REPÚBLICA DEL ECUADOR
Escuela Politécnica Nacional
"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.

- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.

- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DETERMINACIÓN DE COBERTURA DE SEÑAL DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN ABIERTA ANALÓGICA QUE OPERAN EN LA CIUDAD DE QUITO.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

IVÁN RODRIGO SUÁREZ FABARA
(ivan.suarez.fabara@gmail.com)

DIRECTOR: ING. EFRÉN DÍAZ
(ediaz@supertel.gob.ec)

Quito, Septiembre 2012

DECLARACIÓN

Yo, Iván Rodrigo Suárez Fabara, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

Iván Rodrigo Suárez Fabara

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Iván Rodrigo Suárez Fabara, bajo mi supervisión.

_____

ING. EFRÉN DÍAZ

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Es mi sentir expresar mi más profundo agradecimiento a Dios por haberme bendecido desde el momento en que me permitió existir. A mis padres, porque con amor y sabiduría me enseñaron a ser un hombre de bien plasmando sus enseñanzas en mi corazón, porque me guiaron y acompañaron en cada instante de mi vida. A mis hermanos, porque a pesar de todas las adversidades, en su corazón siempre existió esa llama de unión y soporte que nunca se apaga. A mis sobrinos, a mi familia y a mis amigos, por su alegría, su apoyo y su consejo.

A mis profesores de la Escuela Politécnica Nacional que me han acompañado durante este hermoso camino, les agradezco porque fueron quienes han sabido cultivar mi mente brindándome sus conocimientos y sus valores afianzando mi formación. Al Ingeniero Efrén Díaz quien me ha orientado en la realización de este proyecto que enmarca un escalón hacia un futuro en donde sea partícipe en el mejoramiento de la sociedad.

A la Superintendencia de Telecomunicaciones y de manera especial a los Ingenieros: Xavier Páez, Luis Baldeón, Fausto Sánchez, Diego Paredes, Mireya Fuertes y Máximo López, y al señor conductor Julio Terán; por su apoyo durante la realización de este proyecto, por sus enseñanzas y su amistad.

A mis amigos y compañeros con quienes tuve la dicha de compartir esta etapa de mi vida, porque fueron aliento y alegría en todo momento, y porque fue por ustedes que este caminar fue grandioso.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

Al Dios Altísimo, porque me has bendecido todos los días de mi vida, porque a ti clame por un corazón sabio y entendido, y me fue otorgado. A ti, Eterno, te entrego la gloria y la honra de este proyecto.

A la memoria de mí amado padre Carlos y a ti mí amada madre Martha que sigues junto a mí, por su inmensurable amor, alegría, apoyo, confianza y respeto; por todos esos sentimientos y valores brindados de forma incondicional hasta la consecución de este objetivo.

Iván

Vosotros sois la luz del mundo; una ciudad asentada sobre un monte no se puede esconder.

Ni se enciende una luz y se pone debajo de un almud, sino sobre el candelero, y alumbra a todos los que están en casa.

Así alumbre vuestra luz delante de los hombres, para que vean vuestras buenas obras, y glorifiquen a vuestro Padre que está en los cielos

Mateo 5.14-16

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN I
CERTIFICACIÓN II
AGRADECIMIENTO III
DEDICATORIA IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS VI
CONTENIDO VI
ÍNDICE DE FIGURAS XIV
ÍNDICE DE TABLAS XXIV
RESUMEN XXVI
PRESENTACIÓN XXVIII

CONTENIDO

CAPÍTULO 1 1

NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES, Y EQUIPO DE MEDICIÓN 1

1.1 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES 1

1.1.1 SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES (ITU-R) 1

1.1.2 ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS 2

1.1.3 BANDAS ATRIBUIDAS AL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA EN EL ECUADOR 3

1.2 NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES 4

1.2.1 BANDAS DE FRECUENCIAS 4

1.2.2 CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS 4

1.2.3 GRUPOS DE CANALES 6

1.2.4 ÁREAS DE SERVICIO 6

1.2.4.1 Zona Geográfica y Plan de Distribución de Canales 6

1.2.4.2 Intensidad de Campo Mínima a Proteger 7

1.2.4.3 Relaciones de Protección Señal Deseada/Señal No Deseada..... 7

1.2.4.4 Área de Cobertura..... 8

1.2.4.4.1 Área de Cobertura Principal..... 8

1.2.4.4.2 Área de Cobertura Secundaria..... 9

1.2.4.5 Área de Protección..... 9

1.2.5 RESERVA DE CANALES..... 9

1.2.6 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ESTACIONES..... 9

1.2.7 POTENCIA RADIADA MÁXIMA..... 9

1.2.8 SISTEMA DE TRANSMISIÓN..... 10

1.2.9 UBICACIÓN DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS..... 10

1.2.10 PROTECCIÓN CONTRA INTERFERENCIAS..... 10

1.3 EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZARSE PARA EL SERVICIO DE TV ANALÓGICA..... 11

1.3.1 ANALIZADOR DE ESPECTROS ANRITSU MS2724B..... 11

1.3.1.1 Vista Frontal del Equipo..... 11

1.3.1.2 Pantalla General..... 13

1.3.1.3 Conectores del Panel de Prueba Superior..... 14

1.3.2 PC SOFTWARE..... 14

1.3.3 PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA REALIZAR LAS MEDICIONES DE NIVEL DE INTENSIDAD DE CAMPO PARA TV ABIERTA ANALÓGICA..... 15

CAPÍTULO 2 40

SOFTWARE ICS TELECOM, ELECCIÓN DEL MODELO DE PROPAGACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PATRONES DE RADIACIÓN 40

2.1 INTRODUCCIÓN..... 40

2.2 PANTALLA PRINCIPAL DEL PROGRAMA ICS TELECOM... 40

2.2.1 ÁREA DE VISUALIZACIÓN..... 41

2.2.2 ÁREA DE COORDENADAS..... 42

2.2.3 ÁREA DE PALETA **45**
2.2.4 ÁREA DE ESTADO **46**
2.2.5 BARRA DE HERRAMIENTAS **46**
2.2.6 BARRA DE MENÚS **48**
2.3 MODELOS DE PROPAGACIÓN **49**
2.3.1 INTRODUCCIÓN **49**
2.3.2 CONVENCIONES TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL ICS TELECOM **49**
2.3.2.1 Cálculo de la Intensidad de Campo Eléctrico **50**
2.3.2.2 Cálculo de la Potencia Recibida **51**
2.3.2.3 Pérdida de Transmisión Básica: Fórmulas de Conversión **52**
2.3.3 MODELOS GEOMÉTRICOS (DETERMINISTICOS) **52**
2.3.4 MODELOS ESTADÍSTICOS **53**
2.3.5 MODELOS MIXTOS **54**
2.3.6 SUBDIVISIÓN DE MODELOS EN BASE A SUS REFERENCIAS **54**
2.3.6.1 Modelos con Referencias Completas **54**
2.3.6.2 Modelos con Referencias Parciales **55**
2.3.7 ELECCIÓN DEL MODELO DE PROPAGACIÓN **55**
2.3.8 MODELO UIT-R P.525/P.526 ..... **57**
2.3.8.1 Atenuación en Espacio Libre **57**
2.3.8.1.1 Enlaces punto a zona *57*
2.3.8.1.2 Enlaces punto a punto *58*
2.3.8.2 Modelo de Atenuación por Difracción **59**
2.3.8.2.1 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo *61*
2.3.8.2.2 Pérdida debida a una arista en filo de cuchillo *62*
2.3.8.2.3 Obstáculo único de forma redondeada *64*
2.3.8.2.4 Método de cilindro en cascada *66*
2.3.8.3 Términos de Atenuación por Gas y por Lluvia **71**
2.3.8.3.1 Término de Atenuación por Gases Atmosféricos *71*
2.3.8.3.2 Término de Atenuación por Lluvia *71*

2.3.8.4 Influencia de la Ocupación del Suelo 72

2.4 SOFTWARE ANTIOS 74

2.4.1 INTRODUCCIÓN 74

2.4.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES 74

2.4.3 OBTENCIÓN DE UN PATRÓN DE RADIACIÓN DE UN ARREGLO DE ANTENAS CON EL SOFTWARE ANTIOS 75

2.4.3.1 Modo de Uso del Software Antios 75

2.4.3.2 Creación/Edición de una Antena 87

CAPÍTULO 3 94

DETERMINACIÓN DE COBERTURAS, MEDICIONES Y ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO 94

3.1 INTRODUCCIÓN 94

3.2 CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA EN EL SOFTWARE ICS TELECOM 94

3.2.1 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM) 95

3.2.1.1 Selección del DEM 96

3.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA 99

3.2.2.1 Configuración de los Transmisores 102

3.3 DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA DE SEÑAL DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA EN EL SOFTWARE ICS TELECOM 110

3.3.1 ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS PREVIOS 110

3.3.2 VENTANA DE MODELOS DE PROPAGACIÓN 112

3.3.3 CÁLCULO DE COBERTURA 114

3.3.4 ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL DE LOS CANALES DE TV ABIERTA QUE OPERAN EN EL CERRO PICHINCHA. 117

3.4 ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE COBERTURA 158

3.5 MEDICIONES DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO 160

3.6 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO 170

3.6.1 CONFIGURACIÓN DE UN RECEPTOR EN EL SOFTWARE ICS TELECOM 170

3.6.2 OBTENCIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO EN EL SOFTWARE ICS TELECOM 177

3.6.2.1 MÉTODO PROFILE TO 177

3.6.2.2 MÉTODO PATH ANALYSIS 181

3.6.2.3 EXPLICACIÓN DE LA FORMA DE OBTENCIÓN DEL NIVEL DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO 183

3.6.2.3.1 Evaluación de la distancia entre el Tx y el Rx 183

3.6.2.3.2 Evaluación de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva 184

3.6.2.3.3 Evaluación de las Pérdidas de Propagación 185

3.6.2.3.4 Evaluación del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido 186

3.6.3 COMPARACIÓN APLICANDO EL MÉTODO GRAFICO 189

CAPÍTULO 4 201

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA PREDICCIÓN DE COBERTURA PARA SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN ABIERTA ANALÓGICA EN LAS BANDAS VHF Y UHF 201

4.1 INTRODUCCIÓN 201

4.2 CONSIDERACIONES PREVIAS 201

4.2.1 PARÁMETROS PARA UN ARREGLO DE ANTENAS 202

4.2.2 PARÁMETROS PARA UN TRANSMISOR 202

4.3 USO DE PROCEDIMIENTOS EN EL SOFTWARE ANTIOS ... 203

4.3.1 PANTALLA PRINCIPAL DEL SOFTWARE ANTIOS 203

4.3.2 MENÚ STATION 203

4.3.2.1 New… **204**

4.3.2.2 Área de Visualización **206**

4.3.3 MENÚ VIEW **206**

4.3.3.1 Pattern display **207**

4.3.3.2 Pattern preview **207**

4.3.3.3 Options… **209**

4.3.4 MENÚ ANTENNA **210**

4.3.4.1 Assign Antenna… **210**

4.3.4.2 New/Edit Antenna **213**

4.3.5 MENÚ DESIGN **217**

4.3.5.1 Panel settings… **217**

4.3.5.2 Add Panel… **223**

4.3.5.3 Copy Panel… **223**

4.3.5.4 Phase settings… **225**

4.3.5.5 Set Skew… **225**

4.3.6 MENÚ PATTERNS **227**

4.3.6.1 Compute 3D patterns… **228**

4.3.6.2 Display values **229**

4.3.6.3 Export Values **229**

4.3.6.4 2D-ICS Tel **230**

4.4 PASOS INICIALES EN EL SOFTWARE ICS TELECOM **232**

4.4.1 EL PROYECTO **232**

4.4.1.1 Creación de un Proyecto. **233**

4.4.1.2 Visualización del Proyecto. **234**

4.5 HERRAMIENTAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM **235**

4.5.1 HERRAMIENTA LAYER **235**

4.5.2 HERRAMIENTA GRID STEP **236**

4.5.3 HERRAMIENTA FS LIMIT **237**

4.5.4 HERRAMIENTA DISTANCE LIMIT 239
4.5.5 HERRAMIENTA SECTOR LIMIT 240
4.5.6 HERRAMIENTA TX/RX MODE 241
4.5.6.1 Add Tx/Rx 246
4.5.6.2 Profile to & Profile from 248
4.5.6.3 Tx received 248
4.6 VENTANAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM 250
4.6.1 VENTANA PROJECT MANAGER 250
4.6.2 VENTANA TX/RX PARAMETERS 255
4.6.2.1 Pestaña General 256
4.6.2.2 Pestaña Patterns 263
4.6.2.3 Pestaña Site 267
4.6.2.4 Pestaña Advanced 271
4.6.3 VENTANA 3D ANTENNA FROM 2D PATTERNS 277
4.6.4 VENTANA PROPAGATION MODELS 279
4.6.5 VENTANA CLUTTER PARAMETERS 286
4.6.6 VENTANA REPORT 291
4.7 PANTALLAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM 294
4.7.1 PANTALLA 3D 294
4.7.2 PANTALLA RADIO PATH 296
CAPÍTULO 5 305
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 305
5.1 CONCLUSIONES 305
5.2 RECOMENDACIONES 310
GLOSARIO 313
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 316
ANEXOS 319
ANEXO 1 320

ANEXO 2 322

ANEXO 3 326

ANEXO 4 329

ANEXO 5 360

ANEXO 6 381

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. 1 Regiones definidas para los efectos de la atribución de frecuencias ... 2
Figura 1. 2 Vista Frontal del Anritsu MS2724B ... 12
Figura 1. 3 Pantalla del Analizador de Espectros ... 13
Figura 1. 4 Conectores en el panel superior del MS2724B ... 14
Figura 1. 5 Botón on/off del Spectrum Master. ... 16
Figura 1. 6 Menú de Selección de Modo ... 16
Figura 1. 7 Submenú Freq ... 17
Figura 1. 8 Escritura del Valor de la Frecuencia de Inicio ... 18
Figura 1. 9 Frecuencia de Inicio establecida en 54MHz ... 19
Figura 1. 10 Frecuencia de Parada establecida en 60MHz ... 20
Figura 1. 11 Submenú Span, span actual en 6MHz ... 21
Figura 1. 12 Submenú Amplitude ... 22
Figura 1. 13 Elección de la Unidad de Medida en dBm ... 23
Figura 1. 14 Establecimiento del Nivel de Referencia en -30dBm ... 24
Figura 1. 15 Establecimiento del Nivel de Atenuación en 10dB ... 25
Figura 1. 16 Elección de la Unidad de Medida en dBuV ... 26
Figura 1. 17 Activación del Auto RBW y Auto VBW, en este caso el RBW es de 30KHz y el VBW es de 10KHz (estos valores se mantienen para la medición de cada canal de TV abierta). ... 27
Figura 1. 18 Submenú Marker ... 28
Figura 1. 19 Escritura del Valor de la Frecuencia Deseada ... 29
Figura 1. 20 Frecuencia Establecida en 55.25MHz (frecuencia de la Portadora de Video del canal 2) ... 30
Figura 1. 21 Submenú Measure (potencia de la señal en dBuV para la frecuencia de 55.25MHz) ... 31
Figura 1. 22 Submenú de Selección y Activación de la tabla “Antenna” ... 32
Figura 1. 23 Selección de la tabla “Antenna” ... 33
Figura 1. 24 Activación de la tabla “Antenna” ... 34
Figura 1. 25 Submenú Trace ... 35
Figura 1. 26 Submenú Trace A Ops ... 36

Figura 1. 27 Activación de la opción Max Hold..... 37
Figura 1. 28 Submenú File 38
Figura 1. 29 Grabación de la Medición en la Memoria Interna del Dispositivo. 39

CAPÍTULO 2

Figura 2. 1 Pantalla principal del programa ICS Telecom 40
Figura 2. 2 Área de coordenadas 43
Figura 2. 3 Área de paleta 45
Figura 2. 4 Área de estado 46
Figura 2. 5 Barra de herramientas..... 46
Figura 2. 6 Barra de menús..... 48
Figura 2. 7 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo 62
Figura 2. 8 Pérdidas por difracción en una arista en filo de cuchillo..... 63
Figura 2. 9 Obstáculo único de forma redondeada 64
Figura 2. 10 Perfil vertical del obstáculo..... 65
Figura 2. 11 Modelo de cilindro es cascada a) problema global, b) detalles 68
Figura 2. 12 Geometría de un obstáculo multipunto..... 69
Figura 2. 13 Configuración de la Estructura que sostendrá al Arreglo de Antenas. 77
Figura 2. 14 Configuración de la Frecuencia de Trabajo, Potencia Nominal del Transmisor, Pérdidas y Cables. 78
Figura 2. 15 Características de la Antena Escogida (en este caso se muestra una antena Kathrein K72314) 79
Figura 2. 16 Parámetros de un panel (para un azimut de 45°)..... 80
Figura 2. 17 Ventana de copia de panel. 81
Figura 2. 18 Ubicación de cada panel con un azimut de 45°..... 81
Figura 2. 19 Parámetros de cada Antena (para un azimut de 135°) 82
Figura 2. 20 Ubicación de todos los paneles (a 45° y 135°)..... 82
Figura 2. 21 Calculo del Patrón de Radiación del Arreglo de Antenas..... 83
Figura 2. 22 Opciones de visualización de los patrones 83
Figura 2. 23 Patrón de Radiación Horizontal (H-Pattern) del Arreglo en coordenadas polares. 84

Figura 2. 24 Patrón de Radiación Vertical (V-Pattern) del Arreglo en coordenadas cartesianas. 84
Figura 2. 25 Ganancia, Directividad, Azimut y Elevación en la Dirección de Máxima Radiación del Arreglo de Antenas..... 85
Figura 2. 26 Grabación del Patrón de Radiación Horizontal..... 85
Figura 2. 27 Azimut con el cual se exporta el Patrón de Radiación Vertical (0°, 90°, 180° y 270°)..... 86
Figura 2. 28 Grabación del Patrón de Radiación Vertical para 0°, 90°, 180° y 270° 86
Figura 2. 29 Configuración de Parámetros de una Antena. 87
Figura 2. 30 Configuración del Tipo de Antena. 88
Figura 2. 31 Detalles Propios de la Antena. 89
Figura 2. 32 H-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220 90
Figura 2. 33 V-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220 91
Figura 2. 34 Patrón de Radiación Horizontal..... 92
Figura 2. 35 Patrón de Radiación Vertical 93

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1 Tipos de Terreno en un DEM 95
Figura 3. 2 Selección de Archivos Cartográficos..... 97
Figura 3. 3 Capa DEM en 2D 97
Figura 3. 4 Capa DEM en 3D (capa Image superpuesta) 98
Figura 3. 5 Capa Image..... 98
Figura 3. 6 Ingreso de parámetros en la pestaña General de la ventana Tx/Rx parameters 102
Figura 3. 7 Ingreso de parámetros en la pestaña Patterns de la ventana Tx/Rx parameters 103
Figura 3. 8 Creación del patrón de radiación tridimensional 103
Figura 3. 9 Grabación del patrón de radiación tridimensional 104
Figura 3. 10 Visualización del patrón de radiación tridimensional 104
Figura 3. 11 Patrón de radiación horizontal en 2D 105
Figura 3. 12 Patrón de radiación vertical en 2D 105

Figura 3. 13 Ingreso de parámetros en la pestaña Site de la ventana Tx/Rx parameters 106
Figura 3. 14 Ingreso de parámetros en la ventana site coordinates 106
Figura 3. 15 Ingreso de parámetros en la pestaña Advanced de la ventana Tx/Rx parameters 107
Figura 3. 16 Transmisor del canal 48 configurado en el ICS Telecom 108
Figura 3. 17 Transmisores de TV abierta analógica que operan en el Cerro Pichincha configurados en el ICS Telecom 108
Figura 3. 18 Vista en 3D de los transmisores de TV Abierta analógica para un acimut de 0° y un tilt de -50° 109
Figura 3. 19 Vista en 3D de los transmisores de TV Abierta analógica para un acimut de 310° y un tilt de -50° 109
Figura 3. 20 Configuración de parámetros previos 112
Figura 3. 21 Selección del Modelo de Propagación 113
Figura 3. 22 Establecimiento de los parámetros del Clutter 114
Figura 3. 23 Ventana Coverage parameters 115
Figura 3. 24 Área de cobertura principal del canal 48 en 2D 116
Figura 3. 25 Área de paleta correspondiente a la simulación 116
Figura 3. 26 Área de cobertura principal del canal 48 en 3D 116
Figura 3. 27 Área de cobertura principal del canal 48 en Google earth 117
Figura 3. 28 Paleta de colores para un umbral de recepción de 74 dBµV/m 158
Figura 3. 29 Área de cobertura del canal 48 (umbral de recepción de 74 dBµV/m) en la loma del Panecillo y sus alrededores 159
Figura 3. 30 Área de cobertura del canal 48 (umbral de recepción de 10 dBµV/m) en la loma del Panecillo y sus alrededores 159
Figura 3. 31 Ingreso de parámetros en la pestaña General de la ventana DF parameters 171
Figura 3. 32 Ingreso de parámetros en la pestaña Patterns de la ventana DF parameters 172
Figura 3. 33 Patrón de radiación horizontal ideal en 2D 172
Figura 3. 34 Patrón de radiación vertical ideal en 2D 173
Figura 3. 35 Patrón de radiación en 3D 173

Figura 3. 36 Ingreso de parámetros en la pestaña Site de la ventana DF parameters 174
Figura 3. 37 Ingreso de parámetros en la ventana site coordinates 174
Figura 3. 38 Receptor configurado en el ICS Telecom 175
Figura 3. 39 Receptores de TV abierta analógica configurados en el ICS Telecom 175
Figura 3. 40 Vista en 3D de los receptores de TV abierta analógica en el ICS Telecom 176
Figura 3. 41 Receptores de TV abierta analógica mostrados en Google earth .. 176
Figura 3. 42 Selección del transmisor del canal 4 178
Figura 3. 43 Método Profile to 178
Figura 3. 44 Ventana Profile (desde el Tx del canal 4 al Rx en la SUPERTEL) . 179
Figura 3. 45 Imagen ampliada de la leyenda para el transmisor [Tx] en la ventana Profile 179
Figura 3. 46 Imagen ampliada de la leyenda que contiene la información de propagación en la ventana Profile 179
Figura 3. 47 Imagen ampliada de la leyenda para el receptor [Rx] en la ventana Profile 180
Figura 3. 48 Imagen ampliada de la leyenda para el trayecto [Path] de la ventana Profile 180
Figura 3. 49 Ventana Profile report 180
Figura 3. 50 Selección de la opción continue 181
Figura 3. 51 Método path analysis 181
Figura 3. 52 Cuadro de parametros para el método path analysis 182
Figura 3. 53 Reporte de resultados de niveles de intensidad de campo eléctrico recibido 182
Figura 3. 54 Distancia plana (algebraica) y geodésica (angular) obtenidas por el ICS Telecom aplicando el estándar WGS84 y el sistema de proyección UTM .. 184
Figura 3. 55 Características técnicas del transmisor del canal 4 185
Figura 3. 56 Características de Propagación 185
Figura 3. 57 Características técnicas del receptor ubicado en la SUPERTEL ... 187

Figura 3. 58 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH2 190
Figura 3. 59 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH4 190
Figura 3. 60 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH5 191
Figura 3. 61 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH8 191
Figura 3. 62 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH10 192
Figura 3. 63 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH12 192
Figura 3. 64 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH21 193
Figura 3. 65 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH23 193
Figura 3. 66 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH25 194
Figura 3. 67 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH27 194
Figura 3. 68 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH29 195

Figura 3. 69 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH31 195
Figura 3. 70 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH33 196
Figura 3. 71 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH35 196
Figura 3. 72 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH38 197
Figura 3. 73 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH40 197
Figura 3. 74 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH42 198
Figura 3. 75 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH44 198
Figura 3. 76 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH46 199
Figura 3. 77 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH48 199

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1 Pantalla principal del Software Antios 203
Figura 4. 2 Menú Station 204
Figura 4. 3 Ventana Station-Pestaña General 204

Figura 4. 4 Ventana Station-Pestaña Freq/Power 205
Figura 4. 5 Área de Visualización 206
Figura 4. 6 Menú View 206
Figura 4. 7 Opción Pattern display 207
Figura 4. 8 Ingreso de frecuencia 208
Figura 4. 9 Ventana Preview 208
Figura 4. 10 Ventana Preview (Patrones Horizontal y Vertical) 208
Figura 4. 11 Opción Options 209
Figura 4. 12 Menú Antenna 210
Figura 4. 13 Ventana Assign one antenna to all panels 210
Figura 4. 14 Ventana Load Antenna (para asignar una antena) 211
Figura 4. 15 Ventana Load Antenna 211
Figura 4. 16 Polarización Horizontal 212
Figura 4. 17 Polarización Vertical 212
Figura 4. 18 Polarización Circular 213
Figura 4. 19 Ventana Load Antenna (para crear una antena) 213
Figura 4. 20 Ventana para la nueva antena – pestaña Parameters 214
Figura 4. 21 Ventana para la nueva antena – pestaña Type of Antenna 215
Figura 4. 22 Ventana para la nueva antena – pestaña Details 216
Figura 4. 23 Ventana Save Antenna 216
Figura 4. 24 Menú Design 217
Figura 4. 25 Ventana Panel Settings 218
Figura 4. 26 Azimut para el panel 218
Figura 4. 27 Delta / Azimut para el panel 219
Figura 4. 28 Distancia al mástil para el panel 219
Figura 4. 29 Cálculo de la distancia de separación para dos panels con un tilt determinado 219
Figura 4. 30 Tilt mecánico para el panel 220
Figura 4. 31 Altura para el panel 220
Figura 4. 32 Potencia relativa para el panel 220
Figura 4. 33 Fase de la corriente electrica para el panel 221
Figura 4. 34 Tipo de fase electrica (fija o variable) 221
Figura 4. 35 Ventana Copy Panel 224

Figura 4. 36 Opción Phase settings 225
Figura 4. 37 Opción Set Skew 225
Figura 4. 38 Diagramas de radiación para un sistema UHF omnidireccional. 226
Figura 4. 39 Diagramas de radiación para el sistema UHF de la Figura 3.38 aplicando el skew 226
Figura 4. 40 Menú Patterns 227
Figura 4. 41 Ventana Start pattern calculation 228
Figura 4. 42 Ventana Values 229
Figura 4. 43 Ventana Export Values 229
Figura 4. 44 Elección del archivo .SPH 230
Figura 4. 45 Grabación del patrón de radiación horizontal 230
Figura 4. 46 Elección del archivo .SPV 231
Figura 4. 47 Valor del ángulo de azimut con el que se exporatarán los patrones de radiación verticales (0°, 90°, 180° y 270°) 231
Figura 4. 48 Grabación de los patrones de radiación verticales para 0°, 90°, 180° y 270° 231
Figura 4. 49 Modelo de capas del software ICS Telecom 232
Figura 4. 50 Ventana Project Manager 233
Figura 4. 51 Lista de capas en 2D 235
Figura 4. 52 Cuadro de ingreso Threshold 237
Figura 4. 53 Lista de valores de umbrales de recepción de acuerdo al tipo de señal 238
Figura 4. 54 Modo TX/RX-Menú emergente (clic derecho sobre un punto del terreno) 242
Figura 4. 55 Modo TX/RX-Menú emergente (clic izquierdo sobre un punto del terreno) 244
Figura 4. 56 Ventana Project Manager 250
Figura 4. 57 Ventana Tx/Rx Parameters 255
Figura 4. 58 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña General 256
Figura 4. 59 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Patterns 263
Figura 4. 60 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Site 267
Figura 4. 61 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Advanced 271
Figura 4. 62 Ventana 3D antenna from 2D patterns 277

Figura 4. 63 Ventana Propagation Models 279
Figura 4. 64 Ventana Clutter parameters 286
Figura 4. 65 Ventana Report 292
Figura 4. 66 Pantalla 3D 294
Figura 4. 67 Pantalla Radio Path 297
Figura 4. 68 Pantalla Radio Path - Menú emergente (clic izquierdo) 301

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1. 1 Bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodifusión 3
Tabla 1. 2 Canalización de las bandas de frecuencias asignadas al servicio de televisión abierta. 5
Tabla 1. 3 Grupos de canales 6
Tabla 1. 4 Zonas geográficas y distribución de grupos de canales 6
Tabla 1. 5 Valores de intensidad de campo a ser protegidos en los bordes de las áreas de cobertura 7
Tabla 1. 6 Interferencia Cocanal 8
Tabla 1. 7 Interferencia de Canales Adyacentes 8
Tabla 1. 8 Relación de protección para señal de sonido 8

CAPÍTULO 2

Tabla 2. 1 Códigos de Ocupación de Suelo 44
Tabla 2. 2 Modelos con referencias completas basados en recomendaciones de la ITU-R 56
Tabla 2. 3 Modificación de altitud de acuerdo al código de clutter 72
Tabla 2. 4 Términos de atenuación de la ITU 73
Tabla 2. 5 Parámetros utilizados para el Canal 48 que se encuentra en la Banda V. 76
Tabla 2. 6 Valores de los Ángulos y sus respectivas Ganancias del H-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220 90
Tabla 2. 7 Valores de los Ángulos y sus respectivas Ganancias del V-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220 91

CAPÍTULO 3

Tabla 3. 1 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en la Banda I 100
Tabla 3. 2 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en la Banda III 100

Tabla 3. 3 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en las Bandas IV y V 101
Tabla 3. 4 Intensidad de campo eléctrico mínima en función de las bandas de frecuencias 110
Tabla 3. 5 Cálculo de la Distancia desde el transmisor 111
Tabla 3. 6 Distancias desde el transmisor para cada canal 112
Tabla 3. 7 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 1 a 5 162
Tabla 3. 8 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 6 a 10 163
Tabla 3. 9 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 11 a 15 164
Tabla 3. 10 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 16 a 20 165
Tabla 3. 11 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 21 a 25 166
Tabla 3. 12 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 26 a 30 167
Tabla 3. 13 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 31 a 35 168
Tabla 3. 14 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 36 a 40 169
Tabla 3. 15 Ubicación geográfica del Tx y del Rx (coordenadas y altitud) 183
Tabla 3. 16 Cálculo de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva 185
Tabla 3. 17 Cálculo de las Pérdidas de Propagación 186
Tabla 3. 18 Cálculo del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido 187
Tabla 3. 19 Cálculo de la Potencia Recibida 188

CAPÍTULO 4

Tabla 4. 1 Parámetros previos necesarios para arreglos de antenas 202
Tabla 4. 2 Parámetros previos necesarios para el transmisor 202

RESUMEN

En el presente Proyecto de Titulación se determina la cobertura de señal de las estaciones de TV abierta analógica que operan en la ciudad de Quito, utilizando el Software ICS Telecom y el Software Antios, para luego determinar las zonas en las que se cumple con los niveles de intensidad de campo eléctrico establecidos en la "Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales". Se comparan los resultados de las predicciones de cobertura obtenidos a través del software de simulación ICS Telecom con los valores obtenidos en las mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico realizadas por la SUPERTEL para corroborar la fiabilidad de las coberturas. Finalmente se elabora un manual de procedimientos para la predicción de cobertura de los sistemas de transmisión de televisión analógica en las bandas VHF y UHF, que servirá al personal técnico de la SUPERTEL como referencia para la simulación de áreas de cobertura del Servicio de TV abierta analógica en el resto de provincias del Ecuador.

Este trabajo se divide en 5 capítulos, y cuenta con anexos en los que se incluyen: parámetros del modelo de propagación ITU-R 525/526, los patrones de radiación de los arreglos de antenas de los canales de TV abierta que operan en el cerro Pichincha y sirven a la ciudad de Quito, y los reportes de resultados de los niveles de intensidad de campo eléctrico recibido obtenidos con el software ICS Telecom.

En el Capítulo 1 se hace referencia a los aspectos más relevantes de la "Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales" del Ecuador, Norma en la cual se incluyen los niveles de intensidad de campo eléctrico mínimos a proteger en los bordes de las áreas de cobertura, la canalización de las bandas, los grupos de canales asignados para la ciudad de Quito, etc. Se describen las características básicas, el funcionamiento y la operación del equipo de medición Anritsu MS2724B, así como la forma en la que se realizan las mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico recibido para los sistemas de transmisión de TV abierta.

El Capítulo 2 contiene una descripción del software ICS Telecom versión 10 que posee la Superintendencia de Telecomunicaciones. Se presenta el análisis y la elección del modelo de propagación conforme a recomendaciones de la ITU-R que se encuentran actualmente en vigencia y que a su vez se encuentran disponibles en el software ICS Telecom. Además se determinan los patrones de radiación de los arreglos de antenas de los sistemas de transmisión de TV analógica abierta que se encuentran en el Cerro Pichincha con la utilización del software Antios.

En el Capítulo 3 se configuran los parámetros técnicos de los sistemas de transmisión de TV analógica en el software ICS Telecom y se incluyen en esta configuración los patrones de radiación obtenidos con el software Antios. Se determinan las zonas de cobertura, las zonas de sombra, y se realiza la comparación con los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos en la ciudad de Quito para las Estaciones de TV Analógica en los años 2010, 2011 y 2012 por la Superintendencia de Telecomunicaciones, determinando la fiabilidad de las predicciones.

En el Capítulo 4 se presenta un Manual de Procedimientos para la Predicción de Cobertura para Sistemas de Transmisión de Televisión Abierta Analógica en las Bandas VHF y UHF usando el software ICS Telecom.

El Capítulo 5 contiene las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido en el transcurso del desarrollo del presente trabajo.

PRESENTACIÓN

El servicio de televisión abierta en el Ecuador constituye uno de los medios de comunicación de mayor penetración, razón por la cual el Estado mediante la "Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales", publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001, establece las bandas de frecuencias, la canalización y las condiciones técnicas para las estaciones que brindan el servicio de televisión analógica en el territorio ecuatoriano.

La Superintendencia de Telecomunicaciones es la entidad pública encargada de dar cumplimiento a la antes mencionada norma y para esto realiza comprobaciones técnicas que permiten verificar los parámetros de operación de los sistemas de transmisión de los concesionarios del servicio de TV abierta, así como mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico en las zonas en donde estos concesionarios brindan el servicio. Sin embargo obtener el área de cobertura de una estación de TV abierta mediante mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico no es una tarea simple, ya que al ser sistemas de radiodifusión en bandas VHF y UHF el área que les es posible cubrir es extensa. Entonces surge la necesidad de encontrar una metodología de cálculo que permita determinar de forma aproximada las zonas de cobertura de estos sistemas.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, en varias publicaciones y recomendaciones, ha desarrollado modelos de propagación que permiten determinar las áreas de cobertura de sistemas de radiodifusión y a la vez ha propiciado la codificación de estos modelos de propagación en programas de ordenador. El software ICS Telecom, sobre el cual está basado este proyecto, permite obtener predicciones de cobertura para sistemas de radiocomunicaciones en general, aplicando modelos de propagación presentados en recomendaciones de la ITU.

Este proyecto presenta la elección de un modelo de propagación de la ITU, que se encuentre vigente y que sea aplicable a sistemas de radiodifusión en bandas VHF y UHF. A partir de los estudios de ingeniería y del más actual de los contratos modificatorios de los sistemas de TV abierta analógica que operan en el cerro Pichincha y sirven a la ciudad de Quito, se establecen los parámetros técnicos necesarios y se obtienen los patrones de radiación de los arreglos de antenas con el software Antios y además se configuran los sistemas de transmisión en el software ICS Telecom; con esto se determina el área de cobertura aproximada de cada sistema. Una vez conocidas las áreas de cobertura aproximada, se determinan las zonas que cumplen con el nivel de intensidad de campo eléctrico especificado en la Norma y las zonas de sombra. Finalmente, con esta información, la SUPERTEL es capaz de: 1) planificar con mayor facilidad y eficiencia las inspecciones técnicas necesarias para verificar los niveles de intensidad de campo reales, 2) informar a los Concesionarios de este servicio sobre las zonas de sombra, de tal forma que estos realicen las modificaciones técnicas pertinentes y 3) dar cumplimiento a la Norma Técnica antes mencionada.

CAPÍTULO 1

NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES, Y EQUIPO DE MEDICIÓN

1.1 UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

La ITU fue fundada en París en 1865 con el nombre de Unión Telegráfica Internacional. En 1934 adoptó su nombre actual, y en 1947 se convirtió en organismo especializado de las Naciones Unidas.

Actualmente la ITU abarca todo el sector de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación, en donde se encuentra incluida la radiodifusión analógica. La ITU, organización en la que los sectores público y privado están asociados desde su creación, tiene actualmente 192 países miembros y unas 700 entidades del sector privado, abarcando tres sectores de actividad principales: radiocomunicaciones, normalización y desarrollo.

1.1.1 SECTOR DE RADIOCOMUNICACIONES (ITU-R)

El Sector de Radiocomunicaciones de la ITU (ITU-R) es el responsable de la gestión del espectro de frecuencias radioeléctricas[1] y de las órbitas satelitales, que son recursos naturales limitados y que son objeto de una demanda creciente por parte de un gran número de servicios.

La misión de la ITU-R es la de asegurar la utilización racional, equitativa, eficiente y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas para todos los servicios

[1] El término espectro de frecuencias radioeléctricas se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre los 3 kHz y los 300 GHz.

de radiocomunicaciones, incluidos los que utilicen órbitas para satélites, para proceder con los estudios y adoptar las recomendaciones sobre cuestiones de radiocomunicaciones.

El principal objetivo de la ITU-R es garantizar que los sistemas de radiocomunicaciones operen sin ningún tipo de interferencia. Con este fin, la ITU-R crea el Reglamento de Radiocomunicaciones y Acuerdos Regionales.

1.1.2 ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS

Conforme al Reglamento de Radiocomunicaciones de la ITU, desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el mundo en tres Regiones. El Ecuador se encuentra dentro de la Región 2 que comprende la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C como se indica en la Figura 1.1.

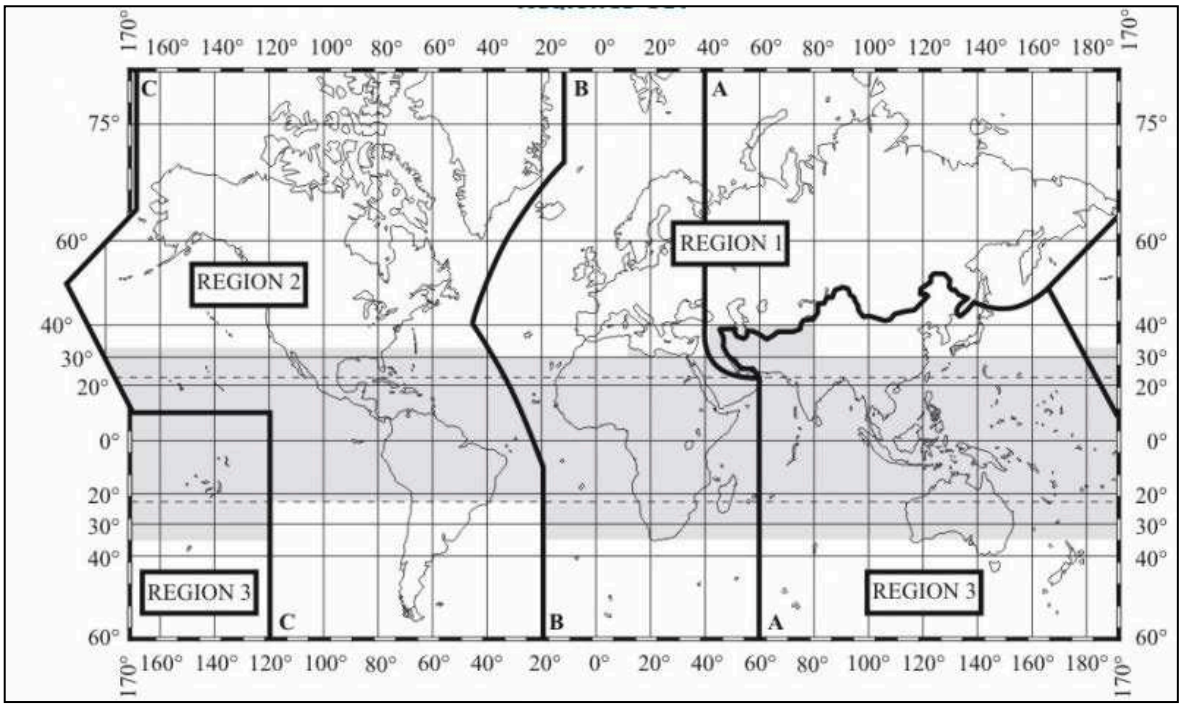


Figura 1. 1 Regiones definidas para los efectos de la atribución de frecuencias

1.1.3 BANDAS ATRIBUIDAS AL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA EN EL ECUADOR

En el Plan Nacional de Frecuencias[2] se atribuyen las bandas para el servicio de radiodifusión (que contempla al servicio de televisión abierta). Las bandas en las cuales se han efectuado asignaciones de canales para televisión abierta en VHF y UHF y que se encuentran en conformidad con lo que ITU-R establece para la Región 2, se muestran en la Tabla 1.1.

BANDA	REGION 2	ECUADOR	NOTAS
54-68 MHz	RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.172	RADIODIFUSIÓN	EQA.15
68-72 MHz	RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.173	RADIODIFUSIÓN	EQA.15
76-88 MHz	RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.185	RADIODIFUSIÓN	EQA.20
174-216 MHz	RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil 5.234	RADIODIFUSIÓN	EQA.35
512-608 MHz	RADIODIFUSIÓN MOD 5.297	RADIODIFUSIÓN	EQA.65
614-698 MHz	RADIODIFUSIÓN Fijo Móvil MOD 5.293 5.309 5.311A	RADIODIFUSIÓN 5.311A	EQA.70

Tabla 1. 1 Bandas de frecuencias atribuidas al servicio de radiodifusión

El detalle de las notas EQA, a las que se refiere la columna NOTAS de la Tabla 1.1, se incluye en el Anexo 1.

---

[2] **Referencia:** Modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008, aprobadas por el CONATEL mediante Resolución No. TEL-391-15-CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012.

1.2 NORMA TÉCNICA PARA EL SERVICIO DE TELEVISIÓN ABIERTA Y PLAN DE DISTRIBUCIÓN DE CANALES[3]

La Norma Técnica para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001, establece las bandas de frecuencias, la canalización y las condiciones técnicas para la distribución y asignación de las estaciones en el servicio de televisión analógica en el territorio ecuatoriano.

1.2.1 BANDAS DE FRECUENCIAS

Para el servicio de televisión en el Ecuador se establecen las siguientes bandas de frecuencias:

a) **Televisión VHF**

Banda I: de 54 a 72 MHz y de 76 a 88 MHz

Banda III: de 174 a 216 MHz

b) **Televisión UHF**

Banda IV: de 500 a 608 MHz y de 614 a 644 MHz

Banda V: de 644 a 686 MHz

1.2.2 CANALIZACIÓN DE LAS BANDAS

Las bandas de frecuencias asignadas al servicio de televisión abierta se dividen en 42 canales de 6 MHz de ancho de banda cada uno, como se presenta en la Tabla 1.2:

---

[3] **Referencia:** Norma Técnica Para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001.

RANGO DE FRECUENCIAS [MHz]	BANDA	No.	CANAL [MHz]	PORTADORAS	
				Video [MHz]	Sonido [MHz]
VHF 54-72	I	2	(54-60)	55.25	59.75
		3	(60-66)	61.25	65.75
		4	(66-72)	67.25	71.75
VHF 76-88	I	5	(76-82)	77.25	81.75
		6	(82-88)	83.25	87.75
VHF 174-216	III	7	(174-180)	175.25	179.75
		8	(180-186)	181.25	185.75
		9	(186-192)	187.25	191.75
		10	(192-198)	193.25	197.75
		11	(198-204)	199.25	203.75
		12	(204-210)	205.25	209.75
		13	(210-216)	211.25	215.75
UHF 500-608	IV	19	(500-506)	501.25	505.75
		20	(506-512)	507.25	511.75
		21	(512-518)	513.25	517.75
		22	(518-524)	519.25	523.75
		23	(524-530)	525.25	529.75
		24	(530-536)	531.25	535.75
		25	(536-542)	537.25	541.75
		26	(542-548)	543.25	547.75
		27	(548-554)	549.25	553.75
		28	(554-560)	555.25	559.75
		29	(560-566)	561.25	565.75
		30	(566-572)	567.25	571.75
		31	(572-578)	573.25	577.75
		32	(578-584)	579.25	583.75
		33	(584-590)	585.25	589.75
		34	(590-596)	591.25	595.75
		35	(596-602)	597.25	601.75
		36	(602-608)	603.25	607.75
UHF 614-644	IV	38	(614-620)	615.25	619.75
		39	(620-626)	621.25	625.75
		40	(626-632)	627.25	631.75
		41	(632-638)	633.25	637.75
		42	(638-644)	639.25	643.75
UHF 644-686	V	43	(644-650)	645.25	649.75
		44	(650-656)	651.25	655.75
		45	(656-662)	657.25	661.75
		46	(662-668)	663.25	667.75
		47	(668-674)	669.25	673.75
		48	(674-680)	675.25	679.75
		49	(680-686)	681.25	685.75

Tabla 1. 2 Canalización de las bandas de frecuencias asignadas al servicio de televisión abierta.

1.2.3 GRUPOS DE CANALES

En el Ecuador, los canales a su vez se encuentran divididos en grupos para definir su distribución; en la Tabla 1.2 se presentan los grupos de canales:

BANDA	GRUPOS	CANALES
VHF	A1	2, 4, 5
	A2	3, 6
	B1	8, 10, 12
	B2	7, 9, 11, 13
UHF	G1	19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35
	G2	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36
	G3	39, 41, 43, 45, 47, 49
	G4	38, 40, 42, 44, 46, 48

Tabla 1. 3 Grupos de canales

1.2.4 ÁREAS DE SERVICIO

1.2.4.1 Zona Geográfica y Plan de Distribución de Canales

Para efectos de la asignación de canales, se establecen en el territorio ecuatoriano 25 zonas geográficas, la zona que comprende la ciudad de Quito es la zona geográfica P1 que se describe a continuación.

ZONA	Definición de la Zona Geográfica	Grupos VHF	Grupos UHF
P1	Provincia de Pichincha, excepto zona occidental de la Cordillera Occidental (Sto. Domingo y Los Bancos, P.V. Maldonado)	A1, B1	G1, G4

Tabla 1. 4 Zonas geográficas y distribución de grupos de canales

1.2.4.2 Intensidad de Campo Mínima a Proteger

Conforme a la Norma Técnica vigente en el Ecuador los valores de intensidad de campo eléctrico[4], a un nivel de 10 metros sobre el suelo, que serán protegidos en los bordes de las áreas de cobertura principal y secundaria, son los indicados en la Tabla1.5.

BANDA	BORDE DE ÁREA DE COBERTURA SECUNDARIA	BORDE DE ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL
I	47 dBuV/m	68 dBuV/m
III	56 dBuV/m	71 dBuV/m
IV y V	64 dBuV/m	74 dBuV/m

Tabla 1. 5 Valores de intensidad de campo a ser protegidos en los bordes de las áreas de cobertura

El borde del área de cobertura de una estación de televisión, está determinado por el valor de la intensidad de campo mínima a proteger y no sobrepasará los límites de la respectiva zona geográfica.

1.2.4.3 Relaciones de Protección Señal Deseada/Señal No Deseada

Dentro de la zona geográfica y área de cobertura se protegerá la señal deseada contra señales no deseadas. Las relaciones de protección en las bandas I, III, IV y V se aplican exclusivamente a las señales de entrada al receptor.

Los valores que se consideran son el valor eficaz de la portadora de la señal de televisión en la cresta de la envolvente de modulación y el valor eficaz de la onda portadora del sonido no modulada; lo mismo en el caso de modulación de frecuencia que en el de modulación de amplitud.

---

[4] La intensidad de campo eléctrico es el nivel de señal recibido en un punto determinado; para el caso específico de una señal de TV analógica, el nivel de la señal al que se hace referencia es el de la portadora de video.

a) **Relación de protección para la señal de imagen:**

a.1) **Interferencia Cocanal**

Separación entre portadoras	Relación señal deseada/ señal interferente
Inferior a 1000 Hz	45 dB
1/3, 2/3, 4/3, ó 5/3 de la frecuencia de línea	28 dB

Tabla 1. 6 Interferencia Cocanal

a.2) **Interferencia de canales adyacentes**

Interferencia	Relación señal deseada/ señal interferente
Del Canal inferior	-6 dB
Del Canal superior	-12 dB

Tabla 1. 7 Interferencia de Canales Adyacentes

b) **Relación de protección para señal de sonido:**

Relación señal deseada/ señal interferente
28 dB

Tabla 1. 8 Relación de protección para señal de sonido

1.2.4.4 Área de Cobertura

El área de cobertura (operación autorizada) comprende tanto el área de cobertura principal como el área de cobertura secundaria. Un concesionario puede ampliar el área de cobertura dentro de la zona geográfica, mediante la utilización de las frecuencias que corresponden a la zona geográfica y que estén disponibles, previa autorización del CONATEL (antes CONARTEL).

1.2.4.4.1 Área de Cobertura Principal

Es la que corresponde a las ciudades a servir y que tendrá una intensidad de campo igual o mayor a la intensidad de campo mínima a proteger en el área urbana, especificados en la Tabla 1.5.

1.2.4.4.2 Área de Cobertura Secundaria

Es la que corresponde a los alrededores de las ciudades a servir y que tendrán una intensidad de campo entre los valores correspondientes a los bordes de área de cobertura, indicados en la Tabla 1.5, sin rebasar los límites de la correspondiente zona geográfica.

1.2.4.5 Área de Protección

Es la que corresponde al área de cobertura principal y secundaria, pero sin rebasar los límites de la correspondiente zona geográfica.

1.2.5 RESERVA DE CANALES

Los canales 19 y 20 se reservan para el Estado. Cuando fuere necesario se utilizarán estas frecuencias para facilitar el proceso de migración a la televisión digital.

1.2.6 DISTANCIA MÍNIMA ENTRE ESTACIONES

La distancia mínima entre estaciones transmisoras, estará determinada por el cumplimiento de las relaciones de protección para cocanal y canal adyacente para las señales de imagen y de sonido en el borde del área de cobertura.

1.2.7 POTENCIA RADIADA MÁXIMA

La potencia radiada máxima de una estación de televisión de VHF o UHF, será aquella que genere una intensidad de campo mínima a proteger en los límites de la respectiva zona geográfica, que cumplan con las relaciones de protección de señal especificadas en el numeral 1.2.4.3 y prevalecerá a aquellas determinadas en el estudio de ingeniería y en el contrato de concesión.

1.2.8 SISTEMA DE TRANSMISIÓN

Para el servicio de televisión, se estableció el sistema M/NTSC[5] de 525 líneas, con las características técnicas que establece la UIT y complementariamente la FCC, en todo el territorio ecuatoriano.

1.2.9 UBICACIÓN DE LAS ANTENAS TRANSMISORAS

Las torres y las antenas deberán cumplir con las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil en lo referente a la ubicación y balizas (luces de señalización); y en lo referente a la altura, en las áreas que están bajo las líneas de vuelo y aproximación a aeropuertos.

1.2.10 PROTECCIÓN CONTRA INTERFERENCIAS

Previa a la operación de una estación de televisión, deberán realizarse pruebas y mediciones sobre el funcionamiento de la estación, con el objeto de establecer su normal funcionamiento y el cumplimiento de las condiciones establecidas en la presente Norma Técnica.

---

[5] **NTSC** (National Television System Committee) es un sistema de codificación y transmisión de Televisión analógico en color desarrollado en Estados Unidos en 1940. Un canal de televisión transmitido en el sistema NTSC M (norma estadounidense) utiliza 6 MHz de ancho de banda (espacio radioeléctrico), para contener la señal de vídeo, la señal de audio y unas bandas de resguardo. Los 6 MHz de ancho de banda se distribuyen de la siguiente forma: a 1,25 MHz del tope inferior esta la portadora de vídeo principal con dos bandas laterales, una vestigial de 0,75 MHz y otra completa de 4,25 MHz; las componentes de color a 3,579545 MHz sobre la portadora de vídeo principal, moduladas en cuadratura de fase y con un ancho de banda de 1 MHz; la subportadora de audio principal de 4,5 MHz transmitida sobre la señal de vídeo principal y con un ancho de banda de 25 kHz en estéreo y frecuencia modulada.

1.3 EQUIPO DE MEDICIÓN A UTILIZARSE PARA EL SERVICIO DE TV ANALÓGICA

El equipo a utilizarse en la medición de niveles de intensidad de campo eléctrico para el servicio de televisión, es un medidor de banda angosta, es decir un instrumento selectivo en frecuencia o sintonizable, que permite conocer la magnitud de la variable electromagnética debida a una componente de frecuencia o a una banda estrecha de frecuencias.

Para el presente proyecto se considera el uso del analizador de espectros Anritsu MS2724B que es un medidor de banda angosta. A continuación se presentan las características básicas, funcionamiento y empleo del equipo.

1.3.1 ANALIZADOR DE ESPECTROS ANRITSU MS2724B[6]

El Analizador de Espectros Anritsu MS2724B es un analizador de espectros sintetizado y portable, que permite obtener mediciones rápidas y precisas en el rango de frecuencias de 9kHz a 20GHz. El sistema está compuesto por el analizador de espectros y varios juegos de antenas propias del equipo. Con el uso de antenas propias del equipo el rango de frecuencias en el cual se puede realizar mediciones es de 25 MHz a 5825 MHz; sin embargo, existe la posibilidad de crear un archivo especifico para una antena determinada conociendo la frecuencia y el factor de antena (en dB), información que generalmente es provista por el fabricante de la antena.

1.3.1.1 Vista Frontal del Equipo

El instrumento posee una interfaz basada en menús que es fácil de usar y requiere poco entrenamiento. Las teclas en el panel frontal se utilizan para iniciar

---

[6] User Guide Spectrum Master™ MS2721B, MS2723B, MS2724B High Performance Handheld Spectrum Analyzer

la función específica de cada menú. En la Figura 1.2 se muestra la parte frontal del equipo.

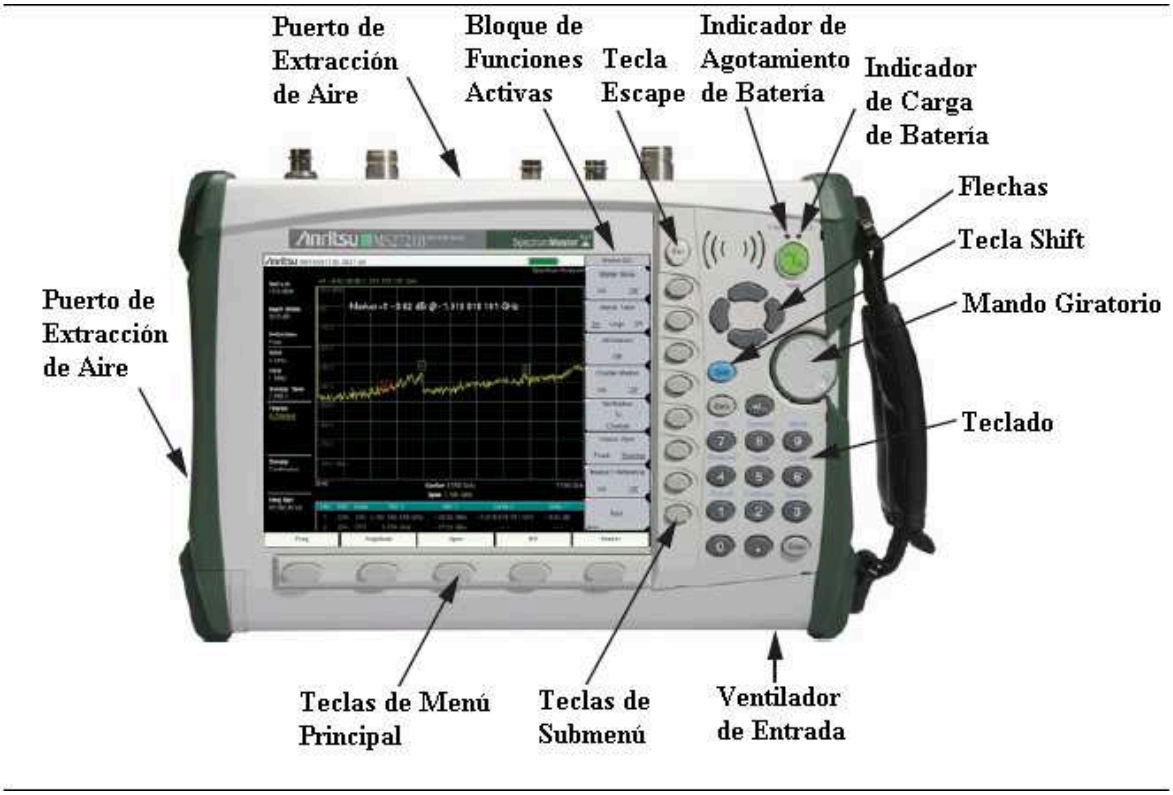


Figura 1. 2 Vista Frontal del Anritsu MS2724B

Cinco teclas del menú principal se encuentran debajo de la pantalla. Lo que cada una de estas cinco teclas hace puede variar, dependiendo del modo seleccionado de operación del instrumento. Un mando giratorio y 21 teclas se encuentran a la derecha de la pantalla. Nueve de las teclas son de doble propósito, según el modo de operación activo. Las teclas de doble función están etiquetadas con un número cada una. La función alterna se muestra en azul sobre cada una de estas nueve teclas. Para las funciones alternas se usa la tecla de color azul *Shift*. La tecla *Escape* (que se usa para abortar la entrada de datos) es el botón redondo situado encima de las teclas de submenú. El mando giratorio, las flechas y el teclado se pueden utilizar para cambiar el valor de un parámetro activo. El mando giratorio también se puede presionar, siendo esto equivalente a la acción de la tecla Enter.

Debajo de la tecla *Escape*, dispuestas en una columna vertical, en el borde derecho de la pantalla de medición se encuentran 8 teclas de submenú. Estas cambian de función dependiendo de la selección del menú actual. La función actual de las teclas de submenú se indica en el bloque de funciones activas (menú activo o etiquetas de las teclas de submenú), en el borde derecho de la pantalla de medición.

1.3.1.2 Pantalla General

La medición se muestra en el modo básico de analizador de espectros (Spectrum Analyzer). En la Figura 1.3 se muestra una vista general de la pantalla.

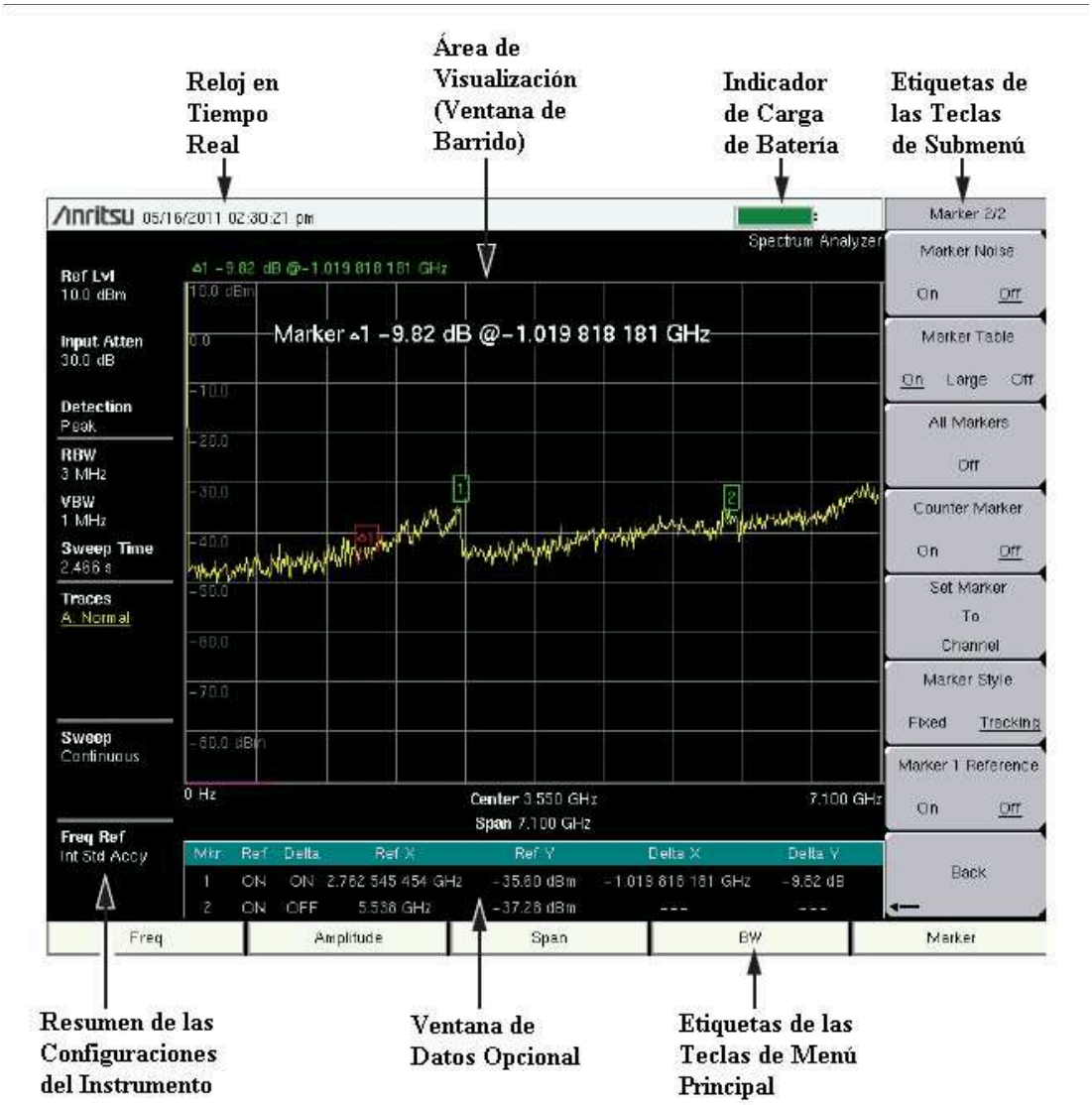


Figura 1. 3 Pantalla del Analizador de Espectros

A las etiquetas de las teclas de submenú también se las conoce como bloque de funciones activas.

1.3.1.3 Conectores del Panel de Prueba Superior

En la parte superior del instrumento es de interés el conector de entrada de RF (RF In), que es un conector hembra tipo N de 50Ω. El conector mencionado se puede observar en la Figura 1.4.

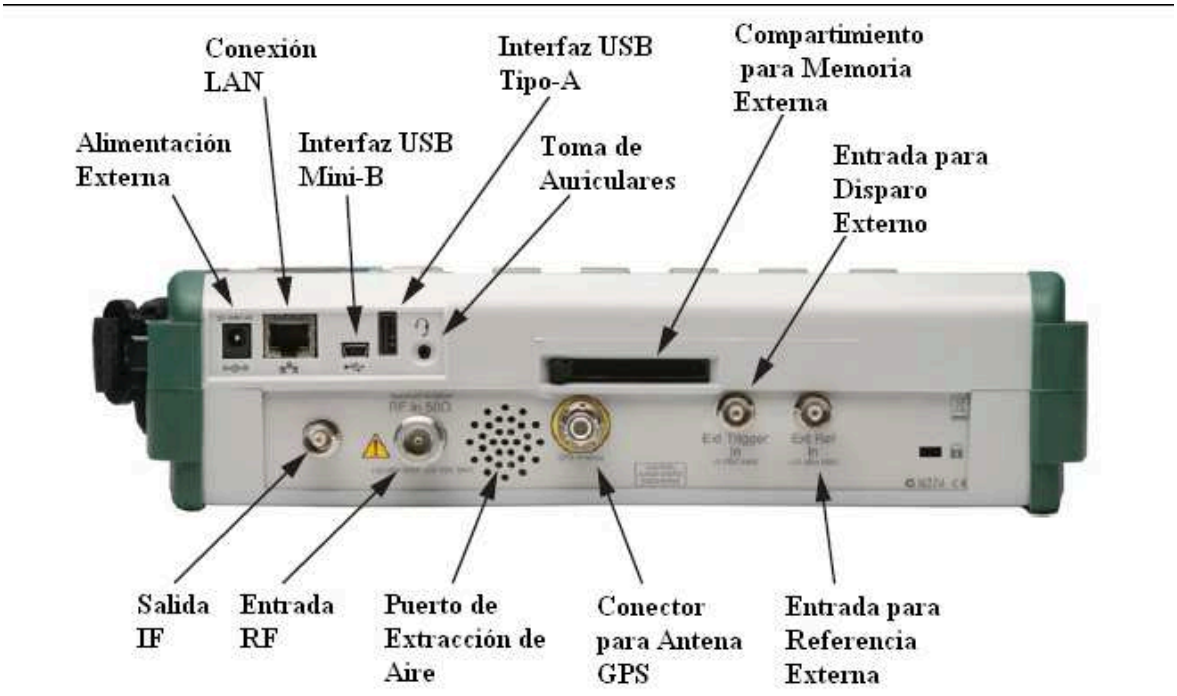


Figura 1. 4 Conectores en el panel superior del MS2724B

1.3.2 PC SOFTWARE

El analizador de espectros Anritsu MS2724B se gestiona mediante el uso del software “Anritsu Master Software Tools”. El equipo se conecta al PC haciendo uso ya sea de la interfaz LAN, la USB tipo-A o la USB Mini-B. Sin embargo, si se usan cualquiera de las interfaces USB el software solo permite descargar los archivos que contienen las mediciones almacenas en el analizador. Para hacer uso de todas las opciones que brinda el software es necesario conectar el equipo vía LAN, si esto es así el software “Anritsu Master Software Tools” permite:

- **Captura o recuperación de trazas.** Es una función para capturar la pantalla actual y los datos asociados del instrumento de prueba y llevarlos a la ventana del editor de gráficos del software. Los archivos guardados en el instrumento de prueba también se pueden recuperar y mostrar o editar con el software.
- **Edición del gráfico.** El software se puede utilizar para cambiar la escala, las líneas de límite y los marcadores en una medición.
- **Menús contextuales.** Estos aparecen al hacer clic derecho en una pantalla de medida activa en la ventana del editor de gráficos.
- **Superposición de trazas.** Trazas matemáticas y superposiciones permiten comparar múltiples trazas.
- **Guardar, abrir, crear nuevos archivos e imprimirlos.** Estos comandos estándar de archivos de Windows se incluyen en el software.
- **Carpeta de espectrograma.** Ofrece una simulación visual en tres dimensiones de una gran cantidad de datos en un conjunto de gráficos.
- **Herramientas de acceso remoto (RAT).** Permiten controlar el instrumento desde un ordenador portátil o PC. Cuando está activado, la pantalla del instrumento de prueba se muestra en la pantalla de medición activa. RAT está disponible únicamente a través de una conexión Ethernet 10/100 Base T.
- **Script Master.** Es un editor para crear archivos que configuran los parámetros de medición y también para crear procedimientos de prueba automatizados para facilitar el trabajo.

1.3.3 PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA REALIZAR LAS MEDICIONES DE NIVEL DE INTENSIDAD DE CAMPO PARA TV ABIERTA ANALÓGICA.

El analizador de espectros Anritsu MS2724B es capaz de operar continuamente por aproximadamente 2.5 horas con una batería completamente cargada. Para realizar las mediciones de nivel de intensidad de campo de la portadora de video de las señales de TV abierta analógica se deben seguir los siguientes pasos:

1) Encender el equipo pulsando el botón On/Off en el panel frontal (Figura 1.5). El analizador de espectros toma aproximadamente un minuto para completar el encendido y para cargar el software de aplicación. Al final de este proceso, el instrumento está listo para ser utilizado.

Figura 1. 5 Botón on/off del Spectrum Master.

2) Presionar la tecla *Shift* y luego la tecla *Mode* (9) para acceder a las funciones del menú “Mode Selector”, luego usando ya sea las teclas de dirección o el mando rotatorio se selecciona el modo “Spectrum Analyzer” y se pulsa la tecla *Enter*. La Figura 1.6 muestra la ventana Mode Selector.

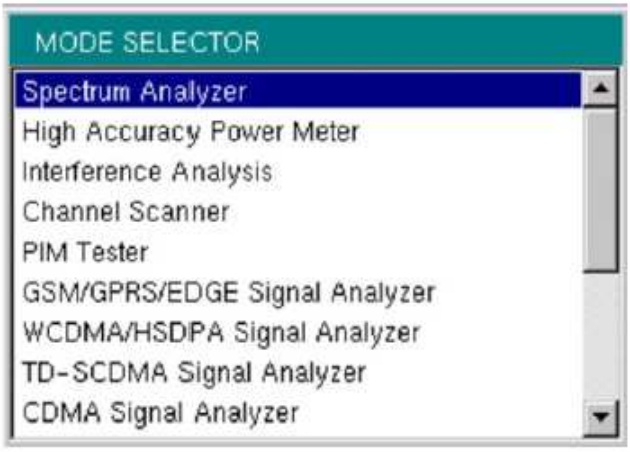


Figura 1. 6 Menú de Selección de Modo

3) Con el modo “Spectrum Analyzer” seleccionado, las teclas de menú principal tienen las siguientes funciones:

Modo	Tecla 1	Tecla 2	Tecla 3	Tecla 4	Tecla 5
Spectrum Analyzer	Freq	Amplitude	Span	BW	Marker

4) Presionar la tecla de menú principal 1 (*Freq*) y aparece el submenú “Freq” en la parte derecha de la pantalla.

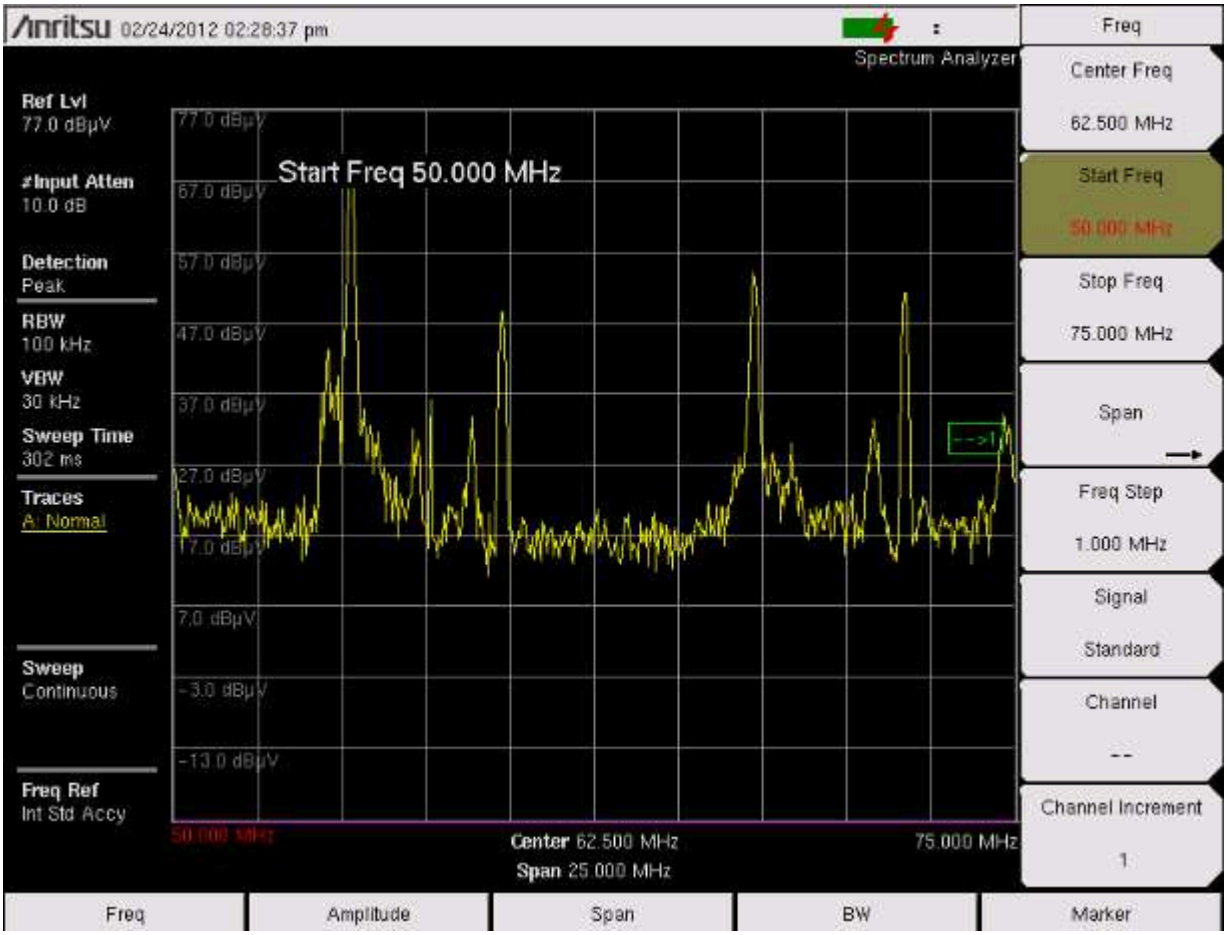


Figura 1. 7 Submenú Freq

5) Presionar la tecla de submenú que corresponde a *Start Freq* y escribir el valor correspondiente a la frecuencia de inicio de un determinado canal (referirse a la Tabla 1.1 del Capítulo 1). En este ejemplo se utilizará como referencia el canal 2, por tanto se escribe el valor 54 con las teclas numéricas y se escoge la unidad de medida en MHz.

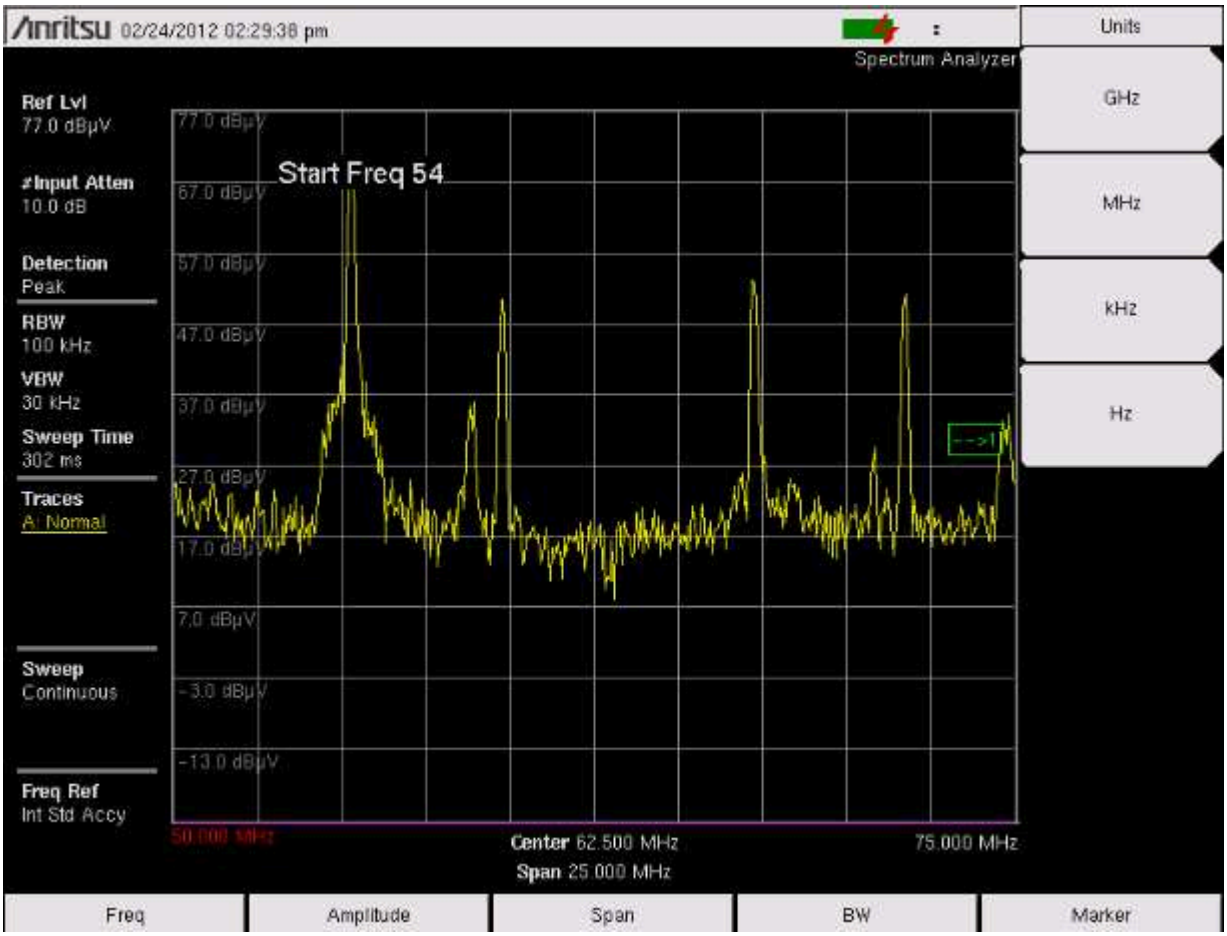


Figura 1. 8 Escritura del Valor de la Frecuencia de Inicio

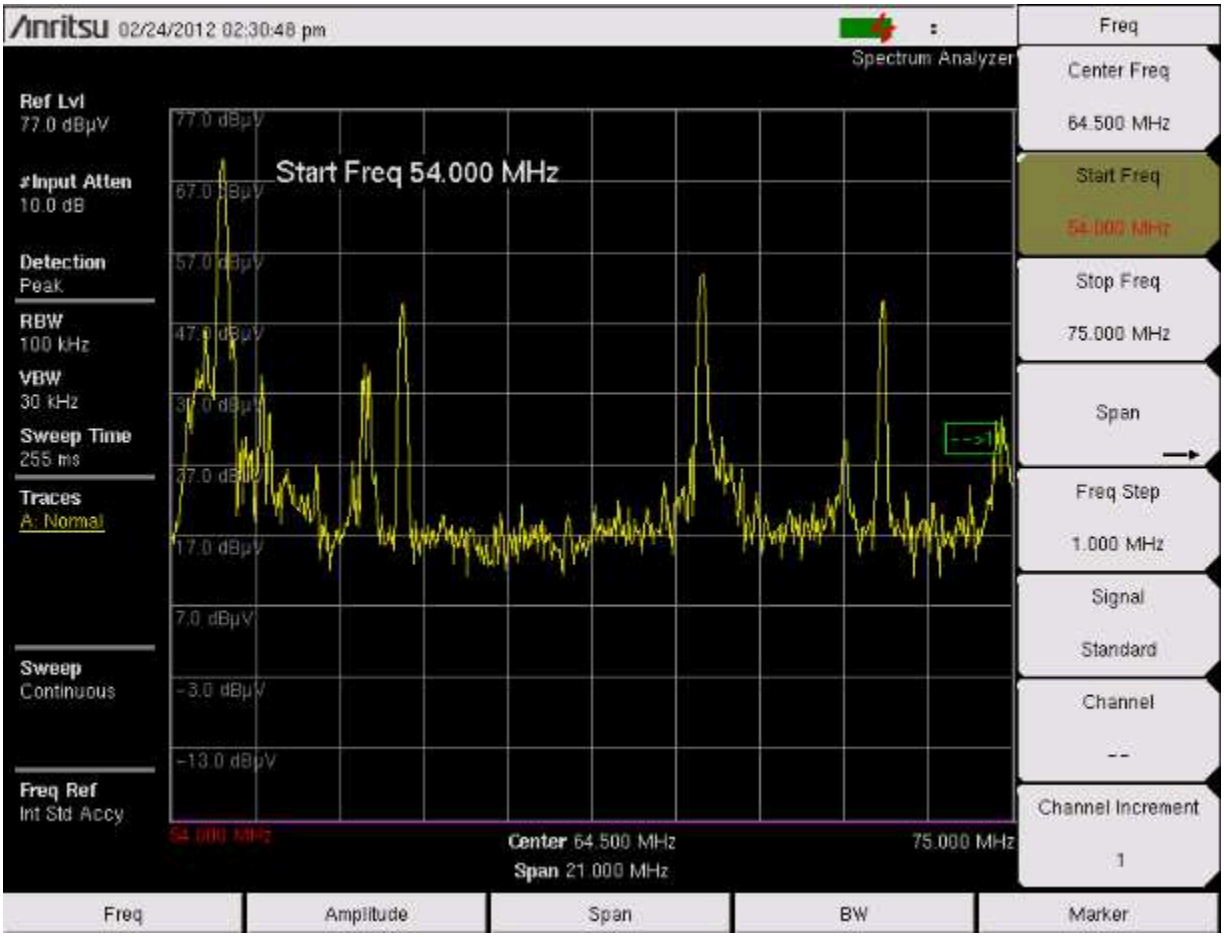


Figura 1. 9 Frecuencia de Inicio establecida en 54MHz

6) Siguiendo el mismo procedimiento de los pasos 4) y 5) ahora se escribe el valor correspondiente a la frecuencia de parada presionando la tecla de submenú que corresponde a *Stop Freq*. Se escribe el valor 60 con las teclas numéricas y se escoge la unidad de medida en MHz.

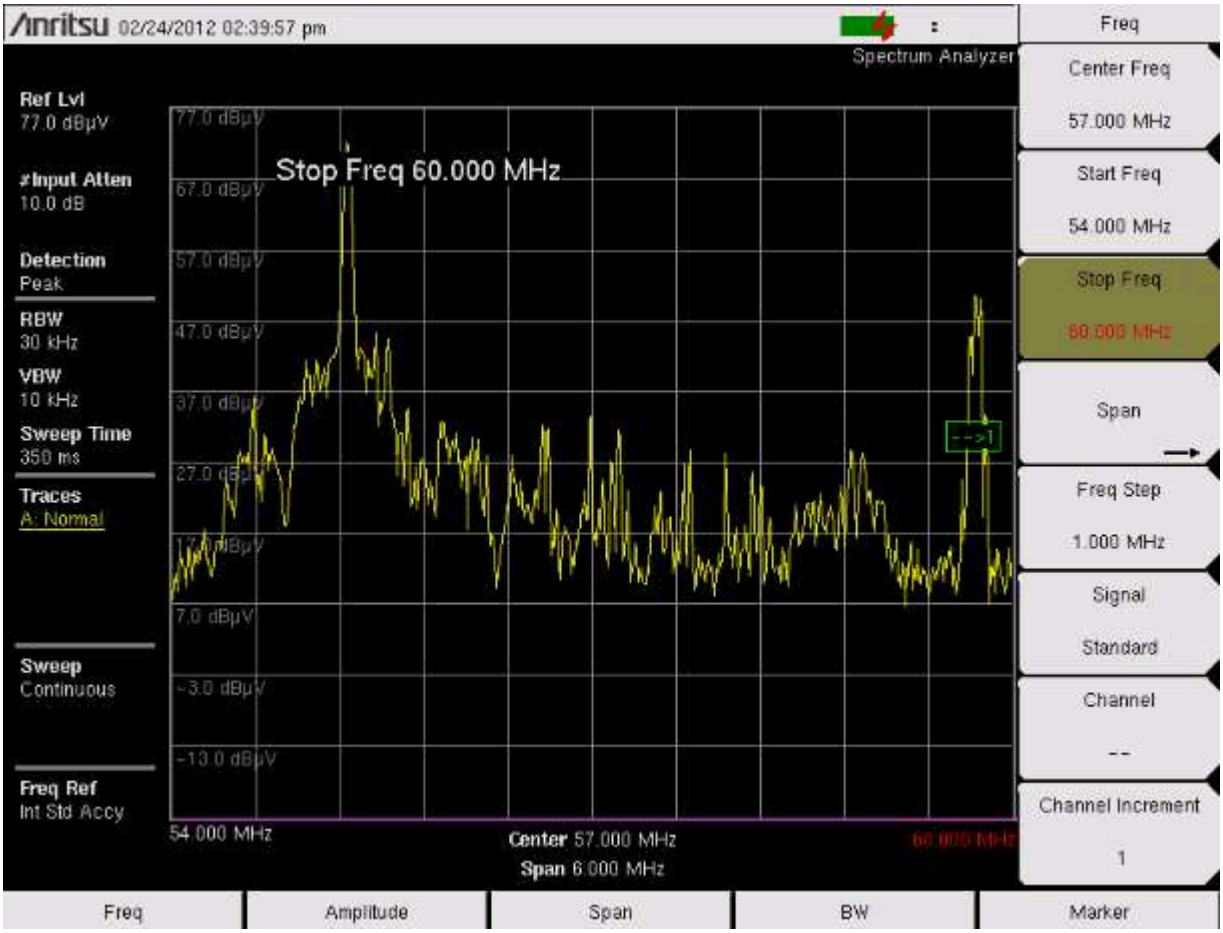


Figura 1. 10 Frecuencia de Parada establecida en 60MHz

7) Presionar la tecla de menú principal 3 (*Span*) y aparece el submenú “Span” en la parte derecha de la pantalla, como ya se seleccionó las frecuencias de inicio y de parada el span se encuentra en 6MHz, es decir que el espectro que se observa en la pantalla va desde 54-60MHz.

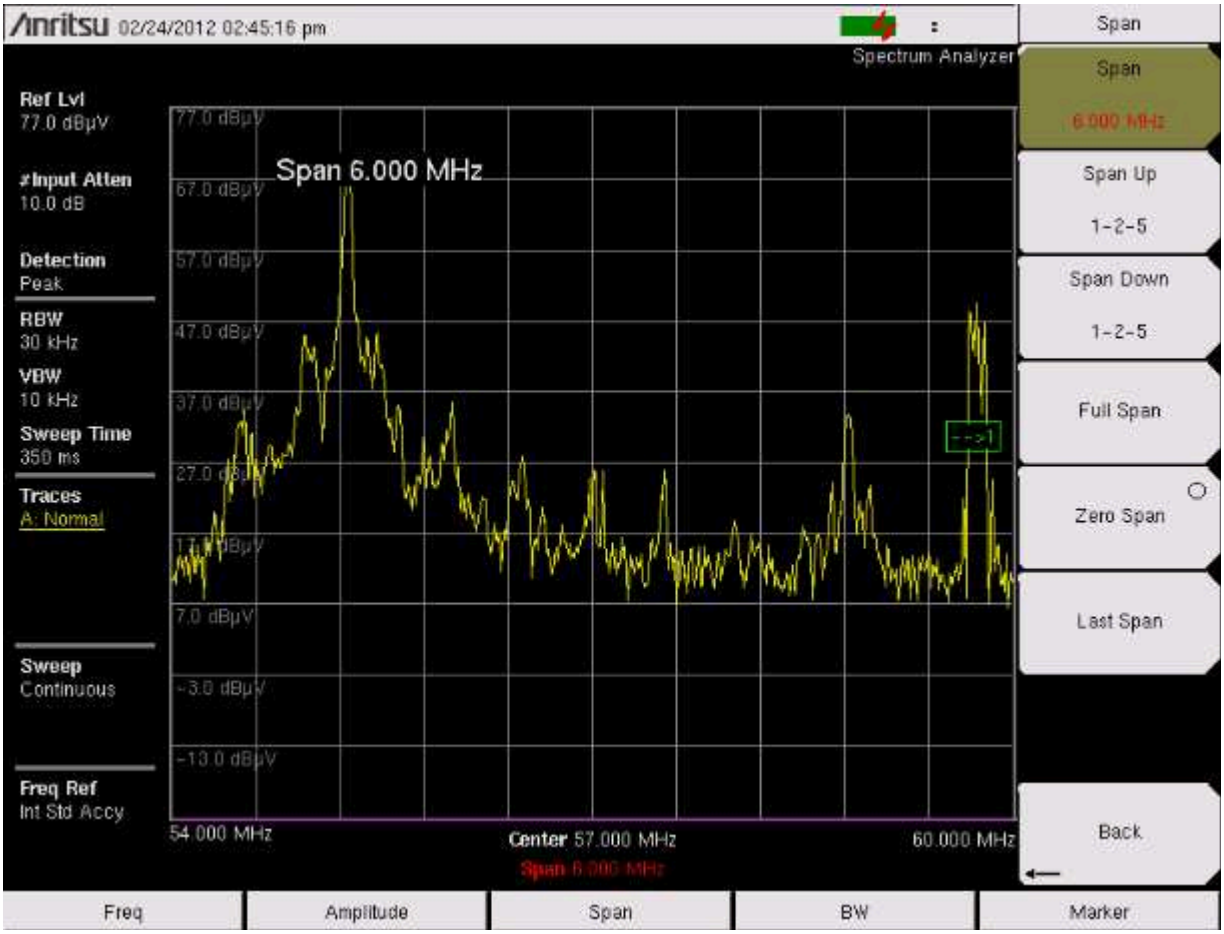


Figura 1. 11 Submenú Span, span actual en 6MHz

8) Presionar la tecla de menú principal 2 (*Amplitude*) y aparece el submenú "Amplitude" en la parte derecha de la pantalla.

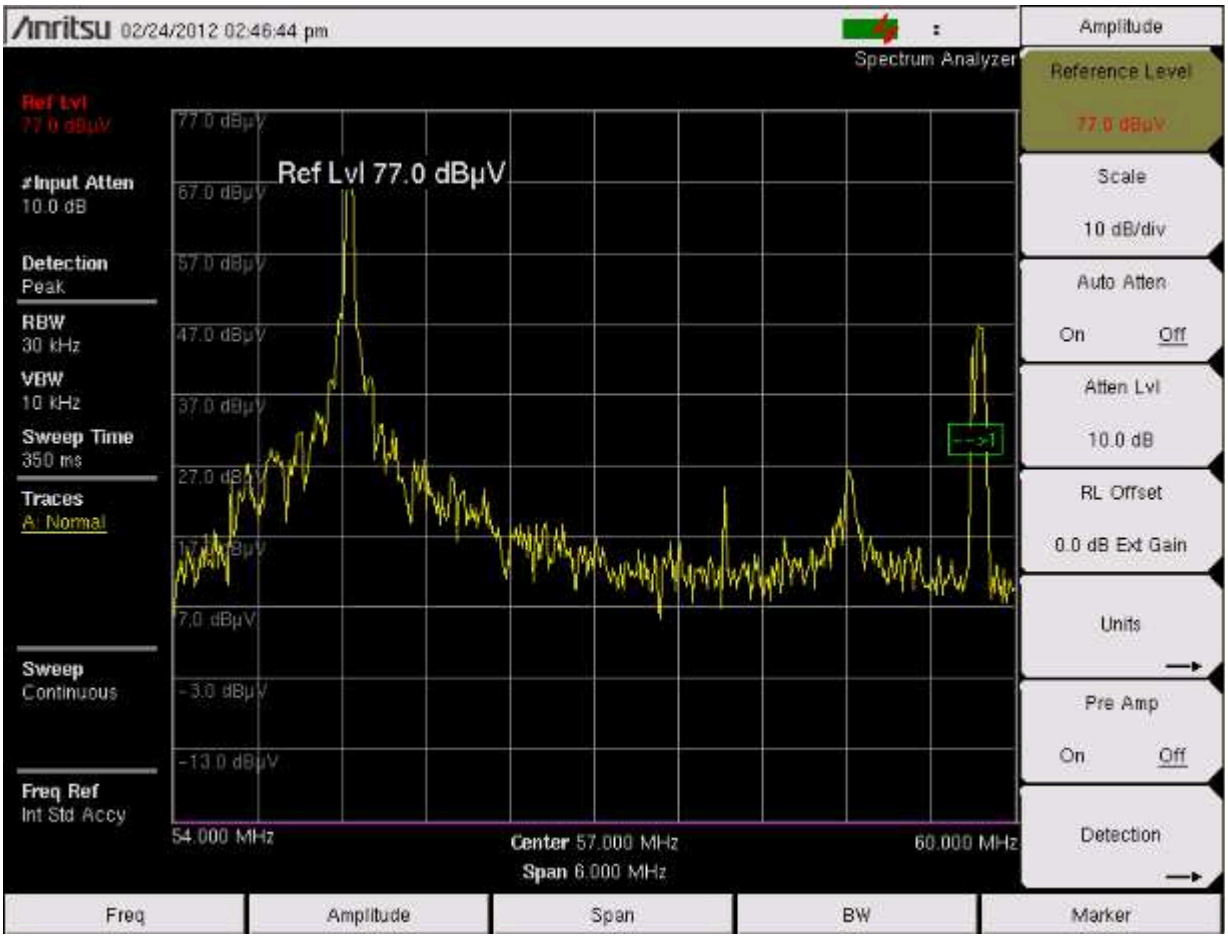


Figura 1. 12 Submenú Amplitude

9) Presionar la tecla de submenú que corresponde a *Units* y seleccionar dBm como unidad de medida.

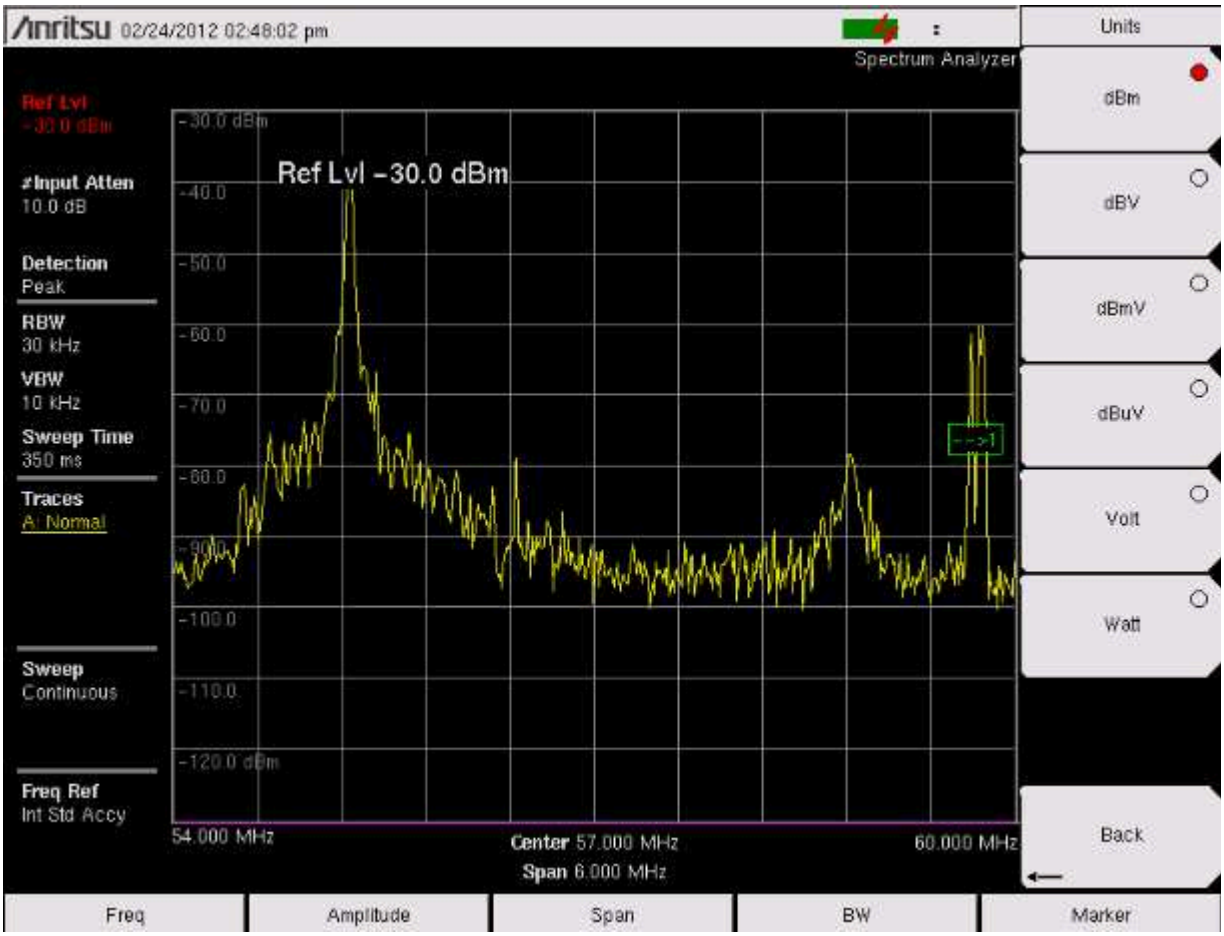


Figura 1. 13 Elección de la Unidad de Medida en dBm

10) En el submenú “Amplitude” seleccionar el nivel de referencia presionando la tecla de submenú que corresponde a *Reference Level*, no se puede establecer un valor fijo ya que dependerá del lugar en el que se realice la medición, pero generalmente varía en el rango de [-10,-30] dBm para emisiones de TV abierta analógica. Esta es una medida para evitar la presencia de ruido excesivo en la señal. Obsérvese también que el piso de ruido se encuentra entre [-90, -100] dBm, usualmente este piso de ruido se mantiene en ese orden para mediciones de intensidad de campo en el perímetro urbano de la ciudad de Quito.

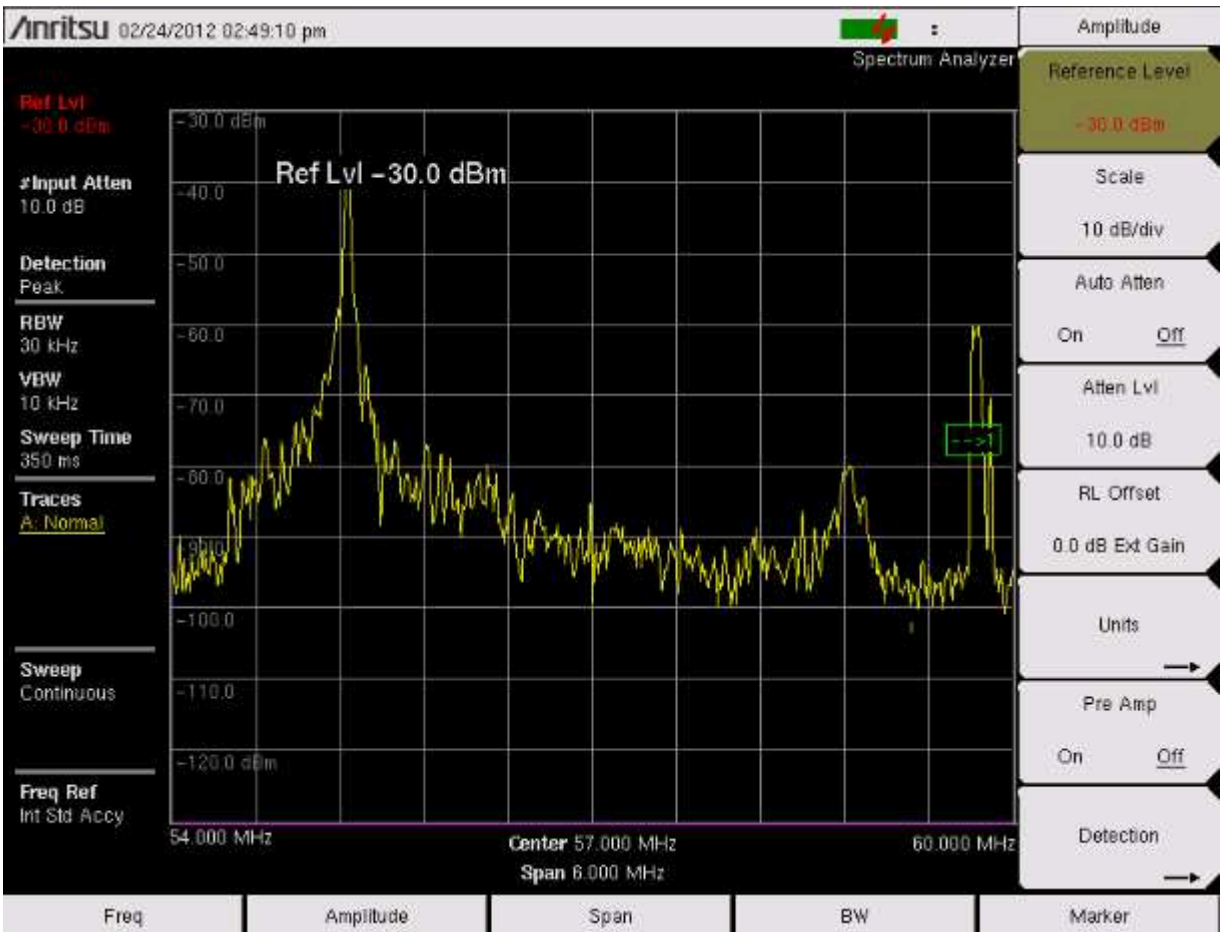


Figura 1. 14 Establecimiento del Nivel de Referencia en -30dBm

11) En el submenú “Amplitude” presionar la tecla de submenú *Auto Atten* y desactivarla (*off*), luego seleccionar el nivel de atenuación presionando la tecla *Atten Lvl*, escribir el valor de 10 y presionar *Enter* (es decir que se trabaja con una atenuación de 10dB, esto con la finalidad de asegurar que armónicos o espurias no se introduzcan en la medición).

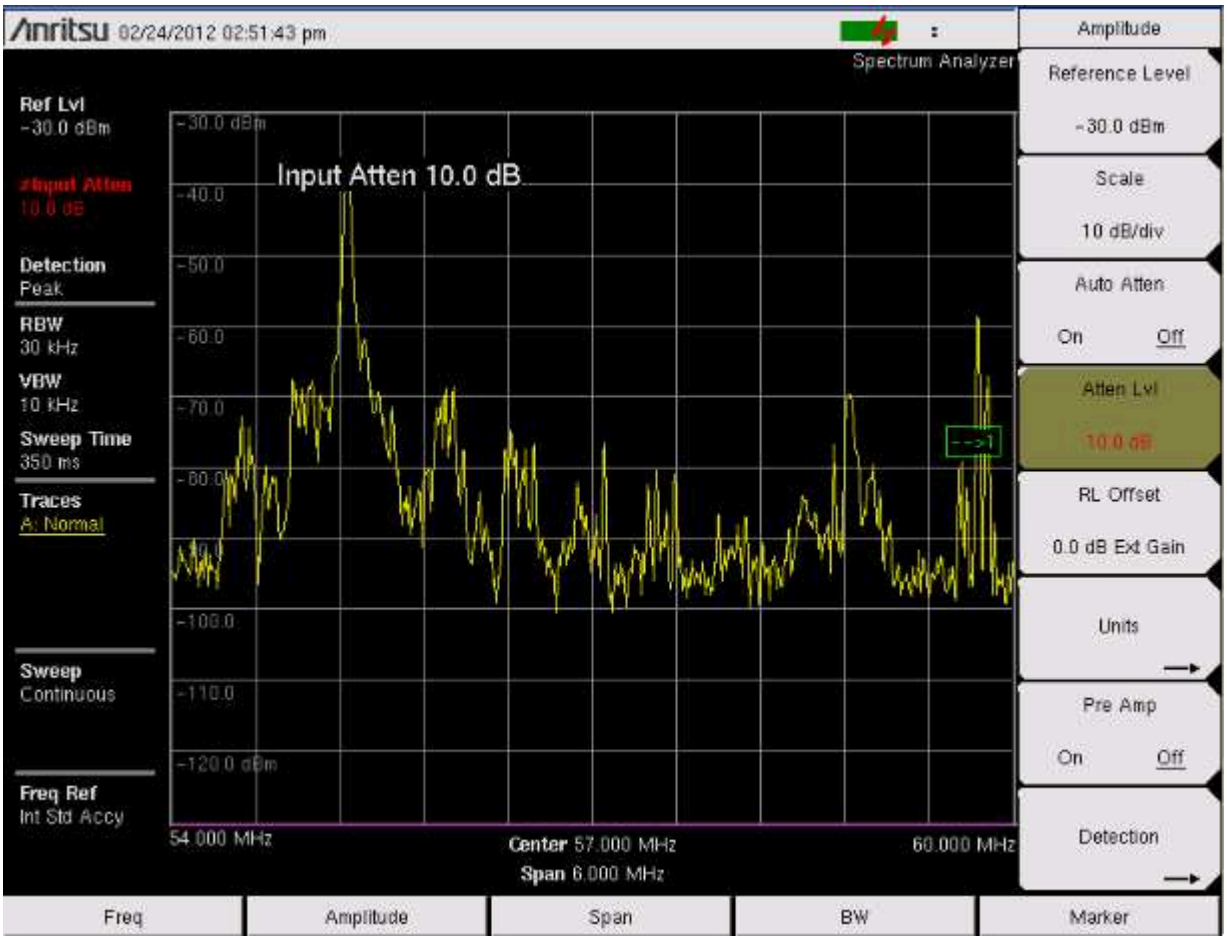


Figura 1. 15 Establecimiento del Nivel de Atenuación en 10dB

12) En el submenú “Amplitude” nuevamente presionar la tecla de submenú que corresponde a *Units* y seleccionar ahora dBµV como unidad de medida.

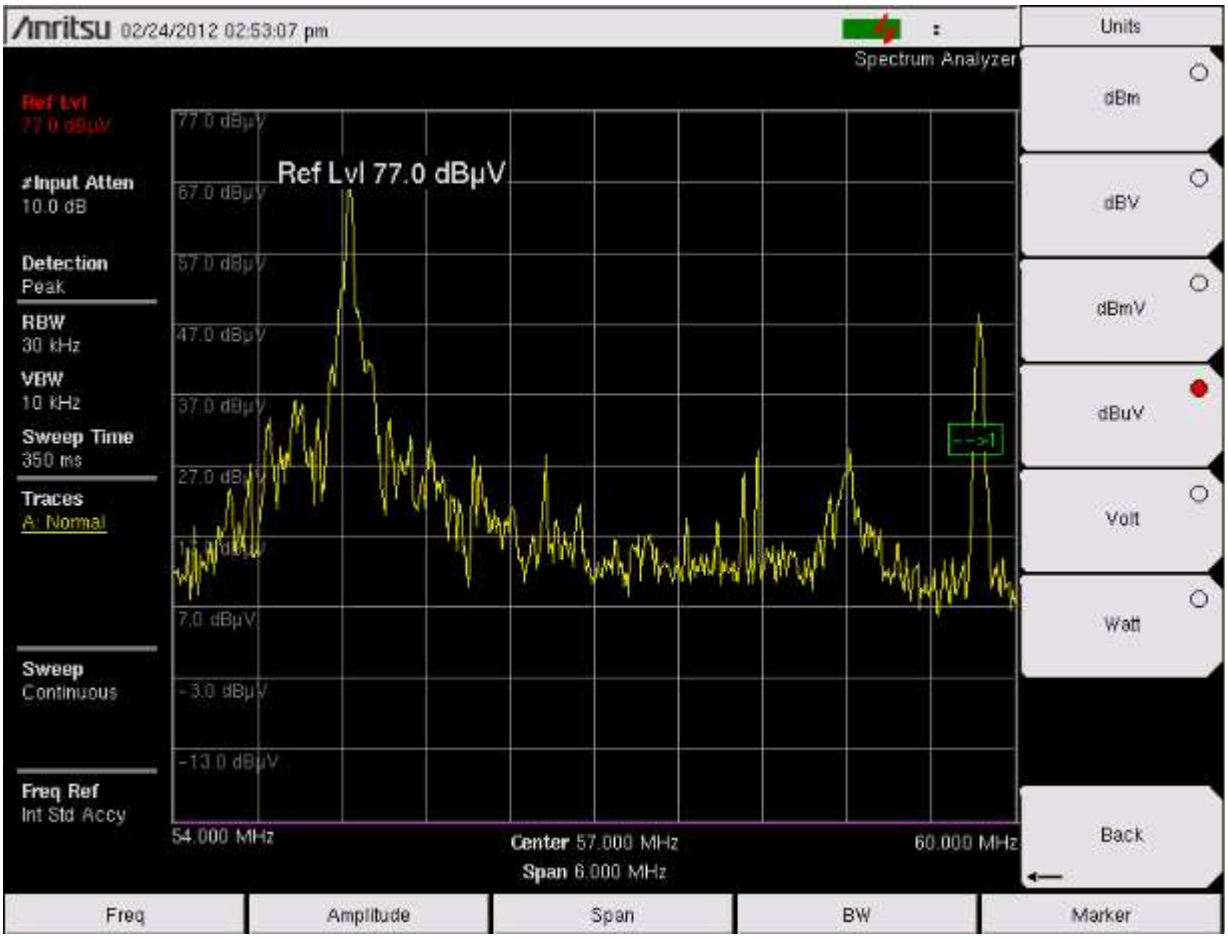


Figura 1. 16 Elección de la Unidad de Medida en dBuV

13) Presionar la tecla de menú principal 4 (*BW*), aquí es posible seleccionar la relación Resolution Bandwidth (RBW) y la relación Video Bandwidth (VBW); se utilizará la capacidad del equipo de establecer estos valores de forma automática (Auto RBW y Auto VBW) ya que si se usa la forma manual y estos no se establecen correctamente, la apreciación del espectro de la señal se verá comprometida y esto puede dar lugar a errores en la medición.

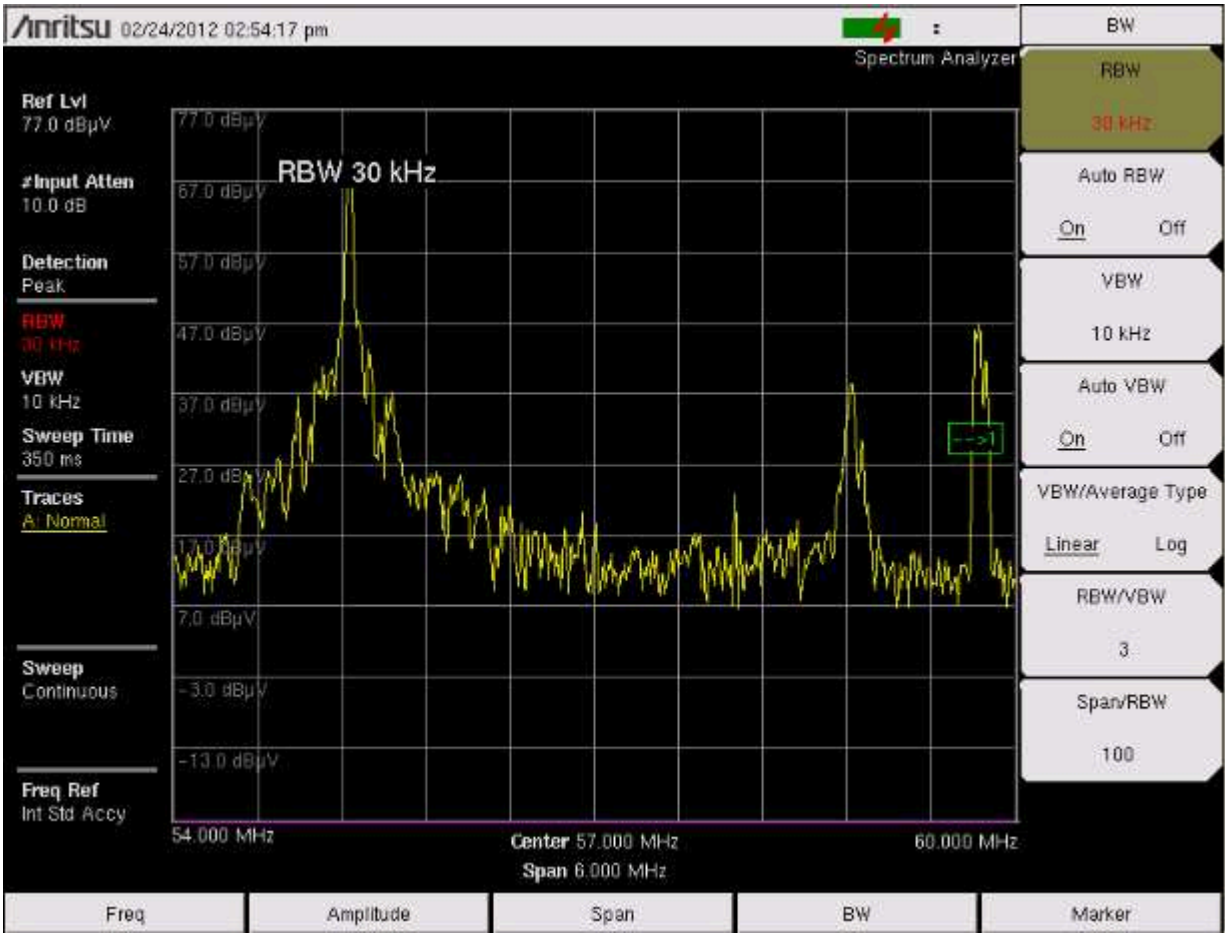


Figura 1. 17 Activación del Auto RBW y Auto VBW, en este caso el RBW es de 30KHz y el VBW es de 10KHz (estos valores se mantienen para la medición de cada canal de TV abierta).

14) Presionar la tecla de menú principal 5 (*Marker*), en el submenú que aparece se debe observar que en la pestaña *Marker* esté el numero 1 subrayado, luego ir a la pestaña *On/Off* y encender el marcador que aparecerá en la pantalla en color rojo con el numero 1.

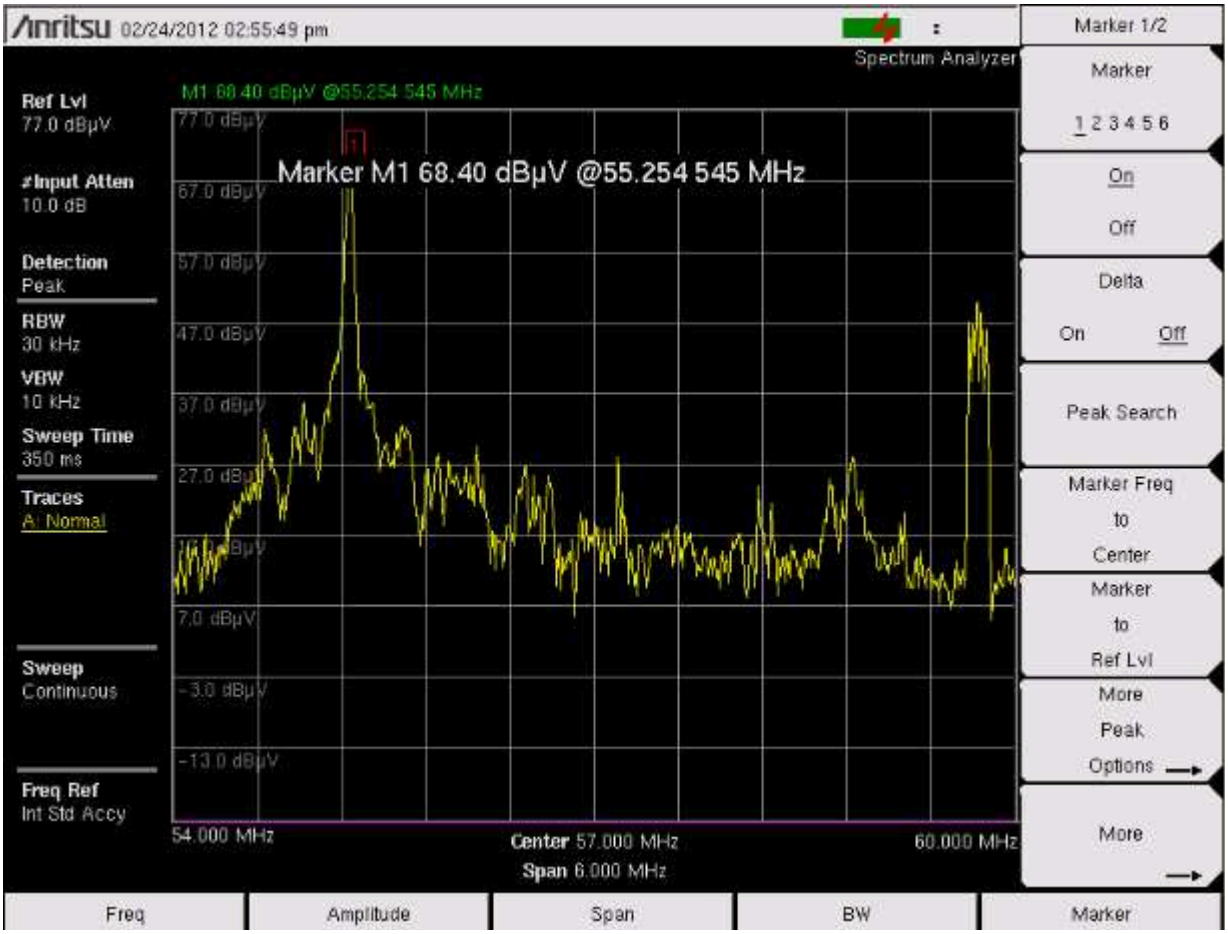


Figura 1. 18 Submenú Marker

15) Se puede seleccionar la frecuencia en la cual se desea colocar este marcador (que sería 55.25 MHz que es la frecuencia de la portadora de Video para el canal 2) o se puede presionar la pestaña *Peak Search* que ubicará al marcador en donde se encuentre el nivel más alto de la señal (que estará en 55.25MHz o en un valor muy cercano a este).

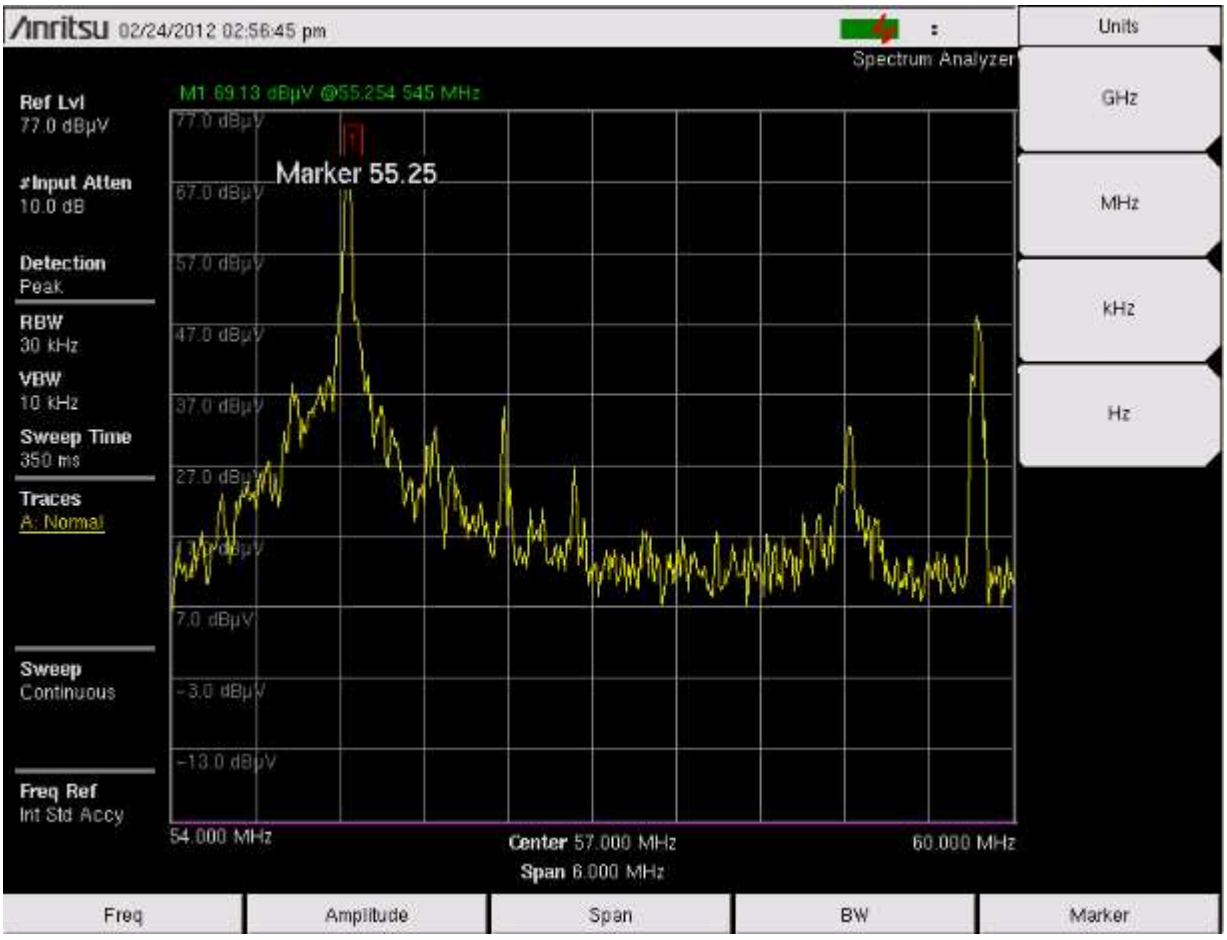


Figura 1. 19 Escritura del Valor de la Frecuencia Deseada

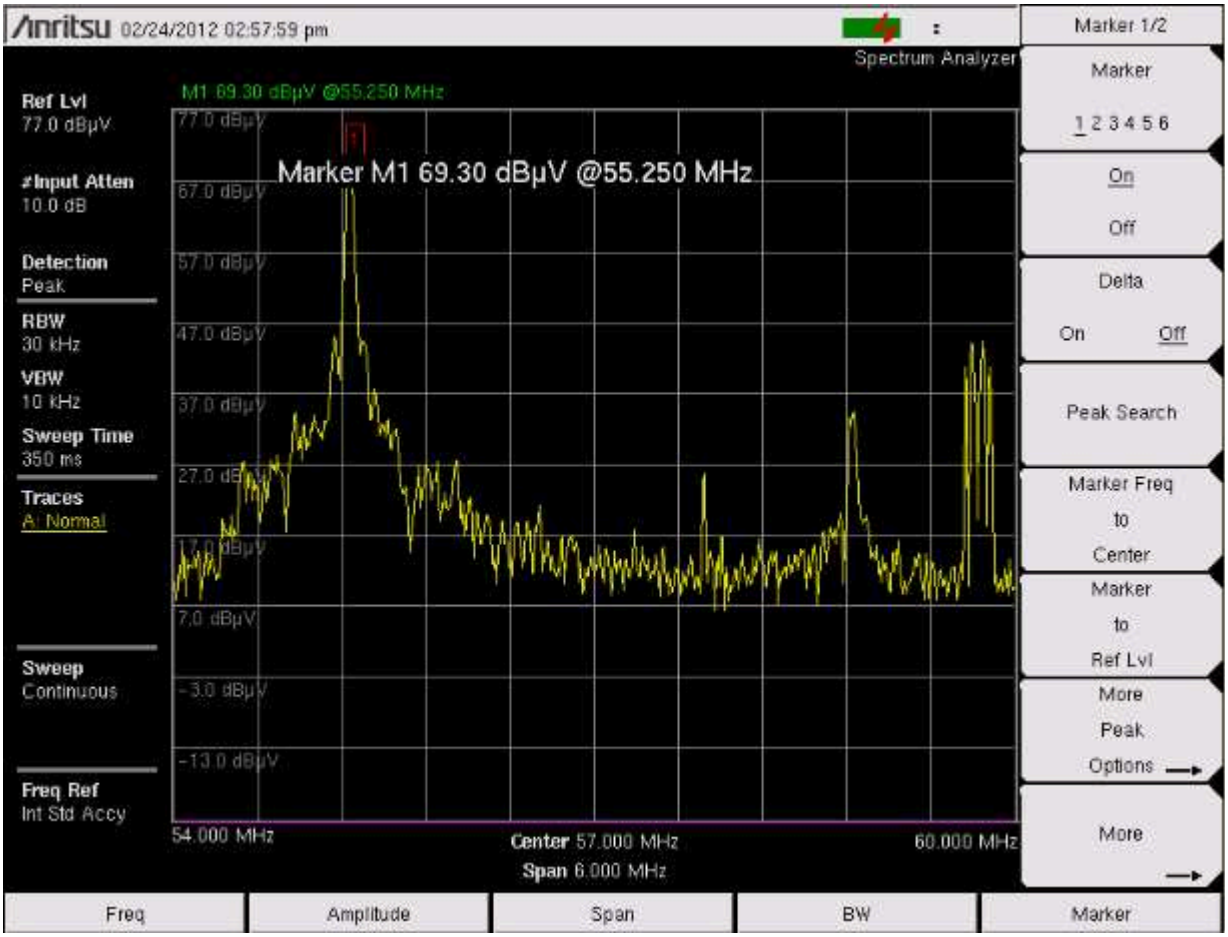


Figura 1. 20 Frecuencia Establecida en 55.25MHz (frecuencia de la Portadora de Video del canal 2)

16) El valor que se obtiene en la posición en la que se encuentra el marcador está en dBµV, que es una unidad de voltaje y que además variará dependiendo de la antena utilizada. Para determinar el nivel de intensidad de campo eléctrico (dBµV/m), el equipo utiliza una tabla conocida como “Antenna” predefinida para las antenas propias del equipo y configurable, en el caso de que se desee utilizar otro tipo de antena, este archivo considera las siguientes características de la antena: la frecuencia y el factor de antena (en dB). Por tanto no interesa el tipo de antena que se utilice en la medición, ya que si se activa el uso de la tabla “Antenna” (correspondiente a la antena que físicamente está conectada), el equipo realizará los cálculos pertinentes para la obtención del valor del nivel de intensidad de campo eléctrico en dBµV/m. Para activar la mencionada tabla se presiona la tecla *Shift* y luego la tecla *Measure* (tecla numérica 4) y aparece el submenú “Measure” en la parte derecha de la pantalla.

