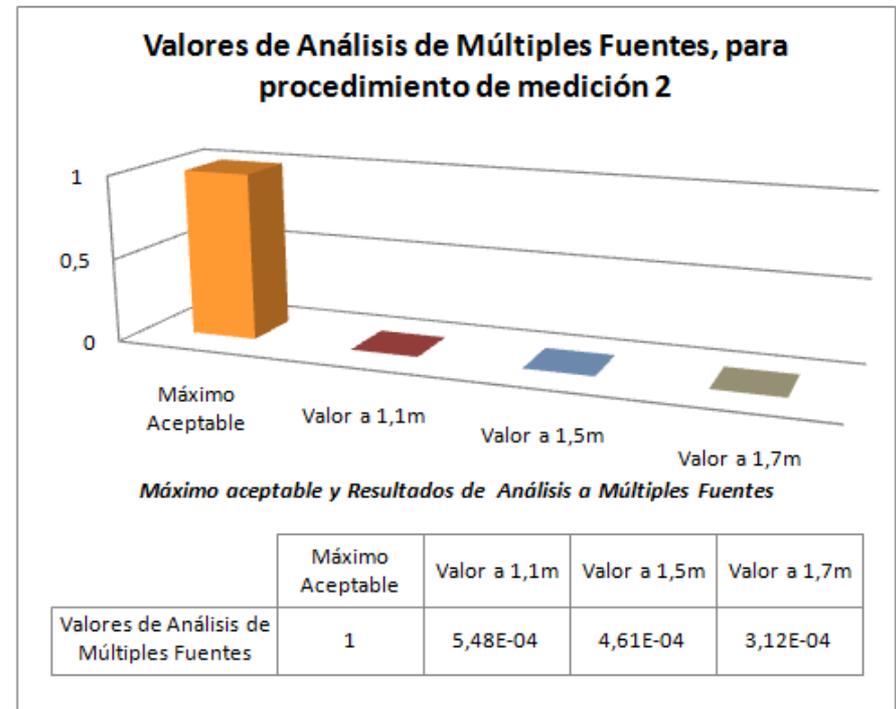
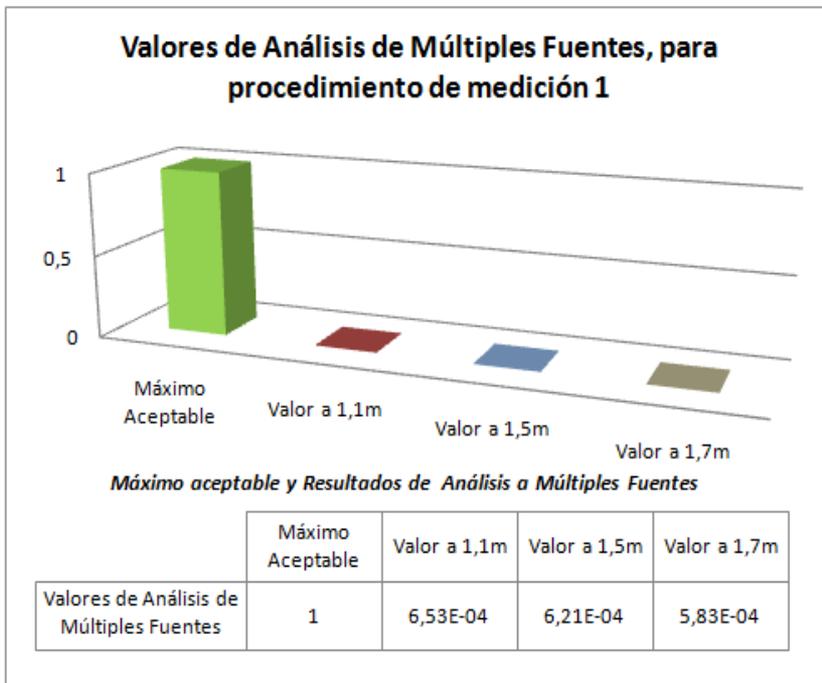
# Análisis de los Resultados