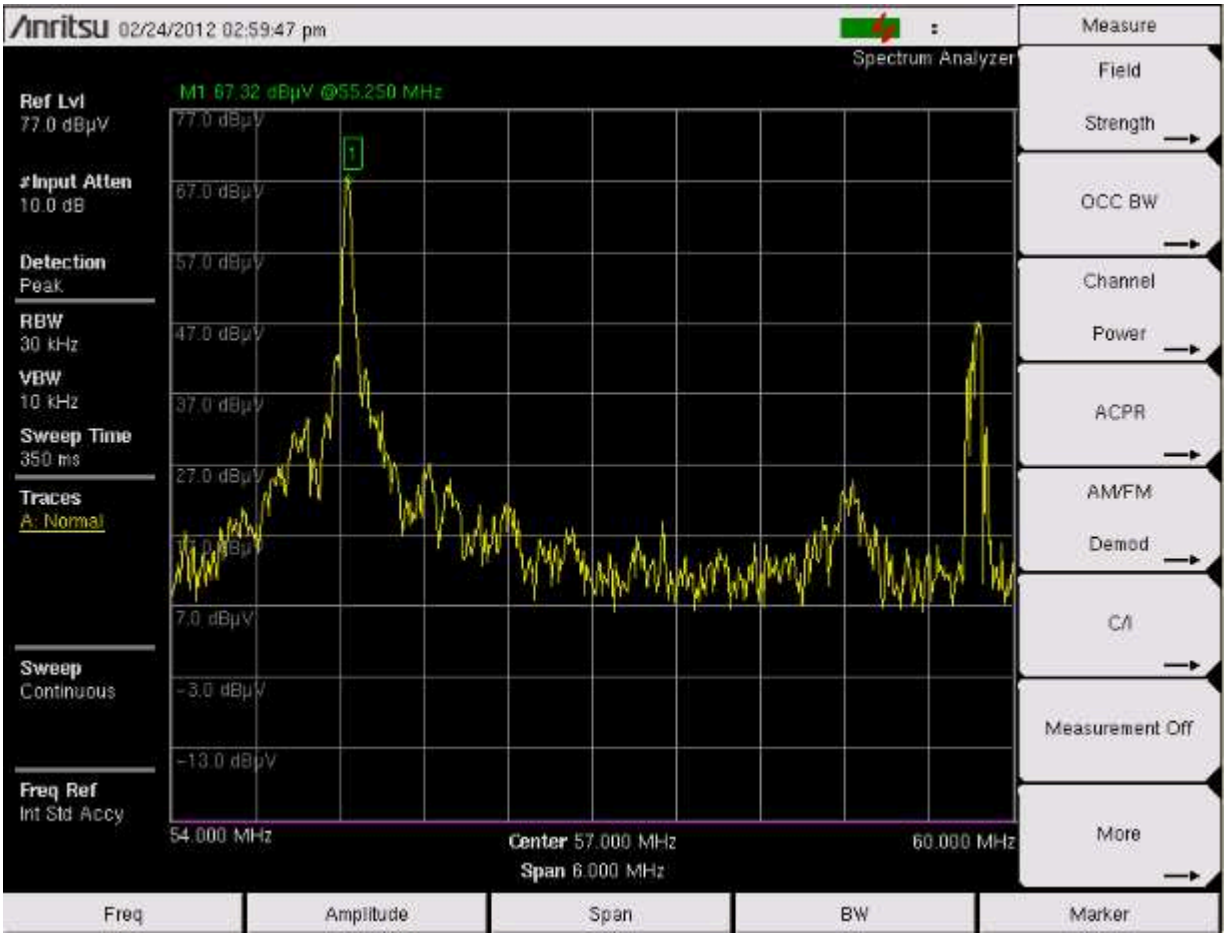


Figura 1. 21 Submenú Measure (potencia de la señal en dBuV para la frecuencia de 55.25MHz)

17) Presionar la tecla de submenú *Field Strength*, y aparece el Submenú de Selección y Activación de “Antenna”.

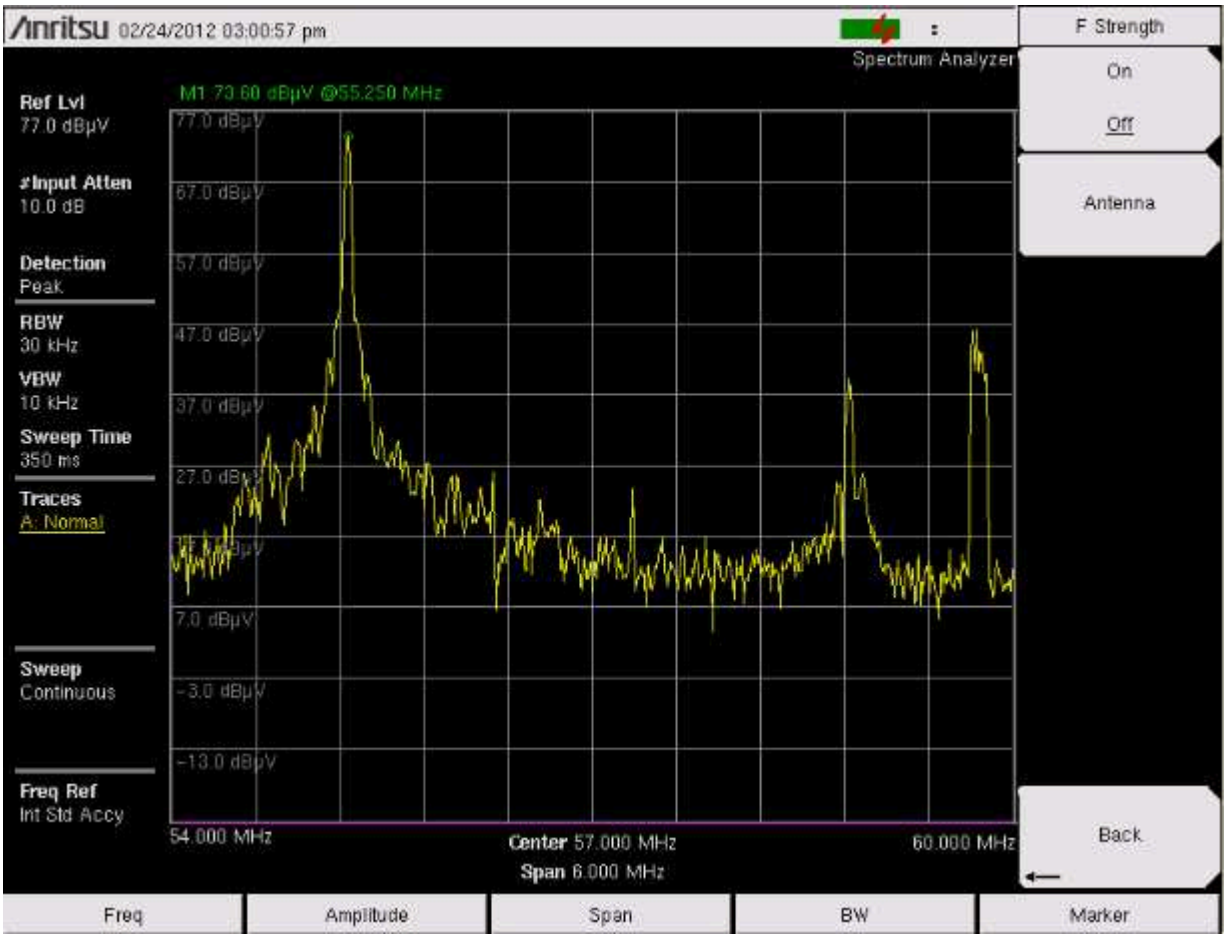


Figura 1. 22 Submenú de Selección y Activación de la tabla “Antenna”

18) Presionar la tecla de submenú que corresponde a *Antenna*, seleccionar la tabla de la antena que se encuentra conectada al equipo y presionar *Enter*.

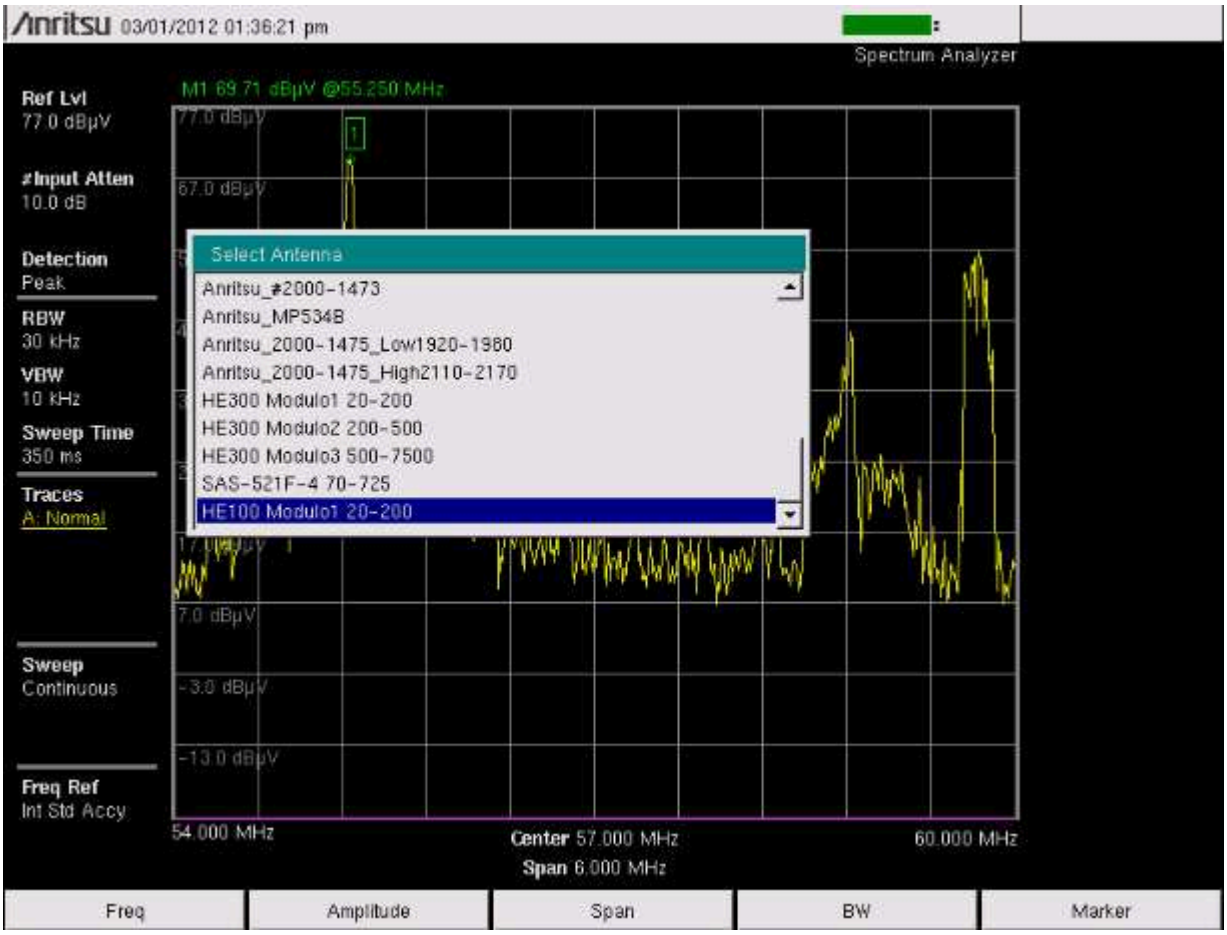


Figura 1. 23 Selección de la tabla “Antenna”

19) Ir a la pestaña *On/Off* y activar el uso de la tabla “Antenna”. Se puede observar que ahora la unidad de medida se encuentra en dBµV/m, es decir que se está midiendo el nivel de intensidad de campo eléctrico de la señal. Además el nivel de referencia cambia automáticamente para que la apreciación del espectro sea correcta

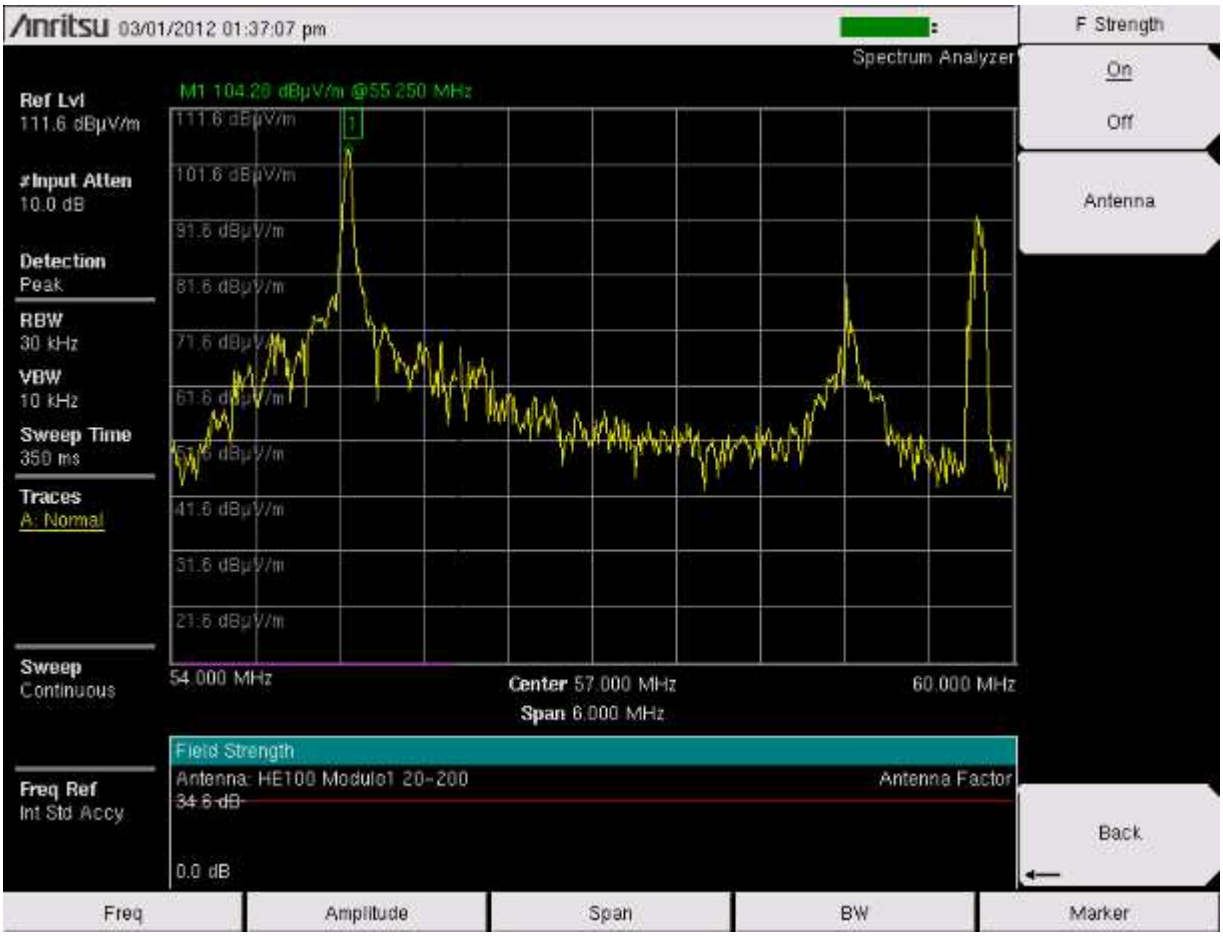


Figura 1. 24 Activación de la tabla “Antenna”

20) La señal varía en el tiempo y debido a esto el nivel de la señal que muestra el analizador cambia constantemente, por tanto se debe obtener un valor promedio. Para obtener un valor promedio se presiona la tecla Shift y luego la tecla Trace (tecla numérica 5) y aparece el submenú *Trace* en la parte derecha de la pantalla.

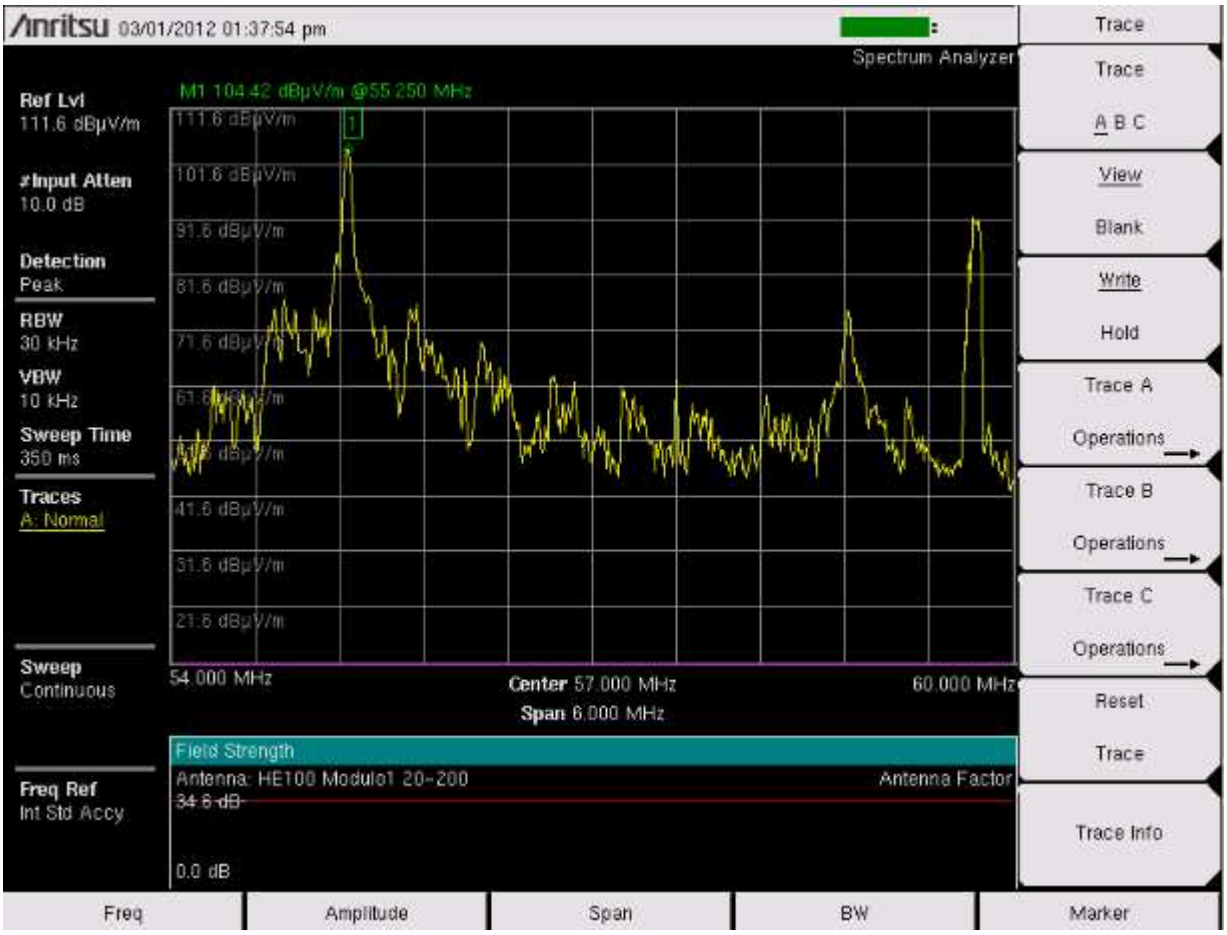


Figura 1. 25 Submenú Trace

21) Presionar la tecla de submenú que corresponde a *Trace A Operations* y aparecerá el submenú *Trace A Ops* en el cual se escoge la opción *Max Hold*, con esto se obtendrá un valor promedio de los niveles más altos que detecte el analizador. El nivel de intensidad de campo eléctrico promedio de la señal en 55.25 MHz (frecuencia de la portadora de video del canal 2) se observa en la Figura 1.27 y en este caso es igual a 109.22 dBµV/m. Es este último valor el de interés para el presente proyecto.

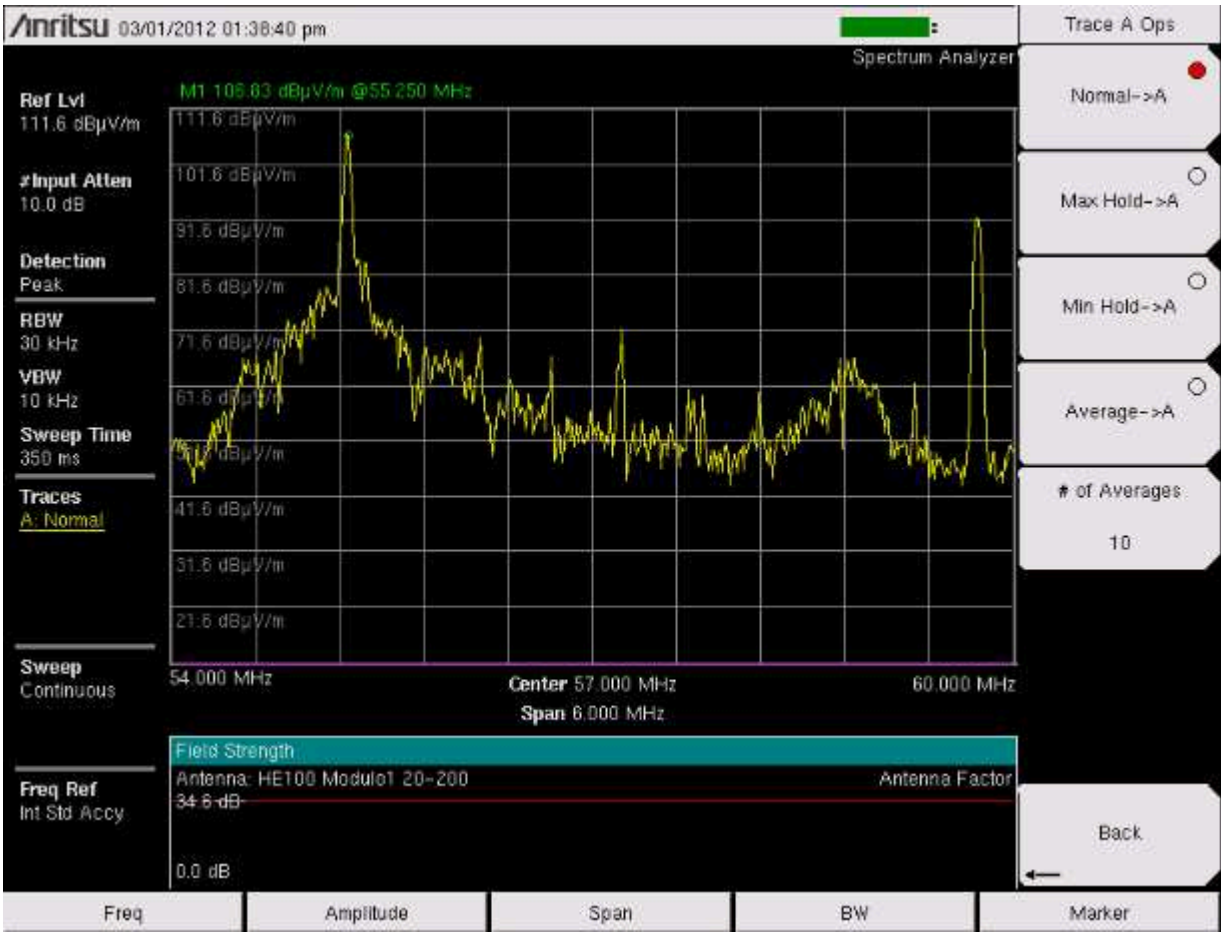


Figura 1. 26 Submenú Trace A Ops

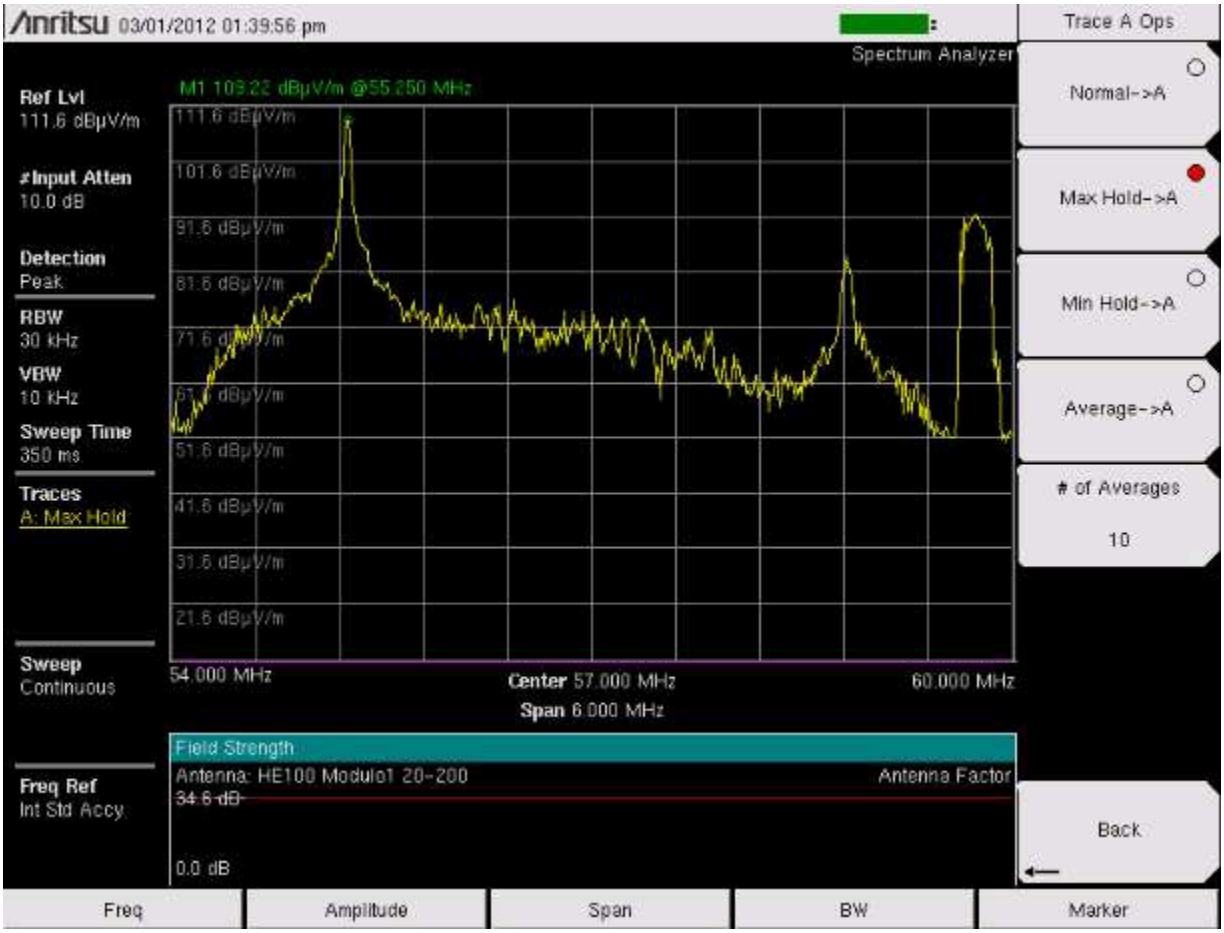


Figura 1. 27 Activación de la opción Max Hold

22) Finalmente se guarda esta medición presionando la tecla Shift y luego la tecla File (tecla numérica 7) y aparece el submenú “File” en la parte derecha de la pantalla, se presiona la tecla de submenú que corresponde a *Save Measurement* y aparece un recuadro en la parte central de la pantalla, dar un nombre y presionar la tecla *Enter*.

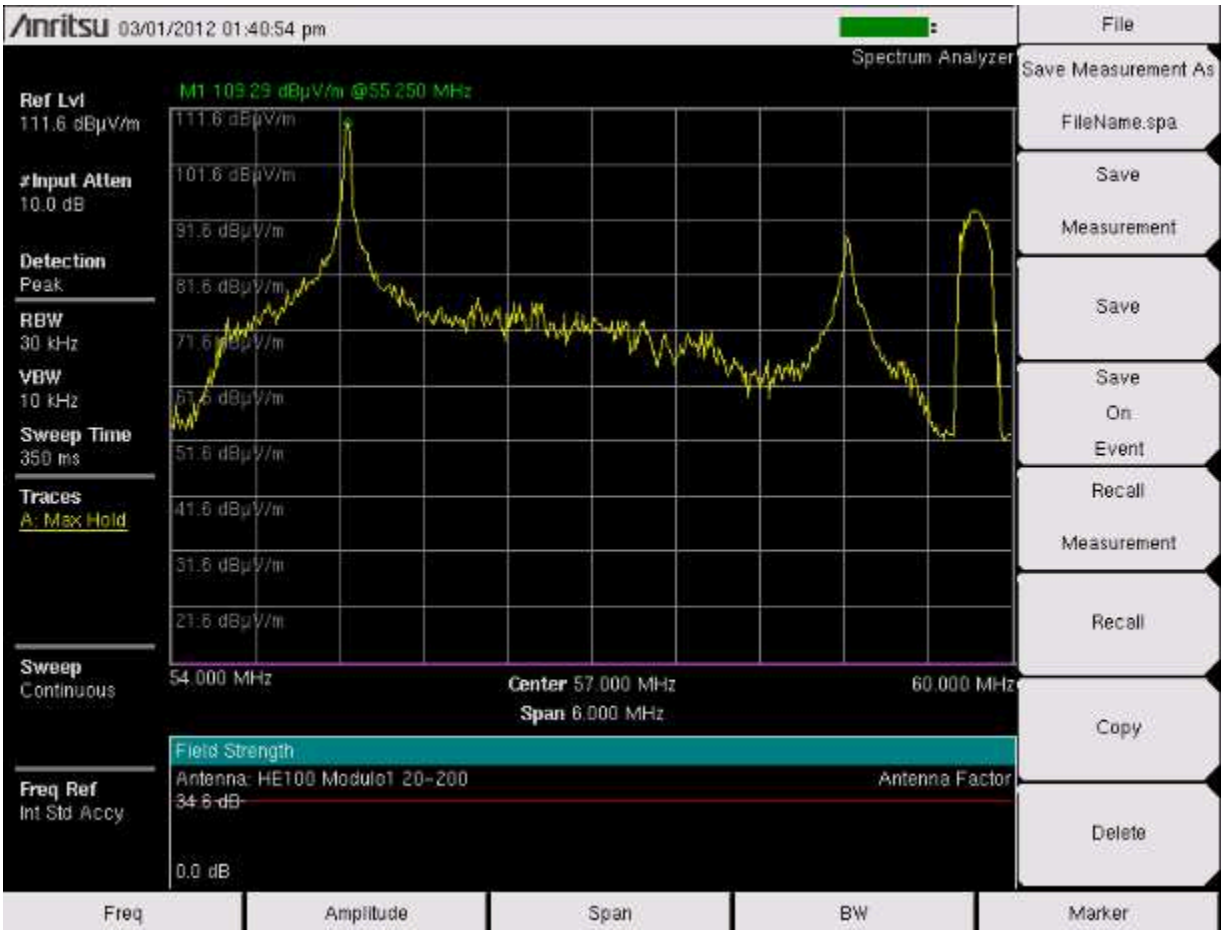


Figura 1. 28 Submenú File

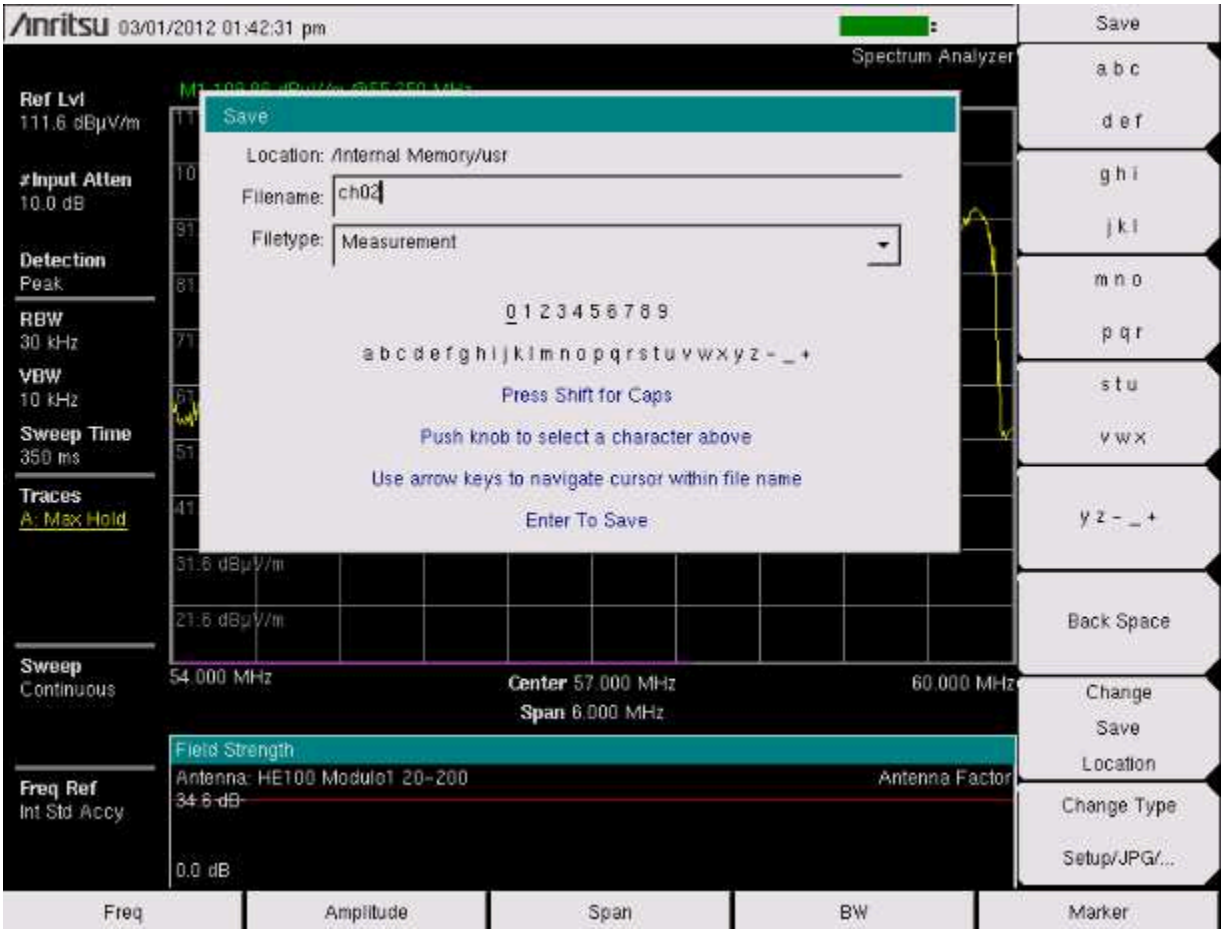


Figura 1. 29 Grabación de la Medición en la Memoria Interna del Dispositivo.

CAPÍTULO 2

SOFTWARE ICS TELECOM, ELECCIÓN DEL MODELO DE PROPAGACIÓN Y DETERMINACIÓN DE PATRONES DE RADIACIÓN

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se realiza una breve descripción del software ICS Telecom, se describen los componentes de la pantalla principal, menús y herramientas a utilizarse en lo que se refiere a la predicción de coberturas de estaciones de TV analógica.

2.2 PANTALLA PRINCIPAL DEL PROGRAMA ICS TELECOM

La pantalla principal del software ICS Telecom está compuesta por las Áreas de Visualización, de Coordenadas, de Paleta, y de Estado; además de la Barra de Herramientas y la Barra de Menús. Todas estas áreas son interdependientes, exceptuando la barra de herramientas y la de menús.

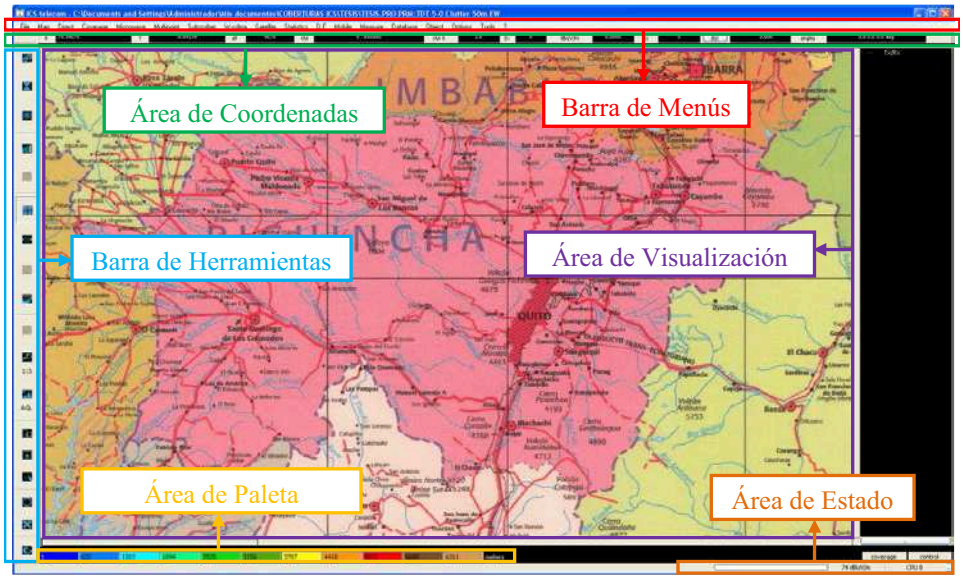


Figura 2. 1 Pantalla principal del programa ICS Telecom

La interdependencia se refiere a que una vez que el usuario mueve el cursor en el área de visualización, la información en el área de coordenadas se modifica; además como la leyenda se muestra de acuerdo con el archivo que aparece en la zona de visualización, si el usuario ha modificado los resultados de la paleta, la visualización del archivo es modificada también, y mientras la simulación se está ejecutando, la barra de estado muestra el tiempo requerido para culminar la simulación. La Figura 2.1 muestra la pantalla principal del programa.

2.2.1 ÁREA DE VISUALIZACIÓN

El Área de Visualización es el espacio de trabajo del programa ICS-Telecom. En esta zona, el usuario puede visualizar: archivos cartográficos (imágenes de referencia, los DEM[7] o Clutters[8]) en dos o tres dimensiones; el desarrollo de simulaciones en tiempo real y sus resultados se superponen en el archivo cartográfico activo.

Igualmente permite la instalación visual de todos los elementos y objetos necesarios para las simulaciones. El área central incluye barras de desplazamiento que permite al usuario moverse arriba y abajo, izquierda y derecha, en cualquier archivo. La barra de desplazamiento se activa sólo cuando el archivo es demasiado grande para ser visualizado en la pantalla en su totalidad. Un índice de escala correspondiente aparecerá en la barra de desplazamiento.

En la carga de un proyecto, el archivo cartográfico se visualiza en su totalidad en el área central de la pantalla independientemente de su tamaño. El porcentaje de zoom necesario para esta operación es calculado automáticamente por el ICS Telecom. En el lado derecho de la pantalla la información con respecto al

---

[7] **DEM** es el Modelo de Elevación Digital que corresponde a un modelo digital o una representación en 3D de la superficie de un terreno creado a partir de los datos de elevación del terreno.

[8] **Clutter** es un archivo que contiene los códigos de ocupación de suelo del área geográfica.

proyecto es mostrada: Nombre del proyecto, el espacio libre en el disco duro, resolución del DEM y de los archivos de imágenes, códigos de entrada y salida de proyección, la fórmula de propagación, el modelo de difracción, elipsoide, el factor K[9], reflexión lambertiana aplicada[10], onda esférica, radio de la tierra, etc.

El porcentaje de zoom se puede aumentar en función de los requisitos prácticos de visualización. En este caso, la barra de desplazamiento se activa para que el usuario pueda moverse con facilidad en el archivo. Los movimientos se llevan a cabo haciendo clic izquierdo directamente en la barra de desplazamiento, la escala del índice se mueve indicando la ubicación del usuario.

Los movimientos del cursor en la zona de visualización se pueden realizar de dos maneras:

Mouse: botón izquierdo: confirmación
botón derecho: acceso a un menú flotante
movimiento del mouse + tecla Shift: movimiento panorámico en el archivo

Teclado: flechas: movimiento del cursor
<Enter>: confirmación
<Esc>: cancelación

2.2.2 ÁREA DE COORDENADAS

La información de la posición del cursor se muestra en tiempo real en los campos de coordenadas. El usuario se mantiene informado de las coordenadas del punto

---

[9] **Factor K:** Relación entre el radio ficticio de la Tierra y el radio verdadero de la Tierra.

[10] **Reflexión lambertiana:** Si una superficie presenta reflexión lambertiana, la luz que cae sobre ella se dispersa de tal manera que el brillo aparente de la superficie a un observador es el mismo independientemente del ángulo de visión del observador. Más técnicamente, la luminancia de superficie es isótropa.

en el que se encuentra el cursor. En la Figura 2.2 se muestra el área de coordenadas del software ICS Telecom.

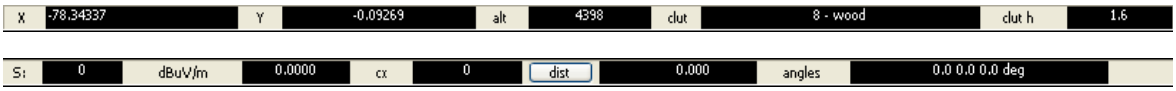


Figura 2. 2 Área de coordenadas

Los campos de información más relevantes, que se muestran en la Figura 2.2 (de izquierda a derecha) son:

*Longitud (*campo *X), Latitud (*campo *Y)* en metros o en grados-minutos-segundos, de acuerdo con la imagen cartográfica de proyección. Por defecto, las coordenadas se expresan en metros (UTM, LAMBERT...). Las coordenadas métricas se indican en el plano X, Y. El usuario puede elegir el modo de conversión de coordenadas geográficas (Función *Tools / Cartographic conversions*). Las coordenadas indicadas en los campos *X* e Y se expresan en grados-minutos-segundos de la siguiente manera:
-78.34337 y -0.09269
Los dígitos antes del punto son los grados, los dos dígitos inmediatamente después del punto son los minutos y los dos últimos dígitos son los segundos, de UTM a conversión geográfica, el signo "-" antes de cada coordenada indica que el punto se encuentra al oeste de Greenwich y al sur del Ecuador.

Altitud en metros (campo *alt*).

Código de Clutter (campo *clut*). Son los códigos de ocupación de suelo, los valores de atenuación asociados con estos códigos pueden ser definidos por el usuario utilizando la función *Tools / Clutter options*. En la Tabla 2.1 se presentan estos códigos.

Código	CCIR	UER[11]
0	Rural	Rural
1	Suburbano	Suburbano
2	Urbano	Urbano
3	Urbano 15m	Urbano
4	Urbano 30m	Urbano
5	Bosque	Bosque
6	Hídrico	Hídrico
7	Urbano 50m	Urbano
8	Rural Boscoso	Bosque
9	Calles / Carreteras	----

Tabla 2. 1 Códigos de Ocupación de Suelo

Altura del Clutter (campo *clut h*)
Muestra la altura del clutter en el punto indicado por el cursor.

Resultados de la Simulación. Dependiendo de la simulación llevada a cabo, éstos pueden ser:

- Valor de intensidad de campo en dBμV/m y en dBm.
- La numeración de un determinado sitio[12] (campo *S*).
- La numeración de varios sitios (campo *S*).
- Valor en vatios.
- Valor en m/10 (metros divididos para 10).
- Valor en micro-segundos (μsec).

Distancia (campo *dist*) entre el punto de origen (definido al presionar la tecla F2) y el cursor.

---

[11] **UER:** Union Européenne de Radio-Télévision por sus siglas en francés, más conocida como EBU (European Broadcasting Union). La UER negocia los derechos de difusión de retransmisiones deportivas, posee dos redes de comunicación (Eurovisión y Euroradio), organiza intercambios de programas, estimula y coordina coproducciones, y proporciona una gama completa de servicios de carácter comercial, técnico, legal y estratégico a sus organismos miembros.

[12] El ICS Telecom coloca un número que identifica a cada transmisor o receptor colocado en el mapa, aquel número se encuentra dentro del icono del dispositivo que se puede observar en el área de visualización.

Azimut en grados (campo *angles*) entre el punto de origen (definido al presionar la tecla F2) y el cursor.

2.2.3 ÁREA DE PALETA

En la parte inferior de la pantalla, la paleta muestra los colores y los valores asociados a cada color. Esto varía en función de los archivos activados en la pantalla. En la Figura 2.3 se muestra el área de paleta para el caso de resultados en dBµV/m y en dBm del software ICS Telecom.

Figura 2. 3 Área de paleta

Dependiendo del archivo, la siguiente pantalla será mostrada:

- La paleta asociada con el archivo de imagen de referencia.
- La paleta asociada con el modelo digital del terreno.
- La paleta asociada con los resultados de la simulación superpuestas en el archivo cartográfico activo.

La unidad de medida de los valores asociados a cada color se especifica en el extremo derecho de la paleta. Dependiendo del tipo de resultados de la simulación mostrados, los valores se pueden expresar en:

- Metros
- m/10 (metros divididos para 10)
- Número del sitio
- El número de sitios
- Vatios (Watts)
- Microsegundos (µsec)
- dBµV/m, y en dBm: la visualización es del tipo 105/+12 o 105/-12, los números antes del signo "/" son el valor en dBµV/m, el signo y el valor siguientes indican el valor positivo o negativo en dBm.

Los valores indicados son los valores de umbral de recepción para cada color. La paleta de 11 colores utilizada para la presentación de los resultados es totalmente

modificable por el usuario. Una paleta de colores por defecto se utiliza, sin embargo, una paleta definida por el usuario puede ser creada decidiendo los colores y los valores asociados a esos colores (función Tools / User palette).

2.2.4 ÁREA DE ESTADO

La información sobre el cálculo actual, el umbral actual de FSR, las instrucciones sobre las acciones a realizar por el usuario para continuar con el procedimiento actual, el reloj de arena y otra información relacionada con la acción actual se da en el área de estado. En la Figura 2.4 se muestra el área de estado del software ICS Telecom.

Figura 2. 4 Área de estado

2.2.5 BARRA DE HERRAMIENTAS

Diversas herramientas se ofrecen en el lado izquierdo y en la esquina inferior derecha de la pantalla de partida del ICS Telecom. Algunas de estas herramientas se utilizan para los parámetros de las simulaciones, algunas otras ejecutan el cálculo automático lanzado desde un punto designado en el terreno por el usuario. En la Figura 2.5 se muestra el área de estado del software ICS Telecom.

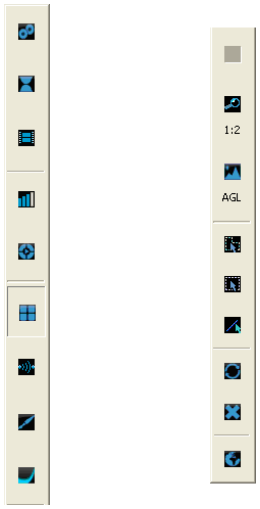


Figura 2. 5 Barra de herramientas

De forma general estas herramientas permiten tomar diversas acciones:

- Visualizar las diferentes capas del mapa utilizadas en ICS Telecom
  DEM (Digital Elevation Model), Capa Imagen, Capa Clutter y Capa Edificaciones
- El acceso a las distintas listas y bases de datos
  Listas: Lista de Estaciones, Lista de Microondas, Lista de Enlaces y Lista de Puntos Intermedios
  Bases de datos: de Estaciones, de Enlaces Microondas, de Suscriptores, de Satélites
  Otros: Lista de elementos marcados, Lista de localización y cliente SQL.
- Última cobertura (Latest Coverage) muestra la cobertura ejecutada recientemente
  Añadir FLD, Añadir FLD2, construir un archivo AVI
- Configuración
  Establecer Umbrales (global o propio del receptor), aumento de ganancia del Rx, frecuencia, tipo de antena (isótropa o dipolo corto), límite de distancia y sector, factor de avance durante la simulación.
- Configuración de los objetos en el terreno (estaciones fijas, trayectoria móvil y enlaces microondas):
  Modo Tx / Rx, modo de ruta.
- Herramienta de zoom
  Zoom in, Zoom out para mapas.
- Herramienta AGL
  La herramienta AGL permite ver las alturas sobre el nivel del suelo, la altura del transmisor sobre el nivel del mar, la altura del receptor sobre el nivel del mar.
- Herramientas de selección
  Dibujar/Seleccionar Polígono, Dibujar/Seleccionar Rectángulo y herramientas para polígonos.
- Visualizar herramientas para Gestión
  Restablecer la pantalla y actualizar la pantalla.
- Estado COMM
  Conexión con herramientas externas.

Las herramientas son seleccionadas con un simple clic izquierdo sobre el botón correspondiente. La descripción de las herramientas más relevantes en el marco de este proyecto y el uso de procedimientos se encuentran en el Capitulo 4.

2.2.6 BARRA DE MENÚS

La barra de menús se encuentra en la parte superior de la pantalla del ICS Telecom. Todas las funciones del ICS Telecom se encuentran organizadas en los menús temáticos. En la Figura 2.6 se muestra la barra de menús del software ICS Telecom.

Figura 2. 6 Barra de menús

Las funciones en el ICS Telecom están organizadas en 16 menús emergentes. Cada menú emergente permite el acceso a un sub-menú que contiene las funciones. El símbolo ► indica el acceso a otro sub-menú que contiene más opciones. Una etiqueta en la función seguida por tres puntos indica que un cuadro de diálogo asociado con la función sigue a continuación.

Un código de color se utiliza para indicar la accesibilidad y las diferencias de las funciones:

- Color negro: La función u opción es accesible en ese momento
- Color gris: La función u opción es inaccesible en ese momento

La accesibilidad de las funciones y opciones depende de los objetos presentes en el terreno, y de los modos activados. Para acceder a las funciones, se debe deslizar el ratón a lo largo de los menús y hacer clic izquierdo directamente sobre la función u opción deseada. Los menús utilizados en el marco de este proyecto se presentan en el Capitulo 3 y sus correspondientes procedimientos en el Capitulo 4.

2.3 MODELOS DE PROPAGACIÓN

2.3.1 INTRODUCCIÓN

La aplicación de modelos de propagación implica muchos tipos de restricciones: la complejidad algorítmica, requisitos de memoria, la creatividad del autor y las opciones que presente el modelo. Como resultado, no siempre es posible tener un "modelo nominal implementado" hasta donde esta expresión tenga sentido. Además debido a la discretización siempre hay una incertidumbre implícita entre la definición teórica de los modelos y su aplicación en un ordenador (esta es la cuestión de la estabilidad numérica de los modelos). Por lo tanto, en el numeral 2.3 del presente proyecto se dan algunas convenciones técnicas que son utilizadas en el ICS Telecom, luego se mencionan los modelos que se implementan, y de estos modelos se analizan los basados en las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones - Sector Radiocomunicaciones (ITU-R), poniendo énfasis en las diferencias o las adiciones necesarias que se hacen con respecto a su definición original.

2.3.2 CONVENCIONES TÉCNICAS UTILIZADAS EN EL ICS TELECOM[13]

En este numeral se realiza una breve presentación de las convenciones utilizadas en el ICS Telecom, como una introducción previa a los modelos de propagación. En el ICS Telecom es posible calcular ya sea la intensidad de campo o la potencia recibida en el lugar donde se encuentra la antena de recepción (R_X). Para esto se usa directamente el modelo de propagación seleccionado.

---

[13] Las convenciones técnicas y la nomenclatura que se utiliza en el ICS Telecom corresponde al uso de los términos en el idioma ingles, por ejemplo al hablar de intensidad de campo eléctrico recibido el ICS Telecom utiliza la nomenclatura F_{rec} (del término en ingles *Field Strength Received*).

2.3.2.1 Cálculo de la Intensidad de Campo Eléctrico

La intensidad de campo se calcula partiendo de la siguiente ecuación, llamada ecuación de propagación de intensidad de campo básica:

$$F_{rec} = P_{rad} + R - L_{prop} \quad (2.3.1)$$

donde:

F_{rec}: intensidad de campo recibido en el lugar donde se encuentra la antena de recepción R_X,

P_{rad}: la potencia radiada por el transmisor T_X,

R: compensación de intensidad de campo debida a la impedancia electromagnética del vacío ($= 120\pi\ \Omega$),

$R = 10log(120\pi/4\pi) = 10log(30) = 14.8dB$

La cantidad $R' = R + 60 = 74.8dB$ se usa frecuentemente para expresar las distancias en kilómetros y el nivel de intensidad de campo en dBμV/m (en L_{prop}).

L_{prop}: pérdida de propagación.

La potencia radiada se puede expresar como:

$$P_{rad} = P_{Tx} + G_{Txma} - D_{Txoa} - L_{Tx} \quad (2.3.2)$$

donde:

P_{Tx}: la potencia nominal del transmisor T_X,

G_{Txma}: ganancia de la antena de transmisión T_X en el eje principal

D_{Txoa}: pérdida del patrón de radiación,

L_{Tx}: pérdidas internas del transmisor T_X.

La pérdida de propagación viene dada por:

$$L_{prop} = L_{fsd} + L_d + L_{sp} + L_{gas} + L_{rain} + L_{clut} + L_{model} \quad (2.3.3)$$

con:

L_{fsd}: pérdida por distancia en el espacio libre,

L_d: pérdida por difracción,

L_{sp}: pérdida por sub-trayecto,

L_{gas}: atenuación causada por los gases atmosféricos,

L_{rain}: atenuación causada por hidrometeoros[14],

L_{clut}: atenuación del clutter,

L_{model}: atenuación específica sin clasificar que se deriva de la selección del modelo.

El papel de estos componentes se explica con más detalles en los modelos de propagación. En realidad, el valor L_{prop} es el que se genera a partir del modelo seleccionado. Además, los términos estándar de atenuación L_{fsd}, L_d, L_{sp}, L_{gas} y L_{rain} se calculan y el valor de L_{model} mostrado se evalúa a partir de la diferencia:

$$L_{model} = L_{prop} - \left(L_{fsd} + L_d + L_{sp} + L_{gas} + L_{rain} + L_{clut}\right) \quad (2.3.4)$$

2.3.2.2 Cálculo de la Potencia Recibida

Para el cálculo de la potencia recibida, la compensación de intensidad de campo R debe ser remplazada por la compensación de potencia recibida C menos el término correspondiente a la pérdida por espacio libre de la frecuencia Φ, entonces:

$$C = -20log(4\pi/c) = 147.6dB \quad (2.3.5)$$

y $\Phi = 20log(f)$, donde c es la velocidad de propagación de la energía electromagnética y f es la frecuencia. Con el fin de introducir las distancias en kilómetros y las frecuencias en MHz, la compensación C a menudo se sustituye por $C' = C - 180 = -32.4dB$. Además, la ganancia de la antena de recepción R_X debe ser añadida para que la ecuación propagación de potencia básica sea:

$$P_{rec} = P_{rad} + C - \Phi - L_{prop} + G_{Rx}, \quad (2.3.6)$$

lo que equivale a utilizar:

$$P_{rec} = F_{rec} + C - R - \Phi + G_{Rx}, \quad (2.3.7)$$

---

[14] **Hidrometeoros:** Concentraciones de agua o partículas de hielo que pueden existir en la atmósfera o depositarse en la superficie de la Tierra.

Nota 1 – La lluvia, niebla, nubes, nieve y granizo son los principales hidrometeoros.

como una conversión de la intensidad de campo a potencia recibida. Al igual que la ganancia de la antena Tx, la ganancia de la antena Rx se puede subdividir en:

$$G_{Rx} = G_{Rxma} - D_{Rxoa} - L_{Rx}, \quad (2.3.8)$$

Con:

G_{Rxma}: ganancia de la antena de recepción R_X en el eje principal

D_{Rxoa}: pérdida del patrón de radiación,

L_{Rx}: pérdidas internas del receptor R_X.

2.3.2.3 Pérdida de Transmisión Básica: Fórmulas de Conversión

Muchas fórmulas de propagación en la literatura (por ejemplo, recomendaciones de la UIT) se expresan a través de la pérdida de transmisión básica L_b. Como L_b es diferente de L_{prop}, un cuidado específico debe ser considerado para la integración e interpretación. En realidad, esta cantidad que se utiliza para calcular la potencia recibida P_{rec} es la suma de todos los componentes que causan pérdida excepto P_{rad} y G_{Rx}. Por lo tanto, se define como:

$$P_{rec} = P_{rad} - L_b + G_{Rx} \quad (2.3.9)$$

Entonces, despejando L_b de la Ecuación (2.3.9) y considerando la Ecuación (2.3.6) tenemos:

$$L_b = -C + \Phi + L_{prop} \quad (2.3.10)$$

y si se desea, considerando la ecuación (2.3.7) tenemos:

$$F_{rec} = P_{rad} + R - L_b - C + \Phi \quad (2.3.11)$$

2.3.3 MODELOS GEOMÉTRICOS (DETERMINISTICOS)

Estos modelos proporcionan una estimación derivada directamente del perfil del trayecto. En muchos casos, estas estimaciones utilizan las propiedades de la geometría de Fresnel. En el ICS Telecom, la descomposición de la pérdida de propagación $L_{prop} = L_{fsd} + L_d + L_{sp} + L_{gas} + L_{rain} + L_{clut} + L_{model}$ se lleva a cabo para este fin. De hecho, aparte del término atenuación por distancia en el espacio libre L_{fsd}, los dos términos principales L_d y L_{sp} corresponden a la atenuación

geométrica. L_d es un término de corrección que representa las pérdidas por difracción, mientras que el término L_{sp} representa las pérdidas debidas a sub-trayectos. Los términos L_{gas}, L_{rain}, L_{clut} y L_{model} son términos correctivos adicionales definidos anteriormente[15]. Un modelo geométrico toma la curvatura de la Tierra en cuenta (es decir, la corrección altimétrica requerida debido a la redondez de la Tierra). Los Modelos Geométricos son los siguientes:

- Fresnel;
- Método de Wojnar;
- ITU-R P.525/526.

2.3.4 MODELOS ESTADÍSTICOS

Estos modelos se basan en la medición, dependen de la geometría sólo en un sentido más restrictivo. Fueron diseñados originalmente para proporcionar estimaciones sin el uso de un modelo de elevación digital (DEM), pero requieren algunos parámetros geométricos sintéticos. Los parámetros básicos son la altura efectiva de la antena, el tiempo y/o la variabilidad del sitio y el tipo de suelo, se pueden utilizar términos geométricos correctivos adicionales pero en la fórmula de pérdida de propagación, siempre se tiene $L_d = L_{sp} = L_{gas} = L_{rain} = L_{clut} = 0$ y el término L_{model} asigna todos los posibles términos de atenuación excepto la pérdida de espacio libre. Como cada modelo asigna sus propios componentes de atenuación no es posible establecer una división específica de los mismos. Los modelos estadísticos son los siguientes:

- ITU-R P.370-7;
- ITU-R P.452

[15] Véase la Ecuación 2.3.3

2.3.5 MODELOS MIXTOS

Estos modelos tratan de tomar ventaja de las técnicas de modelización tanto geométricas y estadísticas. Los modelos mixtos son los siguientes:

- Okumura;
- Vienna Agreement 1993;
- Harry Wong´s FCC´98 model;
- UIT-R P-1546.

2.3.6 SUBDIVISIÓN DE MODELOS EN BASE A SUS REFERENCIAS

Las referencias de un modelo son básicamente el o los método(s) que han sido considerados y aplicados en el desarrollo de un modelo. La importancia de esta subdivisión radica en que permitirá elegir un modelo de propagación adecuado para la determinación de áreas de cobertura de los sistemas de transmisión de TV analógica. Esas referencias nos llevan a tomar en cuenta una nueva subdivisión: los modelos con referencias completas y los modelos con referencias parciales.

2.3.6.1 Modelos con Referencias Completas

Esto significa la aplicación de métodos que se han publicado ya sea en libros, revisiones científicas o recomendaciones técnicas de la ITU, etc. En esta categoría tenemos:

- Método de Okumura;
- Modelo UIT-R P.370-7;
- Modelo UIT-R P.525/P.526;
- Modelo Harry Wong´s FCC´98;
- Modelo UIT-R P.452.

2.3.6.2 Modelos con Referencias Parciales

Esto significa la aplicación de métodos que se han publicado, pero que todavía son objeto de estudio y pueden ser modificados por sus autores, o modelos que fueron completados por ATDI[16] para proporcionar mejores estimaciones o modelos cuyas referencias no eran completas:

- Vienna Agreement 1993;
- Método de Wojnar;
- Modelo de Fresnel;
- UIT-R P-1546.

2.3.7 ELECCIÓN DEL MODELO DE PROPAGACIÓN

Para la elección del modelo de propagación se toman dos consideraciones previas: primero que sean modelos con referencias completas debido a que los métodos empleados en cada uno de estos modelos se encuentran completamente sustentados, y segundo que estos modelos apliquen métodos publicados en recomendaciones técnicas de la ITU-R ya que se requiere que los procedimientos, en cuanto a predicción de coberturas se refiere, estén sujetos a lo que establecen las recomendaciones de la ITU.

Tomando en cuenta lo expuesto en el párrafo anterior, existen tres modelos que cumplen ambas consideraciones. En la Tabla 2.2 se muestran los modelos con referencias completas basados en recomendaciones de la ITU-R y a la vez se muestran las recomendaciones aplicadas y su estado de vigencia.

---

[16] **ATDI:** Es una corporación líder en la creación de soluciones de software para radiocomunicaciones. El software ICS Telecom y el software Antios son dos soluciones que ofrece esta Corporación para la gestión y planificación de sistemas de radiocomunicaciones.

Modelo	Recomendaciones UIT-R Aplicadas	Estado de Vigencia de las Recomendaciones
UIT-R P.370-7	P.370-7 (Curvas de propagación en ondas métricas y decimétricas para la gama de frecuencias comprendidas entre 30 y 1000 MHz)	Suprimida en 2001/10/22
UIT-R P.452	P.452-14 (Procedimiento de predicción para evaluar la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a los 0,7 GHz)	Aprobada en 2009/10 En Vigor
UIT-R P.525/P.526	PN.525-2 (Cálculo de la atenuación en el espacio libre)	Aprobada en 1994/08 En Vigor
	P.526-11 (Propagación por difracción)	Aprobada en 2009/10 En Vigor

Tabla 2. 2 Modelos con referencias completas basados en recomendaciones de la ITU-R

De entre los modelos expuestos en la Tabla 2.2, y tomando ahora en consideración que el objeto de este proyecto son los sistemas de transmisión de TV abierta analógica en la ciudad de Quito y que el rango de frecuencias asignadas para el servicio de TV (especificado en la Tabla 1.2 en el Capítulo 1) va de 54-686MHz, se descartan los Modelos UIT-R P.370-7 y UIT-R P.452-14. Se descarta el Modelo UIT-R P.370-7 debido a que la recomendación en la cual se basa el modelo fue suprimida el 22 de octubre del año 2001 así como el Modelo UIT-R P.452 debido a que el procedimiento no es aplicable a predicción de coberturas para sistemas de radiodifusión (como lo son los sistemas de TV abierta) sino a evaluación de interferencias en microondas entre estaciones en frecuencias desde los 700 MHz hasta los 50 GHz. Por lo tanto el modelo elegido y que será analizado a continuación es el Modelo UIT-R P.525/P.526.

2.3.8 MODELO UIT-R P.525/P.526[17]

El modelo UIT-R P.525/P.526 se deriva de las recomendaciones UIT-R PN.525-2 y UIT-R P.526-11. El cálculo del término que representa la atenuación en el espacio libre se realiza en base a la recomendación ITU-R P.525-2. Los términos que representan la difracción y la atenuación por subtrayecto se determinan a partir de lo que especifica la recomendación ITU-R P.526-11, ya sea por el método de máscara redonda (obstáculo de forma redondeada) o el método de cilindro en cascada. Debido a esto se considera que este modelo representa un modelo completo UIT.

2.3.8.1 Atenuación en Espacio Libre

Como se mencionó antes, el término que representa la atenuación en el espacio libre se obtiene según lo que especifica la recomendación UIT-R P.525-2. La recomendación especifica fórmulas fundamentales para enlaces de telecomunicaciones, estos enlaces pueden ser punto a zona o punto a punto.

2.3.8.1.1 Enlaces punto a zona

En el caso de un solo transmisor que dé servicio a varios receptores distribuidos al azar (radiodifusión, servicio móvil), se calcula el campo en un punto situado a una cierta distancia del transmisor mediante la siguiente relación:

$$e = \frac{\sqrt{30p}}{d} \tag{2.3.12}$$

donde:

e : intensidad de campo eficaz (V/m). Si la onda es de polarización elíptica y no rectilínea, y se designan por e_x y e_y los componentes del campo eléctrico que siguen dos ejes ortogonales, el primer miembro de la Ecuación (2.3.12) debe sustituirse por $\sqrt{{e_x}^2 + {e_y}^2}$. Sólo puede deducirse e_x y e_y si se conoce la relación

[17] **Referencia:** RECOMENDACIÓN UIT-R PN.525-2 (Cálculo de la Atenuación en el Espacio Libre), RECOMENDACIÓN UIT-R P.526-11 (Propagación por Difracción).

de elipticidad. En el caso de una polarización circular se debería sustituir e por $e\sqrt{2}$.

p : potencia isótropa radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W)

d : distancia del transmisor al punto considerado (m).

Aunque para enlaces punto a zona, la recomendación calcula directamente el valor del nivel de campo en un punto determinado, si se trabaja en la Ecuación (2.3.12) se puede deducir el término pérdida por distancia en el espacio libre (L_{fsd}) en dB:

$$e = 20log\left(\frac{\sqrt{30p}}{d}\right) + 20\log(10^6) \quad (2.3.13)$$

$$e = 120 + 20log\left(\sqrt{30p}\right) - 20\log(\mathrm{d}) \quad (2.3.14)$$

donde:

e : intensidad de campo eficaz (dBμV/m).

p : potencia isótropa radiada equivalente (p.i.r.e.) del transmisor en la dirección del punto considerado (W)

d : distancia del transmisor al punto considerado (m).

En la Ecuación (2.3.14), el término pérdida por distancia en el espacio libre (L_{fsd}) es $20\log(\mathrm{d})$, en este caso depende únicamente de la distancia entre el transmisor y el receptor.

2.3.8.1.2 Enlaces punto a punto

Cuando se trata de un enlace punto a punto, es preferible calcular la atenuación en el espacio libre entre antenas isótropas, denominada también pérdida básica de transmisión en el espacio libre (símbolos: L_{bf} o A_0) de la siguiente forma:

$$L_{bf} = 20log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) \quad (2.3.15)$$

donde:

L_{bf}: pérdida básica de transmisión en el espacio libre (dB)

d: distancia

λ: longitud de onda

d y λ se expresan en las mismas unidades.

La Ecuación (2.3.15) puede también escribirse en función de la frecuencia en vez de la longitud de onda:

$$L_{bf} = 32.4 + 20log(f) + 20log(d) \quad (2.3.16)$$

donde:

f: frecuencia (MHz)

d: distancia (km)

Al seleccionar el Modelo ITU-R P.525/P.526, el ICS Telecom utiliza el término pérdida por distancia en el espacio libre L_{fsd}[18] considerado en enlaces punto a zona, es decir $20\log(\mathrm{d})$.

2.3.8.2 Modelo de Atenuación por Difracción

Numerosos trayectos de propagación comprenden un obstáculo o varios obstáculos separados, e interesa calcular la pérdida que éstos introducen. Para realizar el cálculo se idealiza la forma de tales obstáculos. Una forma de hacerlo es considerando tales obstáculos bien como de arista de grosor despreciable o como de arista en filo de cuchillo gruesa y lisa, cuyo radio de curvatura en la cima está bien definido. Claro está que los obstáculos reales tienen formas más complejas, y, por consiguiente, estas idealizaciones tenderían a dar aproximaciones demasiado optimistas.

Con el fin de que los resultados sean lo más realistas posibles, la recomendación UIT-R P.526-11 sugiere aplicar dos métodos para determinar las pérdidas por difracción en un terreno irregular que presente uno o más obstáculos a la propagación con visibilidad directa. El primero es el método de cilindro en cascada que parte del supuesto de que cada obstáculo puede representarse

[18] Véase la Ecuación (2.3.3)

mediante un cilindro cuyo radio es igual al radio de curvatura de la parte superior del obstáculo; este método es el que conviene utilizar cuando se dispone del perfil vertical detallado de la cumbre.

El segundo es el método de arista en filo de cuchillo en cascada que corresponde a una solución empírica basada en la hipótesis de que los obstáculos forman una arista en filo de cuchillo y se añade una corrección para compensar las pérdidas más elevadas causadas por un radio de curvatura distinto a cero. El cálculo tiene en cuenta la curvatura de la Tierra mediante el concepto de radio ficticio de la Tierra[19]. Este método es adecuado siempre que se necesite un único procedimiento general para los trayectos terrenales sobre tierra o mar y tanto en el caso de LOS[20] como transhorizonte[21].

Al usar el ICS Telecom disponemos del perfil detallado de la cumbre (se utiliza un DEM), lo cual implica que el método de interés para este proyecto es el de cilindro en cascada. Para comprender el método es necesario revisar algunas definiciones y otros métodos que son utilizados por el método de cilindro en

---

[19] **Radio ficticio de la Tierra:** Radio de la Tierra hipotéticamente esférica, sin atmósfera, en la que los trayectos de propagación son rectilíneos y las altitudes y distancias sobre el suelo son iguales que en la Tierra verdadera en una atmósfera con gradiente vertical constante del coindice de refracción.

Nota 1 – La noción de radio ficticio de la Tierra significa que los ángulos que forman los trayectos de transmisión con los planos horizontales no son demasiado grandes en ningún punto.

Nota 2 – Para una atmósfera con gradiente normal del coindice, el radio ficticio de la Tierra es alrededor de 4/3 del radio real, lo que corresponde aproximadamente a 8500 km.

[20] **LOS (Line of Sight):** Propagación con visibilidad directa (o línea de vista), es la propagación entre dos puntos en la que el rayo directo está suficientemente exento de obstáculos para que la difracción tenga un efecto despreciable.

[21] **Propagación transhorizonte:** Propagación troposférica entre puntos cerca del suelo, en la que el punto de recepción está más allá del horizonte radioeléctrico del punto de transmisión.

Nota 1 – La propagación transhorizonte se puede deber a diversos mecanismos troposféricos, como la difracción, la dispersión y la reflexión de capas troposféricas. Sin embargo, la propagación guiada no figura entre ellos porque dentro de un conducto no hay horizonte radioeléctrico.

cascada como lo son: Obstáculo único en arista en filo de cuchillo, Pérdida debida a una arista en filo de cuchillo y Obstáculo único de forma redondeada.

2.3.8.2.1 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo

Este es un caso extremadamente idealizado que se muestra en las Figuras 2.7a) y 2.7b). Todos los parámetros geométricos se agrupan en un solo parámetro adimensional que se designa por v y que puede tomar distintas formas equivalentes según los parámetros geométricos elegidos:

$$v = h\sqrt{\frac{2}{\lambda}\left(\frac{1}{d_1}+\frac{1}{d_2}\right)} \tag{2.3.17}$$

$$v = \theta\sqrt{\frac{2}{\lambda\left(\frac{1}{d_1}+\frac{1}{d_2}\right)}} \tag{2.3.18}$$

$$v = \sqrt{\frac{2h\theta}{\lambda}} \quad (v \text{ tiene el mismo signo que } h \text{ y } \theta) \tag{2.3.19}$$

$$v = \sqrt{\frac{2d}{\lambda}\cdot\alpha_1\alpha_2} \quad (v \text{ tiene el mismo signo que } \alpha_1 \text{ y } \alpha_2) \tag{2.3.20}$$

con:

h: altura de la cima del obstáculo sobre la recta que une los dos extremos del trayecto. Si la cima queda por debajo de esa línea, h es negativa

d_1, d_2: distancias desde los dos extremos del trayecto a la cima del obstáculo

d: longitud del trayecto

θ: ángulo de difracción (rad); tiene el mismo signo que h. Se supone que el ángulo θ es inferior a unos 0,2 radianes (aproximadamente 12º)

α_1, α_2: ángulos bajo los que, a partir de un extremo, se ven la cima del obstáculo y el extremo opuesto; tienen el mismo signo que h en las ecuaciones anteriores.

NOTA 1 – En las Ecuaciones (2.3.17) a (2.3.20) h, d, d_1, d_2 y λ deben expresarse en unidades coherentes

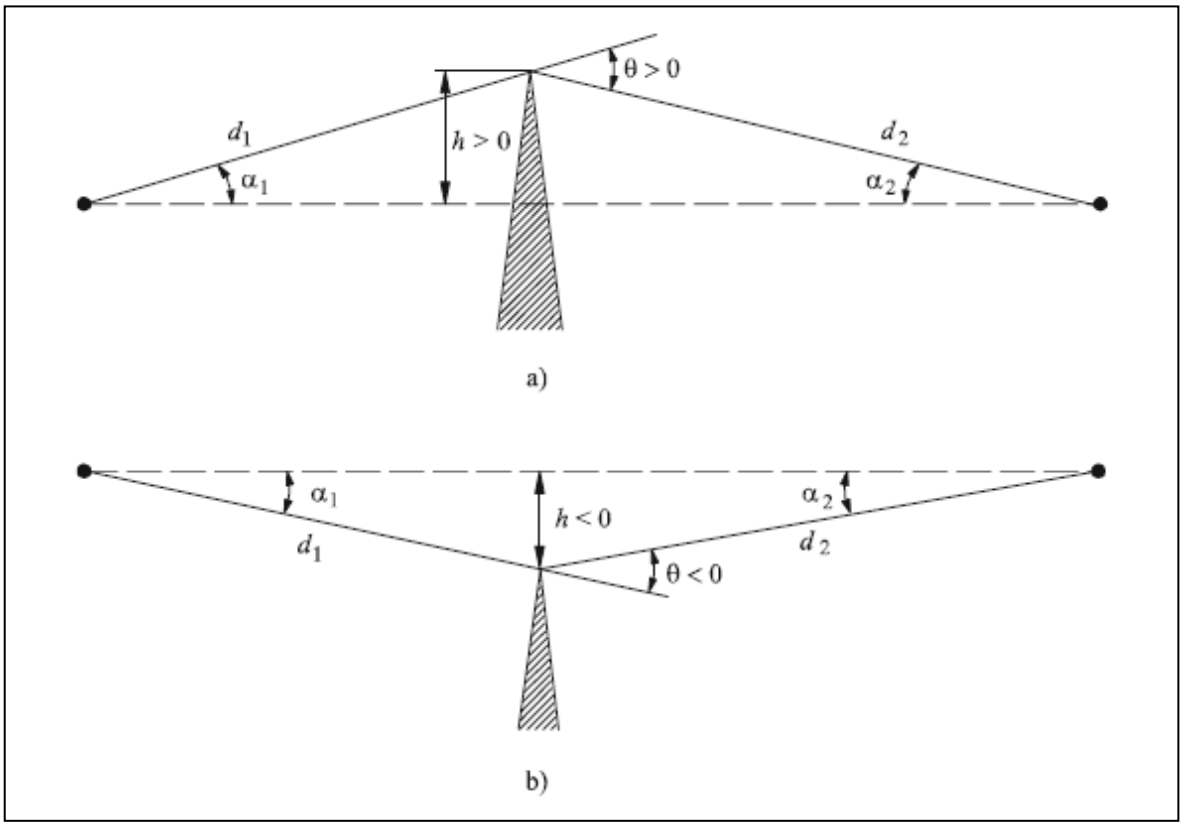


Figura 2. 7 Obstáculo único en arista en filo de cuchillo

2.3.8.2.2 Pérdida debida a una arista en filo de cuchillo

La pérdida debida a una arista en filo de cuchillo $J(v)$ viene dada por la ecuación:

$$J(v) = -20log\left(\frac{\sqrt{[1-C(v)-S(v)]^2+[C(v)-S(v)]^2}}{2}\right) \quad (2.3.21)$$

$C(v)$ y $S(v)$ son las partes real e imaginaria respectivamente de la integral compleja de Fresnel $F(v)$ definida como:

$$F_C(v) = \int_0^v exp\left(j\frac{\pi s^2}{2}\right)ds = C(v) + jS(v) \quad (2.3.22)$$

donde j es el operador complejo que equivale a $\sqrt{-1}$, y $C(v)$ y $S(v)$ corresponden a las integrales del coseno y seno de Fresnel definidas por las ecuaciones:

$$C(v) = \int_0^v cos\left(\frac{\pi s^2}{2}\right)ds \quad (2.3.23)$$

$$S(v) = \int_0^v sen\left(\frac{\pi s^2}{2}\right)ds \quad (2.3.24)$$

En la Figura 2.8 se ilustra las pérdidas $J(v)$ [dB] en función de v

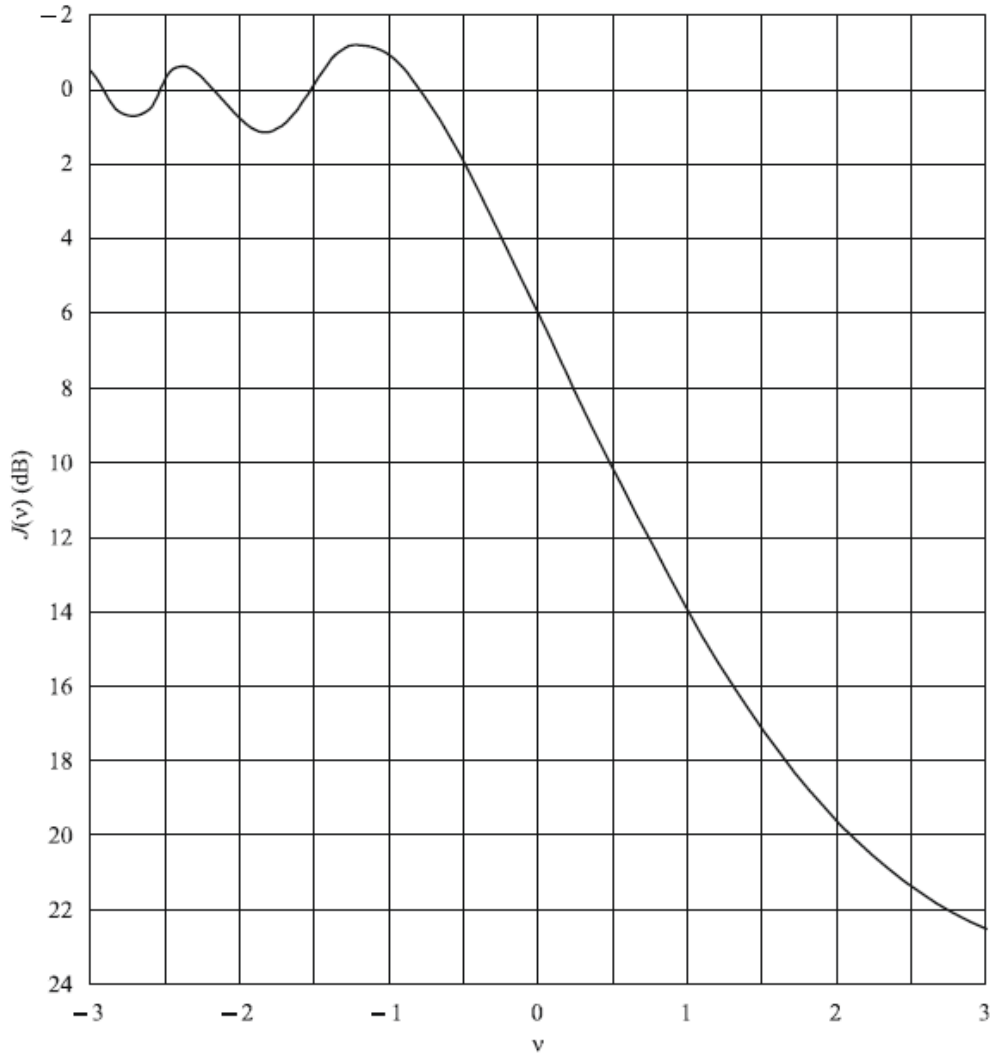


Figura 2. 8 Pérdidas por difracción en una arista en filo de cuchillo

Como las integrales de Fresnel no tienen una solución explícita se puede utilizar la siguiente aproximación:

$$J(v) = 6.9 + 20log\left(v - 0.1 + \sqrt{(v-0.1)^2 + 1}\right) \qquad \text{[dB]} \qquad (2.3.25)$$

De la Figura 2.8 se determina que cuando $v = -0.78$, $J(-0.78) \approx 0$. Se puede utilizar la aproximación de la Ecuación (2.3.25) siempre y cuando se defina $J(-0.78) \approx 0$ como el límite inferior. $J(v)$ se fija en cero para $v < -0.78$.

2.3.8.2.3 Obstáculo único de forma redondeada

En la Figura 2.9 se indica la geometría de un obstáculo único de forma redondeada de radio R. Obsérvese que las distancias d1 y d2 y la altura h por encima de la línea de base, se miden con respecto al vértice formado por la intersección de la proyección de los rayos sobre el obstáculo.

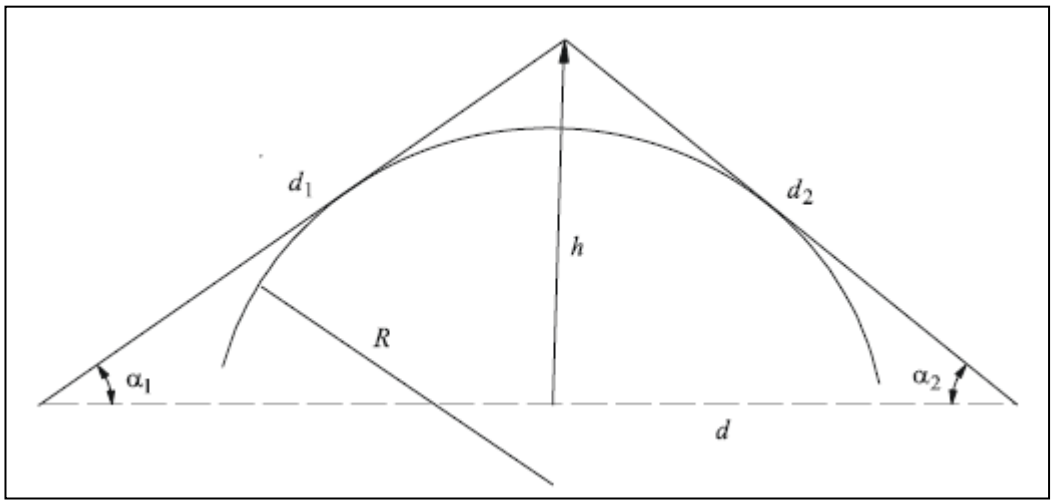


Figura 2. 9 Obstáculo único de forma redondeada

La pérdida por difracción de esta geometría puede calcularse así:

$$A = J(v) + T(m,n) \qquad \text{[dB]} \qquad (2.3.26)$$

donde:

$J(v)$ es la pérdida de Fresnel-Kirchhoff debida a una arista en filo de cuchillo equivalente cuya cresta esté en el vértice. Se puede evaluar el parámetro v adimensional mediante cualquiera de las Ecuaciones (2.3.17) a (2.3.20). $J(v)$ puede obtenerse de la Figura 2.8 o de la Ecuación (2.3.25). Obsérvese que en el caso de una obstrucción en el trayecto de propagación con LOS, v es positivo y la Ecuación (2.3.25) es válida.

$T(m,n)$ es la atenuación adicional debida a la curvatura del obstáculo:

$$T(m,n) = 7.2m^{1/2} - (2 - 12.5n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \text{ dB para } mn \leq 4 \quad (2.3.27a)$$

$$T(m,n) = -6 - 20log(mn) + 7.2m^{1/2} - (2 - 12.5n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2 \text{ dB para } mn > 4$$

(2.3.27b)

y

$$m = R\left[\frac{d_1+d_2}{d_1 d_2}\right]\Big/\left[\frac{\pi R}{\lambda}\right]^{1/3} \tag{2.3.28}$$

$$n = h\left[\frac{\pi R}{\lambda}\right]^{2/3}/R \tag{2.3.29}$$

donde R, d_1, d_2, h y λ se expresan en unidades coherentes.

Se puede apreciar que cuando R tiende a cero, $T(m,n)$ tiende también a cero. Por ello, la Ecuación (2.3.26) se reduce a la difracción en una arista en filo de cuchillo para un cilindro de radio nulo.

El radio de curvatura del obstáculo corresponde al radio de curvatura del vértice de una parábola ajustada con respecto al perfil del obstáculo cerca de la parte superior. Cuando se ajusta la parábola, la máxima distancia vertical desde el vértice que ha de utilizarse en este procedimiento debe ser del orden del radio de la primera zona de Fresnel donde se encuentra el obstáculo. En la Figura 2.10 se da un ejemplo de ese procedimiento, donde:

$$y_i = \frac{{x_i}^2}{2r_i} \tag{2.3.30}$$

y r_i es el radio de curvatura que corresponde a la muestra i del perfil vertical de la cumbre. Cuando se trata de N muestras, el radio de curvatura mediano del obstáculo viene dado por:

$$r = \frac{1}{N}\sum_1^N \frac{{x_i}^2}{2r_i} \tag{2.3.31}$$

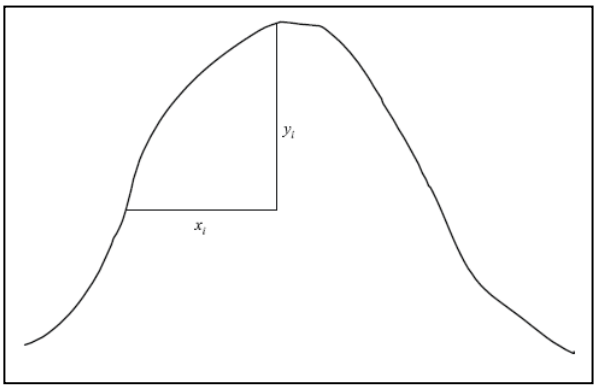


Figura 2. 10 Perfil vertical del obstáculo

2.3.8.2.4 Método de cilindro en cascada

Debe conocerse el perfil de la altura del terreno descrito como un conjunto de muestras de la altura del suelo sobre el nivel del mar, donde la primera y la última muestras corresponden a las alturas del transmisor y el receptor sobre el nivel del mar. Los valores de distancia y altura se describen como si estuvieran almacenados en matrices con índice de 1 a N, siendo N el número de muestras de perfil.
A continuación, se utilizan sistemáticamente subíndices:

h_i: altura sobre el nivel del mar del i-ésimo punto
d_i: distancia desde el transmisor hasta el i-ésimo punto
d_{ij}: distancia desde el i-ésimo hasta el j-ésimo puntos.

El primer paso es llevar a cabo un análisis «de cuerda tensa» del perfil. Mediante este análisis se identifican los puntos de muestra que podrían entrar en contacto con una cuerda tensada a lo largo del perfil desde el transmisor hasta el receptor. Esto puede llevarse a cabo mediante el siguiente procedimiento, en el que todos los valores de altura y distancia son unidades homogéneas, y todos los ángulos se expresan en radianes. El método incluye aproximaciones que son válidas para trayectos radioeléctricos que forman ángulos pequeños con la horizontal. Si un trayecto tiene gradientes de radiación por encima de unos 5º puede justificarse una geometría más exacta.

Cada punto de la cuerda se identifica como el punto de perfil con el ángulo de elevación más alto sobre la horizontal local visto desde el punto de la cuerda anterior, que comienza en un extremo del perfil y termina en el otro. Visto desde el punto s, la elevación de la i-ésima muestra de perfil ($i > s$) viene dada por la ecuación:

$$e = [(h_i - h_s)/d_{si}] - [d_{si}/2a_e] \quad (2.3.32)$$

Donde:
h_i, h_s: altura en km del punto i y del punto s respectivamente
d_{si}: distancia entre el punto s y el punto i en km

a_e: radio ficticio de la Tierra expresado como: $k \times 6371\text{km}$

k: factor del radio ficticio de la Tierra, es decir la relación entre el radio ficticio de la Tierra y el radio verdadero de la Tierra. Este factor k está relacionado con el gradiente vertical dn/dh del índice de refracción, n, y con el radio real de la Tierra, a, según la ecuación:

$$k = \frac{1}{1+a\frac{dn}{dh}} \tag{2.3.33}$$

En esa etapa se realiza una prueba para determinar si un grupo de dos o más puntos de la cuerda deben representar la misma obstrucción del terreno. Para las muestras separadas por distancias de 250 m o inferiores, cualquier grupo de puntos de la cuerda que sean muestras de perfil consecutivas, distintas de transmisor o receptor, deben considerarse como una obstrucción.

Cada obstrucción toma la forma de un cilindro, como se ilustra en la Figura 2.11. La geometría de cada cilindro corresponde a la representada en la Figura 2.9. Obsérvese que en la Figura 2.11 las distancias s_1, s_2 para cada cilindro se representan como distancias medidas horizontalmente entre los puntos del vértice, y que para los rayos casi horizontales estas distancias se asemejan a las distancias d_1 y d_2 de las pendientes en la Figura 2.9. En cuanto a los ángulos de radiación con respecto a la línea horizontal superiores a unos 5º, es posible que sea necesario fijar el valor de s_1 y s_2 para las distancias d_1 y d_2 de las pendientes entre los vértices.

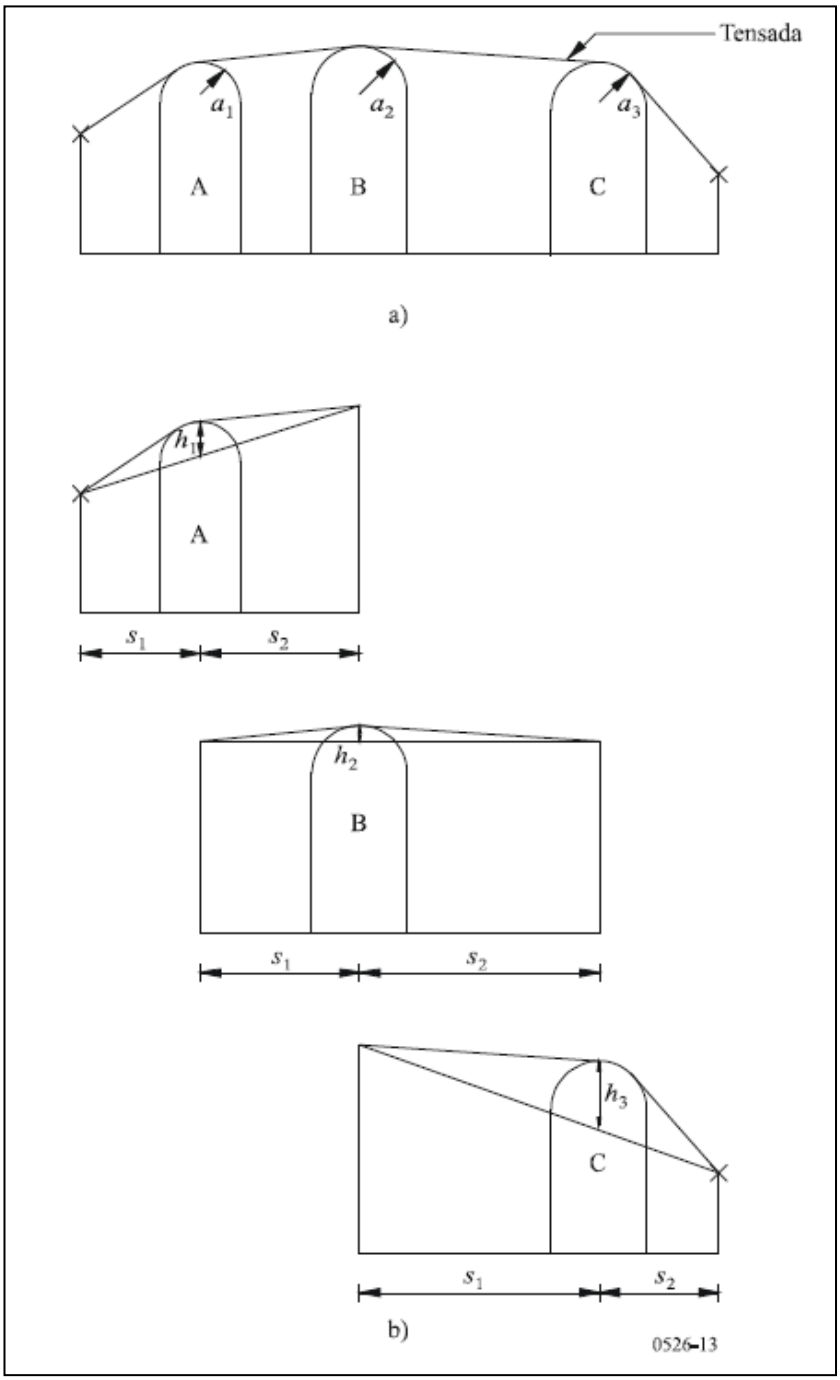


Figura 2. 11 Modelo de cilindro es cascada a) problema global, b) detalles

Al igual que en la Figura 2.11, la altura h de cada cilindro se mide verticalmente desde su vértice inferior hasta la línea recta que une los vértices o los puntos terminales adyacentes. El valor de h para cada cilindro corresponde a h en la Figura 2.9. Además, para los rayos casi horizontales las alturas del cilindro pueden calcularse como si fueran verticales, pero para ángulos de radiación más

pronunciados puede ser necesario calcular h en los ángulos rectos de la base de su cilindro.

En la Figura 2.12 se ilustra la geometría de una obstrucción compuesta por más de un punto de la cuerda. Se definen los siguientes puntos:

w: punto de la cuerda o terminal más cercano del lado de transmisión de la obstrucción que no forma parte de dicha obstrucción

x: punto de la cuerda que forma parte de la obstrucción más cercana al transmisor

y: punto de la cuerda que forma parte de la obstrucción más cercana al receptor

z: punto de la cuerda o terminal más cercano del lado de recepción de la obstrucción que no forma parte de dicha obstrucción

v: punto del vértice que resulta de la intersección de los rayos incidentes sobre la obstrucción

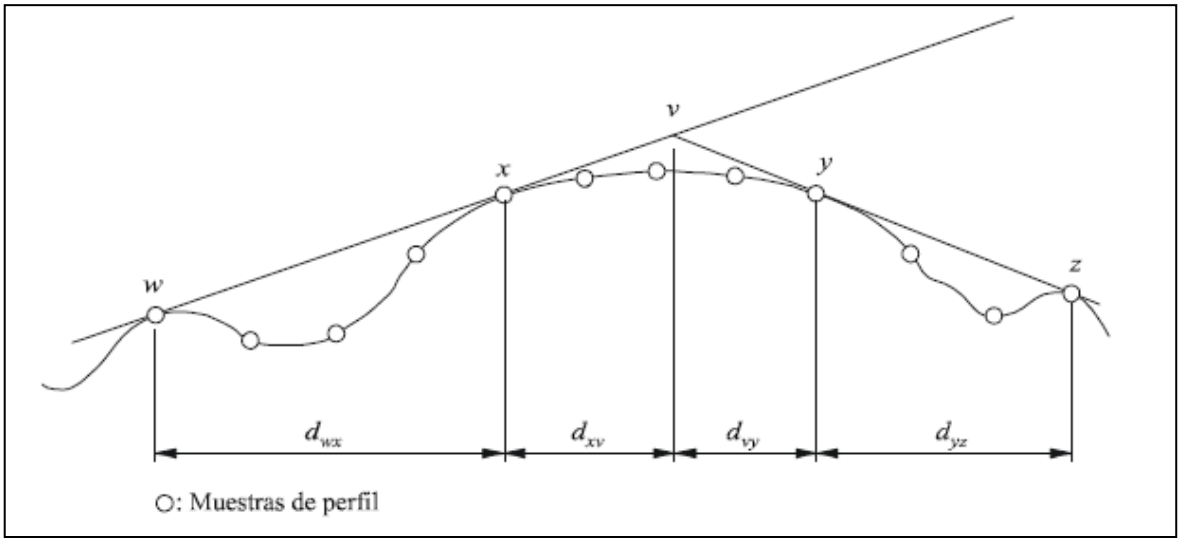


Figura 2. 12 Geometría de un obstáculo multipunto

Las letras *w*, *x*, *y* y *z* también sirven de indicadores para las matrices de la distancia de perfil y las muestras de altura. Cuando una obstrucción está compuesta de un punto de la cuerda aislado, *x* e *y* tendrán el mismo valor, y hará referencia a un punto de perfil que coincide con el vértice. Obsérvese que para los cilindros en cascada, los puntos *y* y *z* de un cilindro corresponden los puntos *w* y *x* del siguiente y así sucesivamente.

En el Anexo 2 se describe un método paso a paso para ajustar los cilindros a un perfil general del terreno. Cada obstrucción se caracteriza por los valores *w*, *x*, *y* y *z*. Seguidamente se utiliza el método de dicho Apéndice para obtener los parámetros del cilindro *s1*, *s2*, *h* y *R*. Tras haber modelado el perfil de esta manera, las pérdidas por difracción para el trayecto se calculan como la suma de tres términos:

- La suma de las pérdidas por difracción en los cilindros;
- La suma de la difracción del subtrayecto entre cilindros (y entre cilindros y terminales adyacentes);
- Un término de corrección.

Las pérdidas totales por difracción, en dB con respecto a las pérdidas en espacio libre, pueden expresarse de la siguiente manera:

$$L_d = \sum_{i=1}^{N} L'_i + L''(wx)_1 + \sum_{i=1}^{N} L''(yz)_i - 20logC_N \qquad [dB] \qquad (2.3.34)$$

donde:

L'_i: pérdidas por difracción en el i-ésimo cilindro calculado como se menciono en el obstáculo único de forma redondeada

$L''(wx)_1$: pérdidas por difracción del subtrayecto en la sección del trayecto que se encuentra entre los puntos *w* y *x* del primer cilindro

$L''(yz)_i$: pérdidas por difracción del subtrayecto en la sección del trayecto que se encuentra entre los puntos *y* y *z* de todos los cilindros

C_N: factor de corrección para tener en cuenta las pérdidas por dispersión debidas a la difracción en cilindros sucesivos

En el Anexo 3 se muestra el método para calcular las pérdidas por difracción del subtrayecto L'' en cada sección con visibilidad directa del trayecto entre obstrucciones.

El factor de corrección, C_N, se calcula mediante la fórmula:

$$C_N = (P_a/P_b)^{1/2} \qquad (2.3.35)$$

donde:

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^{N} [(s_2)_i] \left(s_1 + \sum_{j=1}^{N} \left[(s_2)_j\right]\right) \quad (2.3.36)$$

$$P_b = (s_1)_1 (s_2)_N \prod_{i=1}^{N} [(s_1)_i + (s_2)_i] \quad (2.3.37)$$

y los subíndices de los paréntesis se refieren a cada uno de los cilindros.

2.3.8.3 Términos de Atenuación por Gas y por Lluvia

La atenuación por gases atmosféricos y la atenuación por lluvia implementadas en el ICS Telecom son los métodos previstos en las recomendaciones UIT-R P.676-8 y ITU-R PN.837-5/838-3, respectivamente.

2.3.8.3.1 Término de Atenuación por Gases Atmosféricos

En la recomendación UIT-R P.676-8 (Atenuación debida a los gases atmosféricos) el coeficiente específico de atenuación por gases atmosféricos (γ), depende de la densidad del vapor de agua (ρ), la temperatura (T), la presión atmosférica (P) y la frecuencia (f) en el rango de 1 a 350 GHz.

$$L_{gas} = \gamma(f, T, \rho, P)d \quad (2.3.44)$$

Por debajo de 1 GHz, el mencionado coeficiente es igual a 0, ya que, a estas frecuencias, la atenuación por gases es insignificante.

2.3.8.3.2 Término de Atenuación por Lluvia

En las recomendaciones UIT-R P.837-5 (Características de la precipitación para establecer modelos de propagación) y UIT-R P.838-3 (Modelo de la atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción) el coeficiente específico de atenuación por lluvia (γ), depende de la frecuencia (f) en el rango de 1 a 400 GHz y de la intensidad de la caída de la lluvia (R).

$$L_{rain} = \gamma(f, R)d \quad (2.3.45)$$

Debajo de 1GHz, la atenuación por lluvia es despreciable.

2.3.8.4 Influencia de la Ocupación del Suelo

En el ICS Telecom, es posible involucrar "la capa clutter" que suele incluirse en el archivo de DTM[22]. Las propiedades del clutter o de la capa de ocupación del suelo se pueden definir en el software.

La primera influencia del clutter es una modificación de la altitud local del DTM, esto se hace de acuerdo con las reglas para los primeros diez códigos predefinidos expresados en la Tabla 2.3:

Código de Clutter	Modificación de Altitud
0 - Rural	Ninguna
1 - Suburbano	+ 6m
2 – Urbano 8m	+ 8m
3 - Urbano 15m	+ 15m
4 - Urbano 30m	+ 30m
5 - Bosque	+ 12m
6 - Hídrico	Ninguna
7 - Urbano 50m	+ 50m
8 - Rural Boscoso	+ 4m
9 – Carreteras / Techos	Ninguna

Tabla 2. 3 Modificación de altitud de acuerdo al código de clutter

Los diez siguientes términos son definidos de modo opcional por el usuario. La opción Rx sobre el clutter y la opción Rx sobre el suelo permiten considerar la altura del receptor ya sea desde la altura del clutter o de la tierra desocupada.

[22] **DTM:** Mapa Digital del Terreno (Suelo)

Los términos de atenuación Lclut de la ITU se subdividen en cuatro bandas:

Términos de atenuación de la ITU Lclut [dB]				
Código de clutter	$f \leq 40MHz$	$40 < f \leq 160MHz$	$160 < f \leq 450MHz$	$f > 450MHz$
0	3	5	7	9
1	9	12	15	18
2	19	22	25	28
3	22	25	28	31
4	25	28	31	34
5	27	27	27	27
6	0	0	0	0
7	29	32	32	38
8	3	5	5	9
9	0	0	0	0

Tabla 2. 4 Términos de atenuación de la ITU

Debido a que el Clutter que posee la Superintendencia de Telecomunicaciones corresponde a un clutter de tipo poblacional que no define a detalle la ocupación del suelo, en este proyecto se trabaja con el término de atenuación Lclut=0 (suprimimos la atenuación debida al clutter). De lo contrario al realizar la simulación se incluirían valores de atenuación debidos a la ocupación del suelo que no se apegan a la realidad y por tanto el resultado final de la simulación contendría errores.

2.4 SOFTWARE ANTIOS

2.4.1 INTRODUCCIÓN

Antios es un software de diseño de antenas y sistemas de antenas en 2D y 3D. En el caso de sistemas de antenas complejas (acoplamiento de elementos radiantes) incluye, además de la representatividad de los diagramas horizontales y verticales, una representación en 3D de la radiación de una antena. Adicionalmente permite acceder a la posición de los ceros, la ganancia, directividad y la eficiencia de una asociación de elementos radiantes cualesquiera sean el azimut y ángulo de elevación.

Antios integra todas estas funciones en una interfaz visual, tanto para el diseño del sistema de antena como para la representación de diagramas. El entorno está diseñado para ayudar al usuario, evitando la entrada de parámetros y describiendo de manera sencilla y rápida un sistema de radio complejo (hasta 16 niveles de antenas, 8 antenas por nivel, cada antena definida por diagramas unitarios, azimut, inclinación, potencia, fase).

2.4.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las características principales del software Antios se detallan a continuación:

- Hasta 16 niveles, con 8 antenas por nivel.
- Consideración de los diagramas horizontal y vertical, y los diagramas de fase.
- Para cada antena unitaria, permite definir el azimut, inclinación, distancia al mástil, potencia suministrada, fase eléctrica.
- Editor de antenas unitarias permitiendo añadir modelos a la biblioteca base.
- Tratamiento de los sistemas con polarización horizontal, vertical y circular.
- Gran biblioteca de antenas unitarias de diversos fabricantes.

- Skew[23] y compensación automática de los ceros en un patrón de radiación.
- Cálculo del patrón en 3D.
- Visualización de gráficos en representación cartesiana o polar.
- Cálculo de la directividad y de la ganancia del sistema de antena.
- Visualización de la estructura del sistema y del patrón de radiación.
- Permite exportar el diagrama en 2D y en 3D al ICS Telecom.

2.4.3 OBTENCIÓN DE UN PATRÓN DE RADIACIÓN DE UN ARREGLO DE ANTENAS CON EL SOFTWARE ANTIOS

En esta sección se mostrará cómo se obtiene un patrón de radiación de un arreglo de antenas tomando como ejemplos el canal 48 y el canal 2 de TV abierta. En el Anexo 4 se encuentran los parámetros técnicos necesarios (conforme a lo especificado en los contratos de concesión y a lo encontrado en las inspecciones técnicas realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones) y los patrones de radiación de los arreglos de antenas de cada uno de los canales de TV abierta que operan en el Cerro Pichincha, todos ellos obtenidos conforme al procedimiento que se detalla a continuación.

2.4.3.1 Modo de Uso del Software Antios

Para construir una antena (tomando como ejemplo la del Canal 48) con el software Antios se siguen los siguientes pasos:

1) Se empieza con los parámetros que considera el software Antios para obtener el patrón de radiación del arreglo de antenas del canal 48 de TV abierta que opera en el Cerro Pichincha (véase el numeral 4.2.1), mismos que se exponen en la Tabla 2.5.

---

[23] **Skew:** es un término usado en ingeniería de antenas. Es una técnica para mejorar el patrón de radiación horizontal de una estación con un transmisor de alta potencia.

Nota: La antena Kathrein K72314 trabaja en el rango de 470-860 MHz. Esta antena es tipo panel y contiene 4 dipolos horizontales (cuando trabaja con polarización horizontal) con una separación de 30 cm entre ellos. Se conoce que la distancia entre dipolos *d* debe ser menor a λ para evitar lóbulos indeseables. Para el rango de frecuencias de esta antena, la longitud de onda varía entre 34.88 ≤ λ ≤ 63.63 cm, por tanto con la separación de 30 cm no existen lóbulos indeseables para ninguna de las frecuencias contenidas en el rango de 470-860 MHz. Cada panel tiene una altura de 1m, entonces para mantener la distancia de 30cm entre dipolos, se requiere que los paneles estén separados una distancia de 1.2m desde el centro de cada panel (20cm de separación entre los extremos de un panel a otro panel).

PARÁMETROS		CH48		
Forma del Mástil		Triangular		
Dimensión [m]		1		
Frecuencia [MHz]		675.25		
Potencia nominal del transmisor [W]		5000		
Altura de la antena de transmisión [m]		P4 P3 P2 P1	P8 P7 P6 P5	72.45 72.15 71.85 71.55
Sistema Radiante	Tipo de antena	Kathrein K723147h		
	Número de paneles	8 Paneles (4 paneles por azimut)		
	Espaciamiento entre dipolos (4 dipolos en cada panel) [m]	0.3		
	Espaciamiento entre el mástil y el panel [m]	P4 P3 P2 P1	P8 P7 P6 P5	0.3252 0.2835 0.2417 0.2
	Azimut	45°, 135°		
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	-8 / 0		
	Fase [°] / Feeder length [m]	0 / 0		
	Potencia relativa	1		
	Polarización	Horizontal		
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'07.17"S		
	Longitud	78°31'29.76"O		

Tabla 2. 5 Parámetros utilizados para el Canal 48 que se encuentra en la Banda V.

2) En la barra de menús se hace clic en el menú *Station*, se selecciona *New…* (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.2.1) y aparece la ventana configuración de estación. Aquí se empieza con la estructura, seleccionando la forma del mástil y la dimensión del mismo. En este caso se escoge un mástil triangular con una dimensión de 1m por lado. Es posible colocar las coordenadas del transmisor para conocer su localización.

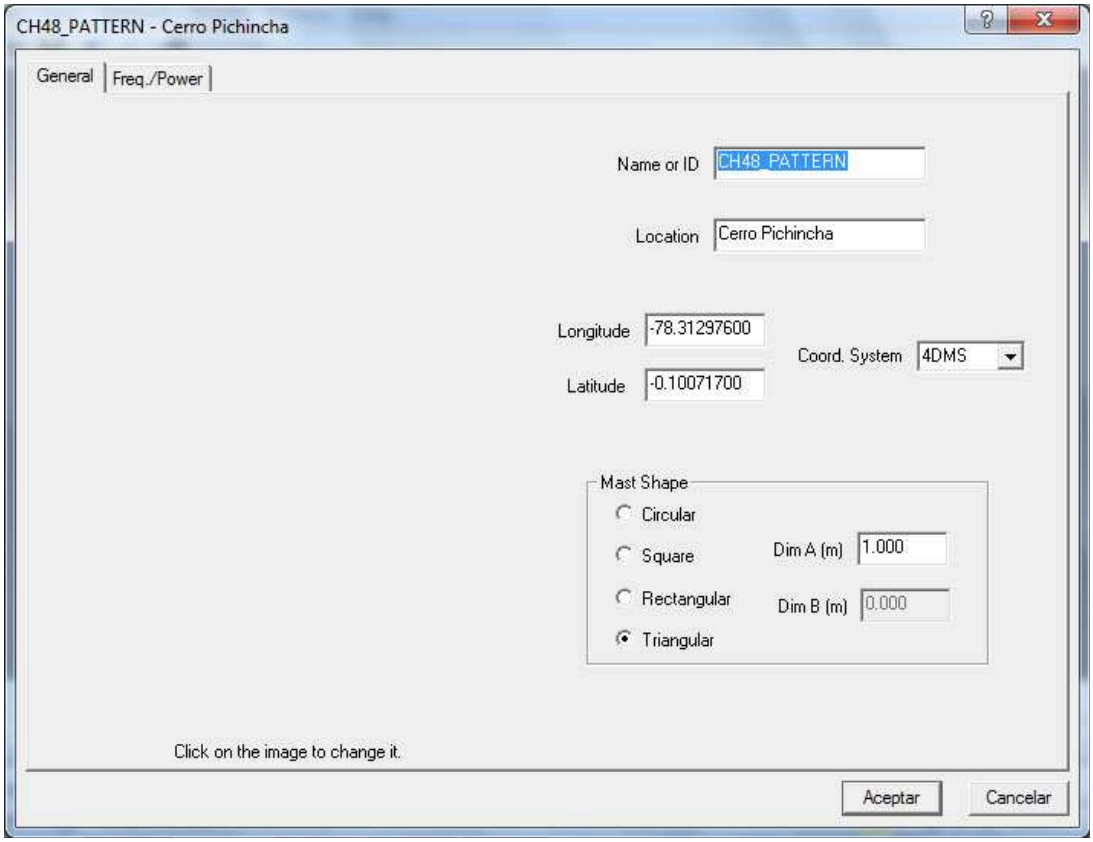


Figura 2. 13 Configuración de la Estructura que sostendrá al Arreglo de Antenas.

3) Ahora en la pestaña *Freq/Power* se introduce la frecuencia de operación presionando el botón *Add Freq*. En este caso se selecciona una frecuencia próxima a la de operación de la portadora de video del canal 48 (que es 675.25 MHz), se incorpora el valor de 675.0 MHz. Se incluye el valor de la potencia nominal que es de 5000 W para el transmisor del canal 48. En las pérdidas, exceptuando los cables, se mantiene el valor de 0 dB ya que este valor será considerado luego en el software ICS Telecom, de lo contrario se estarían duplicando las pérdidas.

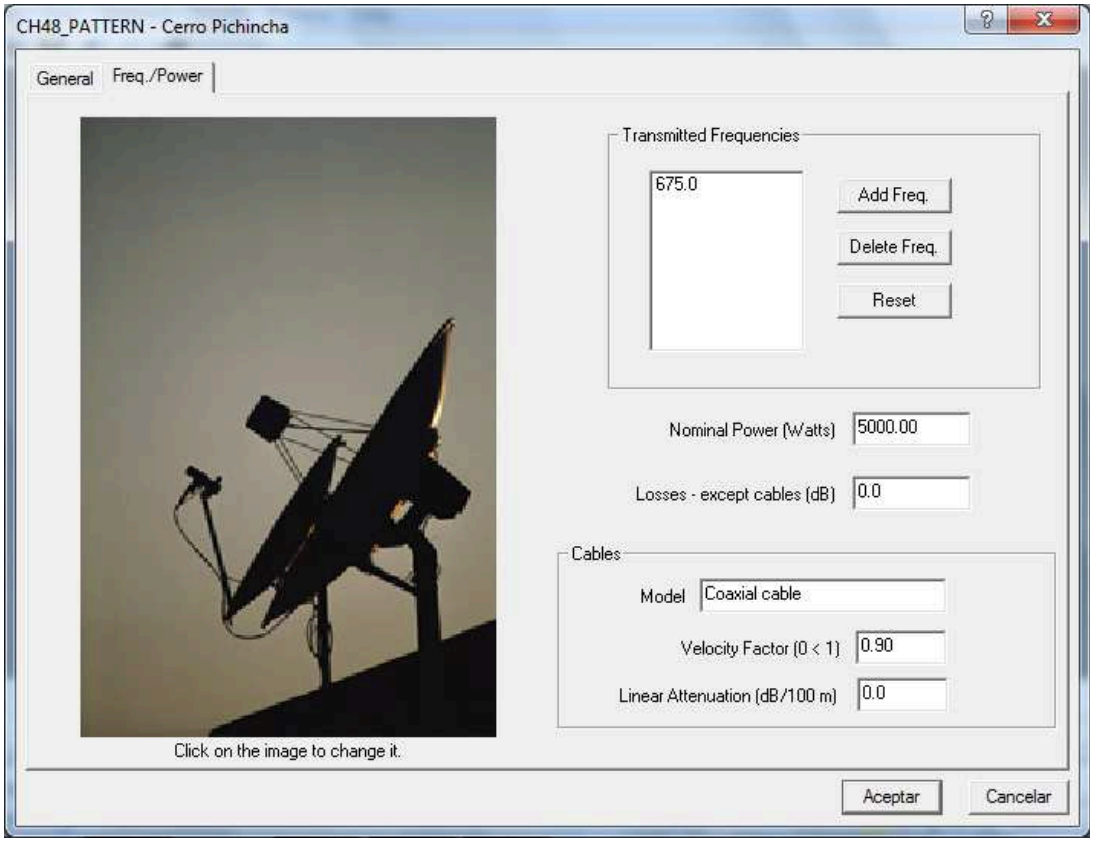


Figura 2. 14 Configuración de la Frecuencia de Trabajo, Potencia Nominal del Transmisor, Pérdidas y Cables.

4) En la estructura que aparece por defecto en el área de visualización del software Antios, se eliminan los 4 paneles que se generaron por defecto. Para esto en la barra de menús, se da clic en el menú *Design* y se selecciona *Delete Panel*, el panel que se elimina es el que ese momento se encuentra seleccionado (el panel de color verde).

5) El tipo de antena y la polarización se especifican en la ventana *Assign one antenna to all panels* (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.4.1), en este caso la antena es una Kathrein modelo K723147h con polarización horizontal. Para esta antena tipo panel la ganancia es de 10.8 dBd (para la frecuencia más baja) y trabaja en el rango de frecuencias de 470-860 MHz.

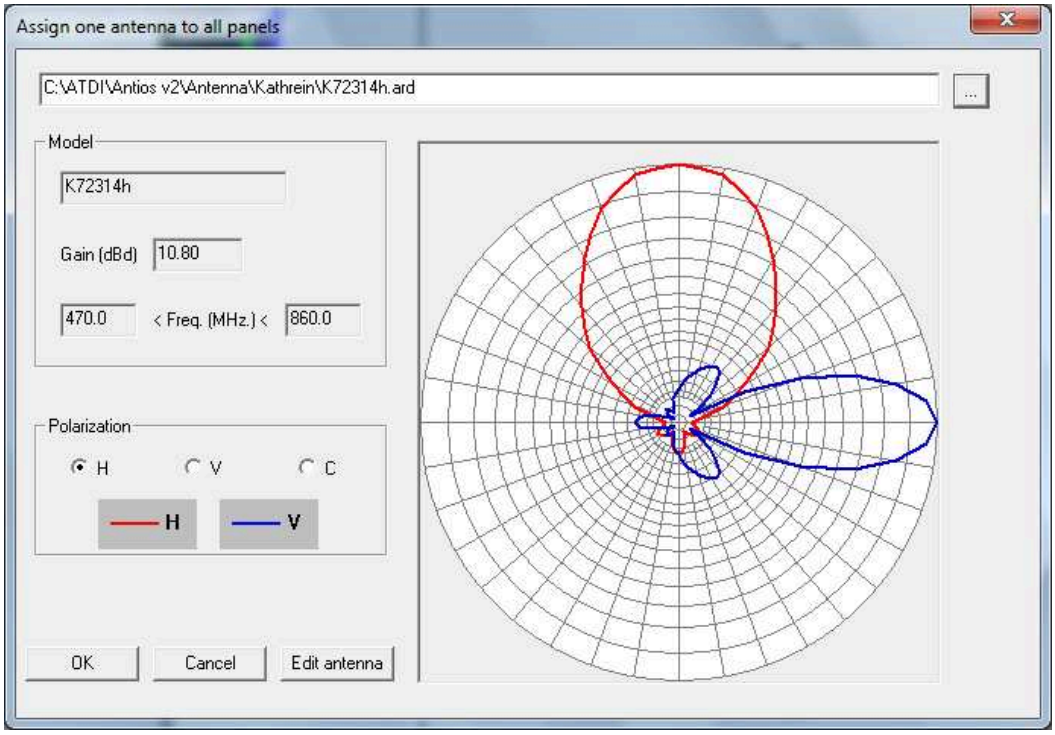


Figura 2. 15 Características de la Antena Escogida (en este caso se muestra una antena Kathrein K72314)

6) Cada panel se ubica en la altura respectiva y a la distancia desde el mástil que corresponda (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.5.1). En este caso se tiene 8 paneles (2 paneles con un azimut de 45° y los otros 2 paneles con un azimut de 135°). La altura media del arreglo es de 30 m, el espaciamiento entre paneles (medido desde el centro de cada panel) es de 1.2 m, por tanto en la práctica los paneles están ubicados a 73.8 m, 72.6 m, 71.4 m y 70.2 m. Sin embargo, el software Antios toma cada panel como si fuera un solo dipolo horizontal y por tanto la separación que se debe usar es de 30 cm (para no tener lóbulos indeseables). Entonces, en el software Antios, se ubicarán los paneles a 72.45 m, 72.15 m, 71.85 m y 71.55 m.

   Como el ángulo de inclinación tilt es de -8° y la distancia de separación entre el mástil y los paneles ubicados a la altura inferior (71.55 m) es conocida e igual a 0.2 m. Entonces, siguiendo el procedimiento especificado en el numeral 4.3.5.1, las distancias de separación son 0.2417 m, 0.2835 m y 0.3252 m para los paneles ubicados a 71.85 m, 72.15 m y 72.45 m respectivamente.

En cuanto a las características eléctricas, la potencia relativa es la unidad y la excitación es en fase y la fase es igual a cero (la radiación es perpendicular al sentido del arreglo, es decir que es un arreglo broadside en el cual el desplazamiento progresivo de fase $\xi = 0$).

7) En la barra de menús, se hace clic en el menú *Design* y se selecciona *Add Panel*. Aparece la ventana *Panel Settings*, aquí se escriben los datos de un panel con azimut de 45°.

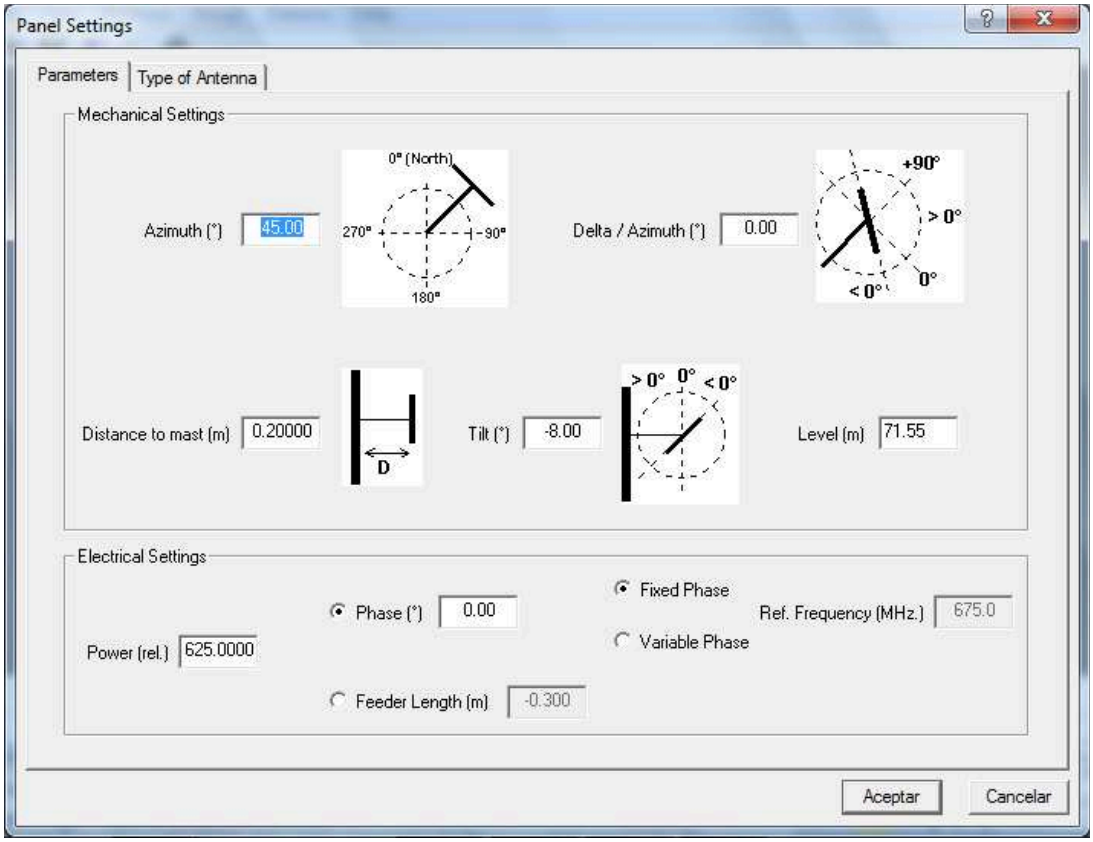


Figura 2. 16 Parámetros de un panel (para un azimut de 45°)

8) Como son cuatro paneles ubicados con un azimut de 45° que utilizan los mismos parámetros anteriores variando el valor de la altura (*Level*) y el valor de la distancia al mástil (*Distance to mast*), se realiza una copia múltiple del panel anterior (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.5.3). Se escribe el valor de la separación que se desea (0.3m) y el número de copias, en este caso 3 copias. Luego se configura la distancia al mástil de cada panel.

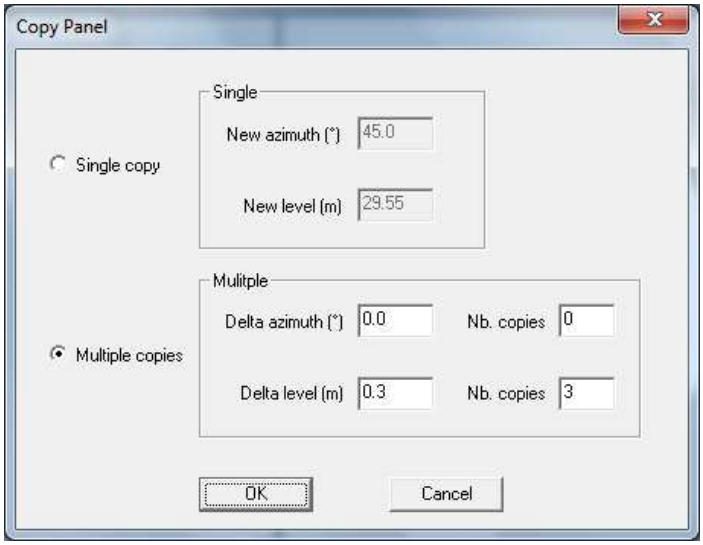


Figura 2. 17 Ventana de copia de panel.

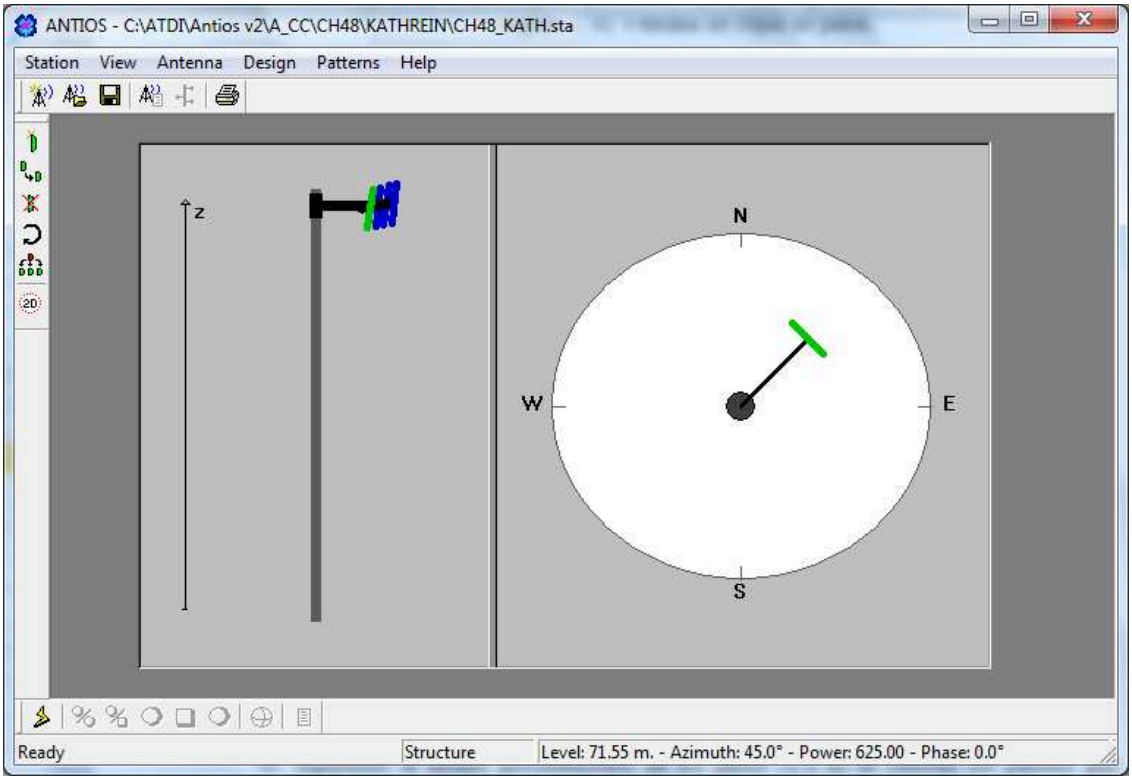


Figura 2. 18 Ubicación de cada panel con un azimut de 45°.

9) Siguiendo el mismo procedimiento de los pasos 7) y 8) se colocan los paneles que tienen un azimut de 135°.

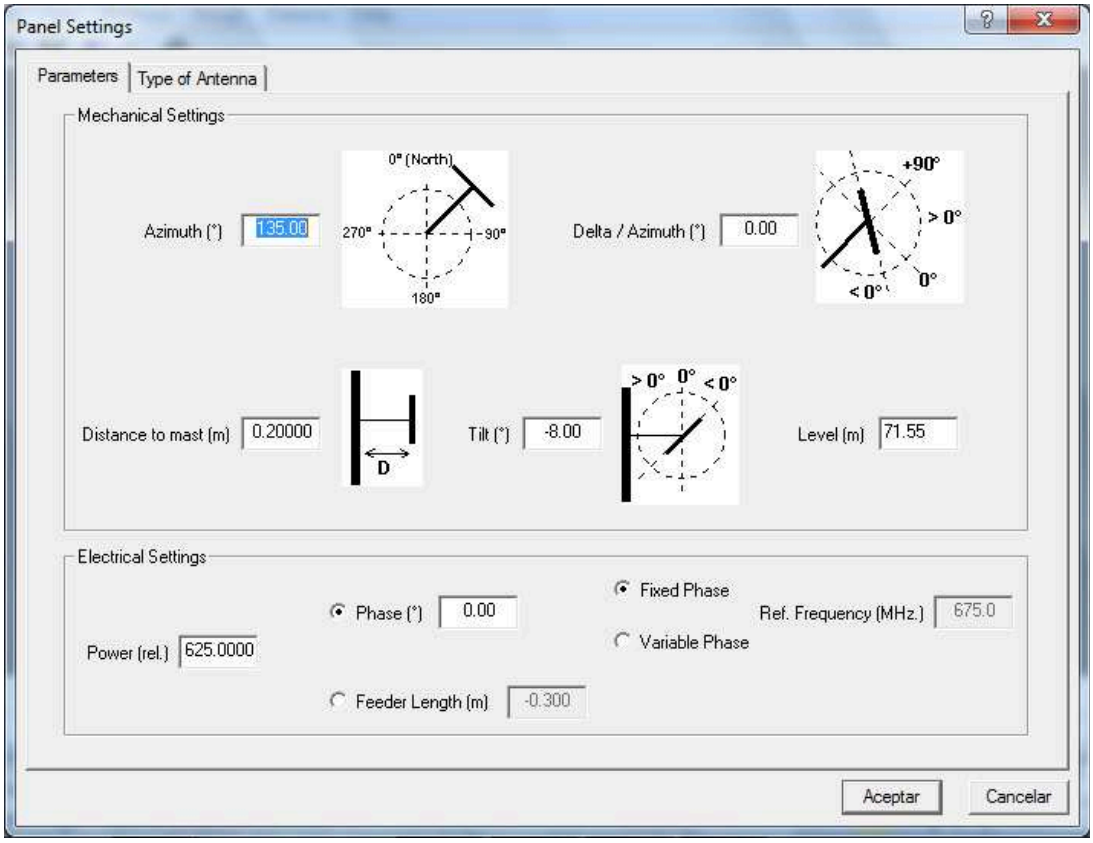


Figura 2. 19 Parámetros de cada Antena (para un azimut de 135°)

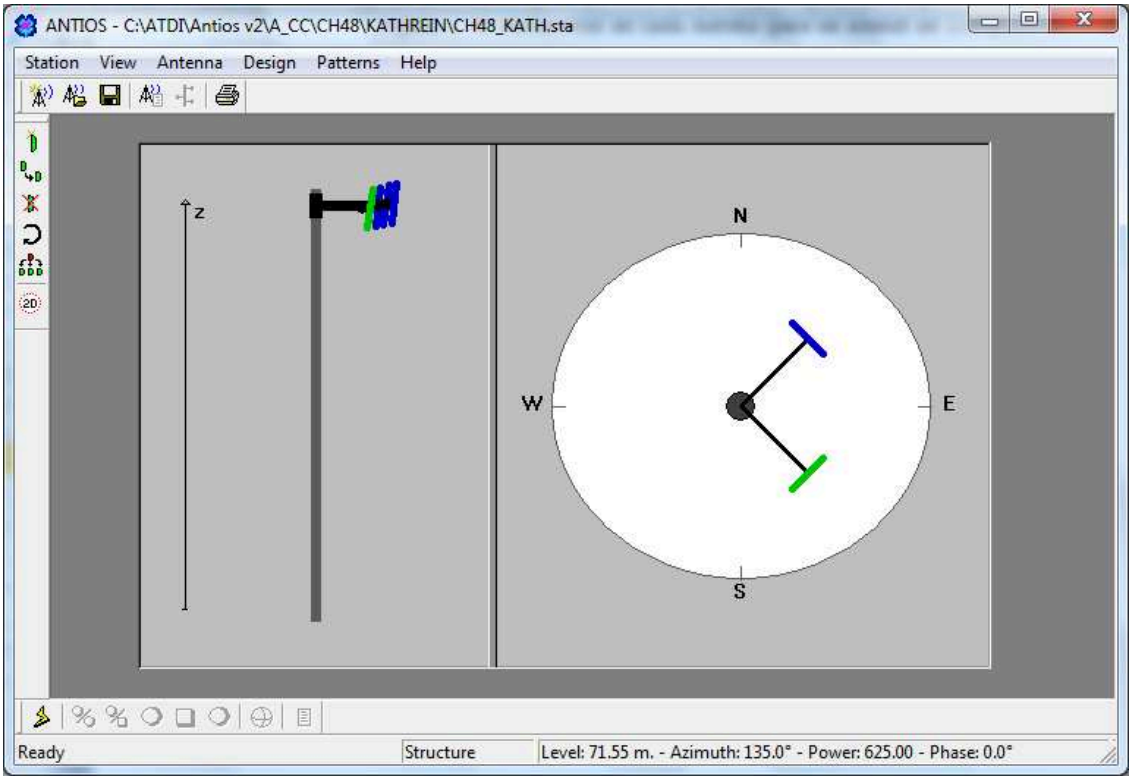


Figura 2. 20 Ubicación de todos los paneles (a 45° y 135°)

10) En la barra de menús, se hace clic en el menú *Patterns* y se selecciona *Compute Pattern* para obtener el patrón de radiación (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.6.1).

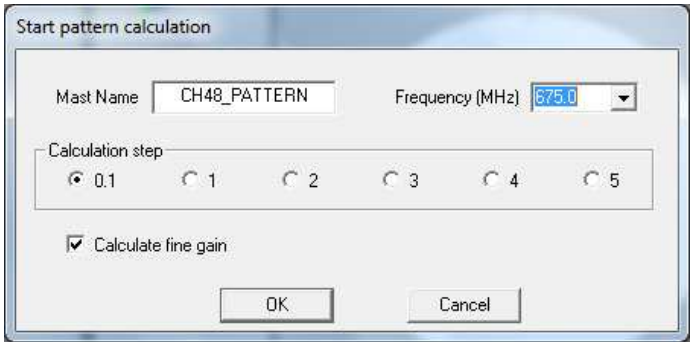


Figura 2. 21 Calculo del Patrón de Radiación del Arreglo de Antenas

11) Se obtiene el diagrama compuesto del arreglo de antenas del patrón de radiación horizontal y del patrón de radiación vertical. Se selecciona las opciones de visualización de los patrones (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.3.3).

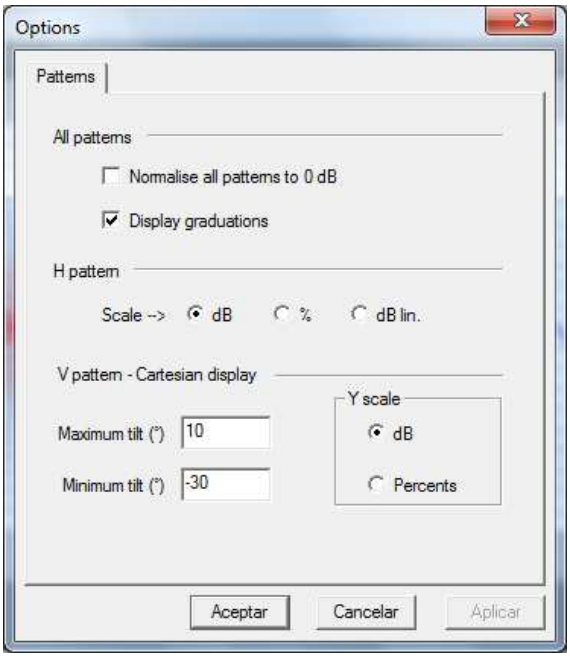


Figura 2. 22 Opciones de visualización de los patrones

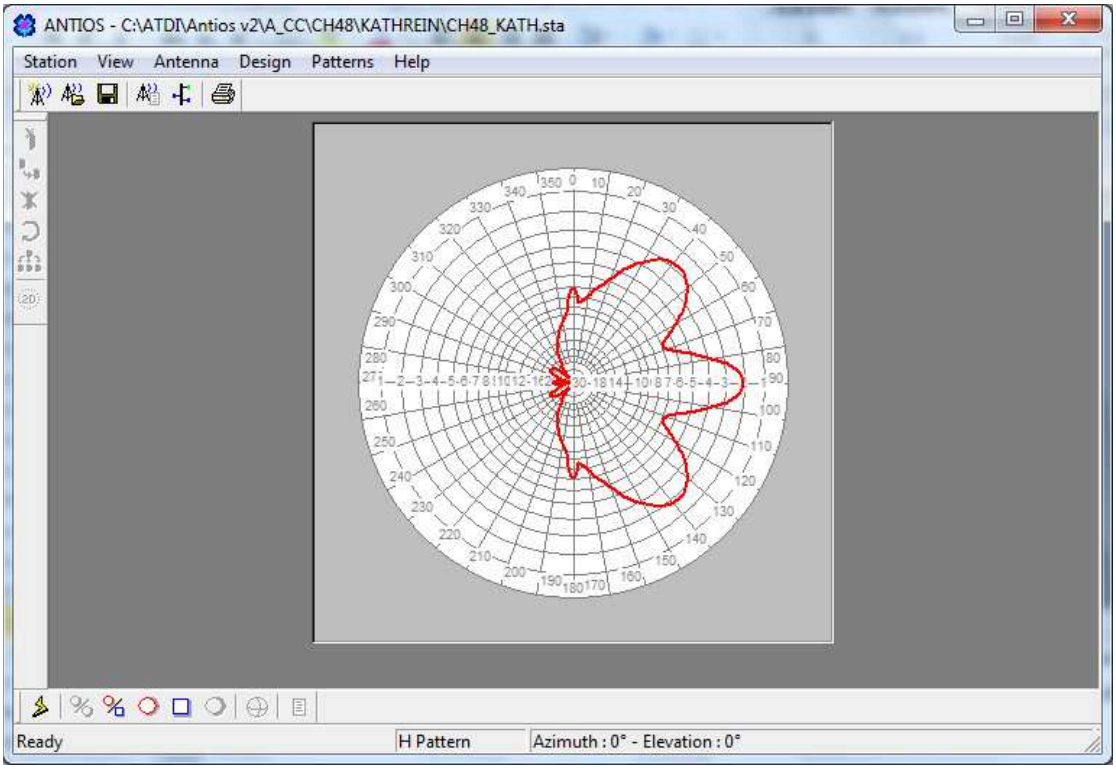


Figura 2. 23 Patrón de Radiación Horizontal (H-Pattern) del Arreglo en coordenadas polares.

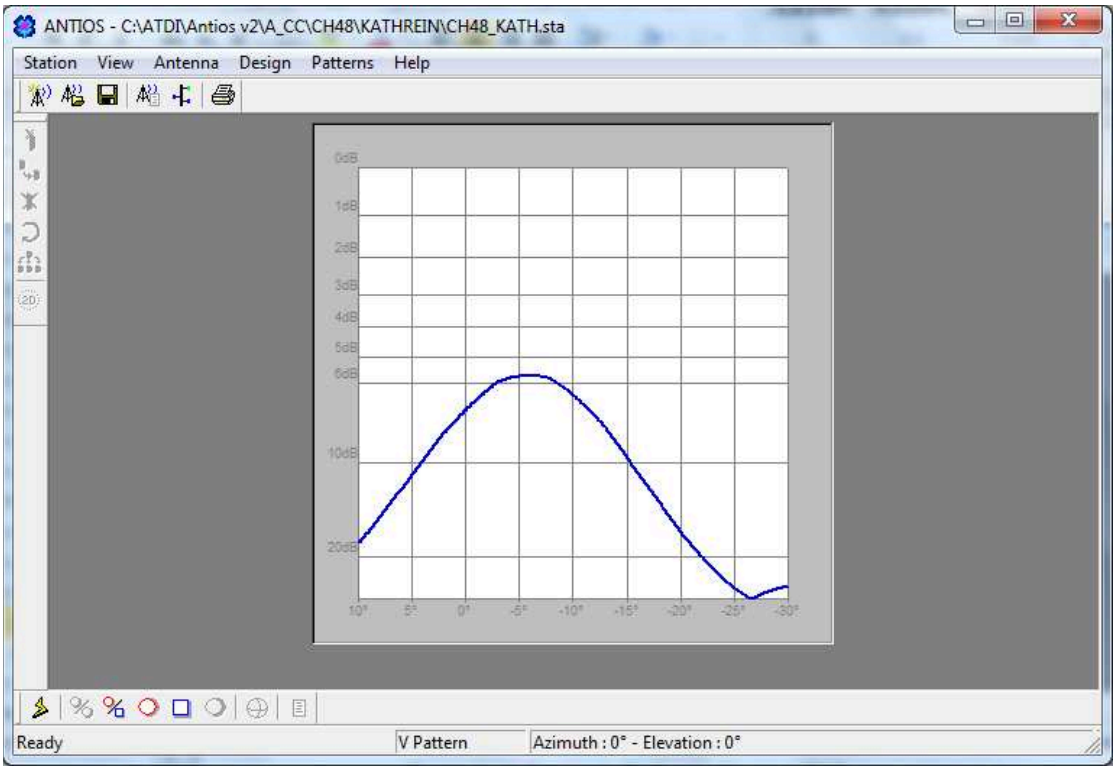


Figura 2. 24 Patrón de Radiación Vertical (V-Pattern) del Arreglo en coordenadas cartesianas.

12) En la barra de menús, se hace clic en el menú *Patterns* y se selecciona *Display values*. Ahora se muestran los valores de ganancia, directividad y azimut en la dirección de máxima radiación del arreglo de antenas.

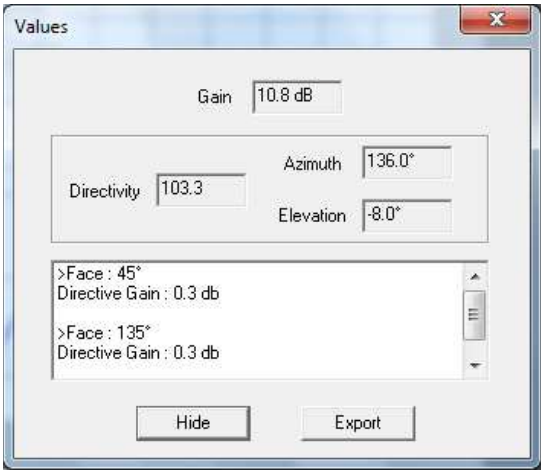


Figura 2. 25 Ganancia, Directividad, Azimut y Elevación en la Dirección de Máxima Radiación del Arreglo de Antenas.

13) Finalmente se guardan los patrones de radiación que serán usados en el ICS Telecom (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.6.4). Así se guardarán cinco archivos, un archivo con terminación .SPH que contiene el patrón de radiación horizontal del arreglo de antenas y cuatro archivos con terminación .SPV que contienen el patrón de radiación vertical para los azimuts de 0°, 90°, 180° y 270° (para un archivo con terminación .SPV primero se solicita el azimut con el cual se desea exportarlo).

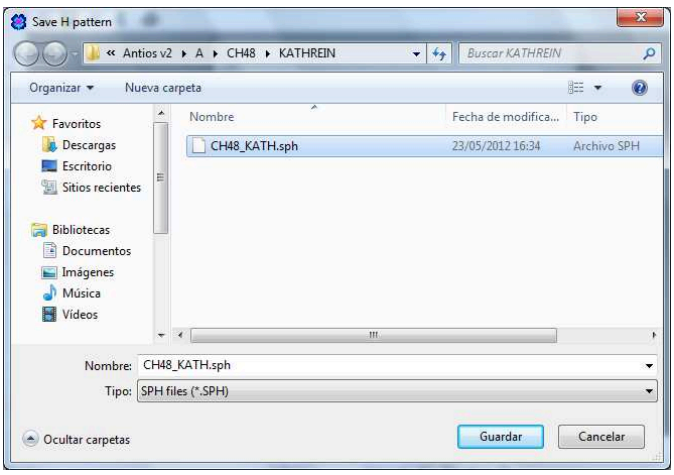


Figura 2. 26 Grabación del Patrón de Radiación Horizontal

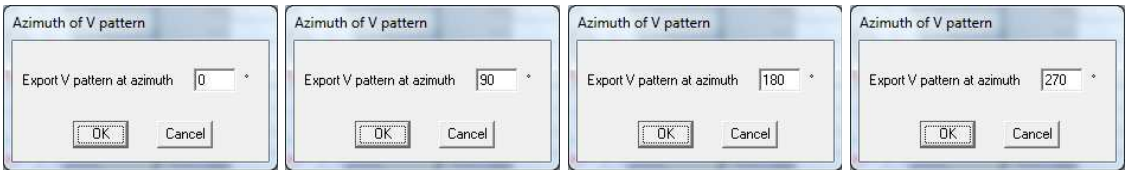


Figura 2. 27 Azimut con el cual se exporta el Patrón de Radiación Vertical (0º, 90º, 180º y 270º)

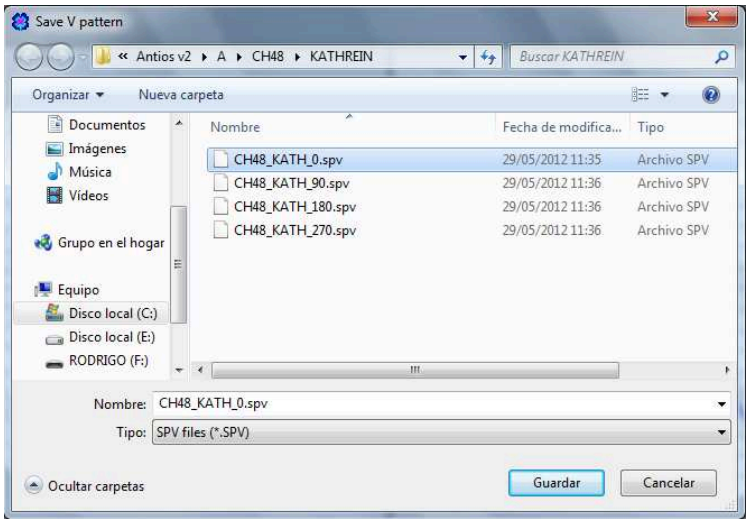


Figura 2. 28 Grabación del Patrón de Radiación Vertical para 0º, 90º, 180º y 270º

2.4.3.2 Creación/Edición de una Antena

En el caso de que la antena de un determinado fabricante no se encuentre disponible en la biblioteca del software Antios, es posible crear o editar una Antena partiendo de las características provistas por el fabricante. Para mostrar cómo hacer esto en el software Antios, se toma como ejemplo la antena Rymsa AT11-220 que utiliza el Canal 2 y que no se encuentra disponible en la biblioteca. Los pasos a seguir son:

1) En la barra de menús del software Antios dirigirse a *Antenna*, seleccionar *New/Edit Antenna* (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.3.4.2). Dar un nombre a la Antena, en este caso AT11-220, y aparece una ventana en la que se seleccionarán los parámetros. Se escribe el modelo que es AT11-220, el fabricante que es RYMSA, el tipo de antena que es un dipolo con reflector, la banda de frecuencias en la que trabaja que es la Banda I (1), el rango de frecuencias que va de 54 - 88 MHz y el tipo de polarización que es horizontal.

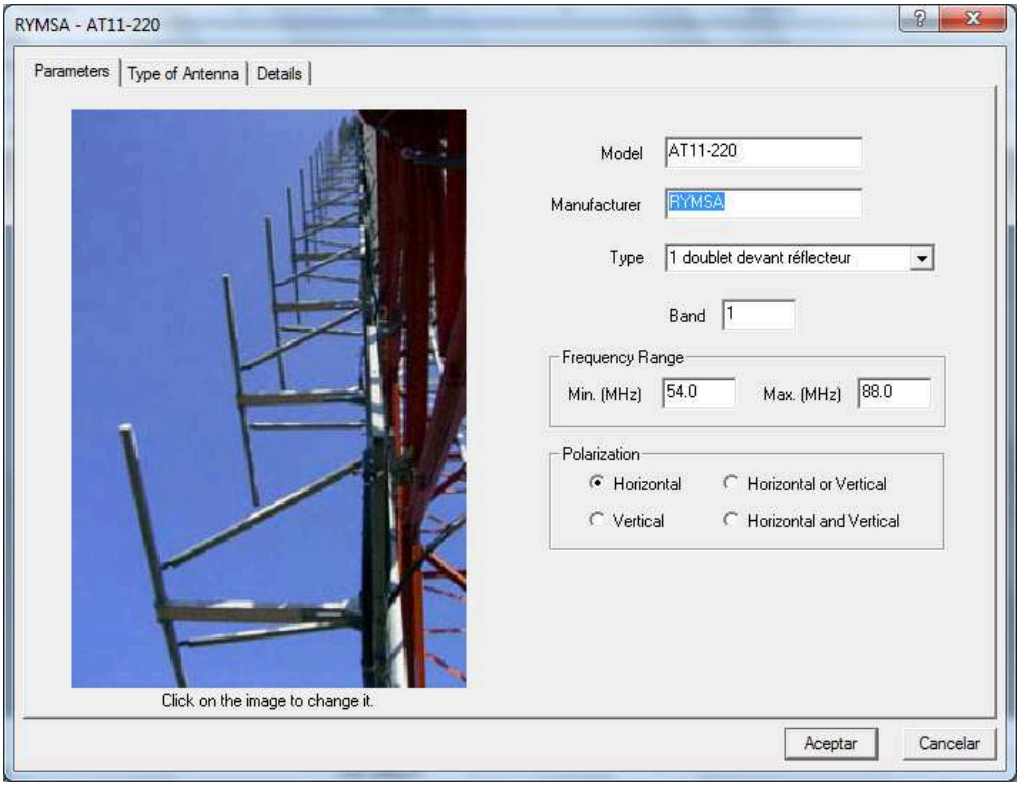


Figura 2. 29 Configuración de Parámetros de una Antena.

2) Dirigirse a la pestaña *Type of Antenna*, aquí se escribirá el ancho, la altura y la profundidad que para este caso son 2220, 3000, 1000 mm, respectivamente. Además el peso que es 85 kg, la potencia máxima que soporta que es 3000 W, la impedancia que es 50 Ω y el VSWR[24] que es 1.2. El símbolo de diseño puede ser cualquiera ya que es solo una imagen que identificara a nuestra antena.

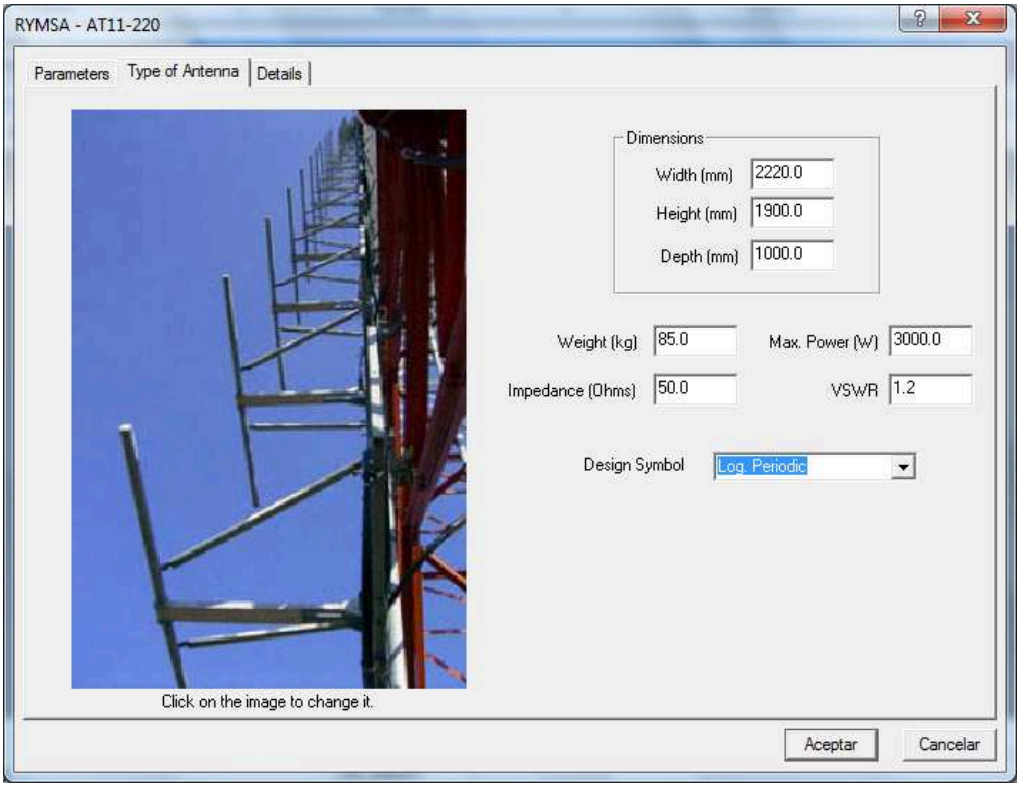


Figura 2. 30 Configuración del Tipo de Antena.

3) Finalmente dirigirse a la pestaña *Details*, se puede o no incorporar el o los valores de frecuencia, si no se lo hace se considera que se usa el mismo patrón de radiación para todas las frecuencias que se encuentren dentro del

[24] **VSWR:** Relación Voltaje a Onda Estacionaria, es igual a $(1+|\Gamma|)/(1-|\Gamma|)$. Γ = coeficiente de reflexión de voltaje en los terminales de entrada de la antena [$\Gamma = (Z_{in} - Z_0)/(Z_{in} + Z_0)$ donde Z_{in} = impedancia de entrada de la antena y Z_0 = impedancia característica de la línea de transmisión]

rango de 54 – 88 MHz. Se escribe el valor de la ganancia lineal (7.5 dB) y el de la ganancia circular (0 dB).

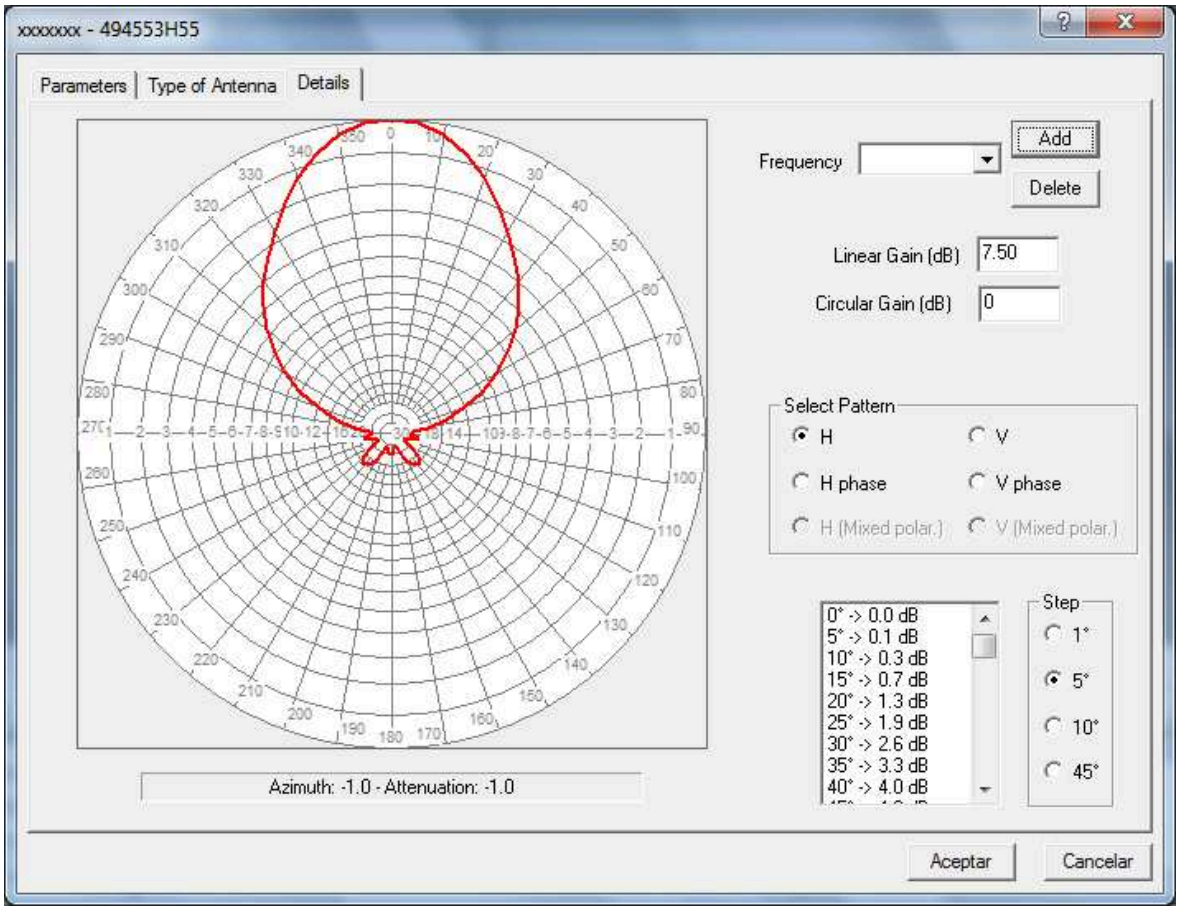


Figura 2. 31 Detalles Propios de la Antena.

4) El fabricante siempre da a conocer los patrones en los planos E y H. El patrón en el Plano-E corresponde al Patrón-H, y el patrón en el Plano-H corresponde al Patrón-V. No debe confundirse al patrón en el Plano-H con el Patrón-H, ya que el primero se refiere al plano que contiene el vector de campo magnético (H) y el segundo al patrón de radiación Horizontal. Para el patrón horizontal, los valores se cargan cada 5°, en la Tabla 2.6 se muestran los ángulos y sus respectivas ganancias para el Patrón-H, y en la Figura 2.56 se aprecia el patrón.

Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]
0	0,0	90	-24,4	180	-23,6	270	-24,1
5	-0,1	95	-22,4	185	-24,0	275	-23,1
10	-0,3	100	-21,3	190	-25,5	280	-18,4
15	-0,7	105	-21,9	195	-27,3	285	-14,9
20	-1,3	110	-24,4	200	-26,7	290	-12,0
25	-1,9	115	-27,3	205	-23,6	295	-9,9
30	-2,6	120	-26,0	210	-20,6	300	-8,2
35	-3,3	125	-21,9	215	-18,7	305	-6,9
40	-4,0	130	-19,2	220	-17,9	310	-5,8
45	-4,8	135	-18,0	225	-18,0	315	-4,8
50	-5,8	140	-17,9	230	-19,2	320	-4,0
55	-6,9	145	-18,7	235	-21,9	325	-3,3
60	-8,2	150	-20,6	240	-26,0	330	-2,6
65	-9,9	155	-23,6	245	-27,3	335	-1,9
70	-12,0	160	-26,7	250	-24,4	340	-1,3
75	-14,9	165	-27,3	255	-21,9	345	-0,7
80	-18,4	170	-25,5	260	-21,3	350	-0,3
85	-23,1	175	-24,0	265	-22,4	355	-0,1

Tabla 2. 6 Valores de los Ángulos y sus respectivas Ganancias del H-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220

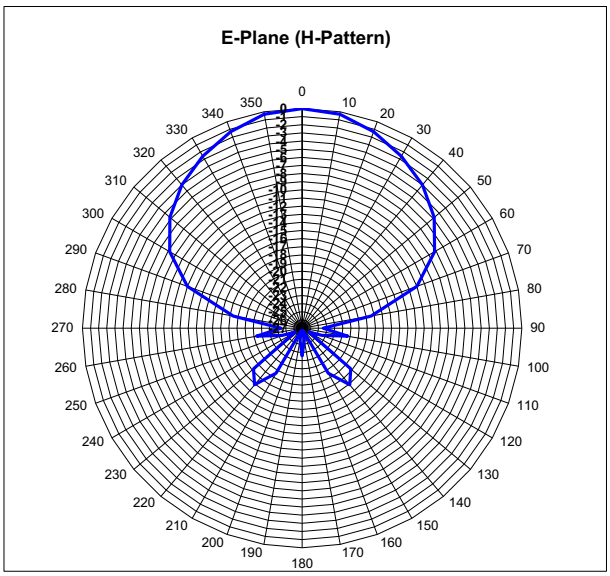


Figura 2. 32 H-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220

5) Para el patrón vertical (plano-E, que es el plano que contiene el vector de campo eléctrico), los valores también se cargan cada 5°, en la Tabla 2.7 se muestran los ángulos y sus respectivas ganancias para el Patrón-V, y en la Figura 2.57 se aprecia el patrón.

Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]	Ángulo [°]	Ganancia [dB]
-180	-29,1	-90	-23,7	0	0,0	90	-23,7
-175	-28,0	-85	-24,4	5	-0,1	95	-23,7
-170	-26,9	-80	-25,4	10	-0,4	100	-24,4
-165	-24,9	-75	-26,9	15	-0,9	105	-23,7
-160	-22,6	-70	-28,0	20	-1,5	110	-22,2
-155	-21,4	-65	-26,0	25	-2,5	115	-20,5
-150	-19,8	-60	-20,0	30	-3,7	120	-19,3
-145	-18,8	-55	-15,3	35	-5,3	125	-18,1
-140	-18,1	-50	-11,9	40	-7,1	130	-17,8
-135	-17,8	-45	-9,4	45	-9,4	135	-17,8
-130	-17,8	-40	-7,1	50	-11,9	140	-18,1
-125	-18,1	-35	-5,3	55	-15,3	145	-18,8
-120	-19,3	-30	-3,7	60	-20,0	150	-19,8
-115	-20,5	-25	-2,5	65	-26,0	155	-21,4
-110	-22,2	-20	-1,5	70	-28,0	160	-22,6
-105	-23,7	-15	-0,9	75	-26,9	165	-24,9
-100	-24,4	-10	-0,4	80	-25,4	170	-26,9
-95	-23,7	-5	-0,1	85	-24,4	175	-28,0

Tabla 2. 7 Valores de los Ángulos y sus respectivas Ganancias del V-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220

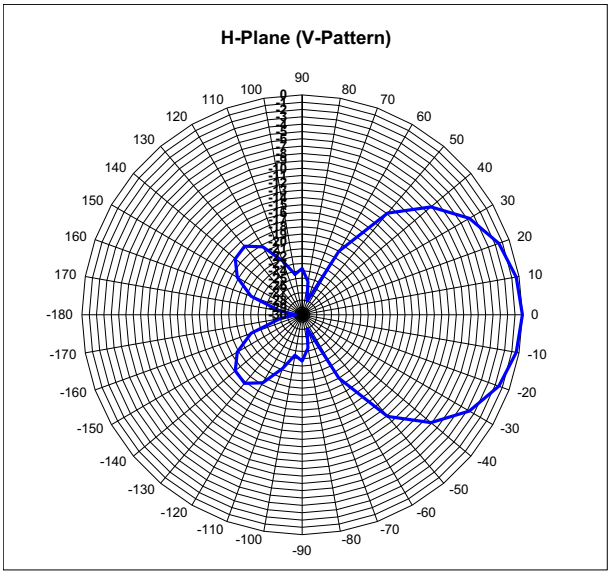


Figura 2. 33 V-Pattern de una Antena Rymsa AT11-220

6) Ahora en la ventana *Details* se insertan los valores de la Tabla 2.6 para el patrón horizontal (H-Pattern) y los valores de la Tabla 2.7 para el patrón vertical (V-Pattern).

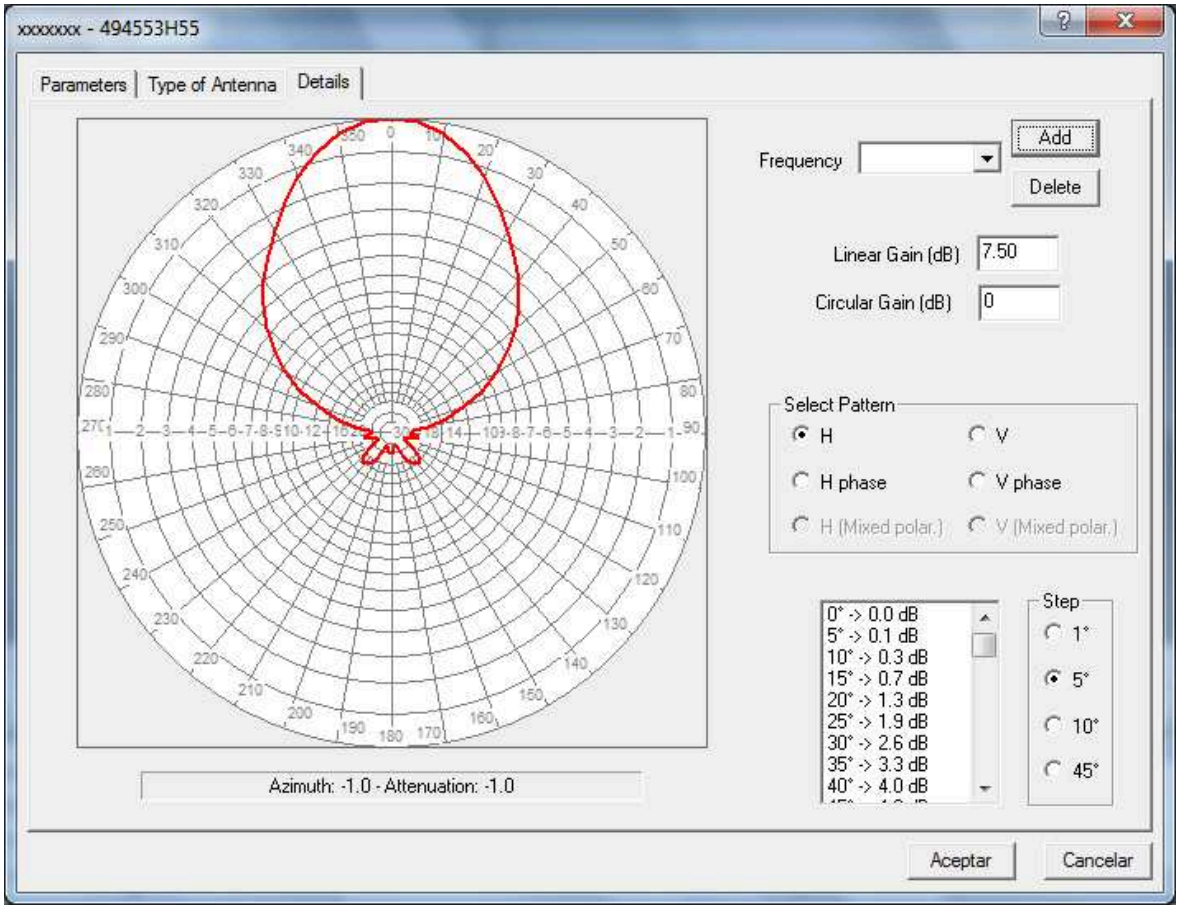


Figura 2. 34 Patrón de Radiación Horizontal

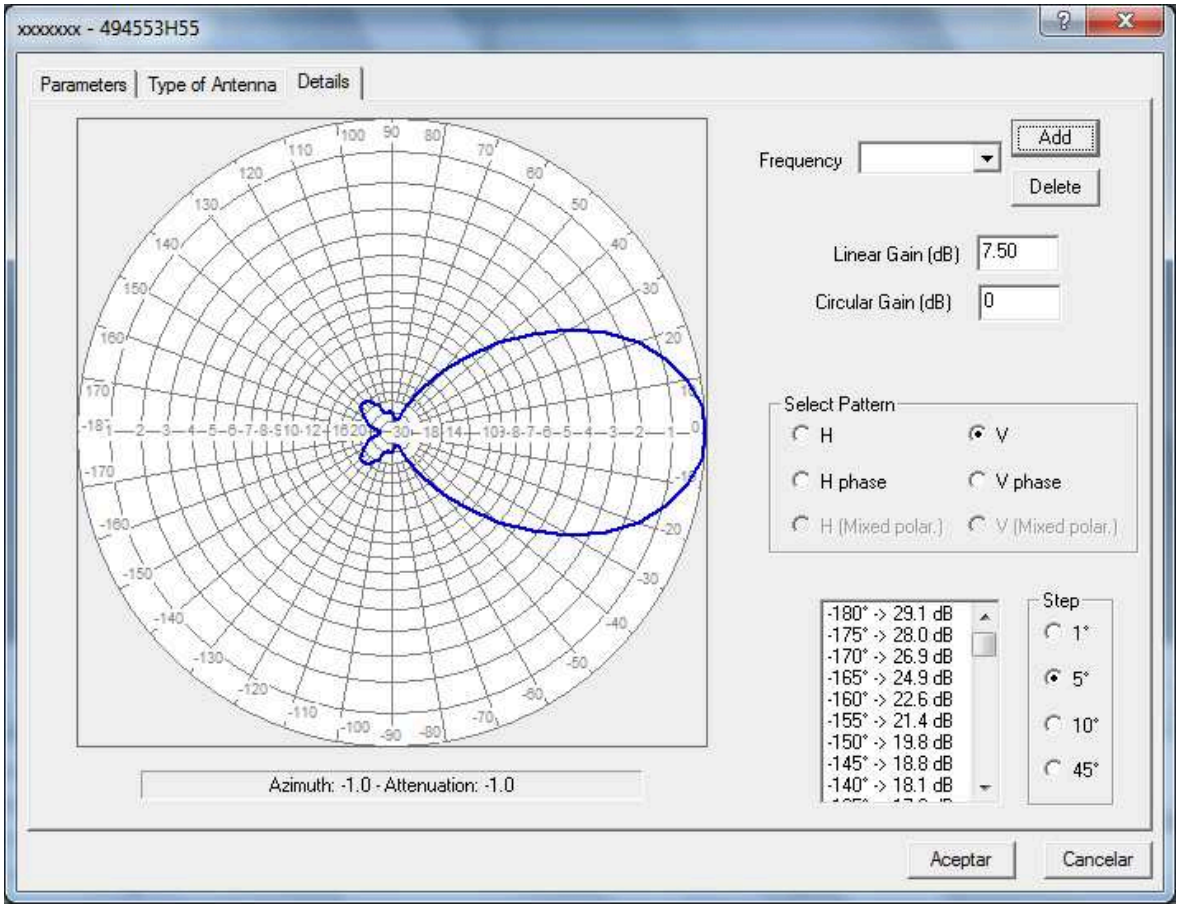


Figura 2. 35 Patrón de Radiación Vertical

Las características técnicas de las antenas provistas por los fabricantes y los patrones de radiación de los arreglos de antenas de cada uno de los canales de TV abierta que operan en el cerro Pichincha se encuentran en el Anexo 4.

CAPÍTULO 3

DETERMINACIÓN DE COBERTURAS, MEDICIONES Y ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se muestra de forma general la configuración de los sistemas de transmisión de TV analógica en el software ICS Telecom. En el Capítulo 2 ya fue dada una breve introducción al software ICS Telecom, se determinó el modelo de propagación a ser utilizado y usando el software Antios se obtuvieron los patrones de radiación de los arreglos de antenas de cada sistema de transmisión de TV analógica. Ahora se continúa con el uso del software ICS Telecom con el objetivo de determinar el área de cobertura principal de cada sistema de transmisión. Luego se evalúa la fiabilidad de las predicciones de cobertura mediante la comparación (por método gráfico) de los niveles de intensidad de campo eléctrico recibido que se obtienen en la simulación y los niveles medidos por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

3.2 CONFIGURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA EN EL SOFTWARE ICS TELECOM

En este numeral se detalla la forma para configurar un sistema de transmisión de TV analógica en el software ICS Telecom. Para esto se consideran las características técnicas del sistema de transmisión. Sin embargo, para cualquier software de simulación de sistemas de telecomunicaciones es indispensable contar con los mapas digitales, por esta razón primero se muestra qué son y cómo se seleccionan los mapas digitales para este proyecto y luego se continúa con la configuración de los sistemas de transmisión.

3.2.1 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM)

Para obtener una cobertura es necesaria la información cartográfica cuya resolución puede variar. La Superintendencia de Telecomunicaciones posee un DEM de resolución media que describe el terreno con una precisión de 30m. Cuando se usa un DEM de resolución media la predicción de cobertura se realiza en base a dos tipos de archivos cartográficos que son:

- Modelado Digital del Terreno, que describe cada pixel con su altitud respecto al nivel del mar.
- El Clutter, que describe el tipo de terreno y entrega un cálculo más fino de la predicción utilizando una aproximación estadística; los parámetros de propagación del tipo de suelo pueden ser definidos.

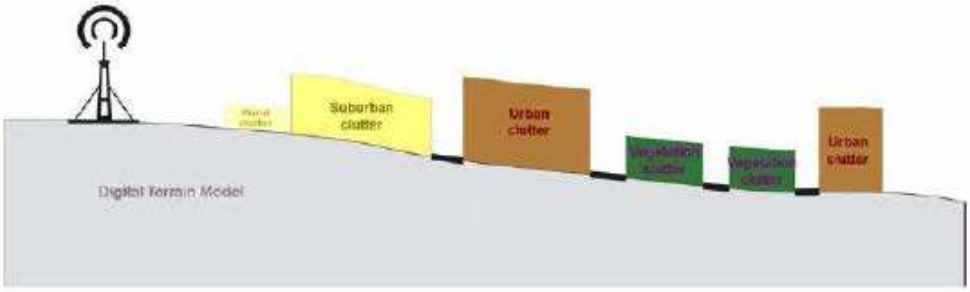


Figura 3. 1 Tipos de Terreno en un DEM

Los datos de resolución media no contienen información de la altura real de los edificios, sino una información de tipo estadístico de la ocupación del suelo similar a lo que se observa en la Figura 3.1, debido a esto los DEM de resolución media son de uso exclusivo para predicción de cobertura de sistemas de radiodifusión en donde la recepción de la señal se da en ambiente exterior. Por lo tanto, para este proyecto, se justifica el uso del DEM de 30m que posee la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Por otro lado el Clutter que posee la Superintendencia de Telecomunicaciones es de tipo poblacional, es decir que coloca a toda la ciudad de Quito en un solo tipo de ocupación de suelo (de tipo urbano a 30m de altura sobre el DEM) lo cual es irreal. Por esta razón en este proyecto se anula la influencia del Clutter en la predicción de cobertura lo cual implica que no existirá aproximación estadística ni

atenuaciones debidas al tipo de suelo. Por esta razón los niveles de intensidad de campo eléctrico obtenidos durante la simulación serán mayores en comparación con los valores medidos en la práctica (considerando que las mediciones reales se realizan también en ambiente exterior).

3.2.1.1 Selección del DEM

Al iniciar el software ICS Telecom y crear un nuevo proyecto lo primero que se requiere es definir el DEM que se utilizará (véase el numeral 4.4.1). Para esto dirigirse a la Barra de Menús, al menú File / Project Manager. En la Figura 3.2 se observa la ventana *Project Manager* en donde los tres primeros archivos que se detallan a continuación deben ser escogidos:

- *Digital terrain model (.GEO)*: Es un componente esencial del proyecto. Es un archivo raster[25] con terminación .geo que contiene las coordenadas X, Y, Z de cada punto. En la Figura 3.3 y en la Figura 3.4 se puede apreciar la capa DEM en dos dimensiones y tres dimensiones respectivamente.
- *Map image (.IMG)*: Es la imagen digitalizada de un mapa. Es un archivo raster con terminación .img que contiene las coordenadas X, Y de cada punto. En la Figura 3.5 se puede apreciar la capa Image.
- *Color Palette (.PAL)*: Es un componente esencial para visualizar la imagen. Es un archivo con terminación .pal.

[25] Archivo Raster: división de la zona geográfica en una retícula o malla regular de pequeñas celdas a las que se denomina píxeles y se les atribuye un valor numérico como representación de su valor temático.

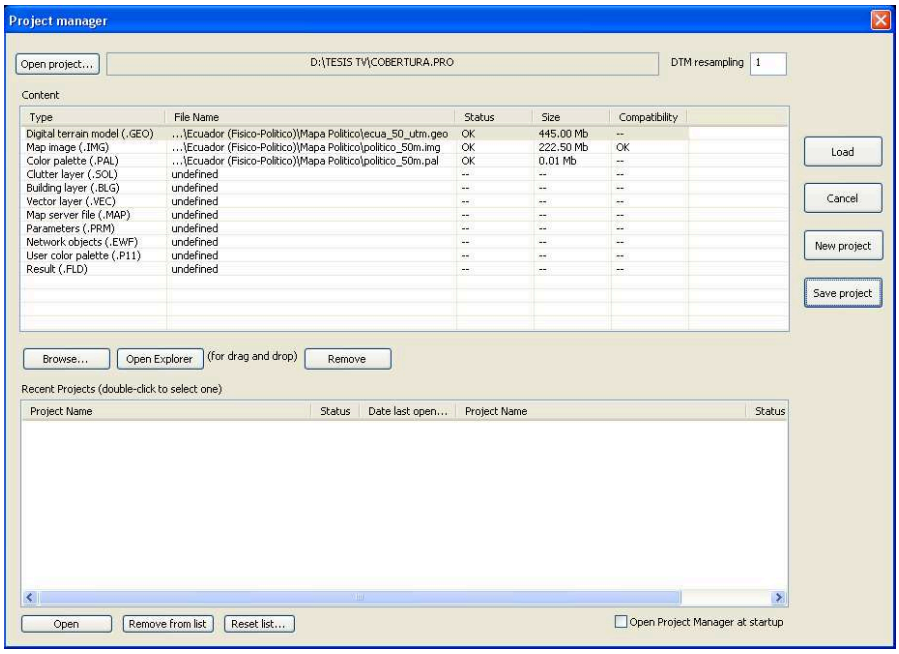


Figura 3. 2 Selección de Archivos Cartográficos

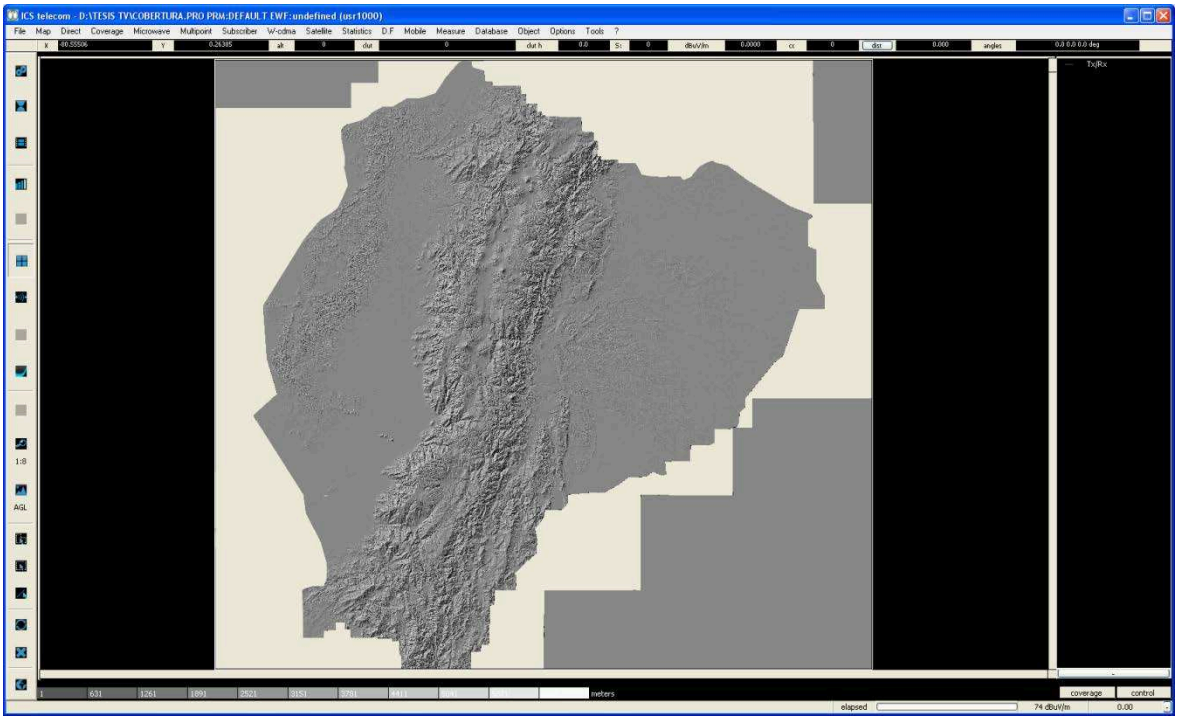


Figura 3. 3 Capa DEM en 2D

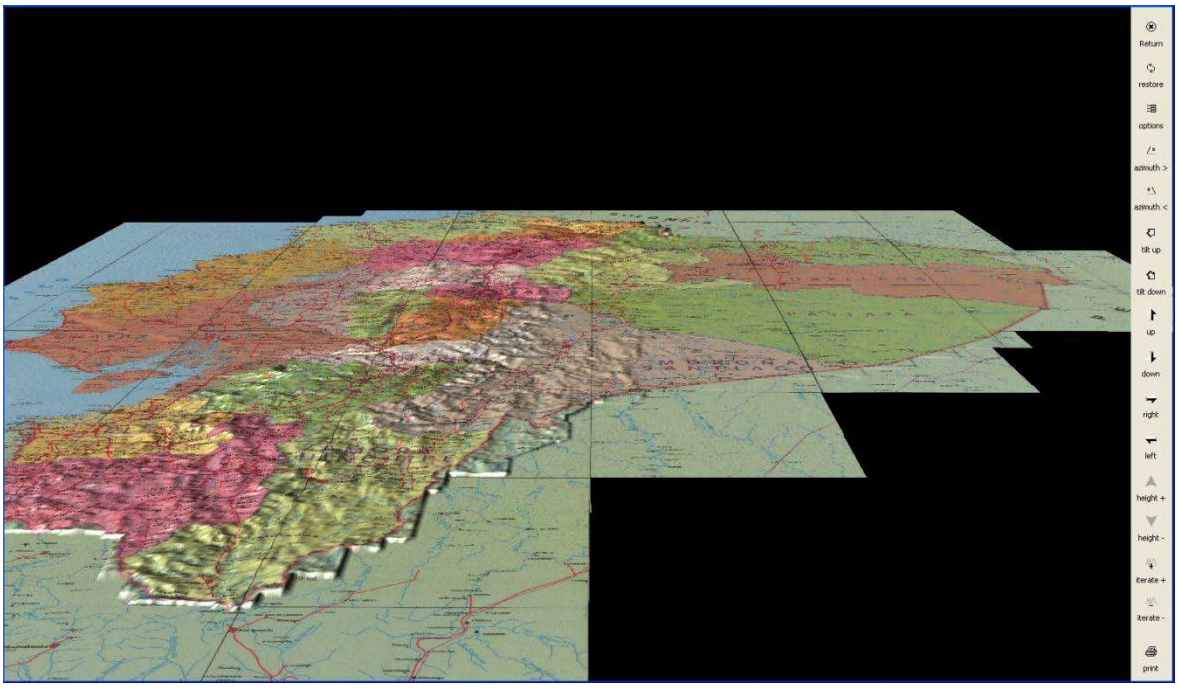


Figura 3. 4 Capa DEM en 3D (capa Image superpuesta)

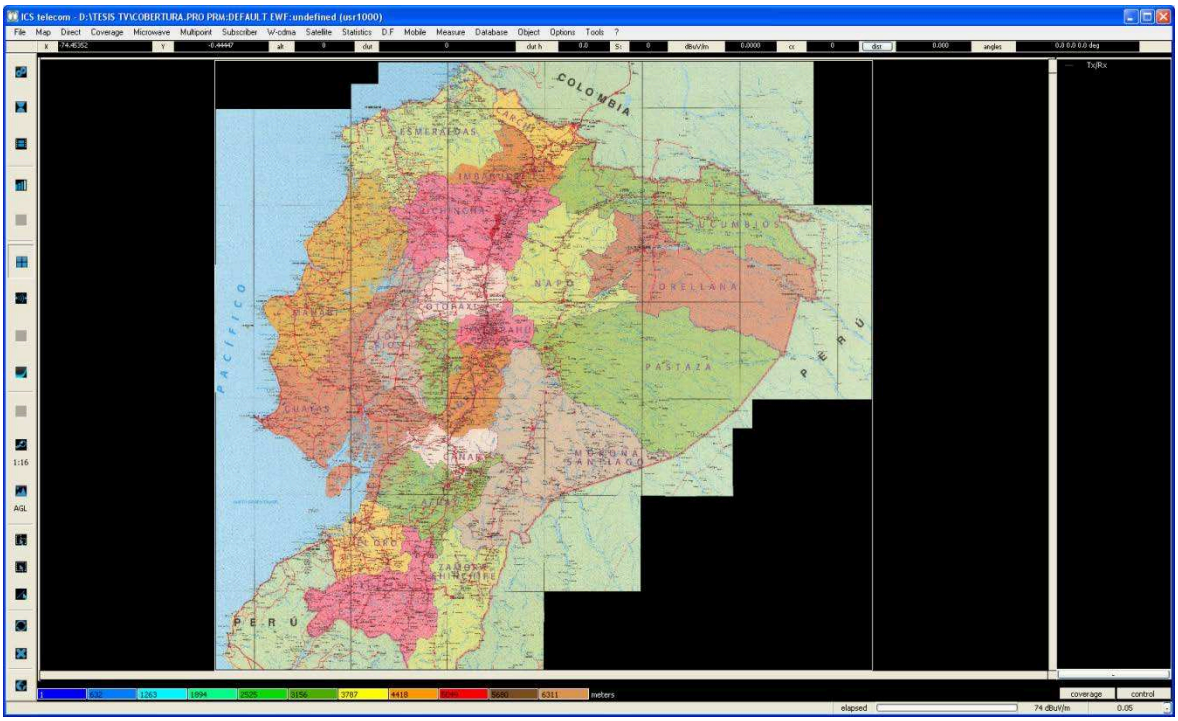


Figura 3. 5 Capa Image

3.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA

Los parámetros técnicos que considera el software ICS Telecom para configurar los sistemas de transmisión de TV analógica que operan en el Cerro Pichincha y que sirven a la ciudad de Quito se exponen en las Tablas 3.1, 3.2 y 3.3 (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.2.2). Los parámetros técnicos que se exponen en las mencionadas tablas se encuentran conforme a lo especificado en los parámetros técnicos expuestos en los contratos de concesión de frecuencia[26] y a lo encontrado en las inspecciones técnicas realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Para el ICS Telecom, en cuanto al sistema radiante se refiere, nos interesan únicamente la ganancia del arreglo en dBd (la ganancia en dBd fue obtenida con el software Antios) y el tipo de polarización. Para conocer las características completas del sistema radiante referirse al Anexo 4. En cuanto a las pérdidas se considera el Artículo 2 de la Resolución No. 072-04-CONATEL-2010 de 12 de marzo de 2010, que establece que se consideran pérdidas máximas en la línea de transmisión, conectores, etc., de 1.5 dB para Televisión VHF (Bandas I y III) y de 2.0 dB para Televisión UHF (Bandas IV y V).

[26] La concesión de frecuencia se otorga al aprobar los estudios de ingeniería, realizando las modificaciones pertinentes al estudio en caso de que hayan sido necesarias, y por tanto los parámetros que se ratifican en los contratos de concesión y el más actual de los contratos modificatorios son los que se utilizan en este proyecto. Esta información se encuentra registrada en el sistema SIRA TV de la SUPERTEL y es la referencia de este proyecto en conjunto con los parámetros encontrados en las inspecciones técnicas realizadas a cada sistema de transmisión de TV abierta analógica.

PARÁMETROS		CH2	CH4	CH5
Tipo de Señal		TV M	TV M	TV M
Frecuencia [MHz]		55.25	67.25	77.25
Potencia de salida del transmisor [W]		13000	9100	18000
Ancho de Banda [kHz]		6000	6000	6000
Altura de la antena de transmisión [m]		60	30	60
Sistema Radiante	Ganancia [dBd]	11.18	11.45	6.66
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'05.01"S	00°10'02.39"S	00°10'00.68"S
	Longitud	78°31'26.59"O	78°31'26.07"O	78°31'32.15"O

Tabla 3. 1 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en la Banda I

PARÁMETROS		CH8	CH10	CH12
Tipo de Señal		TV M	TV M	TV M
Frecuencia [MHz]		181.25	193.25	205.25
Potencia de salida del transmisor [W]		9100	10210	10210
Ancho de Banda [kHz]		6000	6000	6000
Altura de la antena de transmisión [m]		36	72	30
Sistema Radiante	Ganancia [dBd]	11.83	13.36	10.77
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.23"S	00°10'03.85"S	00°10'03.78"S
	Longitud	78°31'22.78"O	78°31'27.00"O	78°31'30.04"O

Tabla 3. 2 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en la Banda III

PARÁMETROS		CH21	CH23	CH25	CH27	CH29	CH31	CH33
Tipo de Señal		TV M	TV M	TV M	TV M	TV M	TV M	TV M
Frecuencia [MHz]		513.25	525.25	537.25	549.25	561.25	573.25	585.25
Potencia de salida del transmisor [W]		3000	1968	2593	1034	1800	2000	200
Ancho de Banda [kHz]		6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Altura de la antena de transmisión [m]		30	40	60	42	30	30	42
Sistema Radiante	Ganancia [dBd]	8.31	9.88	9.09	8.46	8.53	8.62	8.60
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.29"S	00°10'02.73"S	00°10'10.37"S	00°09'60.00"S	00°10'01.42"S	00°10'01.43"S	00°10'03.50"S
	Longitud	78°31'31.43"O	78°31'29.92"O	78°31'19.72"O	78°31'32.51"O	78°31'30.27"O	78°31'29.62"O	78°31'25.24"O
PARÁMETROS		**CH35**	**CH38**	**CH40**	**CH42**	**CH44**	**CH46**	**CH48**
Tipo de Señal		TV M	TV M	TV M	TV M	TV M	TV M	TV M
Frecuencia [MHz]		597.25	615.25	627.25	639.25	651.25	663.25	675.25
Potencia de salida del transmisor [W]		200	3000	900	3000	2000	5000	5000
Ancho de Banda [kHz]		6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Altura de la antena de transmisión [m]		30	30	36	36	24	30	72
Sistema Radiante	Ganancia [dBd]	8.71	8.73	8.8	8.79	8.86	10.73	10.81
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'05.01"S	00°10'03.01"S	00°10'03.78"S	00°10'01.23"S	00°10'04.33"S	00°10'05.21"S	00°10'07.17"S
	Longitud	78°31'26.59"O	78°31'25.01"O	78°31'30.04"O	78°31'22.78"O	78°31'25.74"O	78°31'29.76"O	78°31'29.76"O

Tabla 3. 3 Datos Técnicos ingresados en el ICS Telecom para los Transmisores que operan en las Bandas IV y V

3.2.2.1 Configuración de los Transmisores

Para configurar un transmisor en el software ICS Telecom (tomando como ejemplo el canal 48) se siguen los siguientes pasos:

1) Primero se procede a ingresar los datos correspondientes al transmisor, se toma como ejemplo el Canal 48. Se agrega un elemento de comunicaciones Tx/Rx y aparece la ventana *Tx/Rx parameters* que se muestra en la Figura 3.6 (Referirse al manual de procedimientos, numerales 4.5.6.1 y 4.6.2). La pestaña actualmente activa es la pestaña General, en ella se ingresan los siguientes parámetros:

- *Type*: Se escoge Tx/Rx A que corresponde a un transmisor (Tx/Rx B corresponde a un receptor).
- *Signal*: Tipo de señal, en todos los casos TV M (ver el numeral 1.2.8).
- *Nominal Power*: Potencia nominal del transmisor (5000W).
- *Tx ant gain*: Ganancia de la antena de transmisión (10.81 dBd).
- *Losses tx*: Pérdidas en el sistema de transmisión (2 dB).
- *Frequency*: Frecuencia de la portadora de video (675.25MHz).
- *Antenna height*: Altura media del arreglo de antenas (72 m).
- *Tx bandwidth*: Ancho de banda para el tipo de señal (6000 kHz).

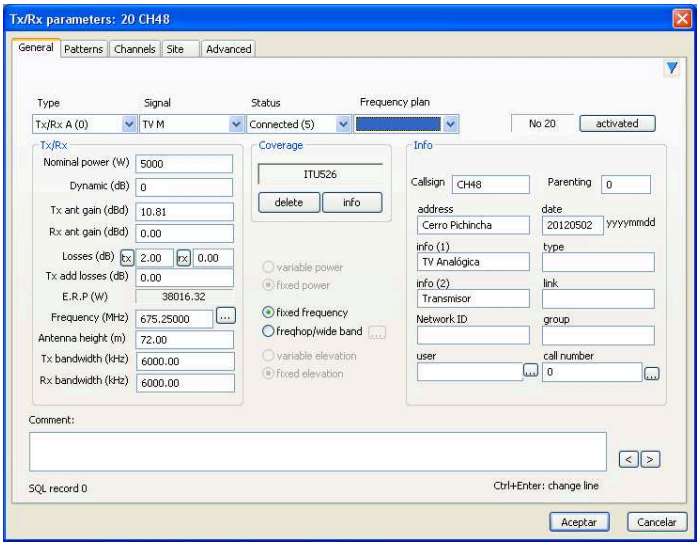


Figura 3. 6 Ingreso de parámetros en la pestaña General de la ventana Tx/Rx parameters

2) Luego dirigirse a la pestaña *Patterns* (Figura 3.7).

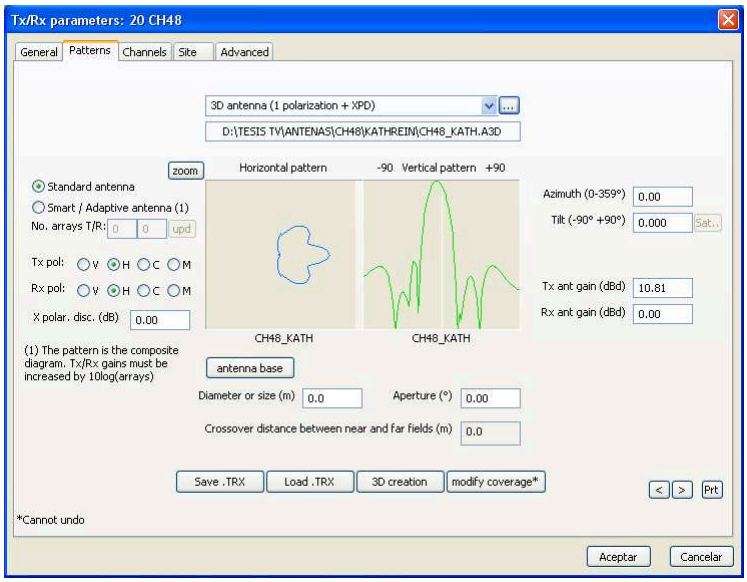


Figura 3. 7 Ingreso de parámetros en la pestaña Patterns de la ventana Tx/Rx parameters

En la pestaña *Patterns* se ingresan los siguientes parámetros:

- Patrón de radiación: Se elige la opción *3D antenna (1 polarization + XPD)*. Luego presionar el botón *3D creation* y en la ventana *3D antenna from 2D patterns* (Figura 3.8) se seleccionan el patrón de radiación horizontal y los patrones de radiación verticales obtenidos en el software Antios, luego se presiona el botón *Calculation…*, se da un nombre al archivo con extensión .A3D (Figura 3.9) y se obtiene el patrón de radiación en 3D del arreglo de antenas (Figura 3.10). Referirse al manual de procedimientos, numeral 4.6.3.

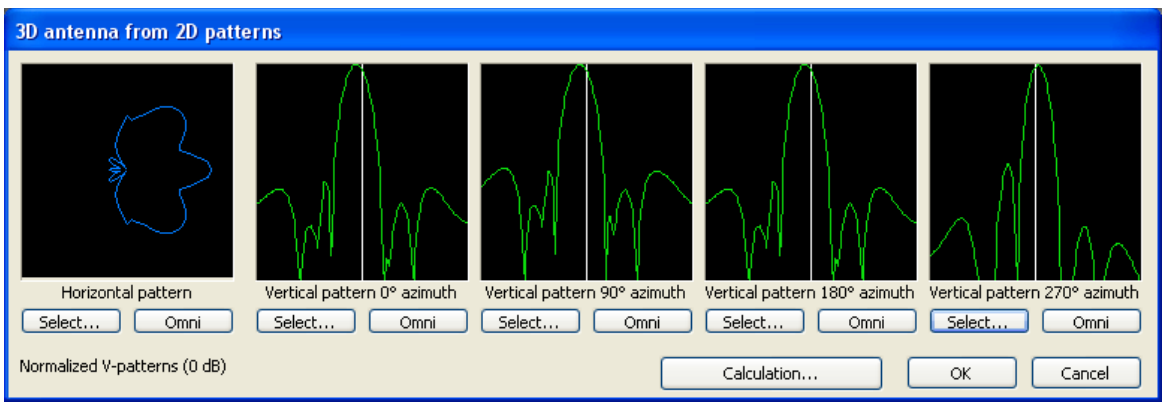


Figura 3. 8 Creación del patrón de radiación tridimensional

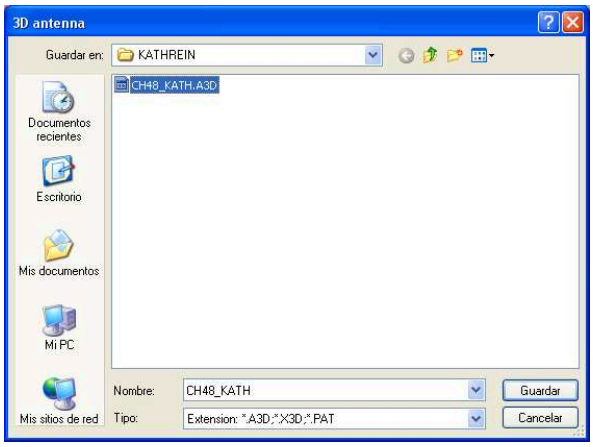


Figura 3. 9 Grabación del patrón de radiación tridimensional

Figura 3. 10 Visualización del patrón de radiación tridimensional

- *Tx pol, Rx pol*: Tipo de polarización (H-horizontal)
- En los campos *Azimuth (0-359°)* y *Tilt (-90° +90°)* los valores son iguales a cero ya que en el software Antios la posición acimutal del patrón de radiación y el ángulo de inclinación ya fueron definidos. En la Figura 3.11 se muestra el patrón horizontal en 2D y en la Figura 3.12 se muestra el patrón vertical en 2D.

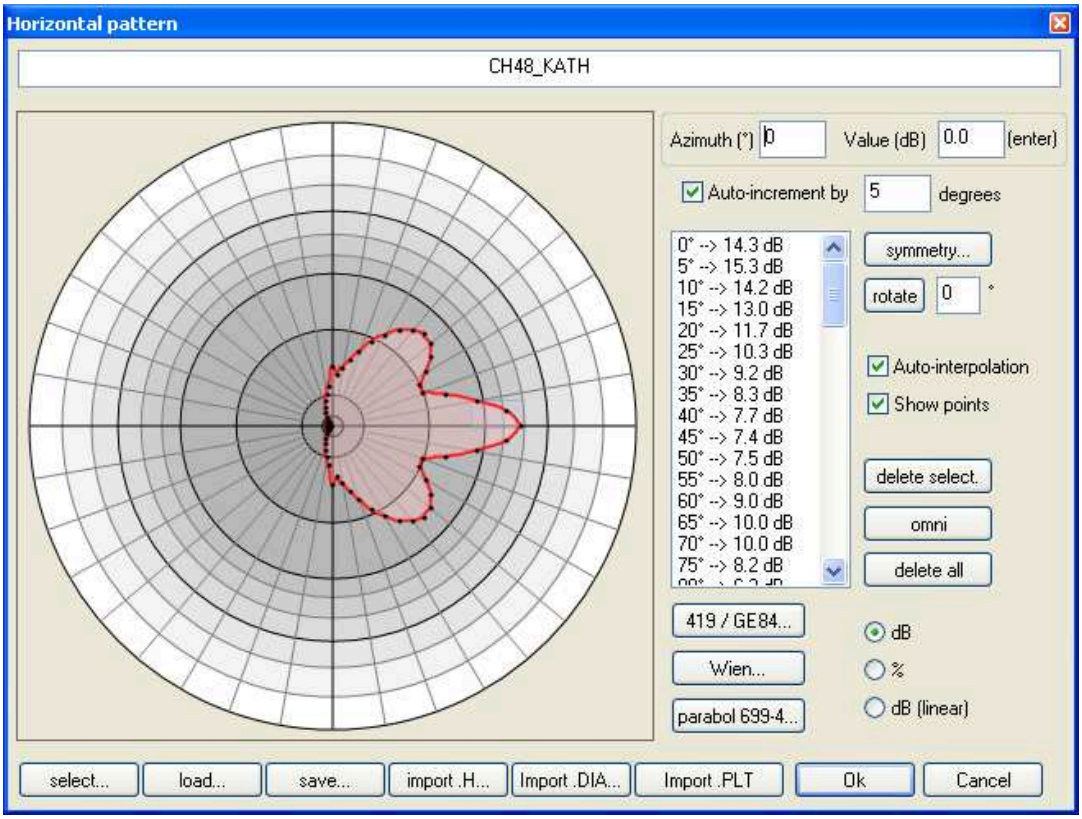


Figura 3. 11 Patrón de radiación horizontal en 2D

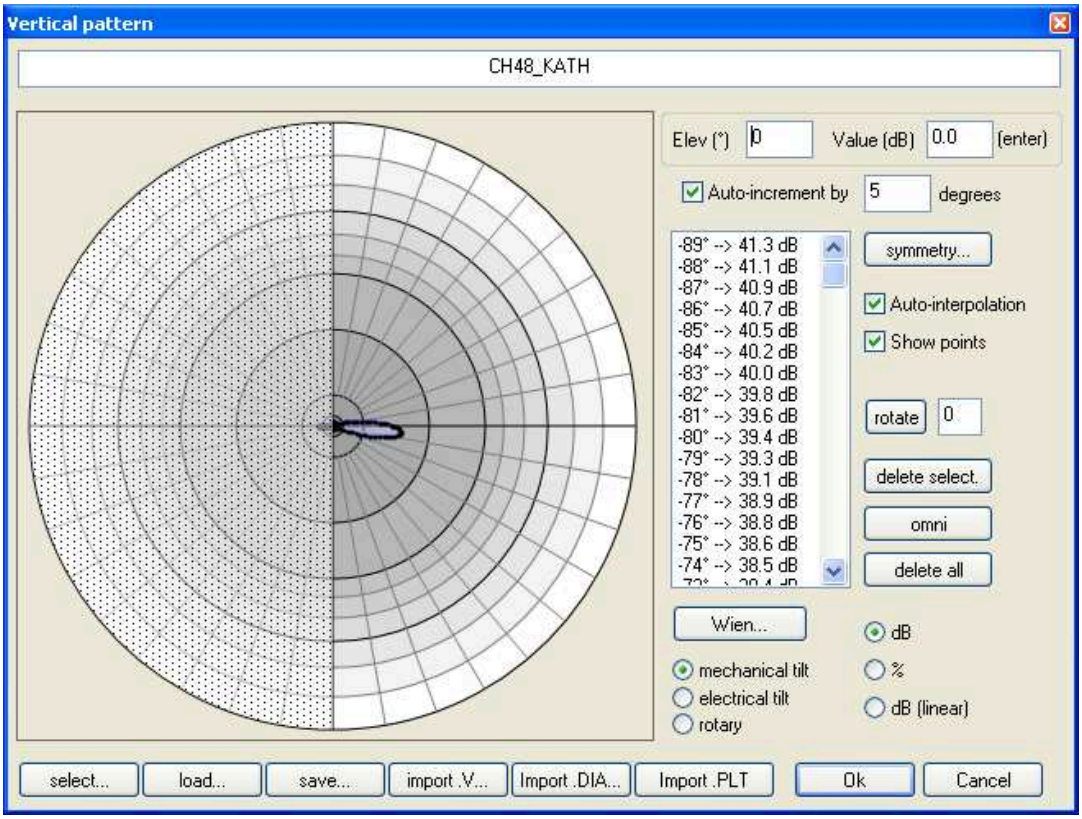


Figura 3. 12 Patrón de radiación vertical en 2D

3) Ahora en la pestaña *Site* (Figura 3.13), dirigirse al botón *Location…* y presionarlo. Aparecerá la ventana *site coordinates* (Figura 3.14), en ella primero se debe observar que el *coordinate code* (código de coordenadas) sea el 4DMS (Degrees, Minutes, Seconds). Una vez verificado esto se ingresan los siguientes parámetros:

- *longitude or X*: Longitud (-78.312976).
- *latitude or Y*: Latitud (-0.100717).

Los dígitos antes del punto son los grados, los dos dígitos inmediatamente después del punto son los minutos y los últimos dígitos son los segundos, el signo "-" antes de cada coordenada indica que el punto se encuentra al oeste de Greenwich y al sur del Ecuador. Para que las coordenadas ingresadas tengan efecto se presiona el botón *Preview* y luego el botón *Update*.

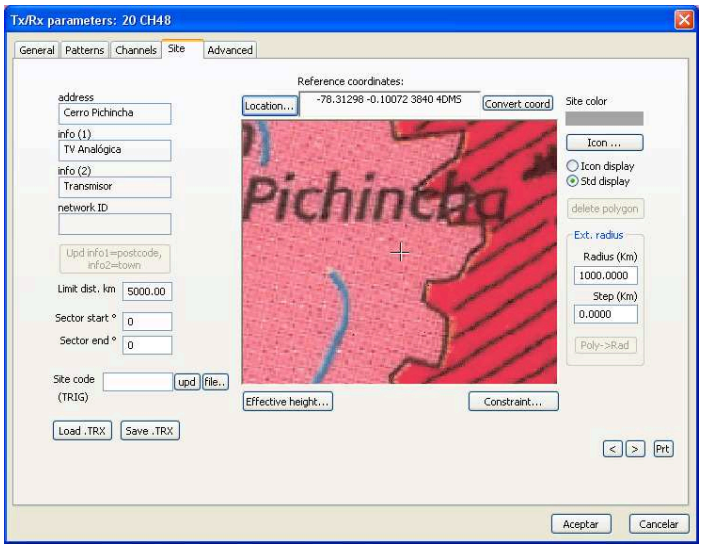


Figura 3. 13 Ingreso de parámetros en la pestaña Site de la ventana Tx/Rx parameters

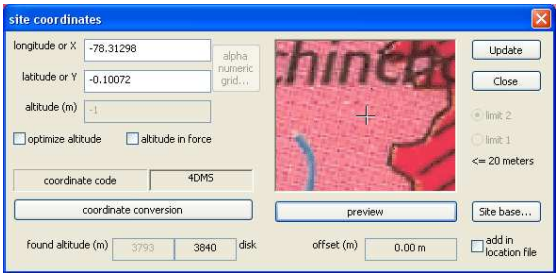


Figura 3. 14 Ingreso de parámetros en la ventana site coordinates

4) Luego dirigirse a la pestaña *Advanced* (Figura 3.15)

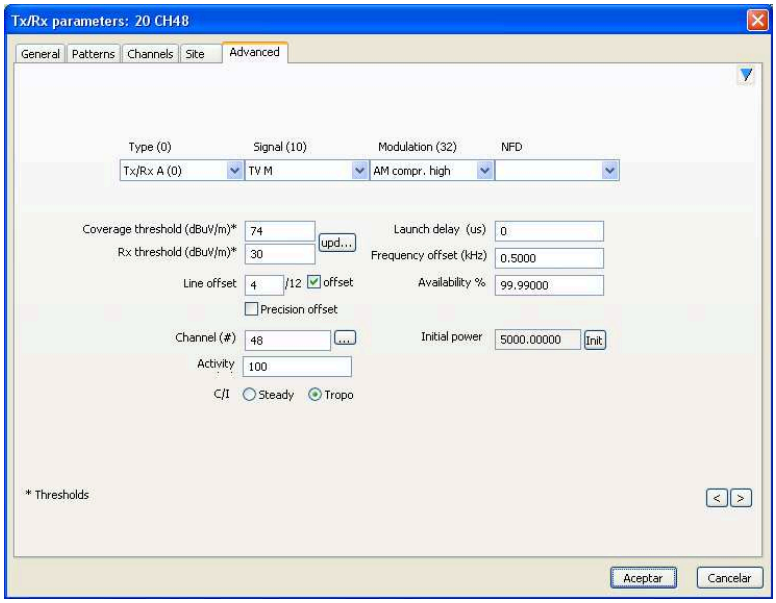


Figura 3. 15 Ingreso de parámetros en la pestaña Advanced de la ventana Tx/Rx parameters

Los parámetros que se ingresan en la pestaña *Advanced* corresponden a los valores de relación de protección entre dos señales de televisión, los cuales se aplican únicamente a la interferencia producida por la portadora de imagen modulada de la señal interferente (estos parámetros no influyen en el cálculo de cobertura de señal):

- *Modulation*: se escoge la opción *AM compr. high* (Modulación AM en banda lateral residual).
- *Coverage threshold (dBµV/m)*: umbral de recepción en dBµV/m (para el canal 48 es 74 dBµV/m).
- *Line offset*: portadoras separadas por una fracción de la frecuencia de línea ($f_{línea}$), desplazamiento de frecuencia poco preciso (cuadro *Precision offset* desmarcado), norma de líneas de 525 líneas; se aplica lo mostrado en el siguiente cuadro:

Relación de protección para una separación de la portadora interferente troposférica de hasta ±36/12 de la $f_{línea}$ (±50 kHz aproximadamente)	
Desplazamiento respecto a la frecuencia de línea	1/3, 2/3, 4/3, …
Sistema de 525 líneas	28 dB

- *Frecuency offset (kHz)*: Portadoras separadas menos de 1000 Hz, sistemas no controlados con la norma de líneas de 525 líneas; se aplica:

Relación de protección:	45 dB, interferencia troposférica

- *Availability %*: disponibilidad de la estación en porcentaje (99.99%).

5) Finalmente, presionar el botón *Aceptar* y se mostrará el transmisor con su nombre (*Callsign*) en el mapa, tal y como se muestra en la Figura 3.16.

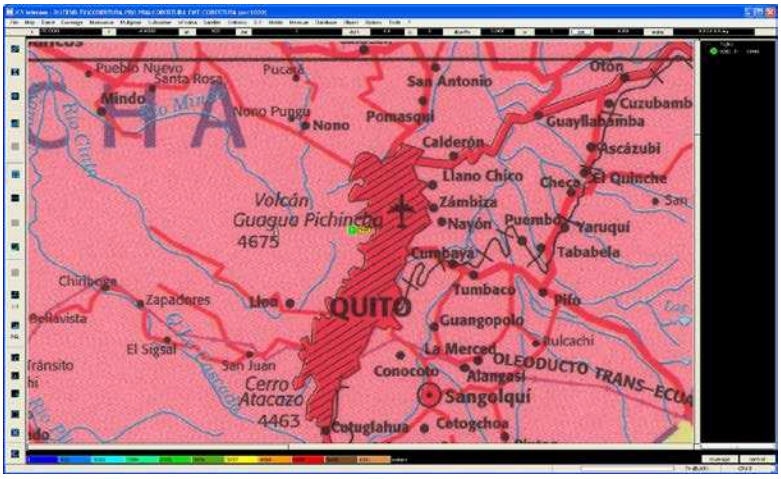


Figura 3. 16 Transmisor del canal 48 configurado en el ICS Telecom

6) Luego de instalar los transmisores de los canales restantes, en la forma indicada para el transmisor del Canal 48, se obtiene la configuración mostrada en la Figura 3.17. En las Figuras 3.18 y 3.19 se muestra la configuración en 3D.

Figura 3. 17 Transmisores de TV abierta analógica que operan en el Cerro Pichincha configurados en el ICS Telecom

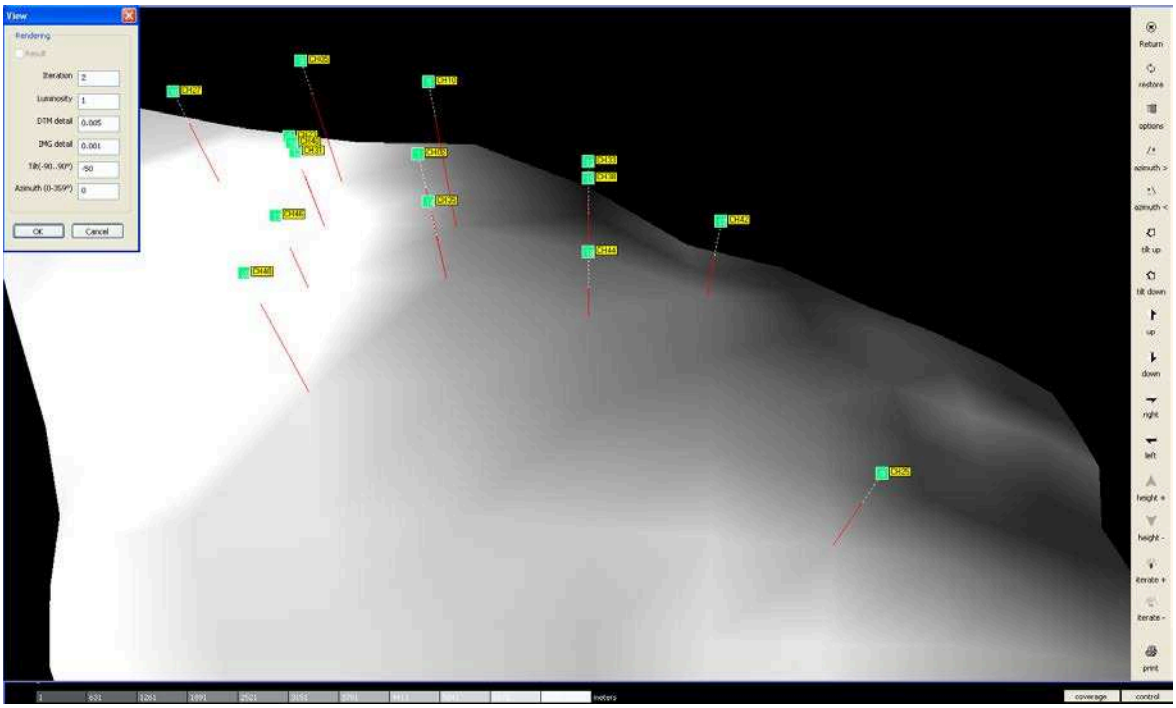


Figura 3. 18 Vista en 3D de los transmisores de TV Abierta analógica para un acimut de 0° y un tilt de -50°

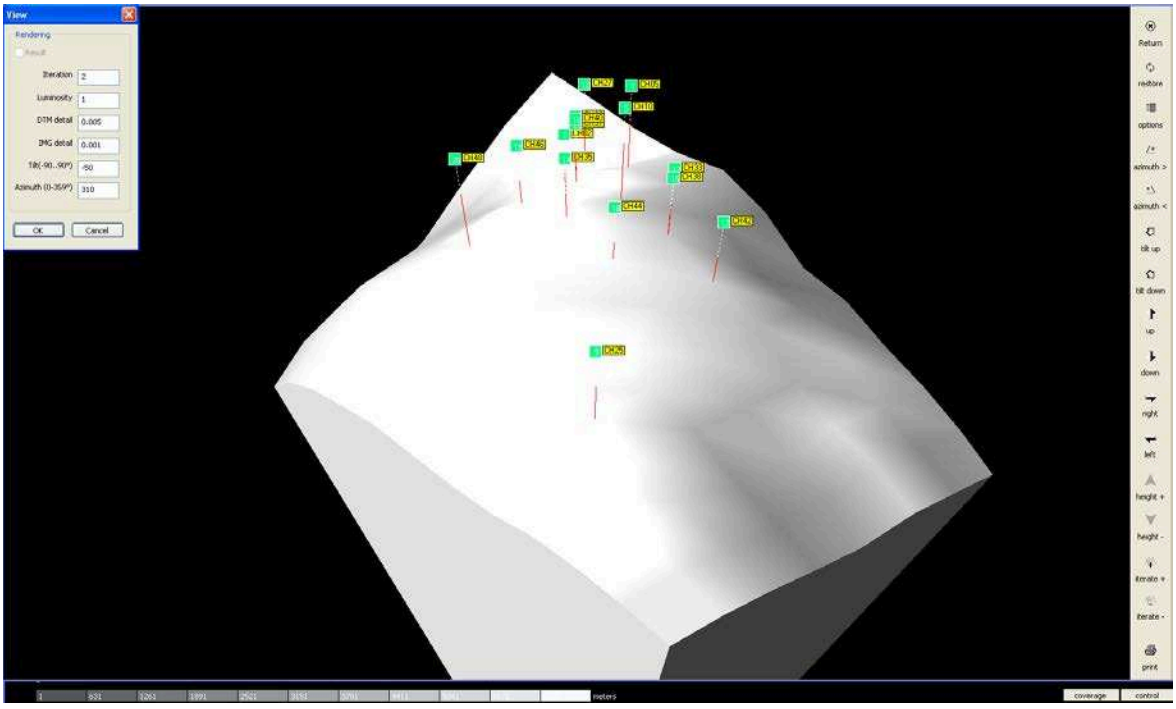


Figura 3. 19 Vista en 3D de los transmisores de TV Abierta analógica para un acimut de 310° y un tilt de -50°

3.3 DETERMINACIÓN DE LA COBERTURA DE SEÑAL DE LOS SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TV ANALÓGICA EN EL SOFTWARE ICS TELECOM

Una vez instalados todos los sistemas de transmisión de TV abierta analógica que operan desde el cerro Pichincha, se determinará la cobertura de cada uno de ellos haciendo uso del modelo de propagación elegido y definido en el Capítulo 2.

3.3.1 ESTABLECIMIENTO DE PARÁMETROS PREVIOS

Para ejecutar la simulación y obtener la cobertura de los sistemas de transmisión de TV analógica se deben tomar en consideración ciertos parámetros previos. Estos parámetros son los siguientes:

- *Grid Step*: definir el valor del Grid Step en 1 (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.2) para que sean considerados todos los pixeles que contiene el archivo en los cálculos de simulación.

- *FS Limit*: definir la intensidad de campo eléctrico mínima que será tomada en cuenta durante las simulaciones (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.3).

	Banda I	Banda III	Bandas IV y V
Intensidad de campo eléctrico mínima (área de borde de cobertura principal)	68 dBµV/m	71 dBµV/m	74 dBµV/m

Tabla 3. 4 Intensidad de campo eléctrico mínima en función de las bandas de frecuencias

Aquí también se define la antena de recepción de referencia (dipolo de media onda), la impedancia (75Ω) y la unidad de referencia (dBu)

- *Distance Limit*: definir la distancia límite hasta la cual se realizarán los cálculos de nivel de intensidad eléctrico (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.4). Se puede utilizar el siguiente criterio para definir esta distancia:

$$E = \frac{\sqrt{30PIRE}}{D} \quad (3.2.1)$$

donde:

$E =$ Intensidad de campo eléctrico [V/m]

$PIRE =$ Potencia Isotrópica Radiada Efectiva [W]

$D =$ Distancia desde el transmisor [m]

Despejando D de la Ecuación 3.2.1, y asumiendo un valor $E = 60\,dB\mu V/m = 0.001\,V/m$ como un límite de nivel de intensidad de campo eléctrico tenemos:

$$D = \frac{\sqrt{30PIRE}}{0.001}\ [m] = \sqrt{30PIRE}\ [km] \quad (3.2.2)$$

Entonces, tomando como ejemplo el canal 10, la distancia *D* se determina de la siguiente forma:

	Transmisor CH10
Potencia Nominal	$P_{Tx} = 10.21\ kW$
Ganancia de la antena de transmisión en el eje principal (*main axis antenna gain*)	$G_{Txma} = 13.38\ dBd + 2.15\ dB = 15.53\ dBi$
Pérdida del patrón de radiación (*off axis pattern loss*)	$D_{Txoa} = 0\ dB$ En esta etapa este valor no ha sido aun calculado, por tanto se asume que no existe esta pérdida.
Pérdidas de transmisión	$L_{Tx} = 1.5\ dB$
Potencia Isotrópica Radiada Efectiva	
$PIRE = P_{Tx} \times 10^{(G_{Txma} - D_{Txoa} - L_{Tx})/10}$ $PIRE = 10.21\ kW \times 10^{(15.53-0-1.5)/10} = 258.24\ kW$	
Distancia desde el transmisor	
$D = \sqrt{30PIRE} = \sqrt{30 \times 258.24} = 88.02\ km$	

Tabla 3. 5 Cálculo de la Distancia desde el transmisor

Utilizando el procedimiento de la Tabla 3.5 para cada uno de los transmisores de TV abierta analógica, se obtienen las distancias que se presentan en la Tabla 3.6.

	CH02	CH04	CH05	CH08	CH10	CH12	CH21	CH23	CH25	CH27
Distancia [km]	77.36	66.77	53.30	69.68	88.02	65.17	25.13	20.4	25.29	15.01
	CH29	CH31	CH33	CH35	CH38	CH40	CH42	CH44	CH46	CH48
Distancia [km]	19.85	21.04	6.68	6.71	26.16	14.46	38.25	21.68	42.61	43.01

Tabla 3. 6 Distancias desde el transmisor para cada canal

En base a los resultados anteriores, en este proyecto se utiliza una distancia límite de 80 km.

- *Sector Limit*: definir el sector angular para la simulación como *Global sector* (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.5).

Para el caso del canal 48 estos parámetros previos quedan definidos como se muestra en la Figura 3.20.

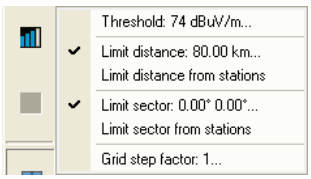


Figura 3. 20 Configuración de parámetros previos

3.3.2 VENTANA DE MODELOS DE PROPAGACIÓN

En este numeral se mostrará cómo seleccionar en el ICS Telecom el modelo de propagación ITU-R P.525/P.526 elegido y definido en el Capítulo 2, así como otros parámetros que influyen en la propagación (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.6.4). A continuación se muestran los pasos para configurar el modelo de propagación en el ICS Telecom:

1) En la barra de menús dirigirse a Tools / Propagation model y presionar el botón *Model…* y aparecerá la ventana *Propagation models* que se muestra en la Figura 3.21. En esta ventana los parámetros que se definen son los siguientes:

- *Models*: ITU-R 525/526
- *Diffraction geometry*: ITU-R 526, cylinders
- *Subpath attenuations*: ITU-R 526
- *Climate*: ITU-R 1820 gaz, ITU-R 840 fog, Rain att. ITU-R838/530(!)
- *Reflections*: Ground reflections (minima/maxima)

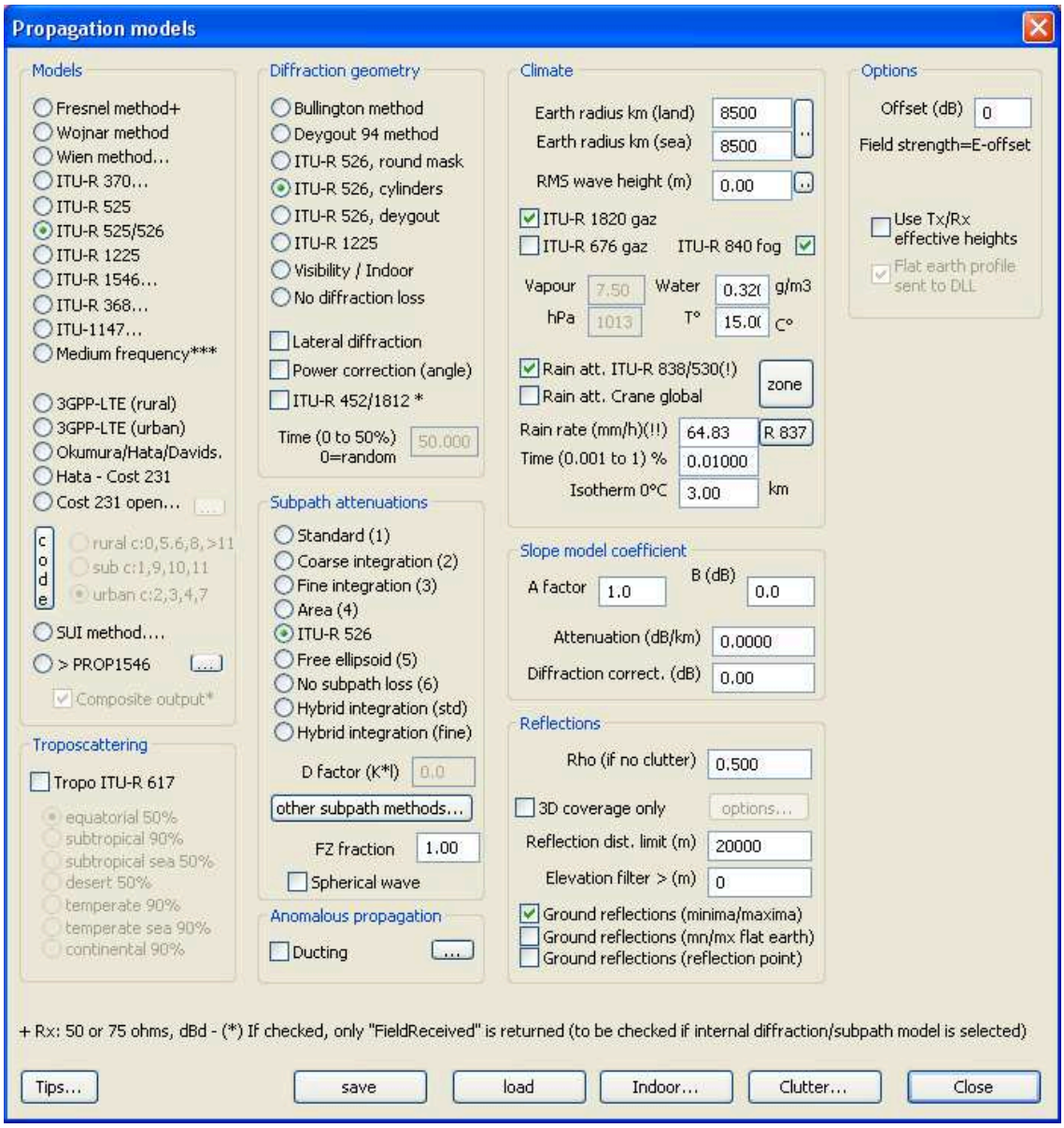


Figura 3. 21 Selección del Modelo de Propagación

2) En la ventana *Propagation models*, presionar el botón *Clutter…* y aparecerá la ventana *Clutter parameters* como se muestra en la Figura 3.22 (Referirse al manual de procedimientos, numeral 4.6.5). Verificar que estos parámetros estén desactivados ya que para este proyecto se suprimió el uso de la capa Clutter (referirse a los numerales 2.3.8.4 y 3.1.1). Para esto se debe marcar la opción *none* ubicada en la parte inferior izquierda de la ventana *Clutter parameters* y presionar el botón *OK*.

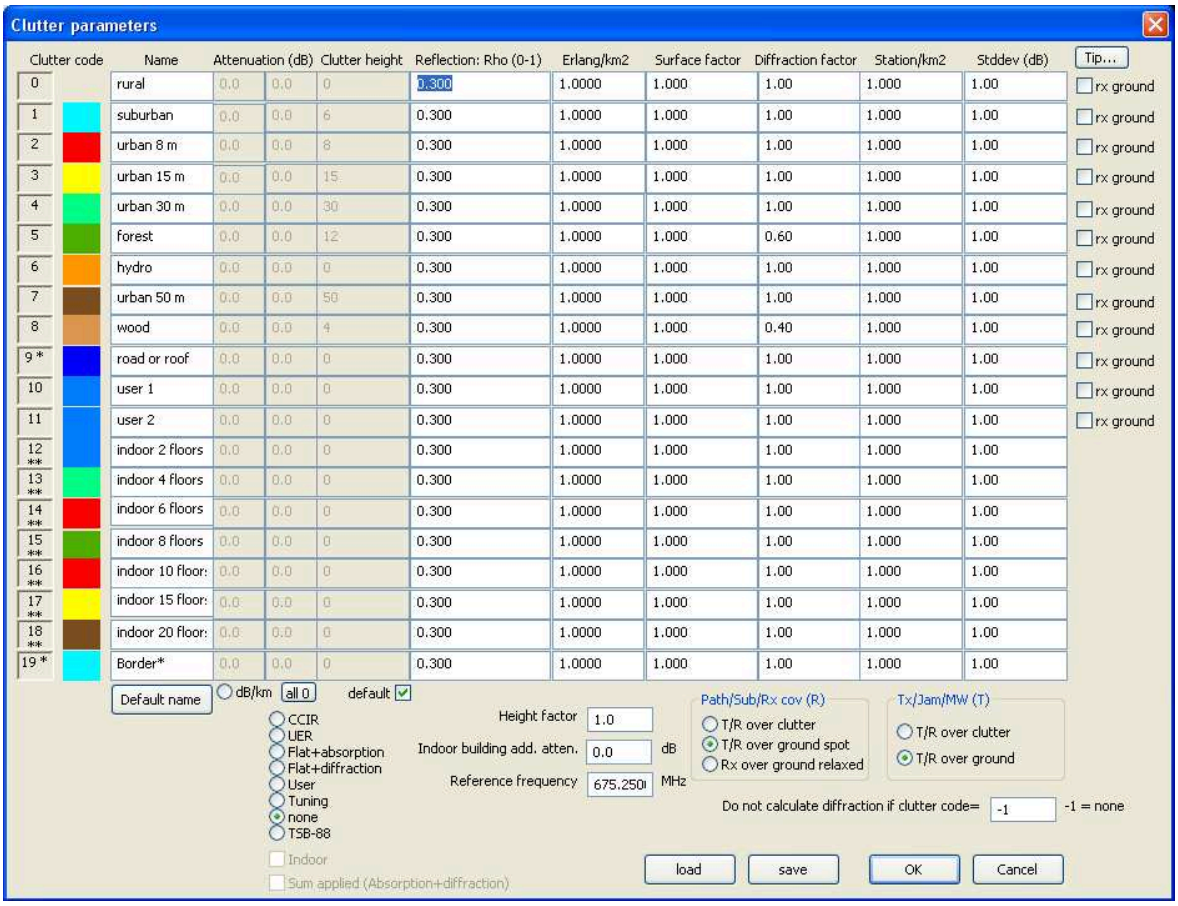


Figura 3. 22 Establecimiento de los parámetros del Clutter

3.3.3 CÁLCULO DE COBERTURA

Para determinar el área de cobertura de un transmisor el software ICS Telecom realiza una serie de cálculos en base a todos los parámetros definidos; mostrando luego en el área de visualización la cobertura correspondiente. Para realizar el cálculo de cobertura se siguen los siguientes pasos:

1) En la barra de menús dirigirse a Coverage / Network calculation / Tx/Rx FS coverage y aparecerá la ventana *Coverage parameters* que se muestra en la Figura 3.23. En esta ventana el único parámetro que se ingresa es:

   - *Heigh of Rx antennas (m)*: se define con un valor de 1 m. Esta es una altura general para las antenas de recepción. Esto no quiere decir que todas las antenas de recepción tendrán esta altura, al configurar cada receptor se define la altura real de una antena de recepción.

   Los parámetros *Distance (km)* y *Wanted threshold* son definidos automáticamente en base a lo establecido en los parámetros previos (referirse al numeral 3.2.1).

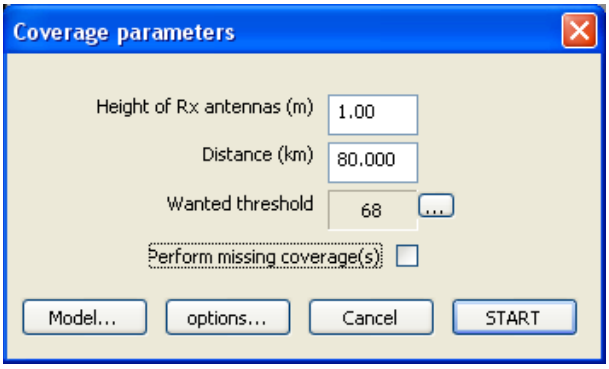


Figura 3. 23 Ventana Coverage parameters

2) En la ventana *Coverage parameters* presionar el botón *START* para obtener el área de cobertura principal del canal 48 que se muestra en la Figura 3.24 en dos dimensiones y en la Figura 3.26 en tres dimensiones. Se debe observar claramente el área de paleta correspondiente a la simulación (Figura 3.25) para conocer en que rango de valores de intensidad de campo eléctrico se encuentra una región.

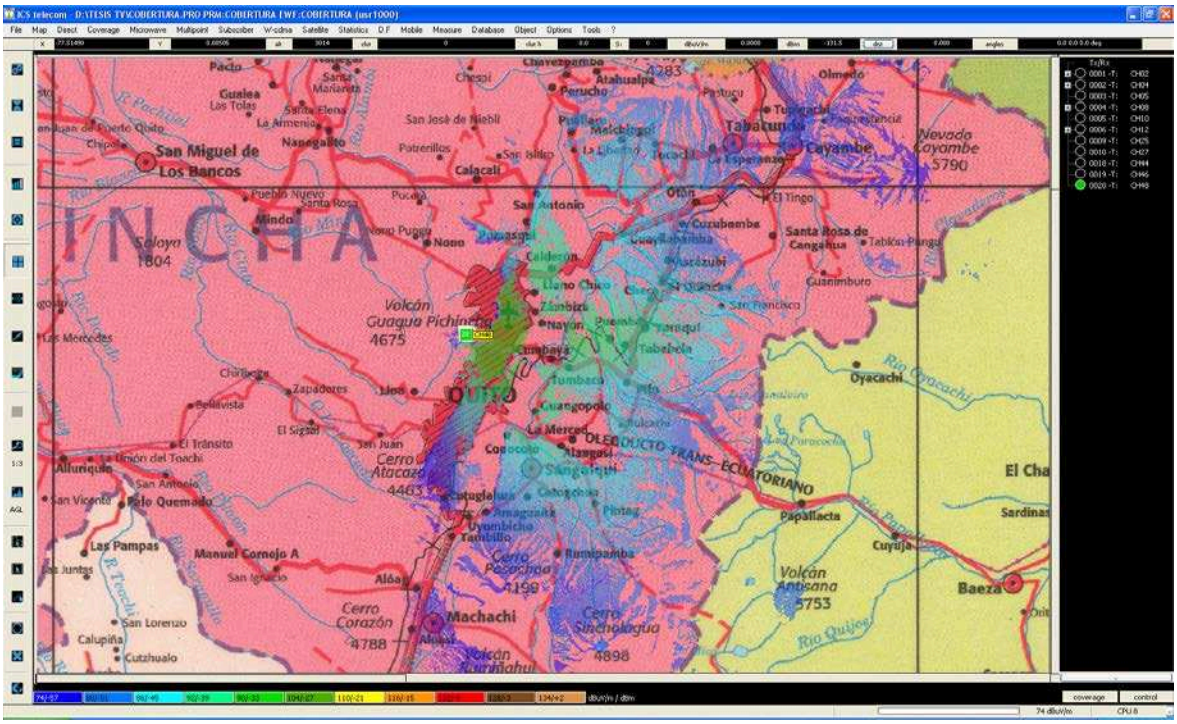


Figura 3. 24 Área de cobertura principal del canal 48 en 2D

Figura 3. 25 Área de paleta correspondiente a la simulación

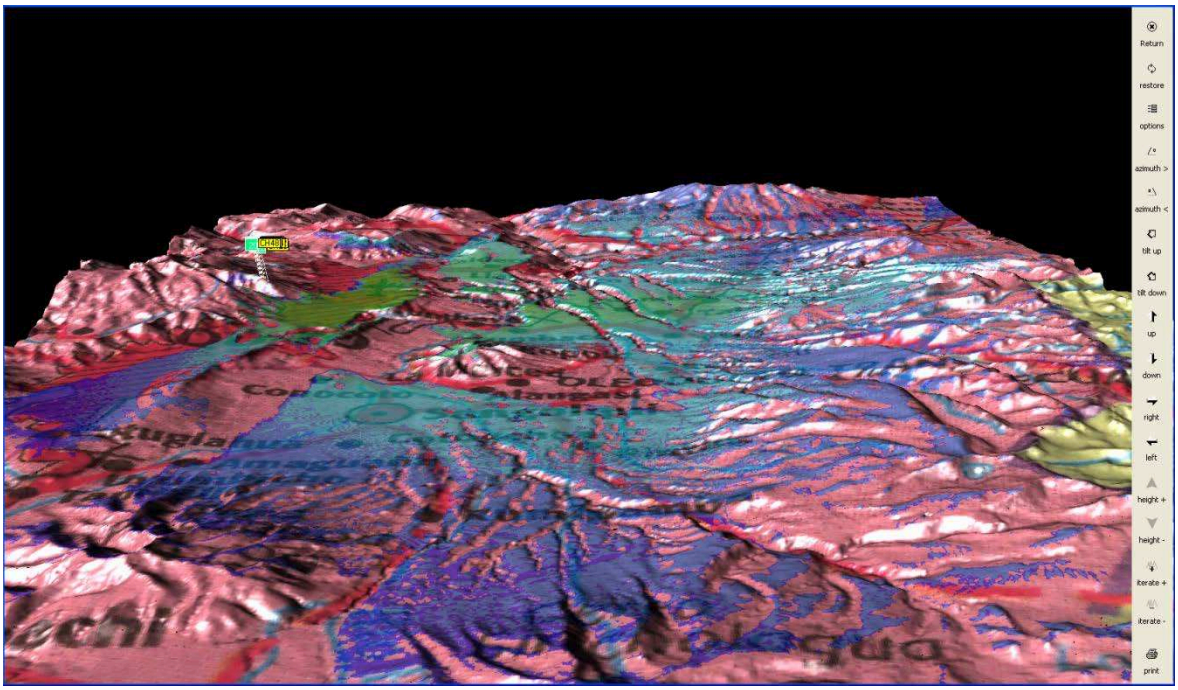


Figura 3. 26 Área de cobertura principal del canal 48 en 3D

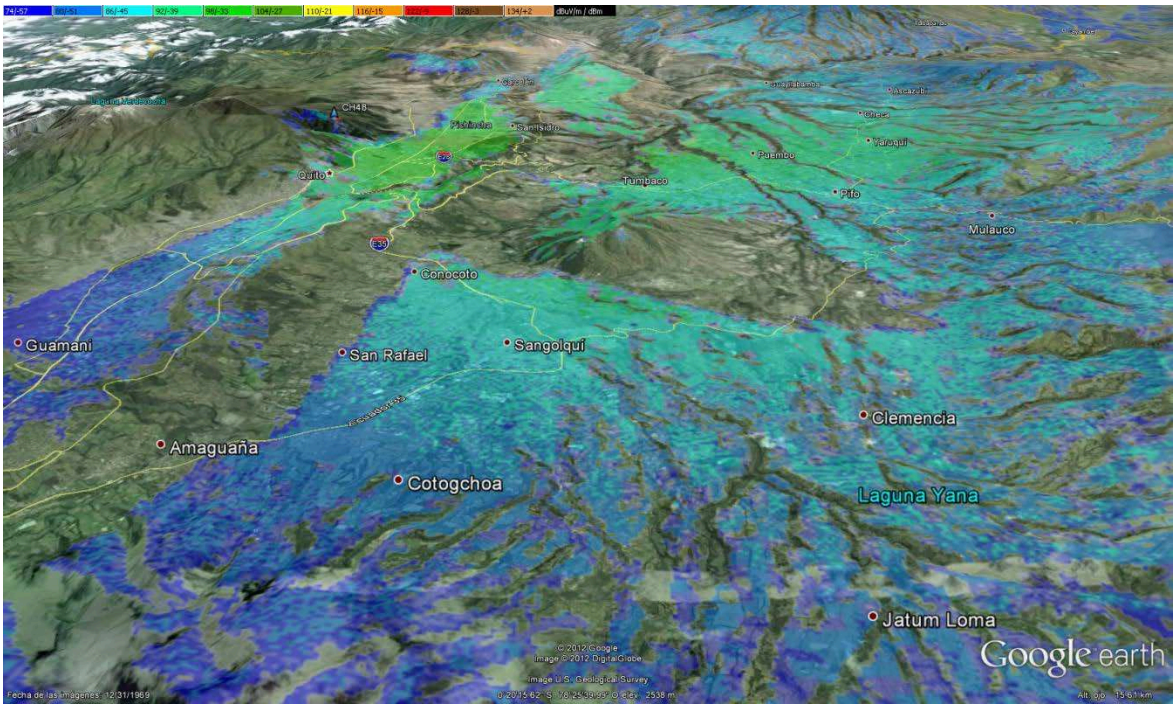
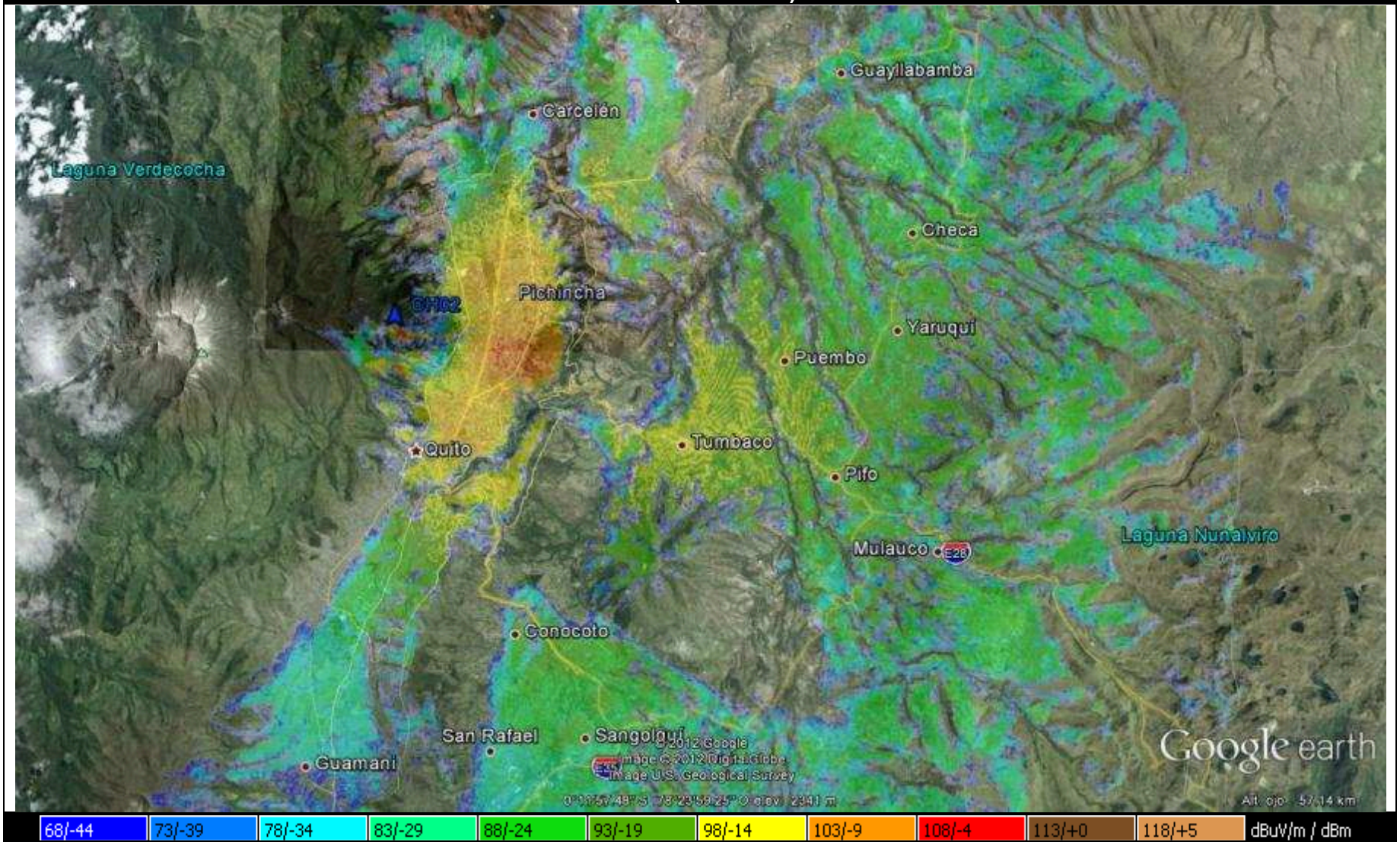


Figura 3. 27 Área de cobertura principal del canal 48 en Google earth

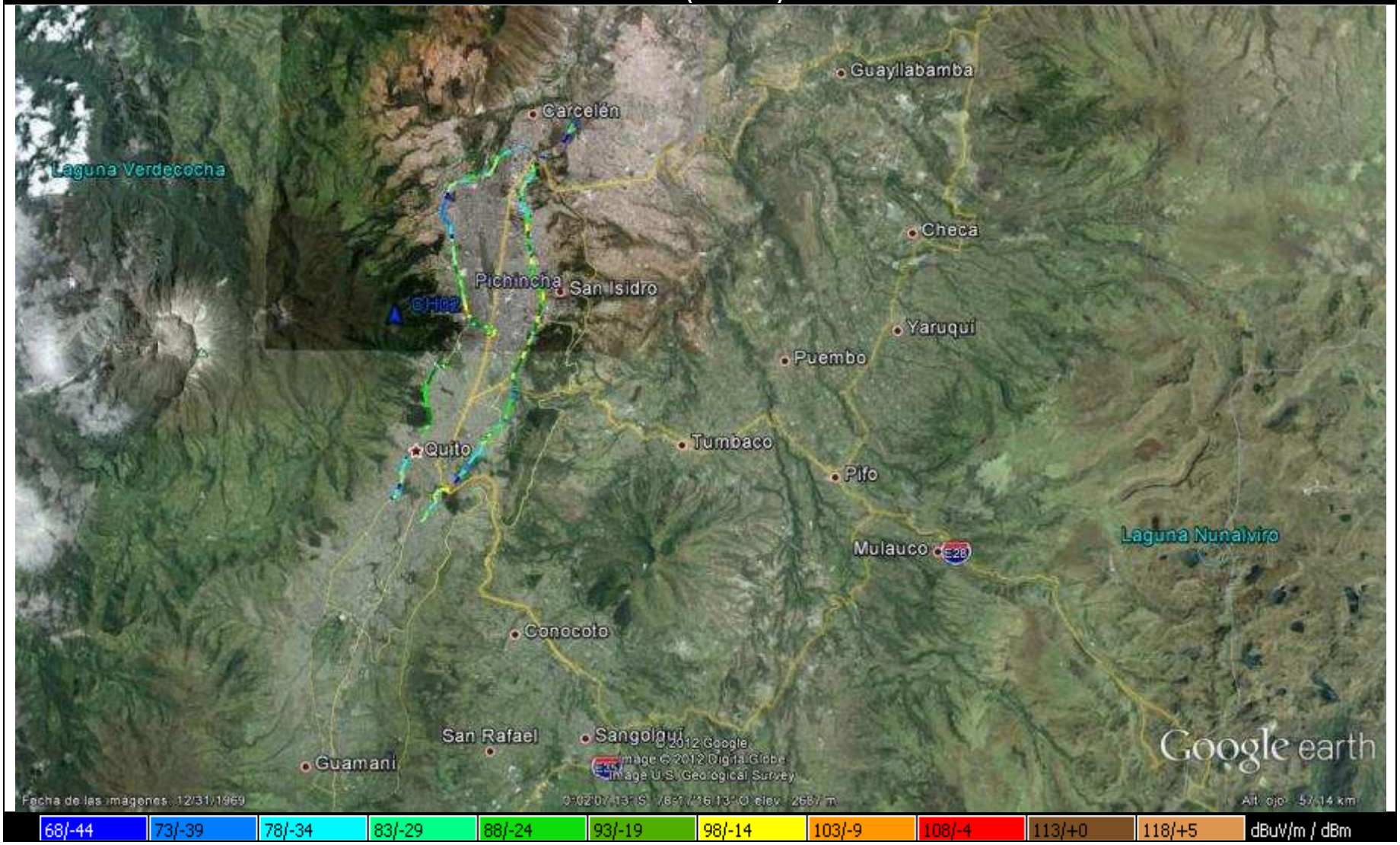
3.3.4 ÁREA DE COBERTURA PRINCIPAL DE LOS CANALES DE TV ABIERTA QUE OPERAN EN EL CERRO PICHINCHA.

En este numeral se presenta el área de cobertura principal obtenida para cada uno de los canales de televisión analógica que operan en el Cerro Pichincha y sirven a la ciudad de Quito. Se presentan dos coberturas por cada canal, la primera, es la obtenida con el software ICS Telecom. La segunda, es la obtenida partiendo de las mediciones reales (mediciones que se especifican en el numeral 3.5 y que fueron realizadas siguiendo la ruta mostrada en el Anexo 6). La paleta de colores, que especifica los niveles de intensidad de campo eléctrico, es la misma para ambas coberturas.