- ▶ Análisis a Múltiples Fuentes
- ▶ Ejemplo: Medición a múltiples fuentes con procedimiento de medición 1

Fuente	Banda Frecuencia	$E_i$	Altura		
			1.1.	1.5	1.7
Telefonía Móvil	869-894 MHz.	$E_{i1}$	0,058	0,056	0,055
Radio	88-108 MHz	$E_{i2}$	0,698	0,682	0,659
Televisión	76-88 MHz	$E_{i3}$	0,099	0,089	0,089
	174-216 MHz	$E_{i4}$	0,067	0,067	0,067
	512-608 MHz	$E_{i5}$	0,083	0,086	0,085
	614-686 MHz	$E_{i6}$	0,081	0,077	0,082

# Análisis de los Resultados

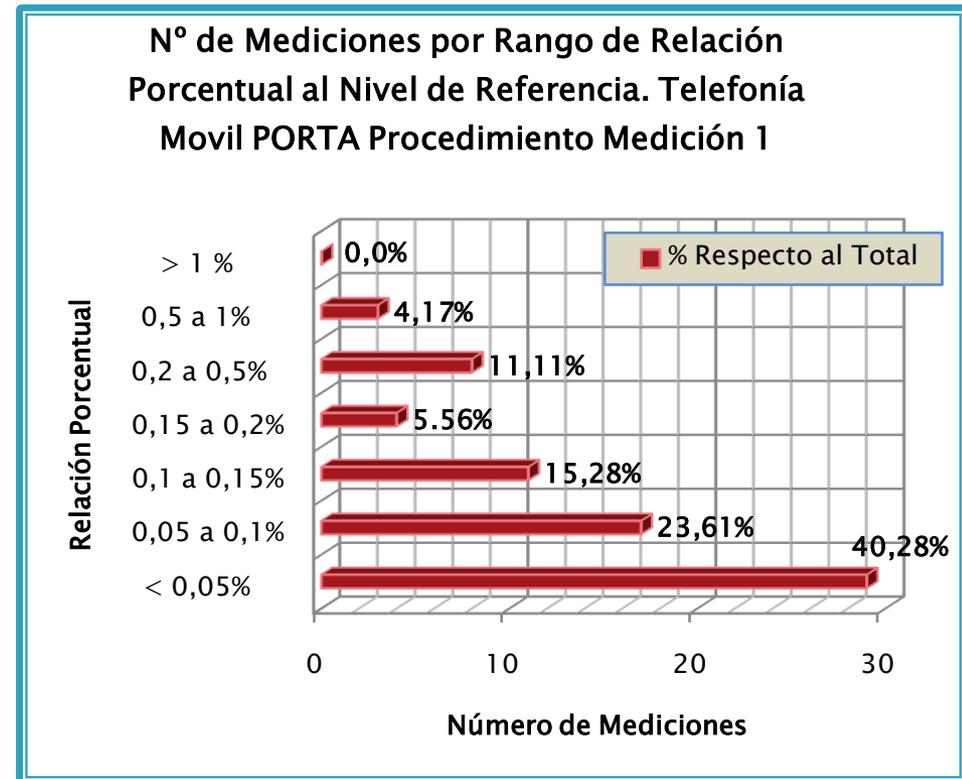
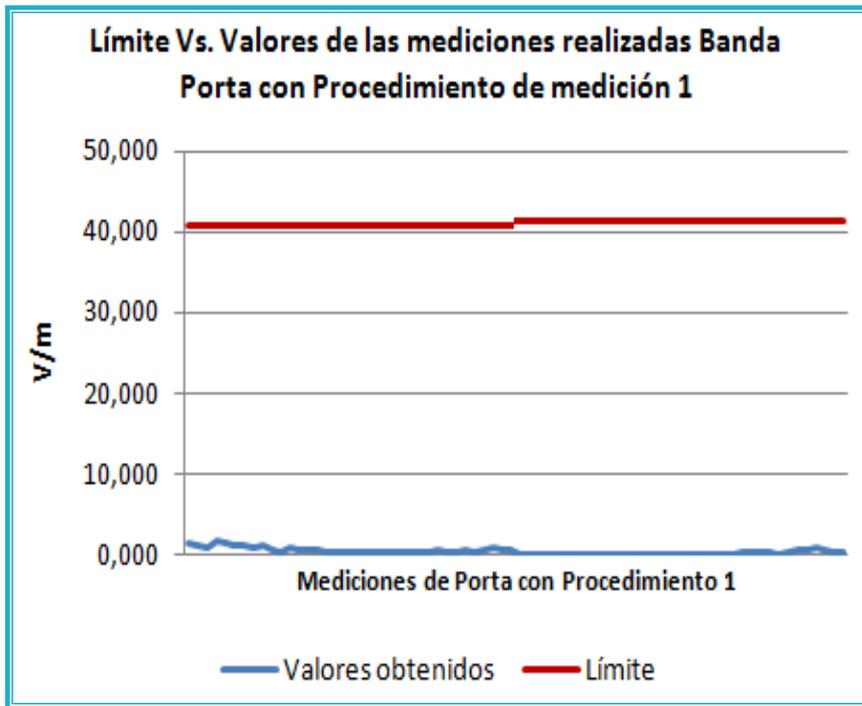
## ► Análisis a múltiples Fuentes



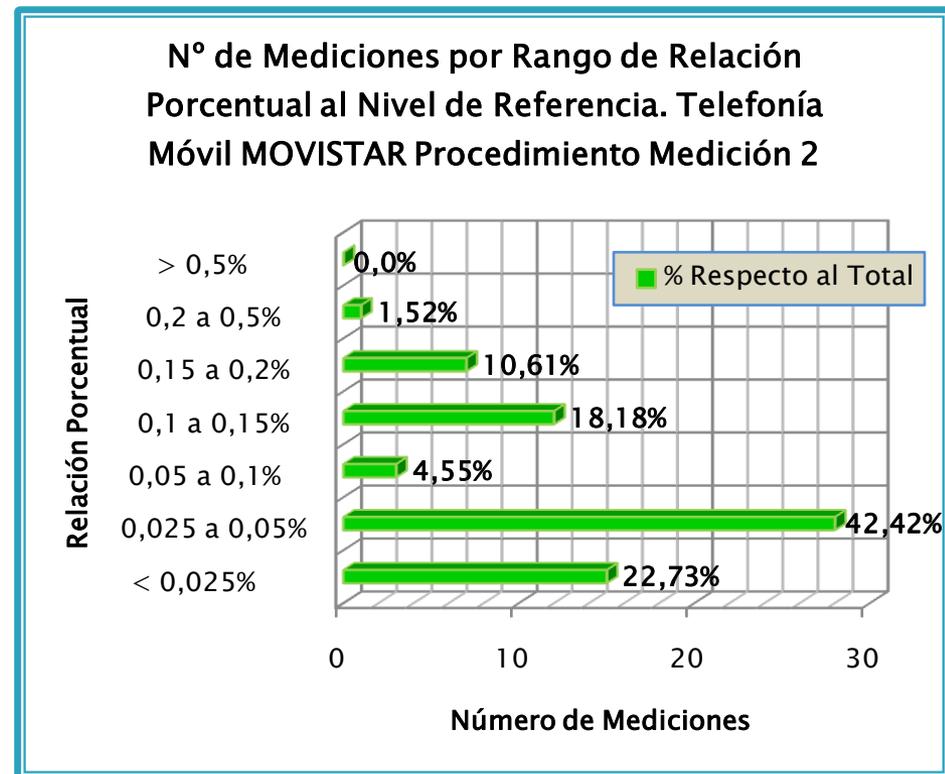
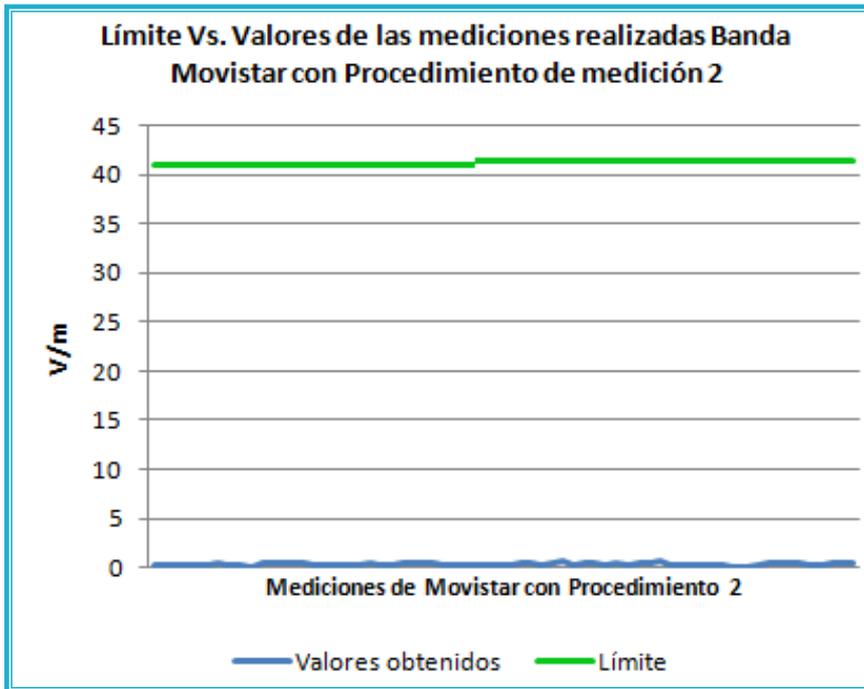
# Análisis de los Resultados