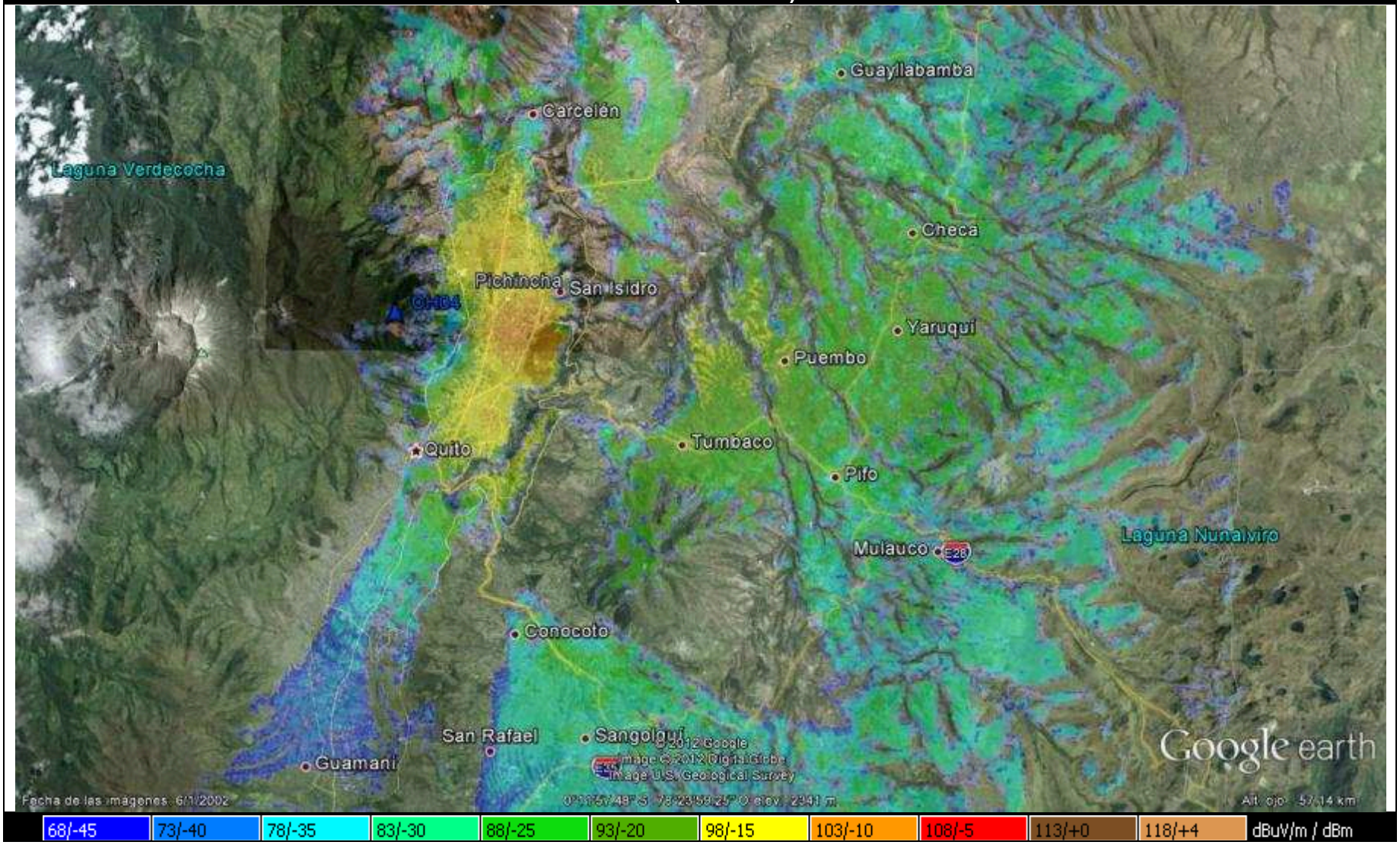
CH02 (Simulada)



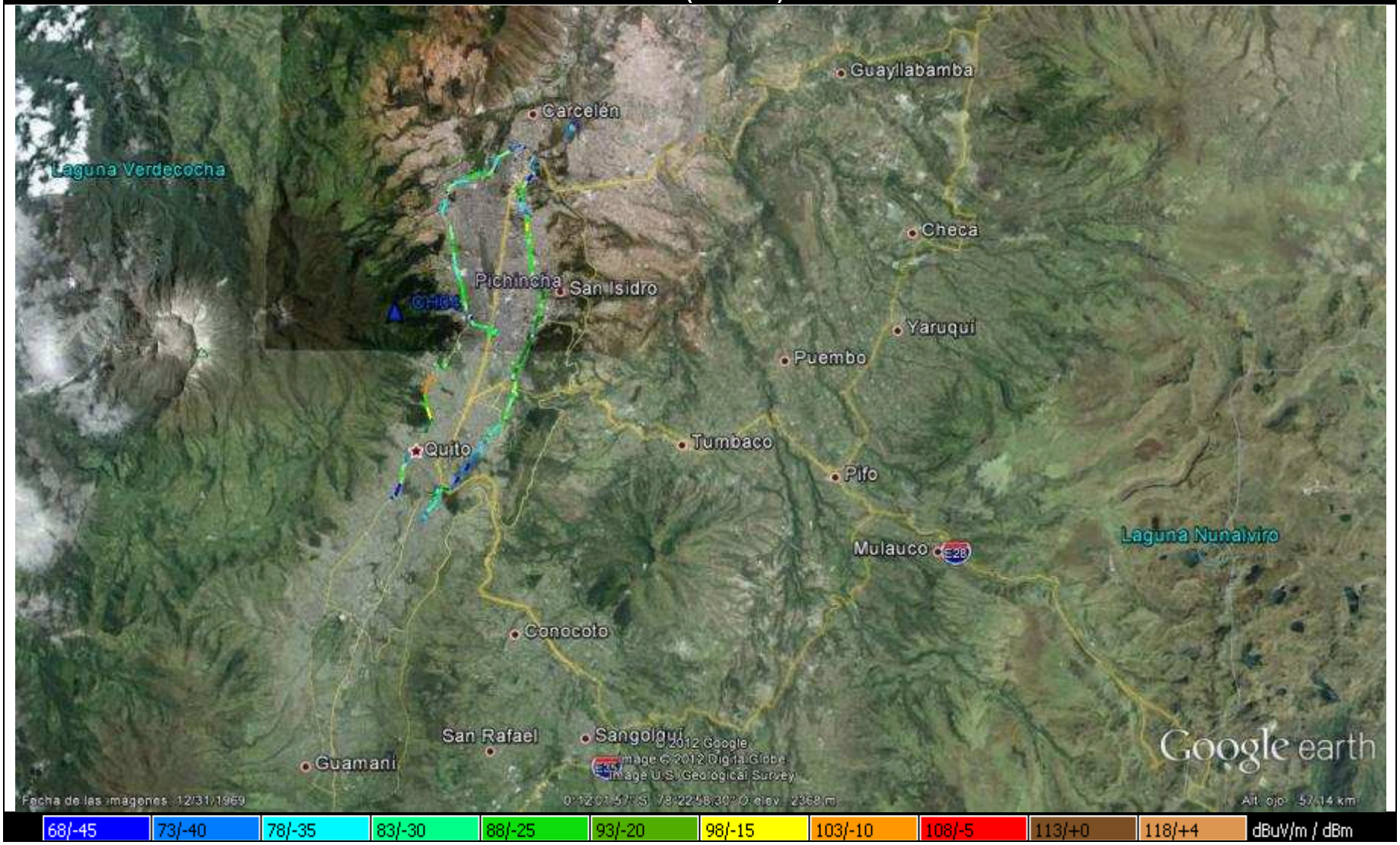
CH02 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH02
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
68/-44
73/-39
78/-34
83/-29
88/-24
93/-19
98/-14
103/-9
108/-4
113/+0
118/+5
dBuV/m / dBm

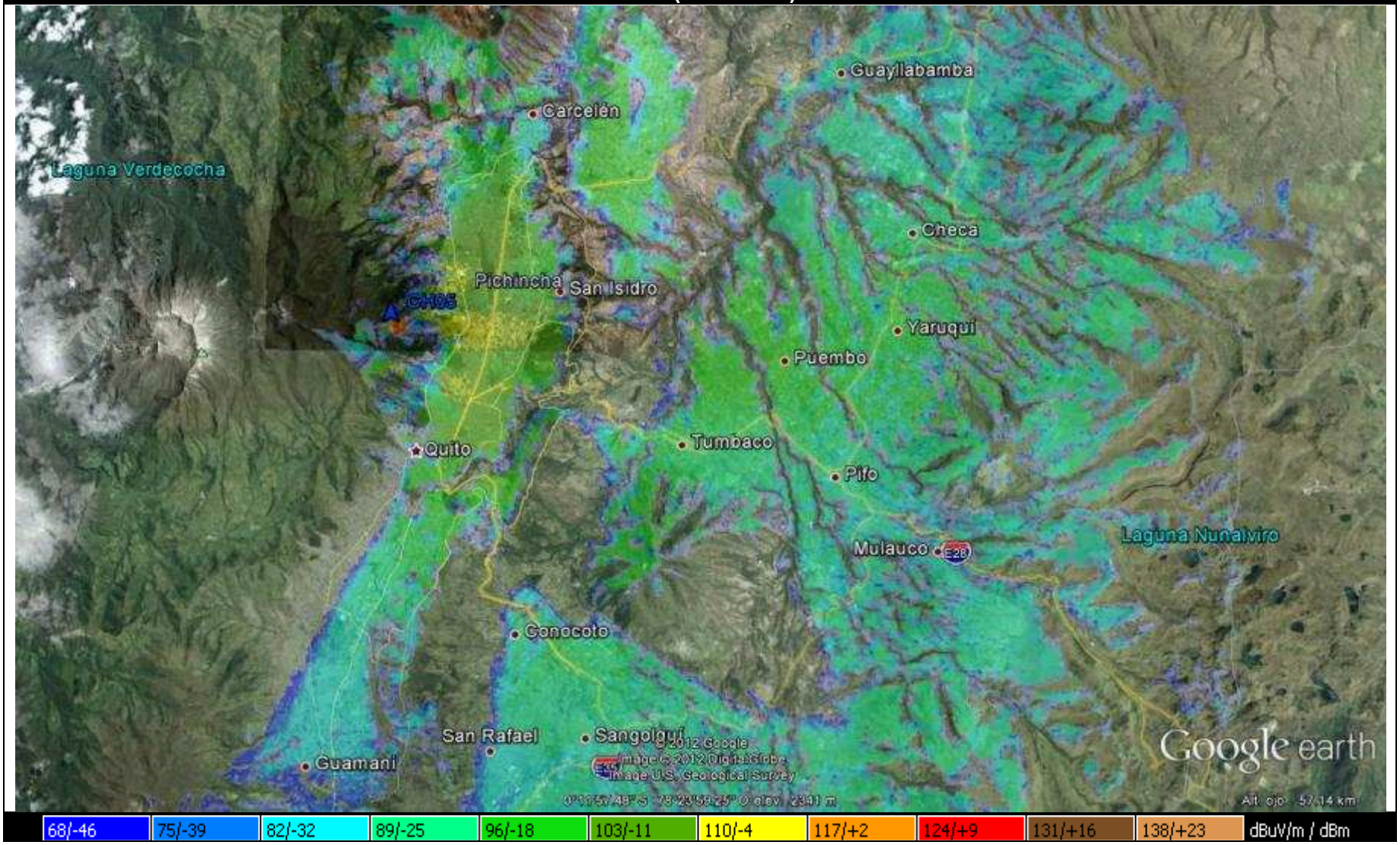
CH04 (Simulada)



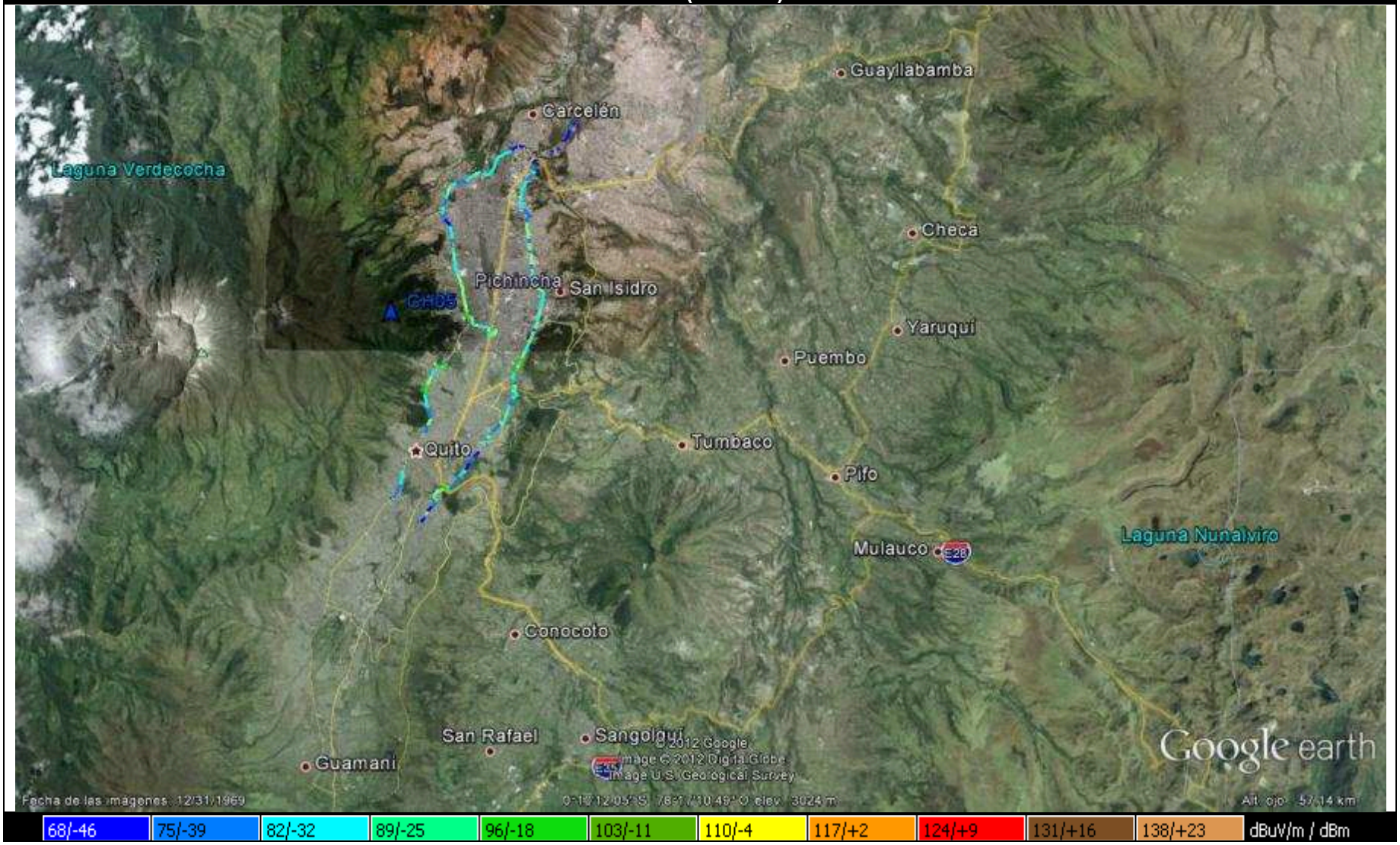
CH04 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH04
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
68/-45
73/-40
78/-35
83/-30
88/-25
93/-20
98/-15
103/-10
108/-5
113/+0
118/+4
dBuV/m / dBm

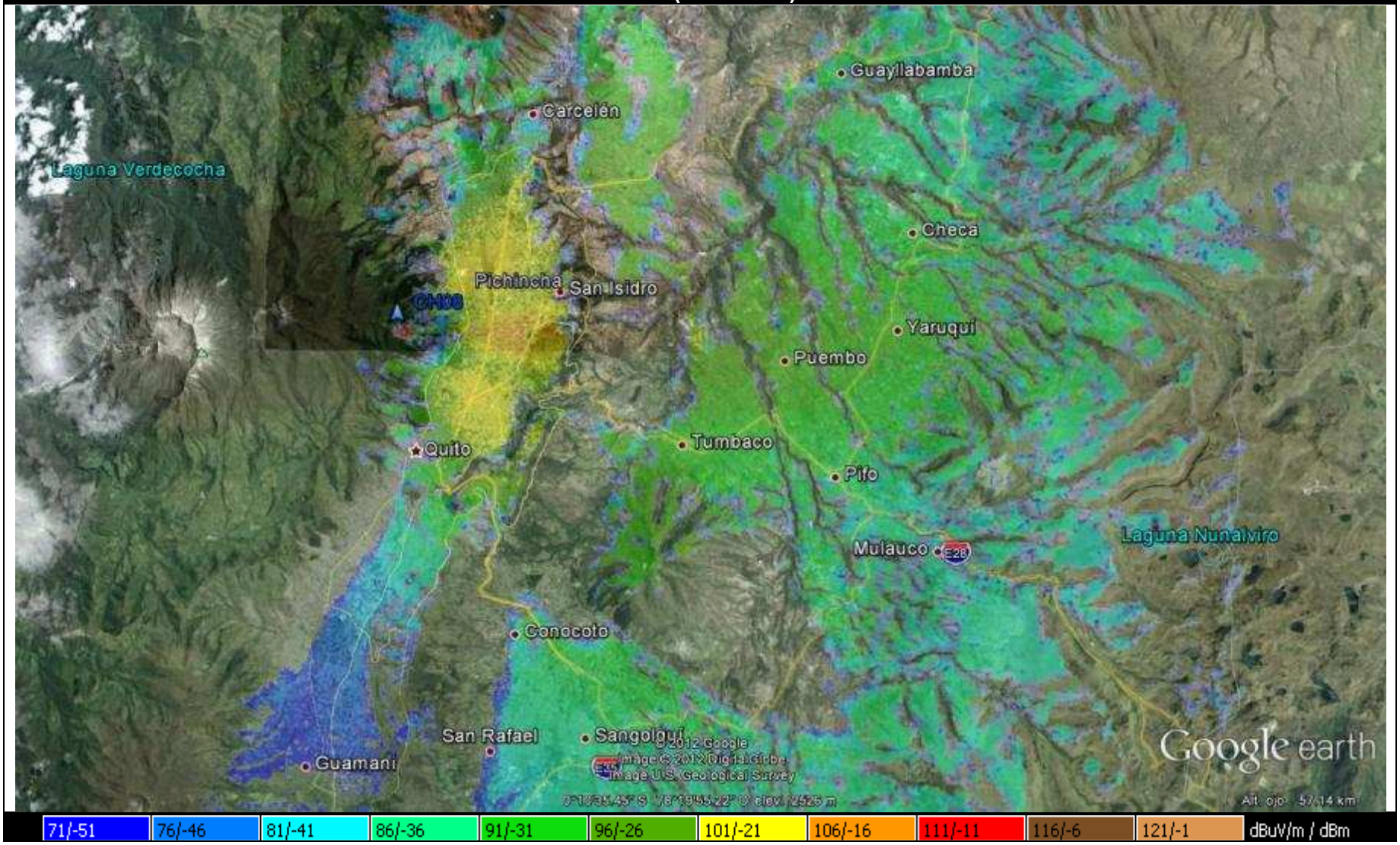
CH05 (Simulada)



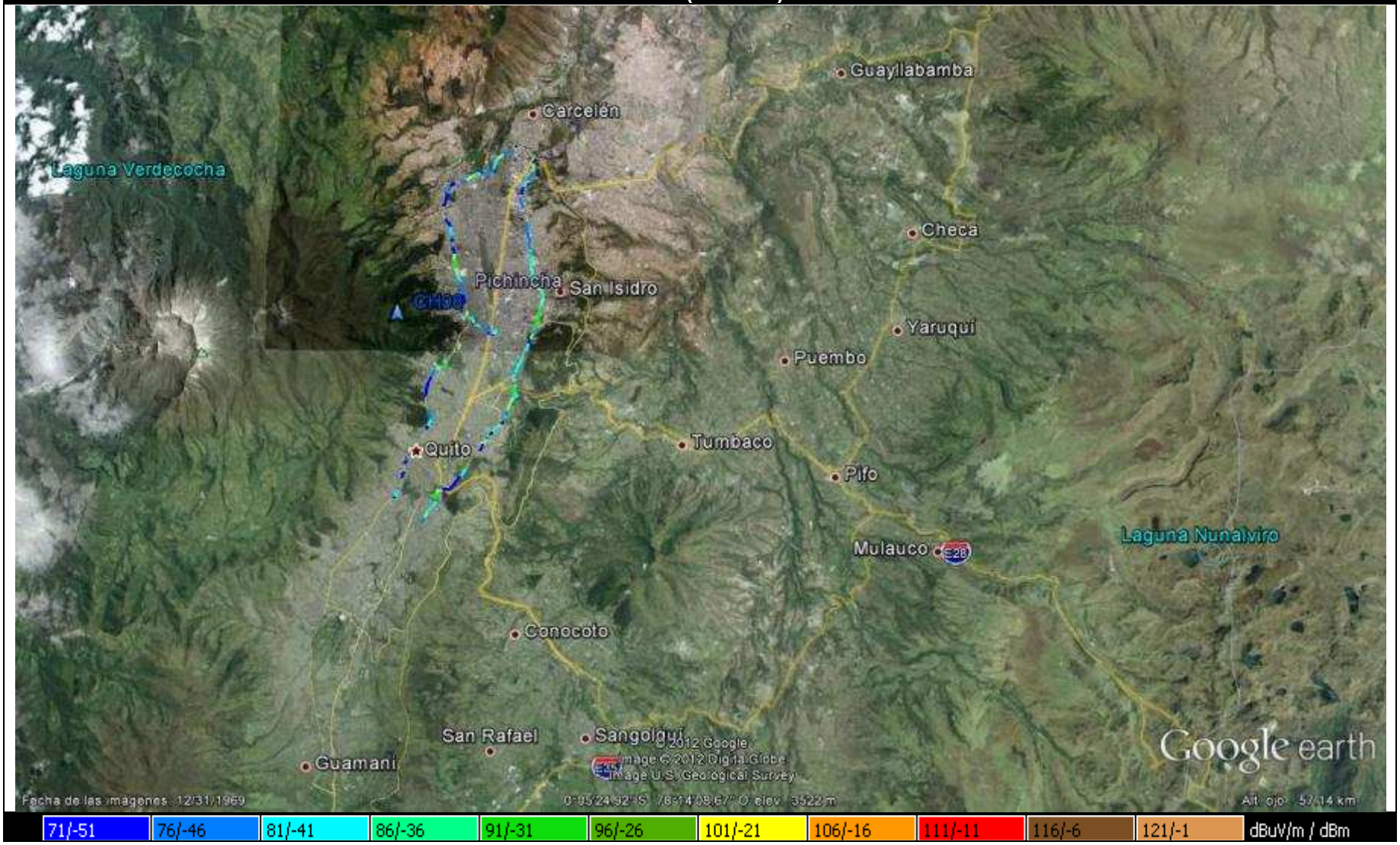
CH05 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH05
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
68/-46
75/-39
82/-32
89/-25
96/-18
103/-11
110/-4
117/+2
124/+9
131/+16
138/+23
dBuV/m / dBm

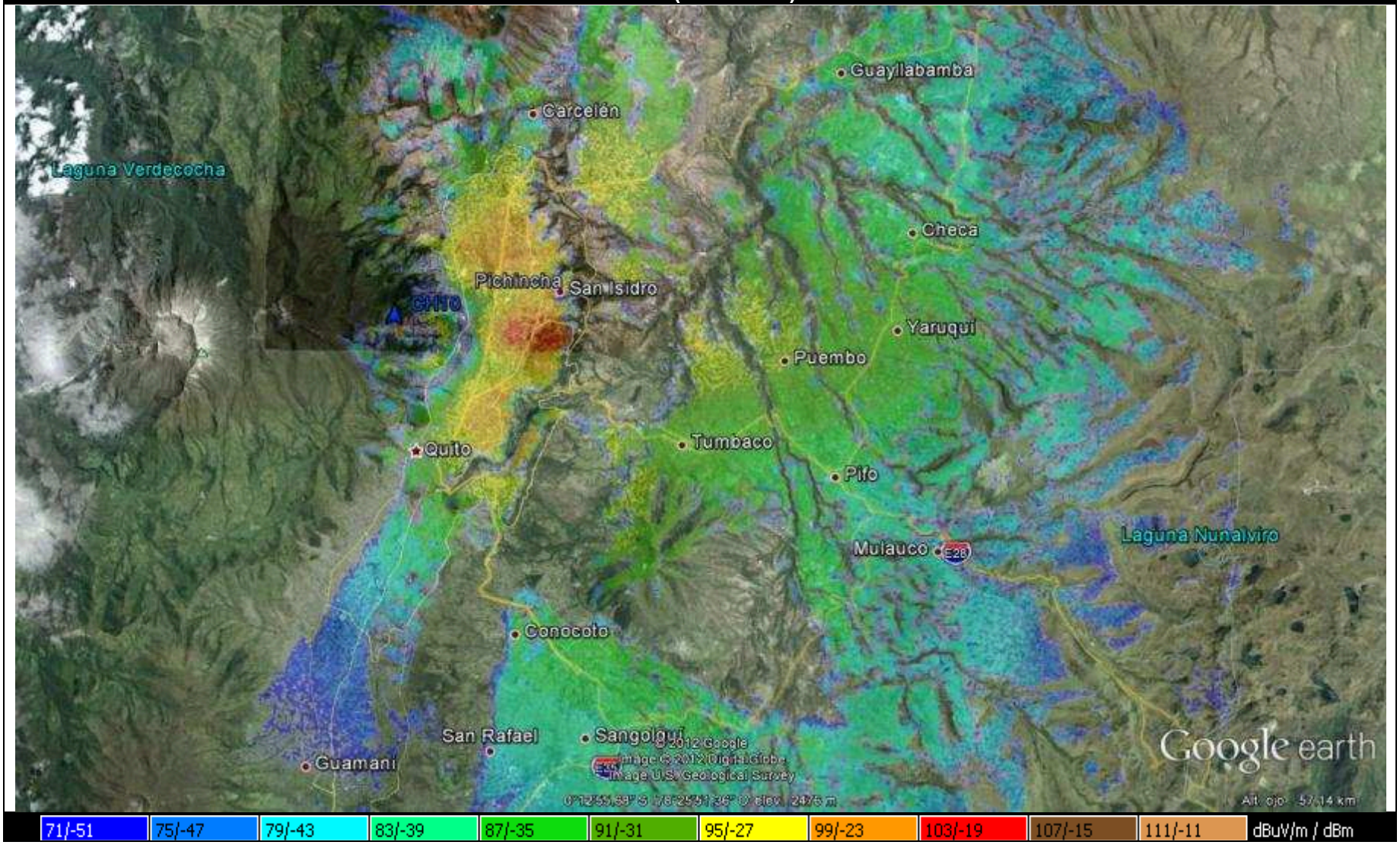
CH08 (Simulada)



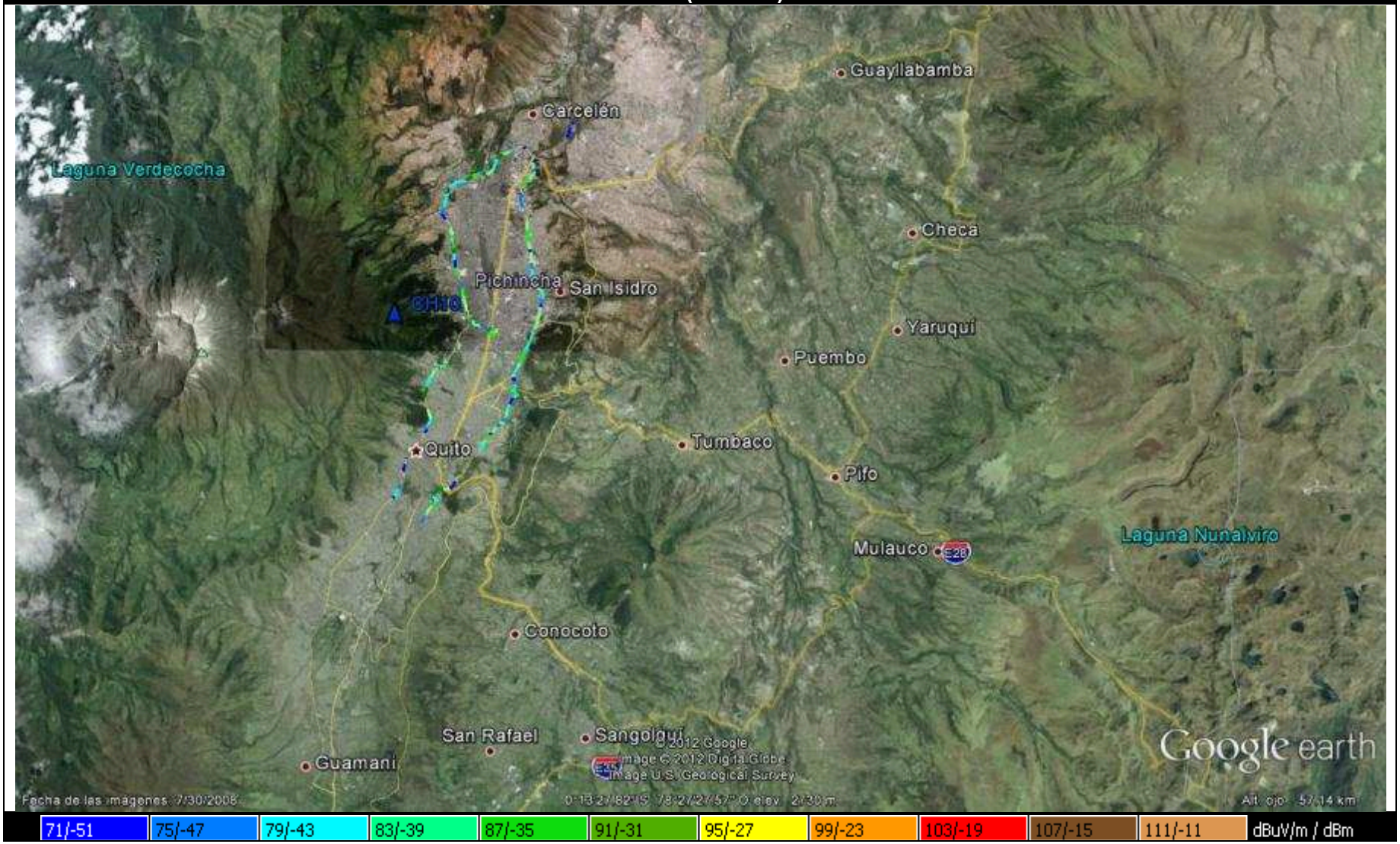
CH08 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH08
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
71/-51
76/-46
81/-41
86/-36
91/-31
96/-26
101/-21
106/-16
111/-11
116/-6
121/-1
dBuV/m / dBm

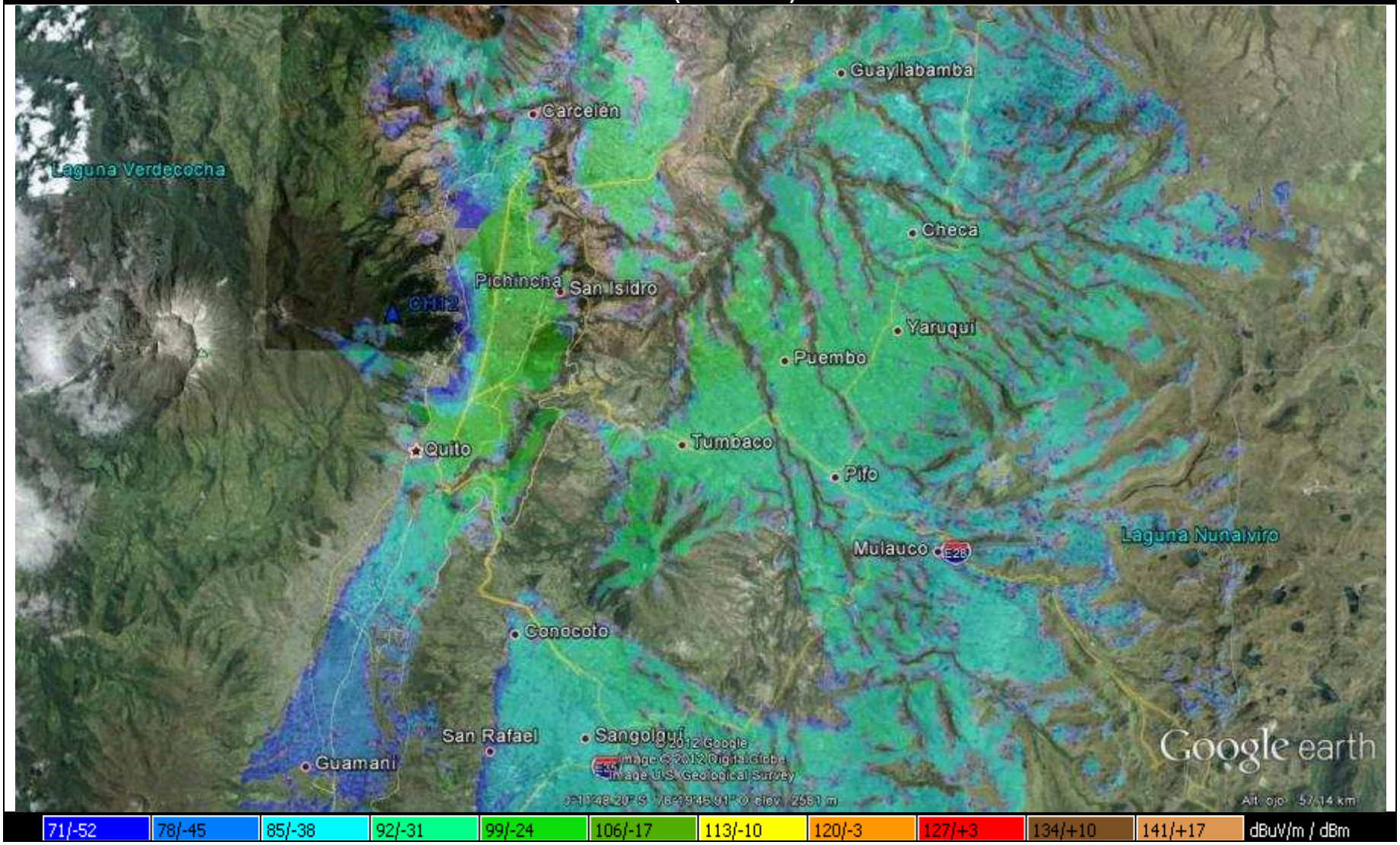
CH10 (Simulada)



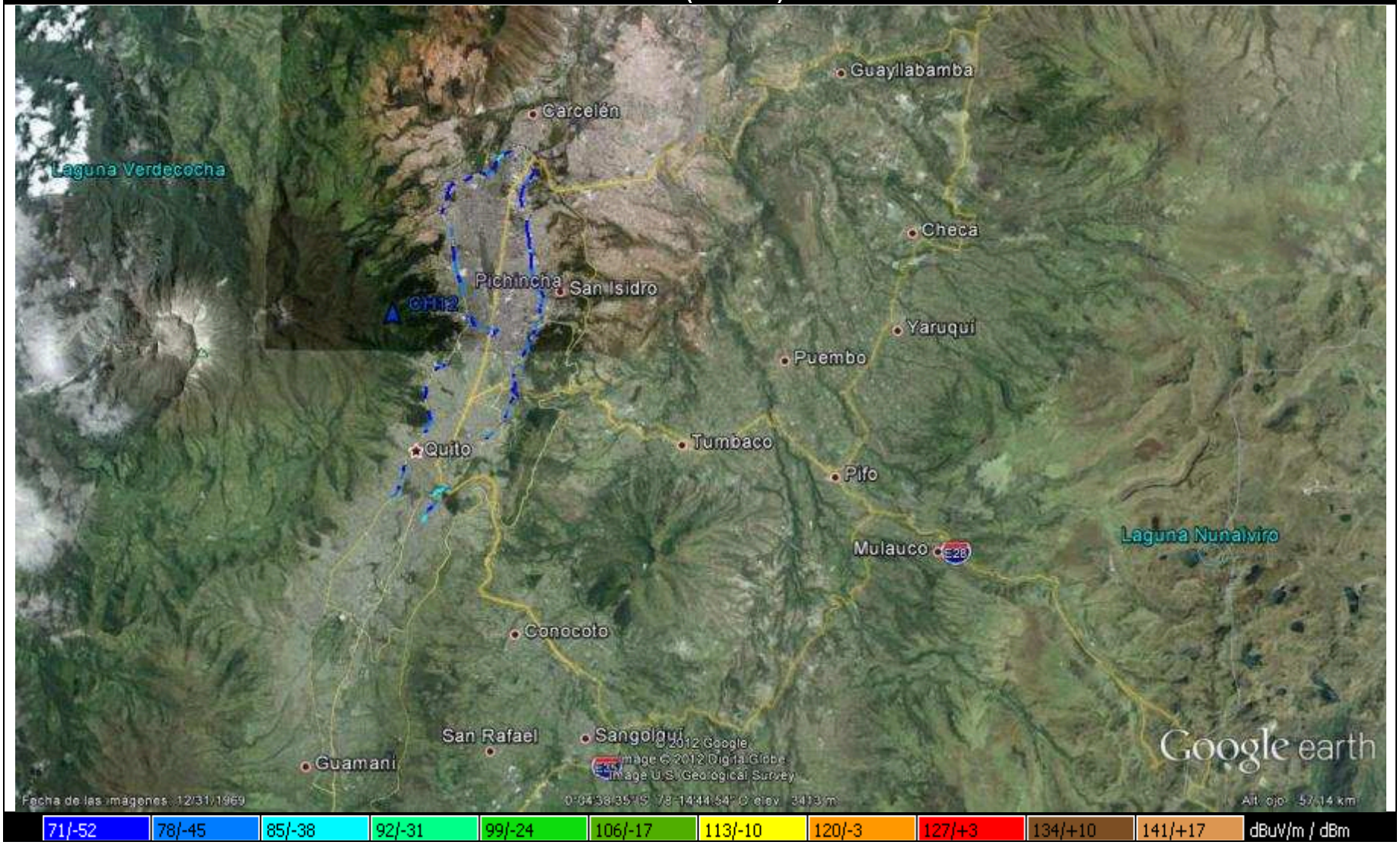
CH10 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH10
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 7/30/2008
Alt ojo 57.14 km
71/-51
75/-47
79/-43
83/-39
87/-35
91/-31
95/-27
99/-23
103/-19
107/-15
111/-11
dBuV/m / dBm

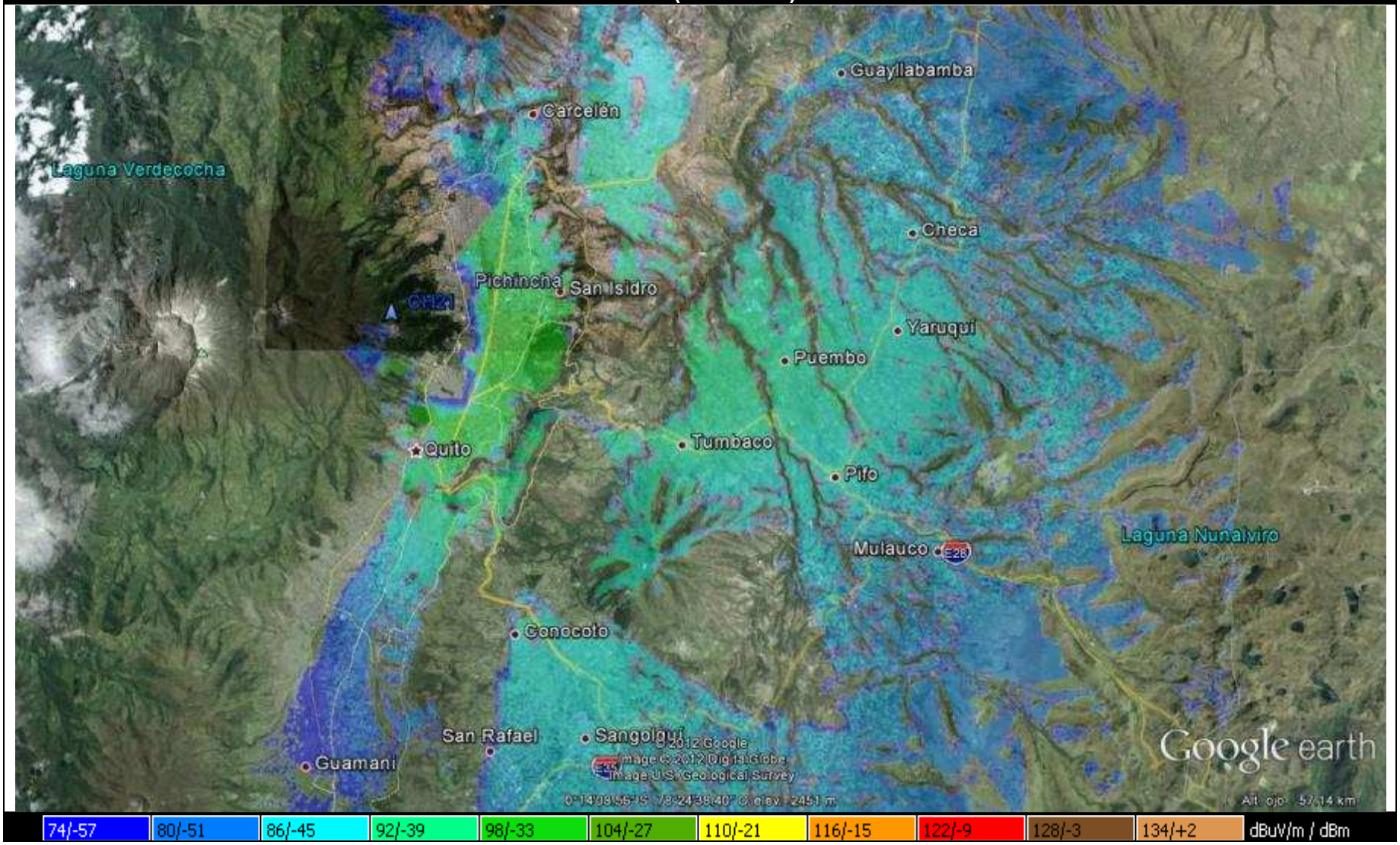
CH12 (Simulada)



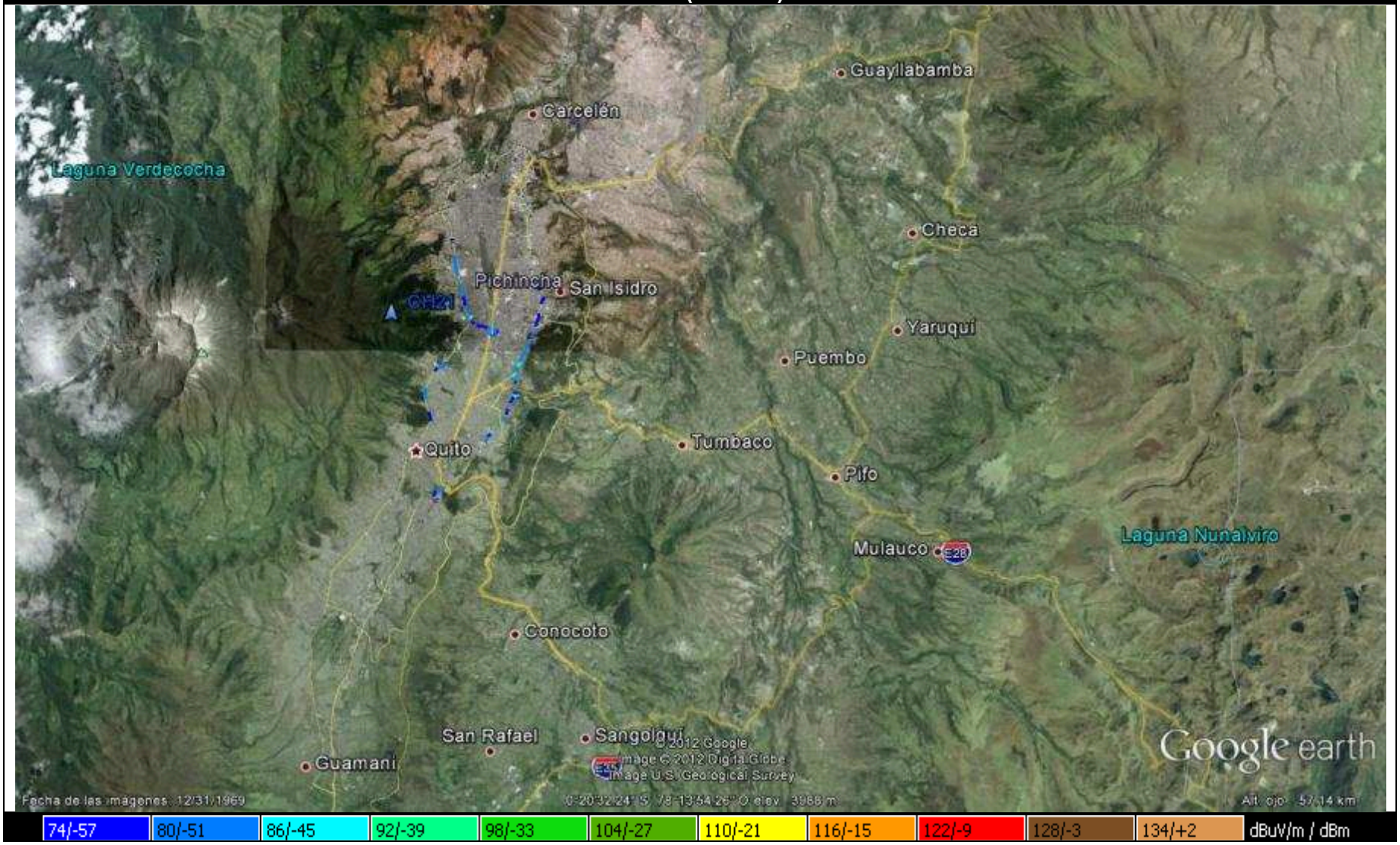
CH12 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH12
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
71/-52
78/-45
85/-38
92/-31
99/-24
106/-17
113/-10
120/-3
127/+3
134/+10
141/+17
dBuV/m / dBm

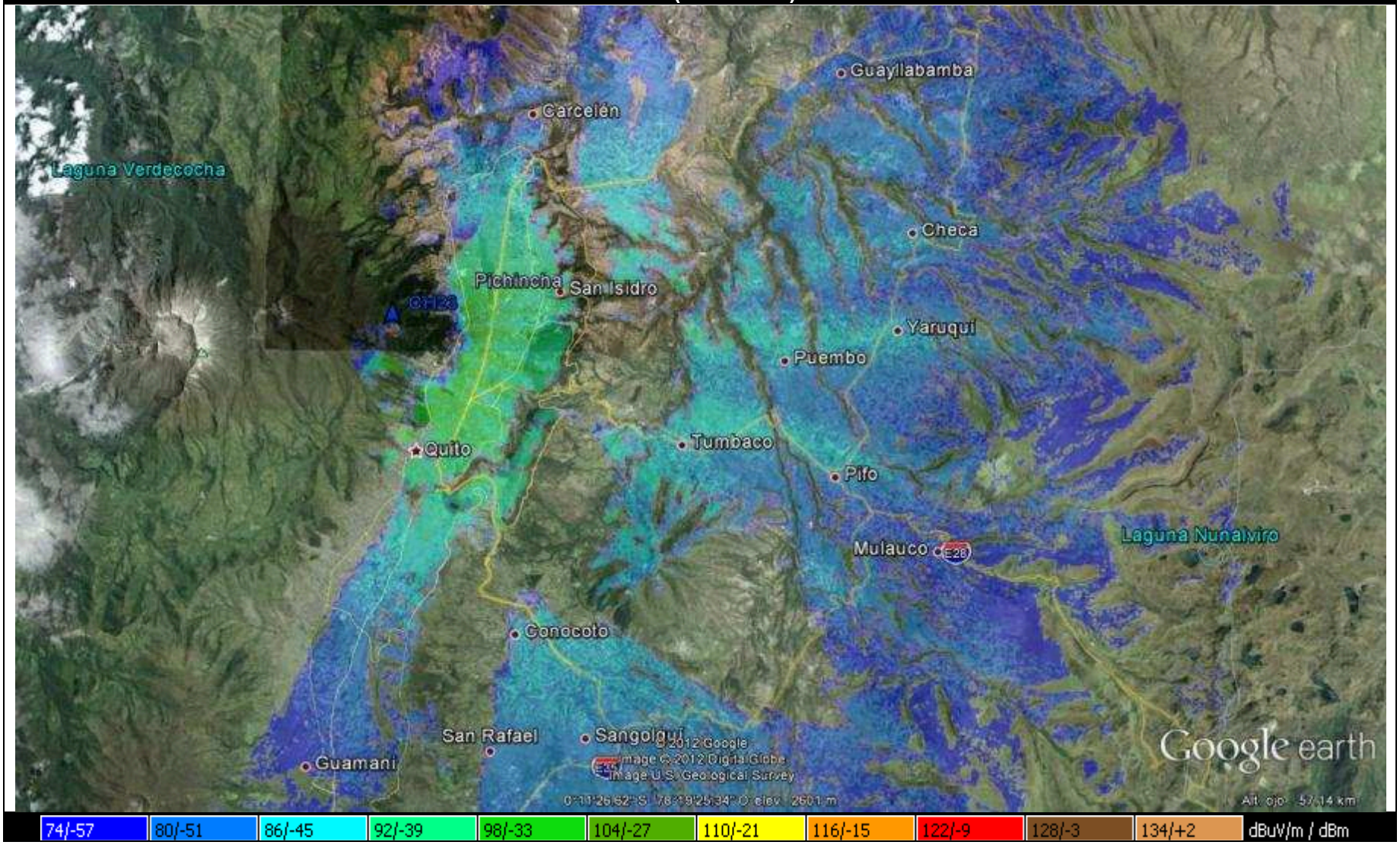
CH21 (Simulada)



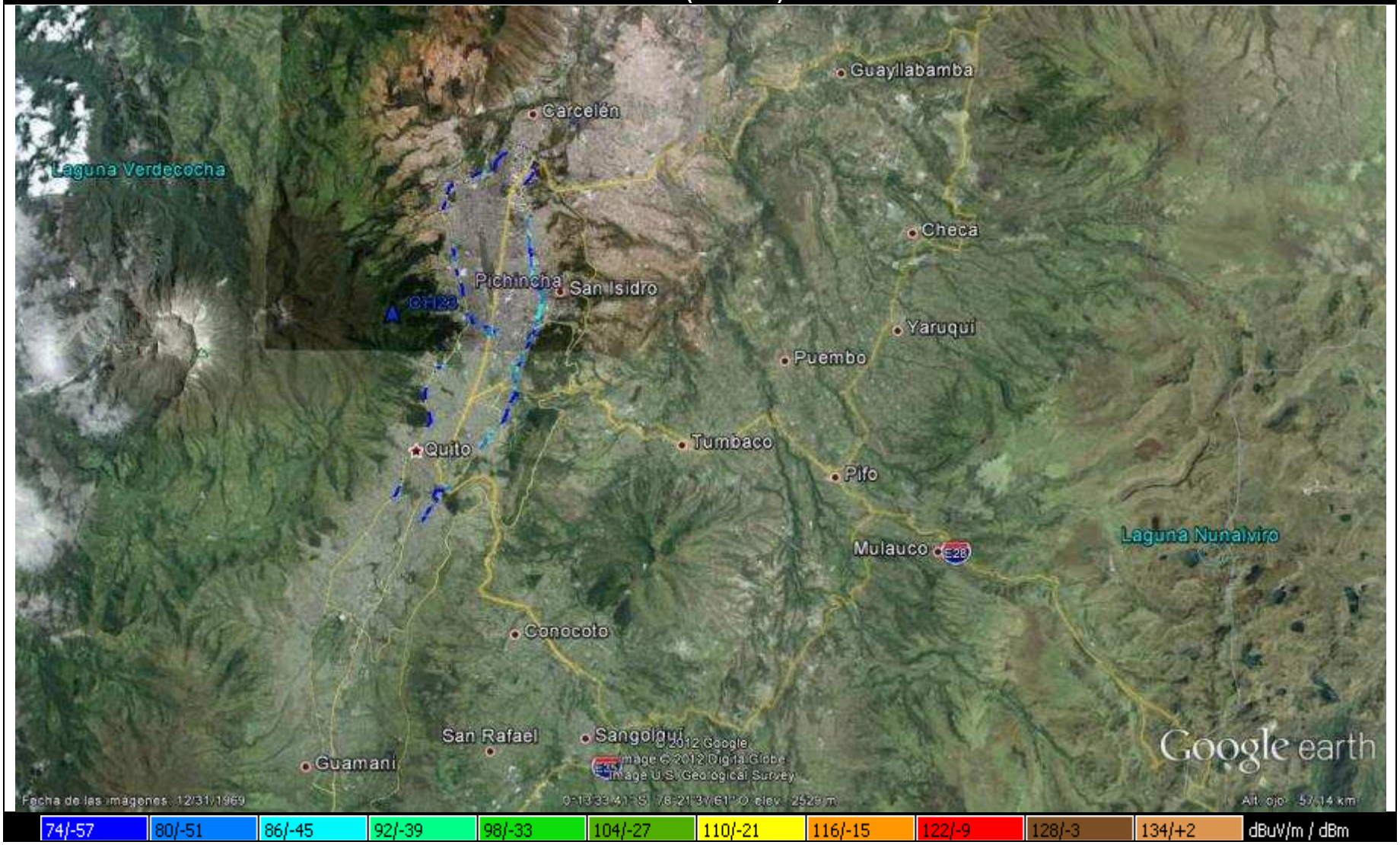
CH21 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH21
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-57
80/-51
86/-45
92/-39
98/-33
104/-27
110/-21
116/-15
122/-9
128/-3
134/+2
dBuV/m / dBm

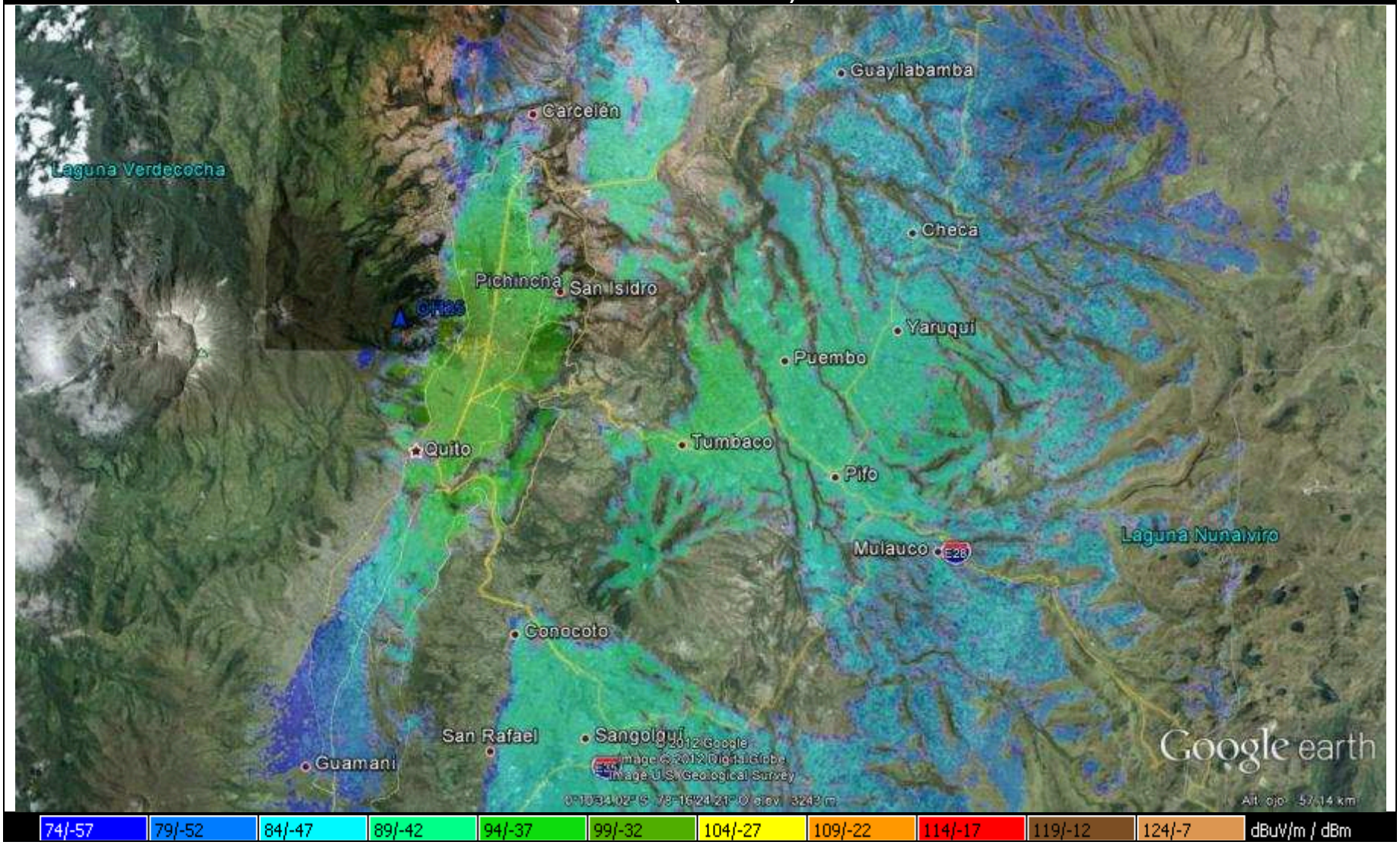
CH23 (Simulada)



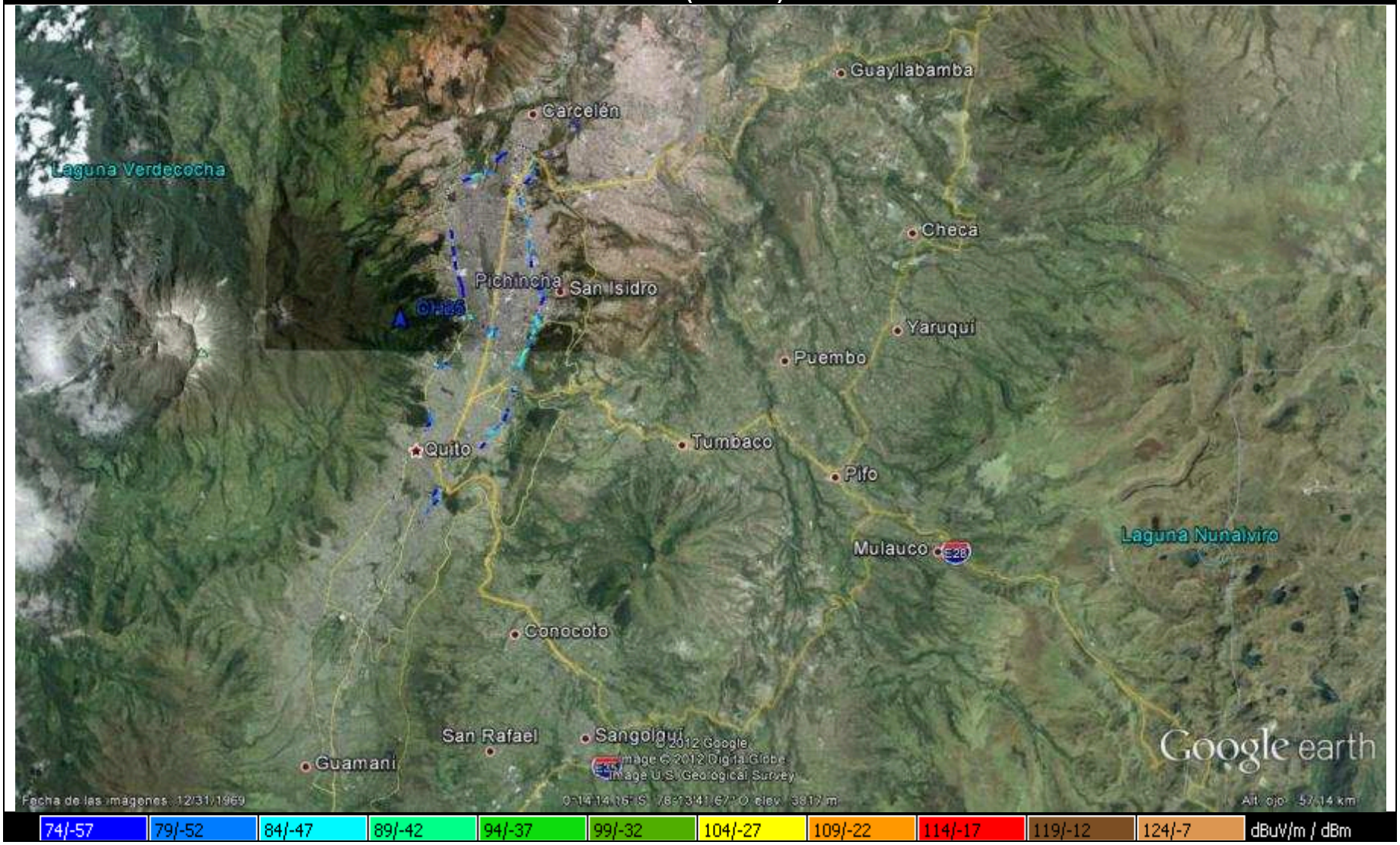
CH23 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH23
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-57
80/-51
86/-45
92/-39
98/-33
104/-27
110/-21
116/-15
122/-9
128/-3
134/+2
dBuV/m / dBm

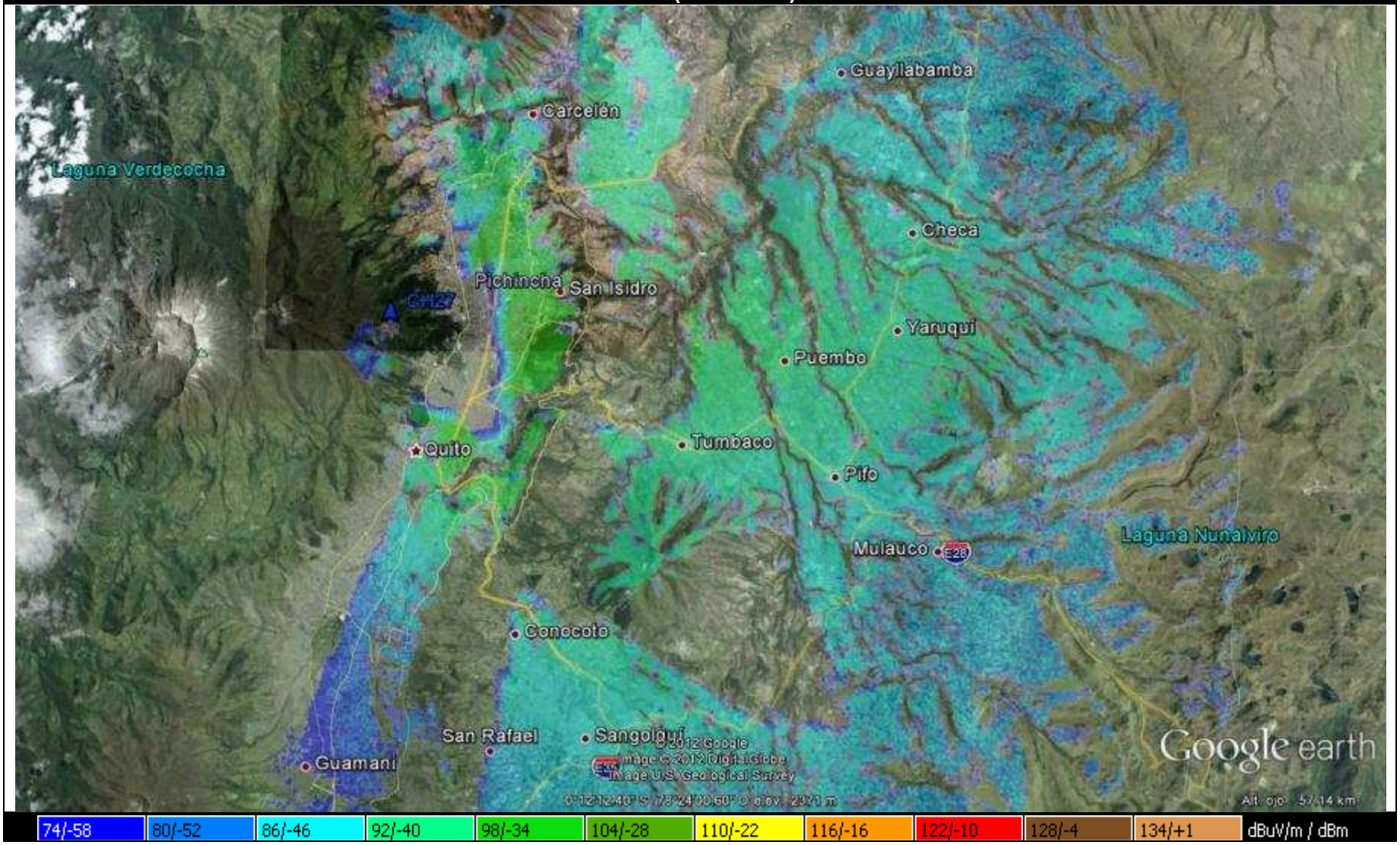
CH25 (Simulada)



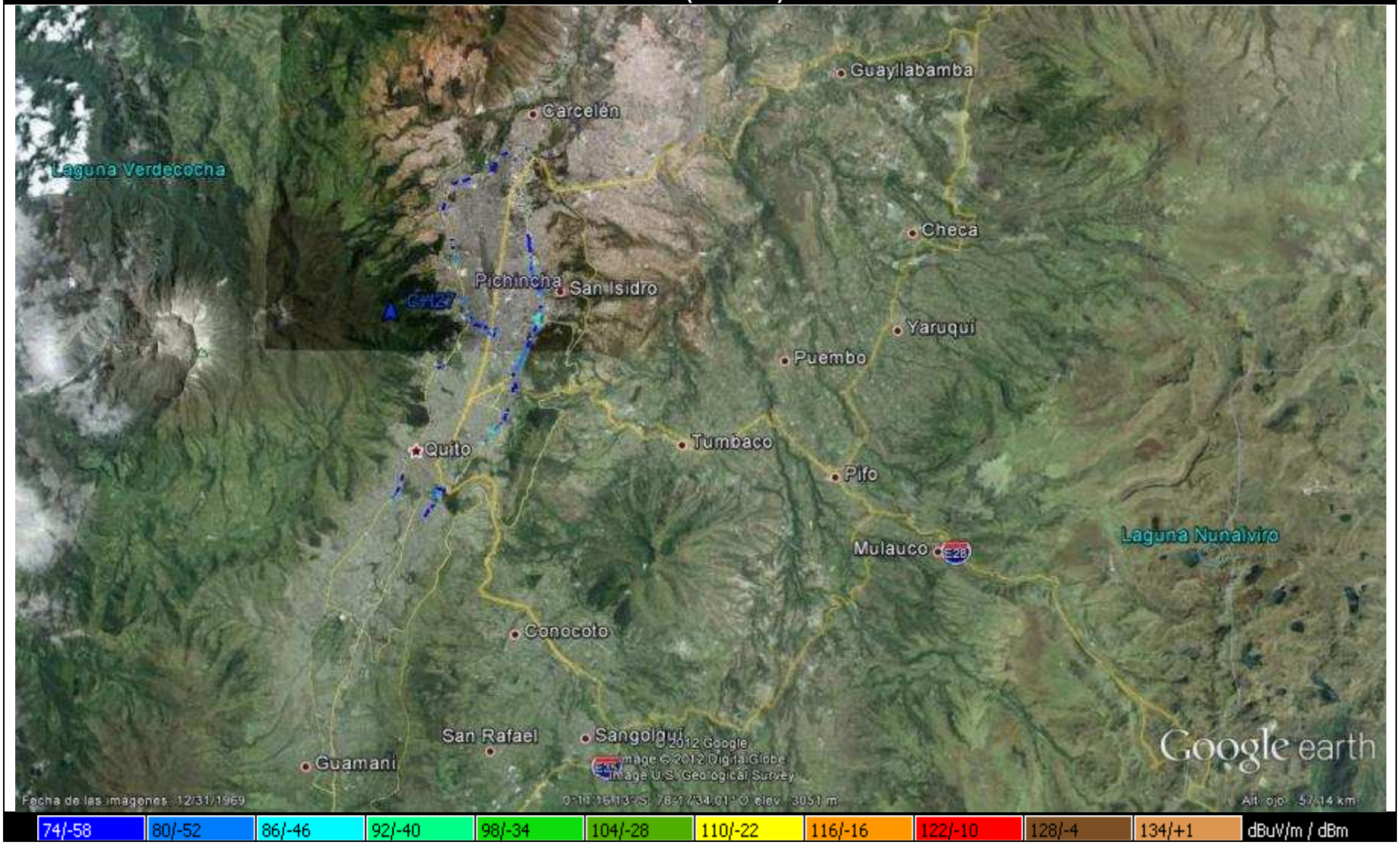
CH25 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH25
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
0°14'14.16" S 78°13'41.67" O elev 3817 m
Alt ojo 57.14 km
74/-57
79/-52
84/-47
89/-42
94/-37
99/-32
104/-27
109/-22
114/-17
119/-12
124/-7
dBuV/m / dBm

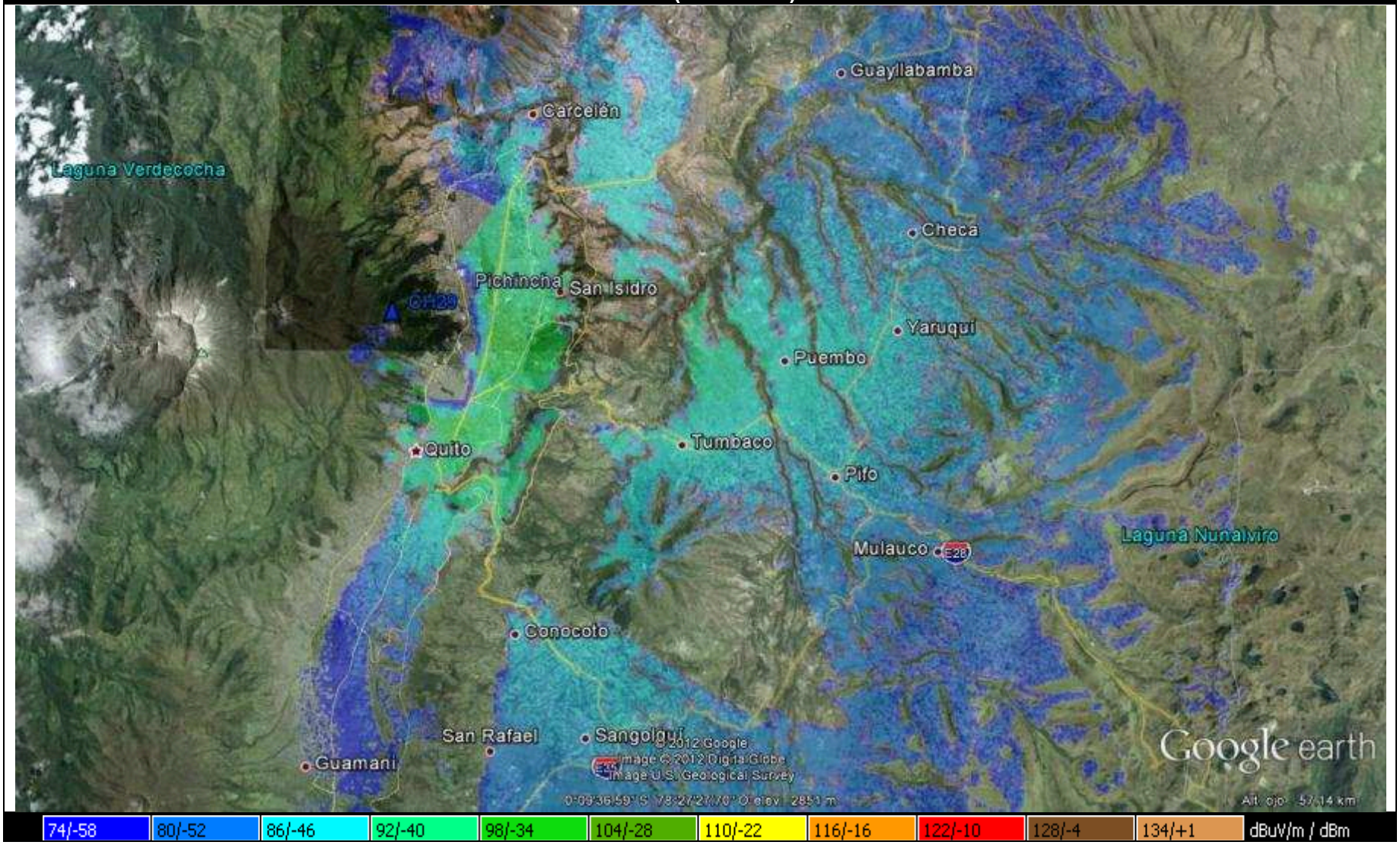
CH27 (Simulada)



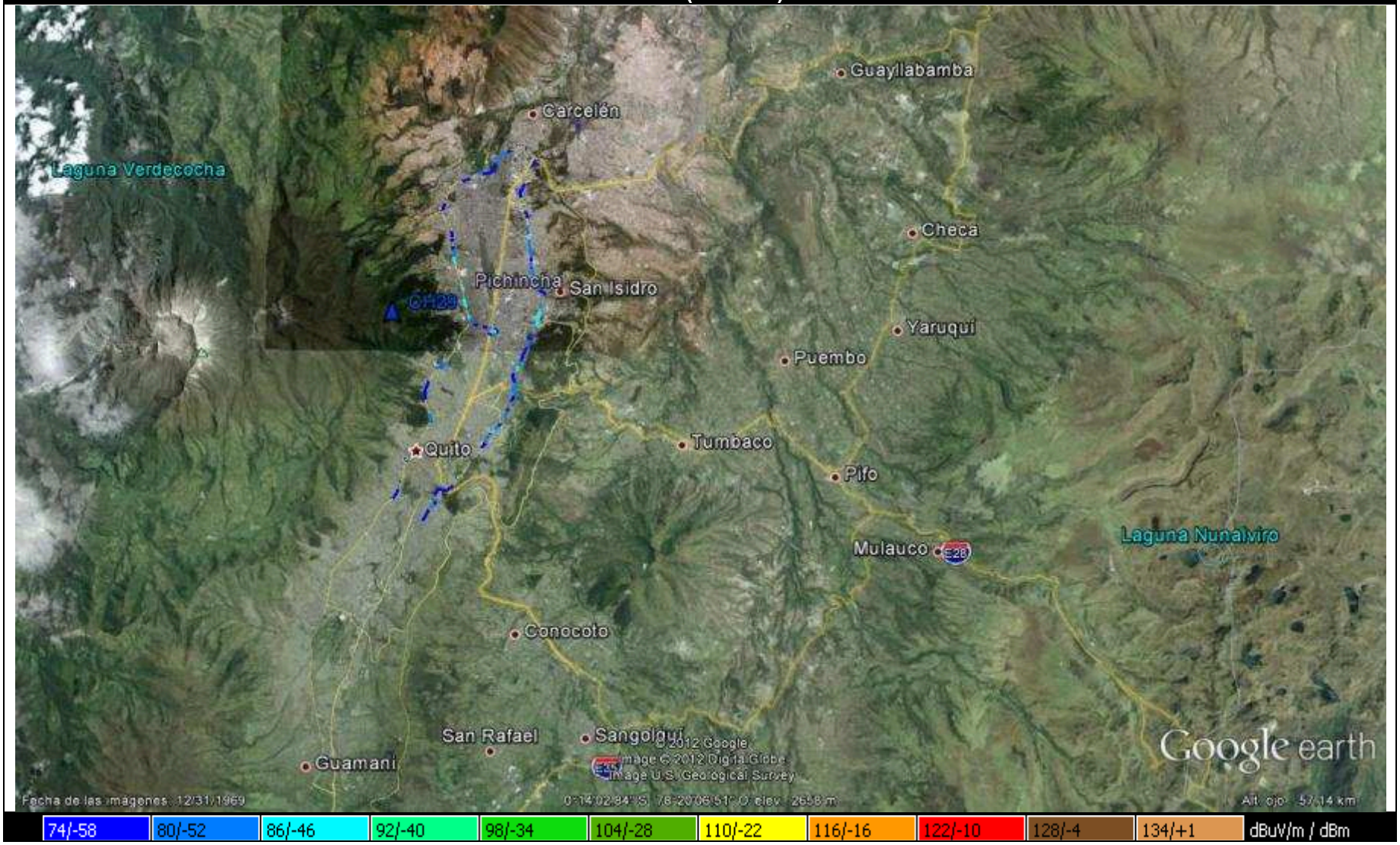
CH27 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH27
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt. ojo 57.14 km
74/-58
80/-52
86/-46
92/-40
98/-34
104/-28
110/-22
116/-16
122/-10
128/-4
134/+1
dBuV/m / dBm

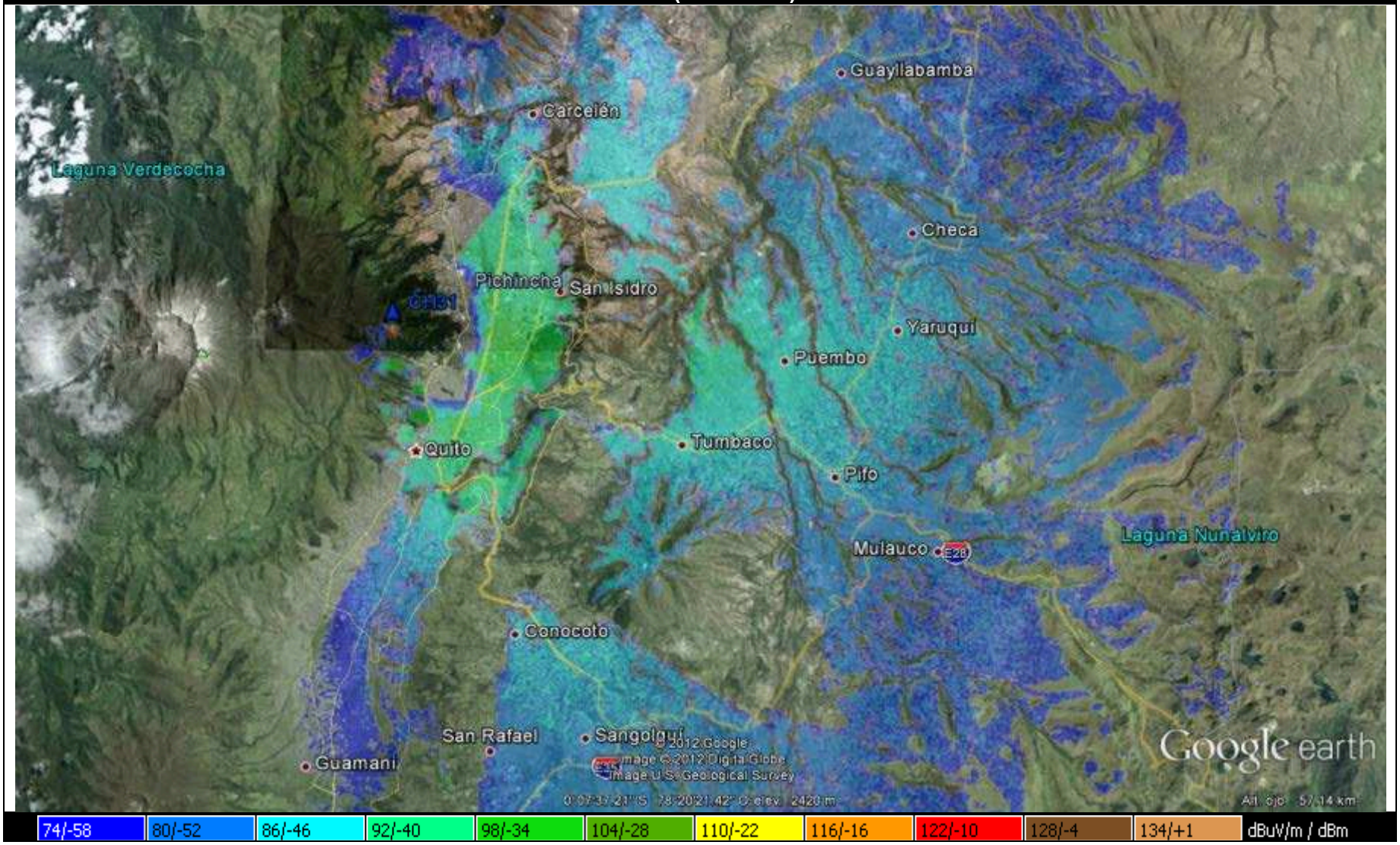
CH29 (Simulada)



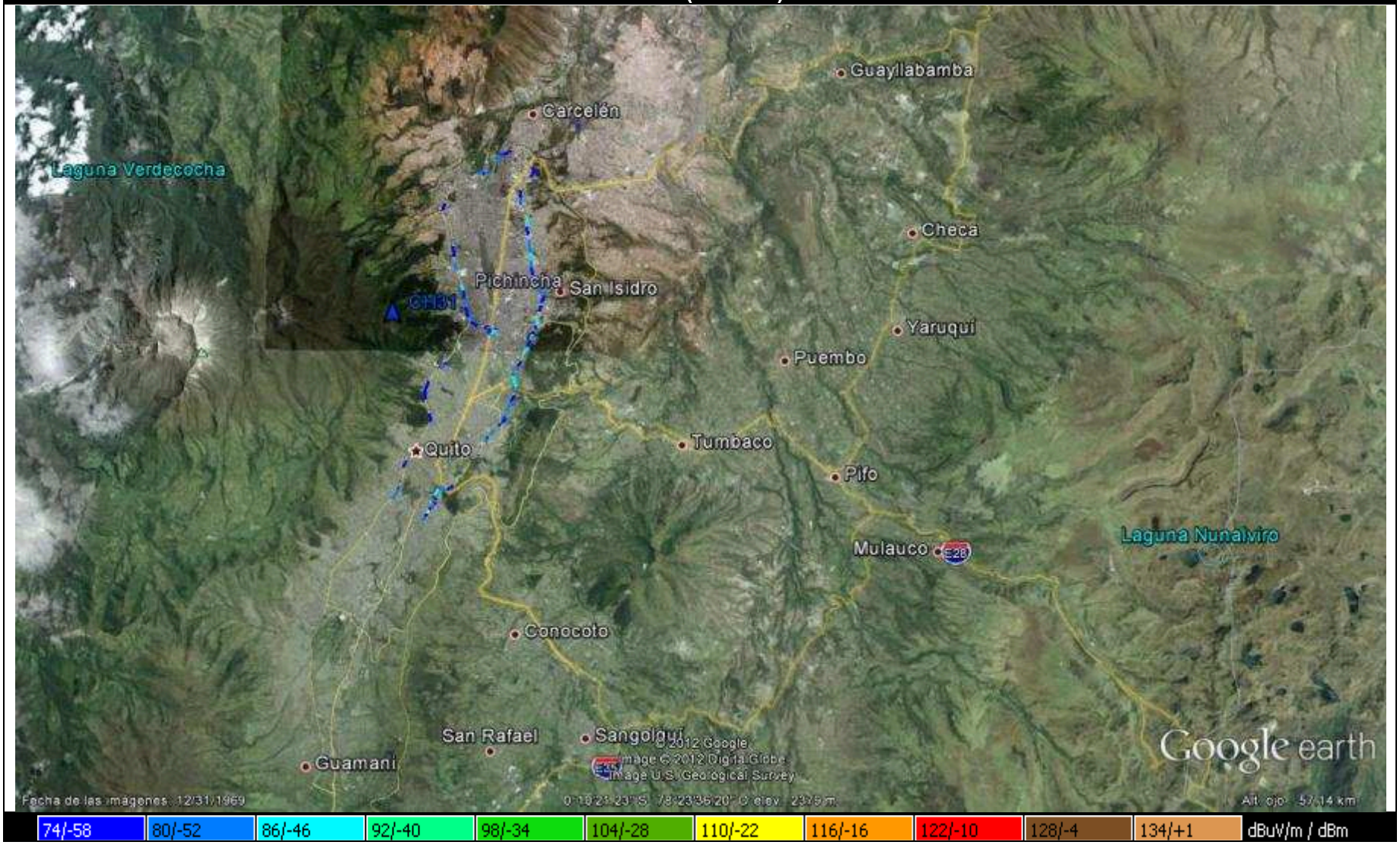
CH29 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH29
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
0°14'02.94"S 78°27'06.51"O elev 2658 m
Alt ojo 57.14 km
74/-58
80/-52
86/-46
92/-40
98/-34
104/-28
110/-22
116/-16
122/-10
128/-4
134/+1
dBuV/m / dBm

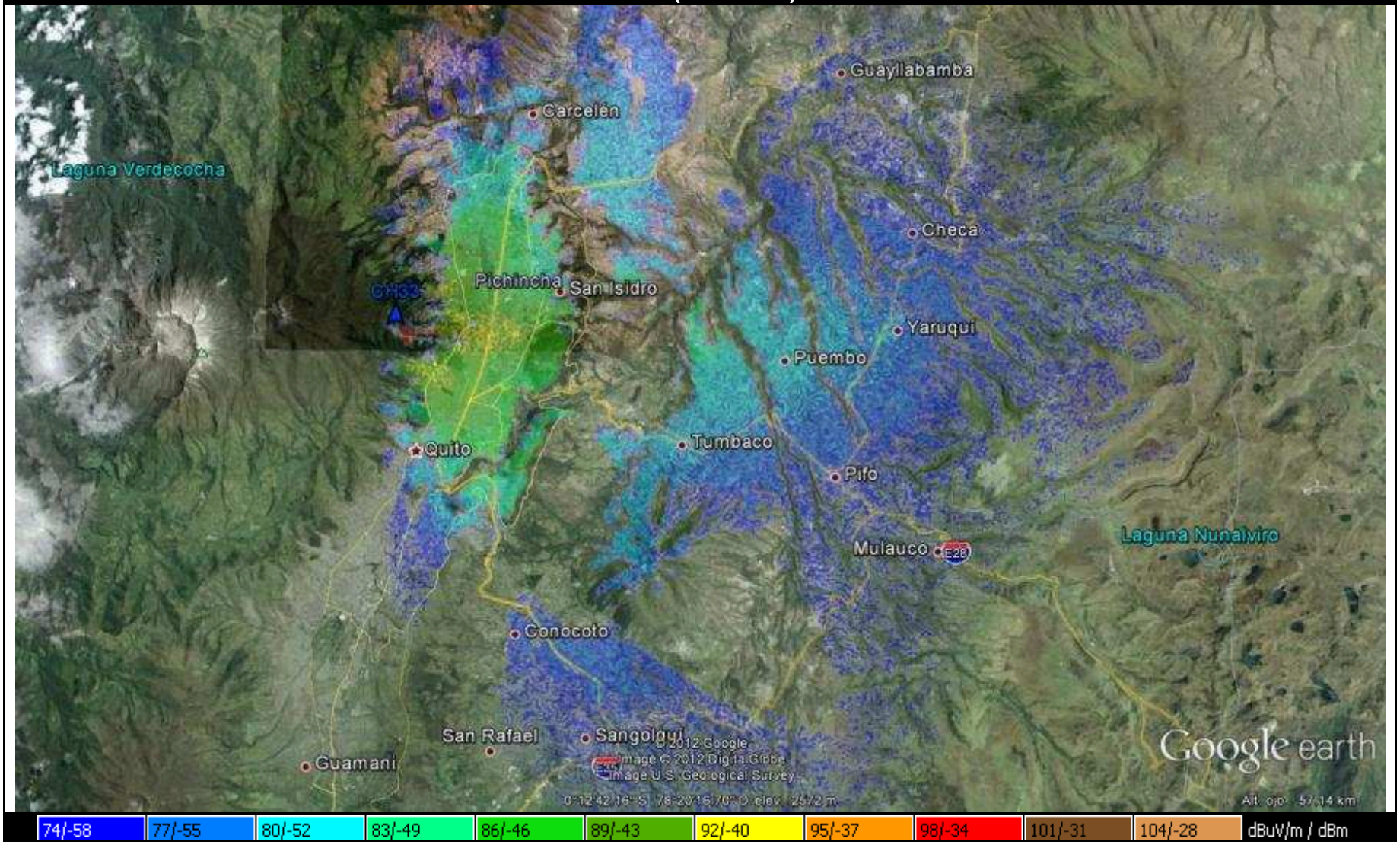
CH31 (Simulada)



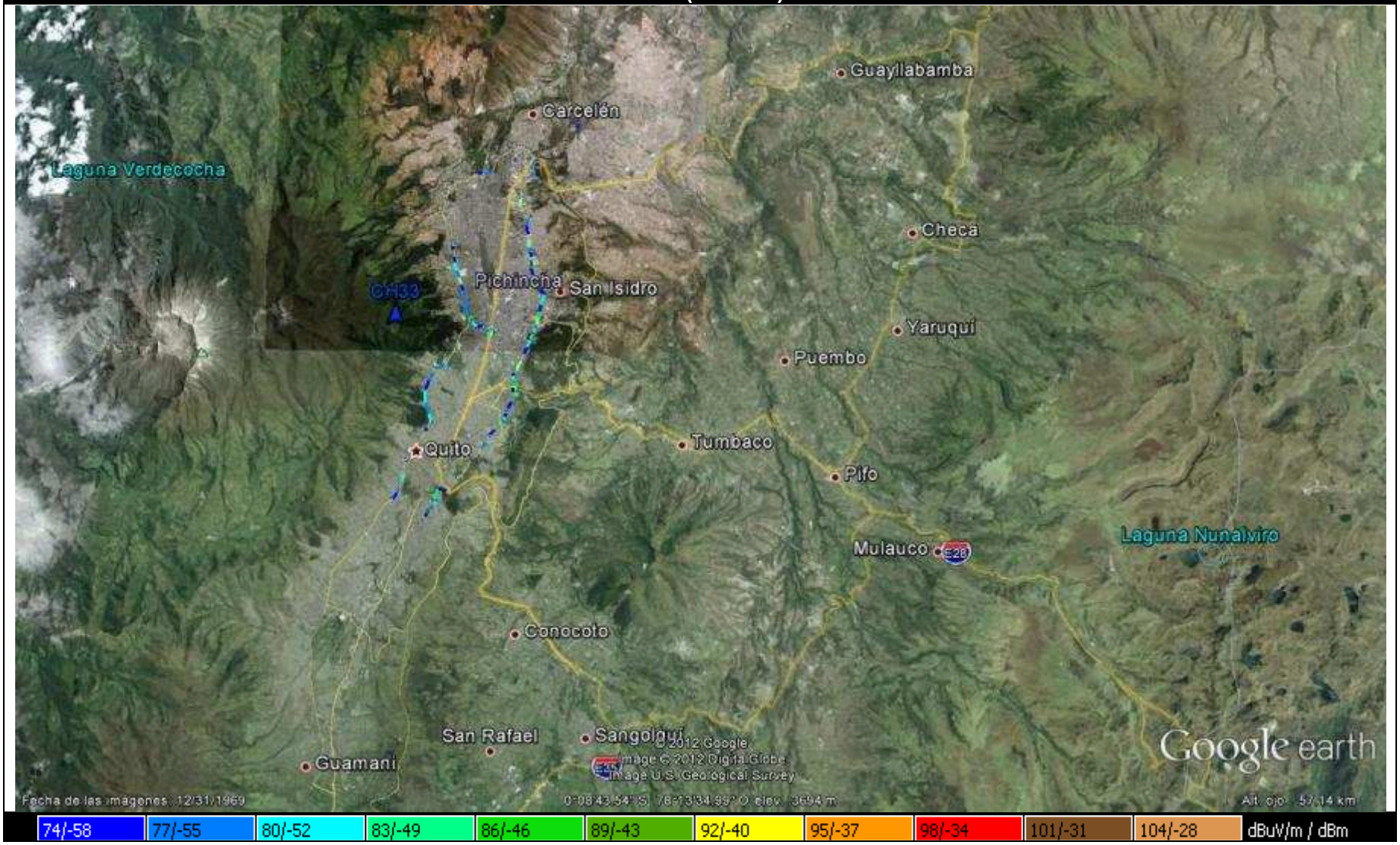
CH31 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH31
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamani
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-58
80/-52
86/-46
92/-40
98/-34
104/-28
110/-22
116/-16
122/-10
128/-4
134/+1
dBuV/m / dBm

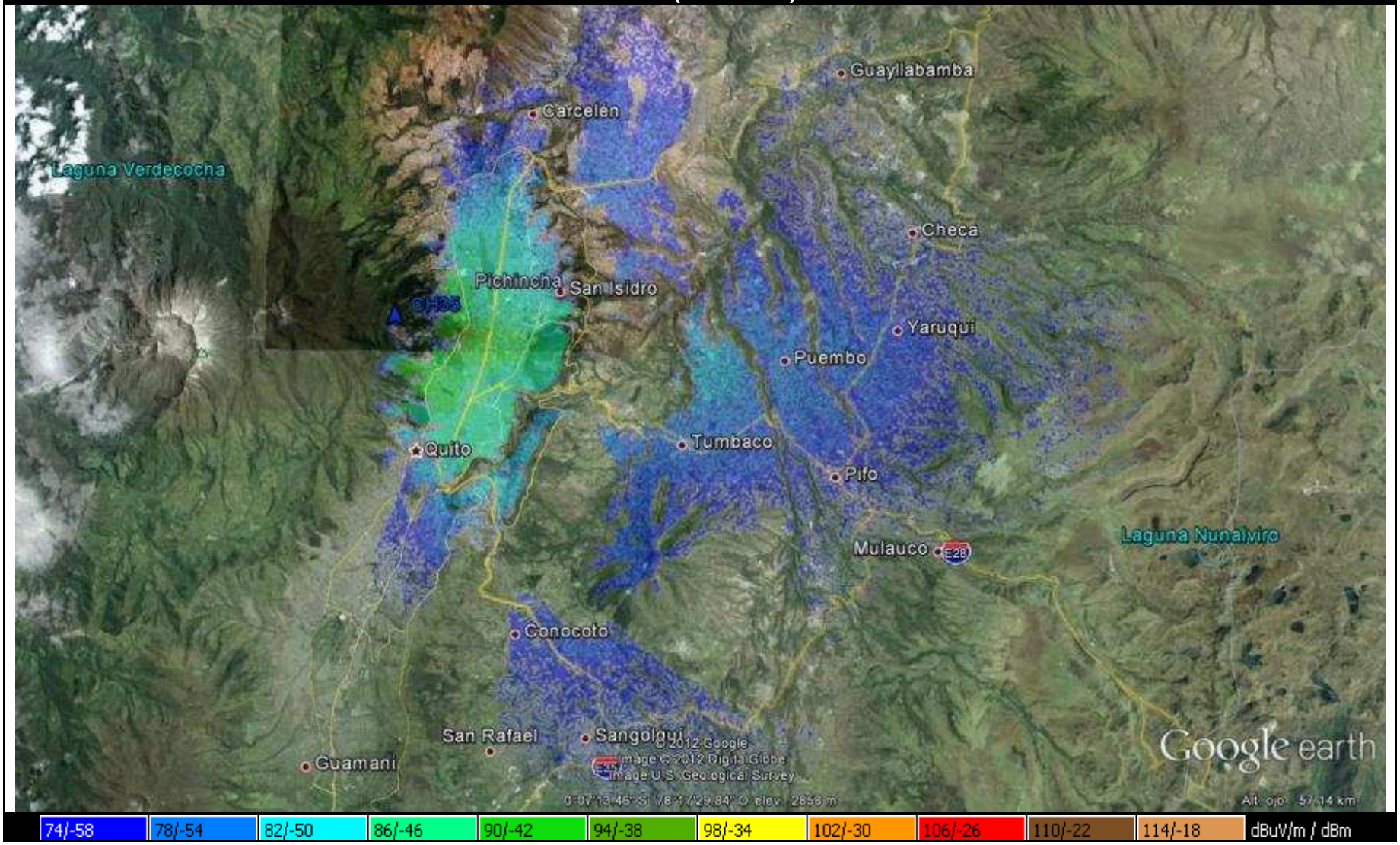
CH33 (Simulada)



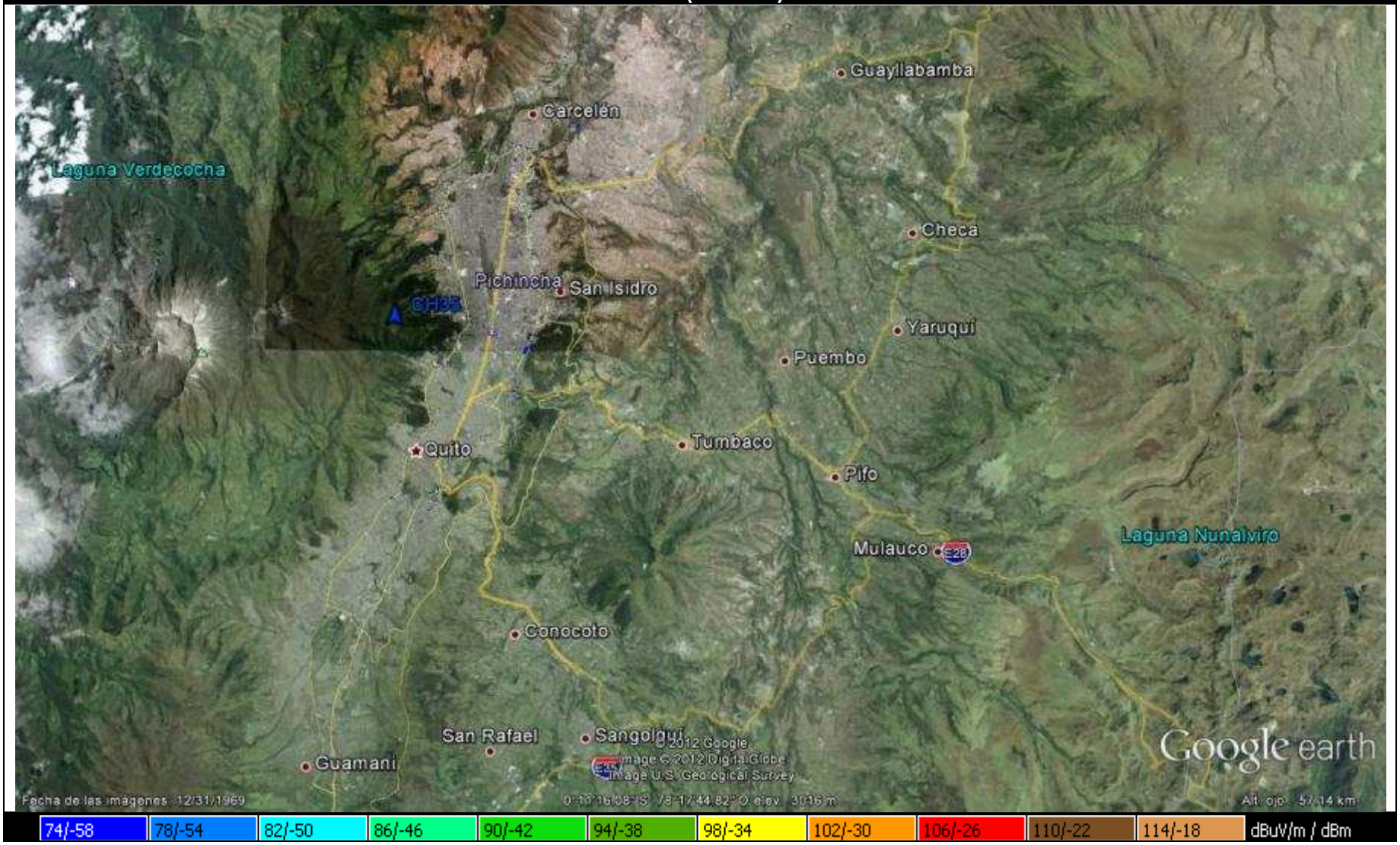
CH33 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
CH33
Pichincha
San Isidro
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-58
77/-55
80/-52
83/-49
86/-46
89/-43
92/-40
95/-37
98/-34
101/-31
104/-28
dBuV/m / dBm

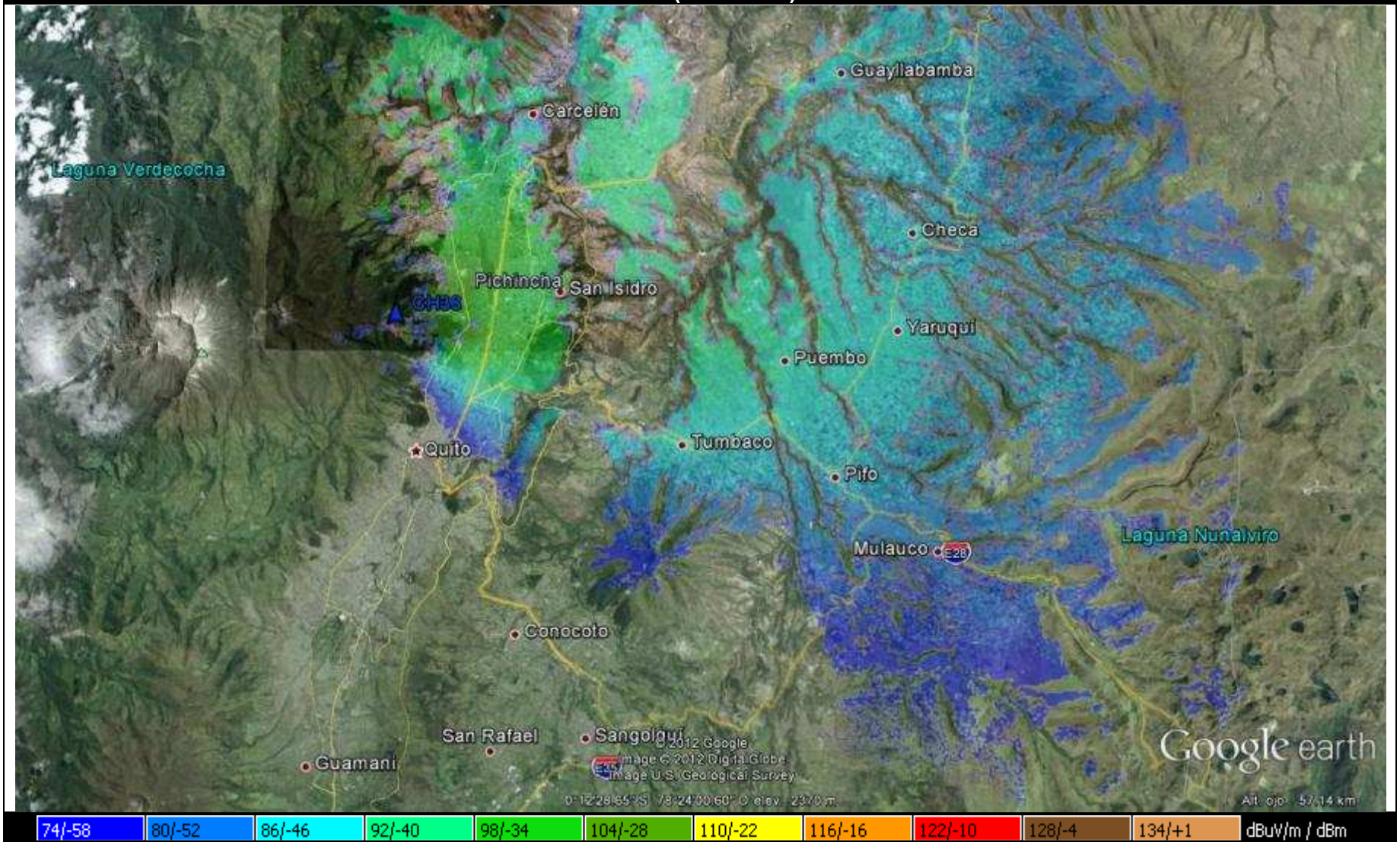
CH35 (Simulada)



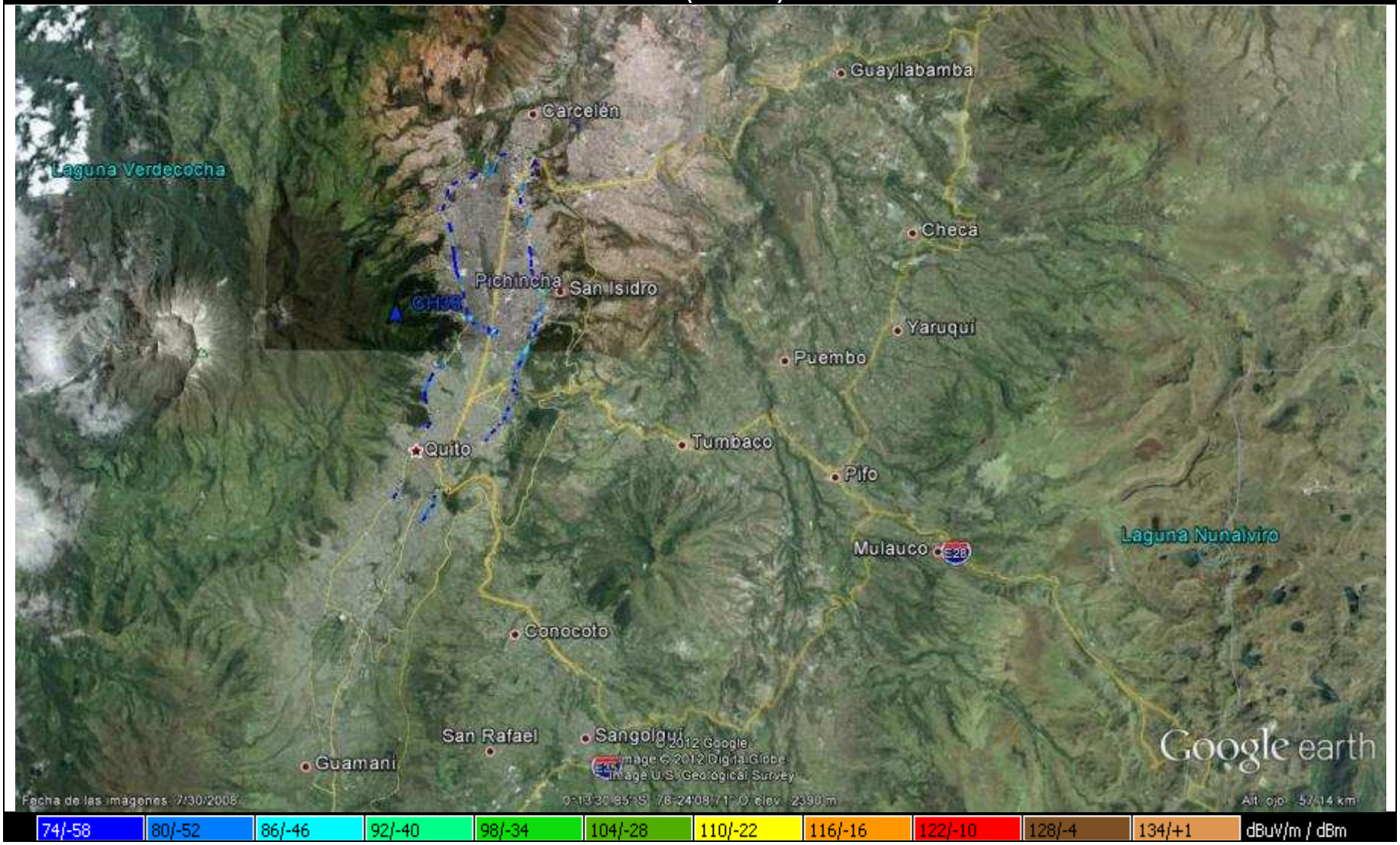
CH35 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH05
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-58
78/-54
82/-50
86/-46
90/-42
94/-38
98/-34
102/-30
106/-26
110/-22
114/-18
dBuV/m / dBm

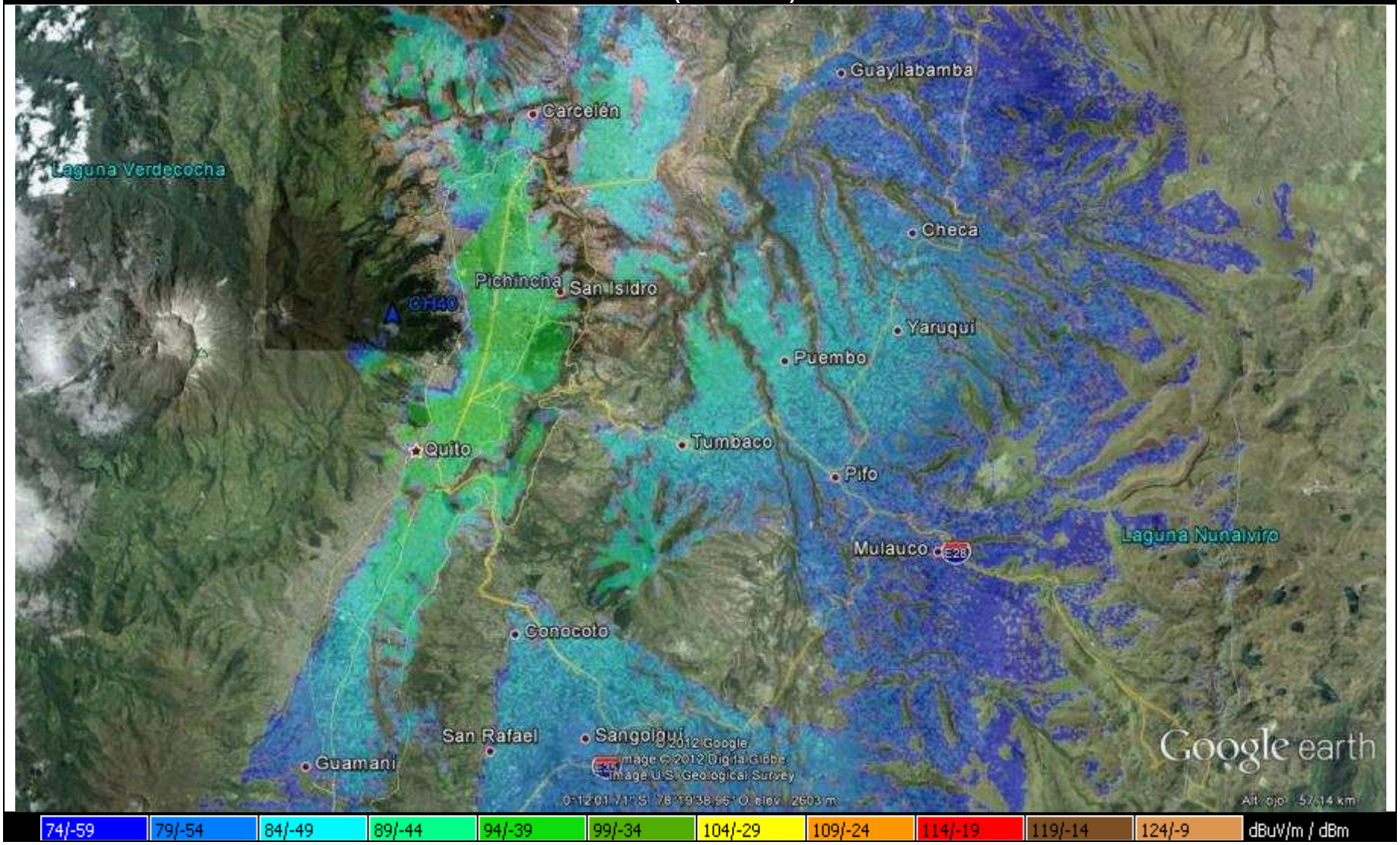
CH38 (Simulada)



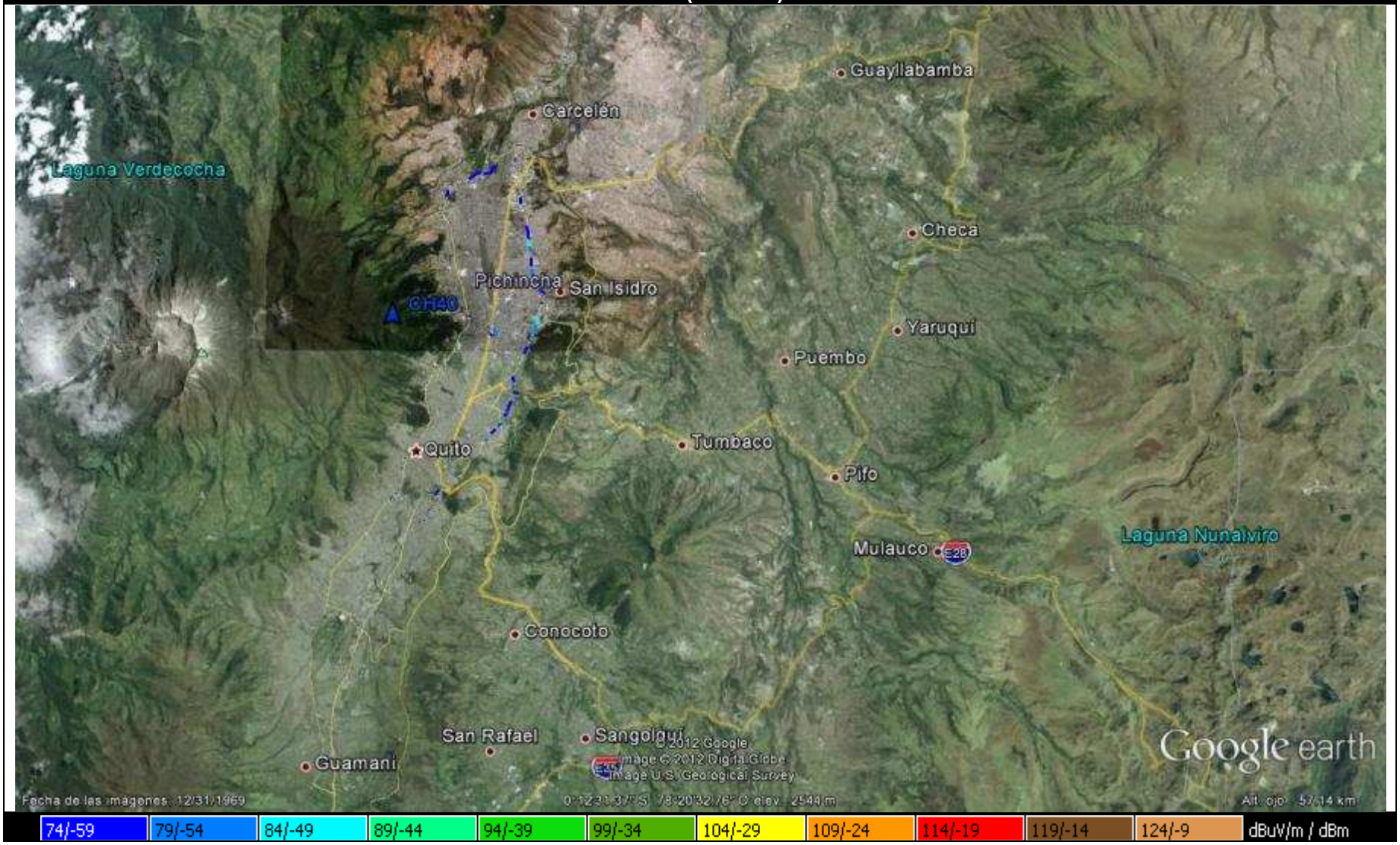
CH38 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH38
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 7/30/2008
Alt. ojo 57.14 km
74/-58
80/-52
86/-46
92/-40
98/-34
104/-28
110/-22
116/-16
122/-10
128/-4
134/+1
dBuV/m / dBm

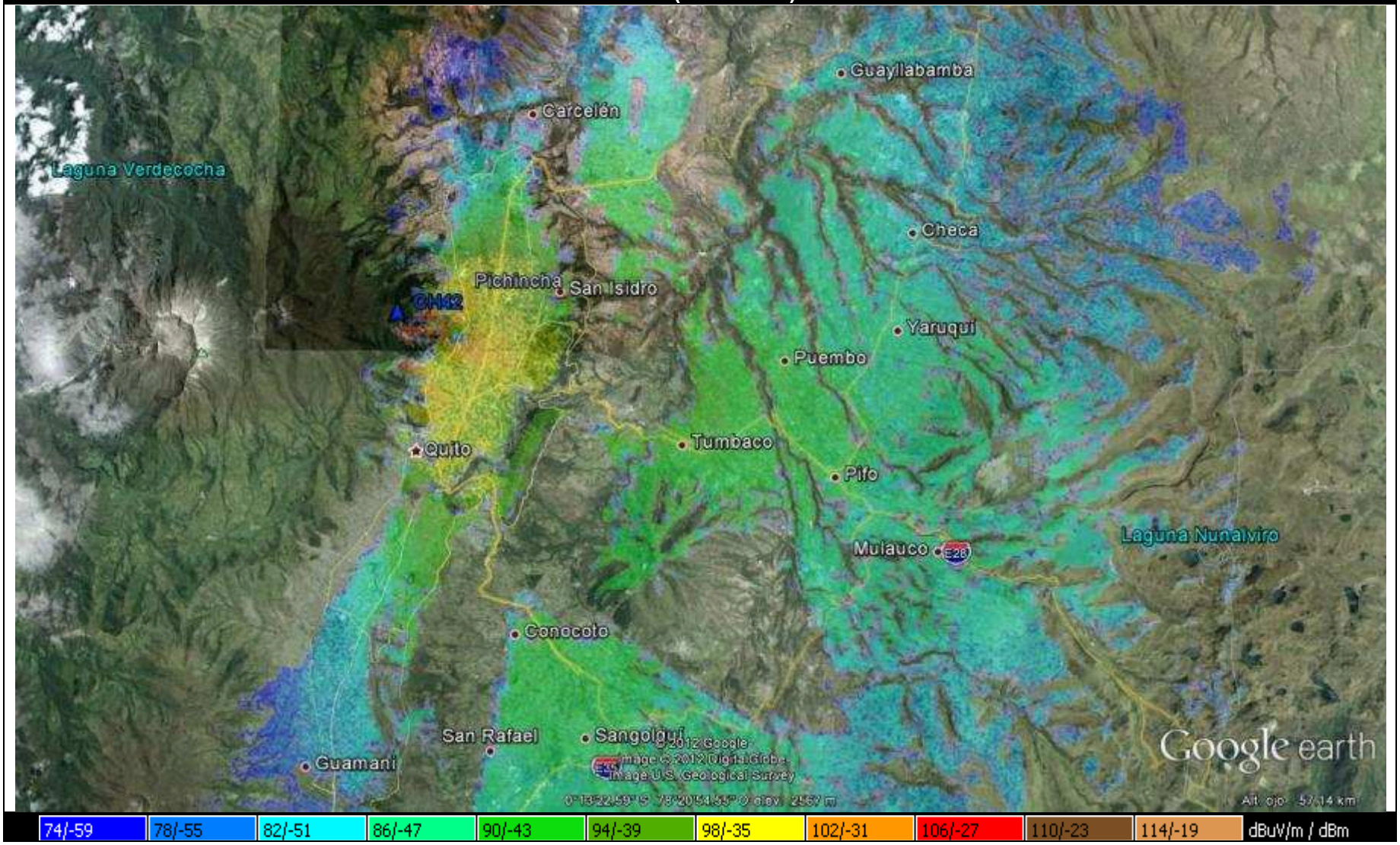
CH40 (Simulada)



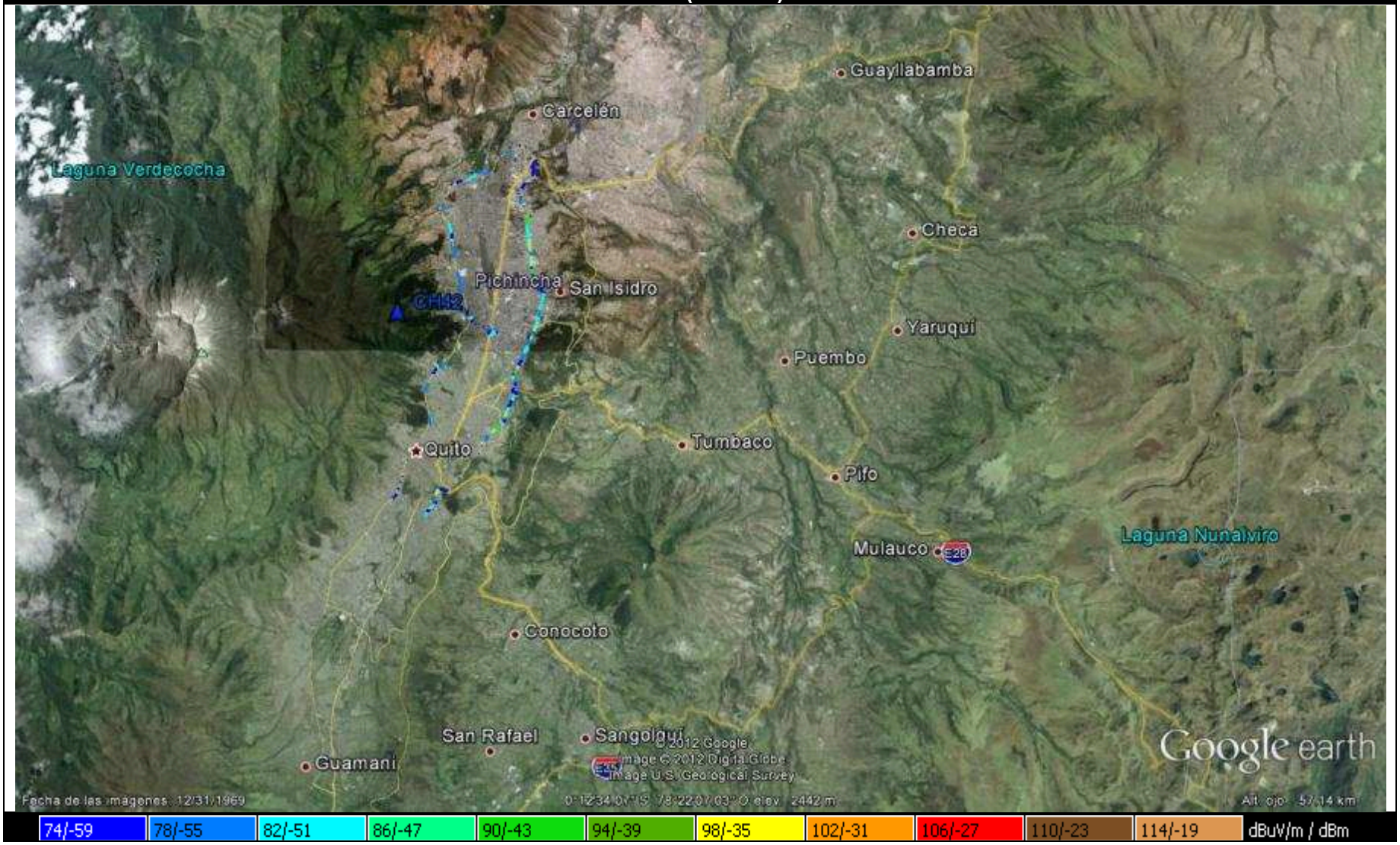
CH40 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH40
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-59
79/-54
84/-49
89/-44
94/-39
99/-34
104/-29
109/-24
114/-19
119/-14
124/-9
dBuV/m / dBm

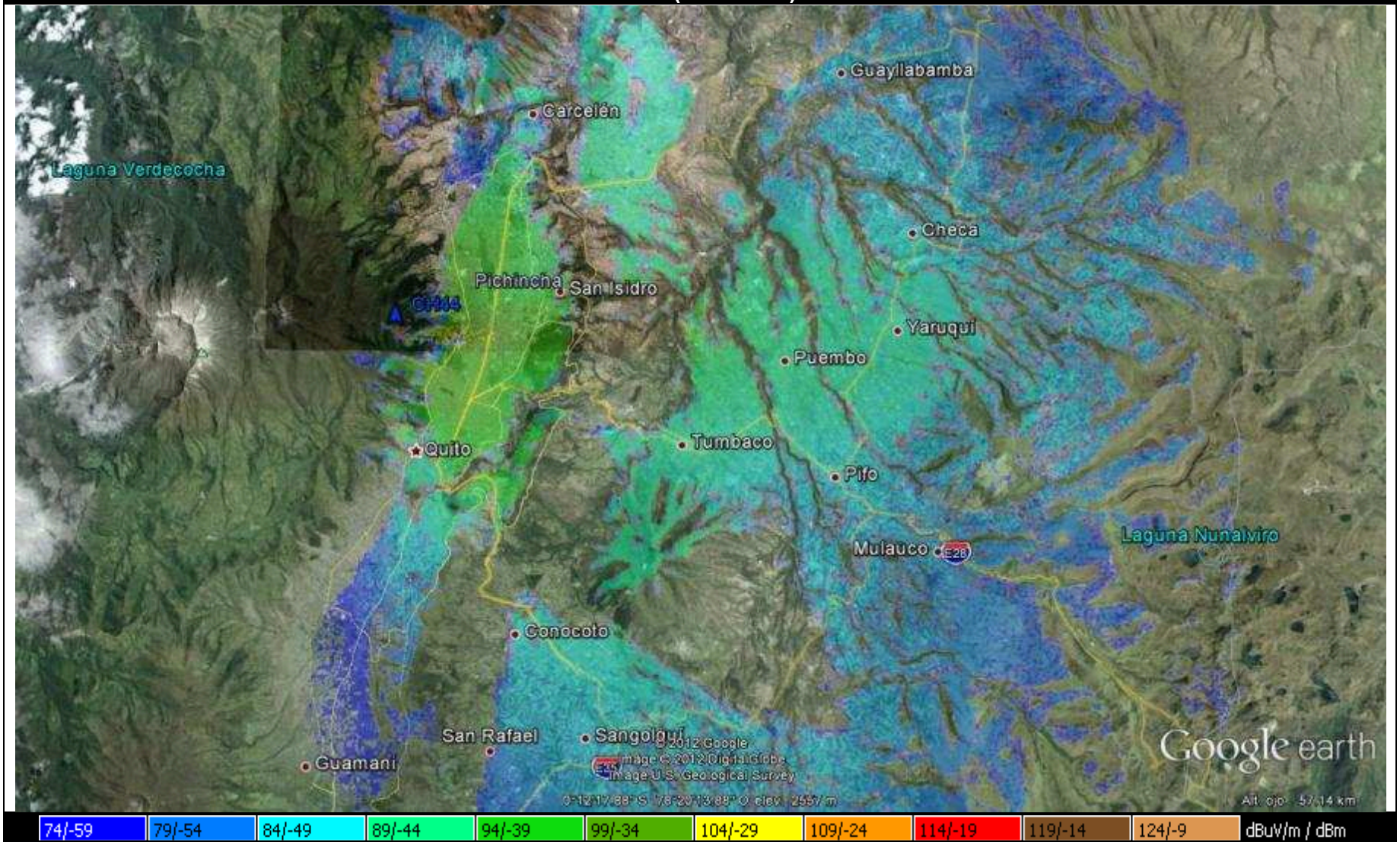
CH42 (Simulada)



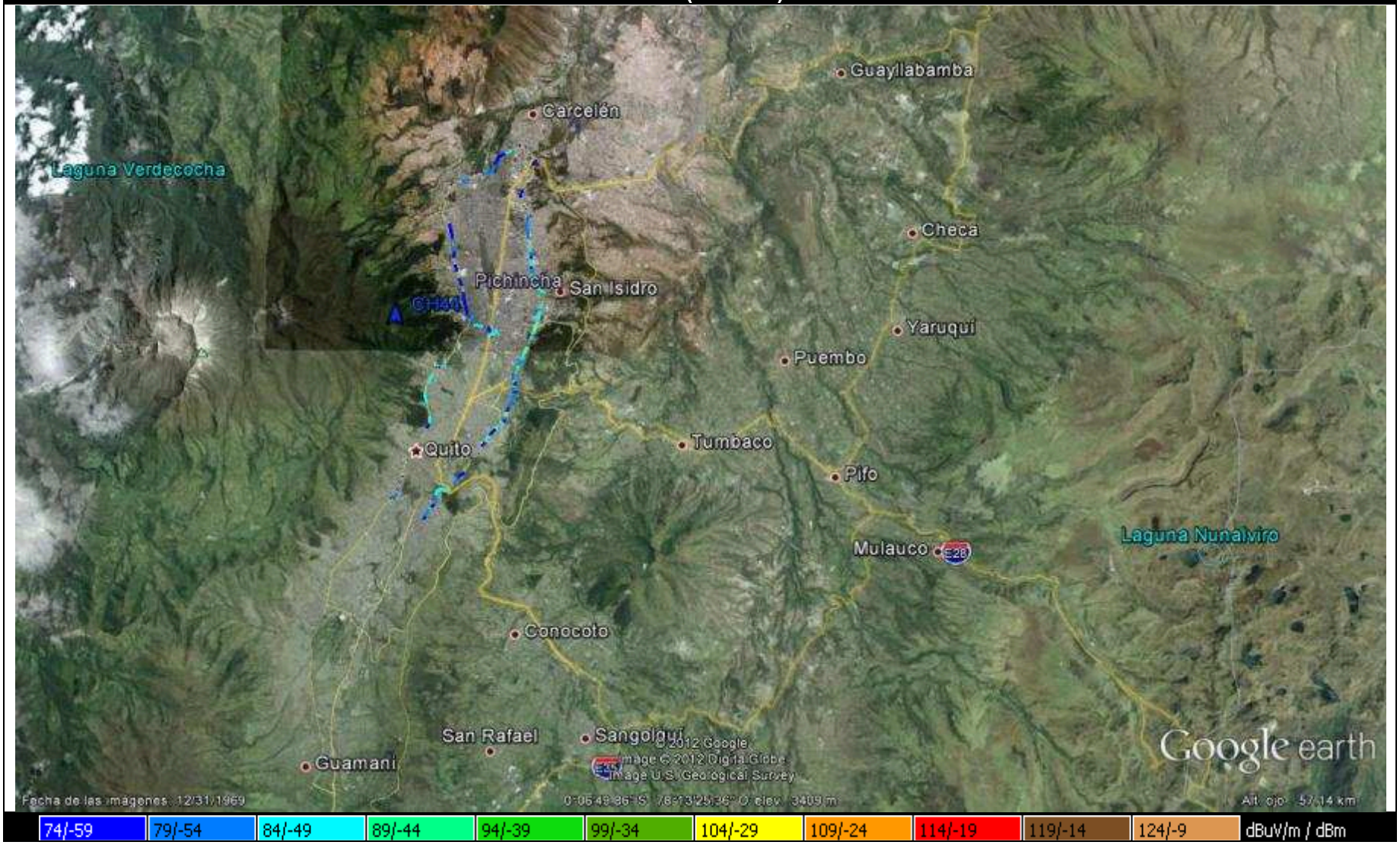
CH42 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH42
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-59
78/-55
82/-51
86/-47
90/-43
94/-39
98/-35
102/-31
106/-27
110/-23
114/-19
dBuV/m / dBm

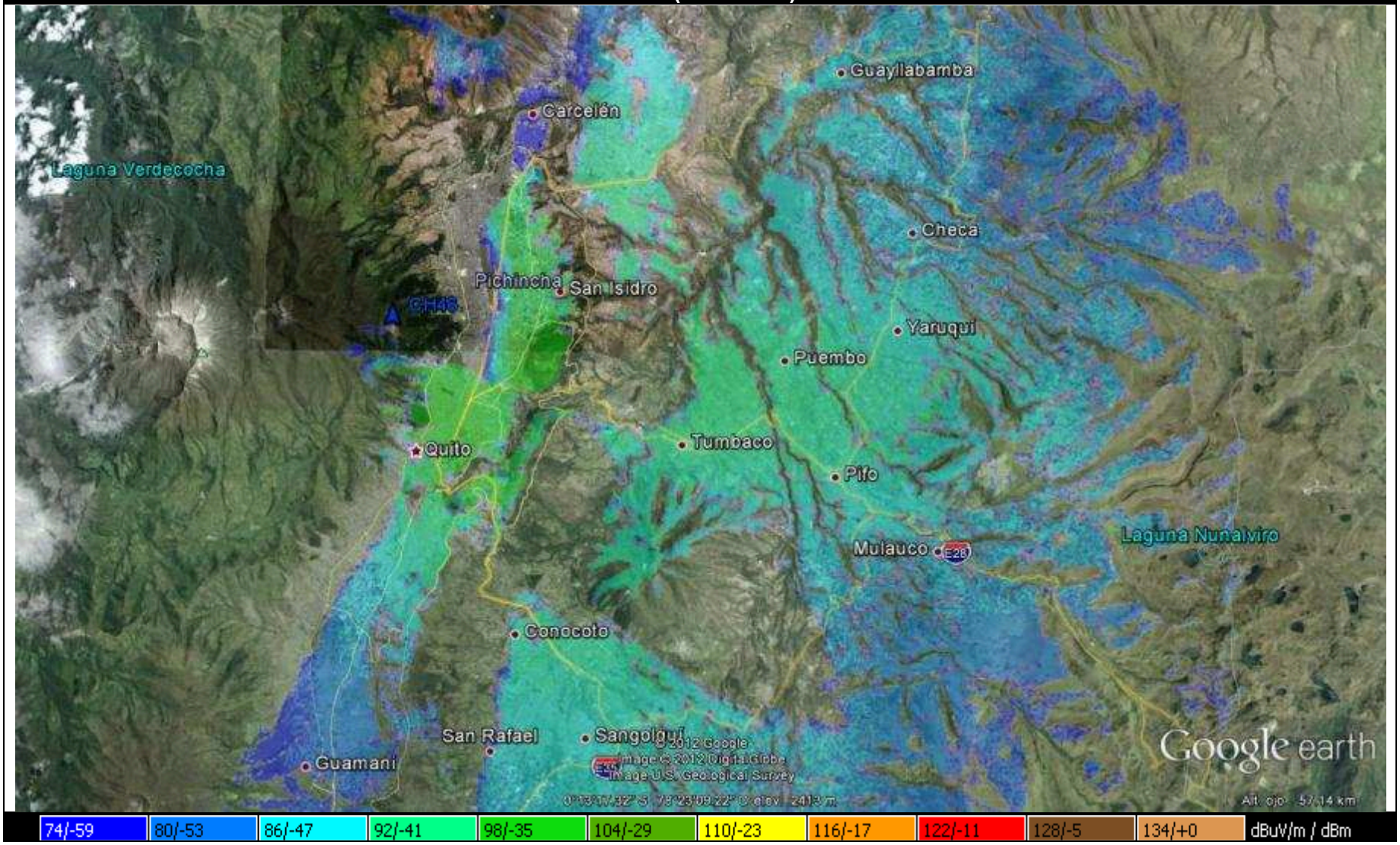
CH44 (Simulada)



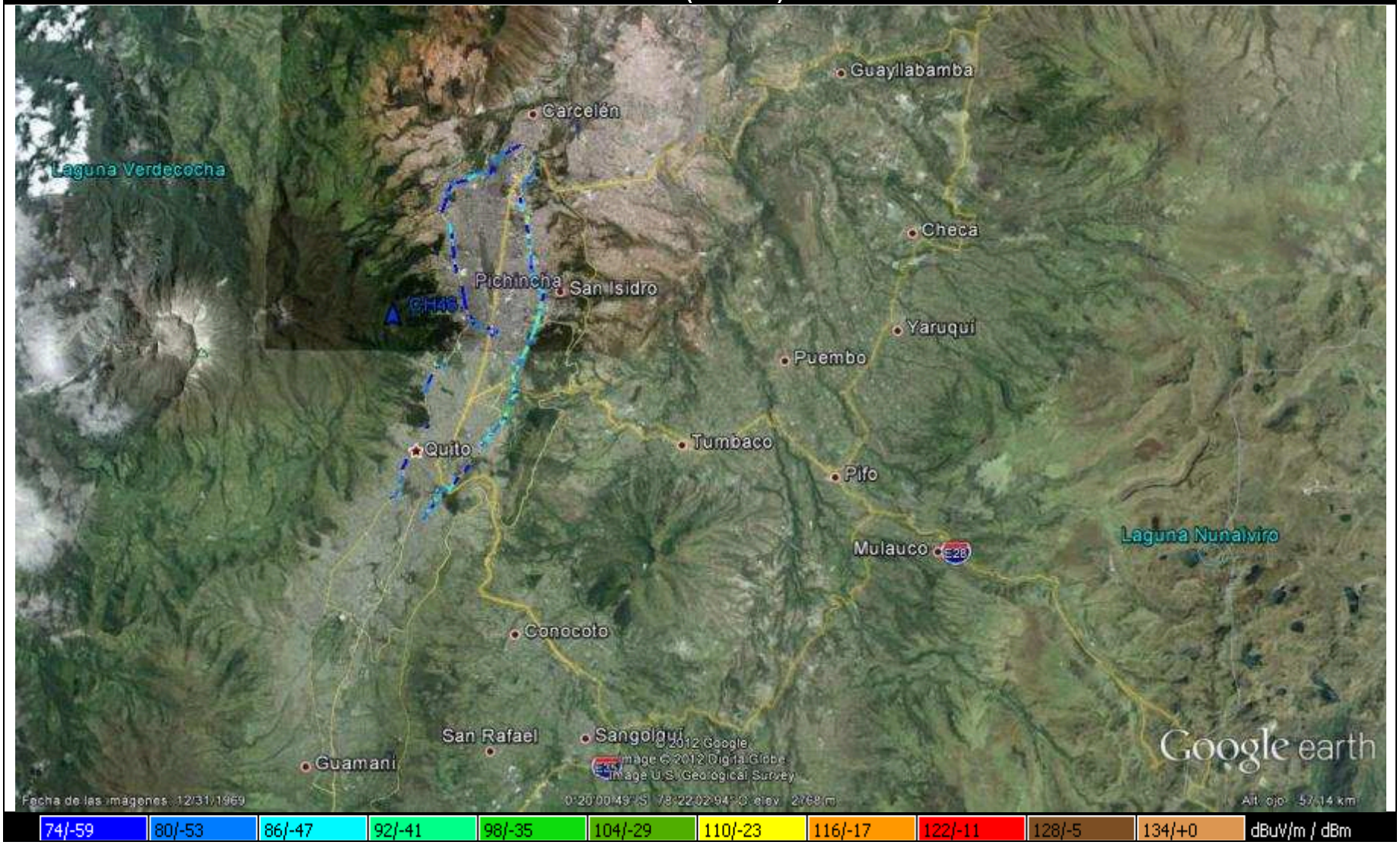
CH44 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH44
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-59
79/-54
84/-49
89/-44
94/-39
99/-34
104/-29
109/-24
114/-19
119/-14
124/-9
dBuV/m / dBm

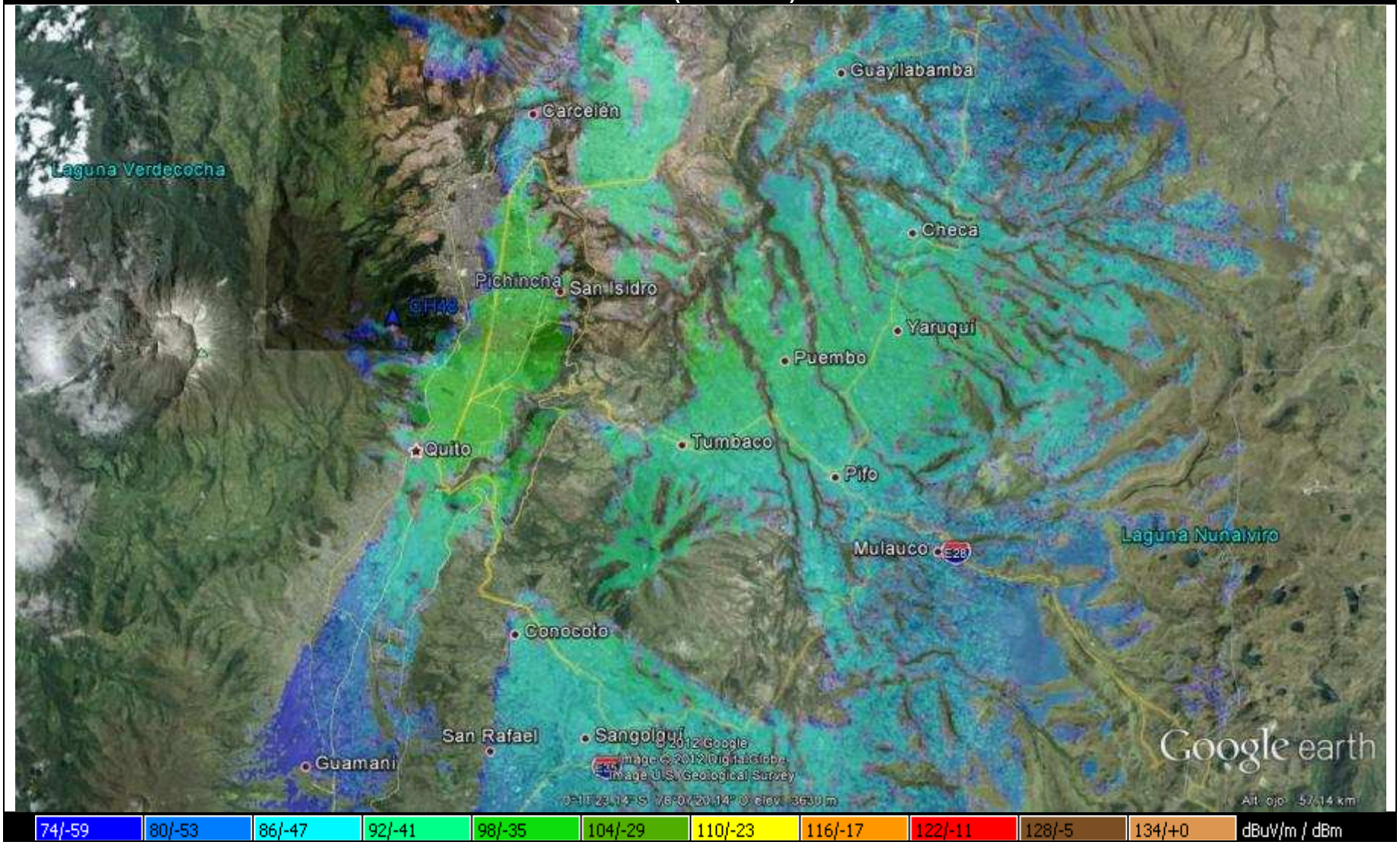
CH46 (Simulada)



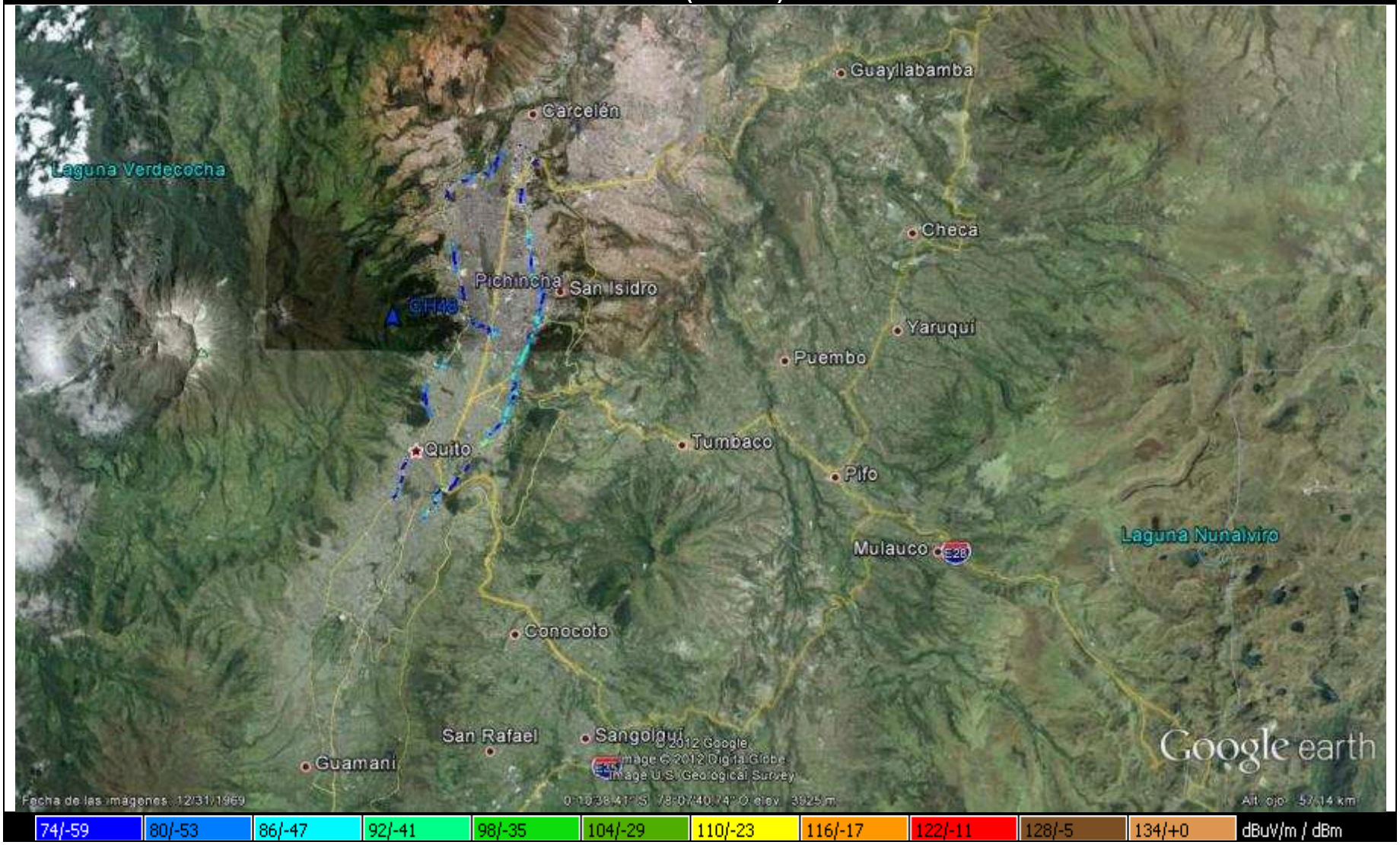
CH46 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH46
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-59
80/-53
86/-47
92/-41
98/-35
104/-29
110/-23
116/-17
122/-11
128/-5
134/+0
dBuV/m / dBm

CH48 (Simulada)



CH48 (Medida)


Guayllabamba
Carcelén
Laguna Verdecocha
Checa
Pichincha
San Isidro
CH48
Yaruquí
Puembo
Quito
Tumbaco
Pifo
Laguna Nunalviro
Mulauco
E28
Conocoto
San Rafael
Sangolquí
Guamaní
© 2012 Google
Image © 2012 DigitalGlobe
Image U.S. Geological Survey
Google earth
Fecha de las imágenes: 12/31/1969
Alt ojo 57.14 km
74/-59
80/-53
86/-47
92/-41
98/-35
104/-29
110/-23
116/-17
122/-11
128/-5
134/+0
dBuV/m / dBm

3.4 ANÁLISIS DE LAS ÁREAS DE COBERTURA

Una vez obtenidas las áreas de cobertura que se muestran en numeral 3.3.4, se realiza un análisis de estas. Para realizar este análisis se debe aclarar que información es la que muestra la paleta de colores (Figura 3.28).