- ▶ Cálculo de la Relación Porcentual de las mediciones con respecto a los límites fijados por ICNIRP
  - ▶ Ilustraciones de las mediciones con respecto a los valores límites.
  - ▶ Gráfico de la relación porcentual con respecto a los límites.
  - ▶ Citaremos algunos ejemplos.
- 

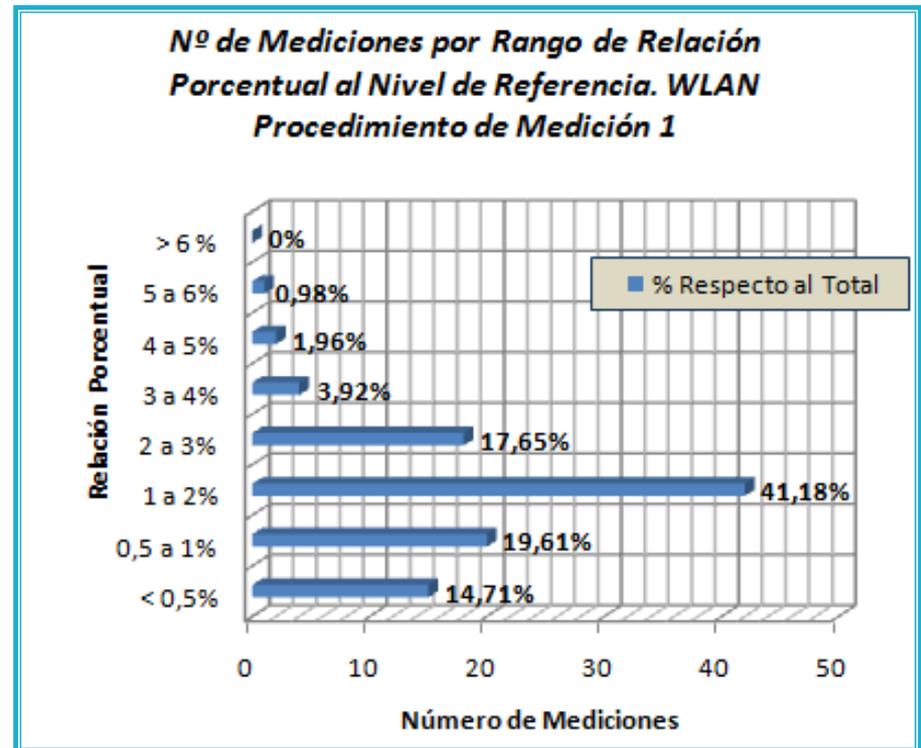
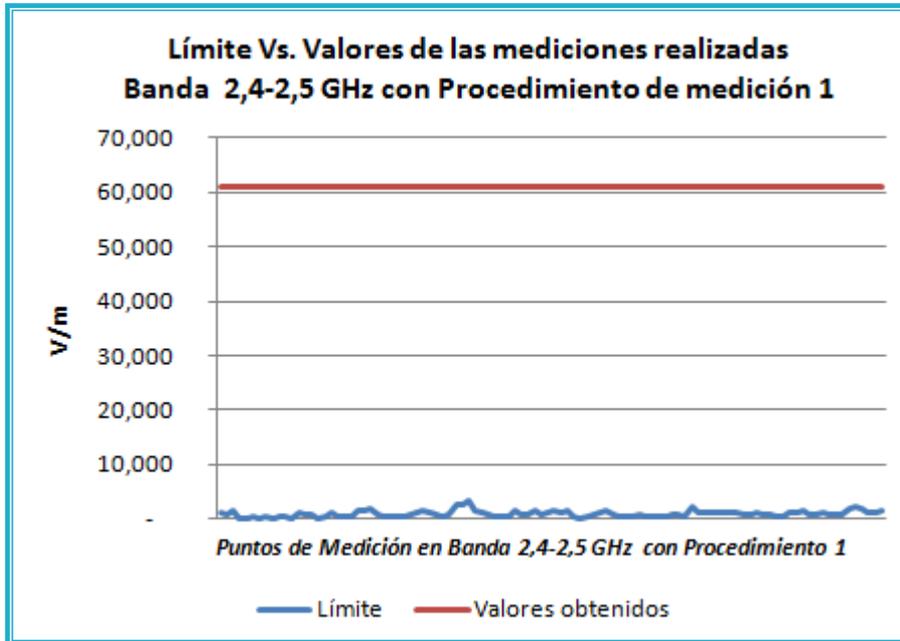
# Análisis de los Resultados



# Análisis de los Resultados

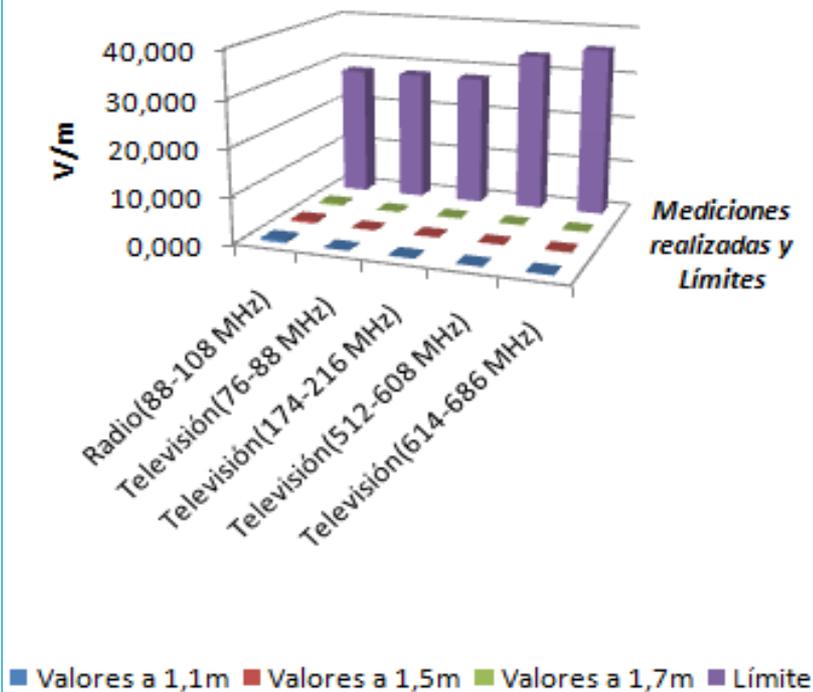


# Análisis de Resultados

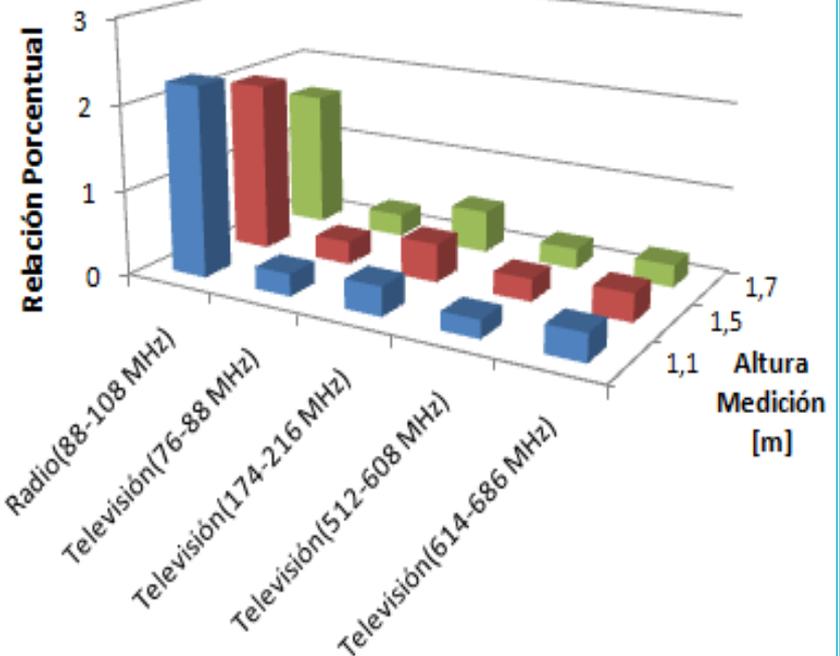


# Análisis de Resultados

**Límite Vs. Valores de las mediciones  
Broadcasting Procedimiento de  