Figura 3. 28 Paleta de colores para un umbral de recepción de 74 dBμV/m

En la paleta, el valor que se muestra en cada recuadro de color antes del "/"es el valor del nivel de intensidad de campo eléctrico en dBμV/m asignado a ese color especifico. Esta paleta, en el caso particular de la Figura 3.28, está definida para un umbral de recepción de 74 dBμV/m por eso el valor más bajo que se muestra en la paleta es justamente este. Entonces cuando se observe (en la imagen del área de cobertura) el color azul más intenso, significará que esa zona está en el umbral de recepción definido, y las zonas con un color diferente corresponderán al nivel de intensidad de campo eléctrico que especifique la paleta y que siempre serán superiores al umbral.

Toda zona en la cual no existe color alguno, es considerada zona de sombra. Esto no significa que en estas zonas no exista un nivel de intensidad de campo eléctrico presente, lo único que implica es que el nivel de intensidad de campo eléctrico en estas regiones está por debajo del umbral de recepción definido. En otras palabras estas zonas están fuera del área de cobertura principal del transmisor.

Para visualizar lo antes expuesto, a continuación se muestra la cobertura en la región que comprende la loma del Panecillo y sus alrededores. En la Figura 3.29 se muestra el área de cobertura del Canal 48 para un umbral de recepción de 74 dBμV/m y en la Figura 3.30 la cobertura para un umbral de recepción de 10 dBμV/m.

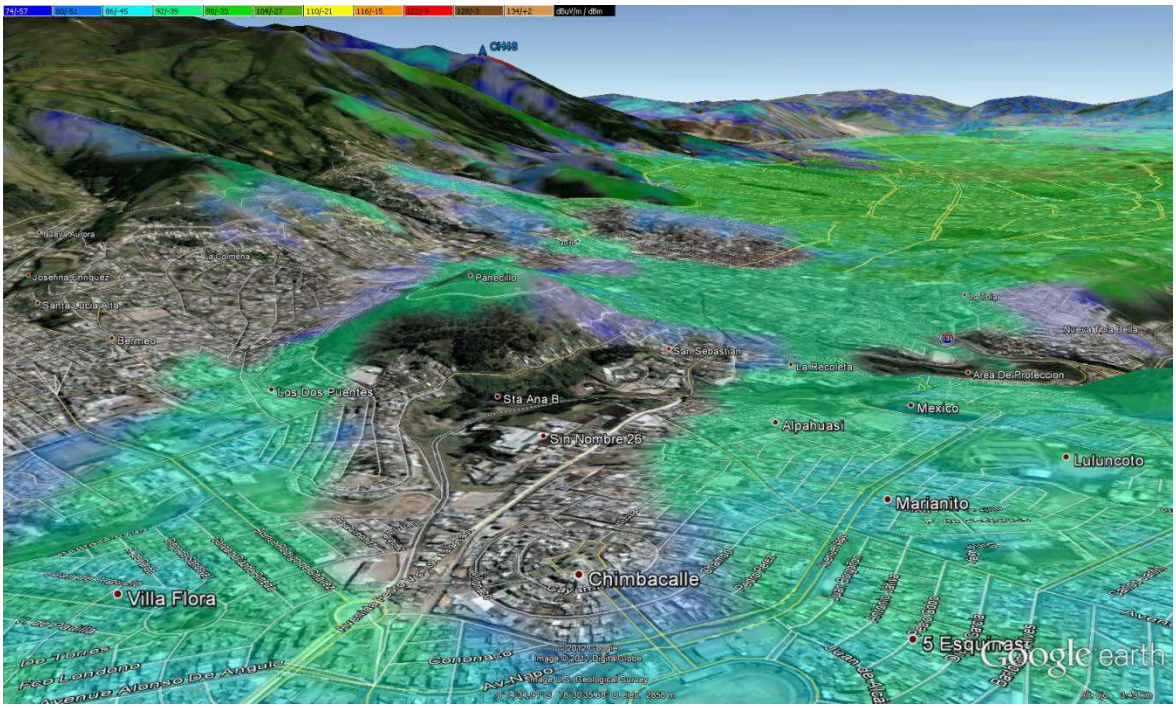


Figura 3. 29 Área de cobertura del canal 48 (umbral de recepción de 74 dBμV/m) en la loma del Panecillo y sus alrededores

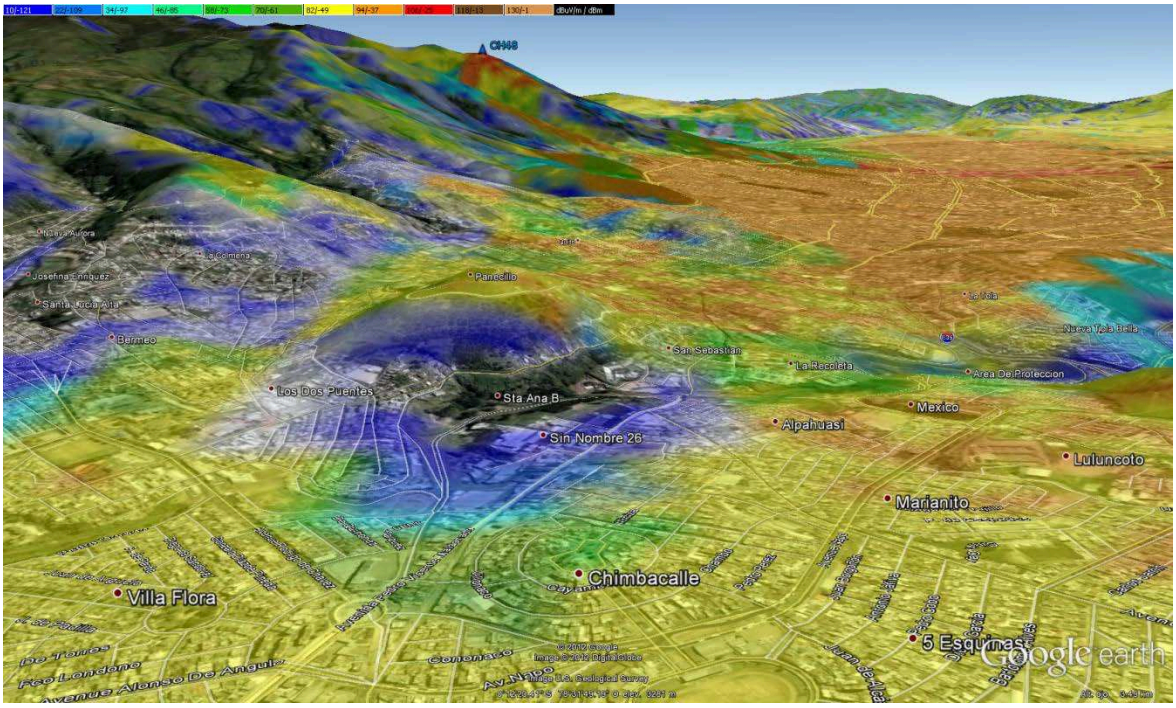


Figura 3. 30 Área de cobertura del canal 48 (umbral de recepción de 10 dBμV/m) en la loma del Panecillo y sus alrededores

Al observar las figuras anteriores, se determina que:

- De la Figura 3.29, en las zonas nor-oriental, norte, nor-occidental, occidental y sur-occidental de la loma se tiene cobertura y ésta oscila entre 86-92 dBμV/m para el Canal 48.
- De la Figura 3.30, en la zona sur-oriental de la loma se tiene una zona de sombra, el nivel de intensidad de campo eléctrico es igual o inferior a 10 dBμV/m, nivel que es menor al umbral de recepción.

Este primer análisis permite interpretar las imágenes de cobertura que se muestran en el numeral 3.3.4 y que corresponden a cada uno de los canales de TV abierta que operan en el cerro Pichincha. Además, al superponer la imagen de cobertura en el mapa del programa Google Earth, es posible evaluar regiones específicas más detalladamente.

Sin embargo, para determinar la proximidad de estas predicciones de cobertura con la realidad, es necesario comparar los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos por la SUPERTEL y los niveles de intensidad de campo eléctrico que se obtienen mediante la simulación. Más adelante, este Capítulo, presenta un análisis gráfico enfocado a determinar el grado de aproximación entre los valores medidos y los obtenidos en la simulación.

3.5 MEDICIONES DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

La Superintendencia de Telecomunicaciones planifica inspecciones técnicas con el fin de verificar los niveles de intensidad de campo eléctrico de los Concesionarios del Servicio de Televisión Analógica, de tal forma que se pueda constatar si se está o no cumplimiento con los niveles establecidos en la “Norma Técnica para el Servicio de Televisión Analógica y Plan de Distribución de Canales”, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 del 29 de Mayo de 2001.

Los valores de los niveles de intensidad de campo eléctrico obtenidos en las mediciones realizadas por la SUPERTEL (en las cuales el autor de este proyecto participó e intervino en su totalidad) en la ciudad de Quito en los años 2010, 2011 y 2012 se presentan en las Tablas 3.7 a 3.14. Estas mediciones han sido autorizadas por la SUPERTEL para ser presentadas en este proyecto. Existen tres mediciones realizadas en puntos fijos (RX38, RX39 y RX40), en estas el tiempo de integración de cada medición fue de 30 segundos. Las mediciones restantes se realizaron en un modo de cobertura, es decir siguiendo la ruta que se muestra en el Anexo 6, obteniéndose 240 mediciones por cada canal, para las cuales el tiempo de integración de cada medición se redujo a 5 segundos. En el numeral 3.3.4 se encuentran las predicciones de cobertura realizadas con el ICS Telecom y las coberturas que corresponde a las 240 mediciones reales. Para ambas coberturas se aplica la misma paleta de colores.

Las 240 mediciones antes mencionadas fueron filtradas en base a los siguientes rangos: 60.5 - 61.5 dBµV/m, 64.5 - 65.5 dBµV/m, 68.0 - 68.9 dBµV/m, 71.0 - 71.9 dBµV/m, 74.0 - 74.9 dBµV/m, 79.5 - 80.5 dBµV/m, 89.5 - 90.5 dBµV/m y 99.5 - 100.5 dBµV/m. Luego se realizó un muestreo sistemático, es decir se eligió un elemento al azar que fue el canal 23, obteniéndose 37 puntos de medición para este canal. Los elementos restantes (canales de TV abierta restantes) vienen condicionados por el elemento elegido en cuanto a los puntos de medición.

RX1		RX2		RX3		RX4		RX5	
Av. Mariscal Sucre y Mariana de Jesús		Av. Mariscal Sucre (a la altura de la Enrique Ritter y Bolivia)		Av. Mariscal Sucre (a la altura de la Av. Universitaria)		Av. Mariscal Sucre y Marañón		Av. Mariscal Sucre (una cuadra al sur de la Huancavilca)	
Latitud	00°10'56.30"S	**Latitud**	00°12'01.70"S	**Latitud**	00°12'24.20"S	**Latitud**	00°13'32.20"S	**Latitud**	00°13'51.50"S
Longitud	78°30'26.20"O	**Longitud**	78°30'41.80"O	**Longitud**	78°30'44.50"O	**Longitud**	78°31'18.60"O	**Longitud**	78°31'25.00"O
Altitud	2982.1 m	**Altitud**	2916.4 m	**Altitud**	2887 m	**Altitud**	2882.5 m	**Altitud**	2853.1 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	96,1	**CH02**	93,3	**CH02**	84,9	**CH02**	84,6	**CH02**	72,2
CH04	93,5	**CH04**	99,3	**CH04**	77,2	**CH04**	89,1	**CH04**	72,2
CH05	100	**CH05**	76,2	**CH05**	80,1	**CH05**	86,5	**CH05**	79,2
CH08	90,8	**CH08**	80,9	**CH08**	71,6	**CH08**	75,3	**CH08**	61,6
CH10	92,3	**CH10**	85,5	**CH10**	75,5	**CH10**	66,2	**CH10**	78,2
CH12	76,3	**CH12**	76,3	**CH12**	79,7	**CH12**	79,9	**CH12**	75,2
CH21	84,4	**CH21**	74,2	**CH21**	54,4	**CH21**	66	**CH21**	63,8
CH23	74,3	**CH23**	79,8	**CH23**	71,7	**CH23**	71,6	**CH23**	74,2
CH25	80,9	**CH25**	79,5	**CH25**	58,6	**CH25**	67,4	**CH25**	64,3
CH27	75,7	**CH27**	73,8	**CH27**	65,4	**CH27**	78	**CH27**	78,8
CH29	80,4	**CH29**	82,5	**CH29**	66,3	**CH29**	70	**CH29**	61,8
CH31	65,1	**CH31**	76,6	**CH31**	58,1	**CH31**	67	**CH31**	76
CH33	79,3	**CH33**	82,6	**CH33**	76,6	**CH33**	81,4	**CH33**	69,4
CH35	63,7	**CH35**	66,2	**CH35**	62,4	**CH35**	60,6	**CH35**	56,7
CH38	80,1	**CH38**	68,6	**CH38**	69,5	**CH38**	70,3	**CH38**	62,2
CH40	62	**CH40**	63,3	**CH40**	54,8	**CH40**	72,2	**CH40**	51,2
CH42	87	**CH42**	81,9	**CH42**	66,2	**CH42**	70,7	**CH42**	76,6
CH44	72,8	**CH44**	84	**CH44**	63	**CH44**	72,9	**CH44**	69,1
CH46	70	**CH46**	73,5	**CH46**	73,8	**CH46**	84	**CH46**	80,3
CH48	85,3	**CH48**	73,8	**CH48**	68,4	**CH48**	77,3	**CH48**	73,1

Tabla 3. 7 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 1 a 5

RX6		RX7		RX8		RX9		RX10	
Av. Mariscal Sucre y Gral. Raya		Av. Napo y Primero de Mayo (Chimbacalle)		Av. Napo y Alpahuasi		Av. Napo y Granada		Av. Pedro Pinto y Rivadeneira	
Latitud	00°13'58.40"S	**Latitud**	00°14'44.00"S	**Latitud**	00°14'32.30"S	**Latitud**	00°14'19.30"S	**Latitud**	00°14'05.30"S
Longitud	78°31'28.10"O	**Longitud**	78°30'55.30"O	**Longitud**	78°30'45.30"O	**Longitud**	78°30'35.50"O	**Longitud**	78°30'35.00"O
Altitud	2834.8 m	**Altitud**	2842.4 m	**Altitud**	2838.3 m	**Altitud**	2831.4 m	**Altitud**	2809.3 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	78,2	**CH02**	83,6	**CH02**	86,8	**CH02**	79,8	**CH02**	87,7
CH04	70,5	**CH04**	73,6	**CH04**	73,8	**CH04**	79,7	**CH04**	95,1
CH05	78,1	**CH05**	71,2	**CH05**	90,9	**CH05**	75,6	**CH05**	92,1
CH08	83,3	**CH08**	80,8	**CH08**	90,7	**CH08**	85,4	**CH08**	92,7
CH10	81,2	**CH10**	75,4	**CH10**	86,3	**CH10**	90,8	**CH10**	92,5
CH12	82,1	**CH12**	85	**CH12**	80	**CH12**	83,4	**CH12**	89,3
CH21	73,5	**CH21**	63	**CH21**	71,5	**CH21**	69,9	**CH21**	78,4
CH23	74,3	**CH23**	74,7	**CH23**	74,3	**CH23**	68,4	**CH23**	79,7
CH25	72,8	**CH25**	70	**CH25**	81,2	**CH25**	76,7	**CH25**	78,8
CH27	82,4	**CH27**	62,6	**CH27**	79,8	**CH27**	70	**CH27**	80,2
CH29	78	**CH29**	70,9	**CH29**	79,5	**CH29**	75,9	**CH29**	74
CH31	84,9	**CH31**	69,8	**CH31**	93,1	**CH31**	77,9	**CH31**	88,8
CH33	76,8	**CH33**	69,3	**CH33**	91,2	**CH33**	82	**CH33**	87,6
CH35	59,1	**CH35**	54,7	**CH35**	69,6	**CH35**	69,2	**CH35**	72,8
CH38	77,4	**CH38**	77,3	**CH38**	82,4	**CH38**	68,9	**CH38**	56,6
CH40	66,7	**CH40**	63,6	**CH40**	58,6	**CH40**	66,8	**CH40**	76,4
CH42	74,5	**CH42**	71,9	**CH42**	77	**CH42**	77,5	**CH42**	87,4
CH44	79,4	**CH44**	59,7	**CH44**	80	**CH44**	66,1	**CH44**	86,3
CH46	80,2	**CH46**	76,8	**CH46**	89	**CH46**	82,5	**CH46**	84,4
CH48	75,9	**CH48**	83,9	**CH48**	92,9	**CH48**	76,6	**CH48**	79,7

Tabla 3. 8 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 6 a 10

RX11		RX12		RX13		RX14		RX15	
Av. Pedro Vicente Maldonado y Juan Echeverría		Av. Pedro Vicente Maldonado (Región Sur-Oriental del Itchimbia)		Av. Toledo (dos cuadras al norte de la Av. Ladrón De Guevara)		Av. Isabel la Católica y Julio Zaldumbide		Av. Gonzales Suárez (en la entrada al Viaducto Dávila Cajas)	
Latitud	00°13'42.40"S	**Latitud**	00°13'23.00"S	**Latitud**	00°12'41.00"S	**Latitud**	00°12'14.80"S	**Latitud**	00°11'36.50"S
Longitud	78°30'02.00"O	**Longitud**	78°29'45.30"O	**Longitud**	78°29'17.00"O	**Longitud**	78°28'51.80"O	**Longitud**	78°28'31.70"O
Altitud	2765.6 m	**Altitud**	2797.9 m	**Altitud**	2802.3 m	**Altitud**	2838.6 m	**Altitud**	2842.6 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	72,9	**CH02**	74,2	**CH02**	91,8	**CH02**	74,9	**CH02**	96
CH04	71,9	**CH04**	70,6	**CH04**	92,3	**CH04**	65,7	**CH04**	84,2
CH05	80,7	**CH05**	68,4	**CH05**	80,2	**CH05**	88	**CH05**	82,3
CH08	71,3	**CH08**	51,9	**CH08**	88	**CH08**	62,3	**CH08**	82,7
CH10	64	**CH10**	62,7	**CH10**	87,8	**CH10**	78,1	**CH10**	87,3
CH12	60,8	**CH12**	63,6	**CH12**	77,3	**CH12**	69,5	**CH12**	77,2
CH21	56,5	**CH21**	49,6	**CH21**	66,7	**CH21**	82,4	**CH21**	76,8
CH23	64,9	**CH23**	64,7	**CH23**	71,1	**CH23**	79,9	**CH23**	74,9
CH25	70,7	**CH25**	59	**CH25**	79,4	**CH25**	78	**CH25**	67,3
CH27	61,6	**CH27**	53,1	**CH27**	61,5	**CH27**	77,1	**CH27**	68,9
CH29	67,1	**CH29**	57,1	**CH29**	81,3	**CH29**	70,7	**CH29**	81,6
CH31	65,9	**CH31**	54,2	**CH31**	77,5	**CH31**	78,5	**CH31**	72,2
CH33	70,6	**CH33**	60,4	**CH33**	70,7	**CH33**	80,9	**CH33**	86,3
CH35	53,8	**CH35**	59,5	**CH35**	69,2	**CH35**	68	**CH35**	61,4
CH38	71,5	**CH38**	66,6	**CH38**	77,2	**CH38**	75,2	**CH38**	70
CH40	60,4	**CH40**	46,3	**CH40**	68,7	**CH40**	73,7	**CH40**	78,6
CH42	66,5	**CH42**	62,6	**CH42**	79,5	**CH42**	72,3	**CH42**	75,8
CH44	77,7	**CH44**	66,9	**CH44**	87,6	**CH44**	80,6	**CH44**	76,9
CH46	72,8	**CH46**	63,1	**CH46**	88	**CH46**	79,5	**CH46**	78,6
CH48	69,3	**CH48**	73,6	**CH48**	83,9	**CH48**	81,3	**CH48**	91,1

Tabla 3. 9 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 11 a 15

RX16		RX17		RX18		RX19		RX20	
Av. Gonzales Suárez y Juan Boussingault		Av. Gonzales Suárez y Carlos Montufar		Av. Eloy Alfaro (dos cuadras al norte de la Bosmediano)		Av. Eloy Alfaro y Camilo Gallegos		Av. Eloy Alfaro y De Las Azucenas	
Latitud	00°11'26.50"S	**Latitud**	00°11'15.50"S	**Latitud**	00°11'01.50"S	**Latitud**	00°10'02.30"S	**Latitud**	00°09'24.40"S
Longitud	78°28'39.80"O	**Longitud**	78°28'36.10"O	**Longitud**	78°28'34.20"O	**Longitud**	78°28'07.70"O	**Longitud**	78°27'58.10"O
Altitud	2801.2 m	**Altitud**	2812.6 m	**Altitud**	2811.1 m	**Altitud**	2830.8 m	**Altitud**	2859.2 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	76,2	**CH02**	97,7	**CH02**	97,7	**CH02**	96,4	**CH02**	96,3
CH04	87,5	**CH04**	94	**CH04**	91,5	**CH04**	95,5	**CH04**	83,4
CH05	86,6	**CH05**	97,3	**CH05**	97,4	**CH05**	86	**CH05**	82,7
CH08	92,3	**CH08**	87,4	**CH08**	77,1	**CH08**	78	**CH08**	85,6
CH10	88,5	**CH10**	74,2	**CH10**	70,7	**CH10**	65,8	**CH10**	71,9
CH12	76,1	**CH12**	66,7	**CH12**	61,6	**CH12**	77,6	**CH12**	73,5
CH21	66,2	**CH21**	83	**CH21**	77,5	**CH21**	76,3	**CH21**	58,4
CH23	90,5	**CH23**	80,2	**CH23**	79,7	**CH23**	79,7	**CH23**	90,5
CH25	85,2	**CH25**	55,5	**CH25**	82,3	**CH25**	83,3	**CH25**	74,2
CH27	76	**CH27**	65,3	**CH27**	81,3	**CH27**	69,4	**CH27**	68,8
CH29	81,3	**CH29**	78,7	**CH29**	83,6	**CH29**	77,3	**CH29**	80,5
CH31	82,8	**CH31**	86,1	**CH31**	84,4	**CH31**	77,5	**CH31**	88,1
CH33	83,7	**CH33**	80,6	**CH33**	67,9	**CH33**	77,6	**CH33**	88,7
CH35	69	**CH35**	70	**CH35**	58,3	**CH35**	70,4	**CH35**	64,6
CH38	88,3	**CH38**	59,4	**CH38**	83,9	**CH38**	77	**CH38**	81,3
CH40	73,1	**CH40**	75,4	**CH40**	58	**CH40**	80,3	**CH40**	78,8
CH42	84,8	**CH42**	85,6	**CH42**	84,7	**CH42**	85	**CH42**	61,6
CH44	84,7	**CH44**	83	**CH44**	76,8	**CH44**	89,6	**CH44**	65,8
CH46	82,2	**CH46**	97,3	**CH46**	88,8	**CH46**	96,5	**CH46**	91,7
CH48	81,4	**CH48**	86,5	**CH48**	70,5	**CH48**	87	**CH48**	79

Tabla 3. 10 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 16 a 20

RX21		RX22		RX23		RX24		RX25	
Av. Eloy Alfaro y De Los Chamburos		Av. Eloy Alfaro y José Barreiros		Av. Eloy Alfaro y De Los Fresnos		Av. Eloy Alfaro y De Los Arupos		Av. Eloy Alfaro (una cuadra al norte de la Joaquín Mancheno)	
Latitud	00°09'01.30"S	**Latitud**	00°08'29.20"S	**Latitud**	00°08'04.60"S	**Latitud**	00°06'45.10"S	**Latitud**	00°06'05.80"S
Longitud	78°27'58.20"O	**Longitud**	78°28'12.10"O	**Longitud**	78°28'13.60"O	**Longitud**	78°28'27.30"O	**Longitud**	78°28'08.20"O
Altitud	2842.2 m	**Altitud**	2862.3 m	**Altitud**	2899 m	**Altitud**	2913.8 m	**Altitud**	2836.9 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	91,1	**CH02**	69,5	**CH02**	81,7	**CH02**	90,7	**CH02**	86,9
CH04	93,5	**CH04**	86,7	**CH04**	89,3	**CH04**	89	**CH04**	88,7
CH05	95,2	**CH05**	90,3	**CH05**	78,9	**CH05**	89,4	**CH05**	89,5
CH08	89,4	**CH08**	76,4	**CH08**	82,7	**CH08**	64,4	**CH08**	65,9
CH10	83,1	**CH10**	69,6	**CH10**	74,4	**CH10**	76,5	**CH10**	76
CH12	84,5	**CH12**	82,7	**CH12**	86,5	**CH12**	74,7	**CH12**	72,6
CH21	79,8	**CH21**	61,3	**CH21**	68,7	**CH21**	65,3	**CH21**	60,6
CH23	74	**CH23**	71,3	**CH23**	74,9	**CH23**	65,2	**CH23**	74,6
CH25	74,9	**CH25**	72,5	**CH25**	72,6	**CH25**	71,9	**CH25**	67,7
CH27	74,5	**CH27**	74,2	**CH27**	74,7	**CH27**	57,7	**CH27**	61,4
CH29	83,5	**CH29**	75,1	**CH29**	81,5	**CH29**	78,2	**CH29**	64,7
CH31	81,3	**CH31**	76,5	**CH31**	80	**CH31**	75,8	**CH31**	69,8
CH33	89,2	**CH33**	78,4	**CH33**	79,7	**CH33**	65,4	**CH33**	68,6
CH35	43,1	**CH35**	58,6	**CH35**	68,3	**CH35**	54,5	**CH35**	61,6
CH38	73,5	**CH38**	66,1	**CH38**	77,3	**CH38**	70,5	**CH38**	72,3
CH40	64,7	**CH40**	68	**CH40**	82,9	**CH40**	62,2	**CH40**	65,7
CH42	78,1	**CH42**	74,6	**CH42**	88,1	**CH42**	60,6	**CH42**	74,9
CH44	72,2	**CH44**	75,1	**CH44**	85,8	**CH44**	76,3	**CH44**	67,9
CH46	85,1	**CH46**	75,4	**CH46**	71,4	**CH46**	71,2	**CH46**	73,8
CH48	87	**CH48**	83,3	**CH48**	73,9	**CH48**	74,1	**CH48**	61,9

Tabla 3. 11 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 21 a 25

RX26		RX27		RX28		RX29		RX30	
Intercambiador de Carcelén		Uraba		Av. Diego de Vasquez y Juan de Selis		Av. Mariscal Sucre y Calle N71J (Ponciano Bajo)		Av. Mariscal Sucre y San Francisco de Rumihurco	
Latitud	00°05'49.60"S	**Latitud**	00°04'57.10"S	**Latitud**	00°05'36.40"S	**Latitud**	00°06'03.90"S	**Latitud**	00°06'19.60"S
Longitud	78°28'07.50"O	**Longitud**	78°27'14.20"O	**Longitud**	78°28'47.70"O	**Longitud**	78°29'10.10"O	**Longitud**	78°29'53.90"O
Altitud	2800.5 m	**Altitud**	2585.6 m	**Altitud**	2789.6 m	**Altitud**	2718.5 m	**Altitud**	2746.6 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	67,1	**CH02**	88	**CH02**	79,9	**CH02**	84,4	**CH02**	78,5
CH04	77,9	**CH04**	80,7	**CH04**	84,8	**CH04**	84,3	**CH04**	81,3
CH05	69,5	**CH05**	79	**CH05**	84	**CH05**	85,8	**CH05**	77,3
CH08	71,3	**CH08**	61,6	**CH08**	76,8	**CH08**	78,3	**CH08**	79
CH10	74,1	**CH10**	59,4	**CH10**	86,5	**CH10**	83,7	**CH10**	81,1
CH12	61,4	**CH12**	68,4	**CH12**	76,6	**CH12**	84,4	**CH12**	69,9
CH21	46,7	**CH21**	39	**CH21**	55,9	**CH21**	70,6	**CH21**	62,4
CH23	71,1	**CH23**	65,2	**CH23**	74,2	**CH23**	71,9	**CH23**	64,8
CH25	66,3	**CH25**	49,7	**CH25**	75	**CH25**	80,2	**CH25**	61,2
CH27	65,7	**CH27**	59,2	**CH27**	76,7	**CH27**	71,3	**CH27**	62,2
CH29	63,6	**CH29**	57	**CH29**	85,8	**CH29**	76	**CH29**	69,1
CH31	61	**CH31**	50,7	**CH31**	77,8	**CH31**	82,9	**CH31**	66,4
CH33	65,2	**CH33**	55,8	**CH33**	71,2	**CH33**	77	**CH33**	68,7
CH35	50,7	**CH35**	41,8	**CH35**	63,3	**CH35**	60,2	**CH35**	47,8
CH38	68,2	**CH38**	67,8	**CH38**	76,2	**CH38**	85,4	**CH38**	61,8
CH40	57,1	**CH40**	55,9	**CH40**	69	**CH40**	75,4	**CH40**	63,2
CH42	60,2	**CH42**	59,8	**CH42**	71,1	**CH42**	79,3	**CH42**	75,8
CH44	68,1	**CH44**	61,3	**CH44**	74,5	**CH44**	79,6	**CH44**	69,3
CH46	71,4	**CH46**	58,7	**CH46**	80,7	**CH46**	81,2	**CH46**	75,8
CH48	57,3	**CH48**	50,4	**CH48**	80,5	**CH48**	78	**CH48**	73,7

Tabla 3. 12 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 26 a 30

RX31		RX32		RX33		RX34		RX35	
Av. Mariscal Sucre y José Carrión		Av. Mariscal Sucre y Bernardo de Legarda		Av. Mariscal Sucre y Fernández Salvador		Av. Mariscal Sucre (a la altura del Colegio Los Pinos)		Av. Edmundo Carvajal (dos cuadras antes de llegar al C.C. El Bosque)	
Latitud	00°06'24.20"S	**Latitud**	00°07'09.10"S	**Latitud**	00°08'00.20"S	**Latitud**	00°09'11.60"S	**Latitud**	00°09'40.10"S
Longitud	78°30'08.20"O	**Longitud**	78°30'24.30"O	**Longitud**	78°30'07.20"O	**Longitud**	78°29'52.10"O	**Longitud**	78°29'43.00"O
Altitud	2784.2 m	**Altitud**	2898.4 m	**Altitud**	2879 m	**Altitud**	2877.9 m	**Altitud**	2870.9 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	83,3	**CH02**	72,9	**CH02**	85,8	**CH02**	86,2	**CH02**	101,2
CH04	84,1	**CH04**	74,2	**CH04**	88,6	**CH04**	91,7	**CH04**	98,2
CH05	83,9	**CH05**	74,8	**CH05**	83,3	**CH05**	90,3	**CH05**	95,6
CH08	74,7	**CH08**	63,7	**CH08**	74,5	**CH08**	74,5	**CH08**	80,4
CH10	80,5	**CH10**	72,6	**CH10**	87,4	**CH10**	85,9	**CH10**	84,5
CH12	72,3	**CH12**	47,9	**CH12**	69,3	**CH12**	69,3	**CH12**	72
CH21	63,2	**CH21**	50,3	**CH21**	68,1	**CH21**	75,9	**CH21**	77,4
CH23	74,6	**CH23**	61,9	**CH23**	74,4	**CH23**	68,1	**CH23**	71
CH25	65,8	**CH25**	45,4	**CH25**	75,9	**CH25**	71	**CH25**	82,5
CH27	65,2	**CH27**	56,7	**CH27**	70,5	**CH27**	80,8	**CH27**	81,9
CH29	73,2	**CH29**	64,1	**CH29**	75,6	**CH29**	86,3	**CH29**	78
CH31	66,4	**CH31**	50,8	**CH31**	72	**CH31**	83,3	**CH31**	85,2
CH33	64,3	**CH33**	52,5	**CH33**	66,7	**CH33**	78,4	**CH33**	85,6
CH35	41,4	**CH35**	41,8	**CH35**	51,7	**CH35**	59,6	**CH35**	64
CH38	68,3	**CH38**	52,4	**CH38**	66,4	**CH38**	62,5	**CH38**	86
CH40	64,1	**CH40**	58,2	**CH40**	67,6	**CH40**	72,6	**CH40**	58,2
CH42	60,2	**CH42**	53,6	**CH42**	75,1	**CH42**	72,9	**CH42**	66,5
CH44	73,2	**CH44**	48,7	**CH44**	74,3	**CH44**	74,5	**CH44**	80,5
CH46	76,1	**CH46**	58,1	**CH46**	66,1	**CH46**	78,4	**CH46**	81,6
CH48	71,2	**CH48**	51,4	**CH48**	74,1	**CH48**	72,3	**CH48**	77,8

Tabla 3. 13 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 31 a 35

RX36		RX37		RX38		RX39		RX40	
Mariano Echeverría y Voz Andes		Av. Amazonas e Isla Baltra		Av. Amazonas y Gaspar de Villarroel		Estación de Monitoreo SUPERTEL-Calderón		Calle 1-7 (Puente 9-Conocoto)	
Latitud	00°09'56.20"S	**Latitud**	00°09'59.60"S	**Latitud**	00°10'07.10"S	**Latitud**	00°02'32.40"S	**Latitud**	00°17'33.50"S
Longitud	78°29'16.60"O	**Longitud**	78°29'02.70"O	**Longitud**	78°29'04.40"O	**Longitud**	78°25'41.00"O	**Longitud**	78°28'08.50"O
Altitud	2810.4 m	**Altitud**	2793.9 m	**Altitud**	2816 m	**Altitud**	2854.3 m	**Altitud**	2483 m
Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**		**Intensidad de Campo Eléctrico [dBµV/m]**	
CH02	83	**CH02**	94,9	**CH02**	99,8	**CH02**	97,4	**CH02**	58,1
CH04	82,2	**CH04**	88,3	**CH04**	101,2	**CH04**	98,2	**CH04**	76,1
CH05	88,2	**CH05**	94,6	**CH05**	100,8	**CH05**	104	**CH05**	80
CH08	65,3	**CH08**	81,2	**CH08**	104,3	**CH08**	94,9	**CH08**	68,3
CH10	67,8	**CH10**	97,1	**CH10**	98,7	**CH10**	99,1	**CH10**	64,8
CH12	65,6	**CH12**	72,2	**CH12**	95,2	**CH12**	85,3	**CH12**	53
CH21	80,5	**CH21**	78,4	**CH21**	87	**CH21**	73,7	**CH21**	61,8
CH23	71,1	**CH23**	71	**CH23**	86,4	**CH23**	80,8	**CH23**	67,4
CH25	64,8	**CH25**	66,6	**CH25**	91,5	**CH25**	78	**CH25**	53,6
CH27	67	**CH27**	69,7	**CH27**	90,4	**CH27**	78,6	**CH27**	57,2
CH29	74,4	**CH29**	78,9	**CH29**	88	**CH29**	85,8	**CH29**	67,6
CH31	79,1	**CH31**	70,5	**CH31**	92,1	**CH31**	82,7	**CH31**	46,4
CH33	76,7	**CH33**	58	**CH33**	93,3	**CH33**	77,3	**CH33**	57,4
CH35	66,9	**CH35**	67,6	**CH35**	79,2	**CH35**	67,3	**CH35**	62,3
CH38	78,4	**CH38**	74,6	**CH38**	89	**CH38**	75,5	**CH38**	69,9
CH40	58,1	**CH40**	61,1	**CH40**	88,2	**CH40**	53,1	**CH40**	68,5
CH42	75,1	**CH42**	77,4	**CH42**	95	**CH42**	76,8	**CH42**	66,1
CH44	75,6	**CH44**	84,8	**CH44**	87,3	**CH44**	76,7	**CH44**	76,2
CH46	73,7	**CH46**	74	**CH46**	80,3	**CH46**	76,3	**CH46**	77,3
CH48	68,5	**CH48**	81,5	**CH48**	85,6	**CH48**	79,1	**CH48**	58,1

Tabla 3. 14 Mediciones de Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico en la ciudad de Quito para los Puntos de Recepción 36 a 40

3.6 COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

Uno de los objetivos de este proyecto es contrastar los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos por la SUPERTEL y los niveles obtenidos mediante simulación, para esto se configuran receptores (en el software ICS Telecom) cuya ubicación corresponda a los lugares en los cuales la SUPERTEL haya ejecutado las mediciones reales.

3.6.1 CONFIGURACIÓN DE UN RECEPTOR EN EL SOFTWARE ICS TELECOM

Todo equipo de medición de nivel de intensidad de campo eléctrico contiene y/o brinda la posibilidad de cargar el factor de antena especifico de la antena con la cual se va a realizar la medición, lo cual es indispensable para realizar el cálculo pertinente y encontrar el valor del antes mencionado nivel (como ejemplo referirse al numeral 1.3.3, paso número 16 del procedimiento de medición). En la simulación lo que interesa es obtener este mismo valor y para esto la configuración de los receptores (que es idéntica para todos, excepto en los parámetros de ubicación y altura) se realiza de la siguiente manera:

1) Se procede a escribir los parámetros del receptor (referirse al manual de procedimientos, numerales 4.5.6.1 y 4.6.2). Se agrega un elemento de comunicaciones DF (Direction Finder) y aparece la ventana *DF parameters* que se muestra en la Figura 3.31. La pestaña actualmente activa es la pestaña General, en ella se ingresan los siguientes parámetros:

   - *Min frequency MHz*: Es la frecuencia mínima que considerará el receptor. Se define el valor de 54MHz.
   - *Max frequency MHz*: Es la frecuencia máxima que considerará el receptor. Se define el valor de 686MHz.
   - *Antena height (m)*: Altura de la antena de recepción, esta depende de la altura a la cual fue realizada la medición real y de la altura encontrada al

ubicar el sitio en el DEM. En este caso la altura a la que se realizó la medición es 2791m sobre el nivel del mar, más 25m que corresponden a la altura desde el suelo a la cual fue realizada la medición (es decir 2816m). La altura encontrada al ubicar el sitio en el DEM es 2797m sobre el nivel del mar, entonces la altura de la antena en el ICS Telecom es 19 m para que concuerde con la altura de medición real.

- *Accuracy (^{o})*: Es el paso angular con el cual detectará la señal. Se define como 1°.
- *Velocidad (km/h)*: Es la velocidad del DF en caso de que sea móvil. Como es estático se define como 0 km/h.
- *Threshold (dBu)*: Umbral de recepción. Por defecto es 35 dBµ pero puede ser definido para un valor inferior sin ningún problema.
- *Noise floor (dBm)*: Es el piso de ruido. De forma general se define como -100 dBm (referirse al numeral 1.3.3, paso número 10 del procedimiento de medición).

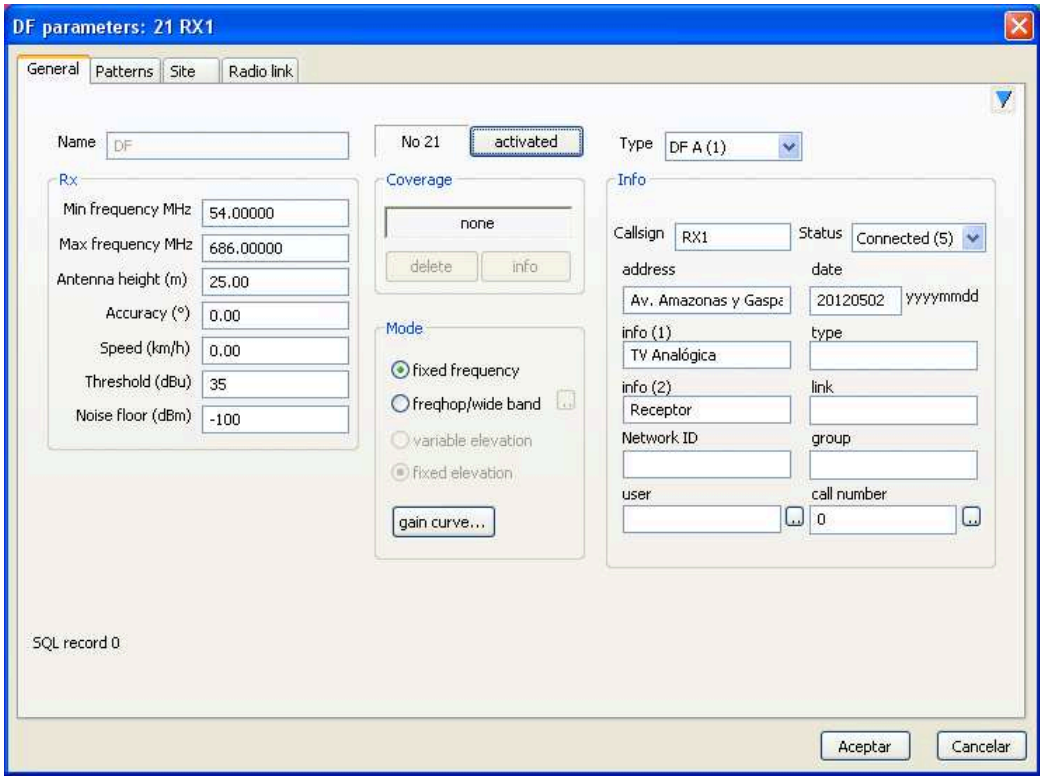


Figura 3. 31 Ingreso de parámetros en la pestaña General de la ventana DF parameters

2) Luego en la pestaña *Patterns* (Figura 3.32) se escogen los patrones de radiación horizontal (Figura 3.33) y vertical (Figura 3.34). El diagrama de radiación en 3D de una antena con estos patrones es una esfera ideal sin pérdidas (Figura 3.35), no interesa ni el valor del acimut, ni el valor del ángulo de elevación (tilt). Se escoge el tipo de polarización como horizontal.

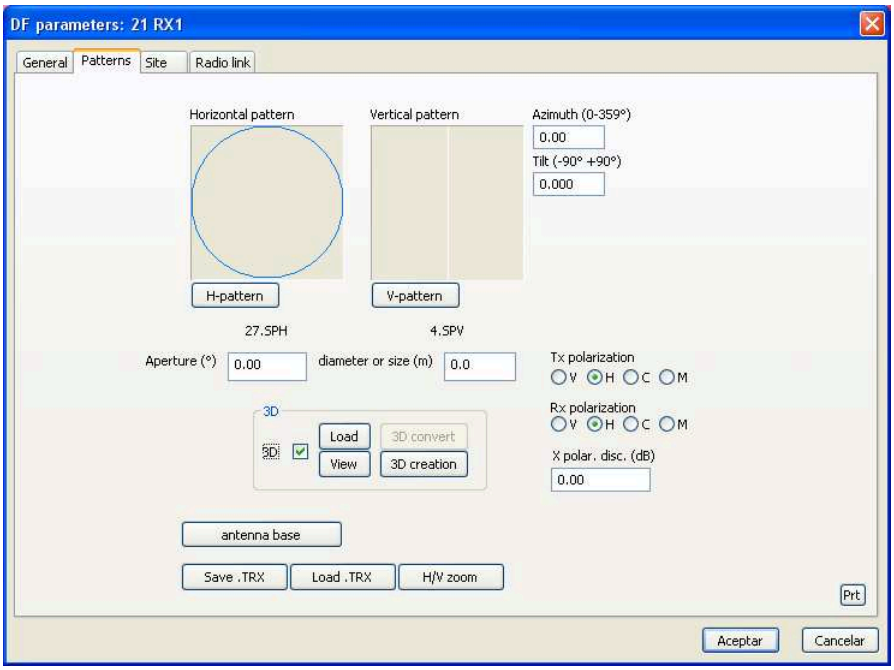


Figura 3. 32 Ingreso de parámetros en la pestaña Patterns de la ventana DF parameters

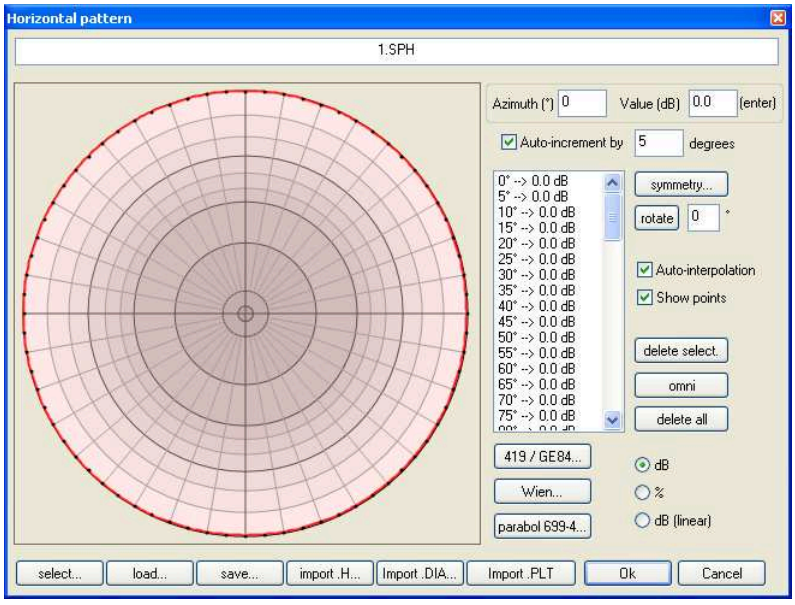


Figura 3. 33 Patrón de radiación horizontal ideal en 2D

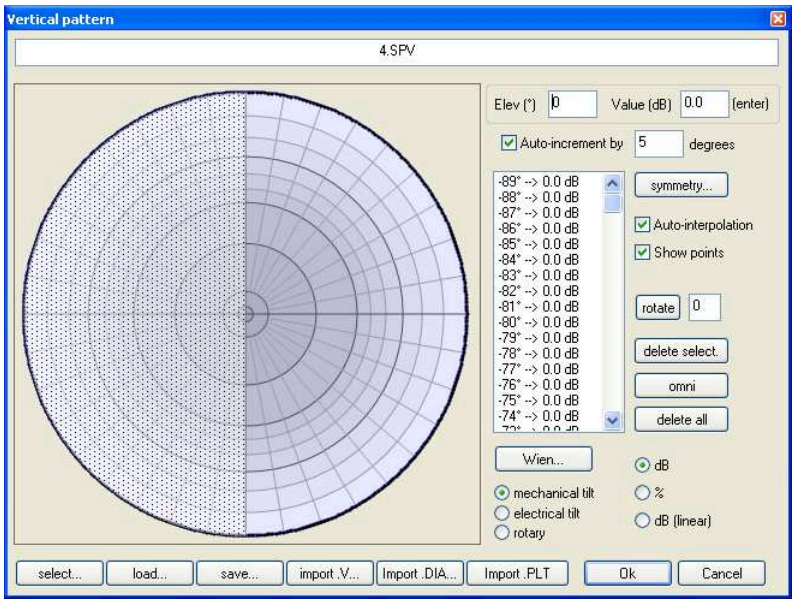


Figura 3. 34 Patrón de radiación vertical ideal en 2D

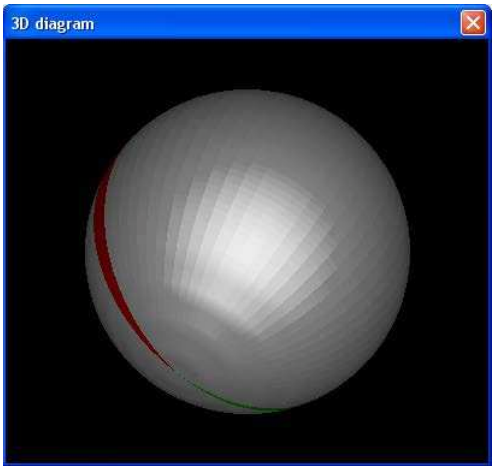


Figura 3. 35 Patrón de radiación en 3D

3) Ahora en la pestaña *Site* (Figura 3.36), dirigirse al botón *Location…* y presionarlo. Aparecerá la ventana *site coordinates* (Figura 3.37), en ella se ingresan los siguientes parámetros:

- *longitude or X*: Longitud (-78.29044).
- *latitude or Y*: Latitud (-0.10071).

Para que las coordenadas ingresadas tengan efecto se presiona el botón *Preview* y luego el botón *Update*. Las coordenadas ingresadas corresponden a un receptor ubicado en la Intendencia Regional Norte de la SUPERTEL.

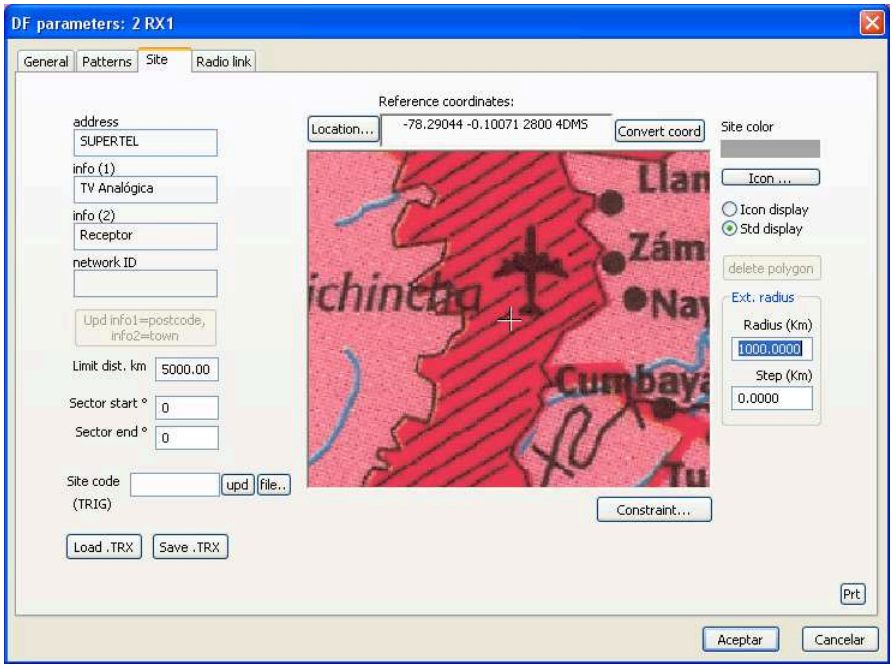


Figura 3. 36 Ingreso de parámetros en la pestaña Site de la ventana DF parameters

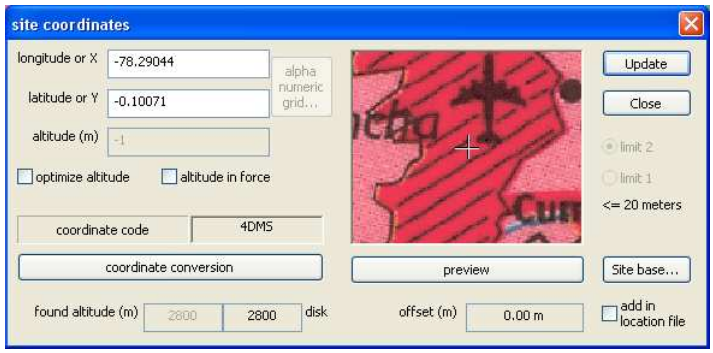


Figura 3. 37 Ingreso de parámetros en la ventana site coordinates

4) Finalmente, presionar el botón *Aceptar* y se mostrará el receptor con su nombre (*Callsign*) en el mapa, tal y como se muestra en la Figura 3.38.

Figura 3. 38 Receptor configurado en el ICS Telecom

5) Luego de instalar los receptores restantes conforme a las ubicaciones y altitudes mostradas en las Tablas 3.5 a 3.12, que son los sitios en los cuales se realizaron las mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico, se obtiene la configuración mostrada en la Figura 3.39. En la Figura 3.40 se muestra la misma configuración 3D.

Figura 3. 39 Receptores de TV abierta analógica configurados en el ICS Telecom

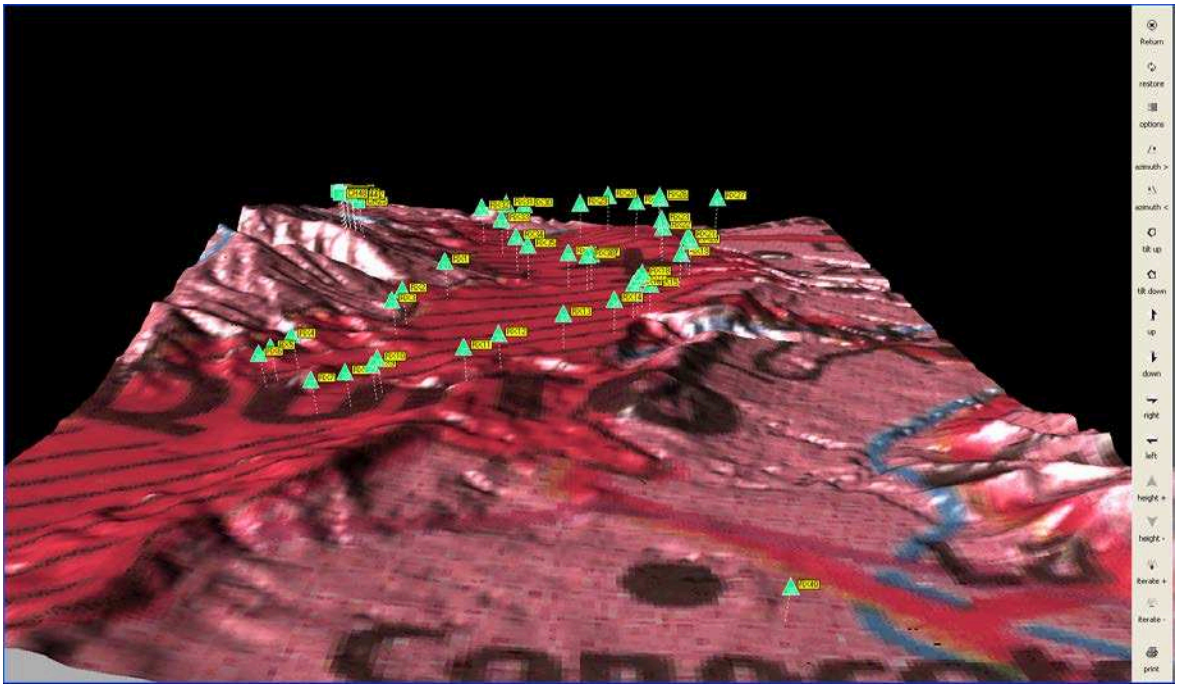


Figura 3. 40 Vista en 3D de los receptores de TV abierta analógica en el ICS Telecom

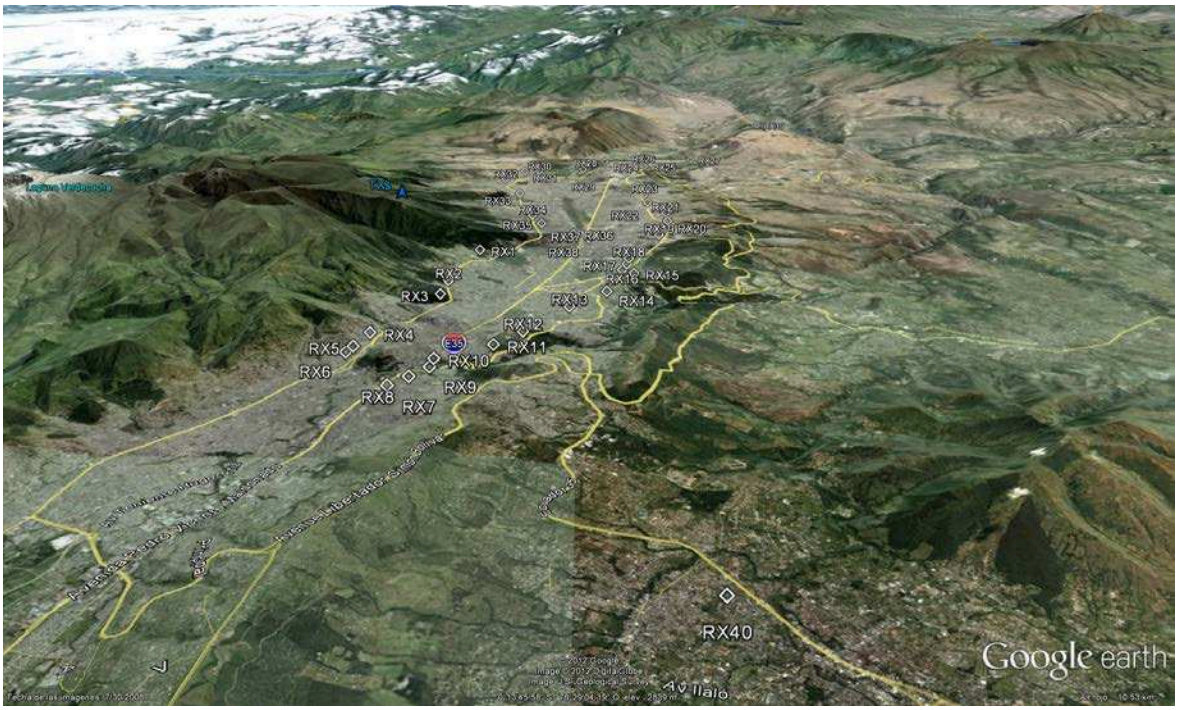


Figura 3. 41 Receptores de TV abierta analógica mostrados en Google earth

3.6.2 OBTENCIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO EN EL SOFTWARE ICS TELECOM

En el software ICS Telecom existen dos métodos para obtener los niveles de intensidad de campo eléctrico en un punto de recepción determinado. El primer método (denominado *Profile to*), entrega una información completa tanto del transmisor, del receptor y del trayecto entre el transmisor y el receptor (en el cual se encuentra inmerso el valor del nivel de intensidad de campo eléctrico recibido). Sin embargo está opción involucra que el usuario disponga de una gran cantidad de tiempo ya que debe realizarse un perfil para cada transmisor, lo que implica que por cada receptor se tendrían que generar 20 perfiles (existen 20 transmisores de TV analógica) y dependiendo del número de receptores configurados esto puede llegar a ser una tarea demasiado larga. Por otro lado el segundo método (denominado *path analysis*), además de ser mucho más sencillo y rápido, entrega los valores de los niveles de intensidad de campo eléctrico recibido de todos los transmisores de TV analógica a la vez.

En este numeral se mostrarán ambas formas para un receptor instalado en la Intendencia Regional Norte de la SUPERTEL (RX38) como un ejemplo. Sin embargo, por los requerimientos de este proyecto, es el método *path analysis* el que se utilizará ya que cumple con entregar el valor del nivel de intensidad de campo eléctrico recibido para cada canal de TV abierta y porque además es el método más práctico.

3.6.2.1 MÉTODO PROFILE TO

Este método permite obtener el perfil detallado del trayecto entre un transmisor y un receptor, siendo el valor del nivel de intensidad de campo eléctrico recibido uno de los muchos valores que es capaz de entregar (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.6.2). La forma de uso de este método, tomando como ejemplo el canal 4, se describe a continuación:

1) Ubicar el cursor en donde se encuentran los transmisores hasta que la forma de este se convierta en una mano, hacer clic derecho y aparecerá un menú emergente como se muestra en la Figura 3.42, seleccionar el transmisor del canal 4 (*TR 0002 – CH04*).

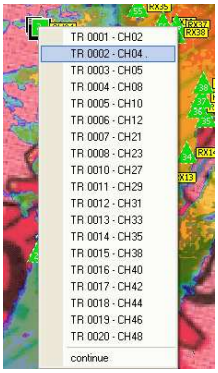


Figura 3. 42 Selección del transmisor del canal 4

2) Al hacer clic en el transmisor del canal 4, aparecerá un nuevo menú emergente como se muestra en la Figura 3.43. En ese menú dirigirse a *profile to* y seleccionar el receptor (en este caso el que se encuentra en la Av. Amazonas y Gaspar de Villarroel - SUPERTEL).

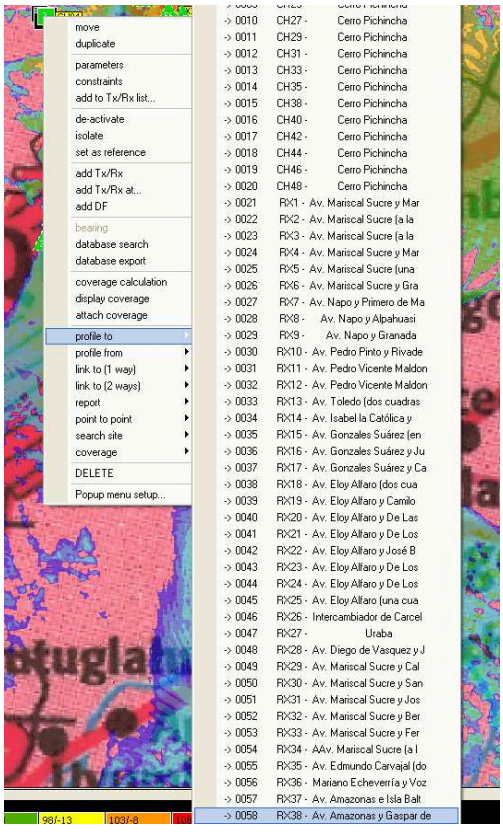


Figura 3. 43 Método Profile to

3) Ahora aparece la pantalla *Profile* que se muestra en la Figura 3.44 (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.7.2). En esta pantalla se pueden apreciar algunos parámetros del transmisor [Tx] (Figura 3.45), información con respecto a la propagación (Figura 3.46), parámetros del receptor [Rx] (Figura 3.47) e información con respecto al trayecto [Path] (Figura 3.48). En los cálculos del trayecto aquel denominado **FSR** corresponde al del nivel de intensidad de campo eléctrico recibido (por sus siglas en ingles) y que en este caso es igual a 106.2 dBµV/m como se aprecia en la Figura 3.48.

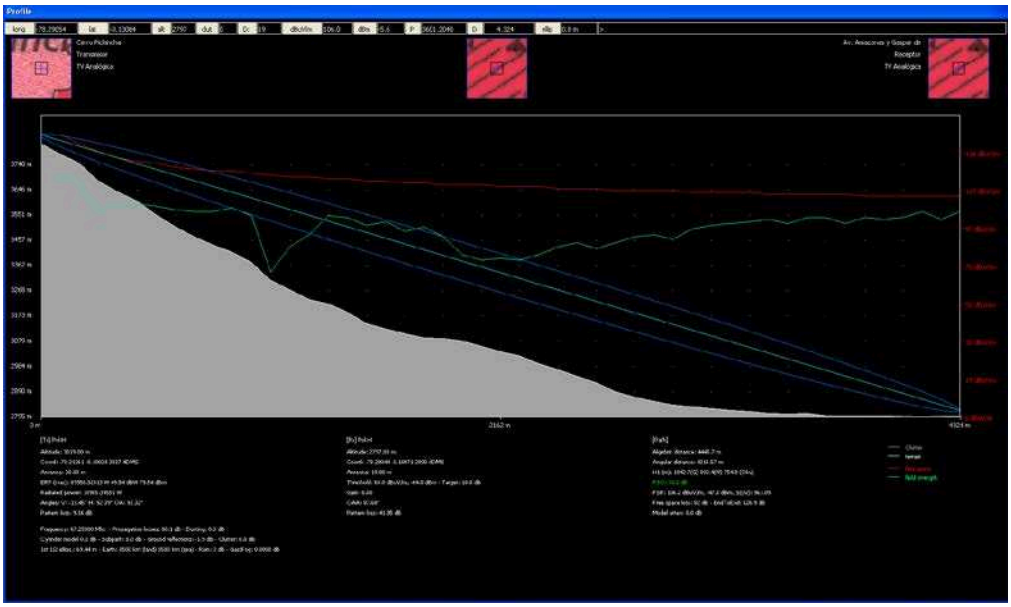


Figura 3. 44 Ventana Profile (desde el Tx del canal 4 al Rx en la SUPERTEL)

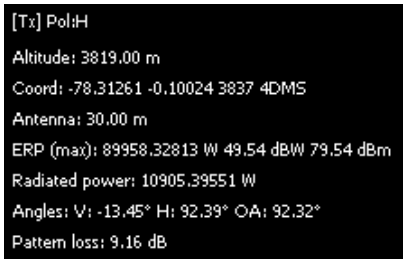


Figura 3. 45 Imagen ampliada de la leyenda para el transmisor [Tx] en la ventana Profile

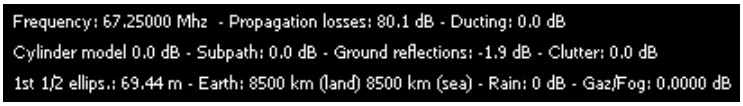


Figura 3. 46 Imagen ampliada de la leyenda que contiene la información de propagación en la ventana Profile

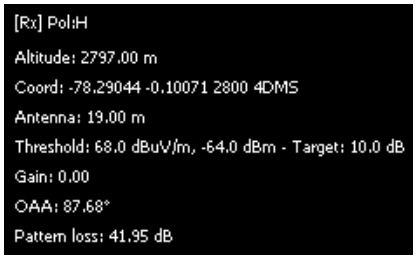


Figura 3. 47 Imagen ampliada de la leyenda para el receptor [Rx] en la ventana Profile

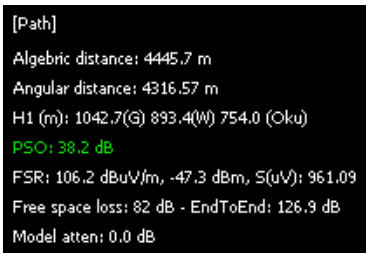


Figura 3. 48 Imagen ampliada de la leyenda para el trayecto [Path] de la ventana Profile

4) También es posible crear un reporte del perfil, para esto se hace clic izquierdo en la parte inferior de la pantalla *Profile*, y en el menú emergente que aparece se selecciona la opción *Profile sheet…* y aparece la ventana Profile report que se muestra en la Figura 3.49. Nótese que la antena de recepción si posee un valor de atenuación

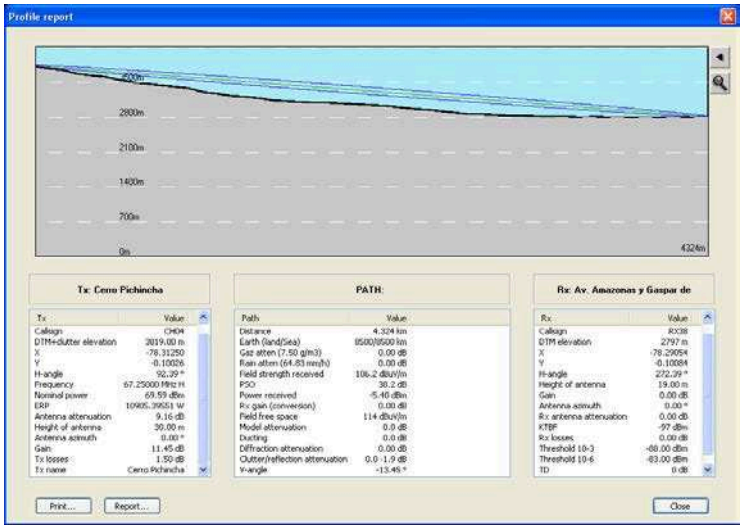


Figura 3. 49 Ventana Profile report

5) El procedimiento anterior debe ser repetido desde cada transmisor para obtener el nivel de intensidad de campo eléctrico recibido.

3.6.2.2 MÉTODO PATH ANALYSIS

Este método entrega los valores de los niveles de intensidad de campo eléctrico recibidos de todos los transmisores de TV analógica instalados (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.5.6.3). La forma de uso de este método se detalla a continuación:

1) Ubicarse con el cursor en donde se encuentra el receptor (Intendencia Regional Norte de la SUPERTEL) hasta que este se convierta en una mano, hacer clic izquierdo y aparecerá un menú emergente como se muestra en la Figura 3.50, seleccionar *continue*.

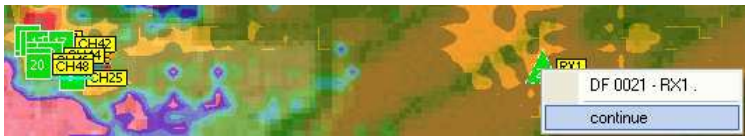


Figura 3. 50 Selección de la opción continue

2) Al hacer clic en *continue* aparece el menú emergente que se muestra en la Figura 3.51, dirigirse a *path analysis* y luego seleccionar *Tx received (fixed elevation…)*

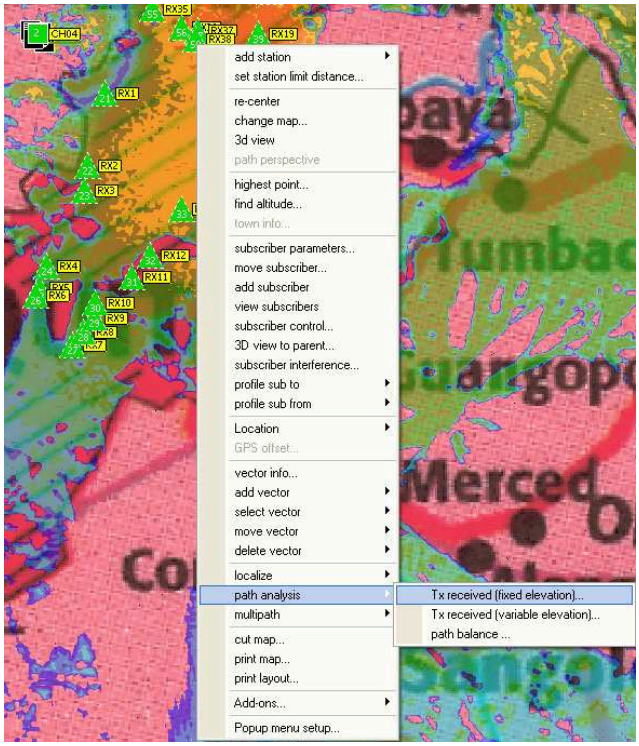


Figura 3. 51 Método path analysis

3) En la ventana que aparece (Figura 3.52) se coloca el valor de la altura del receptor y el límite mínimo de intensidad de campo eléctrico (todos los valores inferiores a este límite no se mostrarán, por esta razón es preferible dejar su valor por defecto que es 1 dBμV/m) y se hace clic en *OK*.

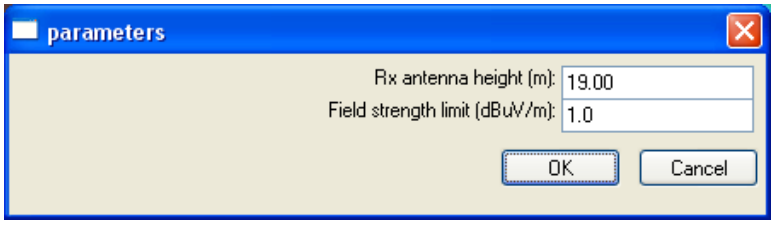
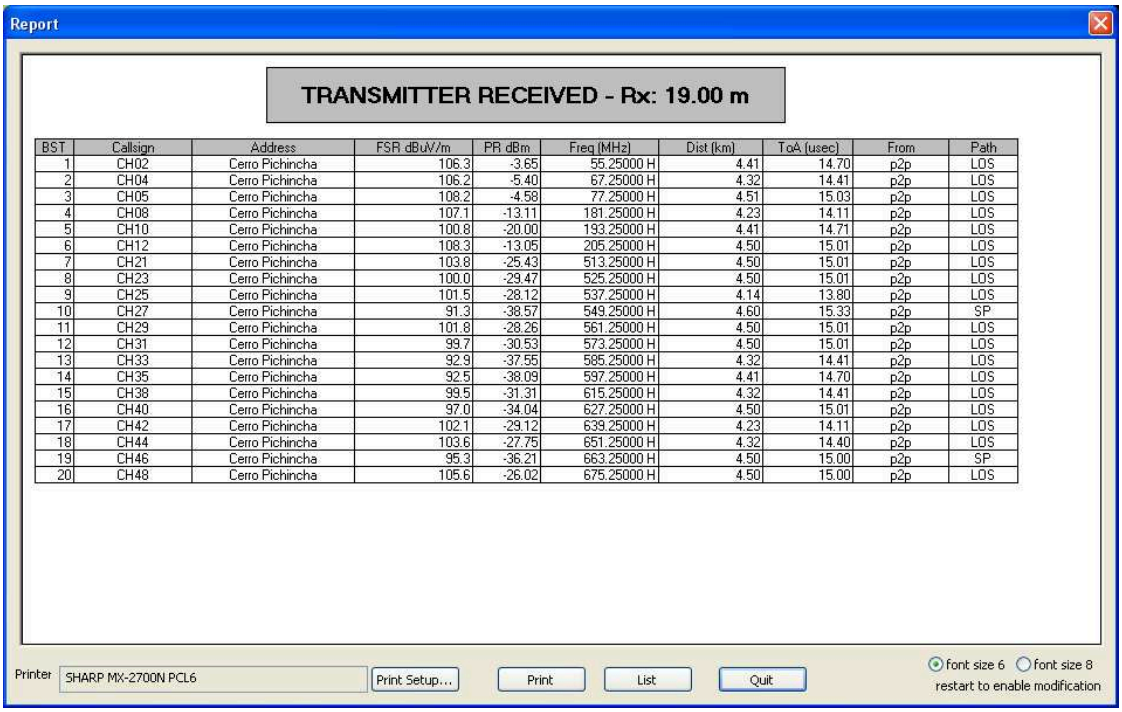


Figura 3. 52 Cuadro de parametros para el método path analysis

4) Finalmente muestra la ventana *Report* (Figura 3.53) (referirse al manual de procedimientos, numeral 4.6.6). En esta ventana se encuentran todos los valores de nivel de intensidad de campo eléctrico recibido (FSR), además se encuentra también la potencia recibida (PR), la frecuencia de recepción (Freq), la distancia entre el transmisor y el receptor (Dist), el tiempo de arribo de la señal (ToA), etc.



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	106.3	-3.65	55.25000 H	4.41	14.70	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	106.2	-5.40	67.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	108.2	-4.58	77.25000 H	4.51	15.03	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	107.1	-13.11	181.25000 H	4.23	14.11	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	100.8	-20.00	193.25000 H	4.41	14.71	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	108.3	-13.05	205.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	103.8	-25.43	513.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	100.0	-29.47	525.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	101.5	-28.12	537.25000 H	4.14	13.80	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	91.3	-38.57	549.25000 H	4.60	15.33	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	101.8	-28.26	561.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	99.7	-30.53	573.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	92.9	-37.55	585.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	92.5	-38.09	597.25000 H	4.41	14.70	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	93.5	-31.31	615.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	97.0	-34.04	627.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	102.1	-29.12	639.25000 H	4.23	14.11	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	103.6	-27.75	651.25000 H	4.32	14.40	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	95.3	-36.21	663.25000 H	4.50	15.00	p2p	SP
20	CH48	Cerro Pichincha	105.6	-26.02	675.25000 H	4.50	15.00	p2p	LOS

Figura 3. 53 Reporte de resultados de niveles de intensidad de campo eléctrico recibido

Obsérvese que no existe diferencia entre el valor del nivel de intensidad de campo eléctrico obtenido para el canal 4 con el primer método (106.2 dBμV/m) y con el segundo método (106.2 dBμV/m). Por tanto, si únicamente interesa conocer el nivel de intensidad de campo eléctrico en un punto determinado y para todos los canales en los que se está trasmitiendo de forma simultánea, el segundo método es el más práctico.

En el Anexo 5 se presentan todos los Reportes de resultados de niveles de intensidad de campo eléctrico recibido generados por el ICS Telecom para los 40 puntos en los cuales se realizaron las mediciones.

3.6.2.3 EXPLICACIÓN DE LA FORMA DE OBTENCIÓN DEL NIVEL DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO

En este numeral se muestra de forma aproximada la evaluación matemática que realiza el software ICS Telecom para obtener los niveles de intensidad de campo eléctrico en un receptor determinado. Para que no sea un ejemplo subjetivo se realizarán los cálculos para obtener el nivel de intensidad de campo eléctrico desde el canal 4 de TV abierta analógica a un receptor ubicado en la Intendencia Regional Norte de la SUPERTEL RX38.

3.6.2.3.1 Evaluación de la distancia entre el Tx y el Rx

Para la evaluación de la distancia entre el Tx y el Rx se considera la ubicación geográfica del Tx y del Rx (coordenadas y altitud) que se muestran en la Tabla 3.15.

		CH04	RX SUPERTEL
Coordenadas	Latitud	00°10'02.39"S	00°10'07.10"S
	Longitud	78°31'26.07"O	78°29'04.40"O
Altitud [m]		3818	2816

Tabla 3. 15 Ubicación geográfica del Tx y del Rx (coordenadas y altitud)

El ICS Telecom obtiene dos distancias, la algebraica (o plana) y la geodésica (o angular). Esto se hace utilizando el estándar en geodesia, cartografía, y navegación WGS84 (que define la forma matemática de la Tierra) y luego se realiza la proyección plana y la proyección geodésica. La proyección plana es aplicable cuando la superficie a representar es pequeña y por lo tanto la forma de la Tierra (geoide + elipsoide) no influye en la representación cartográfica. La proyección geodésica es una proyección en la que la forma de la Tierra tiene una importante repercusión sobre la representación de posiciones geográficas, sus superficies, sus ángulos y sus distancias.

El DEM que se utiliza es el sistema UTM (Universal Transversa Mercator) que es un sistema de proyección geodésica Norteamericano. Entonces, en este proyecto, la ubicación de los elementos al ingresar las coordenadas geográficas viene dada por el sistema de proyección UTM y la distancia de interés para el cálculo del nivel de intensidad de campo eléctrico es la algebraica que se obtiene de la proyección plana y que para este ejemplo es 4445.7 m (Figura 3.54).

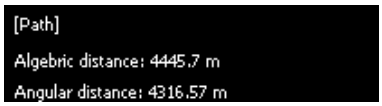
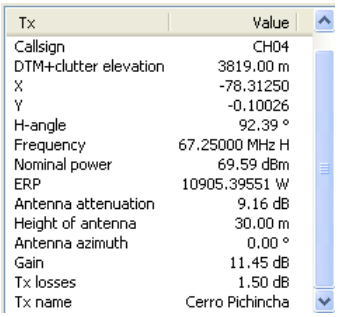


Figura 3. 54 Distancia plana (algebraica) y geodésica (angular) obtenidas por el ICS Telecom aplicando el estándar WGS84 y el sistema de proyección UTM

3.6.2.3.2 Evaluación de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva

Para la evaluación de la potencia isotrópica radiada efectiva se consideran la potencia nominal del transmisor, la ganancia de la antena de transmisión en el eje principal en dBi (*Gain* – Figura 3.55), la pérdida del patrón de radiación (*Antenna attenuation* - Figura 3.55) en dB y las pérdidas de transmisión en dB (*Tx losses* - Figura 3.55). En la Tabla 3.16 se muestran los valores antes mencionados y el cálculo de la potencia isotrópica radiada efectiva.



Tx	Value
Callsign	CH04
DTM+clutter elevation	3819.00 m
X	-78.31250
Y	-0.10026
H-angle	92.39 °
Frequency	67.25000 MHz H
Nominal power	69.59 dBm
ERP	10905.39551 W
Antenna attenuation	9.16 dB
Height of antenna	30.00 m
Antenna azimuth	0.00 °
Gain	11.45 dB
Tx losses	1.50 dB
Tx name	Cerro Pichincha

Figura 3. 55 Características técnicas del transmisor del canal 4

	Transmisor CH04
Potencia Nominal	$P_{Tx} = 9100W$ $P_{Tx} = 10log\left(\frac{9100W}{1W}\right) = 39.59dBW$
Ganancia de la antena de transmisión en el eje principal (*main axis antenna gain*)	$G_{Txma} = 11.45dBd + 2.15dB$ $= 13.6dBi$
Pérdida del patrón de radiación (*off axis pattern loss*)	$D_{Txoa} = 9.16dB$
Pérdidas de transmisión	$L_{Tx} = 1.5dB$
Potencia Isotrópica Radiada Efectiva	
$P_{rad} = P_{Tx} + G_{Txma} - D_{Txoa} - L_{Tx}$ $P_{rad} = 39.59dBW + 13.6dB - 9.16dB - 1.5dB = 42.53dBW$	

Tabla 3. 16 Cálculo de la Potencia Isotrópica Radiada Efectiva

3.6.2.3.3 Evaluación de las Pérdidas de Propagación

Para la evaluación de las pérdidas de propagación se consideran la pérdida por distancia en el espacio libre, las pérdidas por difracción, las pérdidas por sub-trayectos, las pérdidas por gases, las pérdidas por lluvia, las pérdidas del clutter y las pérdidas del modelo. En la Tabla 3.17 se muestran los valores antes mencionados y el cálculo de las pérdidas de propagación.

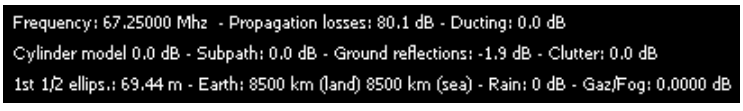


Figura 3. 56 Características de Propagación

En la Figura 3.56 el valor del parámetro *Propagation losses* corresponde a la pérdida por distancia en el espacio libre para un enlace punto a punto (referirse al

numeral 2.3.8.1.2). Este valor se presenta ya que al usar el método *profile to* justamente se calcula un enlace punto a punto. Sin embargo el ICS Telecom no utiliza este valor en el cálculo del nivel de intensidad de campo eléctrico, sino el valor de pérdida por distancia en el espacio libre para un enlace punto a zona (referirse al numeral 2.3.8.1.1) ya que el servicio a ser evaluado es un servicio de radiodifusión.

	Trayecto CH04 - SUPERTEL
Pérdida por distancia en el espacio libre para un enlace punto a zona	$L_{fsd} = 20\log(d) = 20\log(4445.7m) = 72.9588dB$
Pérdidas por difracción	$L_d = 1.9dB$
Pérdidas por sub-trayectos	$L_{sp} = 0$
Pérdidas por gases	$L_{gas} = 0$
Pérdidas por lluvia	$L_{rain} = 0$
Pérdidas del clutter	$L_{clut} = 0$
Pérdidas del modelo	$L_{model} = 0$
Pérdidas de Propagación	
$L_{prop} = L_{fsd} + L_d + L_{sp} + L_{gas} + L_{rain} + L_{clut} + L_{model}$ $L_{prop} = 72.9588dB + 1.9dB = 74.8588dB$	

Tabla 3. 17 Cálculo de las Pérdidas de Propagación

3.6.2.3.4 Evaluación del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido

Para la evaluación del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido se consideran la potencia isotrópica radiada efectiva y las pérdidas de propagación. En la Tabla 3.18 se muestran los valores antes mencionados y el cálculo del nivel de intensidad de campo eléctrico recibido.

	Trayecto CH04 - SUPERTEL
Potencia Radiada	$P_{rad} = 42.53dBW$
Pérdidas de Propagación	$L_{prop} = 74.8588dB$
Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido	
$E = F_{rec} = P_{rad} - L_{prop}$ $E = 42.53dBW - 74.8588dB = -32.3288dBW$	
$dBW = 10log\left(\frac{P}{1W}\right)$ $dBW = 10log\left(\frac{\frac{V^2}{Z}}{\frac{x}{Z}}\right)\ ;\ Z = 75\Omega$ $\rightarrow \frac{x}{Z} = \frac{x}{75\Omega} = 1W \ \rightarrow\ x = 75[v^2] \ \rightarrow\ V_{ref} = \sqrt{75}[v]$ $dBW = 10\log\left(\frac{V^2}{75v^2}\right)\Big\vert_{Z=75\Omega} = 20\log\frac{V}{\sqrt{75}} = 20\log\frac{V}{1\mu V} + 20\log\frac{1}{10^6\times\sqrt{75}}$ $dBW = dB\mu V - 120dB - 18.7506dB$ $dBW = dB\mu V - 138.7506dB$	
$E = -32.3288 + 138.7506dB$ $E = 106.4218\ dB\mu V/m$	

Tabla 3. 18 Cálculo del Nivel de Intensidad de Campo Eléctrico Recibido

El valor obtenido por el ICS Telecom fue 106.2 dBμV/m y el aproximado es de 106.4 dBμV/m, la diferencia se debe a que el ICS Telecom calcula el valor de la ganancia del patrón de radiación tridimensional para el ángulo de inclinación y de azimut del transmisor con respecto al receptor, que para este ejemplo son ángulo V: -13.45° y ángulo H: 92.39° respectivamente (véase la Figura 3.45).

En caso de ser requerido, el valor de la potencia recibida también puede ser calculado. En la Tabla 3.19 se muestra el cálculo de la potencia recibida.

Rx	Value
Callsign	RX38
DTM elevation	2797 m
X	-78.29054
Y	-0.10084
H-angle	272.39 °
Height of antenna	19.00 m
Gain	0.00 dB
Antenna azimuth	0.00 °
Rx antenna attenuation	0.00 dB
KTBF	-97 dBm
Rx losses	0.00 dB
Threshold 10-3	-88.00 dBm
Threshold 10-6	-83.00 dBm
TD	0 dB

Figura 3. 57 Características técnicas del receptor ubicado en la SUPERTEL

En el cálculo de la potencia recibida se debe tomar en cuenta que la antena de referencia que se adoptó es un dipolo de media onda. Entonces al valor de la ganancia de la antena de recepción G_{Rx} se le debe sumar 2.15dB para obtener el valor en dBi requerido para evaluar la potencia recibida.

Potencia Recibida
$P_r = \frac{E^2}{480\pi^2} \times \frac{c^2}{f^2} \times G_{Rx}$ $P_r = 20\log E + 10\log G_{Rx} - 20\log f + 10\log\left(\frac{c^2}{480\pi^2}\right)$ Con: $10\log\left(\frac{c^2}{480\pi^2} \times \left[conversiones\ necesarias\ \frac{(Watts\ a\ mW)}{(voltios\ a\ \mu V)^2 (Hz\ a\ MHz\ o\ GHz)^2}\right]\right)$
$G_{Rx} = G_{Rxma} - D_{Rxoa} - L_{Rx} = 0dBd$ $G_{Rx} = 0dBd + 2.15dB = 2.15dBi$
$P_r = 106.4218 + 2.15 - 20\log(67.25) + \left[10\log\left(\frac{(3\times10^8)^2}{480\pi^2}\right) - 120dB + 30dB - 120dB\right]$ El primer valor de -120dB corresponde al valor para pasar de Hz a MHz, el segundo valor de +30dB corresponde al valor para pasar de dBW a dBm y el tercer valor de -120dB corresponde al valor para pasar de voltios a µV. $P_r = 106.4218 + 2.15 - 36.5538\text{dB} + (132.788\text{dB} - 120\text{dB} + 30\text{dB} - 120\text{dB})$ $P_r = -5.194dBm$

Tabla 3. 19 Cálculo de la Potencia Recibida

Para la potencia recibida, el valor obtenido por el ICS Telecom fue -5.4 dBm (véase la Figura 3.49) y el aproximado es de -5.194 dBm.

3.6.3 COMPARACIÓN APLICANDO EL MÉTODO GRAFICO

Las mediciones reales (referirse al numeral 3.5, Tablas 3.5 a 3.12) y los valores obtenidos mediante simulación (referirse al Anexo 5) de los niveles de intensidad de campo eléctrico, así como los puntos de recepción en donde se realizan las mediciones, se definen como variables cuantitativas continuas. Son cuantitativas porque los elementos de interés representan una cantidad (de 0 a 105 dBμV/m para el nivel de intensidad de campo, y de 1 a 40 unidades para los puntos de recepción), y son continuos porque se refieren a una medida.

Además los datos, tanto de niveles como de puntos de recepción, se encuentran en una escala de tipo nominal, ya que no tienen un orden lógico ni una relación específica. En otras palabras los datos son mutuamente excluyentes. Estadísticamente hablando los datos en escala de medida nominal representan el nivel más bajo de jerarquía, y por tanto la medida de tendencia central aplicable a este tipo de datos es la moda. La moda de un conjunto de datos es el valor que ocurre con más frecuencia, valor que para este proyecto no tiene mayor relevancia y por tanto no se lo presenta.

Entonces se justifica la aplicación de un método gráfico que de forma visual permita apreciar la diferencia entre los niveles de intensidad de campo eléctrico medidos y los obtenidos mediante simulación. En las Figuras 3.58 a 3.77 se muestran las gráficas comparativas de los valores de nivel de intensidad de campo eléctrico para cada uno de los canales de TV abierta analógica que realizan la transmisión de señal desde el cerro Pichincha.

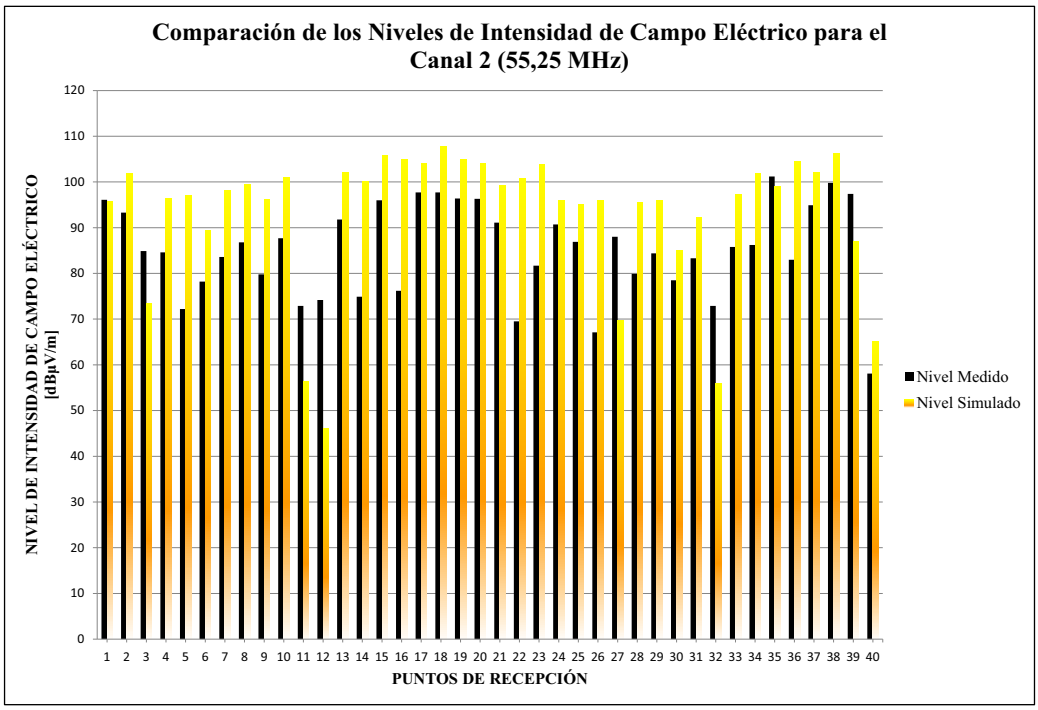


Figura 3. 58 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH2

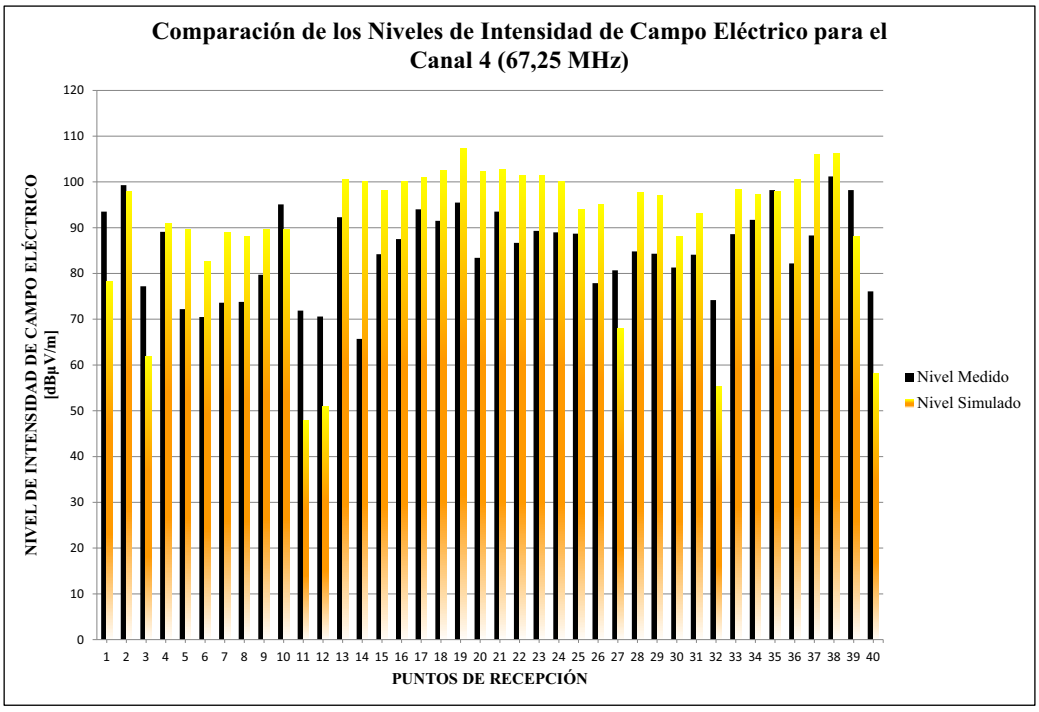


Figura 3. 59 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH4

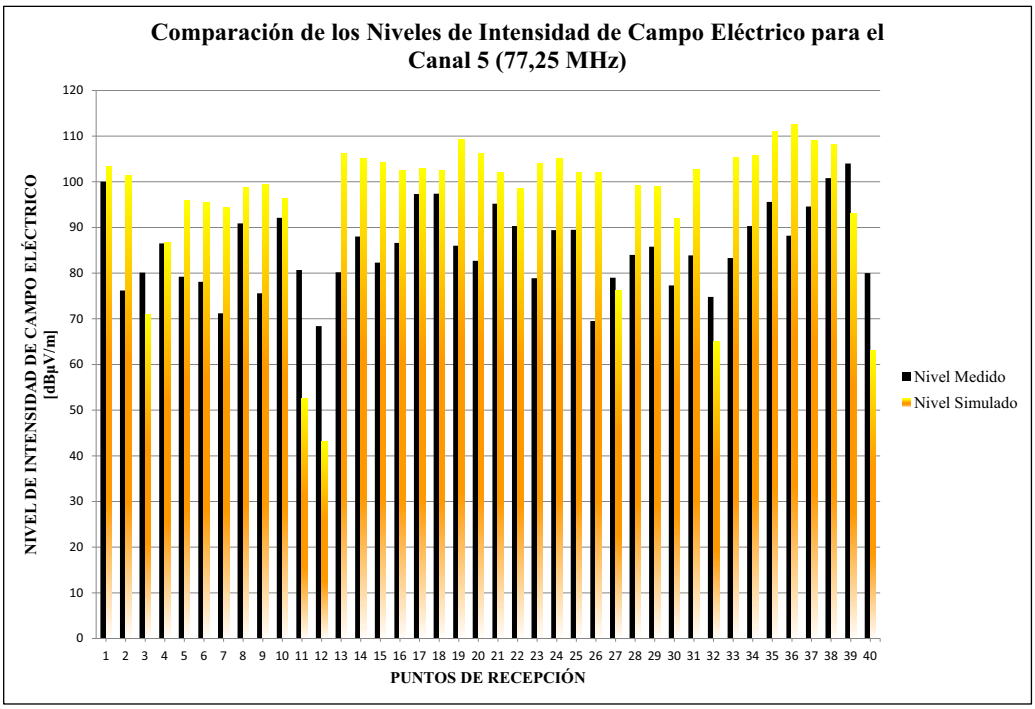


Figura 3. 60 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH5

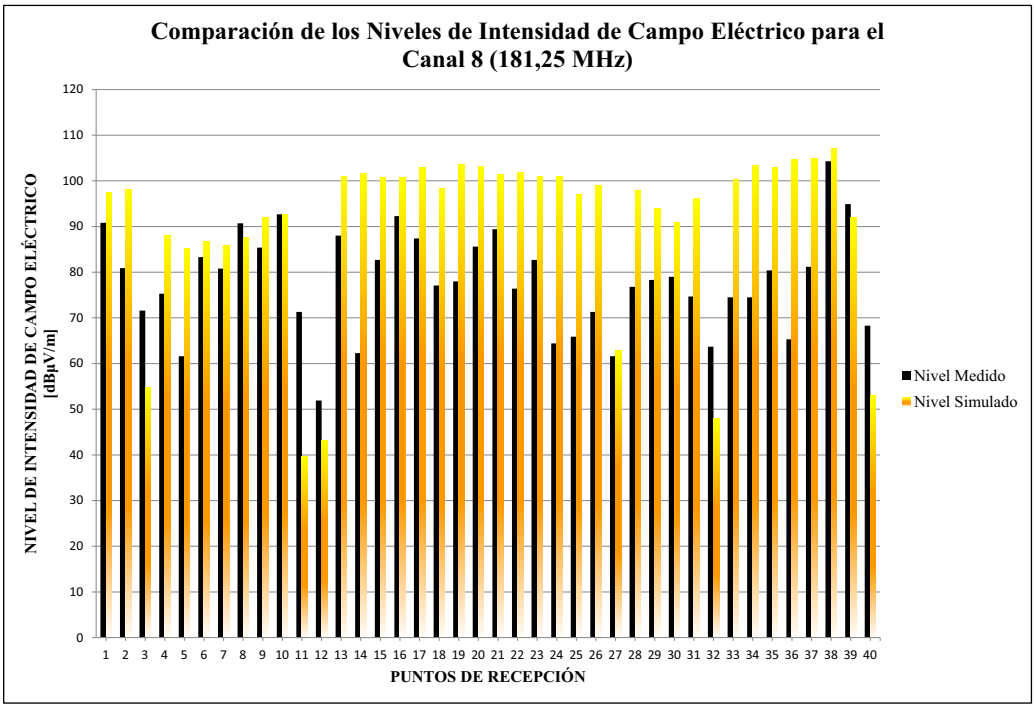


Figura 3. 61 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH8

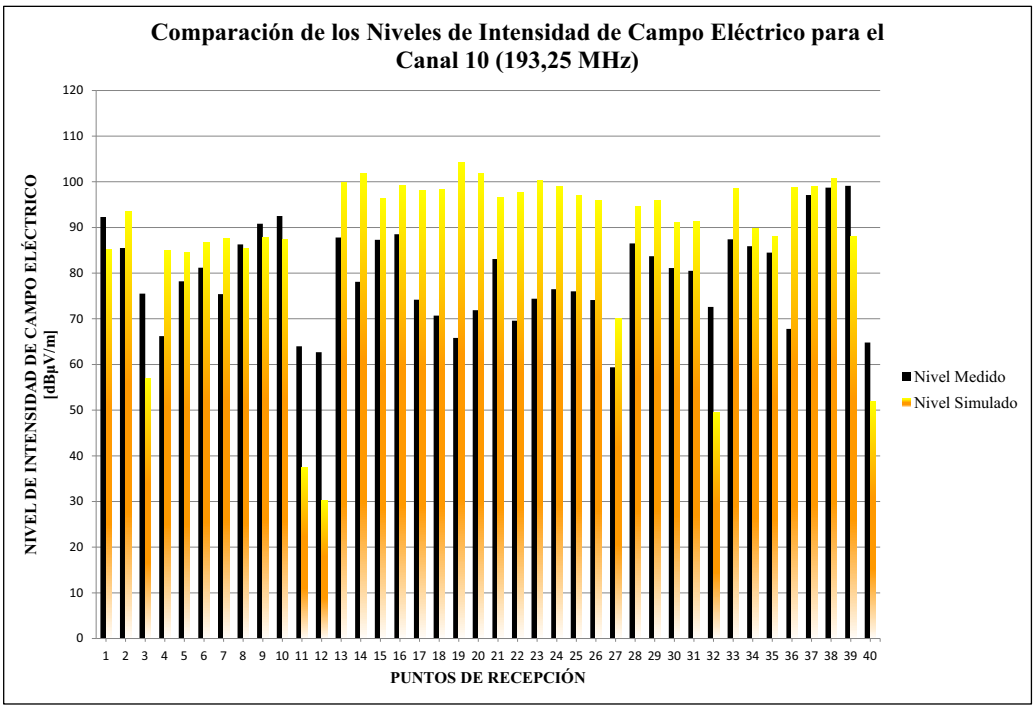


Figura 3. 62 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH10

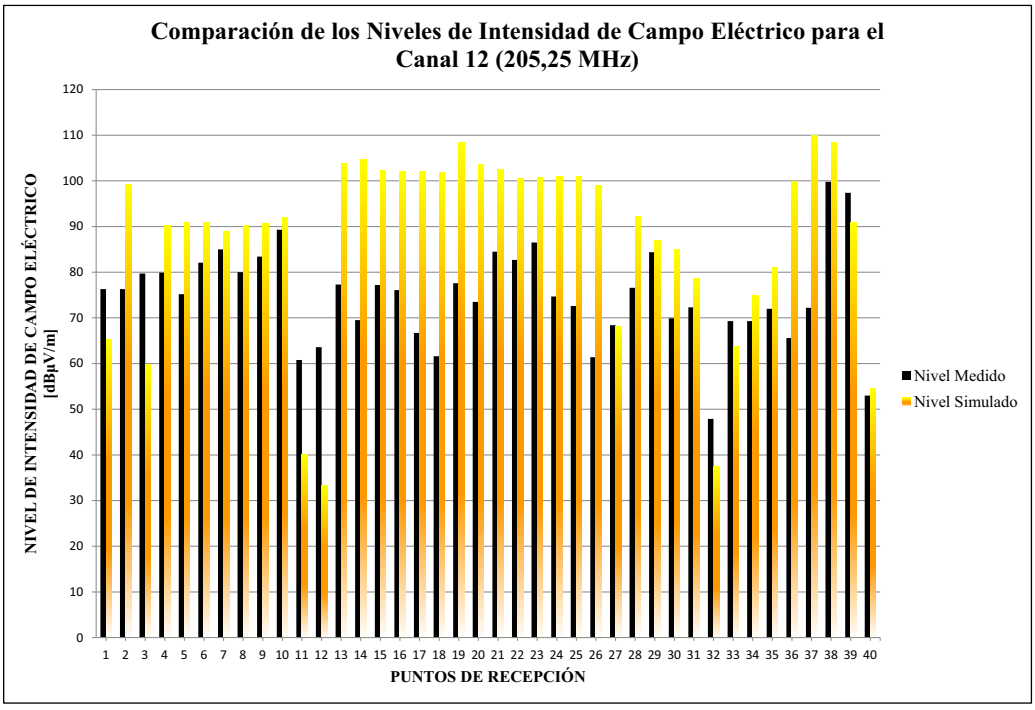


Figura 3. 63 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH12

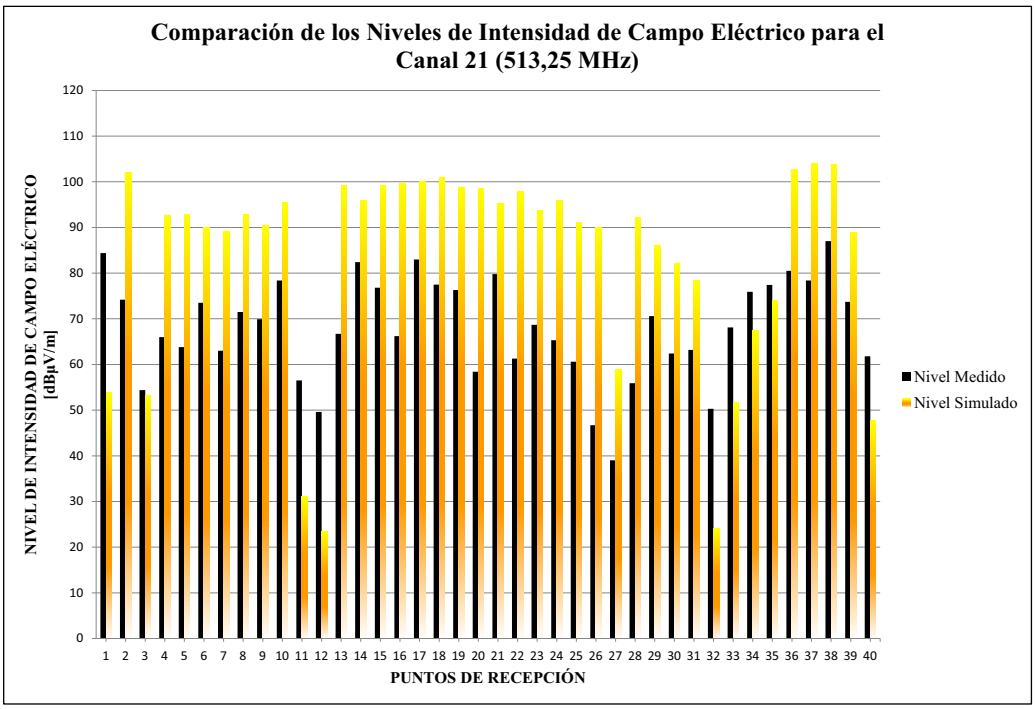


Figura 3. 64 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH21

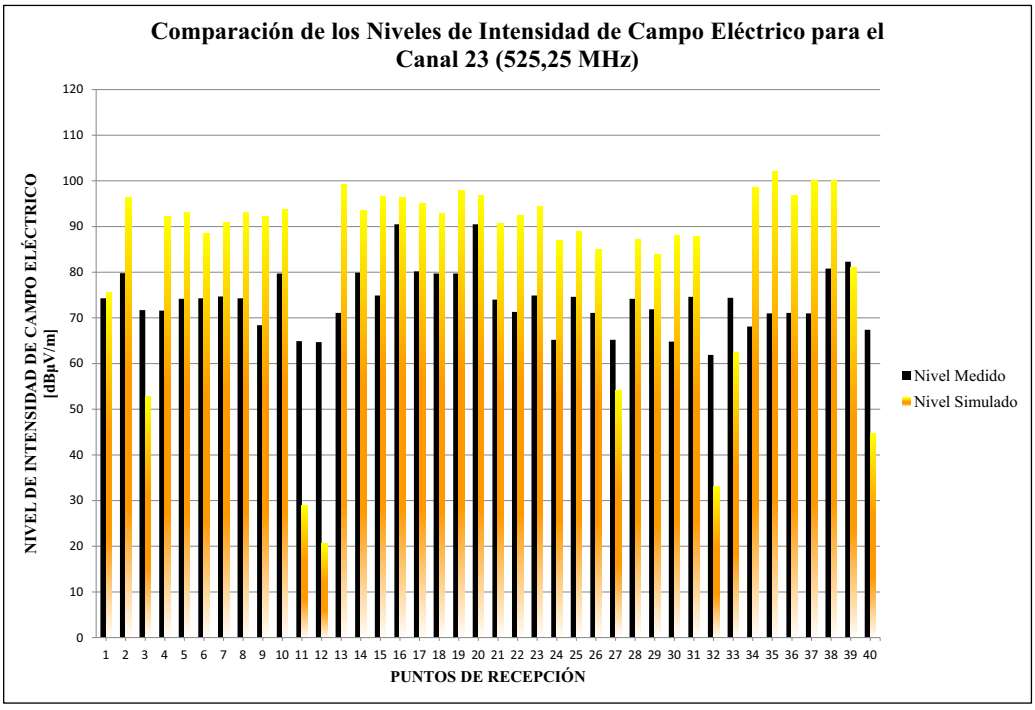


Figura 3. 65 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH23

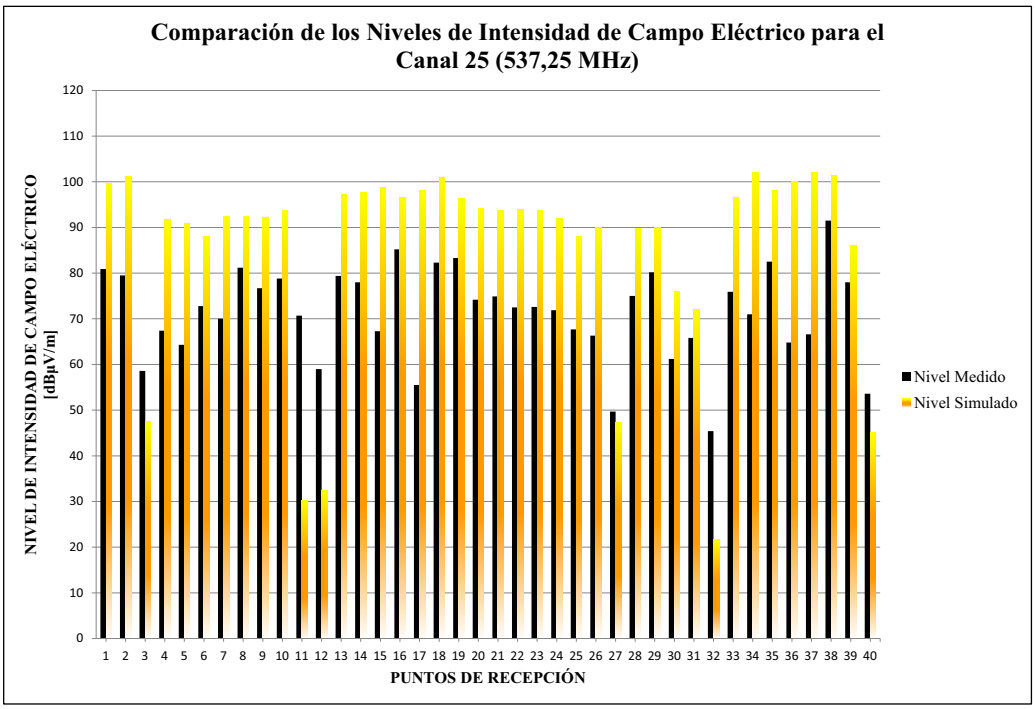


Figura 3. 66 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH25

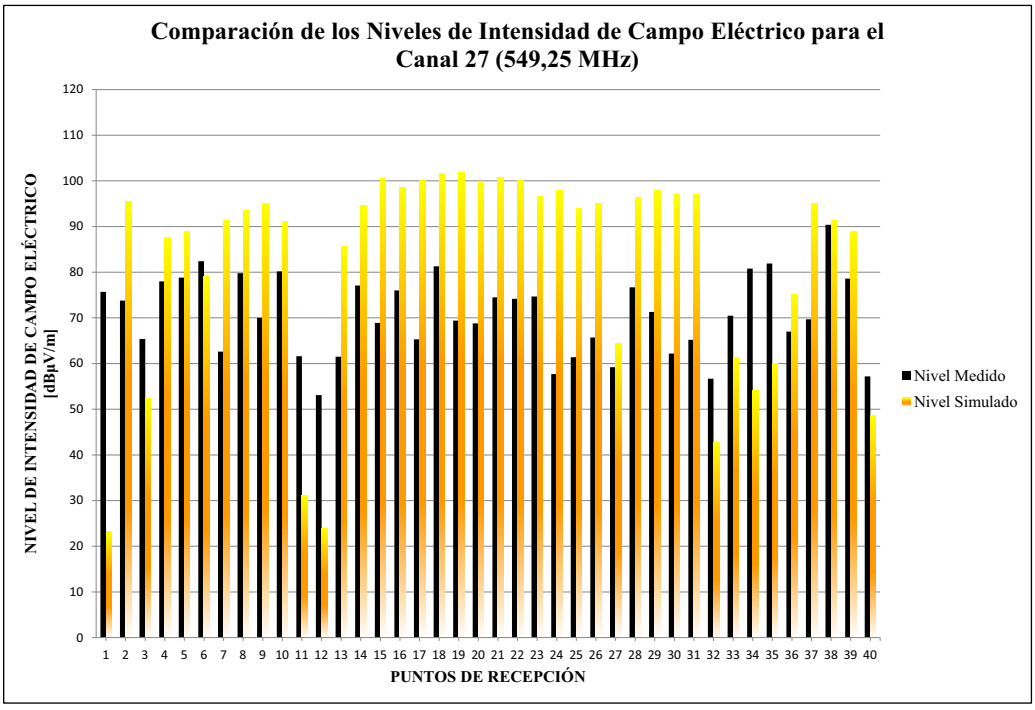


Figura 3. 67 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH27

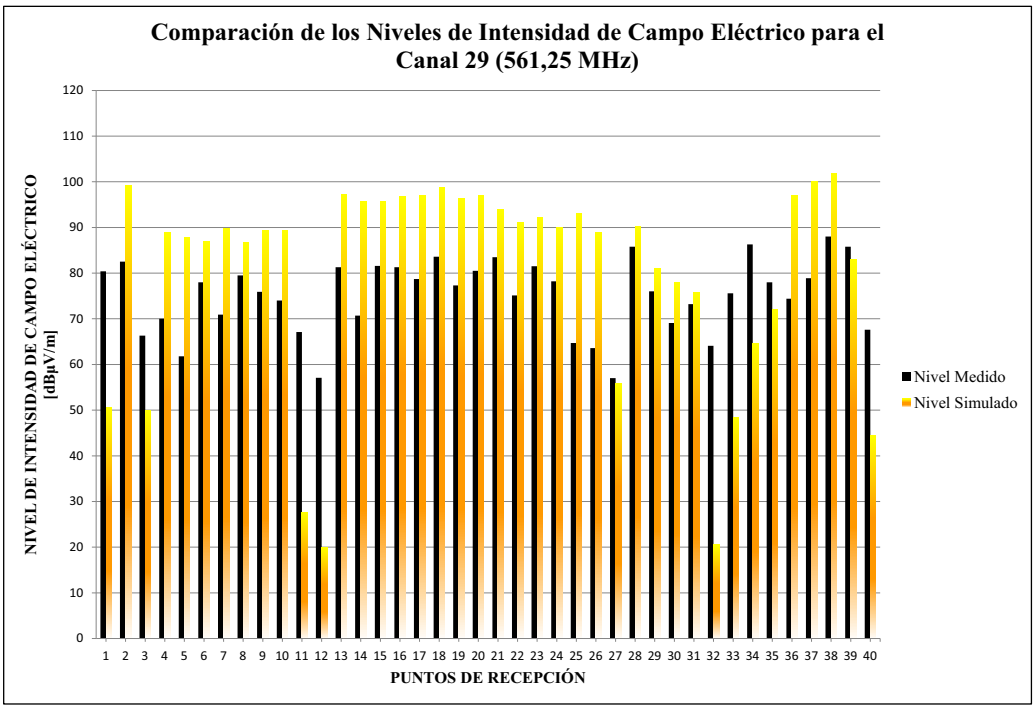


Figura 3. 68 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH29

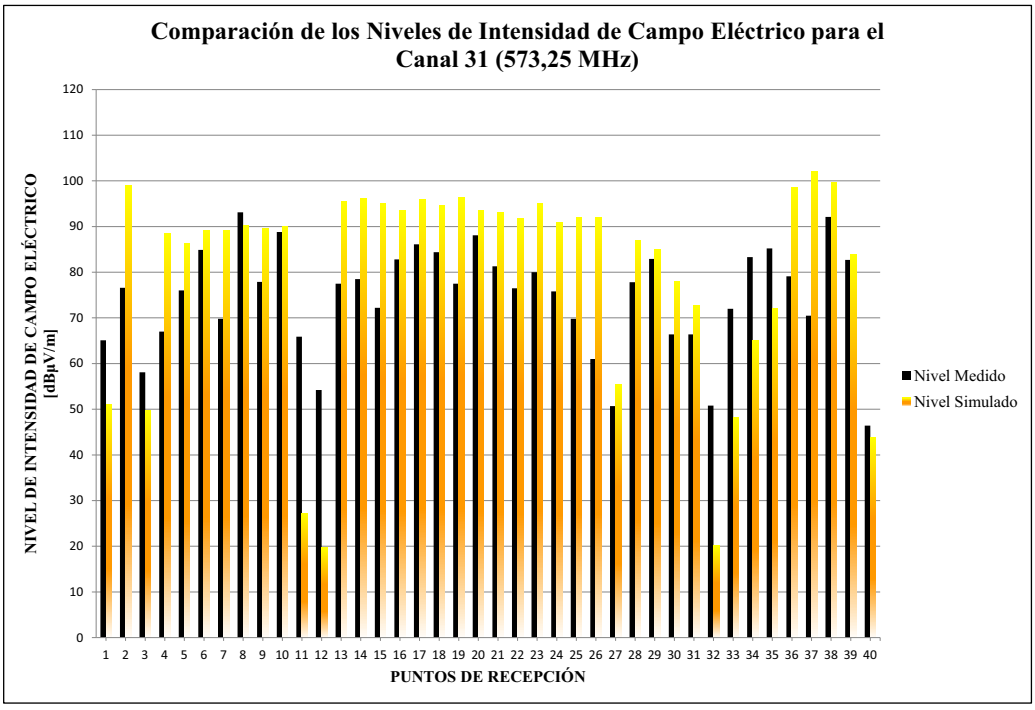


Figura 3. 69 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH31

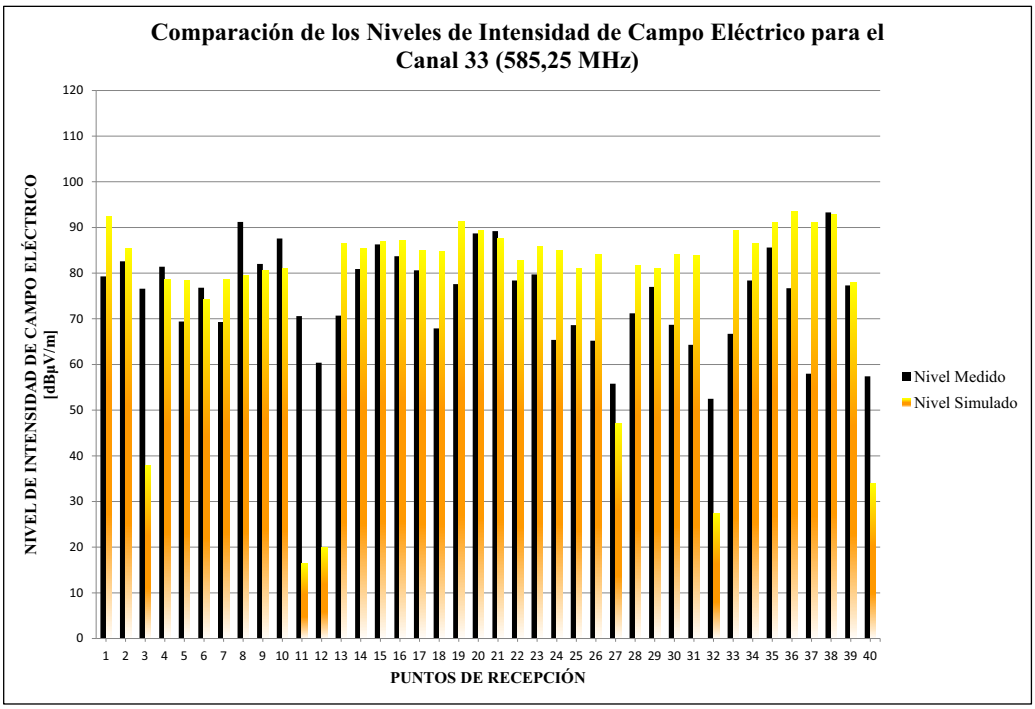


Figura 3. 70 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH33

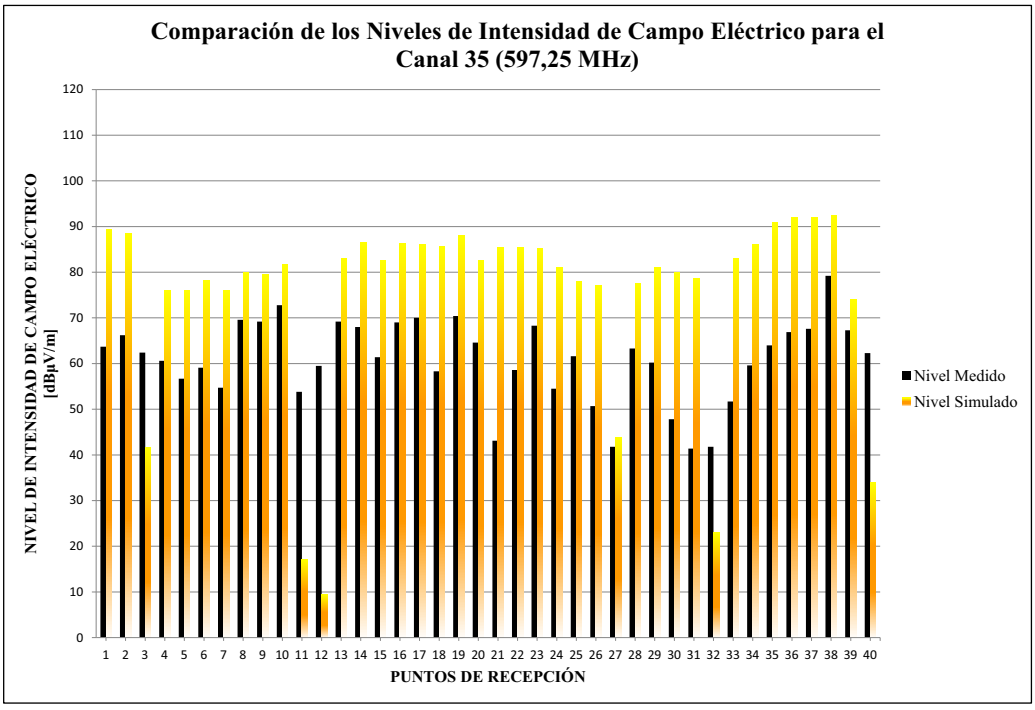


Figura 3. 71 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH35

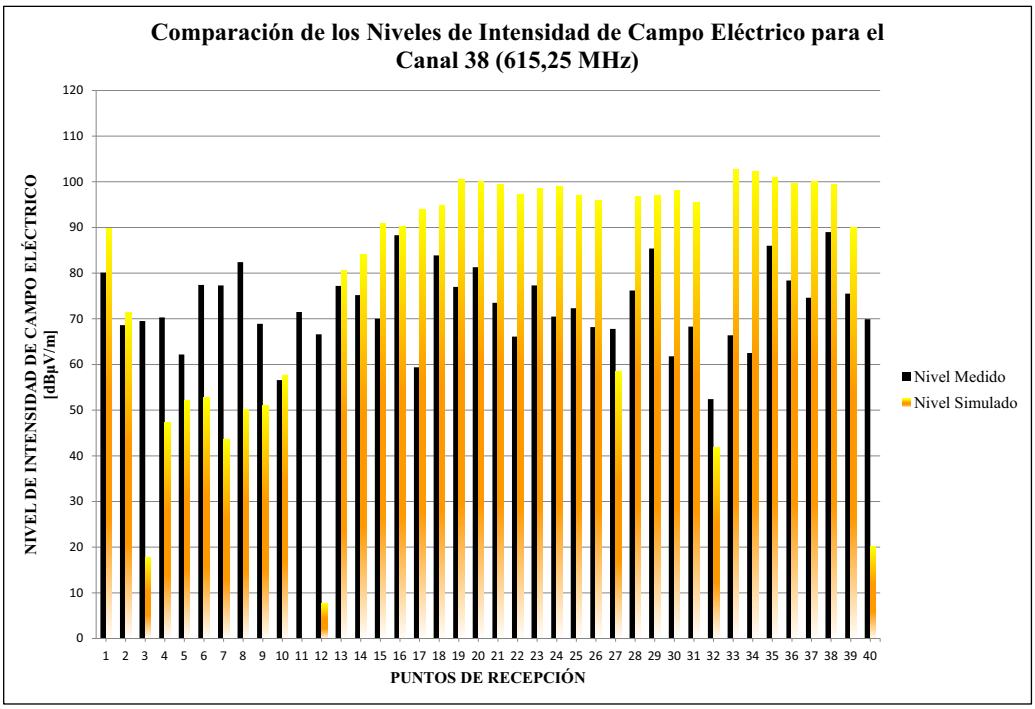


Figura 3. 72 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH38

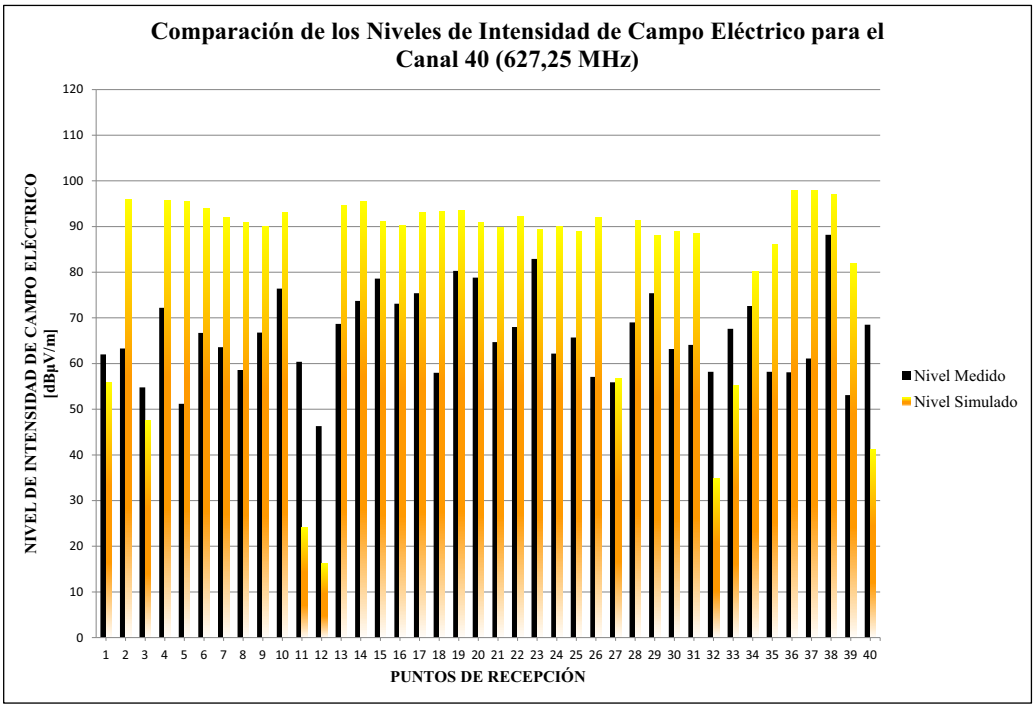


Figura 3. 73 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH40

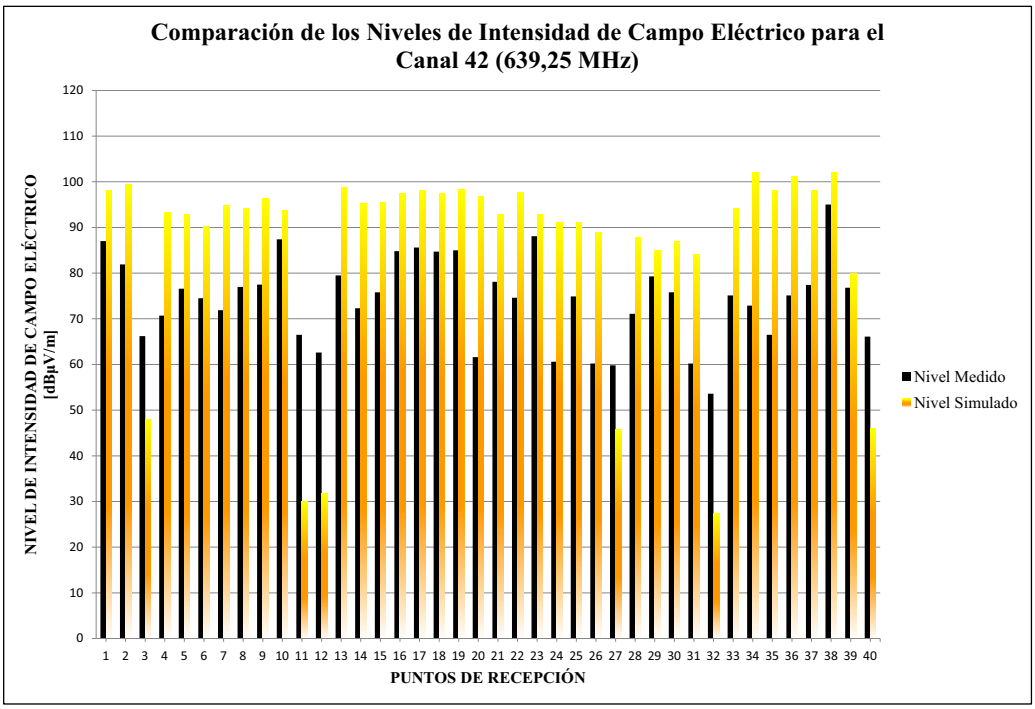


Figura 3. 74 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH42

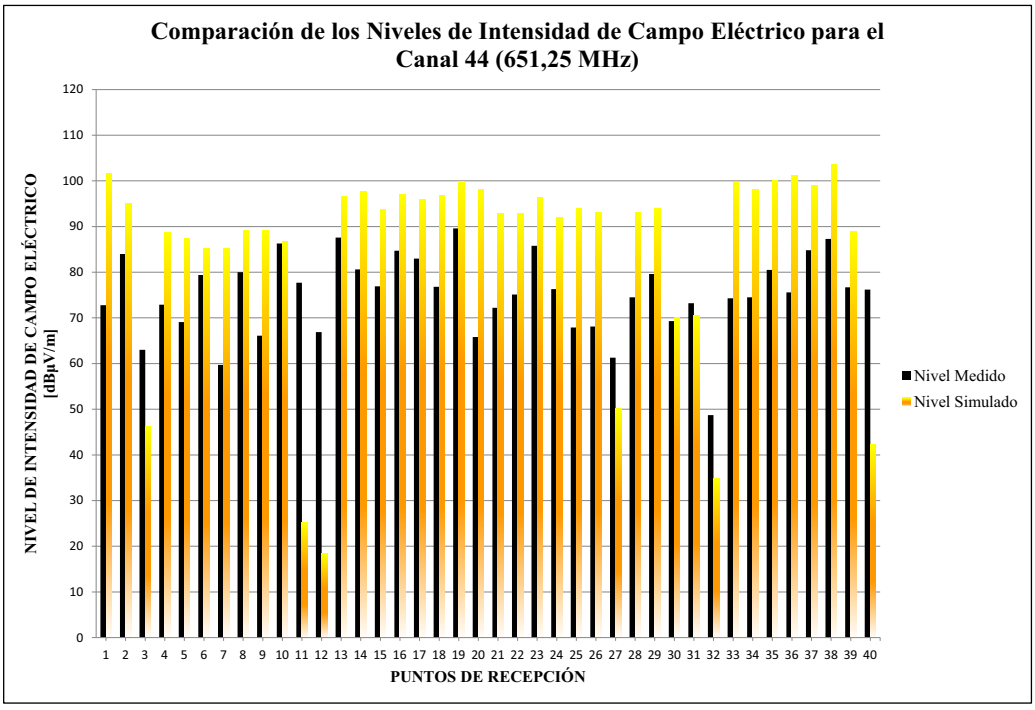


Figura 3. 75 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH44

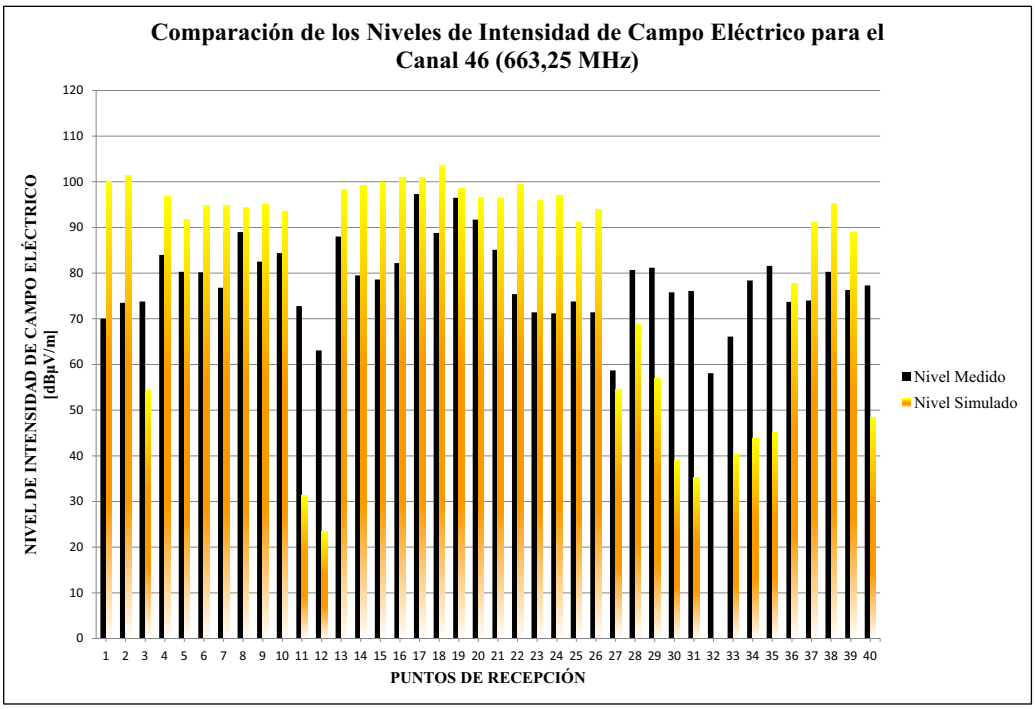


Figura 3. 76 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH46

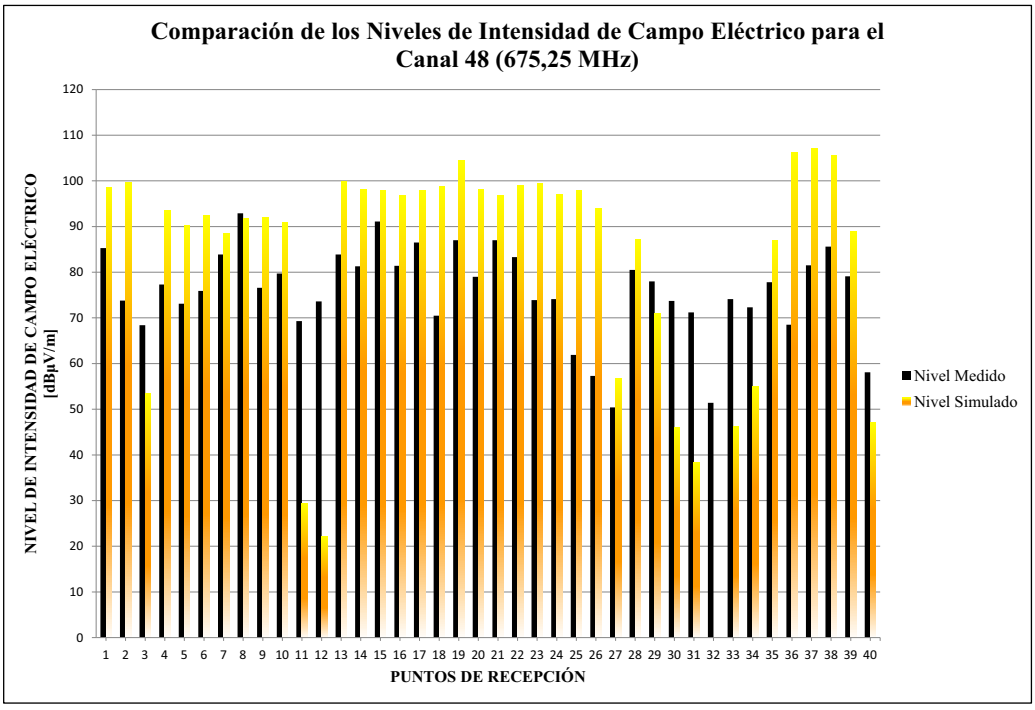


Figura 3. 77 Comparación de los niveles de intensidad de campo eléctrico entre las mediciones realizadas por la SUPERTEL y las obtenidas con el ICS Telecom para el CH48

De las Figuras 3.58 a 3.77 se puede ver que:

1) La tendencia de los niveles de intensidad de campo medidos en comparación con los simulados es similar.

2) Si se observan los valores medidos cuyo nivel es alto, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser mayores que los medidos. Esto no representa un problema, en cuanto al servicio de TV abierta analógica se refiere, porque significaría que en las regiones en donde se encuentran esos puntos los niveles de recepción son superiores al umbral de recepción. La única implicación real es que el software ICS Telecom tiende a ser optimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica cumplen con estar por encima del umbral de recepción, y por tanto cumplen con estar dentro del área de cobertura principal.

3) Si se observan los valores medidos cuyo nivel es bajo, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser menores que los medidos. Entonces, a diferencia de lo mencionado en el numeral 2), el software ICS Telecom tiende a ser pesimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica se encuentran por debajo del umbral de recepción. Esto implica que las regiones en donde el ICS Telecom muestra la existencia de zonas de sombra, la probabilidad de que en la práctica ocurra aquello es bastante elevada.

Las observaciones anteriores hacen que las predicciones de cobertura, para los requerimientos de la SUPERTEL (planificación y evaluación de los sistemas de TV abierta analógica), garanticen una proximidad con la realidad lo suficientemente alta para ser consideradas por el personal técnico de la SUPERTEL al planificar inspecciones técnicas para verificar los niveles de intensidad de campo eléctrico teniendo pleno conocimiento de las regiones consideradas como zonas de sombra. Además si esta información es transmitida a los concesionarios del servicio de TV abierta analógica, estos pueden realizar las modificaciones técnicas pertinentes para brindar un mejor servicio.

CAPÍTULO 4

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA PREDICCIÓN DE COBERTURA PARA SISTEMAS DE TRANSMISIÓN DE TELEVISIÓN ABIERTA ANALÓGICA EN LAS BANDAS VHF Y UHF

4.1 INTRODUCCIÓN

El manual que se presenta a continuación no entrega un conjunto de pasos para que el usuario los siga, lo que brinda es una guía clara de todos los procedimientos que se pueden realizar en el software Antios y el software ICS Telecom para llegar a obtener una predicción de cobertura de un sistema de transmisión de televisión abierta analógica en las bandas de frecuencias VHF y UHF en el Ecuador. Por tanto, será el usuario quien escoja las opciones que considere necesarias y/o suficientes en base a sus requerimientos específicos.

En capítulos anteriores de este proyecto fueron mostrados varios procedimientos enfocados a ejemplos particulares; esos procedimientos son los que como autor de este proyecto justifiqué y escogí para obtener la predicción de cobertura de los sistemas de TV abierta analógica que operan en el Cerro Pichincha y son ejemplos claros de varios de los procedimientos que este manual contiene. Sin embargo, existen algunos procedimientos que no fueron mostrados ya que no ameritaba su uso por los requerimientos específicos del proyecto, como por ejemplo la obtención de un patrón de radiación para un arreglo de antenas tipo end-fire, un arreglo de antenas en el que se aplique un skew, etc.

4.2 CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de iniciar con el uso del software Antios y del software ICS Telecom, el usuario debe disponer de varios parámetros técnicos cuya organización se muestra a continuación.

4.2.1 PARÁMETROS PARA UN ARREGLO DE ANTENAS

Los parámetros previos necesarios para la configuración de un arreglo de antenas se muestran en la Tabla 4.1.

	PARÁMETROS PARA UN ARREGLO DE ANTENAS
1	Forma del mástil (circular, cuadrada, rectangular o triangular)
2	Dimensión del diámetro, lado o lados conforma a la forma del mástil [m]
3	Frecuencia de transmisión [MHz]
4	Potencia nominal [W]
5	Azimut de cada antena [^{o}]
6	Altura de cada antena [m]
7	Distancia de separación entre el mástil y la antena [m]
8	Tilt mecánico [^{o}] / eléctrico [^{o}]
9	Fase [^{o}] / Feeder length [m]
10	Tipo de antena (escogerla de la base de datos o crearla conforme al numeral 2.4.3.2)
11	Polarización

Tabla 4. 1 Parámetros previos necesarios para arreglos de antenas

4.2.2 PARÁMETROS PARA UN TRANSMISOR

Los parámetros previos necesarios para la configuración de un transmisor se muestran en la Tabla 4.2.

	PARÁMETROS PARA UN TRANSMISOR
1	Tipo de señal emitida (TV M, para TV abierta analógica en el Ecuador)
2	Potencia nominal del transmisor [W]
3	Ganancia de la antena de transmisión [dBi] (se obtiene del arreglo de antenas)
4	Pérdidas en el sistema de transmisión [dB]
5	Frecuencia de transmisión [MHz]
6	Altura media del arreglo de antenas [m]
7	Ancho de banda [kHz] (6000 kHz, para la señal emitida TV M)
8	Polarización
9	Latitud (en grados, minutos, segundos)
10	Longitud (en grados, minutos, segundos)

Tabla 4. 2 Parámetros previos necesarios para el transmisor

4.3 USO DE PROCEDIMIENTOS EN EL SOFTWARE ANTIOS

Una vez que se tengan los parámetros especificados en la Tabla 4.1, los procedimientos para obtener el patrón de radiación de un arreglo de antenas con el software Antios se detallan a continuación.

4.3.1 PANTALLA PRINCIPAL DEL SOFTWARE ANTIOS

La pantalla principal del software Antios está compuesta por las Áreas de Visualización y de Estado; además de la Barra de Herramientas y la Barra de Menús. Todas estas áreas son interdependientes, exceptuando la barra de herramientas y la de menús. En la Figura 4.1 se muestra la pantalla principal del software Antios.

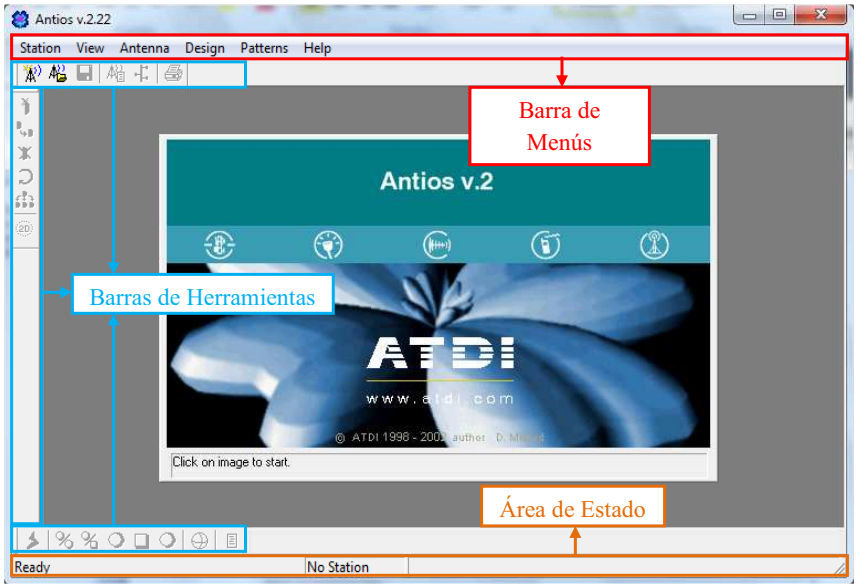


Figura 4. 1 Pantalla principal del Software Antios

4.3.2 MENÚ STATION

Para acceder al menú *station* ubicarse en la barra de menús y hacer clic en *Station* (Figura 4.2).

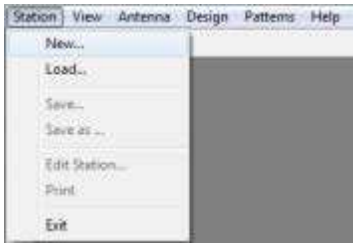


Figura 4. 2 Menú Station

El menú mostrará la lista de todas las opciones (Figura 4.2).

- *New…*: crear una nueva estación.
- *Load…*: cargar una estación.
- *Save…*: guardar la estación.
- *Save as…*: guardar la estación con un nuevo nombre.
- *Edit Station…*: modificar los datos de la estación activa.
- *Print*: imprimir el patrón horizontal, el patrón vertical y la información de la estructura.
- *Exit*: salir del programa.

4.3.2.1 New…

La opción *New…* permite crear un nuevo proyecto. Al seleccionar la opción *New…* en el menú *Station* aparece la ventana *Station* (Figura 4.3).

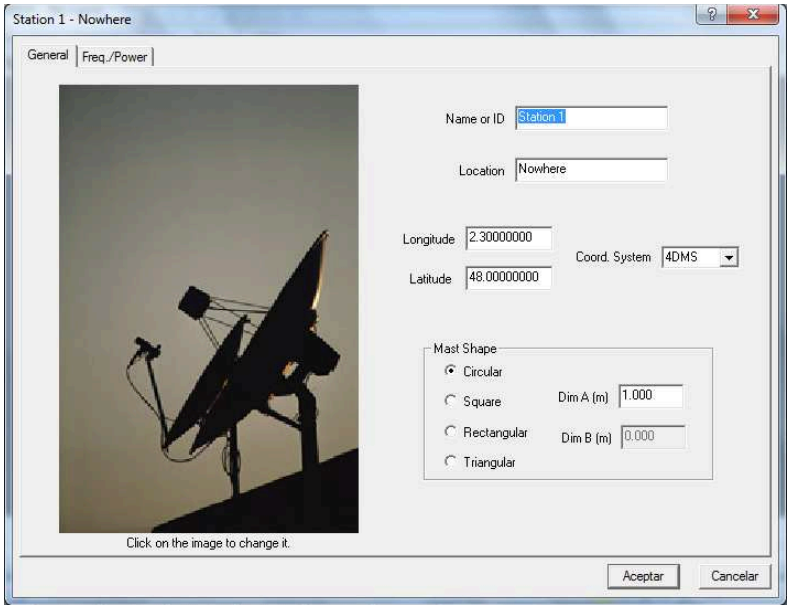


Figura 4. 3 Ventana Station-Pestaña General

En la pestaña *General* (Figura 4.3) se ingresa parte de la información conforme a los datos previos de la Tabla 4.1:

- *Name or ID*: nombre de la estación.
- *Location*: nombre del lugar en donde se encuentra la estación.
- *Longitude*, *Latitude*: ubicación de la estación. Verificar que el sistema de coordenadas. sea el 4DMS, ya que las coordenadas serán ingresadas en grados-minutos-segundos.
- *Mast Shape*: forma del mástil y sus dimensiones.

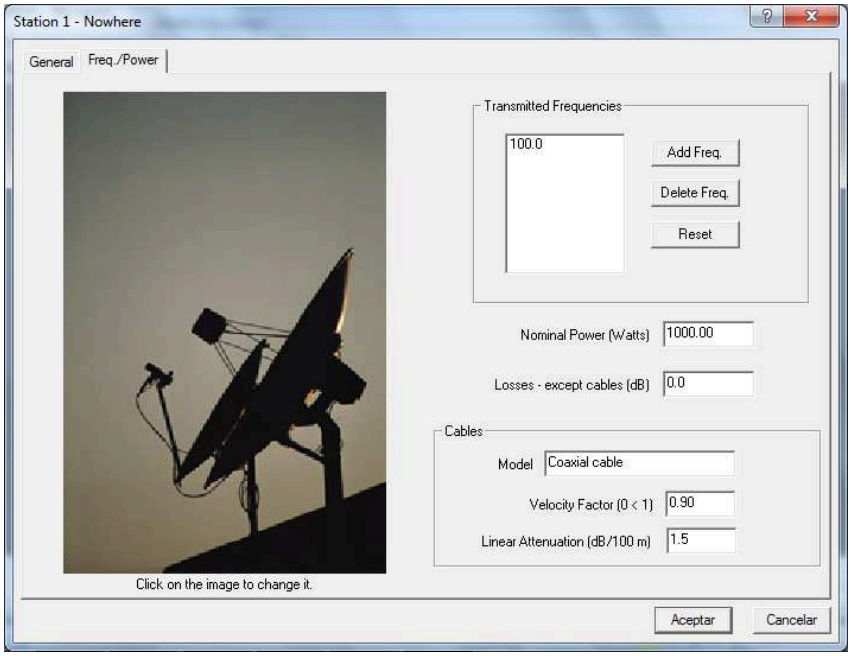


Figura 4. 4 Ventana Station-Pestaña Freq/Power

En la pestaña *Freq./Power* (Figura 4.4) y conforme a los datos de la Tabla 4.1 se ingresa la siguiente información:

- *Transmited Frequencies*: valor/es de la frecuencia/s de transmisión.
- *Nominal Power (Watts)*: potencia nominal en [W].
- *Losses – except cables (dB)*: pérdidas (sin considerar las que se dan por los cables). Colocar el valor de cero en caso de que las pérdidas vayan a ser consideradas en el software ICS Telecom.
- *Cables*: información del tipo de cable (usualmente se deja los valores por defecto).

4.3.2.2 Área de Visualización

En el área de visualización del software Antios se muestra la estructura básica del arreglo de antenas, por defecto aparecen dos imágenes como se muestra en la Figura 4.5. La imagen del lado izquierdo muestra la altura (*Level*) de las antenas (eje z, por defecto todas las antenas están a una altura de 0 m). La imagen del lado derecho muestra su orientación (por defecto se muestran 4 paneles ubicados en un acimut de 0°, 90°, 180° y 270°).

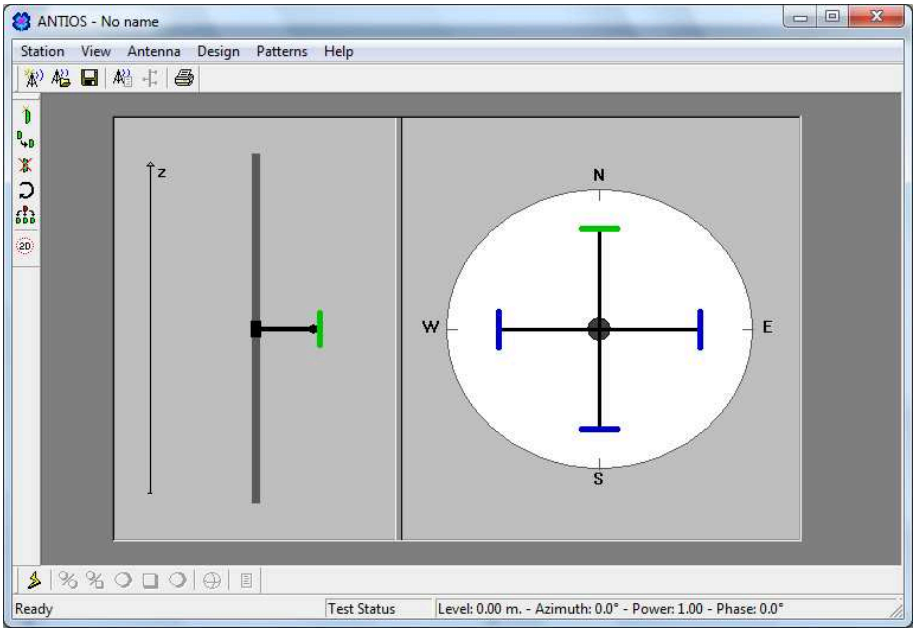


Figura 4. 5 Área de Visualización

4.3.3 MENÚ VIEW

Para acceder al menú *view* ubicarse en la barra de menús y hacer clic en *View* (Figura 4.6).

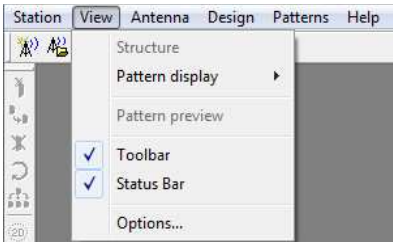


Figura 4. 6 Menú View

El menú mostrará la lista de todas las opciones (Figura 4.6).

- *Structure*: presenta la estructura básica del arreglo de antenas.
- *Pattern display*: elección del patrón de radiación que se desea visualizar.
- *Pattern preview*: visualización previa del patrón de radiación.
- *Toolbar*: mostrar la barra de herramientas.
- *Status Bar*: mostrar la barra de estado.
- *Options*: presenta todas las opciones de visualización disponibles.

4.3.3.1 Pattern display

La opción *Pattern display* permite elegir qué patrones de radiación se desea visualizar (H y/o V) y en qué tipo de coordenadas (polares o cartesianas), así como la visualización en 3D del mismo. Las opciones mencionadas se presentan en la Figura 4.7.

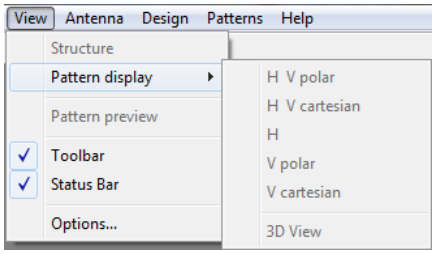


Figura 4. 7 Opción Pattern display

4.3.3.2 Pattern preview

La opción *Pattern preview* muestra una vista preliminar del patrón de radiación vertical y horizontal del arreglo de antenas que se encuentre configurado. En la ventana *Preview* se permite variar algunos parámetros y al mismo tiempo se actualiza la vista preliminar del patrón de radiación con cada variación que se realiza. Estás variaciones no se aplican a todos los paneles que conforman el arreglo, sino únicamente al panel que se encuentre seleccionado en ese instante (panel de color verde)

Procedimientos

1) Clic en View / Pattern preview
2) En el cuadro que aparece ingresar el valor de la frecuencia (en MHz) para la cual se desea obtener la vista preliminar del patrón de radiación (Figura 4.8).

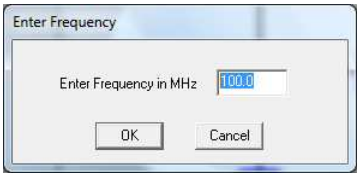


Figura 4. 8 Ingreso de frecuencia

3) Aparece la ventana *Preview* (Figura 4.9). En ella se muestra la vista preliminar del patrón de radiación vertical y horizontal (Figura 4.10) del arreglo de antenas. En la parte inferior de esta ventana se encuentran los parámetros que pueden ser modificados. Los cambios realizados en estos parámetros se aplicarán únicamente al panel actualmente seleccionado (en color verde).

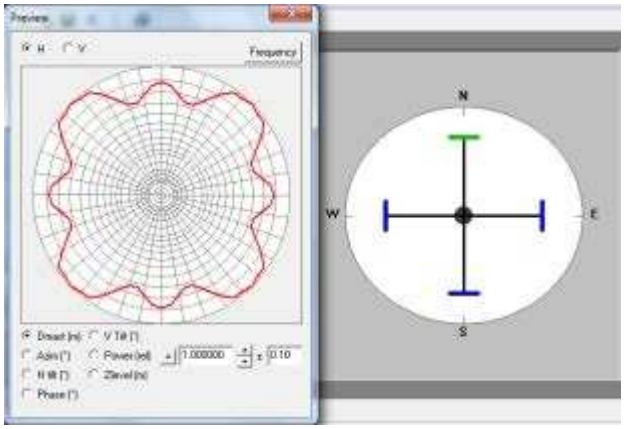


Figura 4. 9 Ventana Preview

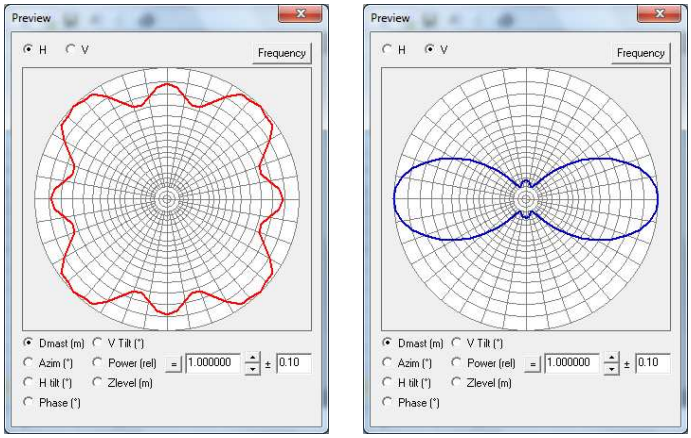


Figura 4. 10 Ventana Preview (Patrones Horizontal y Vertical)

4.3.3.3 Options…

La opción *Options…* muestra las opciones de visualización que se encuentran disponibles para los patrones de radiación. Al seleccionar *Options…* en el menú *View* aparece la ventana *Options* (Figura 4.11)

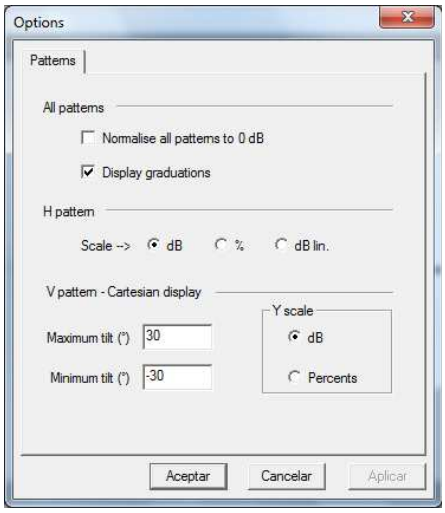


Figura 4. 11 Opción Options

Las opciones de visualización que se pueden aplicar a los patrones de radiación son las siguientes:

- *All patterns*: opciones que se aplicarán a todos los patrones de radiación:
  - *Normalise all patterns to 0 dB*: normaliza los patrones a 0 dB.
  - *Display graduations*: muestra las graduaciones y sus valores para tener una mejor apreciación.
- *H pattern*: opciones que se aplicarán solo al patrón horizontal:
  - *Scale*: Escala en dB, porcentaje (%) o en dB lineal.
- *V pattern – Cartesian display*: opciones que se aplicarán solo al patrón vertical mostrado en coordenadas cartesianas:
  - *Maximum, Minimum tilt*: rango de ángulos de inclinación (tilt) a ser visualizados ingresados en grados (^{o}).
  - *Y scale*: escala del eje Y en dB o en porcentaje.

4.3.4 MENÚ ANTENNA

Para acceder al menú *Antenna* ubicarse en la barra de menús y hacer clic en *Antenna* como se muestra en la Figura 4.12.

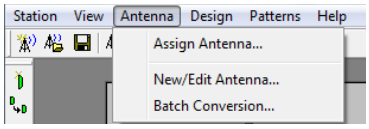


Figura 4. 12 Menú Antenna

El menú mostrará la lista de todas las opciones (Figura 4.12).

- *Assign Antenna…*: seleccionar y asignar el tipo de antena.
- *New/Edit Antenna…*: crear o editar una nueva antena.
- *Batch Conversion…*: convertir archivos de antenas de la versión 1.0 del software Antios (extensión .uni) o archivos Aldena (extensión .ant) a la versión 2.22 del software Antios (extensión .ard).

4.3.4.1 Assign Antenna…

La opción *Assign Antenna…* permite seleccionar la antena que se requiera y asigna la misma a cada panel que forme parte del arreglo. Al seleccionar la opción *Assign Antenna…* en el menú *Antenna* aparece la ventana *Assign one antenna to all panels* (Figura 4.13).

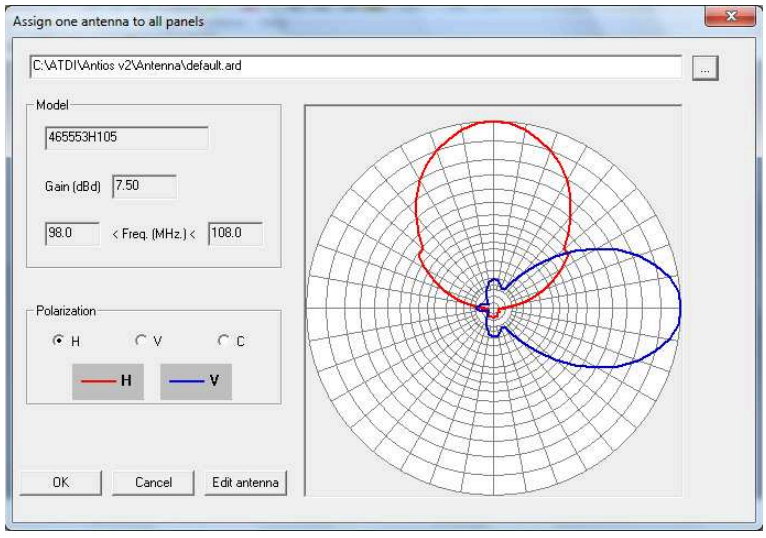


Figura 4. 13 Ventana Assign one antenna to all panels

El software Antios posee una amplia base de datos de fabricantes y sus respectivos modelos de antenas.

Procedimientos.

1) Clic en Antenna / Assign Antenna…
2) En la ventana *Assign one antenna to all panels* (Figura 4.13) presionar el botón que contiene tres puntos suspensivos (…) y se mostrará la ventana *Load Antenna* (Figura 4.14).

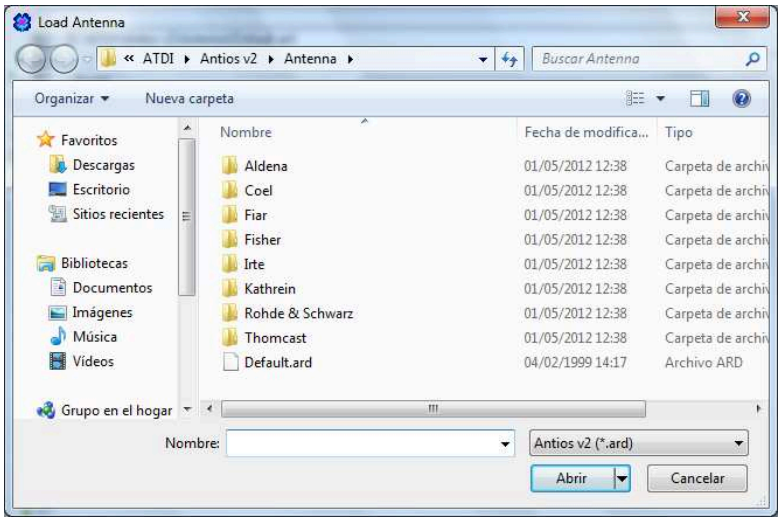


Figura 4. 14 Ventana Load Antenna (para asignar una antena)

3) Escoger el modelo de antena que se requiera, como un ejemplo en este caso se escoge de la carpeta Kathrein el modelo de antena K72314h (Figura 4.15) y se presiona el botón *Abrir*.

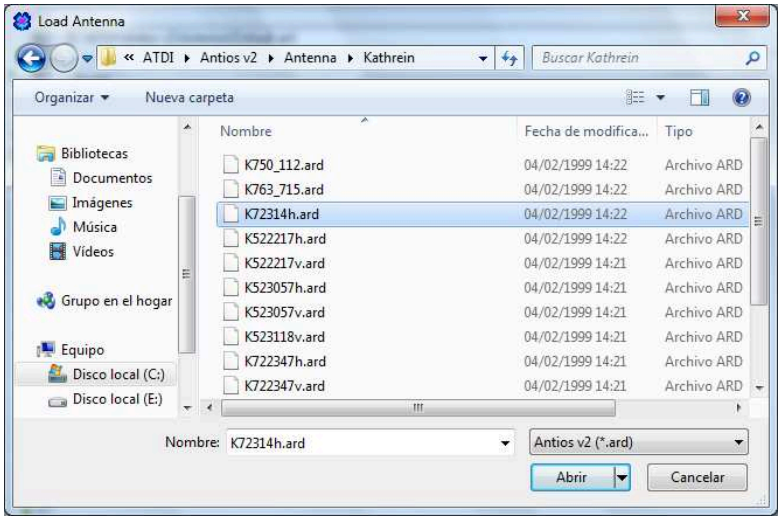


Figura 4. 15 Ventana Load Antenna

4) Automáticamente vuelve aparecer la ventana *Assign one antenna to all panels* mostrando la antena seleccionada. En esta ventana también se elige el tipo de polarización de la antena que puede ser horizontal (Figura 4.16), vertical (Figura 4.17) o circular (Figura 4.18).

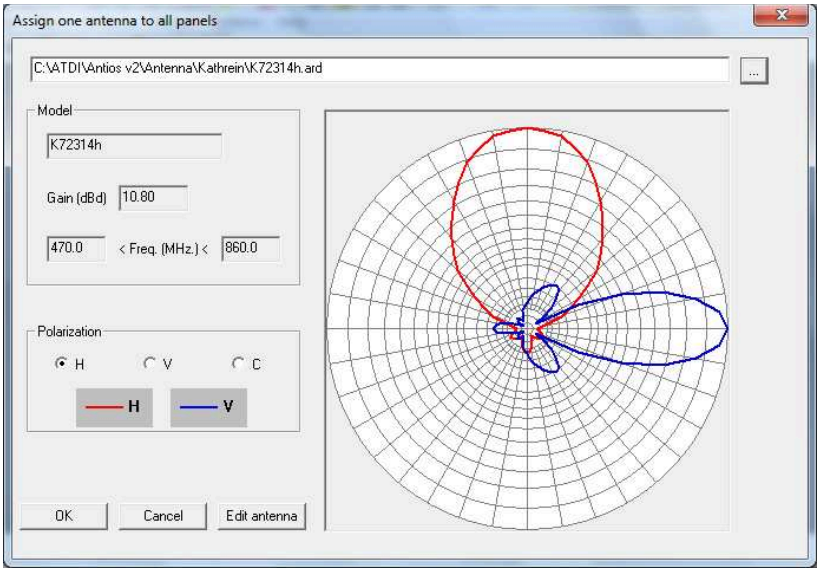


Figura 4. 16 Polarización Horizontal

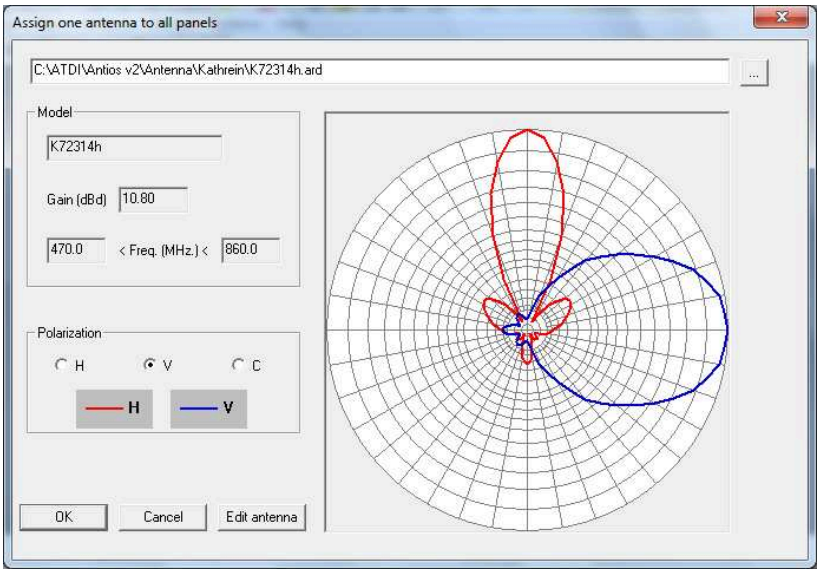


Figura 4. 17 Polarización Vertical

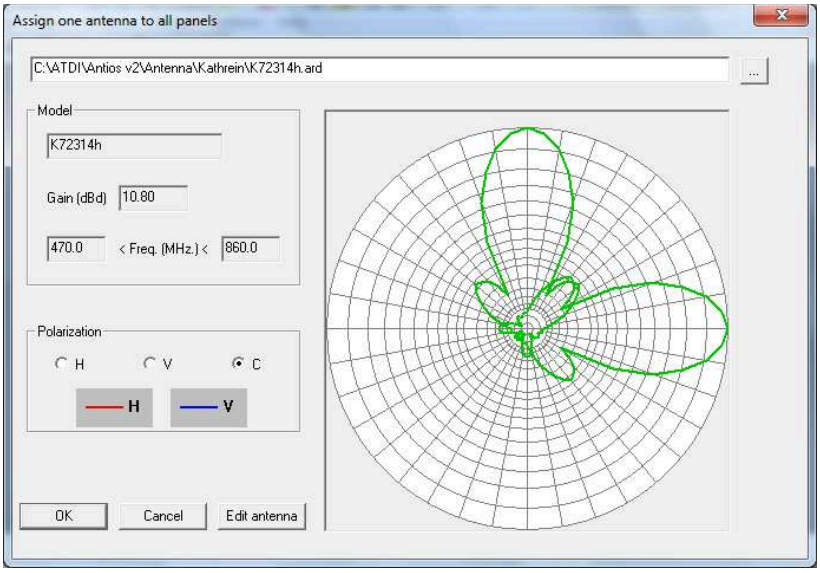


Figura 4. 18 Polarización Circular

4.3.4.2 New/Edit Antenna

La opción *New/Edit Antenna…* permite crear o editar un nuevo modelo de antena. Al seleccionar la opción *New/Edit Antenna…* en el menú *Antenna* aparece la ventana *Load Antenna* (Figura 4.19) en la cual se selecciona el modelo de antena que quiera ser modificado o se escoge el archivo Default.ard para modificarlo conforme a las especificaciones técnicas provistas por el fabricante de una antena en particular.

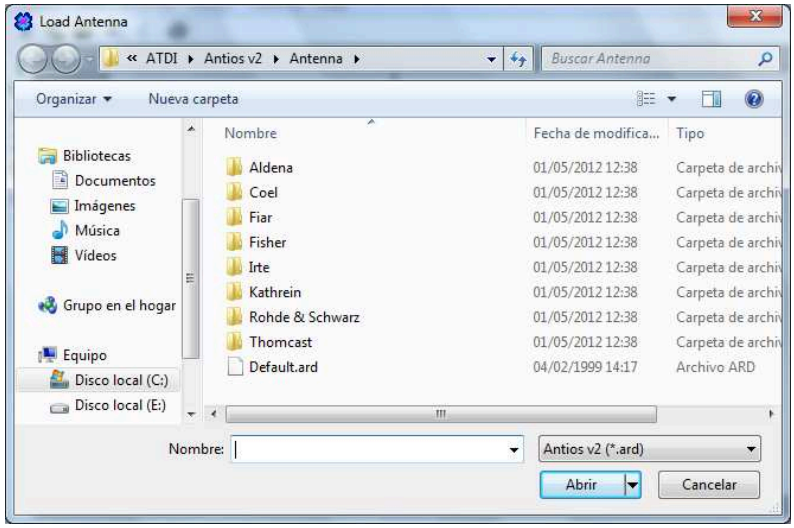


Figura 4. 19 Ventana Load Antenna (para crear una antena)

Procedimientos

1) Clic en Antenna / New/Edit Antenna…
2) En la ventana *Load Antenna* (Figura 4.19) escoger la antena que se desee modificar o utilizar el archivo Default.ard para modificarlo y luego guardarlo como un nuevo modelo de antena.
3) Una vez escogido el modelo se mostrará una ventana con el nombre del fabricante seguido del modelo de la antena, para el archivo Default.ard el nombre de la ventana es *xxxxxxx-465553H105* como se observa en la Figura 4.20.

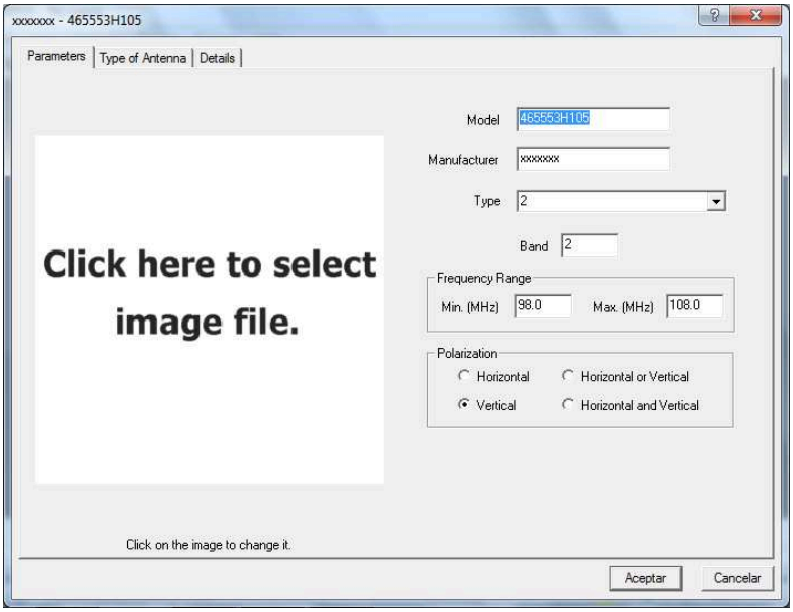


Figura 4. 20 Ventana para la nueva antena – pestaña Parameters

4) En la pestaña *Parameters* (Figura 4.20) se ingresa la siguiente información conforme a los datos provistos por el fabricante de la antena:
   - *Model*: modelo de la antena.
   - *Manufacturer*: nombre del fabricante de la antena.
   - *Type*: el tipo de antena, por ejemplo: 1 dipolo, 1 dipolo con reflector, log periódica, etc.
   - *Band*: el número de la banda de frecuencia en la que trabaja la antena.
   - *Frequency Range*: frecuencia mínima y frecuencia máxima de operación de la antena en MHz.

- *Polarization*: tipo de polarización: Horizontal, vertical, Horizontal o Vertical, Horizontal y Vertical.

5) En la pestaña *Type of Antenna* (Figura 4.21) se ingresa la siguiente información conforme a los datos provistos por el fabricante de la antena:
   - *Dimensions*: dimensiones de la antena en mm. *Width* (ancho) - *Height* (altura) - *Depth* (profundidad).
   - *Weight (kg)*: peso de la antena en [kg].
   - *Impedance (Ohms)*: impedancia de la antena en [Ω].
   - *Max. Power (W)*: potencia máxima en [W].
   - *VSWR*: valor de la relación voltaje a onda estacionaria.
   - *Design Symbol*: símbolo de diseño (es únicamente un símbolo con el cual se identificará a la antena).

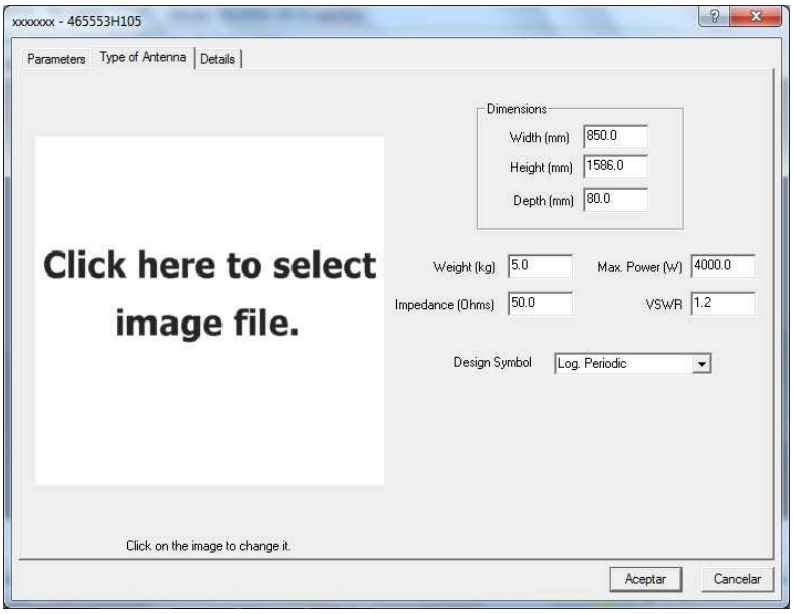


Figura 4. 21 Ventana para la nueva antena – pestaña Type of Antenna

6) En la pestaña *Details* (Figura 4.22) se ingresa la siguiente información conforme a los datos provistos por el fabricante de la antena:
   - *Frequency*: incorporar un valor de frecuencia. Generalmente los fabricantes entregan los patrones de radiación de una antena para la frecuencia media de operación, por lo tanto sería recomendable que el usuario incorpore ese valor de frecuencia durante la creación de un nuevo modelo de antena.
   - *Linear Gain (dB)*: valor de la ganancia de la antena

- *Select Pattern*: se escoge el patrón de radiación que será modificado. Los patrones que pueden ser modificados son: *H* (patrón de radiación horizontal), *V* (patrón de radiación vertical), *H phase* (diagrama de fase horizontal) y *V phase* (diagrama de fase vertical). El fabricante siempre entrega los patrones de radiación horizontal y vertical en forma gráfica. Por lo general ningún fabricante entrega los diagramas de fase de una antena.
- *Step*: se define el paso en grados, es recomendable usar un paso de 5° o 10° ya que el usuario tendrá que obtener los valores de atenuación de las gráficas de los patrones de radiación provistas por el fabricante y estos son factibles de ser obtenidos cada 5° o 10°.

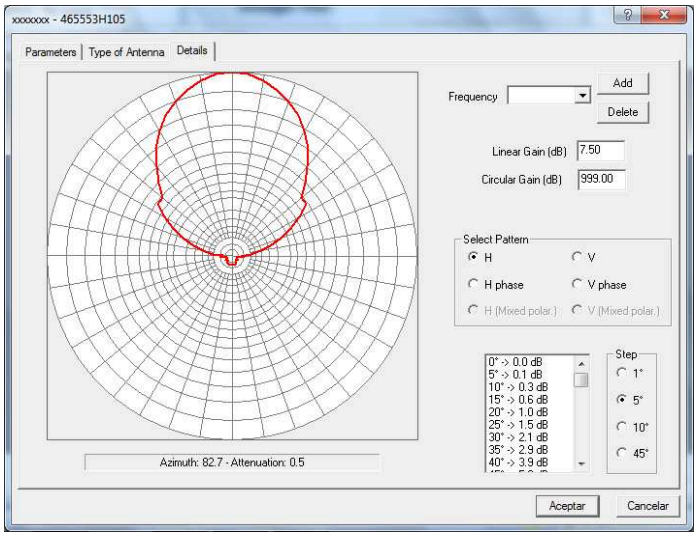


Figura 4. 22 Ventana para la nueva antena – pestaña Details

7) Dar un nombre y guardar el archivo que contendrá el nuevo modelo de antena creado (Figura 4.23).

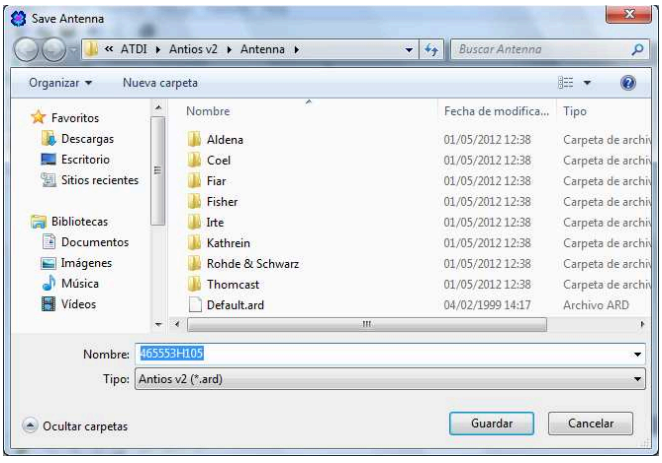


Figura 4. 23 Ventana Save Antenna

4.3.5 MENÚ DESIGN

Para acceder al menú *Design* ubicarse en la barra de menús y hacer clic en *Design* como se muestra en la Figura 4.24.

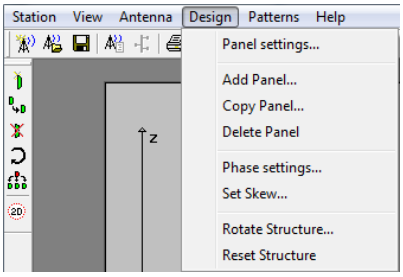


Figura 4. 24 Menú Design

El menú mostrará la lista de todas las opciones (Figura 4.24).

- *Panel settings…*: configuraciones mecánicas y eléctricas de un panel.
- *Add Panel…*: insertar un nuevo panel en la estructura.
- *Copy Panel…*: copiar el panel seleccionado.
- *Delete Panel*: eliminar el panel seleccionado.
- *Phase settings*…: configuraciones de fase.
- *Set Skew…*:
- *Rotate Structure*…: girar toda la estructura un ángulo determinado.
- *Reset Structure*: resetear la estructura al valor por defecto.

4.3.5.1 Panel settings…

La opción *Panel settings…* permite configurar las características mecánicas y eléctricas del panel actualmente seleccionado (en color verde). Para el panel seleccionado, al usar la opción *Panel settings…* se mostrará la ventana *Panel Settings* (Figura 4.25).

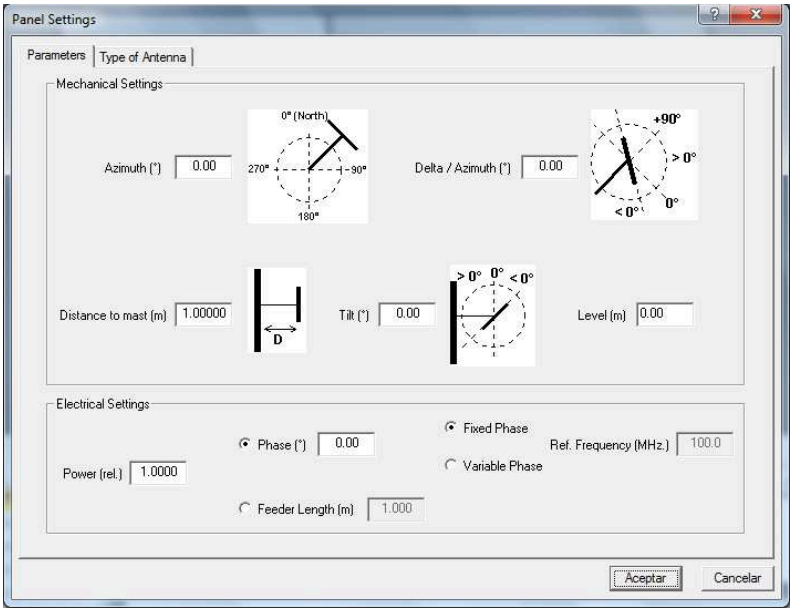


Figura 4. 25 Ventana Panel Settings

En la pestaña *Parameters* de la ventana *Panel Settings* (Figura 4.25) se ingresan los parámetros mecánicos (azimut, delta/azimut, distancia al mástil, tilt y altura) y los parámetros eléctricos (potencia relativa, fase o altura de alimentación, si la fase es constante o variable con respecto a una frecuencia de referencia). En la pestaña *Type of Antenna* se encuentra la antena que se utilizará (véase el numeral 4.3.4.1).

Procedimientos.

1) Seleccionar el panel que se desea configurar (este cambiará a color verde).
2) Clic en Design / Panel Settings…
3) En la ventana *Panel Settings* (Figura 4.25) se ingresan las siguientes configuraciones.

- *Mechanical Settings*: son las configuraciones mecánicas del panel elegido.
  - *Azimuth (°)*: valor del ángulo de azimut en grados (Figura 4.26). El rango que se admite va desde 0-359.99 [°]. El ángulo de azimut se mide desde el norte en sentido horario.

Figura 4. 26 Azimut para el panel

- *Delta / Azimuth (°)*: valor del ángulo (en grados) formado entre el panel y el soporte que lo sujeta al mástil, siendo la línea de referencia igual a 0° cuando el panel es perpendicular al soporte que lo sujeta al mástil (Figura 4.27). Entonces el rango que se admite va desde -90° hasta 90° con respecto a la línea de referencia.

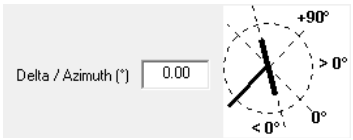


Figura 4. 27 Delta / Azimut para el panel

- *Distance to mast (m)*: distancia entre el mástil y el panel en metros, es decir la longitud del soporte que sujeta el panel al mástil (Figura 4.28).

Figura 4. 28 Distancia al mástil para el panel

Si se tiene un ángulo de inclinación tilt diferente de cero, entonces la distancia al mástil de cada panel debe ser calculada como se muestra a continuación:

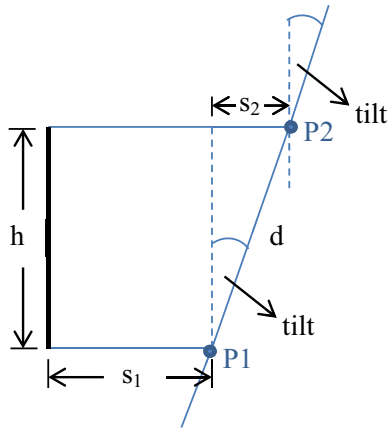


Figura 4. 29 Cálculo de la distancia de separación para dos panels con un tilt determinado

En la Figura 4.29 se muestran 2 paneles *P1* y *P2* separados una distancia *d* que es conocida. El ángulo de inclinación *tilt* (en grados) y la distancia al mástil s_1 del panel *P1* también son datos conocidos. Nos interesa

determinar la distancia s_2 y la altura *h* para lo cual se utiliza las Ecuaciones (4.1) y (4.2):

$$h = d \times \cos(tilt) \quad (4.1)$$

$$s_2 = d \times \sin(tilt) \quad (4.2)$$

Entonces la distancia al mástil para el panel *P2* es igual a $s_1 + s_2$. Si existiera un tercer panel *P3* la distancia al mástil para este sería igual a $s_1 + 2s_2$, y así sucesivamente.

Si el ángulo de inclinación *tilt* es muy pequeño, en el orden de 0° a $\pm 8^o$, se puede utilizar la aproximación $h \approx d$.

- *Tilt (°)*: valor del ángulo (en grados) de inclinación del panel con respecto al suelo, siendo la línea de referencia igual a 0° cuando el panel es perpendicular al suelo (Figura 4.30). Entonces el rango que se admite va desde -90° hasta 90° con respecto a la línea de referencia.

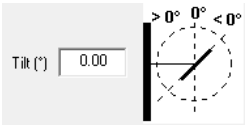


Figura 4. 30 Tilt mecánico para el panel

- *Level (m)*: altura del panel desde el suelo en metros (Figura 4.31).

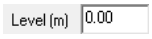


Figura 4. 31 Altura para el panel

- *Electrical Settings*: son las configuraciones eléctricas del panel elegido.
  - *Power (rel.)*: valor de la potencia relativa (Figura 4.32). Si a todos los paneles les es suministrada una misma cantidad de potencia se puede definir la potencia relativa como la unidad. Si la potencia suministrada es diferente, se debe colocar la relación conforme con respecto a la potencia nominal.

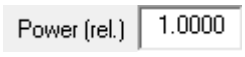


Figura 4. 32 Potencia relativa para el panel

- *Phase (^{o})*: valor, en grados, de la fase de la corriente eléctrica para cada panel (Figura 4.33).

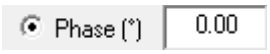


Figura 4. 33 Fase de la corriente electrica para el panel

Además se puede establecer un valor de fase constante (*Fixed Phase*) o variable (*Variable Phase*). En el caso de que se tenga una fase variable se debe definir una frecuencia de referencia en MHz (Ref. Frecuency).

Figura 4. 34 Tipo de fase electrica (fija o variable)

La fase de la corriente de alimentación es uno de los factores que influye en gran medida en la forma del patrón de radiación de un arreglo de antenas. En cuanto a la fase se refiere, se debe considerar si el arreglo es tipo broadside o si es tipo end-fire. La fase depende de la frecuencia de operación y de la distancia de separación entre elementos.

Sea ξ el cambio progresivo de fase, entonces para un arreglo tipo broadside en donde se quiere que el lóbulo principal sea dirigido a $\theta_{mayor} = 90^o$ (radiación perpendicular a la orientación del arreglo), el cambio progresivo de fase debe ser igual a cero $(\xi = 0)$ y la distancia de separación entre elementos $d < \lambda$.

Para un arreglo tipo endfire en donde se quiere que el lóbulo principal sea dirigido a $\theta_{mayor} = 0^o$ o $\theta_{mayor} = 180^o$ (radiación en la misma orientación del arreglo), el cambio progresivo de fase para $\theta_{mayor} = 0^o$ debe ser $\xi = -kd$ y para $\theta_{mayor} = 180^o$ debe ser $\xi = kd$, donde $k = -2\pi/\lambda$ y d es la distancia de separación entre elementos, además $d < \lambda$. Luego la fase para 1,2,3,4… elementos será 0, $\pm kd$, $\pm 2kd$, $\pm 3kd$… respectivamente.

El cambio progresivo de fase ξ se encuentra en radianes, para obtener su valor en grados simplemente se debe multiplicar el valor obtenido por $180^o/\pi$.

- *Feeder Lenght (m)*: es la longitud de la línea de alimentación, en otras palabras es la dimensión de la línea de transmisión que alimenta a la antena desde el distribuidor de potencia (también conocido como divisor). En el software Antios se hace referencia a esta longitud debido a que sirve en lugar del cambio progresivo de fase, ya que tiene una relación directa con este. En la práctica se calcula esta dimensión para obtener el cambio progresivo de fase deseado y también para obtener un tilt eléctrico en lugar de un tilt mecánico.

Para un arreglo tipo broadside, si se desea un tilt eléctrico θ_V en grados y siendo d la distancia de separación entre elementos, la diferencia de fase entre elementos expresada en grados es $\xi = -kd(180^o/\pi)\sin\theta_V$. Entonces la longitud de la línea de alimentación $d' = -d\sin\theta_V$. Se puede observar que cuando el tilt eléctrico θ_V es un ángulo positivo, d' toma un valor negativo. En este caso se ubica el distribuidor de potencia en la parte superior del arreglo; siendo la dimensión de la línea de alimentación del elemento superior la más pequeña y la del elemento inferior la más grande.

Para un arreglo tipo endfire, todo cambio en la longitud de la línea de alimentación (o la fase) afectan al patrón de radiación horizontal, más no al vertical; pudiendo utilizarse cualquiera de los dos parámetros en el software Antios (*Phase* o *Feeder Lenght*). Entonces para un arreglo tipo endfire no existe la definición de tilt eléctrico, y solo es aplicable un tilt mecánico.

Además de lo anterior, y aunque el software Antios no utiliza este valor para la información que se presenta a continuación, una línea de transmisión tiene una impedancia característica específica y esa impedancia se debe adaptar a la impedancia de la antena y el transmisor,

para transferir la potencia a la antena de forma eficiente. Para obtener la impedancia requerida se calcula la longitud de la línea de alimentación, es esta distancia la que transformará la impedancia del punto de alimentación en la cantidad resistiva que se requiera para el acoplamiento de impedancias. Si estas impedancias no son iguales, puede causar una condición llamada ondas estacionarias (SWR) en la línea de alimentación, en donde la energía de RF se refleja de vuelta hacia el transmisor, desperdiciando la energía y posiblemente sobrecalentando el transmisor.

En la práctica también se considera la velocidad de propagación de la línea de transmisión ($V_p = c/\sqrt{\varepsilon}$) que usualmente viene expresada en porcentaje. Entonces para una frecuencia de operación f en MHz, la longitud de alimentación de un cable de $n\lambda$ (con $0 < n < 1$) para la frecuencia f es $n\lambda_c = n\lambda V_p = n(c/f)V_p \ \ [m]$.

4) Presionar el botón *Aceptar* para finalizar la configuración del panel.

4.3.5.2 Add Panel…

La opción *Add Panel…* permite incorporar un nuevo panel a la estructura. Al usar esta opción aparece la ventana *Panel Settings* (Figura 4.25) en la cual se configura las características mecánicas y eléctricas como se especifica en el numeral 4.3.5.1.

4.3.5.3 Copy Panel…

La opción *Copy Panel…* permite realizar una o varias copias del panel seleccionado (en color verde). Para el panel seleccionado, al usar la opción *Copy Panel…* se mostrará la ventana *Copy Panel* (Figura 4.35).

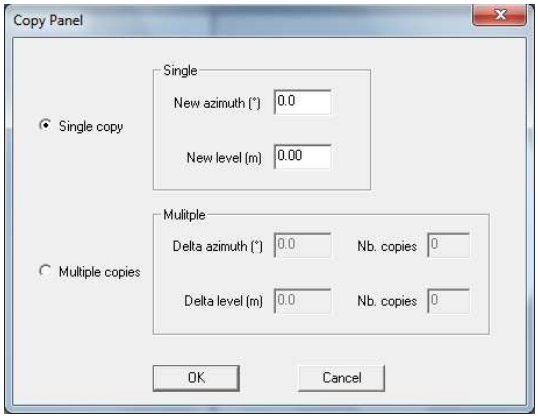


Figura 4. 35 Ventana Copy Panel

Procedimientos.

1) Seleccionar el panel que se desea copiar (este cambiará a color verde).
2) Clic en Design / Copy Panel…
3) En la ventana *Copy Panel* (Figura 4.35) se elige la entre las opciones *Single copy* o *Multiple copies*:

- *Single copy*: permite realizar una copia a la vez, escogiendo el azimut y la altura en las cuales el nuevo panel será ubicado.
  - *New azimuth (°)*: valor del azimut en grados que tendrá la copia del panel.
  - *New level (m)*: valor de la altura en metros que tendrá la copia del panel.

- *Multiple copies*: permite realizar varias copias del panel indicando el número de copias que se desean, y para esto se presentan las opciones *Delta azimuth* y *Delta level*:
  - *Delta azimuth (°)*: valor de la diferencia, en grados, entre el azimut del panel original y los paneles subsiguientes.
  - *Delta level (m)*: valor de la diferencia, en metros, entre la altura del panel original y los paneles subsiguientes en orden ascendente.
  - *Nb. copies*: número de copias que se requieren.

4.3.5.4 Phase settings…

La opción *Phase settings…* permite configurar la fase de todos los paneles que se encuentren en un mismo azimut se forma simultánea (Figura 4.36).

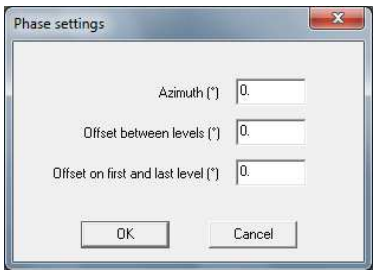


Figura 4. 36 Opción Phase settings

Procedimientos.

1) Una vez colocados todos los paneles que conforman el arreglo, sin haber configurado previamente la fase de cada uno (el valor de la fase de cada panel es igual a cero), hacer clic en Design / Phase settings…
2) En la ventana *Phase settings* se ingresan los siguientes parámetros:

- *Azimuth (^{o})*: valor del azimut en grados que tienen los paneles en los cuales se desea configurar el cambio progresivo de fase.
- *Offset between levels (^{o})*: valor del cambio progresivo de fase en grados.
- *Offset on first and last level (^{o})*: valor de la diferencia de fase entre el primer y el último panel. Usualmente este valor es igual a cero y se trabaja únicamente con el cambio progresivo de fase.

4.3.5.5 Set Skew…

La opción *Set Skew…* permite ingresar el valor de separación (o skew) en metros (Figura 4.37).

Figura 4. 37 Opción Set Skew

Esta opción permite realizar la separación de los paneles y el cambio de *Azimuth* y *Delta / Azimuth* para obtener un diagrama de radiación que minimice la interacción entre los paneles y la estructura de soporte (mástil). El Skew usualmente se aplica a sistemas de alta potencia UHF con cuatro paneles que tengan una separación en azimut de 90° entre si, haciendo referencia al "Skew Antenna System" de Victor J. Andrew. En la Figura 4.38 se muestra un sistema de cuatro paneles para UHF (675 MHz) con una separación en azimut de 90° entre si (distancia entre el mástil y cada panel de 0.3 m) y sus respectivos diagramas de radiación. En la Figura 4.39 se muestra el mismo sistema pero aplicando un Skew de 0.3 m y sus respectivos diagramas de radiación (el diagrama de radiación horizontal se asemeja a un trébol de cuatro hojas).

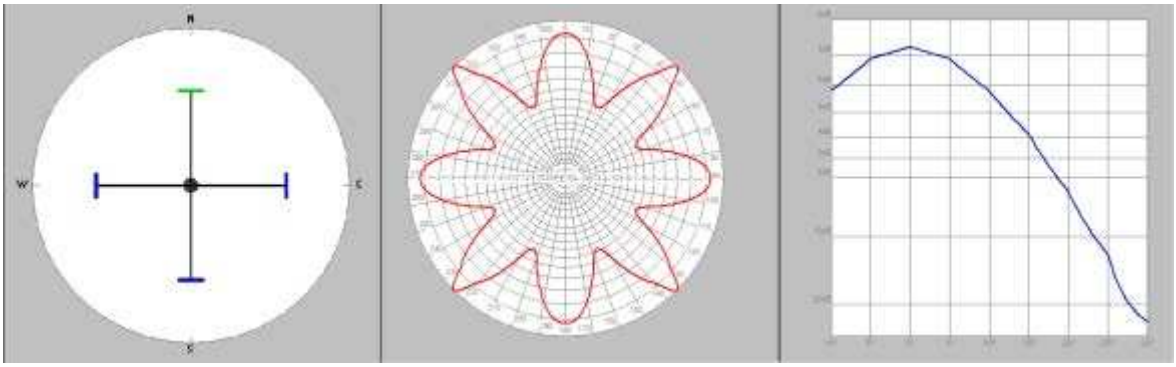


Figura 4. 38 Diagramas de radiación para un sistema UHF omnidireccional.

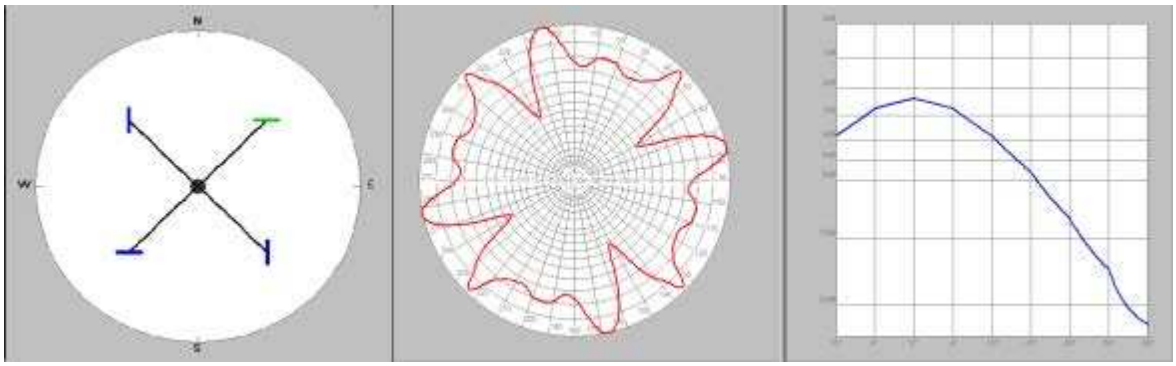


Figura 4. 39 Diagramas de radiación para el sistema UHF de la Figura 3.38 aplicando el skew

4.3.6 MENÚ PATTERNS

Para acceder al menú *Patterns* ubicarse en la barra de menús y hacer clic en *Patterns* como se muestra en la Figura 4.40.

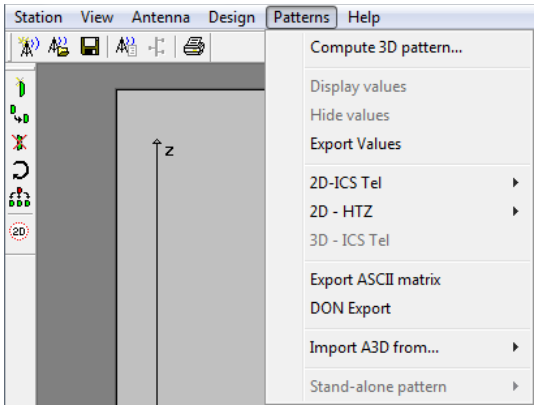


Figura 4. 40 Menú Patterns

El menú mostrará la lista de todas las opciones (Figura 4.40).

- *Compute 3D patterns…*: calcula el patrón de radiación del arreglo en 3D
- *Display values*: muestra los valores de ganancia, directividad, azimut y elevación del arreglo.
- *Hide values*: oculta los valores
- *Export Values*: crea un archivo con extensión .txt que contiene los valores de ganancia, directividad, azimut y elevación del arreglo.
- *2D-ICS Tel*: crea los archivos con extensión .SPH y .SPV que utiliza el software ICS Telecom para los patrones de radiación en 2 dimensiones.
- *2D-HTC*: crea los archivos con extensión .H y .V que utiliza el software HTC-Warfare para los patrones de radiación en 2 dimensiones.
- *3D-ICS Tel*: crea un archivo con extensión .A3D que utiliza el software ICS Telecom como patrón de radiación en 3 dimensiones.
- *Export ASCII matrix*: crea un archivo con extensión .txt en formato ASCII que contiene la información del patrón de radiación del arreglo de antenas.
- *DON Export*: crea un archivo con extensión .don que contiene información de la estructura del arreglo, la frecuencia, la ganancia y los patrones de radiación.

- *Import A3D from…*: importa archivos con extensión .pat de Aldena al software Antios.

4.3.6.1 Compute 3D patterns…

La opción *Compute 3D patterns…* calcula los patrones de radiación horizontal y vertical del arreglo. Al usar la opción *Compute 3D patterns…* se mostrará la ventana *Start pattern calculation* (Figura 4.41).

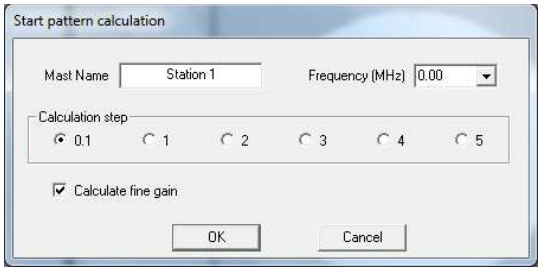


Figura 4. 41 Ventana Start pattern calculation

Procedimientos.

1) Una vez colocados y configurados todos los paneles que conforman el arreglo, hacer clic en Patterns / Compute 3D patterns…
2) En la ventana *Star pattern calculation* se escoge los siguientes parámetros:

- *Frequency (MHz)*: se escoge el valor de la frecuencia de operación.
- *Calculation step*: define cada cuantos pasos se realizarán los cálculos para los patrones de radiación del arreglo. Entre menor sea el paso, mayor cantidad de cálculos se realizarán y el patrón de radiación resultante se apegará más a la realidad.
- *Calculate fine gain*: aumenta la precisión en el cálculo de la ganancia en la dirección de máxima radiación del arreglo.

3) Presionar el botón *OK* y el software calculará y mostrará los patrones de radiación horizontal y vertical del arreglo.

4.3.6.2 Display values

La opción *Display values* muestra los valores de ganancia, directividad, azimut y elevación del arreglo. Al usar la opción *Display values* se muestra la ventana *Values* (Figura 4.42).

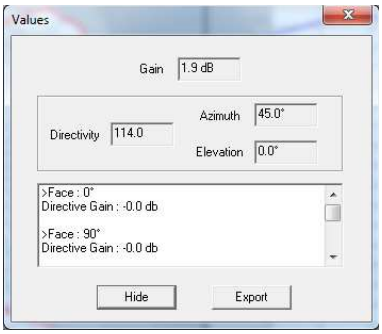


Figura 4. 42 Ventana Values

4.3.6.3 Export Values

La opción *Export Values* crea un archivo con extensión .txt que contiene todos los parámetros que se muestran en la ventana *Values* (Figura 4.42). Al usar esta opción se muestra la ventana *Export Values* (Figura 4.43) en la cual se da un nombre al archivo y se presiona el botón *Guardar*.

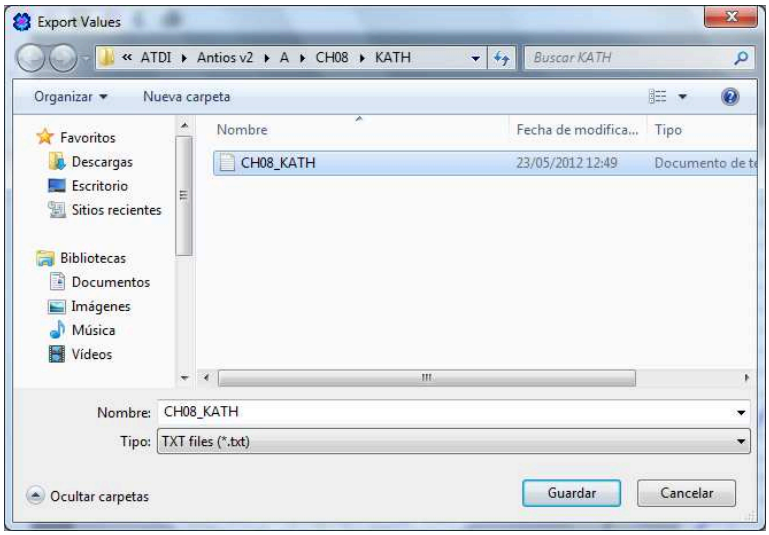


Figura 4. 43 Ventana Export Values

4.3.6.4 2D-ICS Tel

La opción *2D-ICS Tel* crea dos archivos, uno con extensión .SPH que corresponde al patrón de radiación horizontal del arreglo y otro con extensión .SPV que corresponde al patrón de radiación vertical del arreglo. Ambos archivos se utilizan en el software ICS Telecom para los patrones de radiación.

Procedimientos.

1) Una vez calculados los patrones de radiación en el software Antios (numeral 4.3.6.1), clic en Patterns / 2D-ICS Tel / .SPH (Figura 4.44).

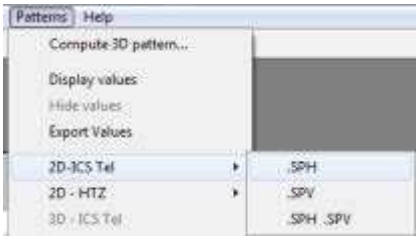


Figura 4. 44 Elección del archivo .SPH

2) En la ventana *Save H pattern* (Figura 4.45), seleccionar la ruta en la que se desea guardar el archivo, dar un nombre al mismo y presionar el botón *Guardar*. En este paso se guarda el archivo con extensión .SPH correspondiente al patrón de radiación horizontal que se obtuvo para el arreglo.

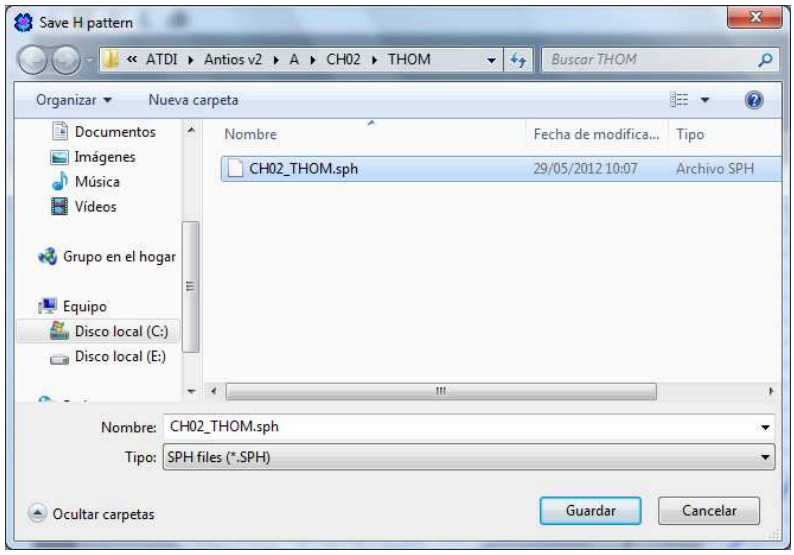


Figura 4. 45 Grabación del patrón de radiación horizontal

3) Clic en Patterns / 2D-ICS Tel / .SPV (Figura 4.46).

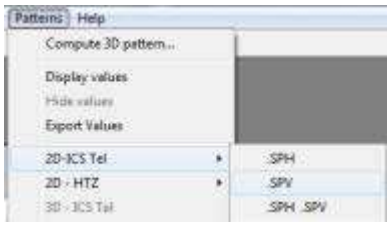


Figura 4. 46 Elección del archivo .SPV

4) En la ventana *Azimuth of V pattern* (Figura 4.46) se ingresa el valor del azimut en grados con el que se desea que el patrón de radiación vertical sea exportado. Esto sirve para la creación del patrón de radiación en 3D en el ICS Telecom para lo cual se necesitan los patrones verticales con azimuts de 0°, 90°, 180° y 270°.

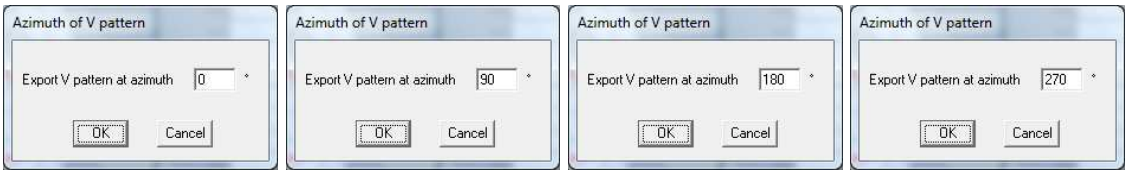


Figura 4. 47 Valor del ángulo de azimut con el que se exporatarán los patrones de radiación verticales (0°, 90°, 180° y 270°)

5) En la ventana *Save V pattern* (Figura 4.48), dar un nombre al archivo y presionar el botón *Guardar*. En este paso se guardan los archivos con extensión .SPV correspondiente los patrones de radiación vertical para los azimuts de 0°, 90°, 180° y 270° que se obtuvieron para el arreglo.

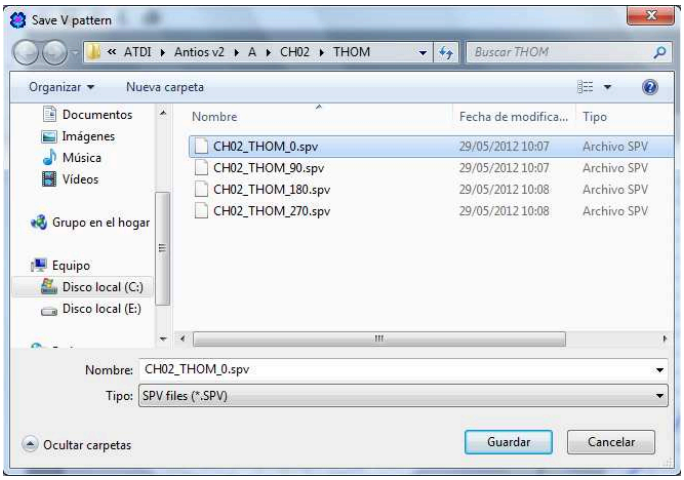


Figura 4. 48 Grabación de los patrones de radiación verticales para 0°, 90°, 180° y 270°

4.4 PASOS INICIALES EN EL SOFTWARE ICS TELECOM

En esta sección, el usuario encontrará los pasos básicos en la creación y visualización de un proyecto en el ICS Telecom.

4.4.1 EL PROYECTO

El Proyecto es el espacio de trabajo del ICS Telecom. Contiene los enlaces hacia archivos que se utilizarán para ejecutar un análisis en el ICS Telecom. Cada archivo es una capa que provee diversa información tomada en cuenta en los cálculos: capas cartográficas para obtener información altimétrica, para las ubicaciones de los sitios (X, Y), para la información de la altura de las construcciones, y para información del clutter, una capa de red para los parámetros y ubicación de los elementos de la red, una capa de resultados de simulación, una capa de vectores.

Las capas se organizan en el proyecto como se muestra en la Figura 4.49:

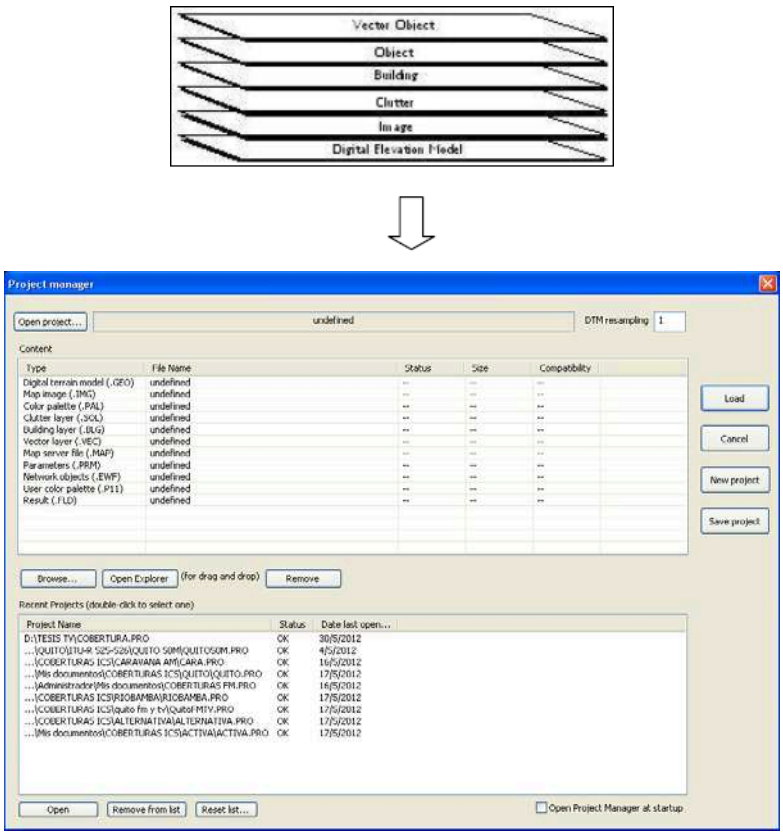


Figura 4. 49 Modelo de capas del software ICS Telecom

El proyecto se almacena en un archivo con extensión .pro que sólo contiene enlaces a los demás archivos. En esta sección se describen los pasos básicos para crear un proyecto, para mostrar las capas, y para gestionar el proyecto.

4.4.1.1 Creación de un Proyecto.

La creación de un Proyecto es el primer paso en el uso del ICS Telecom. El proyecto se compone de varias capas: capas cartográficas, capa de resultados de niveles de intensidad de campo eléctrico y la capa de objetos.

Sólo un archivo es esencial para crear un proyecto: el archivo altimétrico o DEM (Modelo de Elevación Digital), identificado con la extensión geográfica .geo, o .idr si el proyecto se refiere a un estudio Indoor. Las otras capas se pueden añadir progresivamente durante el uso del ICS Telecom. El siguiente procedimiento describe la creación de un proyecto utilizando los archivos cartográficos que posee la Superintendencia de Telecomunicaciones.

Procedimientos.

1) Seleccionar (botón izquierdo) la función Files / Project Manager
2) La ventana *Project Manager* se mostrará en la pantalla (Figura 4.50)

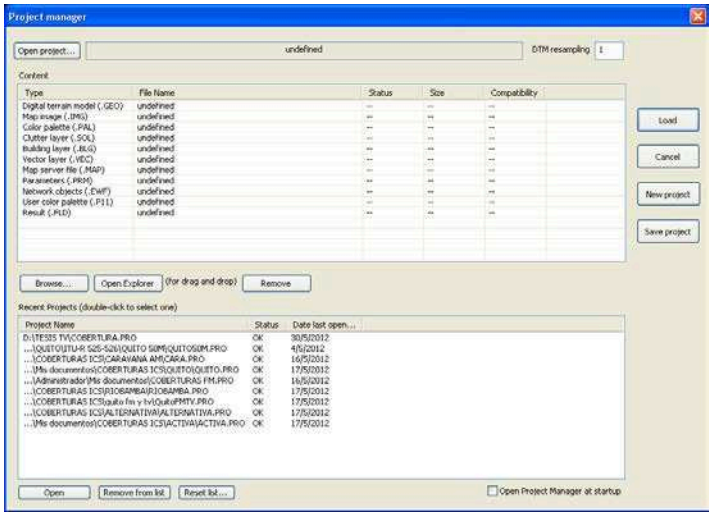


Figura 4. 50 Ventana Project Manager

Seleccionar (botón izquierdo) el comando *New* reiniciara la ventana. Ahora, el usuario debe generar el proyecto y elegir todos los archivos que se insertarán en el mismo.

3) Clic (botón izquierdo) sobre la línea *Digital terrain model (.GEO)*. En el cuadro de archivos, designar el archivo de altimetría *ecua_50_utm.geo* y confirmar pulsando *OK*
4) Clic en (botón izquierdo) sobre la línea *Map image (.IMG)*. En el cuadro de archivos, designar el archivo *politico_50m.img* y confirmar pulsando *OK*
5) Clic en (botón izquierdo) en la línea *Color palette (.PAL)*. En el cuadro de archivos, designar el archivo *politico_50m.pal* y confirmar pulsando *OK*
6) Seleccionar (botón izquierdo) el comando *Save project* para guardar el proyecto bajo un nuevo nombre
7) Cargar este proyecto y validar la selección presionando (botón izquierdo) el botón *Load*

4.4.1.2 Visualización del Proyecto.

Los archivos contenidos en el proyecto pueden ser visualizados en 2 o 3 dimensiones. El menú *Map* agrupa las opciones de visualización. El primer archivo que se mostrará, es el archivo de imagen, o el archivo DEM si el proyecto no contiene ningún archivo de imagen. El archivo se muestra en su totalidad en la zona central de la pantalla, independientemente de su tamaño. El porcentaje de zoom necesario para esta operación es calculado automáticamente por el ICS Telecom.

Procedimientos

Visualización en 2 dimensiones

Capa *DEM*

1) Mantener el proyecto cargado. El archivo de imagen se visualiza en la pantalla
2) Seleccionar (botón izquierdo) la opción Map / 2D display / DEM layer
3) El archivo altimétrico del proyecto se muestra en 2 dimensiones

Capa *Image*

1) Seleccionar (botón izquierdo) la opción Map / 2D display / Clutter layer
2) El archivo de imagen del proyecto se volverá a mostrar en 2 dimensiones

4.5 HERRAMIENTAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM

En esta sección se describe cada herramienta que se utiliza en lo que a predicción de cobertura de sistemas de radiodifusión se refiere, así como el uso de procedimientos para cada una.

4.5.1 HERRAMIENTA LAYER

La herramienta *Layer* da acceso a una lista que contiene varios tipos de capas 2D que se pueden mostrar. Al hacer clic izquierdo en la herramienta se muestra la lista de capas 2D:

Figura 4. 51 Lista de capas en 2D

La capa con el visto es la que se muestra ese momento en el terreno.
Las correspondencias entre “capas y visualización en 2D” y las opciones de “análisis de Redes” de interés son:

- DEM: Map / 2D display / DEM layer
- Image: Map / 2D display / Image layer
- Field strength: Map / 2D display / Field strength layer - Coverage / Network analysis / Composite coverage display

4.5.2 HERRAMIENTA GRID STEP

Esta herramienta permite al usuario calcular los parámetros de las zonas en función del número de píxeles en el archivo que se van a tomar en cuenta en las simulaciones. Los archivos cartográficos en el ICS Telecom son archivos RASTER[27], lo que significa que el archivo se compone de un cierto número de píxeles.

Por defecto, todos los píxeles en el archivo se tienen en cuenta en los cálculos de simulación (Grd=1); sin embargo, el usuario puede reducir el número de cálculos a un número exacto de píxeles en el archivo. Por lo tanto, si el usuario elige Grd=2, sólo 1 de cada 2 píxeles será tomado en cuenta (Grd = 3, 1 de cada 3, etc…). Los tiempos de cálculo se aceleran de esta manera.

Nota:

a) El valor Grid influirá en el cálculo de resolución y la precisión de los resultados. Un cálculo realizado con grid = 1 es más preciso que un cálculo realizado con grid = 3. Los resultados deben ser analizados de acuerdo con el valor de Grid aplicado al cálculo.
b) Para la simulación hecha con un grid > 1, la cobertura resultante se guarda re-muestreada por el valor de grid. Los puntos no calculados se calculan mediante una interpolación de 4 direcciones.
c) Con un grid > 1, no se puede usar la función Tools / Circular calculation limit.

[27] Archivo Raster: división de la zona geográfica en una retícula o malla regular de pequeñas celdas a las que se denomina píxeles y se les atribuye un valor numérico como representación de su valor temático.

Procedimientos

1) Clic en el icono Grid step
2) Ingresar la proporción requerida en el cuadro de entrada de datos. El valor debe estar entre 1 y 10.
3) La relación se aplica a todos los cálculos de simulación posteriores. La simulación de cobertura resultante se muestra con la misma proporción.

4.5.3 HERRAMIENTA FS LIMIT

Esta herramienta permite definir la intensidad de campo eléctrico mínimo que será tomada en cuenta durante las simulaciones.

Figura 4. 52 Cuadro de ingreso Threshold

Varias opciones son mostradas al usuario mediante un menú emergente que aparece cuando la herramienta es seleccionada (botón izquierdo):

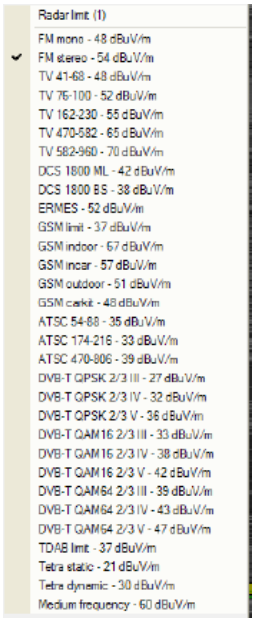


Figura 4. 53 Lista de valores de umbrales de recepción de acuerdo al tipo de señal

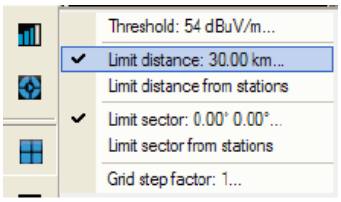
Procedimientos

1) Hacer clic sobre el icono *FS limit* para seleccionar la herramienta (botón izquierdo)
2) Seleccionar (botón izquierdo) la opción en el menú emergente
3) Si la opción *User defined* se ha seleccionado, entonces a continuación se introduce el valor de intensidad de campo en dBµV/m en el cuadro de ingreso de datos que aparece (utilizar la función Tools / Field strength converter para convertir los valores en dBµV/m).

   Cuando el umbral del receptor es mayor que 0, sólo las intensidades de campo eléctrico contenidas en la cobertura que sean mayores que el umbral se mostrarán.

   Al ingresar el valor de 0 se aplicará el umbral de intensidad de campo eléctrico que se haya definido en la ficha Advanced de la ventana Tx / Rx parameters de cada elemento.
4) Para la opción *User defined*, el valor elegido se muestra en el menú emergente. Si un *service field strength* se selecciona, un visto indica qué servicio se va a aplicar.

4.5.4 HERRAMIENTA DISTANCE LIMIT



Esta herramienta permite al usuario determinar un límite de zona para la simulación en el terreno. Permite acelerar los tiempos de cálculo evitando los cálculos la intensidad de campo eléctrico más allá de la distancia dada. El límite de distancia de la simulación puede ser modificada durante un cálculo sin tener que ejecutar otra simulación.

Existen dos opciones:

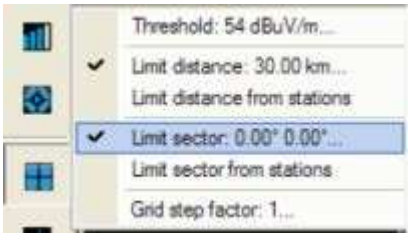
- *Global distance*: el sistema aplicará a todos los elementos un límite global de distancia definido por un radio en kilómetros. La distancia límite se mostrará en el menú emergente.
- *Distance from stations*: el sistema aplicará la distancia límite definida para cada elemento en la ventana Tx Rx parameters (Site tab - campo de datos *Limit dist.*).

Procedimientos

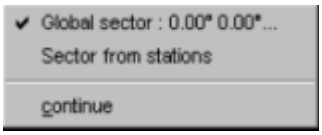
1) Hacer clic sobre el icono *Distance limit*.
2) En el menú emergente, seleccione una de las dos opciones (botón izquierdo).
3) En caso de elegir *global distance*, un cuadro de ingreso de datos se muestra. Introducir el radio en kilómetros para definir el límite global de distancia en torno a cada elemento.
4) Las simulaciones se llevarán a cabo de acuerdo con la elección realizada; y como resultado de esta simulación, será vista en la pantalla una cobertura con un radio igual al valor definido. La cobertura de las redes simuladas a través de la función Coverage / Network calculation también se limitarán a esta distancia una vez que se guarde en el archivo de objetos asociados (.ewf) y en la base de datos.

Por defecto, la cobertura tiene un límite de cálculo cuadrado. Mediante la selección de la función Tools / Circular calculation limit, la cobertura tendrá un límite de cálculo circular.

4.5.5 HERRAMIENTA SECTOR LIMIT



Esta herramienta permite al usuario definir una sección angular para apuntar hacia los transmisores. Esta herramienta ofrece dos opciones distintas:



- *Global sector*: el sistema aplicará a todos los elementos un sector global definido por un ángulo de inicio y un ángulo final. El sector definido se mostrará en el menú emergente.
- *Sector from stations*: el sistema aplicará los diferentes sectores definidos para cada elemento en el cuadro de parámetros (campo *Sector*).
- *continue*: se cierra el menú emergente sin elección.

Procedimientos

1) Hacer clic sobre el icono *Sector Limit* para seleccionar la herramienta (botón izquierdo).
2) En el menú emergente, seleccione una de las opciones.
3) Para el caso de *Global sector*, introducir en el cuadro de ingreso de datos el ángulo inicial y el ángulo final que definirán el sector global que se aplicará a todos los elementos simulados:
   Start: ángulo inicial en grados.
   End: ángulo final en grados.

Después de definir el parámetro, las simulaciones se llevarán a cabo de acuerdo con la opción elegida. Como resultado, la cobertura de esta simulación se verá en función de este sector.

4.5.6 HERRAMIENTA TX/RX MODE

Después de crear o cargar un proyecto, (función Files / Project Manager), la instalación de un elemento de comunicación es el segundo paso necesario para acceder a otras funciones del ICS Telecom.

El modo Tx/Rx es una utilidad de gestión de elementos de comunicaciones. No sólo permite la instalación de elementos fijos (Tx/Rx, DF, Radar, Satélite), sino que también permite la definición de los parámetros, futuras modificaciones, etc.

Las diferentes opciones permiten la gestión de los elementos de comunicación. El acceso a estas opciones se logra mediante la activación del *Tx/Rx Mode*, eligiendo visualmente o introduciendo manualmente las coordenadas del sitio de un nuevo elemento o el icono de un elemento ya existente en el terreno. El botón izquierdo del ratón se utiliza para acceder a diferentes menús emergentes.

Acceso a los menús emergentes.

Los dos menús emergentes se muestran ya sea haciendo clic derecho sobre cualquier punto del terreno, o seleccionando el icono de un elemento y dando clic izquierdo una vez sobre el icono.

1) En el primer caso, un menú preliminar mostrará la lista de todos los elementos disponibles en el sitio seleccionado, y ofrecerá una opción que permite la configuración de un nuevo elemento en el sitio seleccionado.

Figura 4. 54 Modo TX/RX-Menú emergente (clic derecho sobre un punto del terreno)

- *TR 0001 – 25188*: Identificación de uno de los elementos presentes en el sitio: tipo de elemento (TR para un Tx/Rx, DF para un buscador de Dirección, RD para un Radar, SA para una estación satelital, MW para Microondas, US para usuario), el número de elemento (00+número del icono), y el distintivo (*call sign*) del elemento. La selección de un elemento se realiza directamente en la lista usando el ratón (botón izquierdo).
- *Continue*: abre el mismo menú emergente que se abriría cuando se hace clic sobre un solo punto en el terreno (botón izquierdo)

Un segundo menú mostrará la lista de todas las opciones cuando se selecciona un elemento en particular, como se muestra arriba.

- *Move*: para mover el elemento seleccionado a otro sitio.
- *Duplicate*: para crear un elemento idéntico al elemento seleccionado.
- *Parameters*: Para acceder a la ventana Tx/Rx parameters del elemento seleccionado.
- *Constraints*: Para obtener parámetros de las limitaciones que tiene la zona en donde se encuentra el elemento seleccionado

- *Add to Tx/Rx list*...: Guardar un nuevo registro con los parámetros de la estación considerada en la lista de parámetros de Tx/Rx (Database => Other database => Tx/Rx parameters database).
- *De-activate / activate*: para desactivar o activar el elemento seleccionado.
- *Isolate*: para aislar el elemento seleccionado del resto de elementos.
- *Set as reference*: para establecer el elemento seleccionado como punto de referencia para el cálculo de la distancia utilizando el ratón (igual que la función F2).
- *Add Tx/Rx*: para añadir un nuevo elemento Tx/Rx en el sitio designado por el cursor.
- *Add DF*: para añadir un nuevo elemento DF en el lugar designado por el cursor
- *Add jammer*: para añadir un nuevo jammer en el sitio designado por el cursor
- *Bearing*: para obtener parámetros y añadir un rumbo para el buscador de dirección (DF) seleccionado.
- *Database search*: para verificar la presencia del elemento seleccionado en la Station database.
- *Database export*: para exportar el elemento seleccionado en la Station database.
- *Coverage Calculation*: para calcular la cobertura del elemento seleccionado.
- *Display Coverage*: para mostrar la cobertura presente en la memoria del elemento seleccionado.
- *Attach Coverage*: para asociar la cobertura presente en la memoria del elemento seleccionado.
- *Profile to*: para calcular el perfil desde el elemento seleccionado hasta otro elemento presente en el terreno.
- *Profile from*: para calcular el perfil para el elemento seleccionado desde otro elemento presente en el terreno.
- *Link to (1 way)*: crear un enlace unidireccional entre dos estaciones.
- *Link to (2 ways)*: crear un enlace bidireccional entre dos estaciones.

- *Report*: vuelo horizontal, coordinación de frontera, coordinación del contorno, altura efectiva e informes de correlación punto a punto establecidos para el elemento seleccionado.
- *Point to point*: opciones de cálculo punto a punto: Threshold impairment, I/N, Receiving, Signal from mobile y Signal to mobile.
- *Search site*: Dibuja una cobertura de intensidad de campo eléctrico con el fin de encontrar lugares en los que se pueda agregar un sitio de conexión.
- *Coverage*: opciones de cálculo de interferencia y asignación.
- *DELETE*: Para eliminar definitivamente el elemento seleccionado.
- *Pop-up menú setup*: Permite establecer opciones específicas del usuario en este menú.

2) En el segundo caso, un menú con las siguientes opciones se muestra haciendo clic izquierdo una vez en cualquier punto del terreno.

Figura 4. 55 Modo TX/RX-Menú emergente (clic izquierdo sobre un punto del terreno)

- *Add Station*: Añade una estación Tx/Rx o DF en el lugar donde el cursor apunta en el mapa.
- *Re-center*: Re-centra la pantalla en el lugar donde el cursor apunta en el mapa.
- *Change Map...*: Permite al usuario cambiar la capa Imagen del proyecto
- *3D view*: Cambia la visualización a 3 dimensiones
- *Highest Point*: Busca la mayor altitud en torno al punto
- *Find Altitude*: Busca la altura dada en torno al punto
- *Subscriber Parameters*: Permite establecer diversos parámetros para los suscriptores.
- *Move Subscriber*: Permite mover el suscriptor a otra ubicación en el mapa.
- *Add Subscriber*: Añade un nuevo suscriptor en el lugar señalado por el cursor.
- *View Subscriber*: Muestra los suscriptores en el mapa, incluso si la opción "*display subscribers*" no está activada
- *Subscriber Control*: Ejecuta un cálculo sobre los suscriptores considerados, dando la señal de Llamada, la dirección, la frecuencia, la polarización, la Intensidad de Campo recibida desde la estación matriz, la distancia desde la estación matriz, el acimut, el tráfico y el C/I.
- *3D view to parent…*: Muestra una vista en 3D lado desde el suscriptor hasta la matriz.
- *Subscriber interference*: Proporciona un informe de la interferencia que genera el suscriptor a todas las estaciones en el mapa.
- *Profile sub to*: Muestra el perfil entre el suscriptor y la estación matriz o una estación seleccionada.
- *Profile sub from*: Muestra el perfil entre la estación matriz o una estación seleccionada y el suscriptor.
- *Vector Info*: Muestra información sobre el vector que va a ser seleccionado de la lista de vectores activos.
- *Add vector*: Agregar el tipo de vector seleccionado.
- *Select Vector*: Activa, desactiva o aísla el vector seleccionado.

- *Move Vector*: Mueve el vector a una de la opciones siguientes: punto de mayor elevación o vértice más cercano del polígono.
- *Delete Vector*: se elimina permanentemente el vector.
- *Localize*: Opción de búsqueda de dirección
- *Path analysis*: Genera un informe sobre varios análisis de ruta para la estación base más cercana. Las opciones disponibles son *Tx Received (fixed height)*, *Tx Received (variable height)* y *path balance...*
- *Multipath*: Genera informes de análisis para multi-trayectos para la estación base especificada en el cuadro multipath.
- *Cut Map*: Corta el mapa desde la ubicación en la que el cursor apunta hasta una distancia especificada por el usuario.
- *Print Map*: Imprime el mapa desde la ubicación en la que el cursor apunta hasta una distancia especificada por el usuario.
- *Print Layout*: Imprime una parte del mapa con las opciones de diseño.
- *Add-ons*: Permite al usuario utilizar varias opciones adicionales.
- *Pop-up Menu Setup*: Permite establecer opciones específicas del usuario en este menú.

Estos menús son contextuales, es decir, algunas opciones pueden ser accesibles o no de acuerdo con los elementos o capas presentes en el terreno y de acuerdo con el tipo de objeto o punto que ha sido seleccionado con el ratón.

4.5.6.1 Add Tx/Rx

La opción *Add Tx/Rx* permite la instalación de elementos de comunicación en el suelo.

Varios tipos de elementos pueden ser instalados:

- Transmisores / Receptores (*Tx/Rx*) A o B
- Buscadores de Dirección (*DF*) A o B
- Radares (*Radar*)
- Estación base de microondas (*Microwave*)
- Estación satelital (*Satellite*)

- Estación de usuario (*User*)

Estos diferentes elementos son reconocibles en el terreno por el color o la forma del icono.

Se pueden instalar hasta 999 elementos en el terreno.

Al seleccionar la opción *Add Tx/Rx* se abre la ventana Tx/Rx parameters que indexa el elemento de comunicaciones en la lista Station list (acceso: Object lists tool).

Referirse al numeral 4.6.2 para ver la descripción de la ventana Tx/Rx parameters.

Procedimientos

Instalación de un elemento en un punto del terreno

1) Activar (botón izquierdo) el modo TX/RX.
2) Colocar el cursor sobre el terreno en el lugar donde se desea instalar el elemento.
3) Confirmar la posición del cursor en el terreno (botón izquierdo)
4) En el menú emergente, elija (botón izquierdo) la opción de *Add TX/RX*.
5) La ventana Tx/Rx parameters se abrirá; seleccionar el tipo de elemento que se va a instalar (Tx/Rx, DF, Radar, Satellite...), ingresar las características técnicas y los datos administrativos, y definir los patrones radiación de la antena.
6) Confirmar los ajustes (conforme a la Tabla 4.2 para un transmisor) y cerrar la ventana Tx/Rx parameters presionando el botón *Ok* (botón izquierdo).
7) Después de cerrar el cuadro, el icono del elemento aparecerá en el terreno.

La forma y el color del icono indican el tipo y la afiliación del elemento de comunicaciones:

- **Transmisor/Receptor** (Tx/Rx)

  A: B: satellite: subscriber: user: microwave:

- **Direction Finder** (DF)

  A: B:

- **Radar**

Las flechas simbolizan el acimut de la antena del elemento. La visualización de las flechas es opcional.

4.5.6.2 Profile to & Profile from

Estas dos opciones calculan el perfil desde el elemento designado a otro elemento presente en el terreno, o de un elemento presente en el terreno a este elemento seleccionado. Una lista de todos los elementos presentes en el terreno permite al usuario seleccionar el elemento al cual o desde el cual el perfil será calculado.
Referirse al numeral 4.7.2 para ver la descripción de la pantalla Radio Path.

Procedimientos

1) Activar (botón izquierdo) el modo de TX/RX.
2) Seleccionar el icono del elemento en cuestión; el cursor se convertirá en una mano.
3) En el primer menú que aparece, seleccionar (botón izquierdo), el elemento en cuestión.
4) En el menú emergente que aparece, seleccionar (botón izquierdo) la opción *Profile* to o *Profile from* y elegir en el sub-menú el elemento al cual o desde el cual el perfil será calculado.

El perfil se calcula y se muestra en la pantalla Radio Path.

4.5.6.3 Tx received

Véase el numeral 4.6.6 para la descripción de la ventana Report

Procedimientos

1) Establecer la red de receptores en el terreno (opción Add Tx/Rx)
2) Mantener el modo TX/RX activado

3) Clic (botón izquierdo) sobre el punto en el archivo cartográfico donde el transmisor será localizado
4) En el menú emergente, seleccione (botón izquierdo) la opción *Tx received*
5) El sistema comprobará la comunicación procedente del transmisor a todos los elementos de la red. Los resultados se muestran en la ventana Report. Para cada elemento de la red identificado por su número de icono y por la información de dirección, la tabla de resultados indica:
   - La intensidad de campo eléctrico recibida desde el transmisor seleccionado (dBµV/m)
   - La potencia recibida desde el transmisor seleccionado (dBm)
   - La frecuencia
   - La distancia en metros entre el transmisor seleccionado y el receptor
   - El tiempo de llegada de la señal en µs
   - El origen del cálculo: p2p desde un cálculo punto a punto, o desde una cobertura
   - El tipo de ruta: DN para difracción, FS para el espacio libre, SP para subtrayecto

   Usando los comandos de la ventana Report, se puede imprimir la tabla (botón *Print*), la lista de resultados puede ser editada en una ventana MS™ NotePad (botón *List*).

   Cerrar la ventana Report mediante el botón *Quit*.

4.6 VENTANAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM

Durante el curso de las operaciones, varias ventanas diferentes se presentarán, y cada una requerirá la acción del usuario para continuar con el procedimiento en curso.

4.6.1 VENTANA PROJECT MANAGER

Acceso: función Files / Project Manager

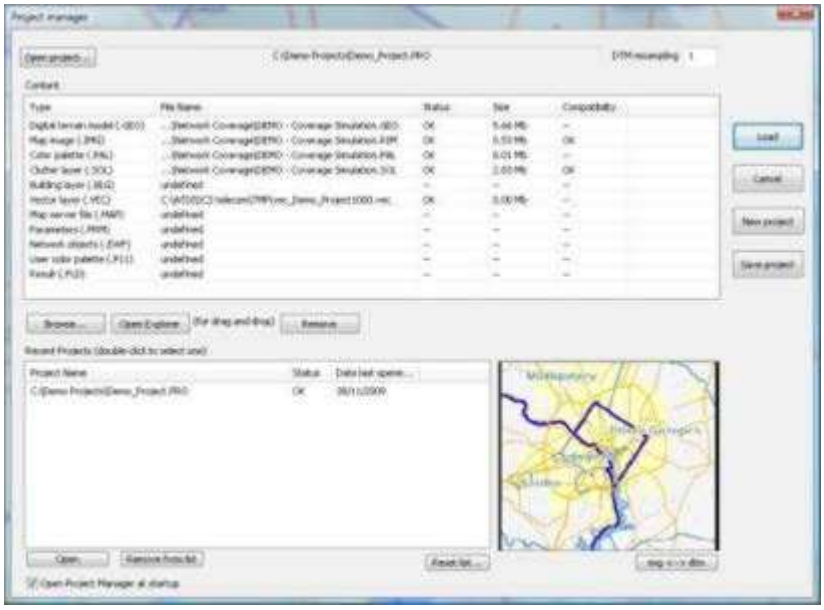


Figura 4. 56 Ventana Project Manager

Esta ventana permite construir un proyecto. El proyecto se compone de enlaces a los archivos que se crean en esta ventana, y se almacena en un archivo .prj o en un archivo .pjt. El archivo .pjt acepta nombres de ruta de disco largos (hasta 256 caracteres).