medición 2**



**Relación Porcentual al Nivel de Referencia.  
Mediciones Broadcasting. Procedimiento de  
Medición 2**

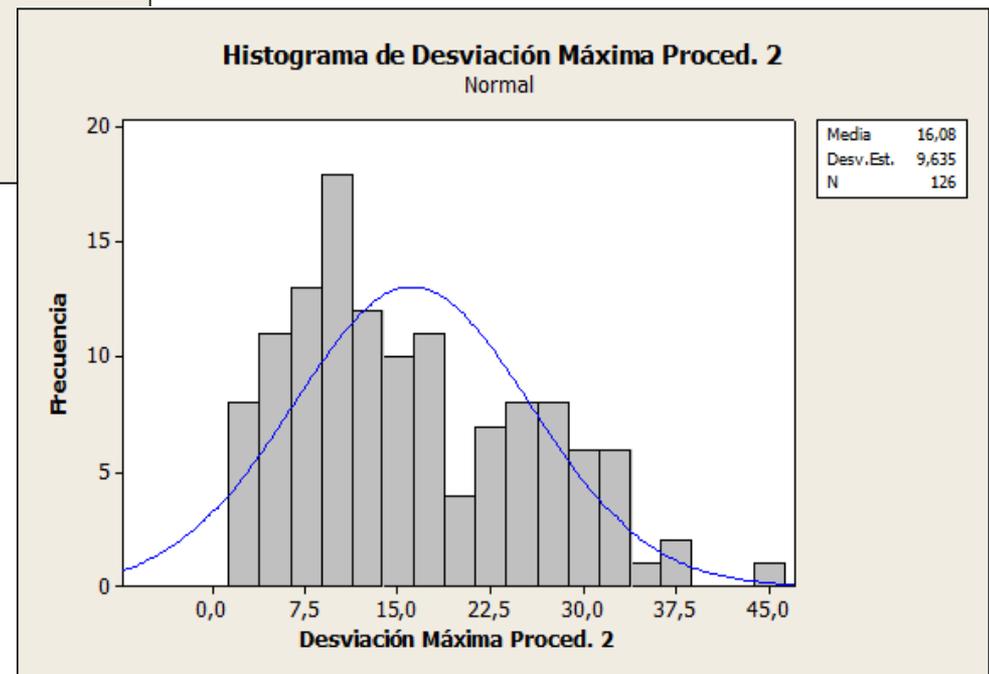
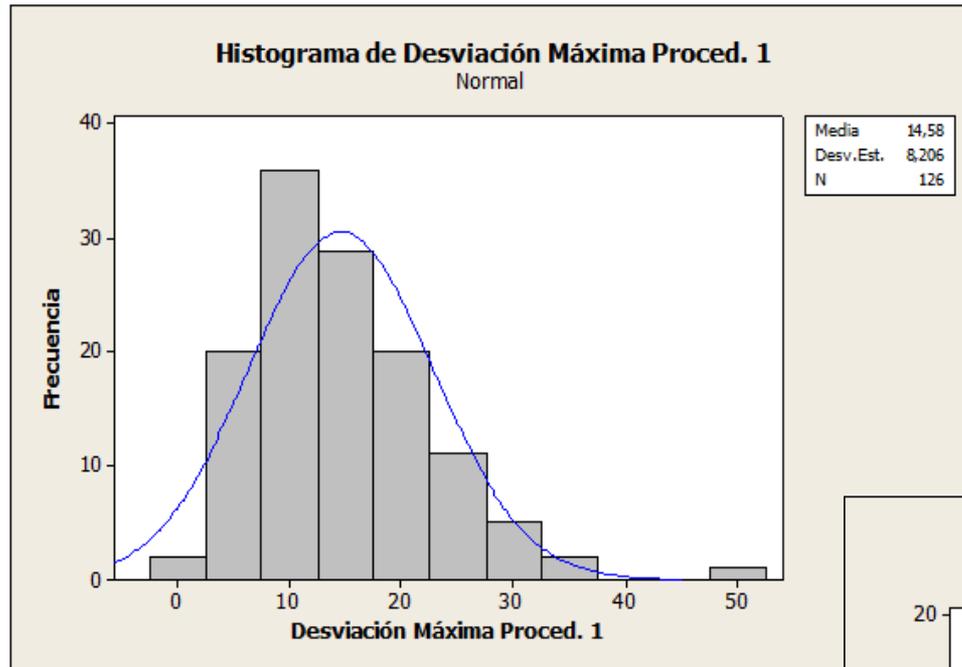