Esta ventana se compone de dos partes:

- La lista de enlaces a los archivos insertados en el proyecto actual y los comandos de gestión
- La lista de los 8 proyectos que se han cargado durante las últimas sesiones de trabajo

Lista de los enlaces de los archivos de un proyecto

- *Project*: Nombre del proyecto
- *Digital Elevation Model*: Archivo altimétrico (DEM) (.geo) o un archivo Indoor (.idr) indispensable para la creación de un Proyecto
- *Image*: Archivo de la imagen de referencia (mapa, imagen de satélite, fotografía aérea...) (.img)
- *Palette*: Archivo Palette (.pal) asociado con la imagen de referencia; este archivo puede ser una paleta estándar (generalmente llamado std.pal) o un archivo específico (por ejemplo: Ecuador.pal para los archivos de Ecuador)
- *Clutter*: Archivo que contiene el clutter o la información de la ocupación del suelo (.sol)
- *Building layer*: Archivo que contiene la información de edificios (.blg)
- *Vector file*: Archivo que contiene los objetos vectoriales (.vec): rectángulos, polígonos, puntos, textos; introducidos por el usuario mediante el uso de las herramientas Area selection y Poligon, y también por medio de las opciones Add points to vector file y Add text to vector file que ofrece el menú emergente (clic derecho) del modo Point mode
- *Map Server File*: Archivo que contiene una biblioteca de archivos de imagen usados para cargar mapas a diferentes escalas (.map). Estos archivos de imagen (de hasta 60 mapas) se seleccionan con la opción Change map que ofrece el menú emergente (clic derecho) del modo Point mode
- *Parameters*: Archivo que contiene los parámetros de simulación (.prm): modelos y parámetros de cálculos (propagación, atenuación, difracción), las características del archivo cartográfico (conversión, variación magnética, códigos de clutter), los parámetros de trayectoria (velocidad de desplazamiento de elementos móviles, altitud de seguridad). Todos estos elementos se determinan mediante el menú Herramientas y se guardan usando la opción Files / Save / Save parameter file (PRM)
- *Network Objects*: Archivo de objetos (.ewf) que contiene todos los objetos instalados por el usuario (elementos, trayectorias, iconos, enlaces de microondas, etc...); este archivo es creado por el usuario después de instalar los elementos en el terreno y se lo guarda usando la opción Files / Save / Save network file (EWF)

- *User Palette*: Archivo (.p11) que contiene la paleta de 11 colores que se aplica a los resultados de la simulación. Puede ser definida por el usuario usando la opción Parameters / User palette
- *Result*: Archivo que contiene los resultados de la simulación (.fld); este archivo es creado por el usuario después de realizar una simulación y se lo guarda usando la opción Files / Save / Save coverage file (FLD)

Una vez que se ejecuta el ICS Telecom, en la ventana no existe ningún archivo. El término *No Name* aparece para el proyecto. Sólo después de la carga de un proyecto el usuario podrá ver los enlaces a los diversos archivos que componen el proyecto. Un proyecto debe contener al menos un enlace (al archivo altimétrico .geo) y puede contener hasta 10 enlaces a otro tipo de archivos. Los 9 enlaces adicionales se pueden añadir a un proyecto durante la creación del proyecto o se pueden agregar al proyecto en un momento posterior.

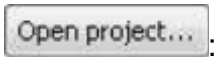
DTM resampling

En este campo se pueden introducir un factor de re-muestreo aplicable al archivo *DEM*.

Latest projects

La ruta en el disco duro y el nombre de los últimos 8 proyectos que se han cargado durante la última sesión de trabajo se mantiene en un archivo latest.pjc ubicado en el directorio c:\ICS directory. La lista de estos proyectos se muestra en esta área. Para cargar uno de estos proyectos, solo se debe hacer clic (botón izquierdo) directamente sobre el.

Comandos



: Abre un proyecto ya existente.

La ventana *Files* permite al usuario elegir el archivo *Project* .prj o .pjt que se desea abrir. Todos los archivos vinculados al proyecto también se enumeran. Una vez que el proyecto ha sido cargado, el usuario puede realizar las modificaciones necesarias: enlaces adicionales a diferentes archivos pueden ser incluidos,

modificados o eliminados. Los enlaces a los archivos se pueden cambiar, agregar o quitar, al hacer clic (botón izquierdo) sobre los símbolos , que abren las ventanas *Files* (el botón *Cancel*: borra el enlace al archivo).

: Carga el proyecto y lo muestra en la pantalla.

: Remueve el proyecto de la memoria. El proyecto no se volverá a mostrar en la pantalla.

: Crea un nuevo proyecto.

La ventana *Project* aparecerá vacía. El usuario debe cargar todos los archivos, uno a la vez, que se deban incluir en el nuevo proyecto. La creación de enlaces a los archivos se puede hacer haciendo clic (botón izquierdo) sobre el símbolo ; una ventana de archivos aparecerá en la pantalla permitiendo al usuario designar un archivo. En la ventana *Files*, en el botón *Cancel* tiene dos funciones: cerrar el archivo *Project* y cerrar la ventana *Files*.

: Guarda el proyecto creado o modificado en un archivo .prj o en un archivo .pjt. Al realizar una modificación, el proyecto debe ser guardado mediante el uso de este comando de otro modo las modificaciones no serán tomadas en cuenta.

: Guarda el proyecto bajo otro nombre.

: Resetea la lista de los últimos proyectos.

Procedimientos.

Para crear un proyecto

1) Seleccionar (botón izquierdo) la función Files / Project Manager
2) La ventana Project Manager aparecerá en la pantalla: seleccionar (botón izquierdo) el comando *New* que reiniciara la ventana.
3) Clic (botón izquierdo) sobre la línea *Digital Elevation Model*.
4) En la ventana de archivos que aparece, designar el archivo altimétrico .geo requerido y confirmar pulsando la tecla *OK*.

5) Repetir los pasos 4 y 5 para crear los enlaces a los otros archivos del proyecto.
6) Seleccionar (botón izquierdo) el comando *SAVE AS* para guardar el proyecto bajo un nuevo nombre.
7) Cargar este proyecto pulsando (botón izquierdo) el botón *LOAD*.

Para cargar un proyecto ya existente.

El ICS Telecom conserva automáticamente la ruta del disco duro y los nombres de los últimos 8 proyectos que se han cargado. Estos proyectos se enumeran en la parte derecha de la ventana *Project manager* (*Latest project*). Para cargar estos proyectos el usuario sólo tiene que seleccionarlo en la lista. Es posible que se necesite cargar un proyecto que no está presente en la lista. El procedimiento es el siguiente:

1) Seleccionar (botón izquierdo) la función Files / Project Manager
2) La ventana Project Manager se abrirá. Clic izquierdo en el botón *OPEN*.
3) En la ventana *Files* que aparece, designar el archivo del proyecto requerido (.prj o .pjt).
4) Confirmar la selección presionando el botón *LOAD*.
5) Si el proyecto contiene un enlace a un archivo cartográfico que es demasiado grande para ser contenido en la memoria, el sistema ofrecerá re-muestrear el archivo. El sistema informará al usuario acerca del factor de reducción necesario y le pedirá que lo confirme mediante un cuadro de confirmación. Si no se elige un re-muestreo, el archivo únicamente se carga en el disco duro, por ser demasiado grande para ser contenido en la memoria.

Para modificar un proyecto ya existente

1) Seleccionar (botón izquierdo) la función Files / Project Manager
2) La ventana Project Manager aparecerá en la pantalla: seleccionar (botón izquierdo) el comando *Load* y designar el archivo de proyecto (.prj) que será modificado en la ventana *File*.
3) El contenido del archivo de proyecto se muestra en la parte izquierda de la ventana *Project Manager*.

4) Clic (botón izquierdo) sobre el enlace al archivo para cambiarlo.
5) En la ventana *Files* que aparece, indicar el nuevo archivo a ser incluido en el proyecto y confirmar con *OK*, o seleccionar *CANCEL* para eliminar el enlace al archivo seleccionado.
6) Clic izquierdo en *SAVE* para guardar las modificaciones en el archivo de proyecto actual, o *SAVE AS* para generar un nuevo archivo de proyecto.
7) Clic derecho en el botón *LOAD* de la ventana *Project Manager* para cargar el proyecto.

4.6.2 VENTANA TX/RX PARAMETERS

Acceso:

Opción Add Tx/Rx u opción Parameters que se encuentran en el menú emergente (clic izquierdo) del modo Tx/Rx mode.

En la lista de estaciones, hacer clic derecho en una estación y escoger la opción Parameters.

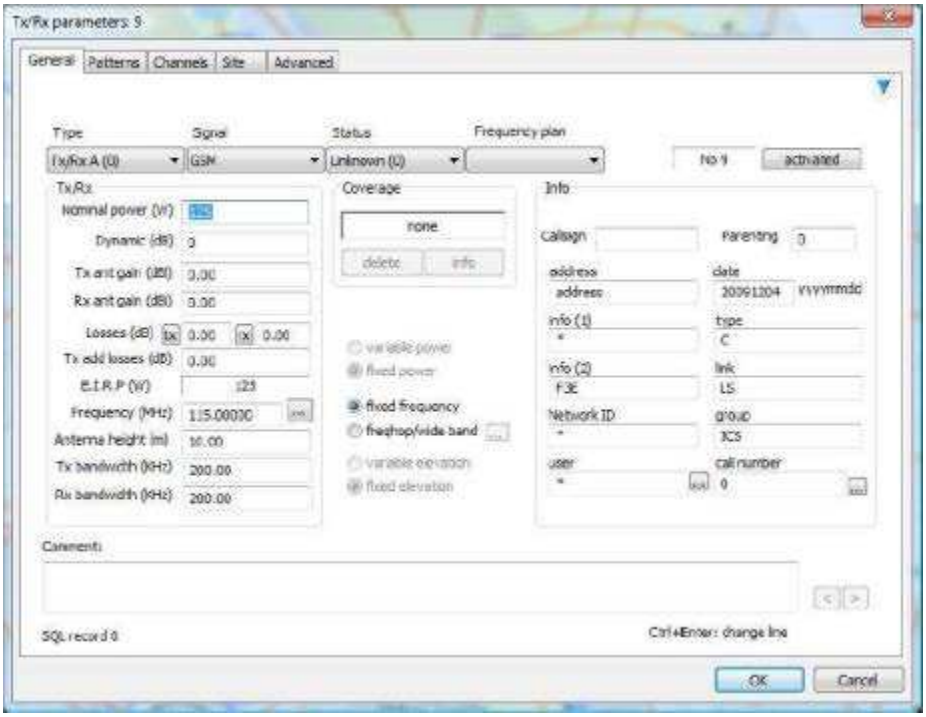


Figura 4. 57 Ventana Tx/Rx Parameters

La ventana Tx/Rx parameters agrupa todos las configuraciones técnicas del elemento Tx/Rx (Tx/Rx, DF, radar, satélite). Una vez que las configuraciones se definen, este cuadro puede ser reabierto para verificar y modificar la configuración en cualquier momento. La ventana está organizada en 5 pestañas:

- Pestaña *General*
- Pestaña *Patterns*
- Pestaña *Channels*
- Pestaña *Site*
- Pestaña *Advanced*

Botones comunes

OK: para confirmar la configuración, para establecer la estación en el terreno y para cerrar la ventana

Cancel: para cancelar la configuración de la estación, o para cancelar las posibles modificaciones realizadas, y para cerrar la ventana

4.6.2.1 Pestaña General

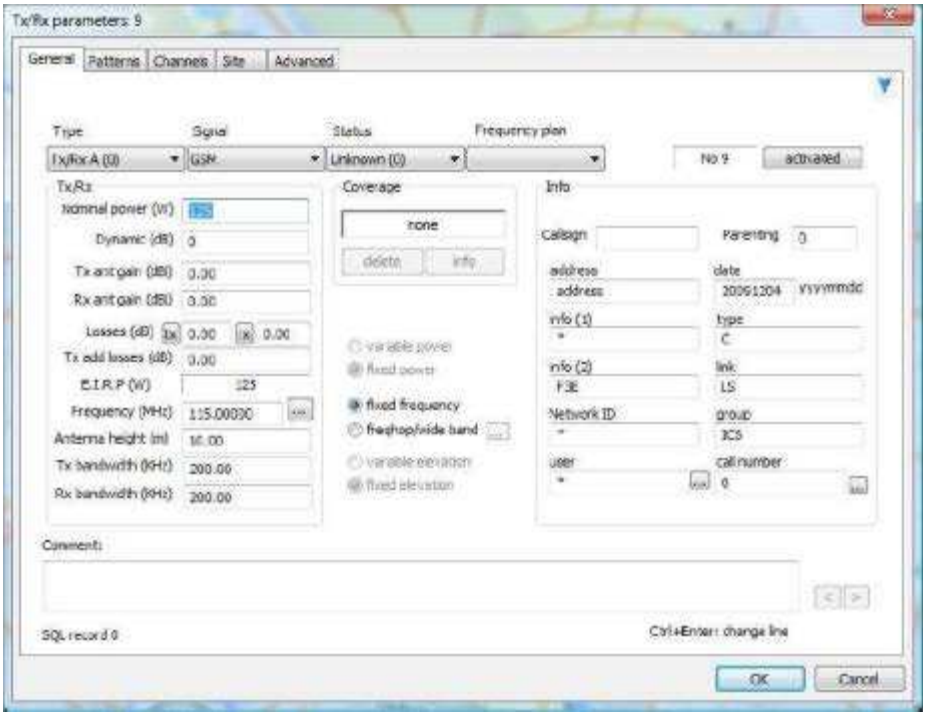


Figura 4. 58 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña General

Esta pestaña ofrece los parámetros básicos de la estación.

En primer lugar, una estación se define por:

- su tipo

En el ICS Telecom varios tipos de estaciones pueden ser configuradas

Los diferentes tipos de estaciones se muestran en la lista desplegable:

- Un transmisor/receptor (Tx/Rx A, Tx/Rx B)
- Un direction finder (D.F A, D.F B)
- Un radar
- Un suscriptor
- Una estación base de microondas (microwave)
- Una estación terrena de recepción satelital

Al ofrecer dos opciones (tipo A o B) para los elementos Tx/Rx y DF, el ICS Telecom permite diferenciar estos iconos con un color diferente: tipo A, los iconos son de color verde; tipo B son de color azul. De esta manera, el usuario puede indicar los elementos existentes de una red en verde e indicar los elementos nuevos en estudio por un color azul. Aparte de la diferenciación de color, ambos tipos de elementos se tratan de la misma manera. Los elementos de tipo *Radar*, *Microwave*, *Subscriber* y *Satellite* tienen su propio color de icono sin ningún tipo de afiliaciones diferentes.

La selección del tipo de elemento se realiza directamente en la lista desplegable (botón izquierdo).

- el tipo de señal

Varios tipos:

- FM MONO
- FM STEREO
- RADIOCOM
- TV BG
- TV H
- TV I
- TV DK
- TV K1
- TV L

- TV N
- TV M
- TETRA
- T-DAB
- DTV
- DVB-T 7 MHz
- DVB-T 8 MHz
- VOR
- ILS
- COM

La selección del servicio se realiza directamente en la lista desplegable (botón izquierdo). El tipo de señal se toma en cuenta cuando se utiliza el método de C / I (véase la ventana *Protection ratio*) para cálculos de interferencia o de asignación.

- su número de icono

Este número se da automáticamente de acuerdo con el orden de llegada de la estación sobre el terreno, y no se puede modificar de forma manual con la iconografía estándar.

- su actividad

activated: la estación se activa y se tendrá en cuenta en los cálculos.

de-activated: la estación está temporalmente desactivada y se ignorará durante los cálculos.

Tx / Rx

- *Nominal power*: en vatios [W]
- *Dynamic*: dinámica de la estación en [dB]
- *Tx ant gain*: ganancia de la antena de transmisión en [dBi] (para una antena isotrópica) o [dBd] (para una antena dipolo)
- *Rx ant gain*: ganancia de la antena receptora en [dBi] (para una antena isotrópica) o [dBd] (para una antena dipolo)
- *Losses*: en [dB]
- *EIRP* o *ERP*: la potencia radiada en vatios. Esta información se calcula automáticamente de acuerdo con la potencia nominal, la ganancia y las

pérdidas introducidas por el usuario, y se vuelve a calcular de acuerdo con la modificación hecha a cualquiera de estos parámetros.

- *Frequency*: frecuencia general en MHz.
- *Antenna height*: en metros
- *Tx Bandwidth*: ancho de banda de transmisión en KHz
- *Rx Bandwidth*: ancho de banda de recepción en KHz

Nota:

Cuando una comparación entre la interferencia y el ancho de banda deseado se hace, el ancho de banda de Rx se verifica para el elemento deseado, y el ancho de banda de Tx se verifica para el elemento interferente.

Coverage information

Esta área se refiere a la cobertura calculada asociada con el elemento.

- *Present* o *Not present*: indica si una cobertura se ha asociado con el elemento. Para asociar una cobertura a un elemento, una simulación del tipo Coverage / Network calculation /... tiene que ser realizada. El sistema simula, uno por uno, los elementos activados y asocia la cobertura correspondiente a cada uno de ellos.
-

: Elimina la cobertura asociada
-

: Edita en una ventana MS™ NotePad™ la información correspondiente a la cobertura: características de los archivos (step, tamaño, coordenadas, código de proyección), las características del sitio simulado (modelo de cálculo elegido, atenuaciones,...).

Nota:

La modificación de los parámetros en el caso de la presencia de una cobertura asociada con el elemento

1. Si una cobertura está asociada con un elemento, y si el usuario modifica la Potencia, la ganancia de la Antena o los parámetros de pérdidas, el sistema ofrece al usuario modificar la cobertura mostrando un mensaje. Si responde Yes se modificará la cobertura; si responde No se mantiene la cobertura calculada con los parámetros originales.

2. Si una cobertura está asociada con un elemento, y si el usuario modifica los diagramas de Antena, altura de la Antena o los parámetros de Frecuencia, el sistema ofrece al usuario el eliminar la cobertura mostrando un mensaje. Si responde Yes se eliminará la cobertura; si responde No se mantiene la cobertura calculada con los parámetros originales. En este caso, se recomienda responder Yes y proceder a la simulación de cobertura del elemento con los nuevos parámetros.

Modes

- *Power modes* (solo para elementos móviles)
  - *Fixed power*: para una potencia fija en cada punto de paso de la trayectoria Path.
  - *Variable power*: para una potencia diferente en cada punto de paso de la trayectoria Path. Los valores son definidos por el usuario en el Power graph.
  - *Frequency modes*: frecuencia fija o salto de frecuencia.
- Sólo el modo de frecuencia fija está disponible en esta versión del ICS Telecom. El modo salto de frecuencia no está disponible.
- *Elevation modes* (solo elementos móviles):
  - *Fixed elevation*: para una elevación fija en cada punto de paso de la trayectoria Path
  - *Variable elevation*: para una altura diferente en cada punto de paso de la trayectoria Path

Info

- *Call sign*: el distintivo de llamada permite la identificación del elemento en las listas, y en las bases de datos. Se permite introducir un máximo de 9 caracteres.

  El distintivo de llamada es la información esencial para la inserción y para la identificación de un elemento en la Station database. Cada elemento debe tener un distintivo de llamada diferente de los demás. El distintivo de llamada puede ser definido manualmente por el usuario en la ventana *Tx/Rx parameters*, o puede ser atribuido automáticamente por el sistema (opciones

Tools / Call sign / ...). Al importar los elementos a la base de datos de estaciones, si dos elementos poseen un distintivo de llamada idéntico sólo el elemento elegido por el usuario que se tomara en cuenta.

La información del distintivo de llamada también puede aparecer cerca del icono del elemento y sobre el archivo cartográfico (opciones Tools / Object Properties - Labels).

Nota: La información del distintivo de llamada sólo está disponible para su uso desde el lanzamiento del ICS Telecom 2. Los elementos instalados con versiones anteriores no contienen esta información. Los archivos de objetos con estos elementos pueden ser importados exitosamente en el lanzamiento 2++, sin embargo, con el fin de garantizar su adecuada integración en la base de datos, es importante verificar el distintivo de llamada de cada elemento y para luego continuar con las eventuales modificaciones. La asignación automática de señales de distintivos de llamada es ofrecida por la función Tools / Call sign.

- *Address*: este texto se utiliza para identificar el elemento en las listas o los informes - este texto puede también ser utilizado como criterio de clasificación (Station database o Object menu)
- *Info1*: este texto se utiliza para identificar el elemento en las listas o los informes - este texto puede también ser utilizado como criterio de clasificación
- *Info2*: texto de información complementaria
- *Region*: texto de información complementaria
- *User*: nombre de usuario

  : accede a la base de datos del usuario. Este comando abre la User list para seleccionar un usuario en la base de datos, o para agregar uno nuevo.
- *Date*: la fecha actual se inserta automáticamente - formato de fecha: yyyymmdd
- *Type*: 1 carácter - utilizado como criterio de clasificación (Station database o Object menu)
- *Link*: 2 caracteres - utilizado como criterio de clasificación (Station database o Object menu)
- *code dif*: 3 caracteres - utilizado como criterio de clasificación (Station database o Object menu)

- *Call number*: número para llamada asignado a la estación. El número puede ser introducido manualmente en el campo de datos, o puede ser definido de forma automática.

Calculadoras

: Abre el cuadro Power converter para la conversión de los valores en Watts, dBW, dBm y dBW/Hz.

: Abre el cuadro dBµV/m converter para la conversión de valores en dBm, dBµV, y µV/dBW/m^2/MHz a valores en dBµV/m. La conversión se realiza de acuerdo con la frecuencia, para la ganancia de la antena receptora (dBi o dBd), para las pérdidas que recepción (dB), para la impedancia (50 o 75 Ω) y para la fiabilidad requerida.

Comandos

: Abre la base de datos de equipos que puede contener un máximo de 10 000 suministros. La base de datos de equipos es llenada por el usuario. La configuración de los equipos se introduce en el cuadro Station / Microwave Equipment.

: Carga un archivo .trx que contiene las características técnicas del elemento previamente guardado con el comando Save.

Ambos comandos permiten guardar y recuperar las características de un elemento a ser aplicadas a otros elementos.

Nota: El archivo .trx guarda todas las características técnicas vinculadas a un elemento, que puede ser:

- Diagramas de horizontales y verticales
- Frecuencia
- Potencia nominal
- Ganancia de la antena
- Pérdidas en el Cable
- Recepción del umbral
- H / V / C de polarización
- Tipo de servicio (TV, FM, radiocomunicaciones)

- Ancho de banda …

save: Guarda las características técnicas del elemento en un archivo .trx.

Report...: Edita el informe de elementos, que contiene las características de los mismos. Este comando abre la ventana Report.

Multimedia: Abre la base de datos Multimedia que permite vincular varios documentos con el elemento (archivos de imágenes, archivos MS Word™, archivos MS Excel™, archivos de audio, archivos de vídeo).

4.6.2.2 Pestaña Patterns

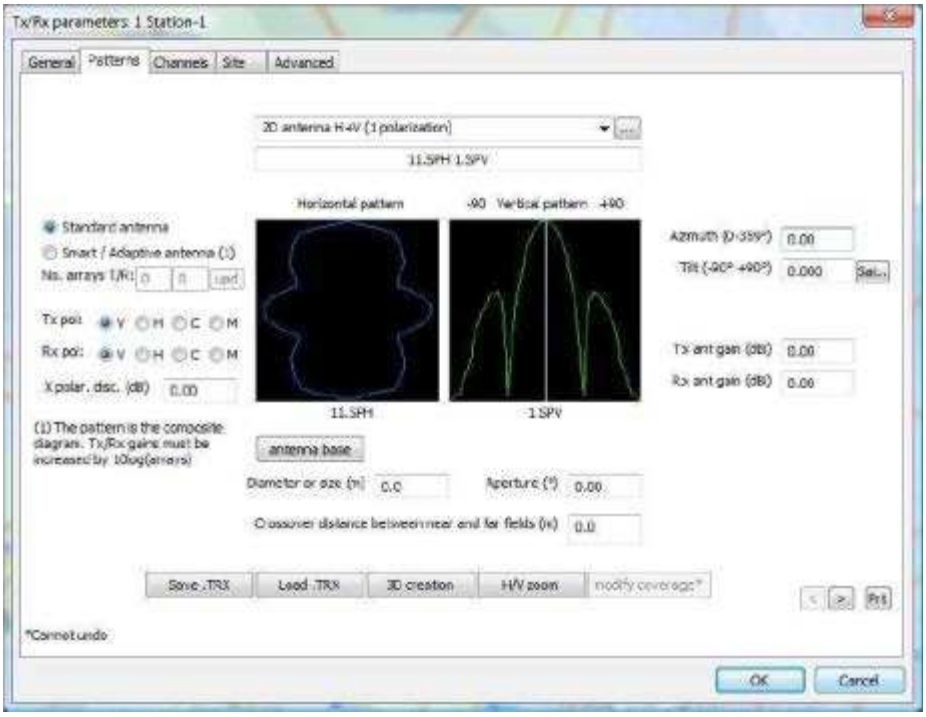


Figura 4. 59 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Patterns

Esta pestaña ofrece la configuración de los patrones de radiación horizontal y vertical de la antena de la estación. La antena puede ser diseñada completamente por el usuario. Los ajustes pueden ser definidos manualmente o calculados automáticamente de acuerdo con las recomendaciones de la ITU, o tomados de la

base de datos antena. La antena puede ser considerada en 2D o en 3D. El cálculo de antenas satelitales también es posible.

Visualización de los patrones de Antena

El patrón horizontal se muestra en azul de acuerdo con una representación polar, el patrón vertical se muestra en verde de acuerdo con una representación cartesiana.

El fondo puede ser de color diferente según el modo que se ha elegido: en el modo 2D, el fondo es de color negro, en el modo 3D, el fondo es de color gris. El nombre del patrón horizontal y del patrón vertical se muestra en la parte superior de los patrones

H/V zoom: Visualización y edición de la página Pattern - el comando abre una pantalla específica (la pantalla Patterns) que muestra el patrón horizontal y el patrón vertical con información adicional, y ofrece la carga del patrón horizontal y del patrón vertical, ambos conforme al Acuerdo de Viena.

Elección de la antena

.../ Edit/Select H pattern: Abre el editor Horizontal pattern para la creación, selección, modificación, y grabación de los patrones horizontales.

.../ Edit / Select V pattern: Abre el editor Vertical pattern para la creación, selección, modificación, y grabación de los patrones verticales.

Configuración

- *Azimuth*: para el azimut de un diagrama horizontal en grados (0° a 359°)
- *Tilt*: inclinación del patrón vertical en grados (-90° a $+90^o$)
- Sat..: Acceso a la base de datos Satellite database para seleccionar el satélite hacia el que apunta la estación terrena
- *Tx Polarization and Rx polarization*: 3 opciones: polarización V (vertical), polarización H (horizontal), polarización C (circular)
- *X polar disc*: valor de la discriminación en dB en el caso de polarización cruzada.

Parábola

El menú desplegable se puede utilizar para el cálculo automático de la antena parabólica de acuerdo a las recomendaciones ITU-R:

- ITU-R 1213
- ITU-R 1428
- ITU-R 465 (K=27)
- ITU-R 465 (K=29)
- ITU-R 465
- ITU-R 699
- ITU-R 1245
- ITU-R 580
- ITU-R 694

La selección de una parábola configurara la antena en el modo de 3 dimensiones. El fondo de las visualizaciones de los patrones será de color gris.

RPE

Selección de una antena de acuerdo con la polarización (difusión)

Use RPE files: Seleccionar (botón izquierdo) la opción para activar el modo y para seleccionar la antena (por defecto, el modo esta desactivado)

: Selección de los diagramas de respuesta de la antena EPR a través del cuadro Antenna Selection. La referencia del modelo de antena elegido se indica.

La elección de una antena RPE modifica la visualización de los patrones horizontal y vertical.

3D

La antena puede ser calculada y tomada en cuenta en el cálculo en el modo de 3 dimensiones.

- *3D*: si se selecciona esta opción (se marca la casilla), la antena se tendrá en cuenta en el cálculo en 3D. Esta opción se activa automáticamente después de la conversión de la antena de 2D a 3D, conversión realizada al hacer clic

(botón izquierdo) en el comando de *3D convert*. Para tener en cuenta la antena en 2D en el cálculo, se quita la marca de la casilla.

- 3D convert: conversión de la antena de 2D a 3D. Este comando ejecuta el cálculo de la antena en 3D (patrones horizontal + verticales) y abre la ventana 3D antenna pattern que muestra la antena en 3 dimensiones y ofrece diversas configuraciones y opciones de visualización. El cierre de la ventana 3D antenna pattern activa automáticamente el modo 3D.
- 3D creation: creación de una antena de 3D a partir de un patrón horizontal en 2D y 4 patrones verticales en 2D. La selección de este comando abre la ventana 3D antenna pattern que permite la elección de los patrones y el cálculo de la antena en 3D.
- Load .TRX: Carga de un archivo de estación .TRX que contiene las características de la estación.
- Save .TRX: Guarda un archivo de estación .TRX que contiene las características de la estación. Los comandos *Load* y *View* sólo están disponibles cuando el modo 3D esta activado.

Comando

antenna base: Abre la base de datos Antenna que puede contener hasta 10000 antenas. Las antenas se insertan en la base de datos por el usuario. Los ajustes de la antena se introducen en el cuadro Antenna Equipment.

4.6.2.3 Pestaña Site

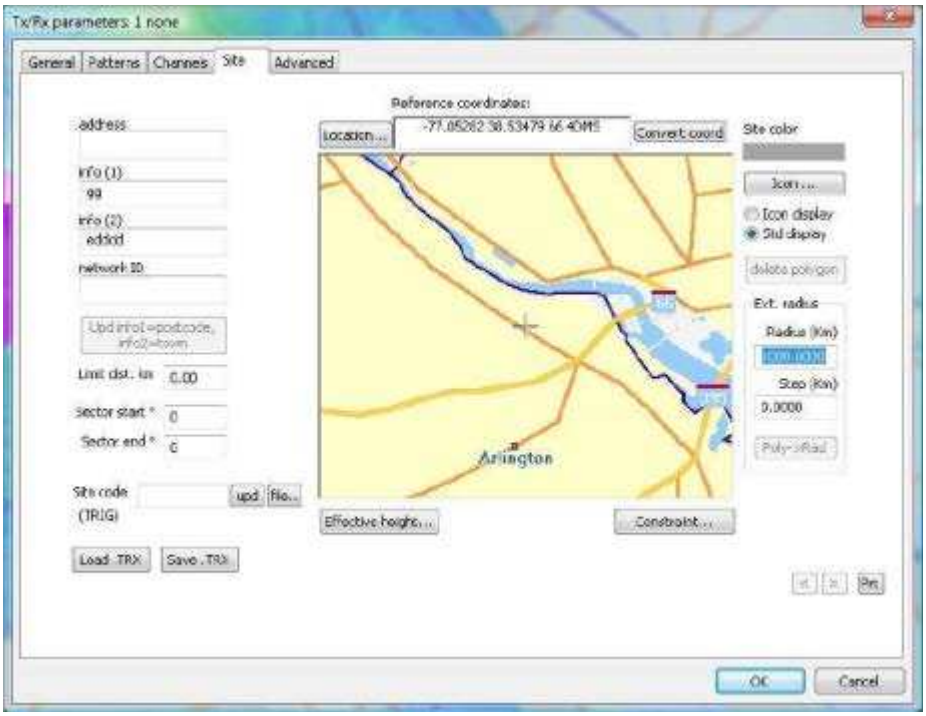


Figura 4. 60 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Site

Esta pestaña agrupa la información sobre la ubicación del sitio de la estación.

Información

- *Address*: este texto se utiliza para identificar el elemento en las listas o los reportes - este texto puede también ser utilizado como criterio de clasificación (Station database o Object menu)
- *Info1*: este texto se utiliza para identificar el elemento en las listas o los reportes - este texto puede también ser utilizado como criterio de clasificación
- *Info2*: texto de información complementaria
- *Region*: texto de información complementaria

Nota: Estos campos de datos también se encuentran en la pestaña General - las modificaciones realizadas en estos campos se aplican tanto a los campos de la pestaña General, como a los campos de la pestaña Site.

Configuraciones de cálculo

- *Limit dist*: límite de distancia (en kilómetros) para el cálculo definido para la estación. La herramienta Distance limit ofrece dos modos: en el modo Global distance, el cálculo se hará aplicando la distancia definida para todos los elementos presentes en el terreno; en el modo Distance from station, el sistema aplicará la distancia definida para cada elemento.
- *Sector start* y *sector end*: estos dos campos de datos permiten definir el sector de cálculo de la estación. La herramienta Sector limit ofrece dos modos: en el modo Global sector, el cálculo se realiza para un ángulo de 360° para todas las estaciones presentes en el terreno; en el modo Sector from stations, el sistema aplicará los distintos sectores definidos para cada estación presente en el terreno.

  El sector está definido por un ángulo mínimo (campo *sector start*), y por un ángulo máximo (campo *sector end*).

Archivo de localización del sitio

Las ubicaciones de los sitios pueden ser almacenadas en un archivo ASCII usado como una base de datos de ubicación. Las ubicaciones se identifican por un código de sitio de un máximo de 9 caracteres que está vinculado con las coordenadas (X, Y y Z), y la dirección, región, ciudad, pueblo y la información de código del texto.

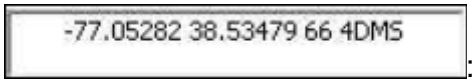
Formato del archivo de localización:

longitud o X, latitud o Y, altitud, código de coordenadas, identificación del sitio, dirección, región, ciudad, pueblo, código <CR>

Site code: código de identificación del sitio (un máximo de 9 caracteres) que se utiliza para identificar la ubicación del sitio en el archivo. Ingresar el código de identificación del sitio en el campo, luego presionar en *Upd* para recuperar la información relacionada con el sitio: las coordenadas (X, Y, Z), dirección, región, etc...

- upd: busca la ubicación del sitio en el archivo de acuerdo con el código del sitio que se ha introducido, y recupera toda la información relacionada con la ubicación del sitio.
- file..: abre el cuadro Locations file name dialogue que permite cargar y editar el archivo de localización del sitio.

Sitio

- Location...: abre la ventana Site coordinates en la donde las coordenadas del sitio pueden ser modificadas manualmente. La ventana Site coordinates ofrece también acceso a la base de datos Site database.
- 

: coordenadas X, Y y la altitud del sitio del elemento.
- Convert coord: cambia el modo de coordenadas. Hay dos modos: un modo métrico y un modo geográfico.
  Al hacer clic en el botón, las coordenadas X e Y del sitio se modifican automáticamente.
- *Preview*: muestra previa de la ubicación del sitio en la imagen.

Pantalla de información

- *Site color*: un color puede ser elegido para la visualización de la cobertura del sitio y para el icono de la estación para su identificación. Esta opción sólo está disponible si el modo Tools / Object Properties – Site coverage color / User defined colors ha sido previamente activado. De lo contrario, la paleta estándar de 11-colores se utiliza para mostrar la cobertura del sitio. Para elegir el color, hacer clic en el. Cada clic modifica el color.
- Icon ...: Acceso el cuadro Icon selection que permite definir un icono diseñado por el usuario para mostrar la estación sobre el terreno.
  La estación está representada en el terreno ya sea de acuerdo a la iconografía del sistema (los iconos de varias formas prestablecidas y numeradas según su orden de instalación en el terreno), o de acuerdo con una iconografía de usuario. El usuario puede graficar sus propios iconos, o importar archivos .bmp

de 16 colores que serán utilizados como iconos, y puede asignar iconos idénticos o diferentes a las estaciones. Los iconos se almacenan en la base de datos Icon database. La visualización del icono de usuario se activa mediante la función Tools / Object Properties – opciones Icon / All BMP 16x16 o All BMP 32x32 o desde el cuadro Object display properties encontrado en la ventana Tx/Rx parameters.

- *Icon display*: con este modo seleccionado, el icono utilizado para representar a la estación en el terreno será el icono definido por el usuario.
- *Std display*: con este modo seleccionado, el icono utilizado para representar a la estación en el terreno será el icono estándar del sistema.
  Estos dos modos se aplican sólo si la opción Icon / from Tx/Rx parameters ha sido seleccionada en el cuadro de diálogo Object display properties.
- delete polygon: si este comando esta disponible, significa que un polígono ha sido asignado a la estación. Si este comando no está disponible, significa que hay ningún polígono ha sido asignado. La selección del comando elimina el polígono asignado.

Un polígono es asignado a un lugar utilizando la opción Assign last polygon to ofrecida por la herramienta Polygon selection.

- *Ext radius*
  Un círculo definido por un radio dado puede aparecer alrededor de la estación.
  - *Radius*: radio en kilómetros definido alrededor del elemento – Si es igual a cero no se visualiza el círculo.
  - *Step*: configuración que se utiliza para mostrar un radar de paso constante. El círculo se duplicará cada *n* pasos hasta extenderse al límite del radio.

  La visualización del radio se activa a través de Tools / Object Properties - opción Zone around Tx/Rx: Display extended radius, la opción se encuentra en la ventana Object display properties.
- *ILS area*: con este modo seleccionado, el área ILS (Instrument Landing System) se mostrará alrededor de la estación.
- *No area*: desactiva el modo de visualización *ILS area*.

Comandos

Effective height...: Abre el cuadro Effective height que permite definir las alturas efectivas en metros de las estaciones, por cada 10 grados (de 0 ° a 350 °), de 3 a 15 km o de 1 a 15 km.

Constraint...: Abre el cuadro Site constrains que permite definir las zonas de restricción alrededor de la estación.

4.6.2.4 Pestaña Advanced

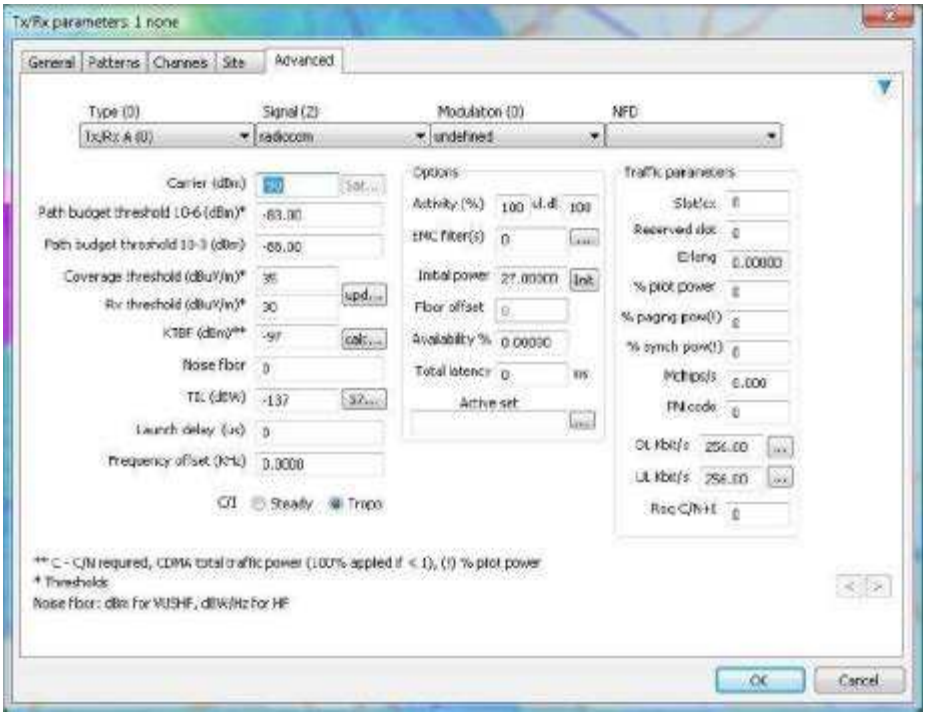


Figura 4. 61 Ventana Tx/Rx Parameters – Pestaña Advanced

En esta pestaña se definen las configuraciones específicas avanzadas para la estación.

Type

Tipo de objeto de la estación. En el ICS Telecom varios tipos de estaciones pueden ser establecidas. Los diferentes tipos de estaciones se ofrecen en la lista desplegable:

- Un transmisor/receptor (Tx/Rx A, Tx/Rx B),

- Un direction finder (D.F A, D.F B),
- Un radar
- Un suscriptor
- Una estación base de microondas (microwave)
- Una estación terrena de recepción satelital, etc…

El tipo *Microwave* no debe ser utilizado, salvo en casos excepcionales (ver el modo MW mode). Al ofrecer una opción entre los elementos del tipo A o B para Tx/Rx y DF, el ICS Telecom permite diferenciar según las necesidades, los iconos de los elementos con un color diferente: los iconos tipo A son de color verde; los iconos tipo B son de color azul. De esta manera, el usuario puede, por ejemplo, indicar los elementos existentes de una red en verde e indicar los elementos nuevos en color azul. Aparte de la diferenciación de color, ambos tipos de elementos se tratan de la misma manera. Los elementos tipo *Radar*, *Microwave*, *Subscriber* y *Satellite* tienen su propio icono sin ningún tipo de afiliaciones diferentes.

La selección del tipo de objeto se realiza directamente en la lista desplegable (botón izquierdo). El tipo de objeto también puede ser seleccionado en la pestaña *General*. Cualquier modificación del tipo de objeto en la pestaña *Advanced* se actualiza en la pestaña *General*, y viceversa.

Signal

Varios tipos:

- FM MONO
- FM STEREO
- RADIOCOM
- TV BG
- TV H
- TV I
- TV DK
- TV K1
- TV L

- TV N
- TV M
- TETRA
- T-DAB
- DTV
- DVB-T 7 MHz
- DVB-T 8 MHz
- VOR
- ILS
- COM etc…

La selección del servicio se realiza directamente en la lista desplegable (botón izquierdo). El tipo de señal puede ser también seleccionado en la pestaña *General*. Cualquier modificación del tipo de señal en la pestaña *Advanced* se actualiza en la ficha General, y viceversa. El tipo de señal se toma en cuenta cuando se realizan cálculos de interferencia o de asignación con el método de C/I (véase el cuadro de diálogo Protection ratio).

Modulation

Tipos de modulación:

- AM
- FM
- QPSK
- 4-QAM
- 8-QAM
- 16-QAM
- 32-QAM
- 64-QAM
- 128-QAM
- 256-QAM
- 512-QAM
- DQPSK
- DVB QPSK 1/2

- DVB QPSK 2/3
- DVB QPSK 3/4
- DVB QPSK 5/6
- DVB QPSK 7/8
- DVB 16-QAM 1/2 M1
- DVB 16-QAM 2/3
- DVB 16-QAM 3/4
- DVB 16-QAM 5/6
- DVB 16-QAM 7/8
- DVB 64-QAM 1/2 M2
- DVB 64-QAM 2/3 M3
- DVB 64-QAM 3/4
- DVB 64-QAM 5/6
- DVB 64-QAM 7/8 etc…

La elección de un tipo de modulación se realiza directamente en la lista desplegable, y se actualiza los valores de anchos de banda y de tipo de servicio.

Parámetros avanzados

- *Tx Bandwidth*: ancho de banda de transmisión en KHz
- *Rx Bandwidth*: ancho de banda de recepción en KHz

Estos dos campos de datos también se encuentran en la pestaña *General* - las modificaciones realizadas en estos campos se hacen también en los campos correspondientes de la pestaña *General*, y viceversa. Estos también son dependientes del tipo de modulación elegida.

Nota: Cuando se realiza una comparación entre la interferencia y el ancho de banda deseado, el ancho de banda Rx se verifica para el elemento deseado, y el ancho de banda Tx se verifica para el elemento de interferencia

- *Carrier*: potencia teórica recibida desde el satélite. Este parámetro se utiliza en el cálculo de las estadísticas que se aplica en la recomendación R-618.
- Sat..: Este comando calcula la elevación y el azimut de un satélite geoestacionario elegido en la base de datos *Satellite database*, desde una estación terrestre. Como la orbita geoestacionaria es única y esta situada en el

plano ecuatorial (radio R = 42164.0 km, excentricidad e = 0), la ubicación de un satélite geoestacionario se define por su longitud. El cálculo determina las coordenadas del satélite desde la estación terrena teniendo en cuenta las modificaciones del trayecto de la onda debido a la refracción atmosférica, que afectan a la elevación.

- Este comando sólo está disponible si el objeto es del tipo *Satellite*. Este comando abre el cuadro Satellite.
- *Threshold*: umbral de recepción de intensidad de campo eléctrico en dBµV/m. Este campo de datos también se encuentra en la pestaña *General* - cualquier modificación realizada en este campo también será hecha en el campo de datos de la pestaña *General*, y viceversa.
- *KTBF*: nivel de ruido en dBm que será utilizado en el cálculo dela deterioro del umbral (TI-Threshold Impairment).
- *TIL*: nivel del deterioro del umbral variable en dBW (APP28 RR), que permite el cálculo de la relación I/N con:
  - I = potencia recibida de todos los emisores de interferencias en dBW
  - N = potencia aceptable de ruido en dBW de la estación deseada

  Esta variable se utiliza en la función I/N calculation que se encuentra en el menú Multipoint y en el menú emergente (clic izquierdo) del modo Point mode.
- S7...: acceso al cuadro ITU-R IS.847-1 Threshold Interference Level determination que ayuda al usuario a definir la variable TIL (dBW)
- *Ec/I0 required - Eb/N0 required*: Energía por bit/Ruido térmico en dB - utilizado en los cálculos Subscriber parenting up / down link (opciones Subscribers / Parenting / Global parenting).

  Bit rate: tasa en Kbits/s
- *Launch delay*: demora adicional en µs para el cálculo del tiempo de llegada de las señales.
- *Activity*: porcentaje de la actividad de la estación. Esta configuración se utiliza para encontrar la dirección (direction finding).

Parámetros de TV

Parámetros específicos dedicados a estaciones de TV - Estas opciones sólo son accesibles si ha sido seleccionada un tipo de señal de TV.

- *Line offset*: desplazamiento de línea en el duodécimo de la línea de acuerdo con la recomendación UIT-R BT 655-4 (Relaciones de Protección en Radiofrecuencia para Sistemas de Televisión Terrenal con Modulación de Amplitud de Banda Lateral Residual).
- *precision*: activar o desactivar esta opción para indicar el modo (modo de precisión o modo de impreciso)
- *Channel (nb)*: número del canal de televisión
- : abre el cuadro Channels que permite definir la frecuencia de la portadora de imagen para sistemas de televisión de acuerdo con el canal y los distritos de la ITU. La elección del distrito y del canal modifica la frecuencia, los anchos de banda y el número de canal que se actualizan en consecuencia.
- *carrier*: para estaciones DVB-T - introduzca 2 o 8

Parámetros de tráfico

Parámetros específicos utilizados para el cálculo del tráfico:

- *Lines*: número de líneas de comunicación. Esta información es utilizada para los cálculos de tráfico (función Coverage / Traffic Analysis) y para el cálculo parental (opciones Subscribers / Parenting / Global parenting)
- *Erlang*: valor Erlang asignado al suscriptor - esta información sólo se utiliza para un objeto tipo Subscriber.

Parámetros DF

Discrepancy: en grados. Este valor sólo se puede introducir para elementos tipo DF.

Rechazo en el receptor

Los factores de rechazo definidos para la estación. 8 factores pueden ser definidos. Marcar la casilla utilizada para los factores de rechazo a tener en cuenta en los cálculos.

NFD

Elección de la tabla de factor de rechazo de interferencia.

Las tablas deben ser previamente definidos en el cuadro de diálogo IRF mask (acceso mediante la función Tools / IRF mask). Las tablas están identificadas en la lista desplegable con el nombre de la estación deseada o indeseada. La elección de la tabla se hace directamente en la lista desplegable.

Calculadoras

: Abre el cuadro Power converter para la conversión de los valores en Watts, dBW, dBm y dBW/Hz.

: Abre el cuadro dBµV/m converter para la conversión de valores en dBm, dBµV, y µV/dBW/m^2/MHz a valores en dBµV/m. La conversión se realiza de acuerdo con la frecuencia, para la ganancia de la antena receptora (dBi o dBd), para las pérdidas que recepción (dB), para la impedancia (50 o 75 Ω) y para la fiabilidad requerida.

4.6.3 VENTANA 3D ANTENNA FROM 2D PATTERNS

Acceso: comando 3D creation encontrado en la pestaña *Patterns* de la ventana *Tx/Rx Parameters*.

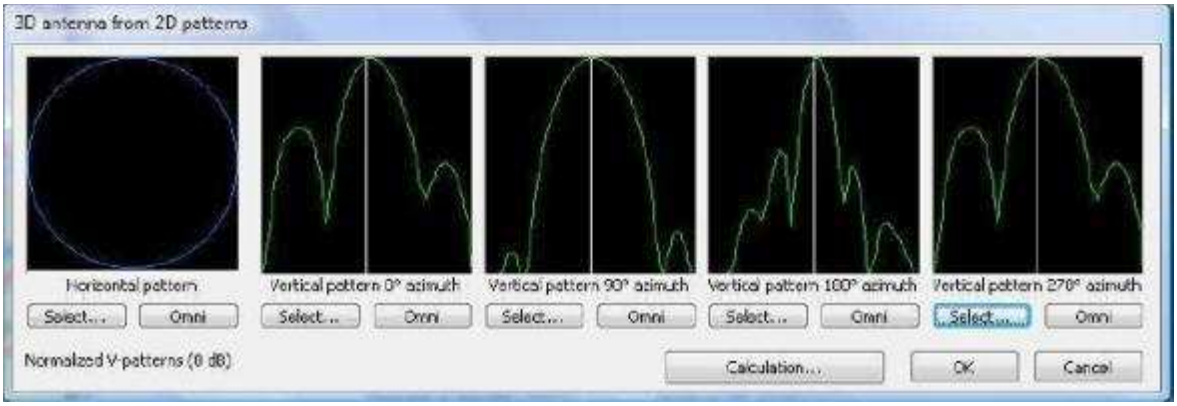


Figura 4. 62 Ventana 3D antenna from 2D patterns

La ventana *3D Antenna form 2D Patterns* permite crear una antena en 3D a partir de 1 patrón horizontal y 4 patrones verticales. Patrones omnidireccionales o patrones específicos almacenados en archivos .sph o .spv se pueden seleccionar.

Área de visualización

Los patrones seleccionados se muestran en el área de visualización. El patrón horizontal se muestra en su representación polar, los patrones verticales se muestran en una representación cartesiana. La primera imagen muestra el patrón horizontal en color azul, y las otras imágenes muestran en color verde los patrones verticales para los azimuts de 0 °, 90 °, 180 ° y 270 °.

Los botones

Select...: para seleccionar un patrón almacenado en un archivo .sph (para el patrón horizontal) o en un archivo de .spv (para el patrón vertical).

Omni: para seleccionar un patrón omnidireccional.

Calculation...: para calcular la antena 3D de acuerdo con el patrón horizontal y con los patrones verticales que se han elegido. Después del cálculo, la ventana *3D antenna pattern* se abre y muestra la antena en 3D resultante.

OK: para confirmar la selección y volver a la ventana *Tx/Rx Parameters*

Cancel: para cerrar el cuadro sin realizar la confirmación.

Procedimientos

Creación de una antena 3D

1) En el cuadro de *Tx/Rx Parameters*, dirigirse a la pestaña *Patterns*, a continuación seleccionar (botón izquierdo) el botón *3D creation*
2) La ventana *3D Antenna form 2D Patterns* se abre.
3) Clic (botón izquierdo) en el botón *Select*, o en el botón *Omni* del patrón horizontal.
4) En el caso de elegir la opción *Select*, designar en la ventana de archivos, el archivo .sph que contiene el patrón horizontal, luego confirmar y cerrar la ventana de archivos usando el botón *OK*.
5) Clic (botón izquierdo) en el botón *Select*, o en el botón *Omni* del primer patrón vertical (azimut 0 °).
6) En el caso de elegir la opción *Select*, designar en la ventana de archivos, el archivo .spv que contiene el patrón vertical, luego confirmar y cerrar la ventana de archivos usando el botón *OK*.

7) Definir los otros 3 patrones verticales siguiendo el mismo procedimiento.
8) Cuando todos los patrones se han seleccionado, ejecutar el cálculo de la antena en 3D usando el botón *Calculation*.
9) Se realiza el cálculo. Designar la ruta en el disco duro y escribir el nombre del nuevo archivo .a3d en el cual se almacenará la antena en 3D resultante, a continuación, confirmar y cerrar el cuadro de archivos mediante el botón *OK*.
10) Entonces la ventana *3D antenna pattern* se abre, y muestra la antena en 3D resultante.
11) Para volver a la ventana *3D Antenna form 2D Patterns*, cerrar la ventana *3D antenna pattern* utilizando la función Files / Exit
12) Cerrar la ventana *3D Antenna form 2D Patterns* usando el botón *OK*.

4.6.4 VENTANA PROPAGATION MODELS

Acceso:

Función Tools / Propagation model

Model... Comando encontrado en varios cuadros de dialogo

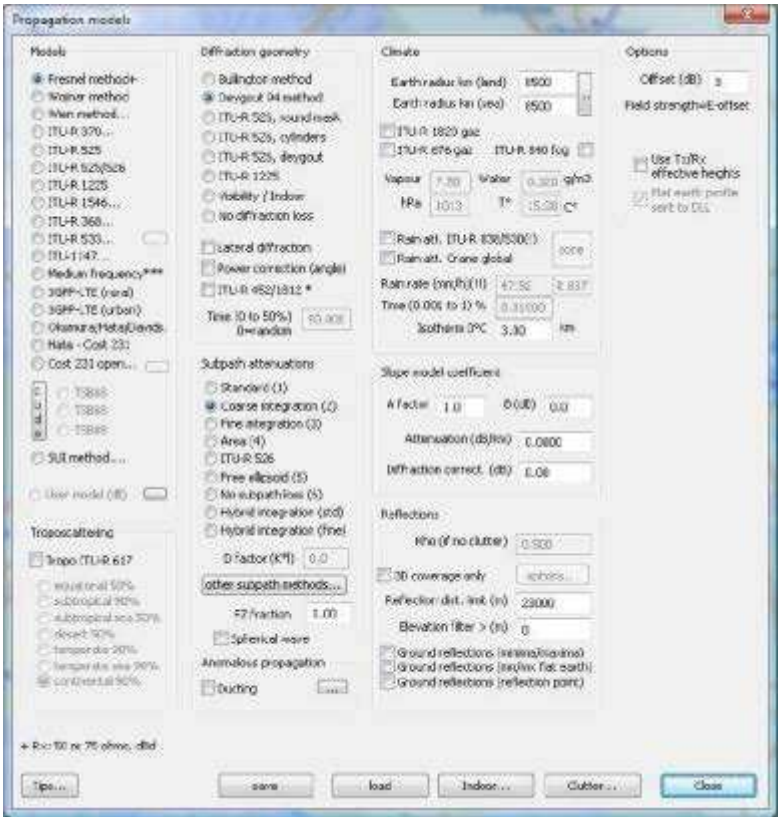


Figura 4. 63 Ventana Propagation Models

Esta ventana enumera todos los métodos de cálculo, métodos de propagación y atenuaciones disponibles en el ICS Telecom.

La intensidad de campo eléctrico calculada en el ICS Telecom se expresa en la siguiente forma:

$E = E0 - Ad - As - Au - Am - F - At - Ca - Do$

Donde

E: intensidad de campo en dBµV/m

E0: intensidad de campo en dBµV/m obtenido a partir de diferentes métodos de propagación

Ad: desvanecimiento por difracciones múltiples en dB de acuerdo a los modelos Bullington o Deygout 1994 y/o factores troposféricos

As: atenuación en dB de la ocupación del suelo de acuerdo a las tablas CCIR o UER

Au: pérdida de alimentación en los sitios de recepción

Am: pérdida de alimentación en los sitios de recepción enmascarados

F: desvanecimiento debido al eclipsado/ocultación del elipsoide de Fresnel

At: atenuación/ganancia de la mezcla de trayectorias mar/tierra

Ca: factor de corrección atmosférica: $0.5 \times (Gradiente + 40)$

Do: margen en dB para un valor de offset

Models:

- *Fresnel method*
- *Okumura method*: Para este modelo, el usuario debe elegir el tipo de área a tener en cuenta para los cálculos (la corrección se realiza de acuerdo a la frecuencia del transmisor) - 3 opciones de área
- *Wojnar method*
- *Vienna method*: La selección de este modelo se abre el cuadro Vienna agreement 1993 que permite la configuración del cálculo y la elección de las opciones de cálculo.
- *ITU-R 370-7 method*: modelo de Ginebra (recomendación ITU-R 370-7) - La selección de este modelo abre el cuadro Recomendation UIT-R P.370-7 que permite el ajuste y la elección de las opciones de cálculo.
- *ITU-R 525*: método que aplica las recomendaciones ITU-R 525.

- *ITU-R 525/526*: método que se aplica las recomendaciones ITU-R 525/526.
- *Medium frecuency short V-antenna*: Modelo para las ondas hectométricas (frecuencias entre 300 KHz y 3 MHz) – fórmula empírica.
- *Usermod.dll*: Esta opción permite activar un modelo creado por el usuario. El modelo debe ser creado en C o C++ mediante un archivo DLL suministrado con el ICS Telecom. El dll debe ser nombrado usermod y una vez creado, se debe copiar en el directorio C:\ICS en el disco duro. Para esta elección, las opciones *No subpath loss* y *No diffraction* se seleccionan automáticamente.
- *Other method (dll)*: Esta opción permite al usuario desarrollar su propio modelo mediante el uso de dos estructuras de parámetros. El modelo creado permitirá obtener en el perfil de ruta, la información relativa a las atenuaciones, y permitirá la carga dinámica de los archivos DLL, con guardado automático en el archivo de parámetros .prm. Las siguientes bibliotecas se guardan en el directorio del ICS durante la instalación del ICS Telecom: deygout.dll, fcc98.dll, itm122.dll, troposcat.dll, prop452.dll, spd526.dll. Para cargar o cambiar la biblioteca, haga clic izquierda en el botón con 3 puntos y designar el archivo .dll que contiene el método que debe aplicarse a los cálculos.

Troposcattering:

Cálculos de atenuación en relación a la propagación troposférica en el espacio libre. Para activar o desactivar esta opción, seleccionar (botón izquierdo) la opción *Tropo ITU-R 617*. Al elegir esta opción, el usuario debe elegir el tipo de clima que debe tomarse en cuenta para los cálculos.

Nota:

- La versión actual del ICS Telecom integra 7 de los 9 tipos de clima existentes; se excluyen los climas de tipo n°5 y 8 (Mediterráneo y Polar).
- El método de dispersión troposférica se puede combinar con uno de los métodos de difracción. En este caso, la atenuación más débil entre los dos métodos de difracción se tendrá en cuenta para los cálculos.

Diffraction geometry:

- *Bullington method*
- *Deygout 94 method*

- *ITU-R 526, round mask* de la Recomendación ITU-R 526-6
- *ITU-R 526, cylinders* de la Recomendación ITU-R 526-6
- *ITU-R 526, deygout* de la Recomendación ITU-R 526-6
- *Visibility*: si hay difracción, la intensidad de campo eléctrico devuelta es 0
- *No diffraction loss*: la atenuación por difracción es 0; y sólo la atenuación debida a la elipsoide de Fresnel se toma en cuenta - esta opción se utiliza para los modelos *Usermod* y *Other method*.
- ITU-R 452-9 utilizado los cálculos de interferencia punto a punto. La selección de esta opción abre el campo *Time input*: ingresar el porcentaje de tiempo (0 a 50%)

Subpath attenuations:

- *Standard*: esta opción calcula la atenuación debida a la obstrucción de la primera 1/2 elipsoide de Fresnel.
- *Coarse integration*: esta opción calcula la media altimetría de la ruta de perfil relacionada con el elipsoide de Fresnel.
- *Fine integration*: esta opción correlaciona todos los puntos del terreno con el elipsoide de Fresnel
- *Area*: esta opción calcula el área total del elipsoide de Fresnel, se compara esta área con el área que ha sido contratado por el terreno, y se aplica la atenuación correspondiente.
- *ITU-R 526*
- *Free ellipsoid*: Esta opción considera que el elipsoide debe estar despejada (libre de obstáculos); caso contrario, el sistema considera que el campo es igual a cero.
- *No subpath loss*
- other subpath methods... : permite recuperar los modelos de subruta antiguos (standard, coarse V1, coarse V2)
- *FZ fraction*: Factor para despejar (limpiar de obstáculos) el elipsoide.
  Ingresar en este campo el factor que a ser aplicado. El factor se aplicará a las opciones *Coarse integration*, *Fine integration*, *Standard* y *Free ellipsoid*.
- *Spherical wave*: la onda esférica puede tomarse en cuenta en el cálculo.

Climate:

- *Earth radius (km)*: Introduzca el radio de la tierra sobre el nivel del suelo (campo *Land*) y el radio de la tierra sobre el nivel del mar (campo *Sea*), en kilómetros. El botón de 3 puntos abre el cuadro Earth radius converter que permite la conversión del radio de la Tierra en K/DN/RADIUS
- *Atmospheric gazes*: de acuerdo con la recomendación ITU-R 676-3
- *Vapor density (g/m^3)*: Ingresar en este campo la atenuación debida a los gases, la densidad del vapor de agua en g/m^3
- *Temperature (°)*: Ingresar en este campo la temperatura en grados
- *Clear weather (slant path)*: si el modo no está seleccionado, el modo clima lluvioso se considera
- *Rain atten ITU-R 838/530*: la atenuación por lluvia de acuerdo con las recomendaciones ITU-R 838 y 530-8 (para cálculo de fiabilidad) se toma en cuenta en el cálculo. La selección de este comando da acceso a los siguientes campos:
- *Rain rate*: la precipitación en mm/h
- *Time*: porcentaje de tiempo durante el cual se tendrá una precipitación de *n* mm/h.
- *Rain atten crane global*: la atenuación por lluvia de acuerdo con el modelo Crane (1985). Esta opción abre el cuadro Crane rain parameters
-

: acceso al cuadro Rain zone que muestra las zonas de lluvia en el planisferio y que permite ver la zona de lluvia que se tendrá en cuenta en el modelo de la ITU, o de el cuadro Crane rain parameters en caso de escoger la opción *Rain atten crane global*.

Slop model coefficient:

El usuario puede modificar cualquiera de los modelos usando la siguiente fórmula:

$E = A \times Model + B$

donde

E: intensidad de campo eléctrico que se calcula por uno de los modelos

A: coeficiente

B: atenuación en dB

El factor A y la atenuación B son parámetros variables

- *A factor*: Ingresar en este campo el coeficiente de corrección A aplicable a los modelos estándar
- *B (dB)*: Ingresar en este campo el factor de atenuación B aplicable a los modelos estándar
- *Attenuation (dB/km)*: Ingresar en este campo el valor de atenuación en dB/km

Reflections

- *Lambertian reflection*: para seleccionar la opción, marcar (botón izquierdo) la casilla correspondiente. Este método calcula la intensidad de campo eléctrico en cada punto del área de simulación de acuerdo con la contribución de las señales reflejadas, y de acuerdo con el intervalo de guardia expresado en µs y a un factor de reflexión definido por el usuario ya sea en el cuadro Clutter parameters si el proyecto contiene un archivo de clutter, o en el campo *Reflectance* de la ventana *Propagation Models*. Cualquier punto de visualización re-emite la potencia recibida desde el transmisor (multiplicado por el factor de reflexión) en 360°, la ganancia de la superficie reflectante se calcula de acuerdo con el ángulo para una superficie de 1 m^2. El sistema añade las potencias recibidas si y sólo si la diferencia del ToA (Time of arrival) de las señales es inferior o igual al valor de Delta ToA.
- *Guard interval (µs)*
- *Reflection dist. limit (m)*: esta opción limita la distancia de radiación de la superficie reflectante. Para las coberturas, las potencias recibidas se añadirán si la diferencia en el tiempo de llegada de las señales es menor que el valor Delta ToA (µs) (diferencia entre el rayo directo / rayo reflejado) - Ingresar en este campo el límite de la distancia en metros que será aplicada.
- *Altitud filter > (m)*: valores en metros - si la elevación del punto reflejado es inferior o igual al valor del filtro, a continuación, el cálculo de la reflexión se detiene a partir de este punto.
- *Reflectance*: coeficiente de reflexión que se aplica al cálculo de reflexiones lambertiana.

- *Ground reflections*: cálculo de la reflexión debido al suelo - Para seleccionar el modo de cálculo, marcar (botón izquierdo) la casilla correspondiente.

ERP / EIRP:

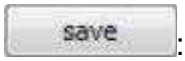
- *½ wave antenna*: La potencia radiada se expresa como ERP (PER).
- *Isotropic antenna*: La potencia radiada se expresa como EIRP (PIRE).

Other options:

- *Rx gain*: ganancia de la antena de recepción para aplicar a la conversión de dBµV/m a dBm. Ingrese en este campo la ganancia de la antena de recepción en dB
- *offset*: offset en el nivel de intensidad de campo eléctrico (-100 a +100 dB) permitiendo la simulación de coberturas con valores negativos de intensidad de campo.
- *Use Tx / Rx effective heights*: aplica las alturas efectivas definidas para cada estación en sus ventanas de parámetros (ventana Tx/Rx parameters – pestaña Site – comando Effective height).

Comandos:

: Abre la ventana Clutter parameters para establecer las atenuaciones asociadas con los códigos de ocupación del suelo.



: Guarda las opciones del modelo en un archivo de parámetros .prm

: Carga un archivo de parámetros .prm que contiene las configuraciones de cálculo

: Confirma los ajustes de cálculo y cierra la ventana *Propagation models*.

4.6.5 VENTANA CLUTTER PARAMETERS

Acceso:

Función Tools / Clutter options

Comando de la ventana Propagation Models

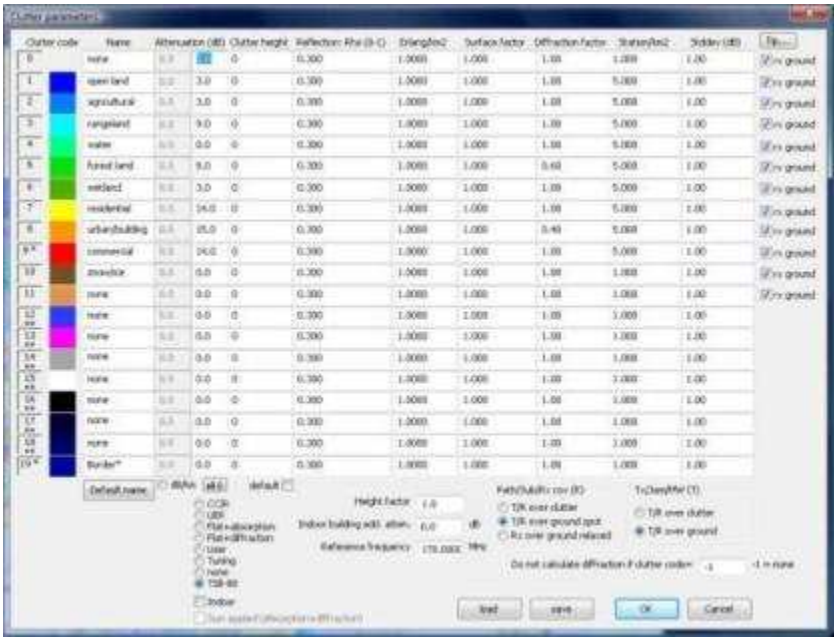


Figura 4. 64 Ventana Clutter parameters

En esta ventana se enumeran los códigos de ocupación del suelo y todos sus valores asociados: atenuaciones en dB, alturas en metros, factores de reflexión, valores Erlang/km^2, factores de superficie, factores de difracción, desviación estándar.

En el modo *User attenuations mode*, los valores de atenuación pueden ser modificados por el usuario. Todos los demás valores pueden ser modificados en cualquier momento.

Para modificar un valor, hacer clic en (botón izquierdo) en el campo en cuestión e ingresar el valor. Hacer clic (botón izquierdo) en otro campo para validar la entrada.

Columna Clutter code:

Hasta 19 códigos pueden ser parametrizados.

Los códigos del 0 al 9 están dedicados a los códigos específicos de ocupación del suelo.

Los códigos del 12 al 18 están dedicados a los códigos de interiores.

El código 19 se utiliza para los bordes de frontera. Los otros códigos son los códigos definidos por el usuario.

Estos códigos no pueden ser modificados por el usuario

Columna Clutter names:

Lista de los nombres correspondientes a los códigos de ocupación del suelo.

Los nombres pueden ser modificados por el usuario. Simplemente hacer clic en el campo nombre y escribir el nuevo nombre.

Los nombres por defecto puede ser recuperados usando el comando *Default name*.

Columna Attenuation (dB):

La atenuación en dB asociada con cada código de acuerdo con la codificación seleccionada y la frecuencia de referencia.

Esta columna sólo se puede modificar si el modo *User attenuations* esta activado.

El usuario puede introducir manualmente los valores. De lo contrario, esta columna muestra las atenuaciones que no pueden ser modificadas.

Columna Clutter height:

Altura en metros aplicada a cada ocupación de suelo.

Esta columna sólo se puede modificar si el modo Defined altitude está desactivado. El usuario puede introducir manualmente los valores.

De lo contrario, esta columna muestra las alturas de asociadas que no se pueden modificar.

Columna Reflection factor (0-1):

Factor de reflexión aplicado a cada ocupación del suelo. Los valores deben estar entre 0 y 1. Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Columna Erlang/km^2:

Valor Erlang aplicado a cada código de la ocupación del suelo.

Los valores Erlang/km^2 se utilizan para los cálculos de probabilidad de bloqueo de las comunicaciones realizadas mediante las opciones Coverage / Traffic analysis / Erlang B y /Erlang C.

Definir los valores Erlang/km^2 para los códigos de ocupación del suelo es el segundo paso en el procedimiento para el cálculo de la probabilidad de bloqueo, el primer paso es definir los parámetros para las líneas de comunicación para el elemento simulado.

Los valores de entrada están integrados dentro de las fórmulas para los cálculos: Erlang B o Erlang C.

Los valores de entrada corresponden a la siguiente fórmula:

$E/km^2 = (número\ de\ suscriptores/km^2) \times (trafico\ por\ suscriptor)$

Por ejemplo, el tráfico promedio por abonado es de 0.025. Para elementos móviles, el tráfico medio considerado es 1/60. El valor Erlang/km^2 para una red GSM puede llegar a 175E/km^2, que es el valor máximo. Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Columna Surface factor:

Coeficiente de superficie aplicada a cada código de ocupación del suelo.

Factor Code-weighing (valores entre 0.00 y 1000.00).

Este coeficiente es particularmente útil para la asignación de frecuencias y cálculos de interferencia. Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Columna Diffraction factor:

Factor de difracción aplicado a cada código de ocupación del suelo. Los valores deben estar entre 0 y 1. Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Columna Station/km^2:

Número de estaciones al azar por km ² enviadas a cada código de ocupación del suelo.

Este valor se utiliza en el cálculo de las estadísticas para el envío de estaciones al azar sobre el terreno en el modo Clutter repartition (función Multipoint / Statistics y el cuadro Simulator setup). Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Columna Stddev (dB):

Valor de la desviación estándar en dB aplicada a cada código de ocupación del suelo.

Este valor se utiliza para calcular la probabilidad de que un valor de intensidad de campo eléctrico exceda el umbral (opción Coverage / Network analysis / Availability display). Esta columna puede ser modificada en cualquier momento por el usuario.

Codificaciones:

5 opciones:

- *CCIR attenuations*: codificación de acuerdo a las normas CCIR. Esta opción muestra las atenuaciones asociadas
- *UER attenuations*: codificación de acuerdo a las normas UER. Esta opción muestra las atenuaciones asociadas
- *Flat+absorption*
- *Flat+diffraction*
- *User attenuations*: codificación de acuerdo con las definiciones del usuario. Esta elección da acceso a la columna *attenuations* y permite al usuario introducir todas las atenuaciones asociadas
- *Tuning*

- *No attenuation*: ninguna atenuación se tendrán en cuenta en los cálculos.

Seleccione una codificación marcando (botón izquierdo) una de las opciones

Indoor building add. atten.:

Esta opción permite calcular la atenuación de propagación para las trayectorias de mezcla de acuerdo con la siguiente fórmula:

$37 + 30log10(R) + 18.3 \times n((n+2)/(n+1) - 0.46)$

con *n* = número de pisos (fórmula derivada del modelo COST 231 para interiores).

La pérdida calculada corresponde a la atenuación definida para la planta baja.

La constante de 18.3 corresponde a una estructura de hormigón a 2 GHz, y se modifica de acuerdo a la frecuencia utilizada.

Esta ecuación no tiene que ser utilizado en VHF.

Reference frequency

Introduzca la frecuencia de referencia en MHz.

Receiver Height

Para los cálculos de perfil, la altura del receptor puede ser considerada ya sea en relación con el nivel del terreno o de acuerdo con la ocupación del suelo y, por lo tanto, de acuerdo con el código de ocupación encontrado.

Se ofrecen dos modos:

- *Rx over clutter*: la altura del receptor se incrementa desde la altura del código de clutter en que el cual se encuentra el receptor.
- *Rx over ground*: la altura del receptor no tiene en cuenta el clutter, sino sólo el nivel del terreno.

Defined altitude

Definición de los parámetros de altura para cada código de ocupación del suelo.

Casilla marcada: una altura se aplica automáticamente para cada código de ocupación del suelo de acuerdo con la codificación seleccionada, los valores no puede ser modificados.

Casilla desmarcada: el usuario puede ingresar manualmente una altura para cada código de ocupación del suelo.

Seleccione el modo marcando (botón izquierdo) la casilla.

Transmitter height

- *Tx over clutter*: la altura del transmisor se incrementa sobre la altura del clutter en el que se encuentra.

Comandos:

load: Carga un archivo de parámetros .prm que contiene los parámetros de ocupación del suelo.

save: Guarda los parámetros de ocupación del suelo en un archivo de parámetros .prm

Default name: Recupera los nombres por defecto de los códigos del clutter

OK: Confirma la configuración y cierra el cuadro *Ground occupancy parameters*

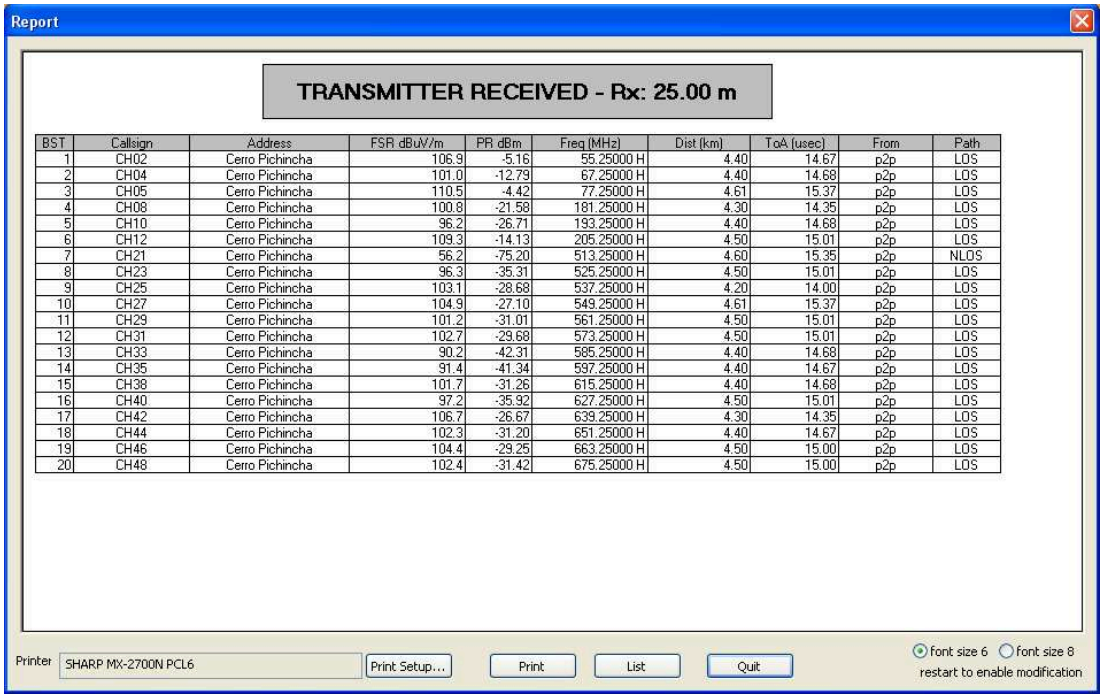
Cancel: Ignora las modificaciones y cierra el cuadro *Ground occupancy*. Los parámetros del clutter anteriores se aplicarán a los cálculos.

4.6.6 VENTANA REPORT

Acceso:

Opción Report… encontrada en en la pestaña General de la ventana Tx/Rx parameters

Opciones Listing encontradas en algunos menús emergentes contextuales y en varias funciones de cálculo…



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	106.9	-5.16	55.25000 H	4.40	14.67	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	101.0	-12.79	67.25000 H	4.40	14.68	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	110.5	-4.42	77.25000 H	4.61	15.37	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.8	-21.58	181.25000 H	4.30	14.35	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	96.2	-26.71	193.25000 H	4.40	14.68	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	109.3	-14.13	205.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	56.2	-75.20	513.25000 H	4.60	15.35	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	96.3	-35.31	525.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	103.1	-28.68	537.25000 H	4.20	14.00	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	104.9	-27.10	549.25000 H	4.61	15.37	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	101.2	-31.01	561.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	102.7	-29.68	573.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	90.2	-42.31	585.25000 H	4.40	14.68	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	91.4	-41.34	597.25000 H	4.40	14.67	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	101.7	-31.26	615.25000 H	4.40	14.68	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	97.2	-35.92	627.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	106.7	-26.67	639.25000 H	4.30	14.35	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	102.3	-31.20	651.25000 H	4.40	14.67	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	104.4	-29.25	663.25000 H	4.50	15.00	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	102.4	-31.42	675.25000 H	4.50	15.00	p2p	LOS

Figura 4. 65 Ventana Report

Esta ventana es una vista previa de una tabla que contiene los resultados de la función en ejecución.

El usuario puede desplazarse por el documento utilizando la barra de desplazamiento en el lado derecho de la ventana.

El documento puede ser impreso:

Printer: indica la impresora activa.

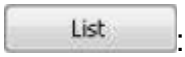
Tamaño de la fuente

Dos tamaños: 8 o 10. Seleccione una de las dimensiones, cierre la ventana *Report* y reinicie el cálculo para aplicar la modificación del tamaño.

Comandos

Print Setup...: Abre la ventana de impresora estándar de Windows ™ para la elección de la impresora.

Print: Ejecuta la impresión del reporte en la impresora activa indicada en el campo *Print field*



: Edita la lista de resultados en una ventana MS™ NotePad™.

: Cierra la ventana *Report*

4.7 PANTALLAS DEL SOFTWARE ICS TELECOM

4.7.1 PANTALLA 3D

Acceso:

Opciones Map / 3D display

Opción 3D view de la herramienta Area selection

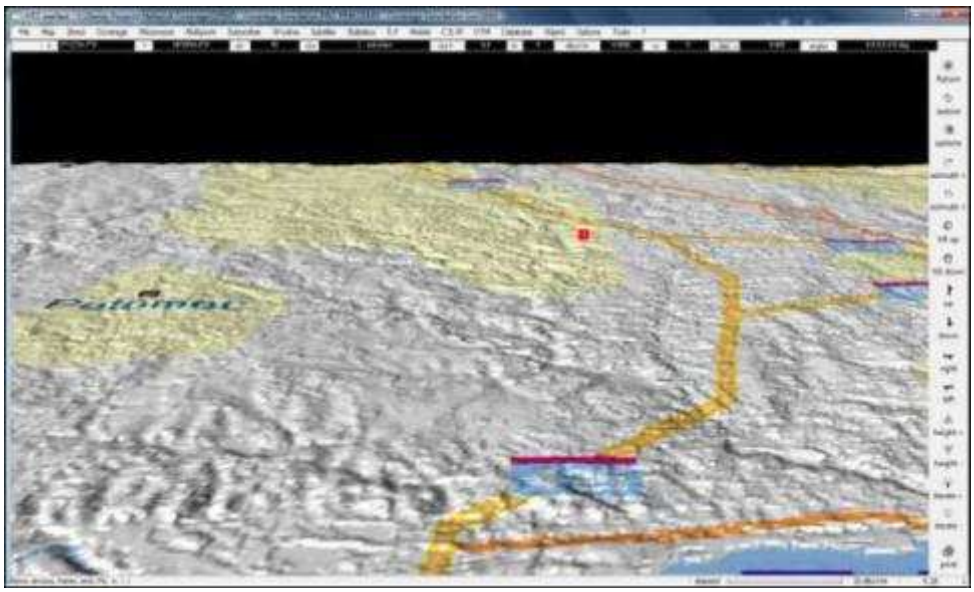


Figura 4. 66 Pantalla 3D

La representación 3D se muestra en la página completa.

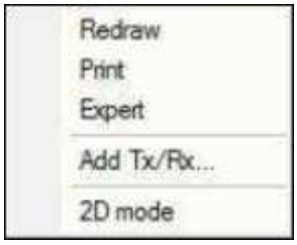
Display Zone

Se pueden visualizar en 3 dimensiones la capa DEM, o la capa Imagen superpuesta a la capa DEM, o los resultados + capa Imagen superpuesta a la capa DEM, o el Clutter + capa Imagen superpuesta a la capa DEM, todas esta opciones con los iconos de los elementos en ellas.

La vista 3D representa el área del proyecto completo (opciones Map / 3D display) o un área limitada definida utilizando la herramienta Area selection. Hay varias opciones para definir los ejes, las capas se superponen en el DEM, y otras opciones de visualización 3D específicas se ofrecen en un menú accesible al hacer clic izquierdo en cualquier punto de la zona de visualización 3D.

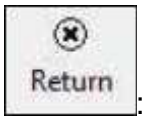
Popup menu

Al hacer clic izquierdo en cualquier punto de la zona de visualización se abre un menú emergente:



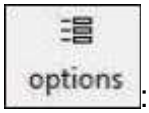
- *Redraw*: para redefinir los parámetros de visualización. Esta opción abre el cuadro View
- *Print*: para imprimir la pantalla en 3D. Esta opción abre el cuadro Print setup
- *Add Tx/Rx*: para instalar una nueva estación en el punto tocado por el cursor en la vista 3D. Esta opción abre el cuadro de Tx/Rx parameters para configurar la estación.
- *2D mode*: para volver a la pantalla en 2D

Comandos

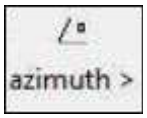


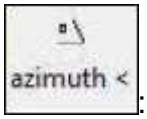
: Cierra la pantalla en 3D y regresa a la pantalla en 2D.

: Cancela cualquier modificación hecha en la representación 3D, y recupera las configuraciones iniciales de la pantalla en 3D.

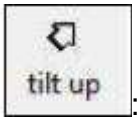


: Abre el cuadro View para definir las nuevas opciones de visualización 3D.

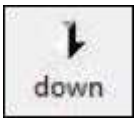




: Modifican la posición de la cámara en azimut en grados.



: Modifican la posición de la cámara en Tilt.



: Modifican la posición de la cámara hacia arriba, abajo, derecha o izquierda.

: Modifican la altura de la cámara.

: Modifica la iteración (amplitud) de la representación 3D.

: Abre el cuadro Print setup que permite imprimir la pantalla en 3D.

Procedimientos

Para instalar una nueva estación en la representación en 3D

Véase el numeral 4.6.2 para la descripción de la ventana Tx/Rx parameters

1) La vista en 3 dimensiones se muestra en la pantalla - clic (botón izquierdo) en el lugar donde la nueva estación se tiene que crear
2) En el menú emergente, elija (botón izquierdo) la opción *Add Tx/Rx*
3) La ventana Tx/Rx parameters pide al usuario que configure la estación.
4) Al cerrar la ventana Tx/Rx parameters se vuelve a mostrar la pantalla en 3D con la nueva estación instalada.

4.7.2 PANTALLA RADIO PATH

Acceso:

Comando de la pantalla Path Budget

Función Direct / Path calculation

Opciones Profile to y Profile from que se encuentran en el menú emergente (botón izquierdo) del modo Tx / Rx mode

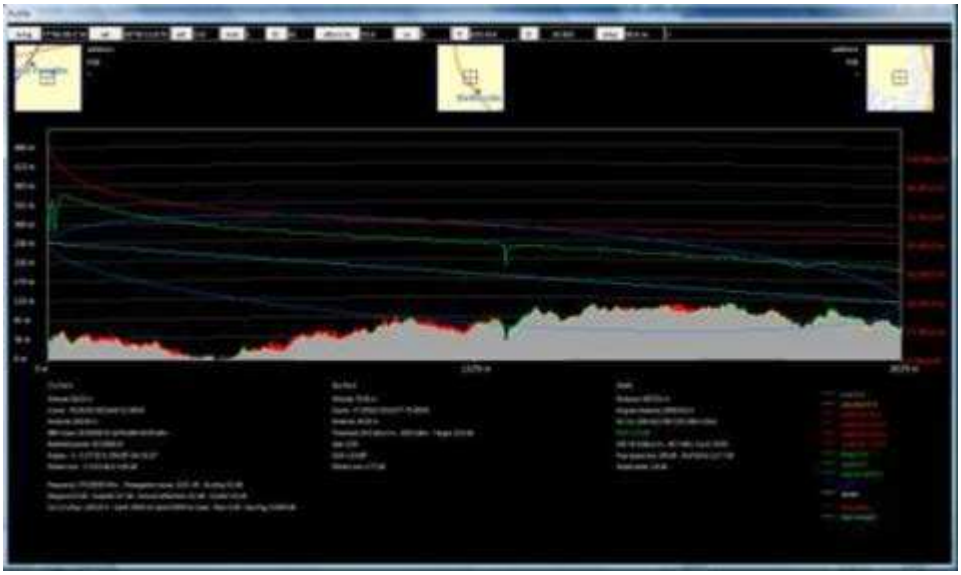


Figura 4. 67 Pantalla Radio Path

La pantalla *Radio path* tiene 4 zonas principales:

- Zona de las coordenadas
- Zona de visualización del perfil
- La leyenda que contiene la información técnica
- Zona de Comandos

Zona de coordenadas

Las coordenadas se indican en tiempo real para cada movimiento del cursor que se realiza sobre el perfil en esta zona.

Estas coordenadas son idénticas a las que se muestran en la pantalla principal del ICS Telecom.

La zona de coordenadas indica (de izquierda a derecha):

Longitud (campo *long* o *X*)

Latitud (campo *Lat* o *Y*)

Altitud

Código de ocupación del suelo (si no existe: muestra 0) (campo *clut*)

Delta en metros correspondientes a la diferencia entre el punto en el terreno y el rayo directo (campo *D:*)

Valor de la intensidad de campo en dBµV/m

Número de canal (campo *cx*)

Las coordenadas en píxeles (campo *P*)

La distancia transmisor/cursor en km (campo *D*)

Altura en metros del medio elipsoide de Fresnel bajo el cursor (campo *Ellipsoid*)

Zona de visualización del perfil

La zona de visualización muestra el perfil detectado entre el punto de transmisión y el punto de recepción. El perfil se verá en su totalidad en esta pantalla, independientemente del tamaño del archivo o los dos puntos. El sistema calcula automáticamente el porcentaje de zoom necesario para mostrar el perfil en su totalidad.

El perfil dibujado muestra lo siguiente:

- *The transmission and reception sites*: sitios de transmisión y recepción en los extremos del perfil junto con miniaturas de los dos sitios.
- *a central vignette*: una viñeta central que permite visualizar el punto debajo del cursor. En la pantalla de visualización, el cursor se coloca equidistante entre el transmisor y el receptor. El cursor puede ser desplazado haciendo clic (botón derecho) sobre la zona de visualización. La viñeta de acompañamiento de la imagen se vuelve a dibujar.

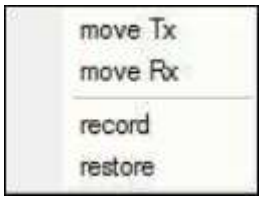
  Nota:

  Las tres viñetas se muestran sólo si el transmisor y el receptor han sido designados en el archivo de Imagen. Si los puntos de transmisión y recepción fueron designados en el DEM, la pantalla *Radio path* no mostrará ninguna viñeta.
- *Profile altitude*: altitud del perfil en gris
- *Clutter* coloreado de acuerdo a los códigos de ocupación del suelo
- *Radar detection curve*: curva de detección del radar en color marrón (comando *Detection/No detection*)
- *Fresnel ellipsoid*: elipsoide de Fresnel en color púrpura

  La visualización de esta información puede ser modificada con respecto al clutter, la intensidad de campo eléctrico, los elipsoides y el factor de separación entre las antenas mediante el comando *Option*.
- *The coordinates*: las coordenadas corresponden a:
  - Para Y1: altitud en metros

- Para Y2: la intensidad de campo eléctrico en dBµV/m
- Para X: la distancia entre el transmisor/receptor en metros

Se puede acceder a un menú contextual emergente que ofrece varias opciones haciendo clic (? botón izquierdo) sobre un punto del perfil:



- *Move Tx*: permite mover el transmisor a otra posición en el perfil. El elipsoide y los resultados se vuelven a calcular de acuerdo con esta nueva posición del transmisor.
- *Move Rx*: permite al usuario mover el receptor a otra posición en el perfil. El elipsoide y los resultados se vuelven a calcular de acuerdo con esta nueva posición del receptor.
- *Record*: guarda la nueva posición del transmisor y del receptor y mueve las estaciones sobre el terreno. El sistema solicita al usuario que confirme las nuevas posiciones y si existían coberturas asociadas a las estaciones, el sistema ofrecerá ya sea eliminar o conservar la cobertura. La pantalla *Radio path* se cierra. El terreno se vuelve a mostrar y presenta las nuevas ubicaciones de los elementos.
- *Restore*: recupera la posición original del transmisor y del receptor.

La leyenda

La leyenda bajo el perfil contiene la siguiente información:

- Altitud del Transmisor (*Tx*) - Altitud del Receptor (*Rx*)
- Altura de la antena del transmisor (*Tx*) - Altura de la antena del receptor (*Rx*) - Altura efectiva (3-15 km) (H1)

  Nota: Con un archivo clutter presente, la altura del receptor puede variar dependiendo si fue seleccionado un Rx sobre el suelo o un Rx sobre el clutter. Se pueden hacer modificaciones en la ventana Clutter parameters, que es accesible desde el perfil, mediante el comando Model, opción Clutter. Después de las modificaciones, se vuelve a dibujar el perfil y los valores de atenuación

se vuelven a calcular. Sin embargo la altura del receptor sigue siendo la misma.

- Intensidad de campo eléctrico en el punto de recepción en dBµV/m y dBm - la intensidad de campo eléctrico en el espacio libre (dBµV/m) - Modelo de atenuación (dB) - Debilidad del diagrama de antena del receptor en dB

  Nota: si el perfil se ha dibujado entre dos elementos tipo Tx/Rx, entonces se lleva a cabo un cálculo punto a punto en dBm. De lo contrario, el valor dBm corresponde a la conversión de la intensidad de campo en dBµV/m sin tener en cuenta la ganancia de la antena o las pérdidas de los patrones del receptor.

  Advertencia: en el modo Path radio, el valor dBm es el resultado de una conversión de dBµV/m a dBm, el MODEL_ATTEN se tiene en cuenta (MODEL_ATTEN es la atenuación dada por el modelo de acuerdo al espacio libre, sin otras atenuaciones (subtrayectos, gases,...)).
- Máxima ERP o EIRP (PER o PIRE) en Vatios, dBW y dBm
- Frecuencia - Potencia radiada utilizada, correspondiente a (Max ERP o EIRP) menos (atenuaciones del diagrama Horizontal) menos (atenuaciones del diagrama Vertical) - Pérdidas en dB
- Modelo de propagación utilizado - atenuaciones Asociadas - reflexión en el Terreno - reflexión Clutter. Se pueden presentar información variada en esta línea dependiendo del modelo de propagación seleccionado
- Distancia Transmisor/Receptor en metros - atenuaciones atmosféricas de 0,1% del tiempo / S2
- Longitud, Latitud del Transmisor (Tx)
- Longitud, Latitud del Receptor (Rx)
- Tilt - pérdidas del patrón Vertical- Azimut - pérdidas del patrón Horizontal - FSL (dB)
- La altura máxima desde el primer medio elipsoide de Fresnel – radio de la Tierra mar y suelo (km) - atenuación por lluvia (30.00 mm/h) - atenuaciones por gas (por el oxigeno)

  Nota:

  La atenuación debida a la lluvia y S2 no son tenidas en cuenta en los cálculos de intensidad de campo eléctrico recibido.

Comandos: clic izquierdo en el cuadro profile

Figura 4. 68 Pantalla Radio Path - Menú emergente (clic izquierdo)

- Close: Cierra la pantalla *Radio path* y vuelve a la pantalla principal.
- pan mode fit mode: modos de visualización del perfil.
  - fit mode: El perfil se calcula para adaptarse a la pantalla. El sistema calcula automáticamente cualquier factor de reducción/ampliación necesario.
  - pan mode: El perfil se muestra tal como es. La pantalla puede extenderse en varias páginas.

El modo *PAN* sólo presenta el perfil de un terreno que muestra la información de la ocupación del suelo. El modo cambia de un modo a otro modo.

- zoom + zoom -: Estos comandos administran la visualización de la redondez de la Tierra.
  - zoom +: El perfil se muestra de acuerdo con la altitud mínima y la altitud máxima del terreno.

-

: El perfil se muestra de acuerdo con la altitud 0 y la altitud máxima del terreno; la redondez la tierra es visible.

-

: Calcula la estimación de ruta y muestra la pantalla Path budget.
-

: Sólo disponible en el modo Path budget (véase la pantalla Path budget).
-

: Exporta las características del perfil en un archivo ASCII de texto (.txt).

  Nota:

  El archivo de exportación del perfil contiene: Longitud o X, Latitud o Y, Altitud, DEM step, Distancia del rayo directo/clutter (en metros), Altura del elipsoide (en metros), Distancia del elipsoide/clutter (en metros), Delta Terrestre (en metros).
-

: sólo disponible en el modo Path budget.
-

: Establece todos los valores de altitud del perfil a -1.
-

: Interpola todos los valores del perfil de la izquierda en -1.

Estos dos comandos permiten la creación de un perfil personalizado semiautomático en el modo panorámico. El usuario puede utilizar el comando *Erase* para establecer los valores del modelo de perfil a ser interpolado a -1 y luego proceder a introducir los valores conocidos de un terreno que se va a crear. A continuación, seleccionando el botón *Interpolate*, el sistema procede a calcular los valores de altitud desconocidos (establecidos en -1), según los datos conocidos introducidos.

-

: Modifica los elementos que se muestran en el perfil.

Diferentes elementos pueden completar la pantalla de perfil del terreno. Por otra parte, la ocupación del suelo, la intensidad de campo eléctrico, y el elipsoide de Fresnel pueden (o no) ser mostrados. Un cuadro de entrada de datos permite seleccionar los elementos que se mostrarán y otros parámetros:

- Elipsoide y el rayo directo (0 = No, 1 = Sí)
- Códigos de ocupación del suelo (0 = No, 1 = Sí)
- La intensidad de campo eléctrico a lo largo del perfil (0 = No, 1 = Sí)
- Curva en el espacio libre incluyendo los patrones H/V (0 = No, 1 = Sí)
- Redondez del elipsoide (factor K)
- Rugosidad del trayecto (S2) (0 = cálculo automático)
- Factor geográfico en dB
- Distancia entre la antena ($n \times \lambda$); factor *n* utilizado para calcular el número que aparece en amarillo en el perfil.
- Ángulo de error para el punto de reflexión en grados
- Utilice deterioro del umbral para el margen: el cálculo del margen tendrá en cuenta el deterioro del umbral encontrado utilizando las opciones Microwave / Interference - TI method.
- Tasa de fiabilidad en porcentaje

El valor de la irregularidad del terreno se tiene en cuenta para los cálculos de atenuación atmosférica de 0.1% del tiempo (considera las múltiples trayectorias en la atmósfera).

-

: Modo de visualización de los factores K del radio la Tierra.
  -

: Muestra 3 perfiles del terreno de acuerdo a los 3 factores K
  -

: Muestra un perfil del terreno de acuerdo con el factor K elegido mediante la opción de la opción Parameters / Earth Radius
-

: Calcula la altura de las antenas del transmisor y del receptor que despejaría el elipsoide de Fresnel. Los cálculos se llevan a cabo de acuerdo con los parámetros de entrada del usuario:
  - Altura mínima y máxima de la antena del transmisor (*Tx antenna min.* y *Tx antenna max.*).
  - Altura mínima y máxima de la antena del receptor (*Rx antenna min.* y *Rx antenna max.*).

- Redondez del elipsoide (factor K)

El sistema informa de los nuevos parámetros necesarios para despejar el elipsoide de Fresnel y después de confirmarlos, vuelve a mostrar el perfil.

-

: Permite modificar las alturas de las antenas del transmisor y del receptor.
-

: Permite modificar los parámetros para el cálculo del perfil. Los parámetros que se pueden ingresar son:
  - ERP o EIRP en vatios
  - Frecuencia en MHz

El perfil se vuelve a mostrar de acuerdo con las modificaciones realizadas.

-

: Abre la ventana Propagation Model que permite modificar el modelo de cálculo y las opciones.
-

: Sólo disponible en el modo Path budget.
-

: Muestra (o no) el ángulo de reflexión sobre el perfil.

Para definir el punto de reflexión, se realiza el siguiente cálculo: por cada punto del perfil, el sistema calcula el ángulo incidental y el ángulo reflejado y se comprueba que los dos rayos se eliminan entre si. El sistema mantiene el punto en el que la diferencia absoluta entre los dos ángulos es la más débil. Si esta diferencia es menor que el «error de ángulo para el punto de reflexión» entonces el punto de reflexión es encontrado.

Dos casos:

1. El punto de reflexión se ha encontrado. El rayo directo y el rayo de reflexión deben ser despejados para encontrar el punto de reflexión. El cuadro Space diversity que aparece en la pantalla, ayudará a calcular la altura de la segunda antena.
2. El punto de reflexión no se ha encontrado. Una ventana de Notas se abrirá y se indican los resultados de la investigación.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1) La Norma Técnica para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001, establece las bandas de frecuencias, la canalización y las condiciones técnicas para la distribución y asignación de las estaciones en el servicio de televisión analógica en el territorio ecuatoriano, y por lo tanto los Concesionarios actuales y futuros deben considerar y cumplir las condiciones presentadas en la Norma.

2) La Norma Técnica presenta los valores de intensidad de campo eléctrico, a un nivel de 10 metros sobre el suelo, que serán protegidos en los bordes de las áreas de cobertura principal y secundaria. Se debe aclarar que la cobertura de interés es la referente al borde de área de cobertura principal porque son estos niveles de intensidad de campo eléctrico los que permiten que el servicio de TV abierta analógica sea de calidad. Los niveles considerados para el borde de área de cobertura secundaria, implican un deterioro en la calidad del servicio, es decir que la imagen podrá ser visualizada, pero la calidad no será la óptima.

3) El contar con un medidor de banda angosta, como lo es el Analizador de Espectros Anritsu MS2724B, para realizar las mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico permite que la confiabilidad de los resultados obtenidos sea muy alta, confiabilidad que se debe a la precisión del equipo y al uso de los cables, conectores y antenas propios del equipo. Con el uso de antenas propias del equipo el rango de frecuencias en el cual se puede realizar mediciones es de 25 MHz a 5825 MHz, el factor de antena está preconfigurado y diseñado por el mismo fabricante para estas antenas y de

igual forma considera las perdidas en cables y conectores (propios del equipo) lo que permite obtener mediciones rápidas y precisas.

4) El intervalo de tiempo durante el cual se realiza la medición (tiempo de integración) no es un parámetro que influye de forma significativa en la obtención de los valores de nivel de intensidad de campo eléctrico. En realidad la variación del nivel de la señal se debe a la cantidad de color presente en la imagen que está siendo emitida durante ese intervalo de tiempo, es decir que el nivel varía desde un mínimo correspondiente a la emisión de una imagen en negro (ausencia de color), a un máximo que corresponde a la emisión de una imagen en blanco (mezcla de todos los colores).

5) El modelo de propagación UIT-R P.525/P.526 elegido para este proyecto de titulación emplea métodos que se encuentran completamente sustentados y publicados en recomendaciones técnicas de la ITU-R. Entonces las predicciones de cobertura de sistemas de radiodifusión de TV abierta analógica, que sean obtenidas aplicando este modelo de propagación le otorgan a la SUPERTEL la facultad de poder usar estas predicciones para cualquier fin específico o comprobación, ya que están sujetas a lo que establecen las recomendaciones de la ITU. Además este modelo de propagación también es aplicable a sistemas de radiodifusión FM y sistemas de radiodifusión de TV digital.

6) Las antenas tipo dipolo tienen un rango de frecuencias de operación, de tal forma que la longitud de onda varia entre $(c/f_{max}) \leq \lambda \leq (c/f_{min})$, por tanto la separación entre dipolos deberá ser siempre menor que λ para que no existan lóbulos indeseables (interferencias constructivas entre los patrones de radiación no deseadas).

7) Las antenas dipolo y los arreglos de antenas dipolo se utilizan para onda corta (3-30MHz) y para radiodifusión VHF y UHF (30-900 MHz) de radio y televisión. En el Cerro Pichincha en la ciudad de Quito para radiodifusión VHF y UHF de TV abierta se utilizan dipolos horizontales montados colinealmente. Los

sistemas de TV VHF utilizan un tilt eléctrico (teniendo un desplazamiento progresivo de fase diferente de cero) debido a las dimensiones físicas de las antenas. Las antenas de los sistemas de TV UHF, por tener dimensiones físicas inferiores a las de los sistemas VHF, utilizan un tilt mecánico (teniendo un desplazamiento progresivo de fase igual a cero).

8) Para una antena, el fabricante siempre da a conocer los patrones en los planos E y H. El patrón en el Plano-E corresponde al Patrón-Horizontal (H), y el patrón en el Plano-H corresponde al Patrón-Vertical (V). No debe confundirse al patrón en el Plano-H con el Patrón-H, ya que el primero se refiere al plano que contiene el vector de campo magnético (H) y el segundo al patrón de radiación Horizontal.

9) Para obtener la cobertura aproximada de un sistema de radiodifusión VHF y UHF en ambiente exterior, un DEM de resolución media como el que posee la SUPERTEL funciona perfectamente, ya que la influencia del suelo y de las edificaciones no son factores determinantes al hablar de señal recibida en ambiente exterior.

10) Como el Clutter que posee la SUPERTEL es de tipo poblacional, es decir que coloca a toda la ciudad de Quito en un solo tipo de ocupación de suelo (de tipo urbano a 30m de altura sobre el DEM) lo cual es irreal, en este proyecto se anuló la influencia del Clutter en la predicción de cobertura. Esto implicó que no existieran aproximaciones estadísticas ni atenuaciones debidas al tipo de suelo. Por esta razón los niveles de intensidad de campo eléctrico obtenidos durante la simulación tendieron a ser mayores en comparación con los valores medidos en la práctica (considerando que las mediciones reales también se realizaron en ambiente exterior).

11) Para las configuraciones de los transmisores en el software ICS Telecom, en cuanto al sistema radiante y la potencia nominal, se utilizó la ganancia del arreglo de antenas en dBd que fue obtenida con el software Antios y la potencia nominal real del transmisor (obtenida de las inspecciones técnicas

realizadas a cada sistema en el cerro Pichincha). No se utilizó lo encontrado en el sistema SIRA TV de la SUPERTEL (sistema que contiene la información de los contratos de concesión y el más actual de los contratos modificatorios) porque no se muestra la información de la ganancia, sino únicamente el valor de la P.E.R y de la potencia nominal. Es decir que únicamente se podía extrapolar el valor de la ganancia partiendo de la P.E.R y la potencia nominal (siendo conocido el valor de las pérdidas); sin embargo, tampoco era factible calcular el valor de la ganancia de esta forma ya que el valor de la potencia nominal mostrado en la información del sistema SIRA TV no correspondía al valor encontrado en las inspecciones técnicas. Por las razones anteriores se utilizan el valor de la ganancia obtenida con el software Antios y el valor de la potencia nominal encontrada en las inspecciones técnicas (que se encuentra en un registro fotográfico que se mostrará durante la defensa de este proyecto de titulación), ya que así ambos valores se pueden justificar.

12) Al observar el área de cobertura aproximada obtenida con el software ICS Telecom para cualquier sistema de transmisión, siempre se cumplirá que:

- El color azul más intenso muestra las zonas que se encuentran en el umbral de recepción definido.

- Las zonas con un color diferente tienen un nivel de intensidad de campo eléctrico superior al umbral y que corresponde al valor que especifique la paleta de colores.

- Toda zona en la cual no existe color alguno, es considerada zona de sombra, esto no significa que en estas zonas no exista un nivel de intensidad de campo eléctrico presente, lo único que implica es que el nivel de intensidad de campo eléctrico en estas regiones está por debajo del umbral de recepción definido. En otras palabras estas zonas están fuera del área de cobertura principal del transmisor.

13) De las gráficas comparativas aplicando el método gráfico se concluye que:

- La tendencia de los niveles de intensidad de campo medidos en comparación con los simulados es similar.

- Si se observan los valores medidos cuyo nivel es alto, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser mayores que los medidos. Esto no representa un problema, en cuanto al servicio de TV abierta analógica se refiere, porque significa que en las regiones en donde se encuentran esos puntos los niveles de recepción son superiores al umbral de recepción. La única implicación real es que el software ICS Telecom tiende a ser optimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica cumplen con estar por encima del umbral de recepción, y por tanto cumplen con estar dentro del área de cobertura principal.

- Si se observan los valores medidos cuyo nivel es bajo, los valores obtenidos mediante simulación tienden a ser menores que los medidos. Entonces el software ICS Telecom tiende a ser pesimista en la evaluación de niveles para las regiones que en la práctica se encuentran por debajo del umbral de recepción. Esto implica que las regiones en donde el ICS Telecom muestra la existencia de zonas de sombra, la probabilidad de que en la práctica ocurra aquello es bastante elevada.

Estas tres últimas conclusiones hacen que las predicciones de cobertura, para los requerimientos de la SUPERTEL (planificación y evaluación de los sistemas de TV abierta analógica), garanticen una proximidad con la realidad lo suficientemente alta para ser consideradas por el personal técnico de la SUPERTEL al planificar inspecciones técnicas para verificar los niveles de intensidad de campo eléctrico teniendo pleno conocimiento de las regiones consideradas como zonas de sombra. Además si esta información es transmitida a los concesionarios del servicio de TV abierta analógica, estos pueden realizar las modificaciones técnicas pertinentes para brindar un mejor servicio.

5.2 RECOMENDACIONES

1) La SUPERTEL debe verificar meticulosamente que los concesionarios hayan realizado las modificaciones técnicas necesarias para cumplir con la mencionada Norma Técnica para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales, esto debido a que la mayoría de canales de TV abierta en nuestro país obtuvieron la concesión de frecuencia para brindar el servicio de TV abierta mucho antes de la publicación de esta Norma.

2) Uno de los puntos esenciales de la Norma Técnica es el referente a la potencia radiada máxima de una estación de televisión VHF o UHF, que establece que la potencia efectiva radiada será aquella que genere una intensidad de campo mínima a proteger en los límites de la respectiva zona geográfica, que cumplan con las relaciones de protección de señal especificadas en la misma Norma y que tal potencia prevalecerá incluso a aquellas determinadas en el estudio de ingeniería y en el contrato de concesión. La determinación de esta potencia se realiza conforme a la RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010, y como el cálculo de la PER comprende la ganancia del arreglo de antenas en dBd se recomienda que esta Resolución sea verificada en cuanto a la determinación de la ganancia de un arreglo de antenas se refiere.

3) Al realizar mediciones de nivel de intensidad de campo eléctrico con el Analizador de Espectros Anritsu MS2724B o con cualquier otro equipo de recepción que tenga esta misma función, se debe tomar en consideración que el nivel de referencia y el piso de ruido cambiarán conforme a la proximidad que exista al transmisor, entre mayor sea la cercanía ambos parámetros también aumentarán si están configurados en modo automático; si por alguna razón el usuario los coloca manualmente tiene que tomar en cuenta el mismo criterio. Además, dependiendo de la proximidad al transmisor, se debe tener especial cuidado con el nivel de atenuación a ser aplicado y considerar el arrancar el equipo de medición sin tener la antena conectada en el caso de estar demasiado cerca al transmisor ya que las potencias efectivas radiadas

están en el orden de decenas a centenas de kW, implicando daños en los equipos si el manejo no es adecuado.

4) Para la obtención del patrón de radiación de un arreglo compuesto, se recomienda tener en consideración los siguientes parámetros:

   - Geometría (lineal, circular, organización de los elementos de radiación en planos).
   - Distancia de separación entre los elementos adyacentes.
   - Amplitud de la corriente de excitación de cada elemento individual.
   - Excitación de fase de cada elemento individual.
   - Patrón de radiación de cada elemento individual.

   Los parámetros antes mencionados afectan el rendimiento óptimo de un arreglo de antenas.

5) Partiendo de la conclusión numero 6 y conociendo que el software Antios toma cada panel como si fuera un solo dipolo, se recomienda que la distancia de separación a ser utilizada en el software Antios no se base en las características mecánicas reales de la antena, sino en la longitud de onda para la frecuencia de trabajo que será utilizada.

6) Realizar el análisis de cada sistema de radiodifusión de TV analógica implicó varias complicaciones debido a que cada sistema es diferente (este proyecto abarco 20 sistemas de radiodifusión de TV analógica): la ubicación y altura de cada uno es distinta, el tipo de antenas es distinto, los ángulos de azimut e inclinación son diferentes, etc. Esta situación no solo se ve en el cerro Pichincha, sino en todo Ecuador. Como Ecuador está próximo al proceso de migración de radiodifusión de TV analógica a radiodifusión de TV digital y para evitar estas complicaciones, sería recomendable crear un único sistema de radiodifusión que abarque a todos los canales de TV en cada lugar desde donde se planee realizar la difusión de la señal de TV digital. Esto facilitaría el

análisis de los sistemas y además, técnicamente hablando, reduciría casi por completo los problemas de interferencias y de cobertura de los canales de TV.

7) Se recomienda la lectura completa del Capítulo 4 de este proyecto de titulación al personal técnico de la SUPERTEL que planee utilizar el software ICS Telecom y el software Antios para la obtención de una predicción de cobertura para sistemas de radiodifusión de Televisión Abierta Analógica, radiodifusión FM y en un futuro próximo para sistemas de radiodifusión de TV Digital. Todos los procedimientos son aplicables para cualquiera de estos sistemas, siendo el usuario quien determine qué procedimientos son los necesarios y suficientes para el fin que persiga.

GLOSARIO

AF	Array Factor (Factor de Arreglo).
Clutter	Archivo que contiene los códigos de ocupación de suelo de un área geográfica
CONATEL	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
dB	Es una unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.
dBµV	Expresa el nivel de señal en decibelios referido a 1 µV.
dBd	Decibelios medidos con respecto a una antena dipolo.
dBi	Decibelios medidos con respecto a una antena isotrópica.
dBm	Decibelio milivatio. Se toma como referencia 1 mW. Así, a 1 mW le corresponden 0 dBm.
dBu	Expresa el nivel de señal en decibelios referido a 0,7746 voltios. 0,7746 voltios es la tensión que aplicada a una impedancia de 600 Ω, desarrolla una potencia de 1 mW. Se emplea una impedancia de referencia de 600 Ω por razones históricas, pero en realidad el dBu implica que la impedancia no ha sido especificada.
dBW	Decibelio vatio. Se toma como referencia 1 W (vatio). Así, a 1 W le corresponden 0 dBW.
DEM	Digital Elevation Model. Es un modelo digital o una representación en 3D de la superficie de un terreno creado a partir de los datos de elevación del terreno
DTM	Digital Terrain Map. Mapa Digital del Terreno
FCC	Federal Communications Commission. Organismo gubernamental de los Estados Unidos creado para regular la industria de la electrónica.
FNBW	First-Null Beamwidth (Ancho de haz del primer nulo).
Hidrometeoro	Concentraciones de agua o partículas de hielo que pueden existir en la atmósfera o depositarse en la superficie de la Tierra.

HPBW	Half-Power Beamwidth (Ancho de haz de media potencia).
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector
LOS	Line of Sight. Propagación con visibilidad directa (o línea de vista), es la propagación entre dos puntos en la que el rayo directo está suficientemente exento de obstáculos para que la difracción tenga un efecto despreciable.
M/NTSC	National Television System Committee - System M
PER	Potencia Efectiva Radiada
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
Pixel	Abreviatura de "Picture Element". Elemento mínimo de una imagen. Se utiliza como unidad de medida del tamaño de imagen y de su resolución.
Propagación transhorizonte	Propagación troposférica entre puntos cerca del suelo, en la que el punto de recepción está más allá del horizonte radioeléctrico del punto de transmisión.
Radio ficticio de la Tierra	Radio de la Tierra hipotéticamente esférica, sin atmósfera, en la que los trayectos de propagación son rectilíneos y las altitudes y distancias sobre el suelo son iguales que en la Tierra verdadera en una atmósfera con gradiente vertical constante del coindice de refracción.
RBW	Resolution Bandwidth
RF	Radiofrecuencia. Rango de frecuencias comprendido entre 3kHz y 300 GHz.
RMS	Root Mean Square (media cuadrática o valor cuadrático medio). Es una medida estadística de una cantidad variable. Puede calcularse para una serie de valores discretos o para una función de variable continua. El nombre deriva del hecho de que es la raíz cuadrada de la media aritmética de los cuadrados de los valores.
Skew	El término "Skew" hace referencia al "Skew Antenna System" de

	Victor J. Andrew, que es un sistema que minimiza la interacción entre los paneles y la estructura de soporte (mástil), obteniéndose un diagrama de radiación similar a un trébol de 4 hojas (4 paneles en la estructura).
Threshold	Umbral de Recepción
UER	Union Européenne de Radio-Télévision. La UER negocia los derechos de difusión de retransmisiones deportivas, posee dos redes de comunicación (Eurovisión y Euroradio), organiza intercambios de programas, estimula y coordina coproducciones, y proporciona una gama completa de servicios de carácter comercial, técnico, legal y estratégico a sus organismos miembros.
UHF	Ultra High Frequency. Frecuencias en el rango de 300 - 3000 MHz.
UTM	Universal Transversa Mercator. Es un sistema de proyección geodésica Norteamericano.
VBW	Video Bandwidth
VHF	Very High Frequency. Frecuencias en el rango de 30 - 300 MHz.
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio (Relación Voltaje a Onda Estacionaria).
WGS84	World Geodetic System. Data desde 1984 y fue revisada por última vez en el 2004, actualmente valida.
Zona de Sombra	Región en la que el nivel de intensidad de campo eléctrico está por debajo del valor del umbral de recepción

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CONALTEL, *Modificaciones del Plan Nacional de Frecuencias de septiembre de 2008*, Ecuador, aprobadas por el CONATEL mediante Resolución No. TEL-391-15-CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012.

[2] Ley Especial de Telecomunicaciones Reformada, *Norma Técnica Para el Servicio de Televisión Abierta y Plan de Distribución de Canales*, Ecuador, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 335 de 29 de mayo de 2001.

[3] NTSC. (2012), sitio web sobre NTSC en Wikipedia, [Online], Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/NTSC

[4] User Guide Spectrum Master™ MS2721B, MS2723B, MS2724B High Performance Handheld Spectrum Analyzer, Anritsu, 2012.

[5] José Miguel Miranda, José Luis Sebastián, Manuel Sierra y José Margineda, *Ingeniería de Microondas, Técnicas Experimentales*, Publicado por PEARSON EDUCACIÓN, S.A, Madrid, 2002.

[6] ICS Telecom v9.++ Reference manual, ADVANCED TOPOGRAPHIC DEVELOPMENT & IMAGES, AUTHORS: Philippe MISSUD, ATDI, 2010.

[7] UIT-R, Recomendación UIT-R P.310-9," Definición de Términos Relativos a la Propagación en Medios No Ionizados", 1994.

[8] UIT-R, Recomendación UIT-R PN.525-2, "Cálculo de la Atenuación en el Espacio Libre", 1994.

[9] UIT-R, Recomendación UIT-R P.526-11, "Propagación por Difracción", 2009.

[10] UIT-R, Recommendation ITU-R BT.655-7, Radio-Frequency Protection Ratios for AM Vestigial Sideband Terrestrial Television Systems Interfered with by Unwanted Analogue Vision Signals and their Associated Sound Signals, 2004.

[11] Constantine A. Balanis, *Modern Antenna Handbook*, Published by John Wiley & Sons, Inc., 2008.

[12] IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-17, No. 3, May 1969; Vol. AP-22, No. 1, January 1974; and Vol. AP-31, No. 6, Part II, November 1983.

[13] Selectively Broadband, technic topics of Moonraker website, [Online], Available: http://www.moonraker.com.au/techni/broadband.htm

[14] Dragoslav Dobričić, YU1AW, (2008), Yagi Antenna Q factor homepage on QSL.net, [Online], Available: http://www.qsl.net/yu1aw/Misc/yagi_q_factor.pdf

[15] Paul Graham, Discussion of Antenna Theory on Paul's Place on TRIPOD.com, [Online], Available: http://k9erg.tripod.com/theory.htm

[16] Feed line. (2012), website about Feed line on Wikipedia, [Online], Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Feed_line

[17] Taller de Antenas, sitio web sobre antenas en Olotwireless.net, [Online], Disponible: http://www.olotwireless.net/catala/antenas.htm

[18] Marcial López Tafur, Antenas, sitio web sobre antenas en el portal de Adolfo Montoya, [Online], Available: http://www.amontoya.com/antenas/Calculo_Marcial.pdf

[19] ¿Qué es una Antena Skew?, post sobre antenas skew en eradigital.com, [Online], Disponible: http://www.eradigital.com.ar/blog/?p=522

[20] Miguel Ferrando, Alejandro Valero, Antenas, sitio web que contiene información sobre parámetros de antenas en ebookbrowse.com, [Online], Disponible: http://ebookbrowse.com/introduccion-parametros-antenas-pdf-d51234193

[21] Constantino Pérez Vega, "La Señal Analógica de Video", Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, Universidad de Cantabria.

[22] Pekka Ala-Mäyry, Characteristics of B,G/PAL and M/NTSC television systems, website about characteristics of television systems on kolumbus.fi/pami1/, [Online], Available: http://www.kolumbus.fi/pami1/video/pal_ntsc.html

[23] (2011) The ITU-R Recommendations website. [Online]. Available: http://www.itu.int/pub/R-REC

[24] FIELD INTENSITY and POWER DENSITY, website about field intensity and power density on University of Hawaii at Manoa webpage, [Online], Available: http://www.phys.hawaii.edu/~anita/new/papers/militaryHandbook/fieldint.pdf

[25] Radiated Power and Field Strength from UHF ISM Transmitters, application note on maximintegrated.com, [Online], Available: http://www.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/3815

[26] Conversion Formulae, conversion formulas on Committee on Radio Astronomy Frequencies webpage, [Online], Available: http://www.craf.eu/conv.htm

[27] Antios, Antios brochure on atdi.com, [Online], Available: http://www.atdi.com/antios/

[28] Ignacio Alonso Fernández-Coppel, “LA PROYECCIÓN UTM”, Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal, Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias, Palencia, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.

[29] SUPERTEL, Sistema de información *SIRA TV*, Ecuador, 2011.

[30] CONATEL, *RESOLUCIÓN 072-04-CONATEL-2010*, Ecuador, 2010.

[31] Prof. Dr. Antonio José Sáez Castillo, *Apuntes de Estadística para Ingenieros*, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, Universidad de Jaén, Versión 1.2, Julio de 2011.

ANEXOS

ANEXO 1

NOTAS EQA DEL PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS CORRESPONDIENTES A LAS BANDAS DE TELEVISIÓN ANÁLÓGICA

EQA.15

La banda 54 - 72 MHz, se utiliza para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de televisión (canales de televisión 2, 3 y 4).

EQA.20

La banda 76 - 88 MHz, se utiliza para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de televisión (canales de televisión 5 y 6).

EQA.35

La banda 174 - 216 MHz se utiliza para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de televisión (canales de televisión 7 al 13).

EQA.65

La banda 512-608 MHz, se utiliza para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de Televisión (canales de televisión 21 al 36).

EQA.70

La banda 614 - 686 MHz, se utiliza para el servicio de RADIODIFUSIÓN con emisiones de Televisión (canales de televisión 38 al 51).

Los sistemas de audio y video por suscripción bajo la modalidad de televisión codificada terrestre (UHF Codificado) concesionados en la banda 686-698 MHz, podrán continuar su operación hasta la vigencia de su contrato de concesión.

ANEXO 2

CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DEL CILINDRO.

Cálculo de los parámetros del cilindro

El siguiente procedimiento puede utilizarse para calcular los parámetros del cilindro que se ilustran en las Figuras 2.9 y 2.12 para cada una de las obstrucciones del terreno. Para ello se utilizan unidades homogéneas y todos los ángulos se expresan en radianes. Las aproximaciones utilizadas son válidas para trayectos radioeléctricos con una elevación igual o inferior a 5o con respecto a la horizontal.

1. Ángulo de difracción y posición del vértice

Aunque estas unidades no se utilizan directamente como parámetros del cilindro, se necesita conocer el ángulo de difracción sobre el cilindro y la posición del vértice.

El ángulo de difracción sobre el obstáculo viene dado por la ecuación:

$$\theta = \alpha_w + \alpha_z + \alpha_e \tag{2.3.38}$$

donde α_w y α_z son los ángulos de elevación de los puntos x e y por encima de la horizontal local, vistos desde los puntos w y z respectivamente, que se expresan mediante las ecuaciones:

$$\alpha_w = (h_x - h_w)/d_{wx} - d_{wx}/2a_e \tag{2.3.39}$$

$$\alpha_z = \left(h_y - h_z\right)/d_{yz} - d_{yz}/2a_e \tag{2.3.40}$$

y α_e es el ángulo subtendido por la distancia de círculo máximo entre los puntos w y z que se expresa mediante la ecuación:

$$\alpha_e = d_{wz}/a_e \tag{2.3.41}$$

La distancia al vértice desde el punto w se calcula en función de cómo se represente la obstrucción, ya sea mediante una sola muestra de perfil o más de una:

Para una obstrucción de punto único:

$$d_{wv} = d_{wx} \tag{2.3.42}$$

Para una obstrucción multipunto es necesario protegerse contra valores muy pequeños de difracción:

$$d_{wv} = [(\propto_z + \propto_e/2)d_{wz}. \quad h_z - h_w]/\theta \qquad \text{para} \quad \theta \cdot a_e < d_{xy} \tag{2.3.43a}$$

$$d_{wv} = (d_{wx} - d_{wv})/2 \qquad \text{para} \quad \theta \cdot a_e < d_{xy} \tag{2.3.43b}$$

La distancia al punto z desde el punto del vértice se expresa mediante la ecuación:

$$d_{vz} = d_{wz} - d_{wv} \quad (2.3.44)$$

La altura del punto del vértice sobre el nivel del mar se calcula en función de cómo se represente la obstrucción, ya sea mediante una sola muestra de perfil o más de una.

Para una obstrucción de punto único:

$$h_v = h_x \quad (2.3.45)$$

Para una obstrucción multipunto:

$$h_v = d_{wv} \propto_w + h_w + d_{2,wv}/2\, a_e \quad (2.3.46)$$

2. Parámetros del cilindro

En esta etapa los parámetros del cilindro que se ilustran en la Figura (2.9) pueden calcularse para cada uno de los obstáculos del terreno definidos mediante el análisis de cuerda:

d_1 y d_2 son las distancias positivas entre los vértices a los obstáculos (o terminales) en los lados del transmisor y el receptor del obstáculo, respectivamente, y:

$$h = h_v + d_{wv}d_{vz}/2a_e - (h_w d_{vz} + h_z d_{wv})/d_{wz} \quad (2.3.47)$$

Para calcular el radio del cilindro se recurre a dos muestras de perfil adicionales:

p: punto adyacente a x en el lado del transmisor,

y:

q: punto adyacente a y en el lado del receptor.

De este modo, los índices de perfil p y q se expresan mediante la ecuación:

$$p = x - 1 \quad (2.3.48)$$

y:

$$q = y.\ 1 \quad (2.3.49)$$

Si un punto cuya expresión es p o q corresponde a un terminal, se considera que el valor correspondiente de h debe ser la altura del terreno en ese punto, y no la altura sobre el nivel del mar de la antena.

El radio del cilindro se calcula como el cociente entre la diferencia en pendiente entre la sección $p - x$ e $y - q$ del perfil, para tener en cuenta la curvatura de la Tierra, y la distancia entre p y q.

Las distancias entre las muestras de perfil que se necesitan para este cálculo son:

$$d_{px} = d_x - d_p \tag{2.3.50}$$

$$d_{yq} = d_q - d_y \tag{2.3.51}$$

$$d_{pq} = d_q - d_p \tag{2.3.52}$$

La diferencia en pendiente entre las secciones $p - x$ e $y - q$ del perfil se expresan en radianes mediante la ecuación:

$$t = \left(h_x - h_p\right)/d_{px}.\quad \left(h_y - h_q\right)/d_{yq} - d_{pq}/a_e \tag{2.3.53}$$

donde a_e es el radio ficticio de la Tierra.

El radio del cilindro se expresa ahora mediante la ecuación:

$$R = \left[d_{pq}/t\right][1 - exp(-4v)]^3 \tag{2.3.54}$$

siendo v el parámetro adimensional de la arista en filo de cuchillo de la Ecuación (2.3.26).

En la Ecuación (2.3.37), el segundo factor es una función de suavizado empírica que se utiliza para el radio del cilindro a fin de evitar discontinuidades en obstrucciones con visibilidad directa marginales.

ANEXO 3

PÉRDIDAS POR DIFRACCIÓN EN EL SUBTRAYECTO

Pérdidas por Difracción en el Subtrayecto.

1. Introducción

En este Anexo se describe un método para calcular las pérdidas por difracción del subtrayecto para una subsección con visibilidad directa en un trayecto de difracción. El trayecto ha adoptado la forma de cilindros en cascada, cada uno de los cuales se caracteriza por puntos de perfil *w*, *x*, *y* y *z* como se ilustra en las Figuras 2.11 y 2.12. La difracción en el subtrayecto ha de calcularse para cada subsección en el trayecto global entre puntos representados por *w* y *x*, o por *y* y *z*. Estos puntos corresponden a las secciones con visibilidad directa en el trayecto entre obstrucciones, o entre un terminal y una obstrucción.

Asimismo, el método puede utilizarse para una visibilidad directa con difracción en el subtrayecto, en cuyo caso se aplica para el trayecto.