# Análisis de los Resultados

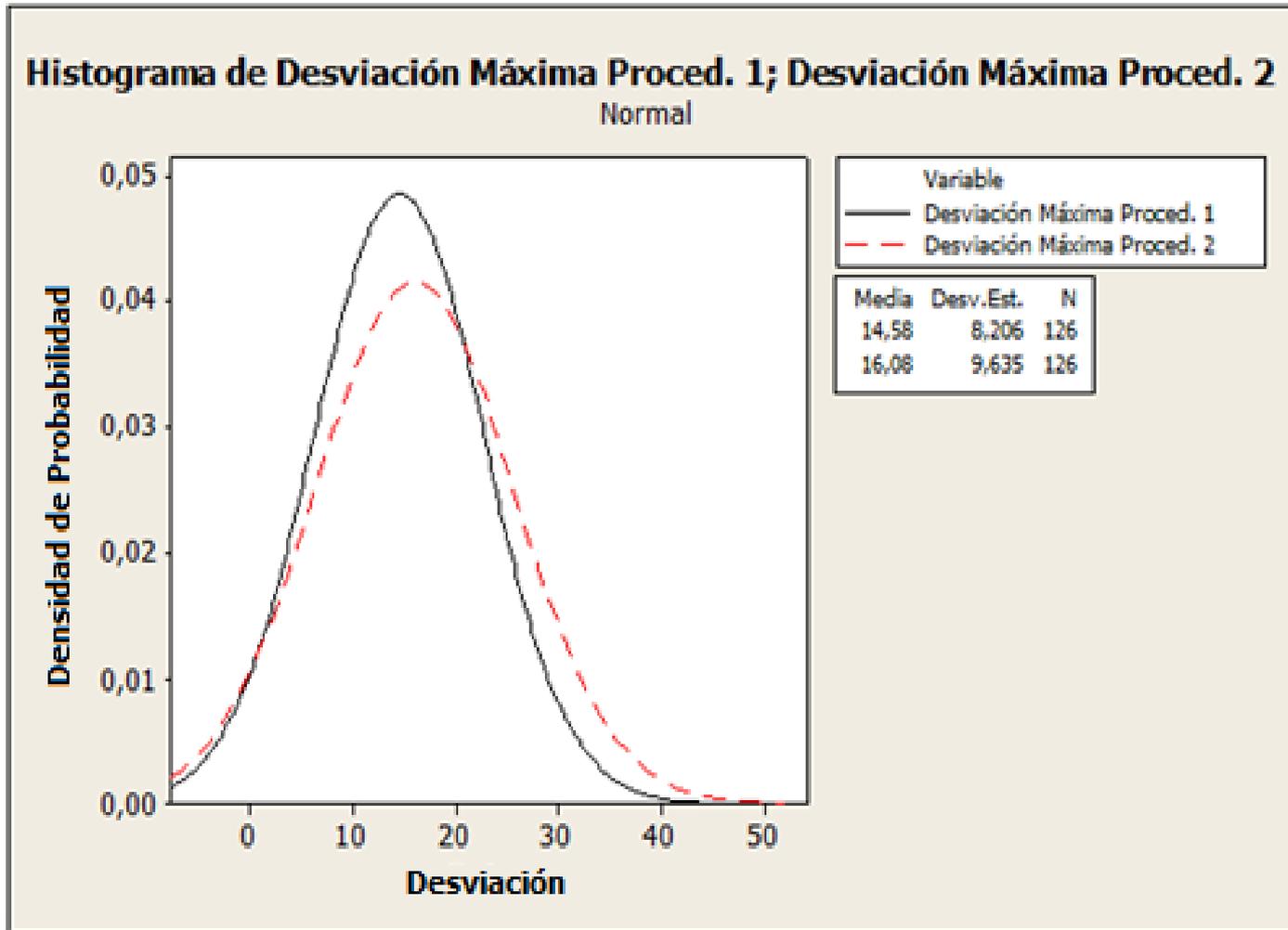
Cálculo de Desviación Máxima de las mediciones con respecto al promedio de las alturas.

- ▶ Desviación máxima, poca variabilidad de los resultados de las mediciones
  - ▶ El hecho de haber menos variabilidad hace al procedimiento mas confiable.
- 

# Análisis de los Resultados



# Análisis de los Resultados



# Conclusiones

- ▶ El análisis de los resultados combinado a tres alturas distintas, permite obtener resultados más significativos.
  - ▶ La utilización de un segundo procedimiento de medición, diferente a la utilización del equipo Narda SRM-3000, se muestra como un gran aporte a las mediciones de RNI en nuestro país.
  - ▶ Otro aporte significativo es el análisis de mediciones de tecnologías diferentes a la telefonía móvil, como redes wireless LAN, y análisis múltiples fuentes para redes de radiodifusión.
  - ▶ Las mediciones en ambientes exteriores e interiores fueron realizadas bajo las mismas condiciones de tiempo, espacio, tráfico y calibración,.
- 

# Conclusiones

- ▶ El procedimiento de medición 1 muestra levemente menos desviación estándar en los valores de relación porcentual máxima de las mediciones, siendo más confiable.
- ▶ Del análisis de las mediciones a múltiples fuentes, para los dos procedimientos de medición, la contribución aditiva de las fuentes de telecomunicaciones, tiene una relación porcentual, por debajo al 0,1% al límite.
- ▶ Del conjunto de análisis realizados, todas las mediciones de Campo Eléctrico cumplen en todos los casos con los Niveles de Referencia ICNIRP de tal forma se demuestra que no hay riesgo alguno para las personas que transiten en la zona poblacional en la ESPOL, cumpliendo las recomendaciones internacionales y estatales para la exposición humana a radiofrecuencias

*Gracias*