2. Método

Para una sección con visibilidad directa del perfil situado entre las muestras de perfil indexadas por *u* y *v*, la primera tarea que se ha de llevar a cabo es identificar la muestra de perfil entre *u* y *v*, ambas exclusive, que obstruyen la fracción más grande de la primera zona de Fresnel para un rayo que se desplaza desde *u* hasta *v*.

Para evitar escoger un punto que fundamentalmente forma parte de uno de los obstáculos del terreno ya modelado como un cilindro, el perfil que se encuentra entre los valores *u* y *v* se limita a una sección entre dos índices adicionales *p* y *q*, cuyos valores se fijan como sigue:

a) Se fija $p = u + 1$.
b) Si $p < v$ y $h_p > h_{p+1}$, se incrementa p en 1 y se repite.
c) Se fija $q = v - 1$.
d) Si $q > u$ y $h_q > h_{q-1}$, se incrementa q en 1 y se repite.

Si $p = q$ se considera que la pérdida por obstrucción del subtrayecto es igual a 0. De otro modo, se debe de efectuar el cálculo indicado a continuación.

En esta etapa, es necesario calcular el mínimo valor del índice libre de obstáculos normalizado, C_F, que viene dado por h_Z/F_1, donde las unidades homogéneas son:

h_Z: altura del rayo sobre el punto de perfil
F_1: radio de la primera zona de Fresnel.

El mínimo índice libre de obstáculos normalizado puede expresarse mediante la ecuación:

$$C_F = mín_{i=p}^{q}[(h_Z)_i/(F_1)_i] \quad (2.3.55)$$

Donde:

$$(\mathrm{h_Z})_\mathrm{i} = (\mathrm{h_r})_\mathrm{i} - (\mathrm{h_t})_\mathrm{i} \quad (2.3.56)$$

$$(\mathrm{F_1})_\mathrm{i} = \sqrt{\lambda \cdot \mathrm{d_{ui}} \cdot \mathrm{d_{iv}}/\mathrm{d_{uv}}} \quad (2.3.57)$$

$(\mathrm{h_r})_\mathrm{i}$, la altura del rayo sobre la recta que une el nivel del mar en u y v en el i-ésimo punto de perfil viene dada por la expresión:

$$(\mathrm{h_r})_\mathrm{i} = (\mathrm{h_u} \cdot \mathrm{d_{iv}} + \mathrm{h_v} \cdot \mathrm{d_{ui}})/\mathrm{d_{uv}} \quad (2.3.58)$$

$(\mathrm{h_t})_\mathrm{i}$, la altura del terreno sobre la recta que une el nivel del mar en u y v en el i-ésimo punto de perfil viene dada por la expresión:

$$(\mathrm{h_t})_\mathrm{i} = \mathrm{h_i} + \mathrm{d_{ui}} \cdot \mathrm{d_{iv}}/2\mathrm{a_e} \quad (2.3.59)$$

El valor mínimo de la distancia con visibilidad directa normalizada se utiliza para calcular el parámetro geométrico de la difracción en una arista en filo de cuchillo para la obstrucción más significativa en un subtrayecto:

$$\mathrm{v} = -\mathrm{C_F} \cdot \sqrt{2} \quad (2.3.60)$$

La pérdida por difracción en el subtrayecto L´´ se obtiene ahora a partir de la Ecuación (2.3.25) o la Figura 2.8. Para algunas aplicaciones puede no ser aconsejable incluir mejoras de la difracción en el subtrayecto. En este caso el valor de L´´ debería fijarse en cero, caso contrario sería negativo.

ANEXO 4

PATRONES DE RADIACIÓN DE LOS ARREGLOS DE ANTENAS DE LOS CANALES DE TV ABIERTA QUE OPERAN EN EL CERRO PICHINCHA

1. Características técnicas de las antenas.

RYMSA

RF GROUP: BROADCAST PRODUCTS

Band I 2 Dipoles Panel
Especially Suitable For Square Masts
Model: AT11-220

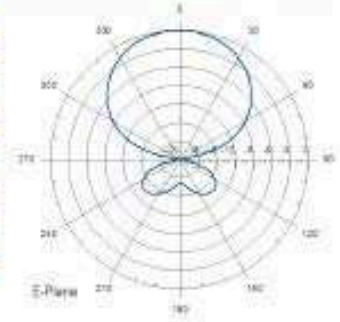
TV ANTENNA SYSTEMS

Electrical Specifications

Frequency range	54 – 88 MHz		
Channels	2 – 4 FCC	3 – 5 FCC	4 – 6 FCC
	Individual FCC channels available on request		
Peak gain	7.5 dB (ref. λ/2 dipole)		
3 dB beam width	E-plane: 72°	H-plane: 62°	
Polarization	Horizontal		
Impedance	50 Ohm		
VSWR	≤ 1.2:1		
Maximum power handling peak sync (per connector)	2 x 3 KW	2 x 6 KW	
Connector type (2 per antenna)	2 x DIN 7/16	2 x EIA 7/8"	
Pressurization	Non pressurized	Gas barrier on input connector	

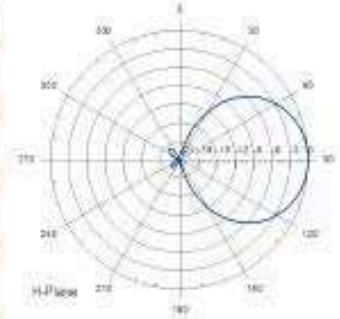
Mechanical & Environmental Specifications

Channels		2 – 4 FCC	3 – 5 FCC	4 – 6 FCC
Materials	Reflector & dipoles	Hot dip galvanized steel		
	Feed points radome	Fiberglass		
Dimensions (W x D x H)		3730 x 1213 x 3630 mm	2730 x 1087 x 3388 mm	2220 x 1000 x 3000 mm
Maximum wind speed		200 Km/h		
Wind load @ 160 Km/h (front)		1800 N	1747 N	1600 N
Wind load @ 160 Km/h (lateral)		925 N	905 N	790 N
Weight		102	97	85
Typical mounting		Square arrangement tower		
Vertical spacing between dipoles		2580 mm	2310 mm	2005 mm
Grounding		DC grounded		
Temperature range		-40°C to +80°C		
Humidity		100%		



Antenna System Characteristics (Channel 2)

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (Kg)	Wind load (@160 Km/h)	System height (mm)
1	2	5.5	204	2.7 KN	3630
	3	3.7	306	3.7 KN	
	4	2.5	408	4.6 KN	
2	2	8.5	408	5.5 KN	8730
	3	6.7	612	7.3 KN	
	4	5.5	816	9.1 KN	
4	2	11.5	816	10.9 KN	18930
	3	9.8	1224	14.6 KN	
	4	8.5	1632	18.2 KN	
6	2	13.3	1224	16.4 KN	29130
	3	11.5	1836	21.9 KN	
	4	10.3	2448	27.3 KN	
8	2	14.5	1632	21.8 KN	39330
	3	12.8	2448	29.2 KN	
	4	11.5	3264	36.4 KN	



NOTES:
- Table supplies data up to 8 bays only for simplification purposes; systems with more bays are available.
- Null fill, beam tilt, harness & feeder losses NOT INCLUDED.
- Wind load & weight figures without considering cables, splitters & hardware

RYMSA will reserve the right to make any changes without notice.

RYMSA Radiación y Microondas, S.A.U.
Ctra. Campo Real km. 2,100
28500 Arganda del Rey (Madrid – Spain)

Phone: 34 91 876 06 80
Fax: 34 91 876 07 09
e-mail: broadcast.comercial@rymsa.com
web: www.rymsa.com

RYMSA

RF GROUP: BROADCAST PRODUCTS

Band III 2 Dipoles Panel
Especially suitable for Square Masts
Model: AT13-220

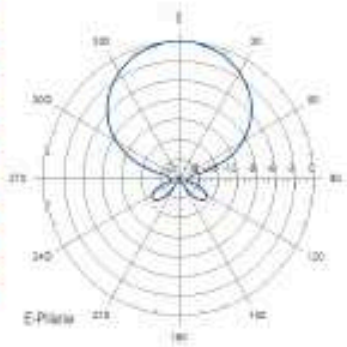
TV ANTENNA SYSTEMS

Electrical Specifications

Frequency range	174-230 MHz		
Peak gain	7.5 dB (ref. λ/2 dipole)		
3 dB beam width	E-plane: 69°	H-plane: 59°	
Polarization	Horizontal		
Impedance	50 Ohm		
VSWR	≤ 1.15:1		
Maximum power handling peak sync	2 KW	3.5 KW	6 KW
Maximum power handling RMS	1.4 KW	2.5 KW	4.2 KW
Connector type	DIN 7/16	EIA 7/8"	DIN 13/30
Pressurization	Non pressurized	Gas barrier on input connector	

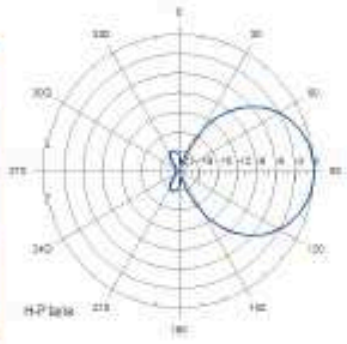
Mechanical & Environmental Specifications

Materials	Reflector & dipoles	Hot dip galvanized steel
	Feed points radome	Fiberglass
Dimensions (W x D x H)		1250 x 500 x 1300 mm
Maximum wind speed		200 Km/h
Wind load (front)		793 N (@160 Km/h)
Wind load (lateral)		392 N (@160 Km/h)
Weight		38 Kg
Typical mounting		Square arrangement tower
Clamp type		To Ø 80 – 115 mm pipe
Vertical spacing		1600 mm
Grounding		DC grounded
Temperature range		-40°C to +80°C
Humidity		100%



Antenna System Characteristics

Number of Bays	Number ant. per bay	Peak gain (dBd)	Weight (Kg)	Wind load (@160 Km/h)	System height (mm)
1	2	5.5	76	1.2 KN	1300
	3	3.7	114	1.6 KN	
	4	2.5	152	2.0 KN	
2	2	8.5	152	2.4 KN	2900
	3	6.7	228	3.2 KN	
	4	5.5	304	3.9 KN	
4	2	11.5	304	4.7 KN	6100
	3	9.7	456	6.3 KN	
	4	8.5	608	7.9 KN	
6	2	13.3	456	7.1 KN	9300
	3	11.5	684	9.5 KN	
	4	10.3	912	11.8 KN	
8	2	14.5	608	9.5 KN	12500
	3	12.7	912	12.6 KN	
	4	11.5	1216	15.8 KN	



NOTES:
- Table supplies data up to 8 bays only for simplification purposes; systems with more bays are available.
- Null fill, beam tilt, harness & feeder losses NOT INCLUDED.
- Wind load & weight figures without considering cables, splitters & hardware

RYMSA will reserve the right to make any changes without notice.

RYMSA Radiación y Microondas, S.A.U.
Ctra. Campo Real km. 2,100
28500 Arganda del Rey (Madrid – Spain)

Phone: 34 91 876 06 80
Fax: 34 91 876 07 09
e-mail: broadcast.commercial@rymsa.com
web: www.rymsa.com

Directional Antenna
174 – 230 MHz (240 MHz)
K 52 30 57, K 52 30 51

KATHREIN
Antennen · Electronic

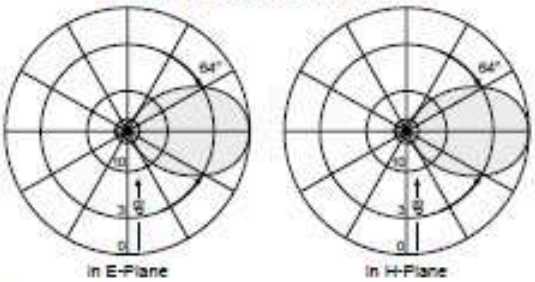
- Broadband directional antenna of hot-dip galvanized steel.
- Especially suitable for square and round masts.

Type No.	K 52 30 57	K 52 30 51
Input	7-16 female (type gas-stop)	N female
Frequency range	174 – 230 MHz (240 MHz)	
VSWR	< 1.08 (1.2)	
Gain (ref. to λ/2-dipole)	8 dB at mid-band	
Impedance	50 Ω	
Polarization	Horizontal or vertical	
Max. power	2 kW	1 kW
	(higher power upon request)	
Weight	23 kg	
Wind load (at 160 km/h)		
Horizontally polarized	frontal / lateral: 750 N / 315 N	
Vertically polarized	frontal / lateral: 750 N / 375 N	
Max. wind velocity	225 km/h	
Packing size	1350 x 1350 x 550 mm	

A: 1300 mm
B: 1300 mm
C: 490 mm

Material:	Hot-dip galvanized steel. Weather protection: Fiberglass.
Mounting:	By means of the pair of hot-dip galvanized steel clamps: K 61 12 0 to pipes of 60 – 115 mm ∅ K 61 13 0 to pipes of 115 – 210 mm ∅ (please order separately). Mounting dimensions upon request.
Ice protection:	Even under severe icy conditions the antenna is still functional due to its heavy-duty construction and the fiberglass covers for the feeding points.
Grounding:	Via mounting parts.
Combinations:	The antenna is especially suitable as a component in arrays to achieve various radiation patterns. Particularly for square and round masts.
Scope of supply:	Antenna without mounting clamps.

Radiation Patterns (at mid-band)



in E-Plane in H-Plane

Subject to alteration

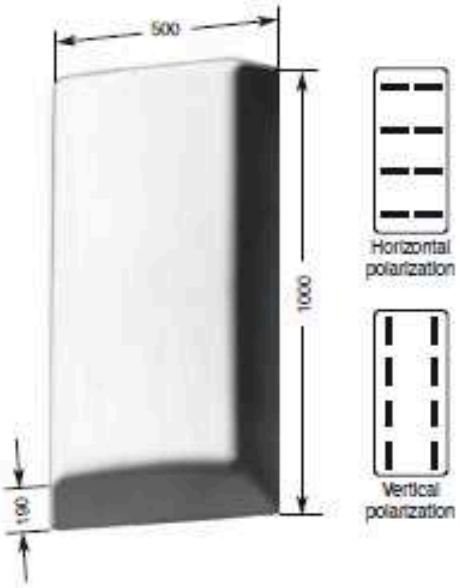
Internet: http://www.kathrein.de
KATHREIN-Werke KG · Anton-Kathrein-Straße 1 – 3 · PO Box 10 04 44 · D-83004 Rosenheim · Germany · Telephone +49 8031 1 84-0 · Fax +49 8031 1 84-9 91

K 72 31 4. ., K 73 31 4. .
Directional Antenna
470 – 860 MHz

KATHREIN
Antennen · Electronic

- **Horizontally or vertically polarized broadband directional antenna made of aluminum and protected by a fiberglass cover.**

Type No. / Order No.	N female	K 72 31 41 601 492	K 73 31 41 601 733
	white with 7-16 female	K 72 31 47 601 417	K 73 31 47 601 709
	orange with 7-16 female	K 72 31 47 R 601 966	K 73 31 47 R 602 371
Polarization		Horizontal	Vertical
VSWR		s < 1.1	s < 1.12
Gain (ref. λ/2 dipole)		11 dB at mid-band	
Frequency range		470 – 860 MHz	
Max. power		N female: 0.5 kW 7-16 female: 1 kW	
Wind load (at 160 km/h)		Frontal: 565 N Rearside: 815 N Lateral: 250 N	
Max. wind velocity		225 km/h	
Weight		12 kg	
Packing size		1062 x 562 x 275 mm	
Height/width/depth		1000 x 500 x 190 mm	



Material: Reflector screen and dipoles: Weather-resistant aluminum. Protective cover: Fiberglass. Attachment elbow: Hot-dip galvanized steel.

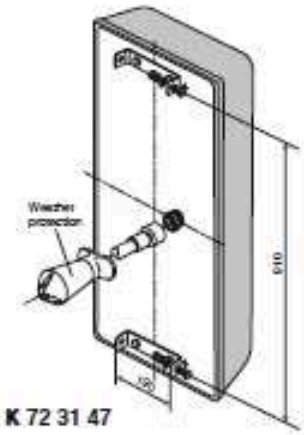
Attachment: (please order separately): E.g. by using clamps K 61 14 0... to tubular masts of 40 – 521 mm diameter. Further attachment parts and mounting dimensions upon request.

Grounding: Via mounting parts.

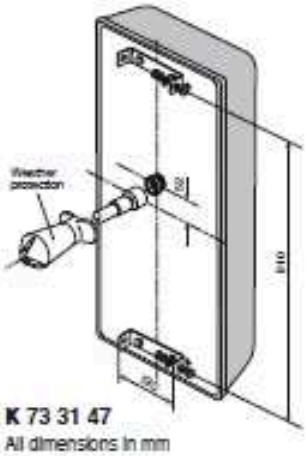
Ice protection: The dipoles remain fully functioning even in icy conditions as the fiberglass cover protects the whole antenna and also the antenna is of a very robust design.

Combinations: The antenna is particularly suitable for use in combinations in order to achieve various radiation patterns.

Scope of supply: Directional antenna with one weather protection unit each for straight connectors and elbow connectors.



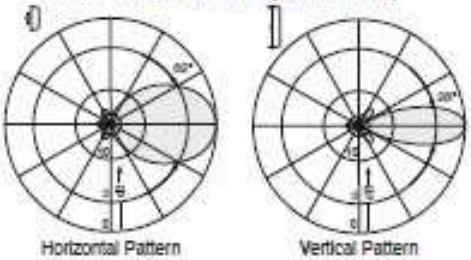
K 72 31 47



K 73 31 47

All dimensions in mm

Radiation Patterns (at mid-band)

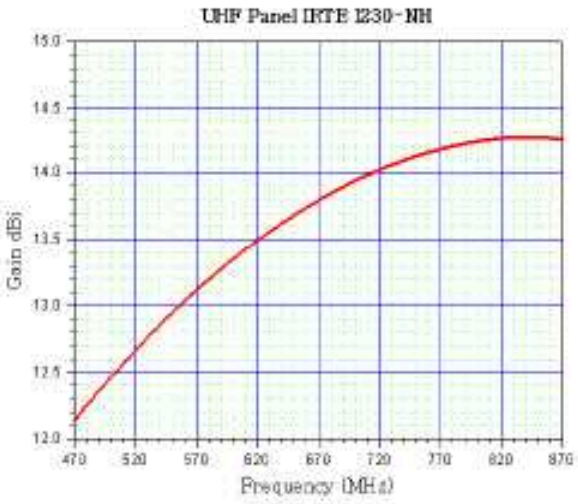


936.06W Subject to alteration.

Internet: http://www.kathrein.de
KATHREIN-Werke KG · Anton-Kathrein-Straße 1 – 3 · P.O. Box 10 04 44 · 83004 Rosenheim · Germany · Phone +49 8031 184-0 · Fax +49 8031 184-495

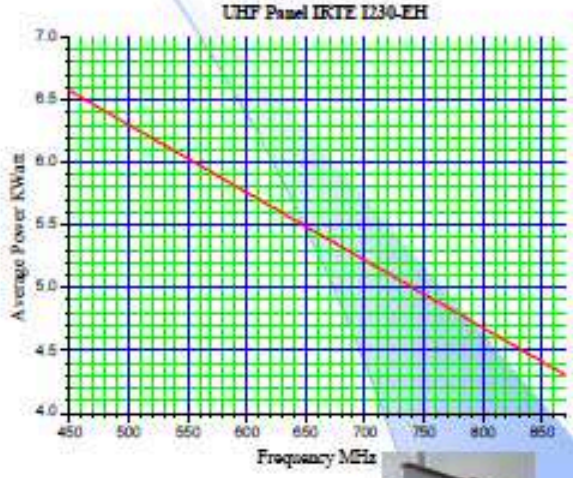
IRTE

I230-EH UHF 4 Dipoles Panel Antenna



Frequency range

470-860 MHz



High Power
High Voltage Break-Down
Excellent VSWR
Designed for Digital TV

Electrical characteristics

Input impedance	50 Ω
Polarization	horizontal
Gain (dBi)	13.7 @ 650 MHz
HPBW H Plane	60° @ 650 MHz
HPBW E Plane	22° @ 650 MHz
VSWR VSWR typical	1.10 (-26 dB) 1.08 (-28 dB)
F/B ratio (dB)	20 dB
Voltage breakdown	10 KV
Max. average power	5.5 KW @ 650 MHz

Code: A241600

Mechanical characteristics

Connector type	7/8" EIA
Height mm	1050
Width mm	450
Depth mm	190
Weight N (Kg)	157 (16)

Dipoles and lines:	electrolytic copper and brass
Internal lines:	silver-plated brass
Radome:	fiber-glass gray (standard) red, white, green on request

Frontal thurst (55 m/s wind):	1320 N
Lateral thurst (55 m/s wind):	510 N
Operational temperature:	-50° C ÷ +60° C
Pressurizing kPa (atm):	100 (1)

IRTE S.p.A. Via Pompei, 35 21013 Gallarate (VA) Italy Tel. +390331797286 Fax. +390331776082 E-mail: sales@irte.it Web site: http://www.irte.it

2. Parámetros de los Arreglos de Antenas.

Los parámetros considerados en el software Antios para la obtención de los patrones de radiación de los arreglos de antenas de cada uno de los canales de TV abierta que operan en el Cerro Pichincha se exponen en la Tabla 1, Tabla 2 y la Tabla 3.

2.1 Banda I (Área de Borde de Cobertura Principal de 68 dBµV/m).

PARÁMETROS		CH02	CH04	CH05
Forma del Mástil		Triangular	Cuadrada	Triangular
Dimensión [m]		3	2	2
Frecuencia [MHz]		55.25	67.25	77.25
Potencia nominal del transmisor [W]		13000	9100	18000
Altura de la antena de transmisión [m]		P8 P16 68.75 P7 P15 66.25 P6 P14 63.75 P5 P13 61.25 P4 P12 58.75 P3 P11 56.25 P2 P10 53.75 P1 P9 51.25	P8 P16 38.75 P7 P15 36.25 P6 P14 33.75 P5 P13 31.25 P4 P12 28.75 P3 P11 26.25 P2 P10 23.75 P1 P9 21.25	P2 P4 61.00 P1 P3 59.00
Sistema Radiante	Tipo de antena	Rymsa AT11-220	Thomcast 479553H61	Thomcast 494553H55
	Número de dipolos	16 dipolos (8 dipolos por azimut)	16 dipolos (8 dipolos por azimut)	4 dipolos con diedro reflector doble (2 dipolos por azimut)
	Espaciamiento entre dipolos	2.5	2.5	2
	Espaciamiento entre el mástil y el radiador [m]	1	1	1
	Azimut	58°, 148°	45°, 135°	45°, 135°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	0 / -7	0 / -7	0 / -7
	Fase [°] / Feeder length [m]	20.199 / 0.3046	24.587 / 0.3046	22.595 / 0.2437
	Potencia relativa	1	1	1
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'05.01"S	00°10'02.39"S	00°10'00.68"S
	Longitud	78°31'26.59"O	78°31'26.07"O	78°31'32.15"O

Tabla 1 Parámetros utilizados para los Canales en Banda I.

2.2 Banda III (Área de Borde de Cobertura Principal de 71 dBµV/m).

PARÁMETROS		CH08	CH10	CH12
Forma del Mástil		Cuadrada	Triangular	Cuadrada
Dimensión [m]		1	2	2
Frecuencia [MHz]		181.25	193.25	205.25
Potencia nominal del transmisor [W]		9100	10210	10210
Altura de la antena de transmisión [m]		P6 P12 38.5 P5 P11 37.5 P4 P10 36.5 P3 P9 35.5 P2 P8 34.5 P1 P7 33.5	P8 P16 75.5 P7 P15 74.5 P6 P14 73.5 P5 P13 72.5 P4 P12 71.5 P3 P11 70.5 P2 P10 69.5 P1 P9 68.5	P4 P8 31.5 P3 P7 30.5 P2 P6 29.5 P1 P5 28.5
Sistema Radiante	Tipo de antena	Rymsa AT13-220	Rymsa AT13-220	Kathrein K523057h
	Número de dipolos	12 dipolos (6 dipolos por azimut)	16 dipolos (8 dipolos por azimut)	8 dipolos con diedro reflector doble (4 dipolos por azimut)
	Espaciamiento entre dipolos	1	1	1
	Espaciamiento entre el mástil y el radiador [m]	1	1	1
	Azimut	45°, 135°	45°, 135°	45°, 135°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	0 / -7	0 / -7.5	0 / -7
	Fase [°] / Feeder length [m]	26.506 / 0.1218	30.269 / 0.1305	30.016 / 0.1218
	Potencia relativa	1	1	1
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.23"S	00°10'03.85"S	00°10'03.78"S
	Longitud	78°31'22.78"O	78°31'27.00"O	78°31'30.04"O

Tabla 2 Parámetros utilizados para los Canales en Banda III.

2.3 Banda IV y Banda V (Área de Borde de Cobertura Principal de 74 dBµV/m).

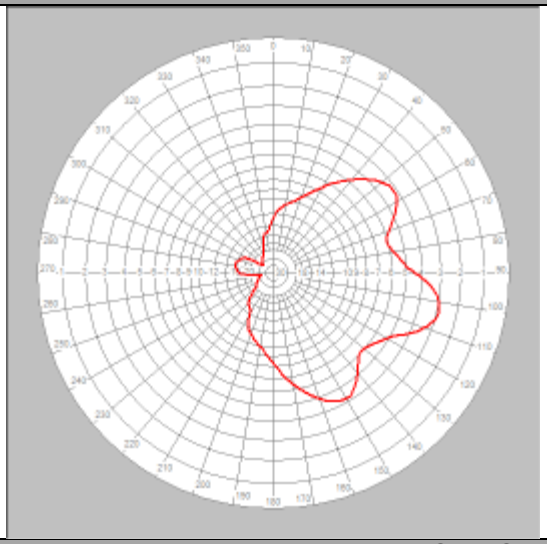
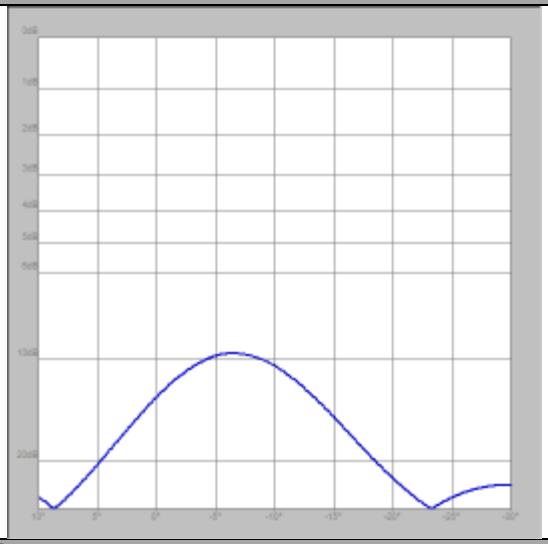
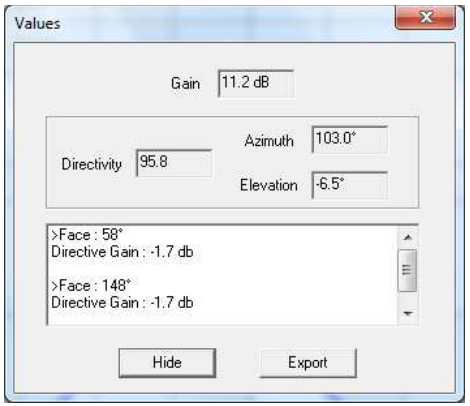
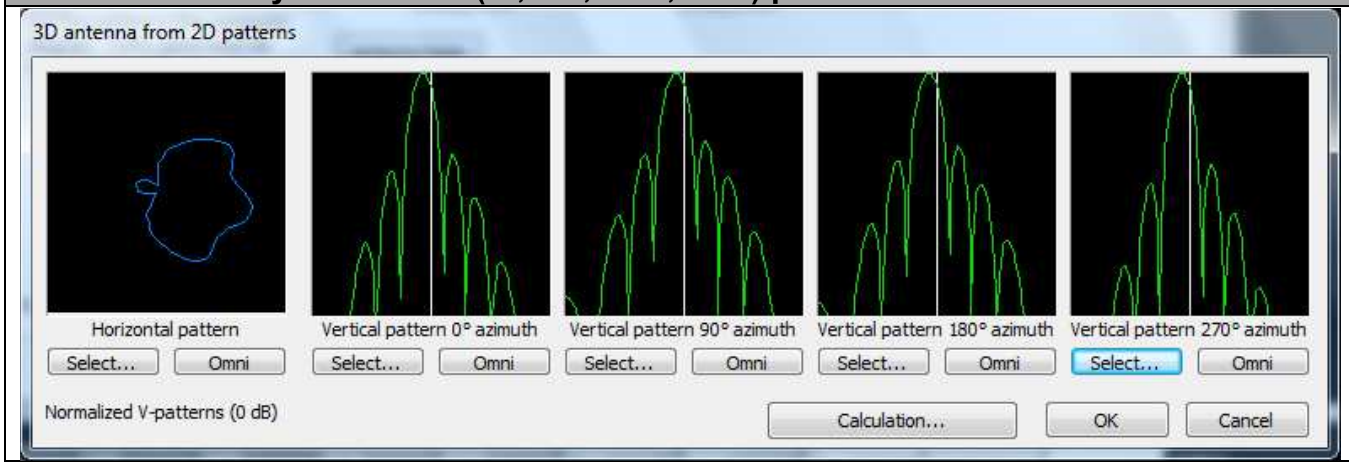
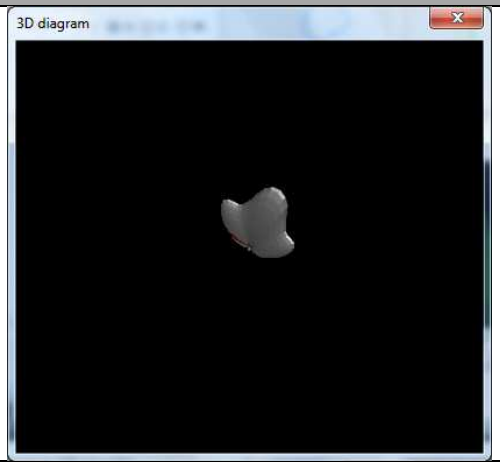
PARÁMETROS		CH21	CH23	CH25	CH27	CH29
Forma del Mástil		Triangular	Cuadrada	Triangular	Triangular	Triangular
Dimensión [m]		1	1.5	1	1	1
Frecuencia [MHz]		513.25	525.25	537.25	549.25	561.25
Potencia nominal del transmisor [W]		3000	1968	2593	1034	1800
Altura de la antena de transmisión [m]		P2 P1 / P4 P3 / 30.15 29.85	P2 P1 / P4 P3 / 40.15 39.85	P3 P2 P1 / P6 P5 P4 / 60.3 60.0 59.7	P2 P1 / P4 P3 / 42.15 41.85	P2 P1 / P4 P3 / 30.15 29.85
Sistema Radiante	Tipo de antena	Rymsa AT15-250	Irte i230	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h
	Número de paneles	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	6 Paneles (3 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)
	Espaciamiento entre dipolos (4 dipolos en cada panel) [m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Espaciamiento entre el mástil y el panel [m]	P2 P1 / P4 P3 / 0.2365 0.2	P2 P1 / P4 P3 / 0.2623 0.2	P3 P2 P1 / P6 P5 P4 / 0.2731 0.2365 0.2	P2 P1 / P4 P3 / 0.2954 0.2	P2 P1 / P4 P3 / 0.2417 0.2
	Azimut	50°, 140°	60°, 150°	55°, 145°	45°, 135°	50°, 140°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	-7 / 0	-12 / 0	-7 / 0	-10 / 0	-8 / 0
	Fase [°] / Feeder length [m]	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
	Potencia relativa	1	1	1	1	1
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.29"S	00°10'02.73"S	00°10'10.37"S	00°09'60.00"S	00°10'01.42"S
	Longitud	78°31'31.43"O	78°31'29.92"O	78°31'19.72"O	78°31'32.51"O	78°31'30.27"O

PARÁMETROS		CH31	CH33	CH35	CH38	CH40
Forma del Mástil		Triangular	Triangular	Cuadrada	Triangular	Cuadrada
Dimensión [m]		1	1	1	1	1
Frecuencia [MHz]		573.25	585.25	597.25	615.25	627.25
Potencia nominal del transmisor [W]		2000	200	200	3000	900
Altura de la antena de transmisión [m]		P2 P1 | P4 P3 | 30.15 29.85	P2 P1 | P4 P3 | 42.15 41.85	P2 P1 | P4 P3 | 30.15 29.85	P2 P1 | P4 P3 | 30.15 29.85	P4 P3 P2 P1 | P8 P7 P6 P5 | P12 P11 P10 P9 | 36.45 36.15 35.85 35.55
Sistema Radiante	Tipo de antena	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h
	Número de paneles	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	12 Paneles (4 paneles por azimut)
	Espaciamiento entre dipolos (4 dipolos en cada panel) [m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Espaciamiento entre el mástil y el panel [m]	P2 P1 | P4 P3 | 0.2521 0.2	P2 P1 | P4 P3 | 0.2365 0.2	P2 P1 | P4 P3 | 0.2521 0.2	P2 P1 | P4 P3 | 0.2365 0.2	P4 P3 P2 P1 | P8 P7 P6 P5 | P12 P11 P10 P9 | 0.3174 0.2783 0.2391 0.2
	Azimut	50°, 140°	45°, 135°	50°, 140°	5°, 95°	0°, 90°, 180°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	-10 / 0	-7 / 0	-10 / 0	-7 / 0	-7.5 / 0
	Fase [°] / Feeder length [m]	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
	Potencia relativa	1	1	1	1	1
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.43"S	00°10'03.50"S	00°10'05.01"S	00°10'03.01"S	00°10'03.78"S
	Longitud	78°31'29.62"O	78°31'25.24"O	78°31'26.59"O	78°31'25.01"O	78°31'30.04"O

PARÁMETROS		CH42	CH44	CH46	CH48
Forma del Mástil		Triangular	Triangular	Triangular	Triangular
Dimensión [m]		1	1	1	1
Frecuencia [MHz]		639.25	651.25	663.25	675.25
Potencia nominal del transmisor [W]		3000	2000	5000	5000
Altura de la antena de transmisión [m]		P2 P4 36.15 P1 P3 35.85	P2 P4 24.15 P1 P3 23.85	P4 P8 30.45 P3 P7 30.15 P2 P6 29.85 P1 P5 29.55	P4 P8 72.45 P3 P7 72.15 P2 P6 71.85 P1 P5 71.55
Sistema Radiante	Tipo de antena	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h	Kathrein K723147h
	Número de paneles	4 Paneles (2 paneles por azimut)	4 Paneles (2 paneles por azimut)	8 Paneles (4 paneles por azimut)	8 Paneles (4 paneles por azimut)
	Espaciamiento entre dipolos (4 dipolos en cada panel) [m]	0.3	0.3	0.3	0.3
	Espaciamiento entre el mástil y el panel [m]	P2 P4 0.2365 P1 P3 0.2	P2 P4 0.2417 P1 P3 0.2	P4 P8 0.3252 P3 P7 0.2835 P2 P6 0.2417 P1 P5 0.2	P4 P8 0.3252 P3 P7 0.2835 P2 P6 0.2417 P1 P5 0.2
	Azimut	60°, 150°	45°, 135°	55°, 145°	45°, 135°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	-7 / 0	-8 / 0	-8 / 0	-8 / 0
	Fase [°] / Feeder length [m]	0 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
	Potencia relativa	1	1	1	1
	Polarización	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'01.23"S	00°10'04.33"S	00°10'05.21"S	00°10'07.17"S
	Longitud	78°31'22.78"O	78°31'25.74"O	78°31'29.76"O	78°31'29.76"O

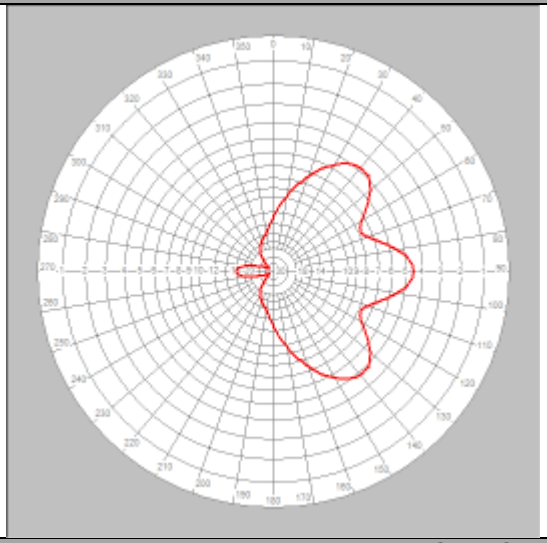
Tabla 3 Parámetros utilizados para los Canales en la Banda IV y en la Banda V.

3. Patrones de Radiación.

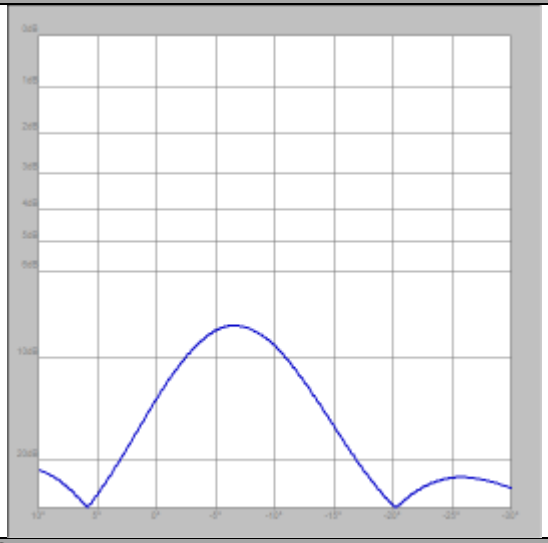
<table>
<tr><th colspan="3">CH02</th></tr>
<tr><th>Patrón-H</th><th>Patrón-V</th><th>Valores</th></tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>  </td>
<td> 
</td>
</tr>
<tr><th colspan="2">Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D</th><th>Patrón-3D</th></tr>
<tr>
<td colspan="2"> 
</td>
<td> 
</td>
</tr>
</table>

CH04

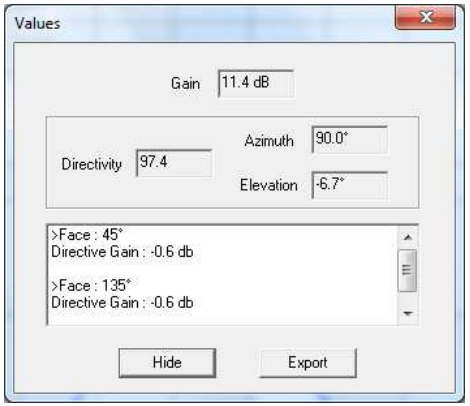
Patrón-H



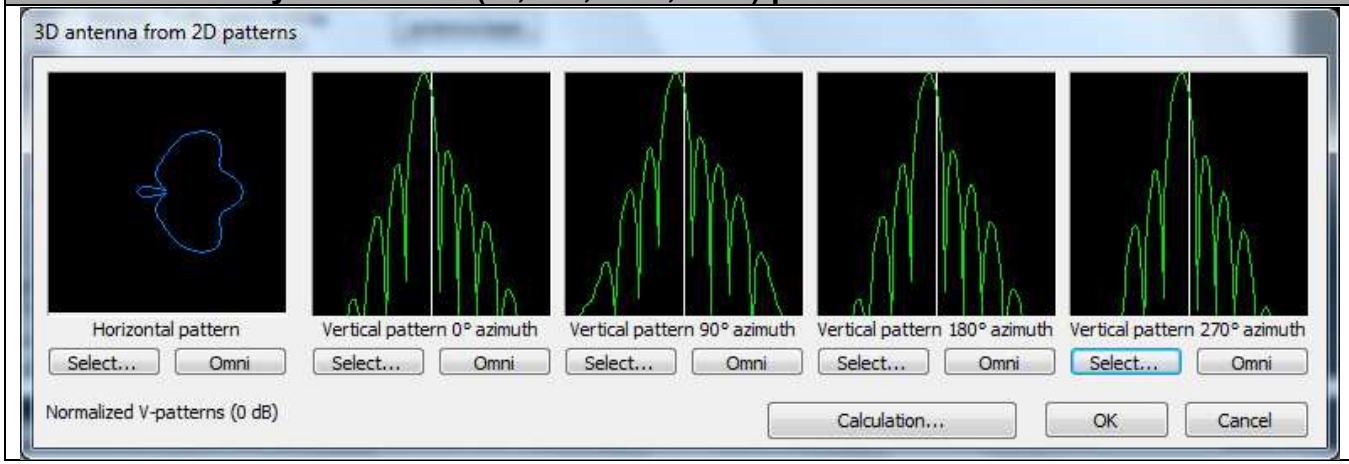
Patrón-V



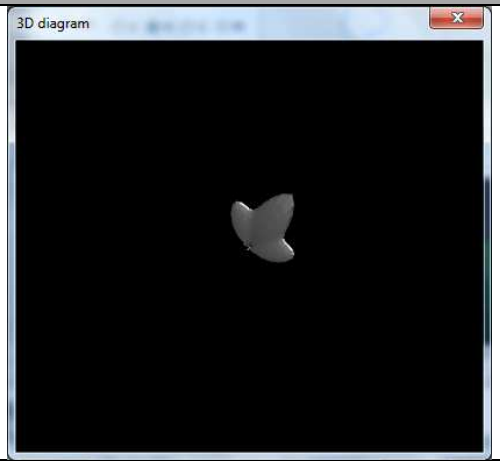
Valores

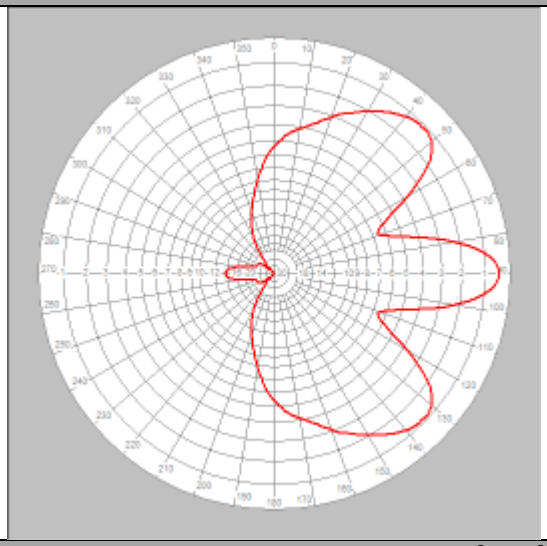
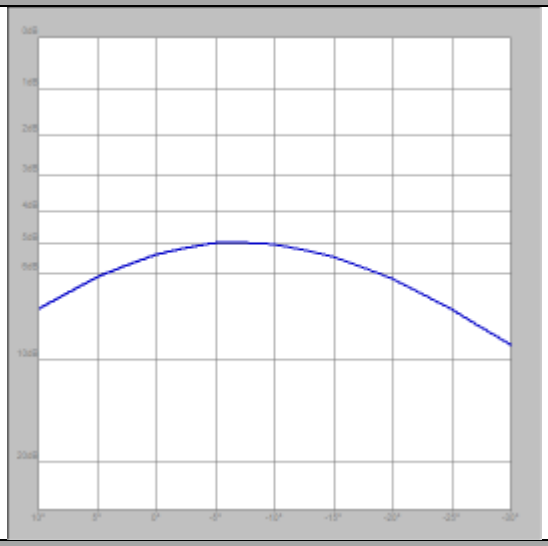
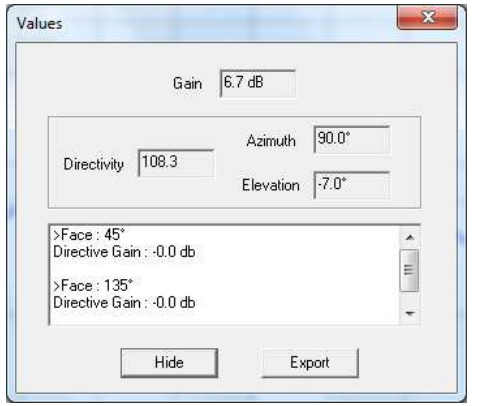
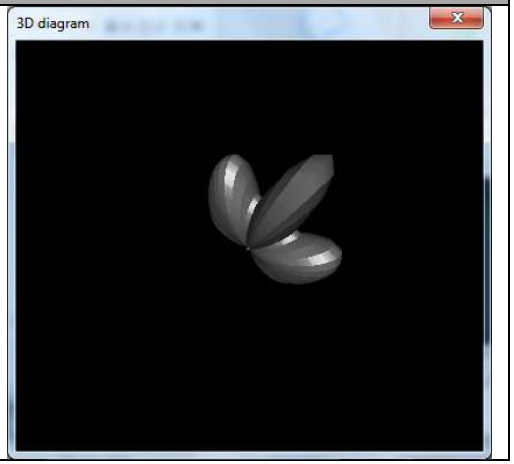


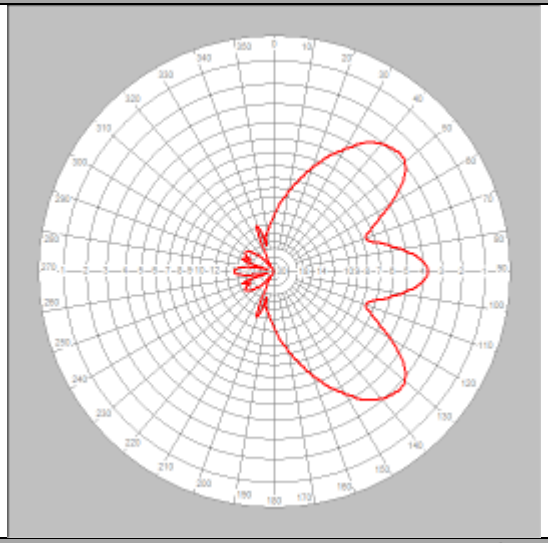
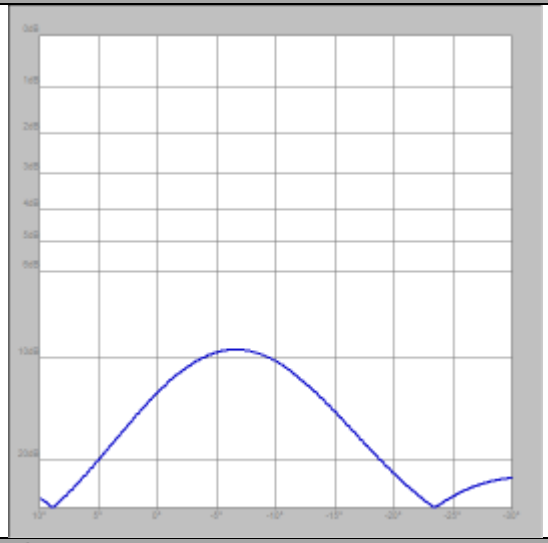
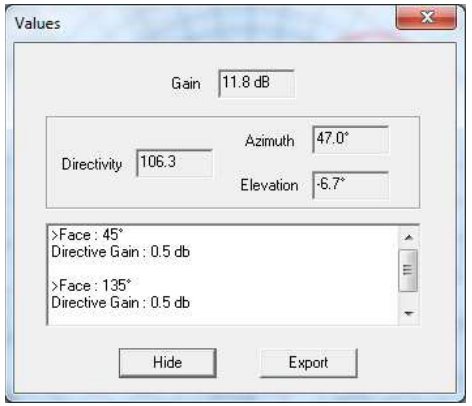
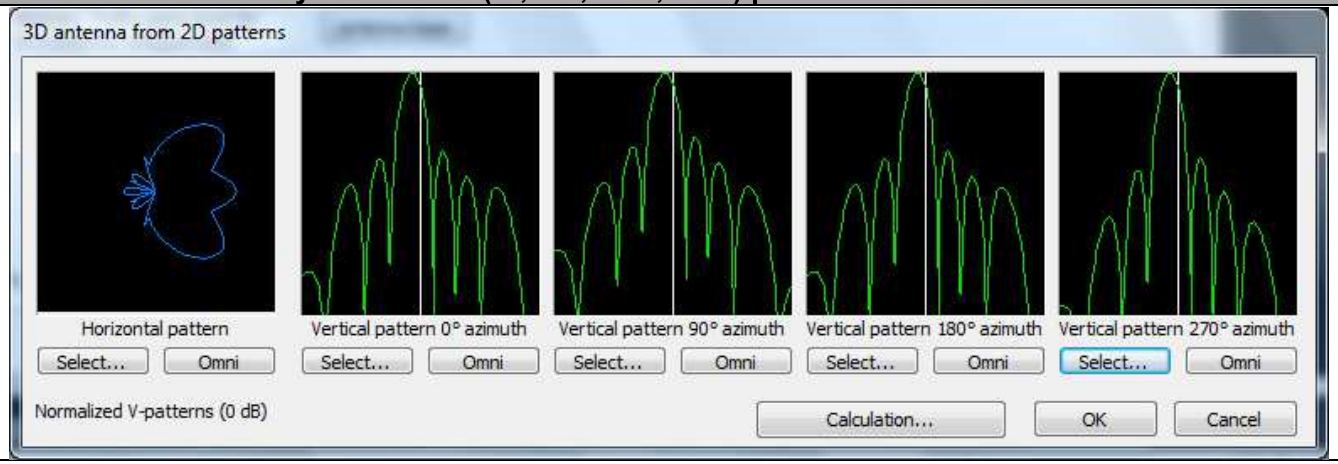
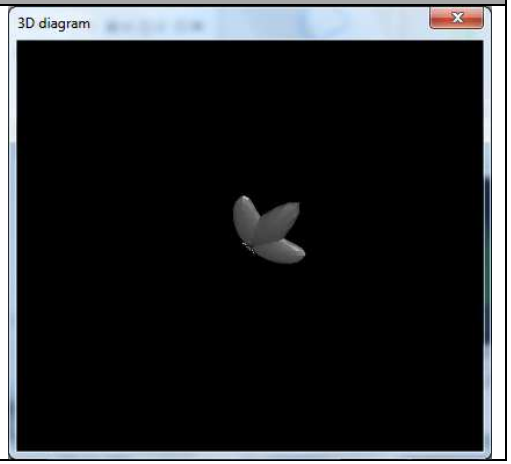
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D



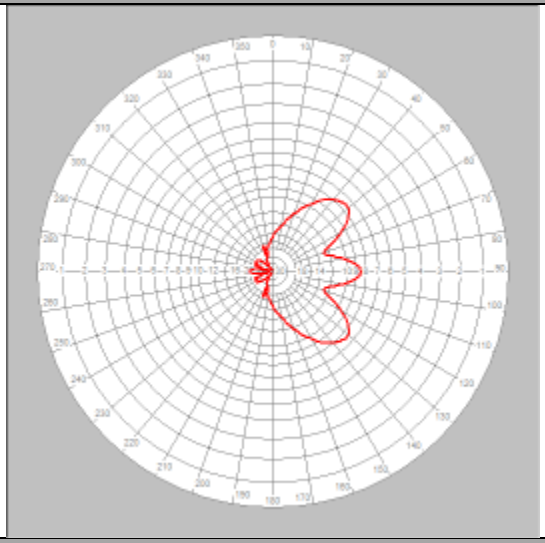
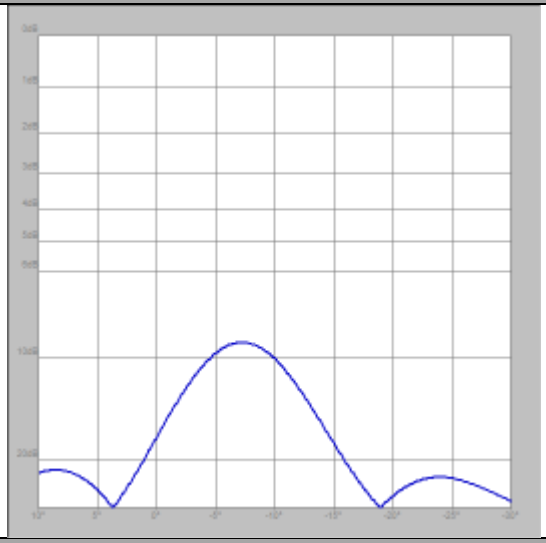
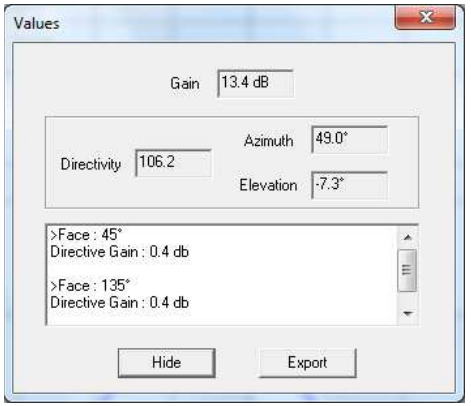
Patrón-3D

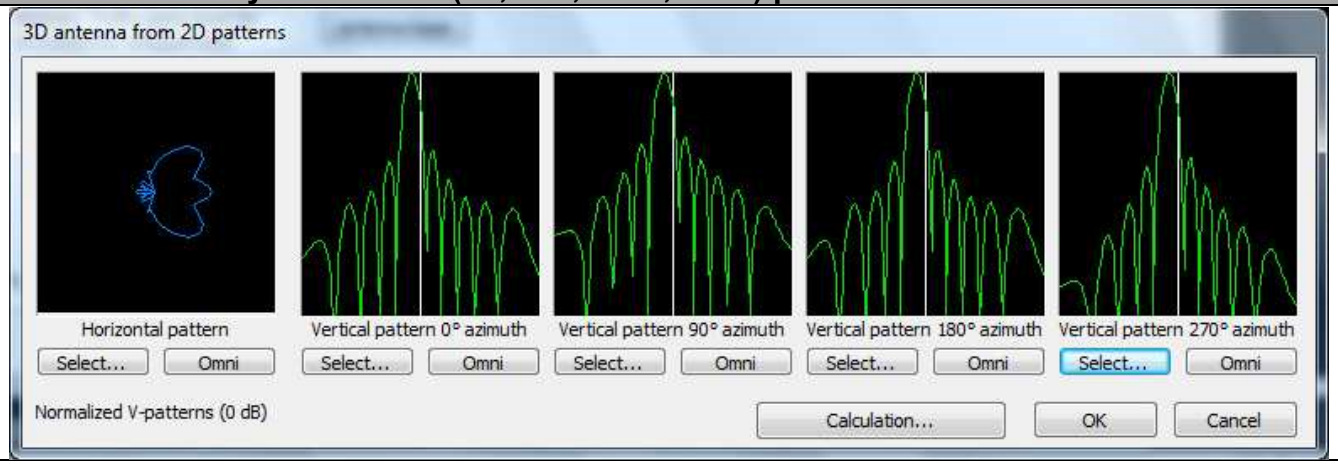
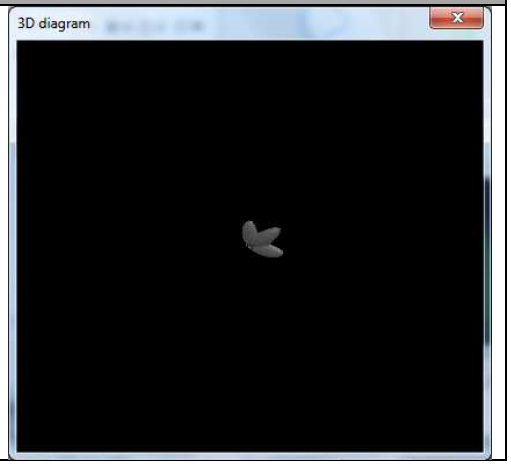


CH05		
Patrón-H	**Patrón-V**	**Valores**
		
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D		**Patrón-3D**
		

CH08		
Patrón-H	**Patrón-V**	**Valores**
		
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D		**Patrón-3D**
		

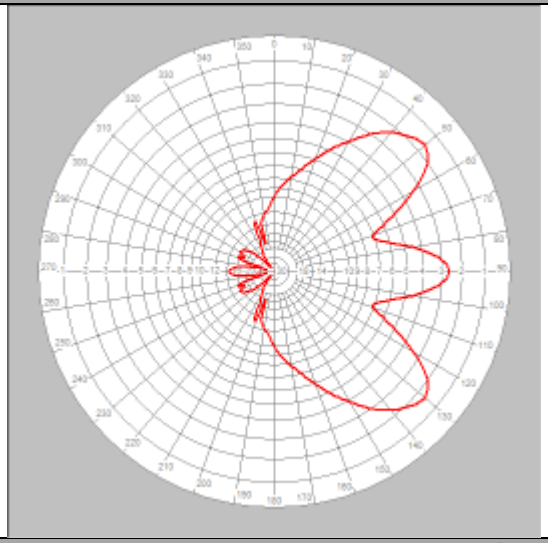
CH10

Patrón-H	Patrón-V	Valores
		

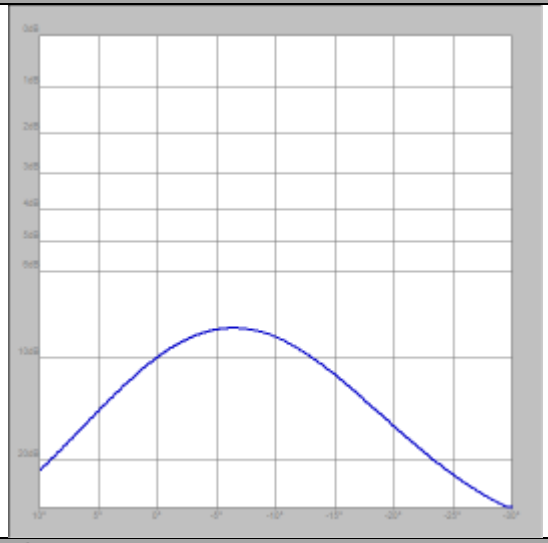
Patrón-H y Patrones-V (0o, 90o, 180o, 270o) para la creación del Patrón-3D	Patrón-3D
	

CH12

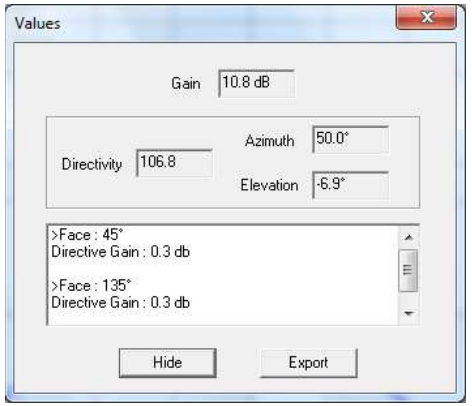
Patrón-H



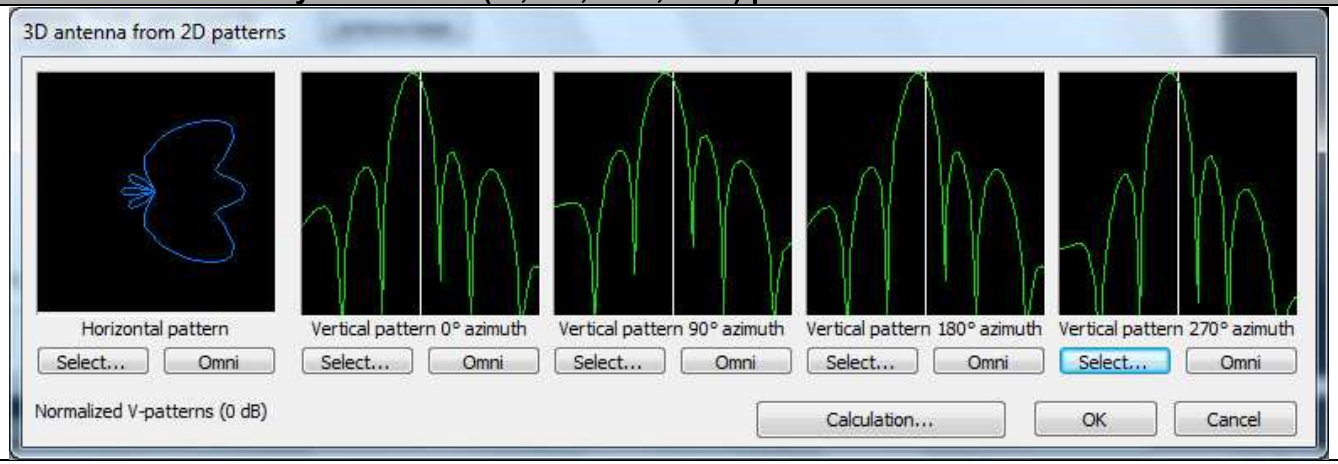
Patrón-V



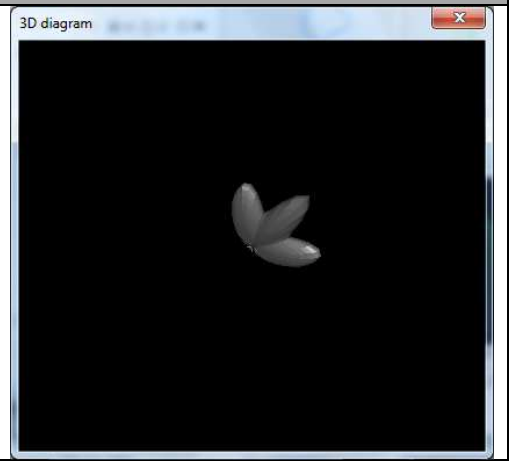
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

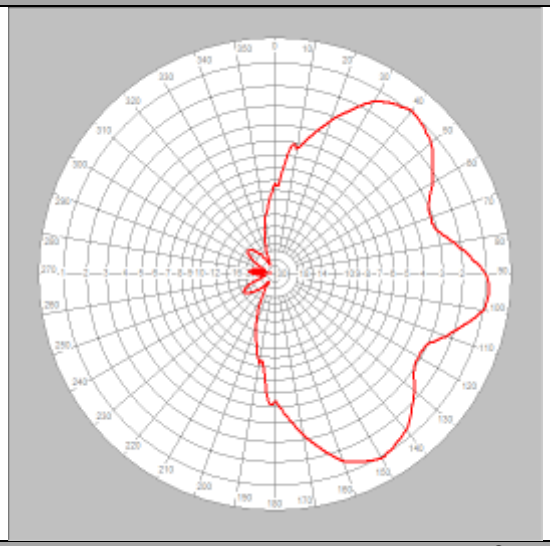


Patrón-3D

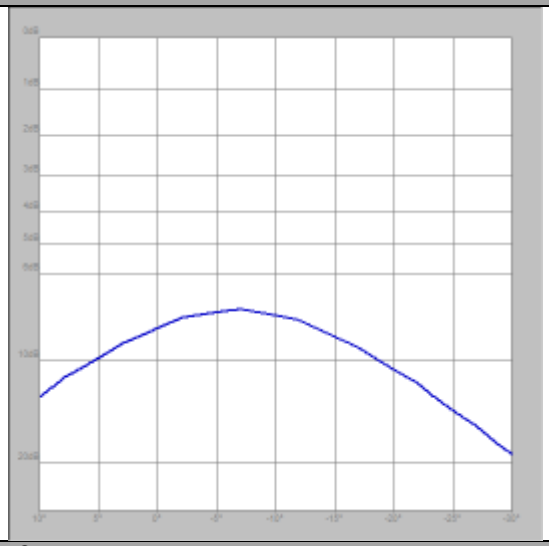


CH21

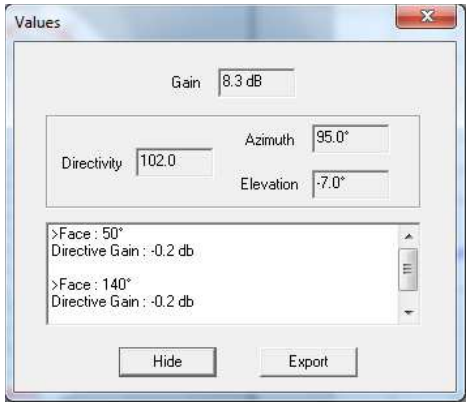
Patrón-H



Patrón-V

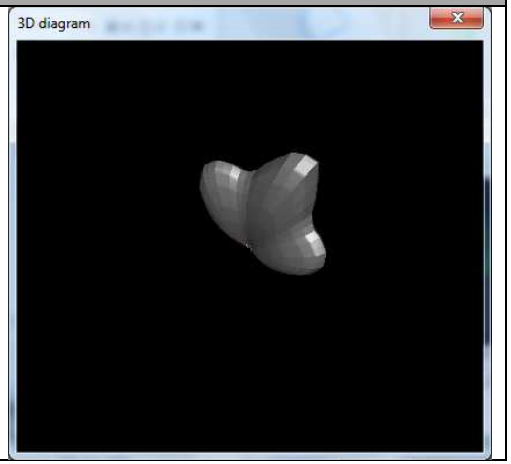


Valores



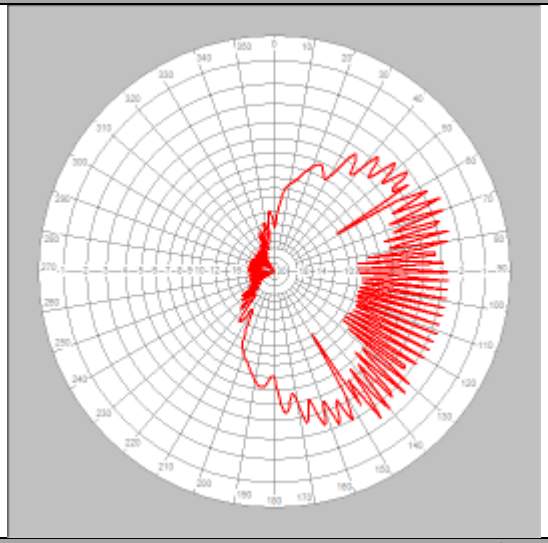
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

Patrón-3D

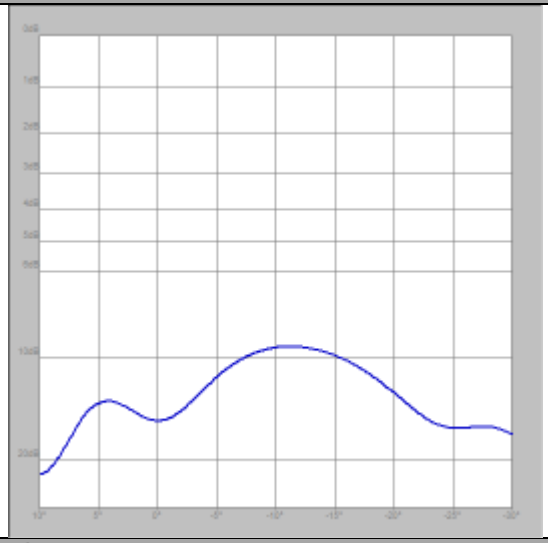


CH23

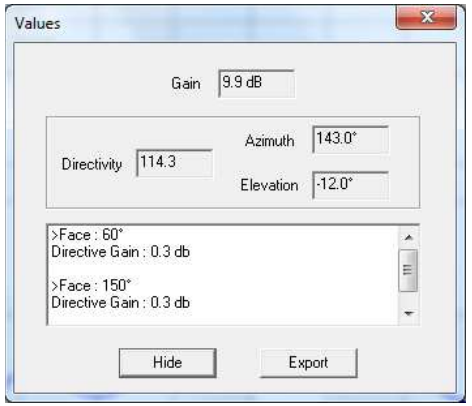
Patrón-H



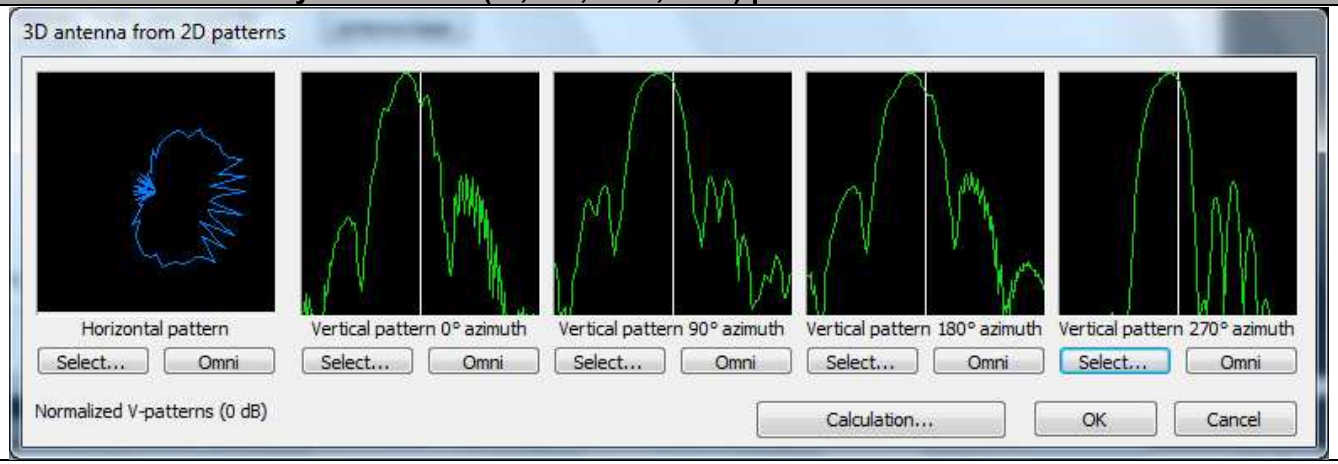
Patrón-V



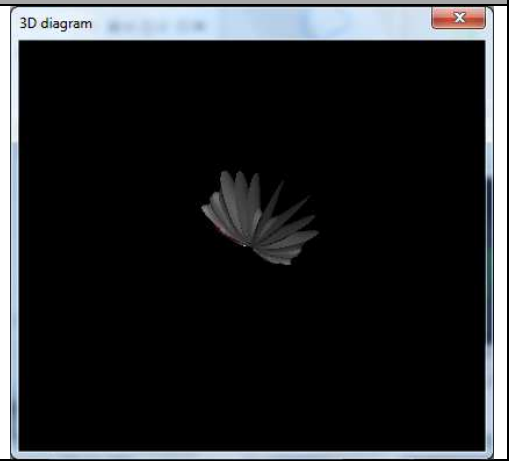
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

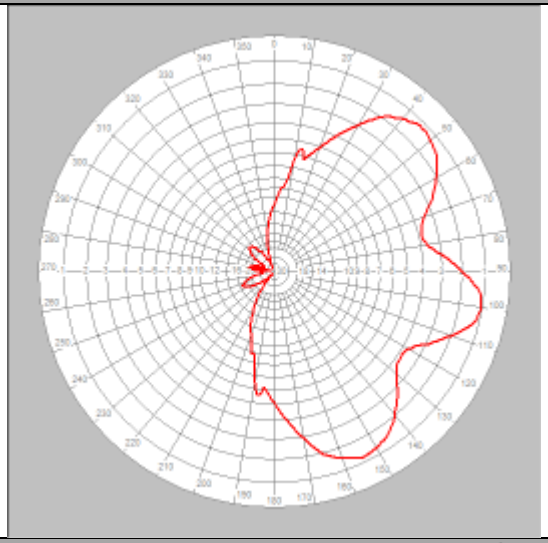


Patrón-3D

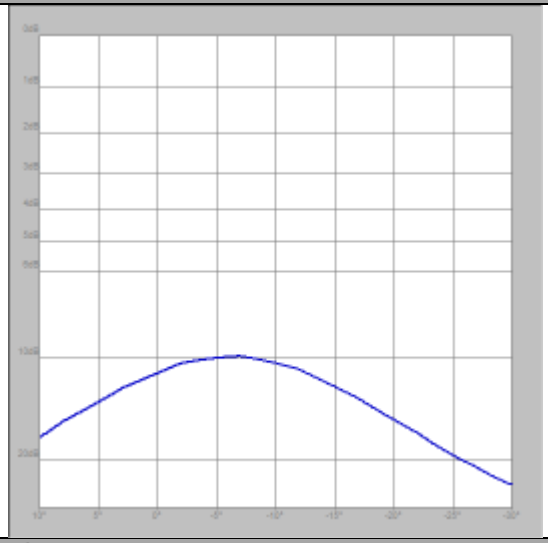


CH25

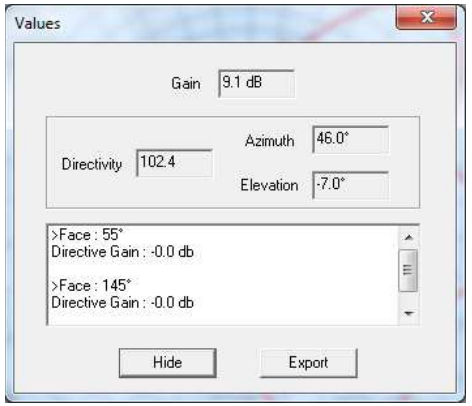
Patrón-H



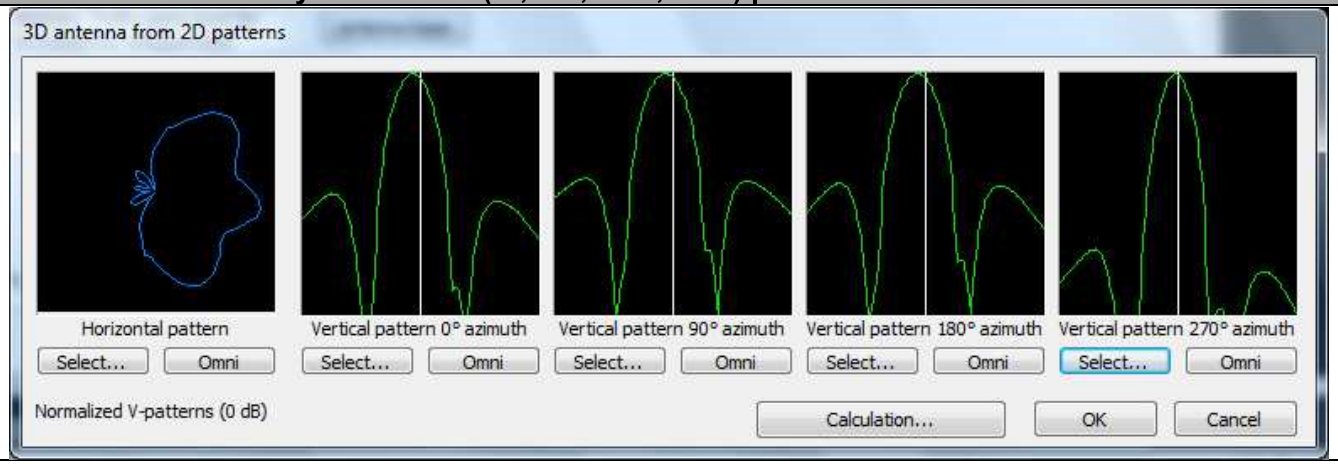
Patrón-V



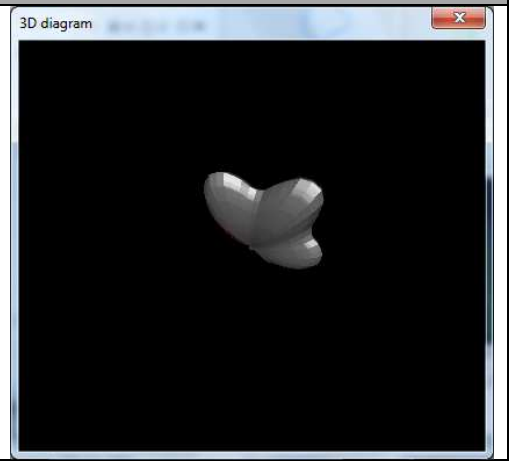
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

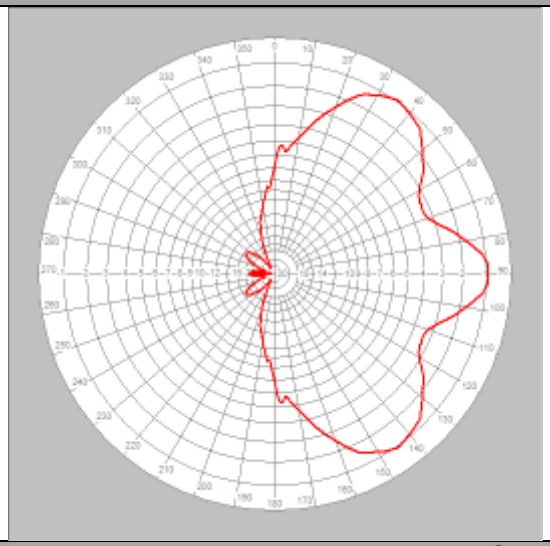


Patrón-3D

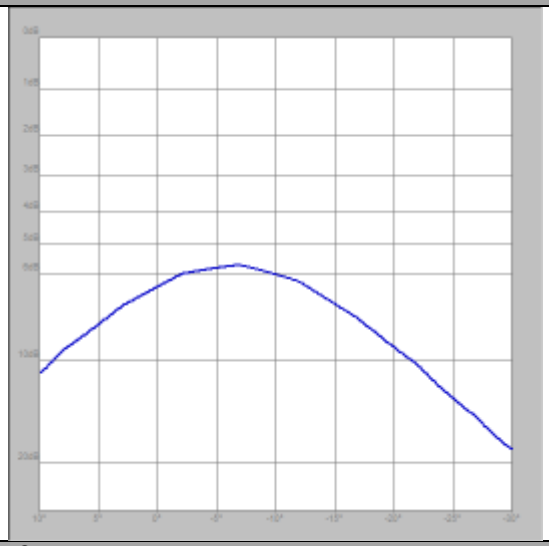


CH27

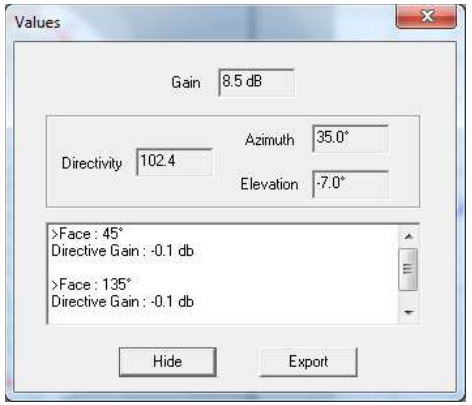
Patrón-H



Patrón-V

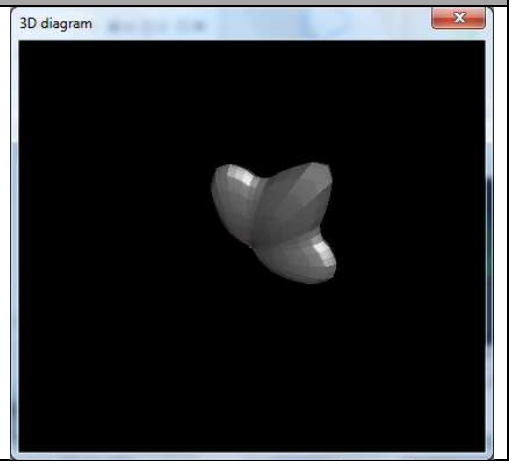


Valores



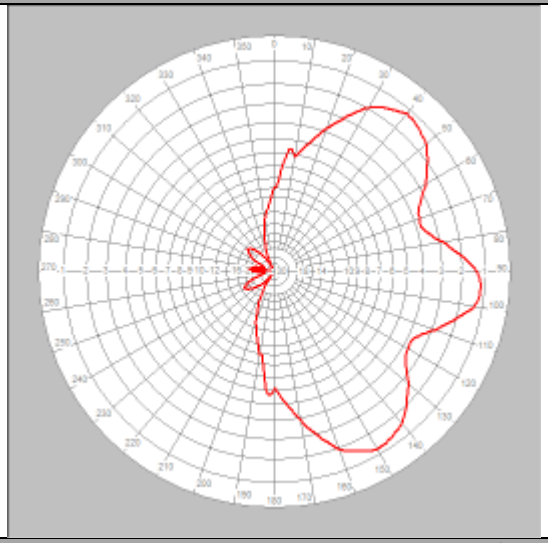
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

Patrón-3D

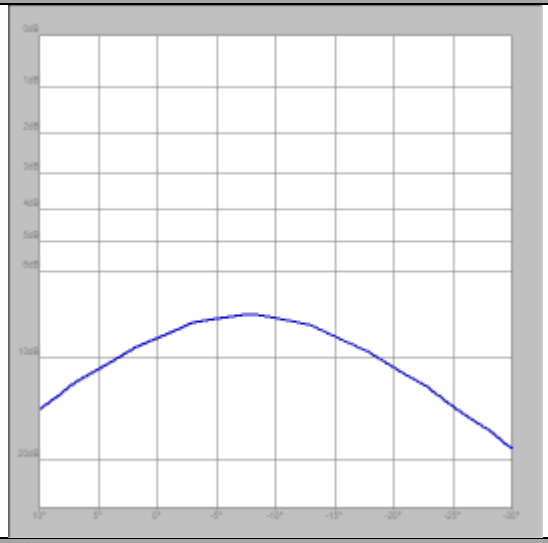


CH29

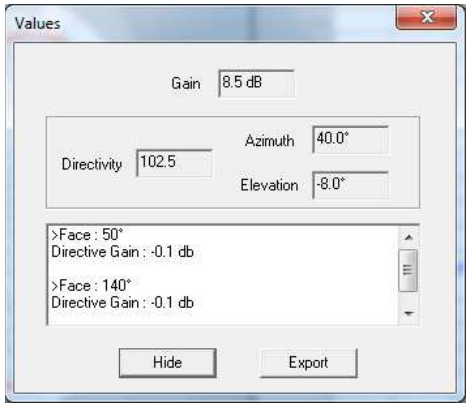
Patrón-H



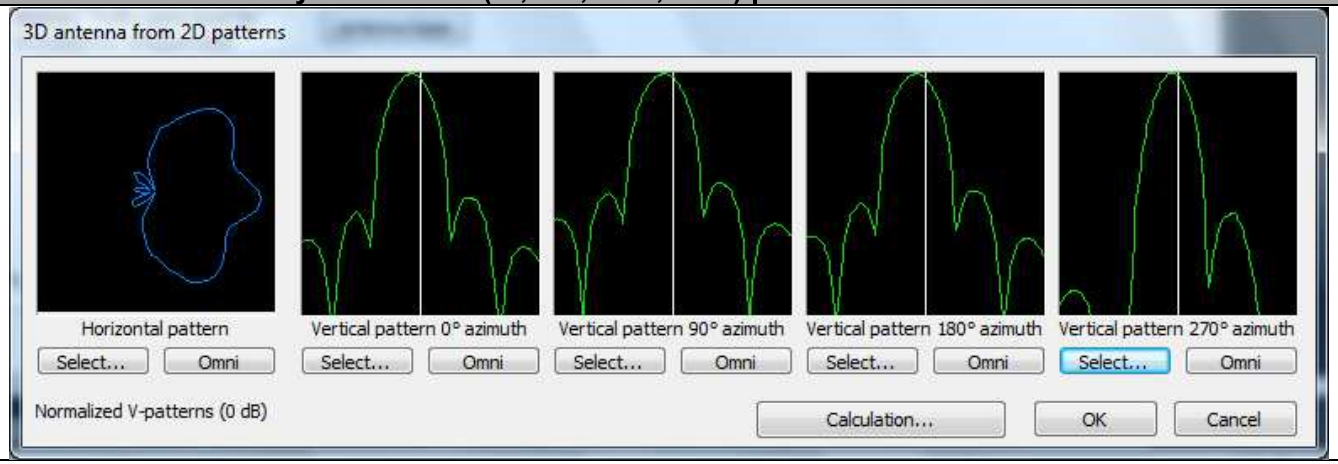
Patrón-V



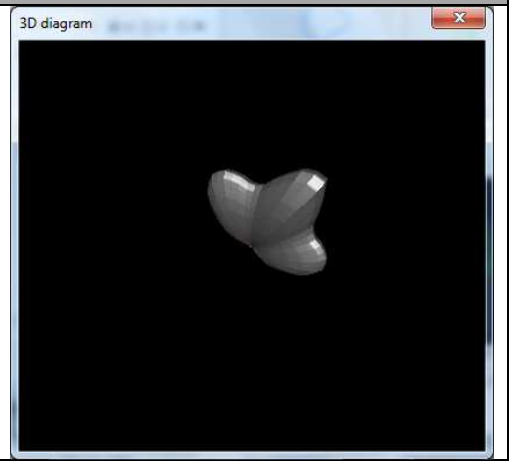
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

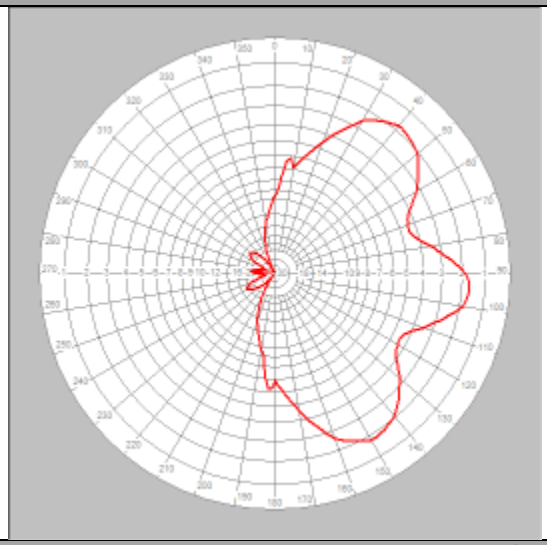


Patrón-3D

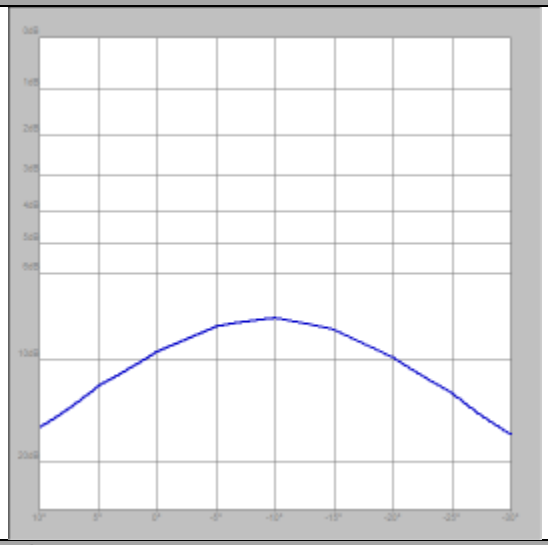


CH31

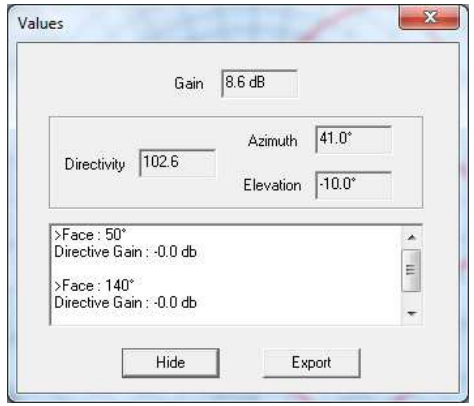
Patrón-H



Patrón-V

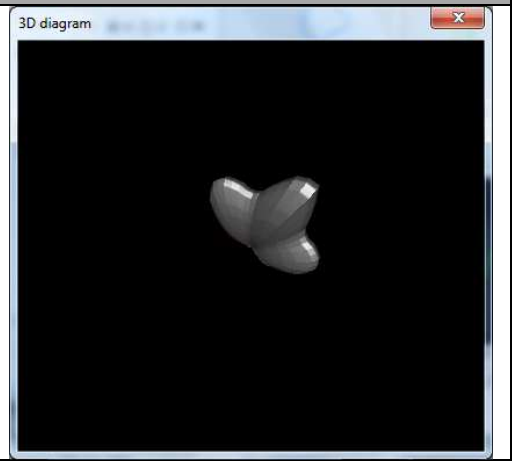


Valores



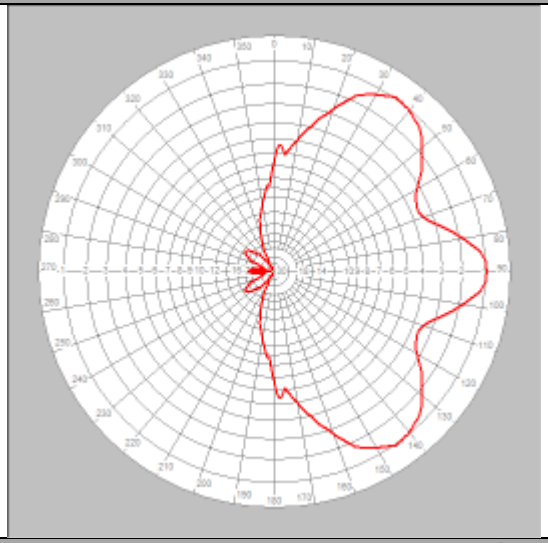
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

Patrón-3D

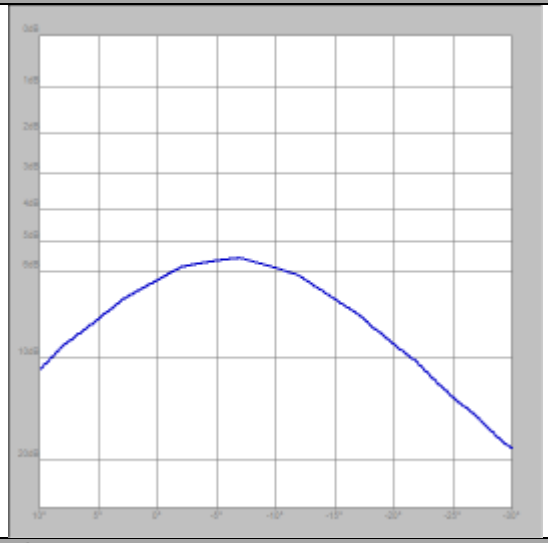


CH33

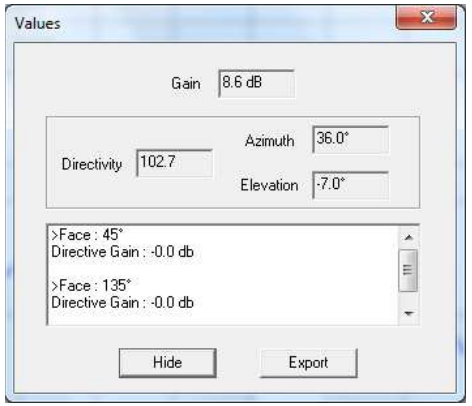
Patrón-H



Patrón-V

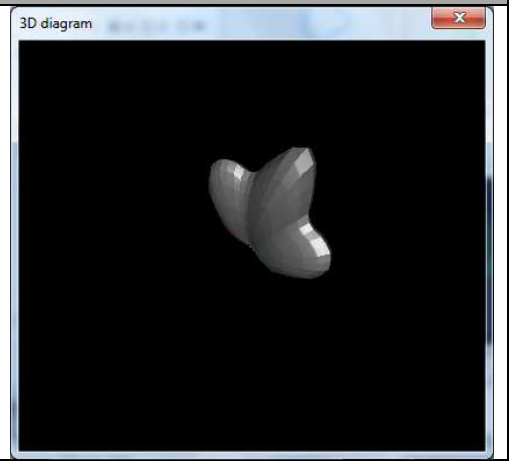


Valores



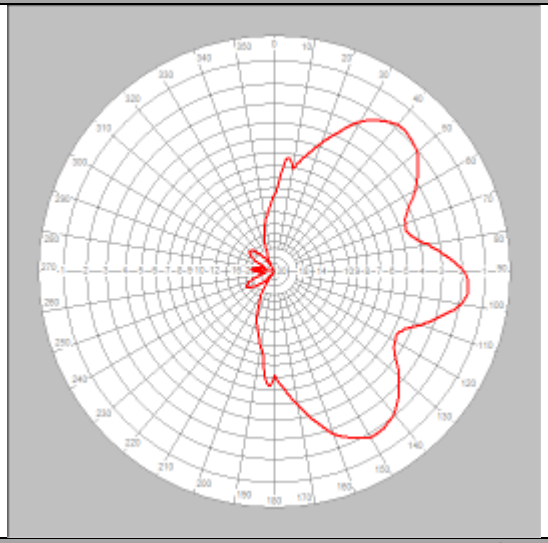
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

Patrón-3D

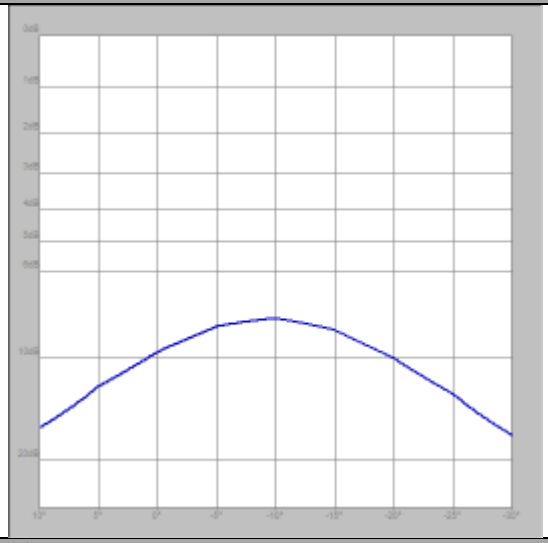


CH35

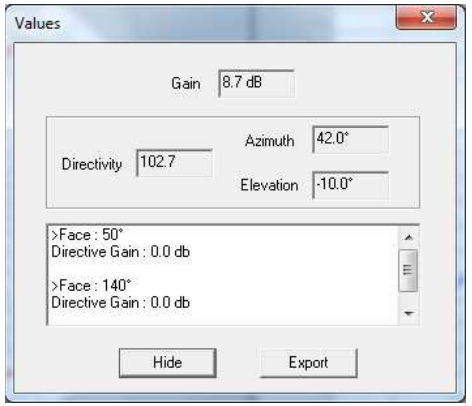
Patrón-H



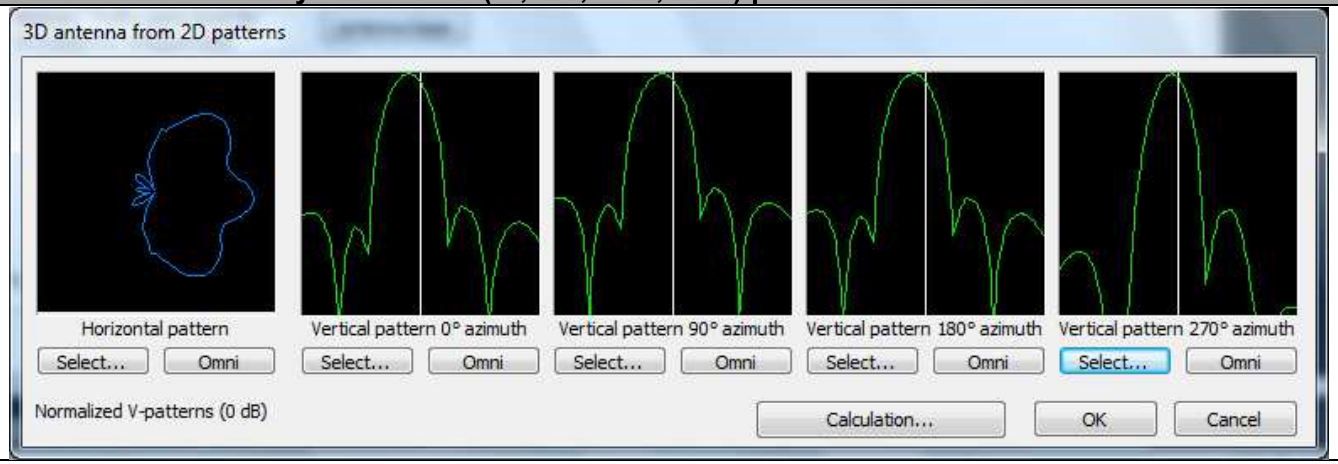
Patrón-V



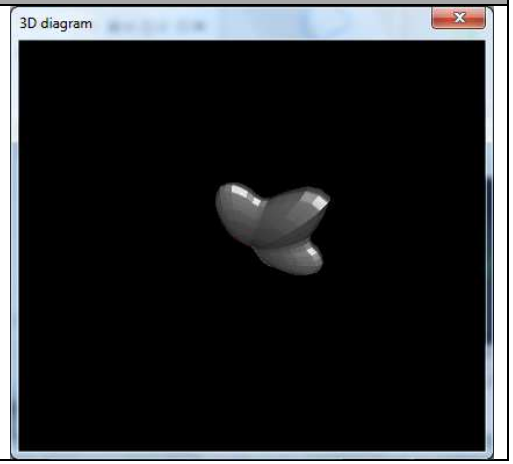
Valores

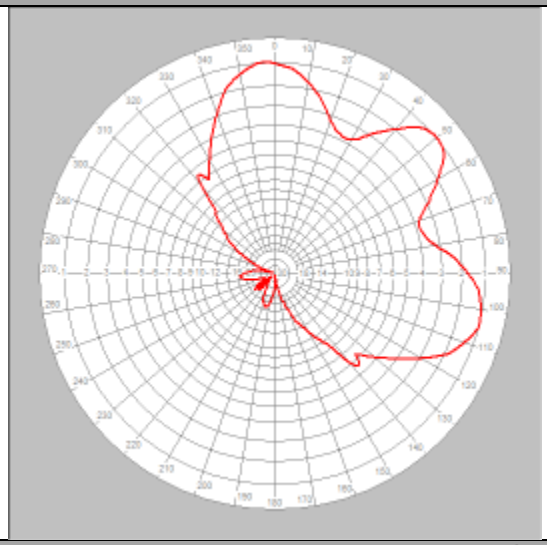
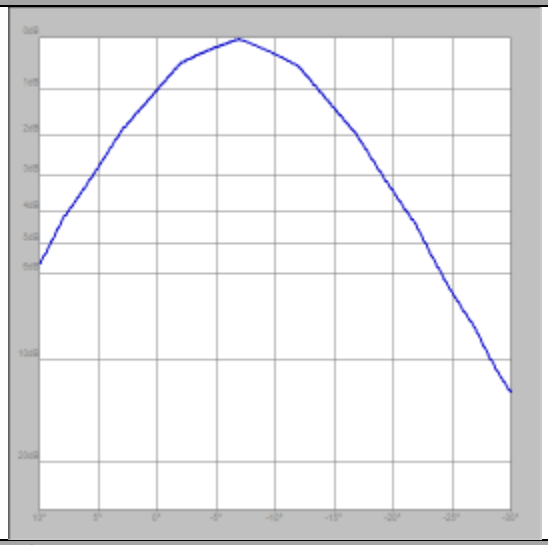
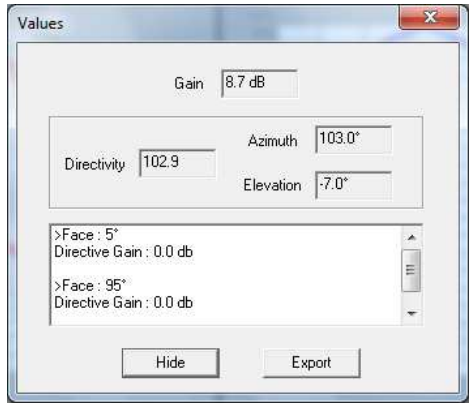
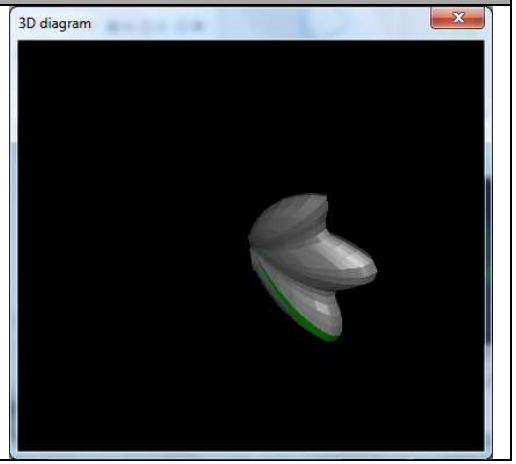


Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D



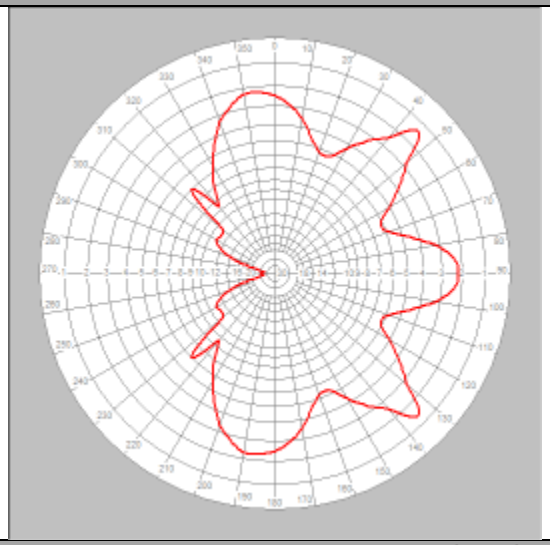
Patrón-3D



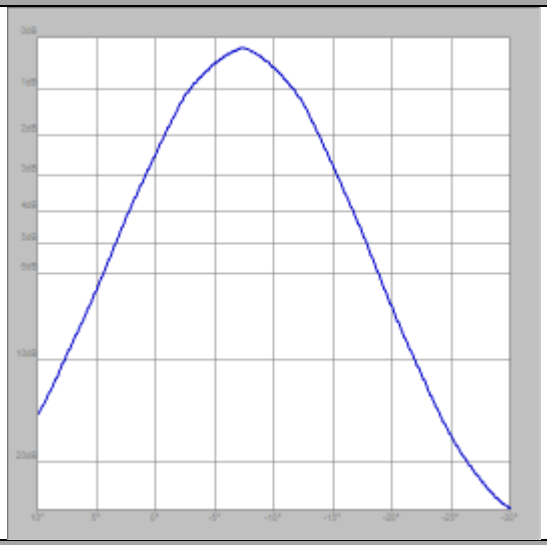
CH38		
Patrón-H	**Patrón-V**	**Valores**
		
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D		**Patrón-3D**
		

CH40

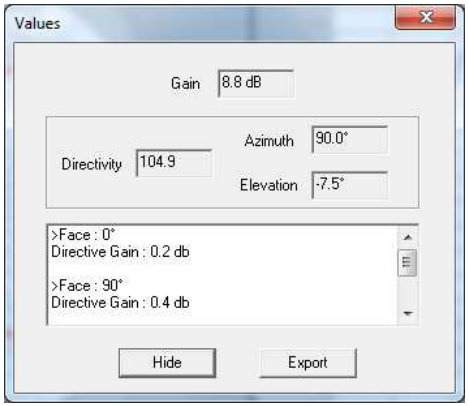
Patrón-H



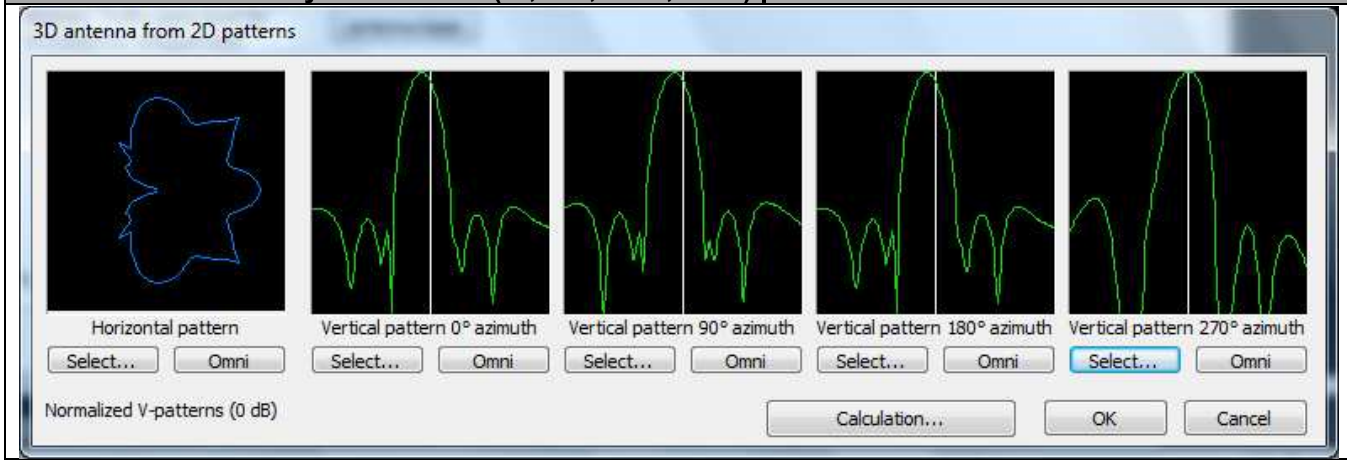
Patrón-V



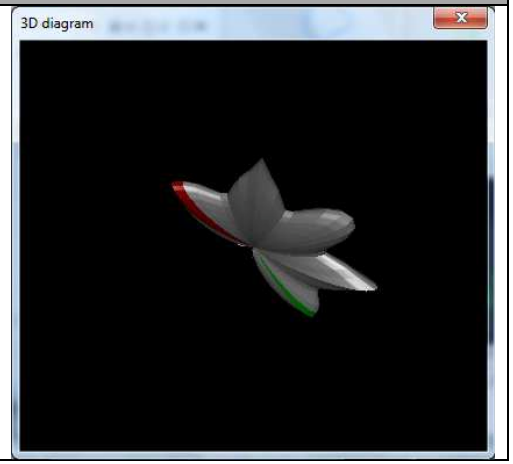
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

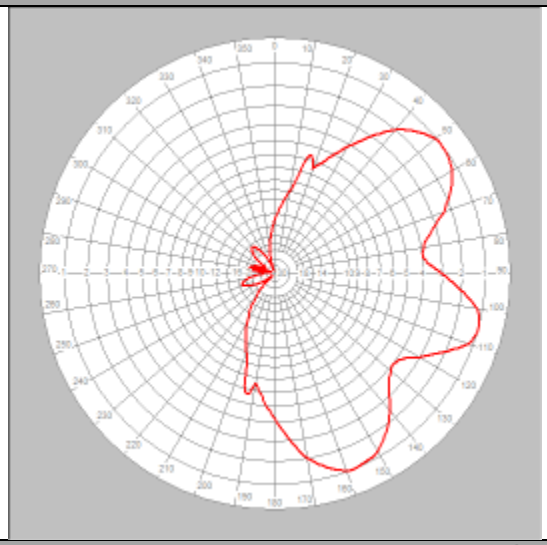


Patrón-3D

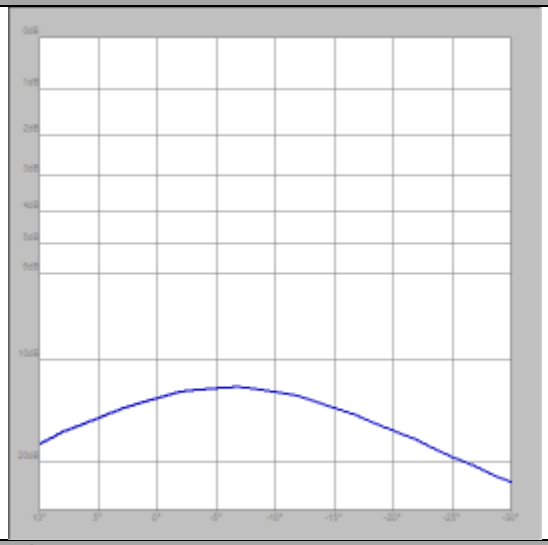


CH42

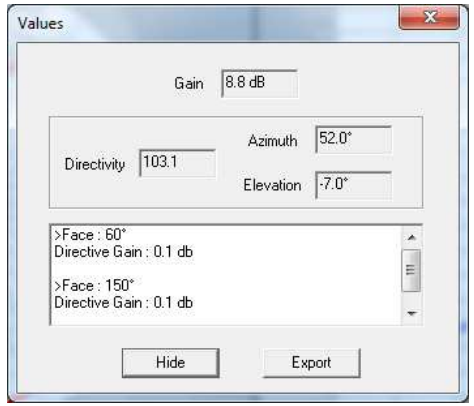
Patrón-H



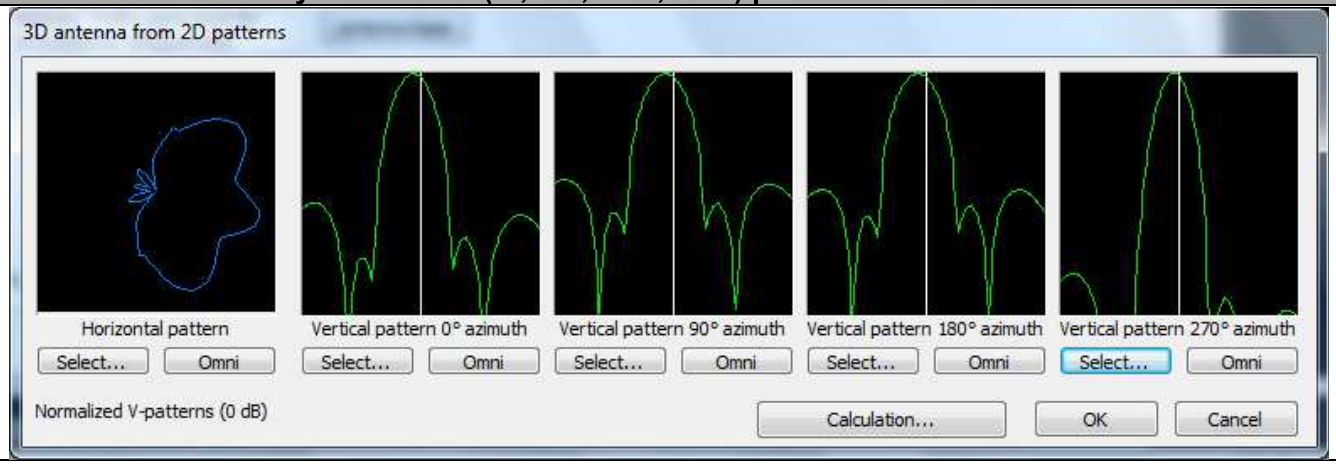
Patrón-V



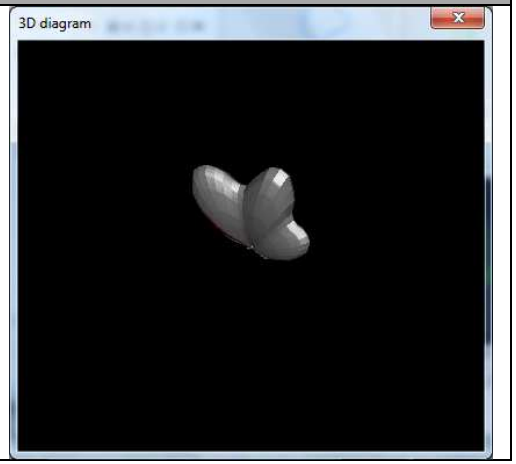
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

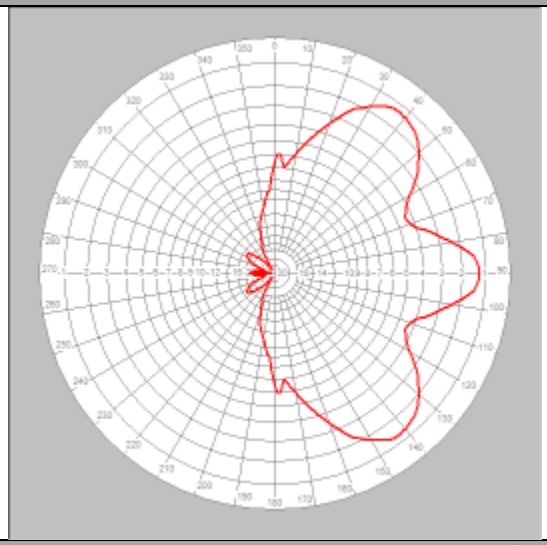


Patrón-3D

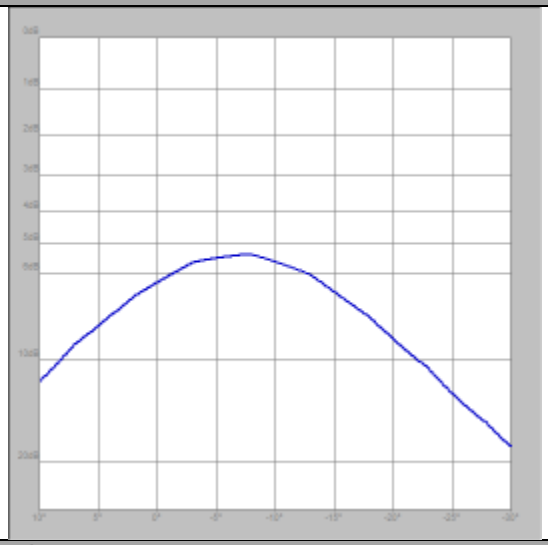


CH44

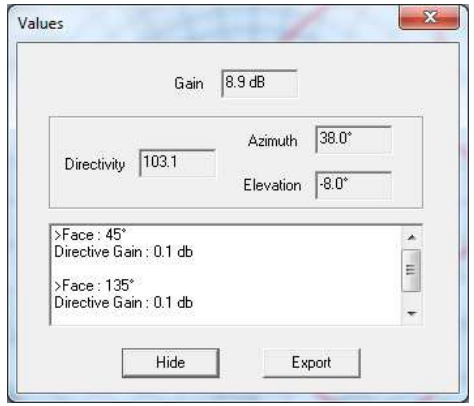
Patrón-H



Patrón-V

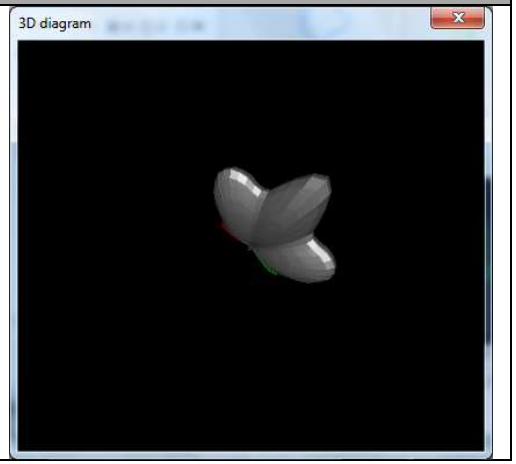


Valores



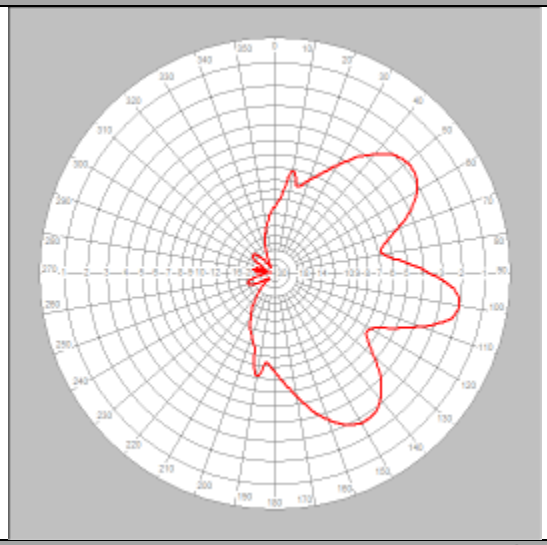
Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

Patrón-3D

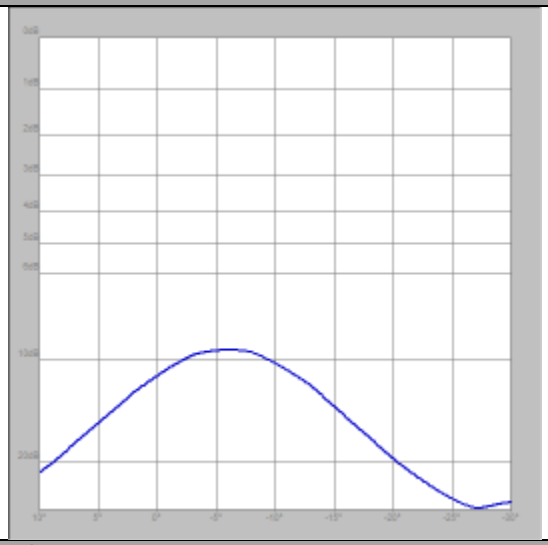


CH46

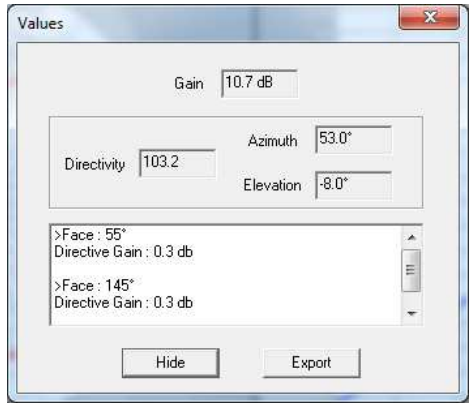
Patrón-H



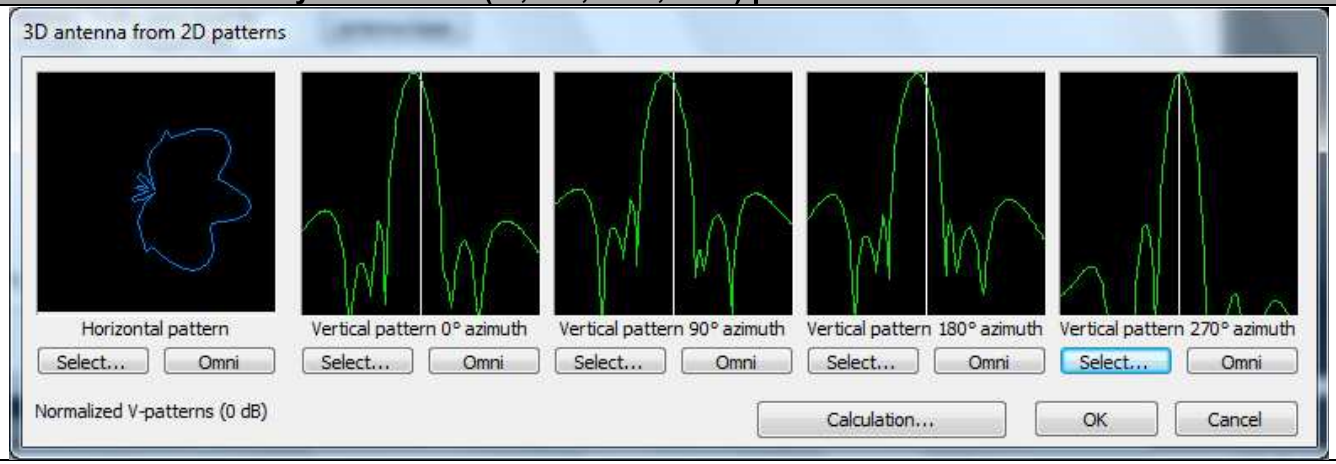
Patrón-V



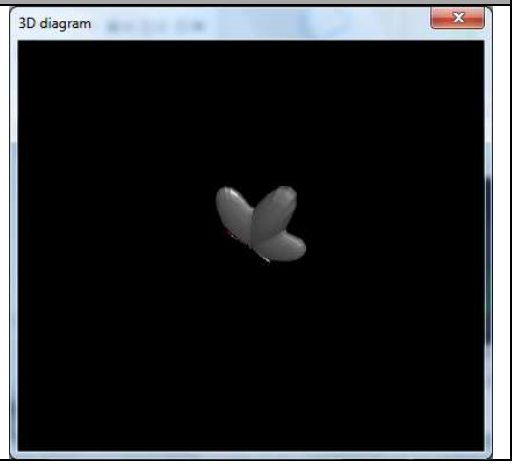
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D

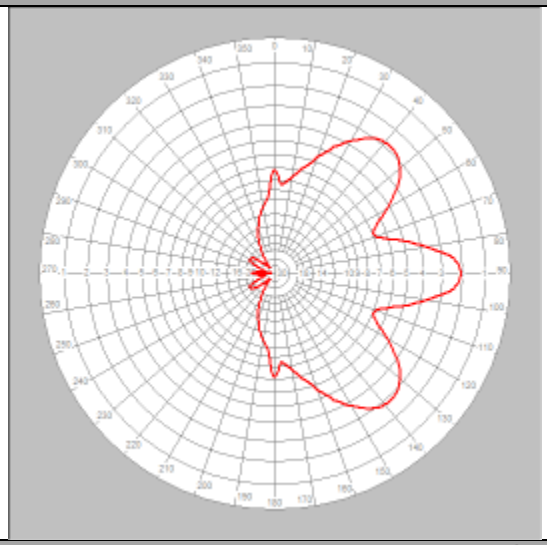


Patrón-3D

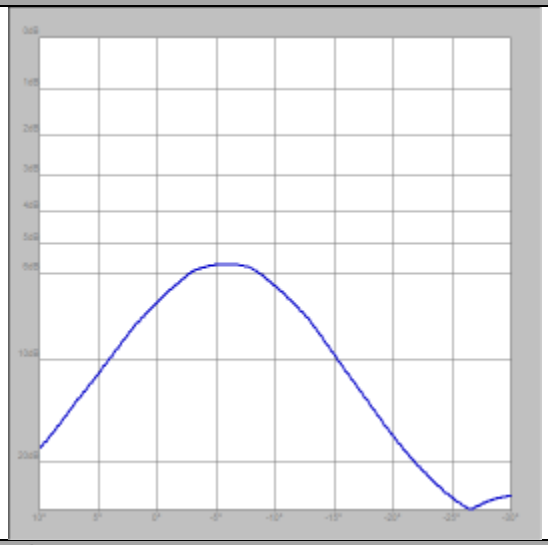


CH48

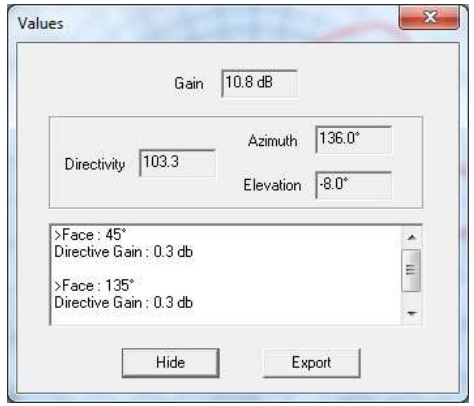
Patrón-H



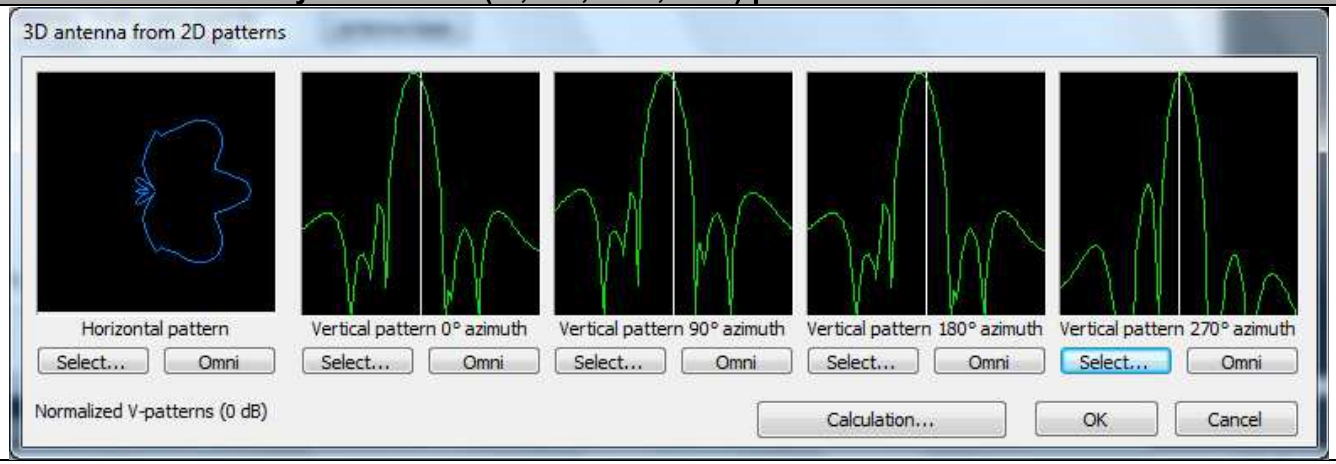
Patrón-V



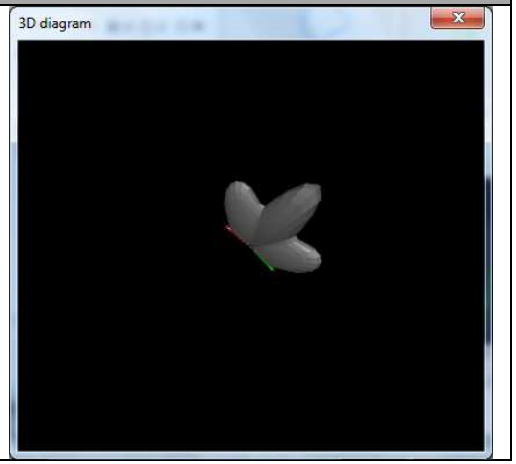
Valores



Patrón-H y Patrones-V (0°, 90°, 180°, 270°) para la creación del Patrón-3D



Patrón-3D



ANEXO 5

REPORTES DE RESULTADOS DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO RECIBIDO OBTENIDOS CON EL SOFTWARE ICS TELECOM.

RX1	
Av. Mariscal Sucre y Mariana de Jesús	
Latitud	00°10'56.30"S
Longitud	78°30'26.20"O
Altitud	2959 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 23.10 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	95.7	-14.25	55.25000 H	2.43	8.11	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	78.2	-33.45	67.25000 H	2.42	8.07	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	103.3	-9.51	77.25000 H	2.62	8.72	p2p	SP
4	CH08	Cerro Pichincha	97.4	-22.83	181.25000 H	2.36	7.85	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	85.2	-35.54	193.25000 H	2.49	8.30	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	65.3	-56.03	205.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	53.8	-75.47	513.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	75.5	-54.02	525.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	99.6	-30.11	537.25000 H	2.11	7.03	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	23.3	-106.52	549.25000 H	2.68	8.95	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	50.7	-79.30	561.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	51.1	-79.11	573.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	92.5	-37.94	585.25000 H	2.42	8.07	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	89.3	-41.31	597.25000 H	2.43	8.11	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	89.7	-41.16	615.25000 H	2.42	8.07	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	55.8	-75.23	627.25000 H	2.56	8.53	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	98.0	-33.13	639.25000 H	2.36	7.85	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	101.7	-29.62	651.25000 H	2.36	7.87	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	100.0	-31.53	663.25000 H	2.50	8.34	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	98.5	-33.16	675.25000 H	2.45	8.16	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX2	
Av. Mariscal Sucre (a la altura de la Enrique Ritter y Bolivia)	
Latitud	00°12'01.70"S
Longitud	78°30'41.80"O
Altitud	2914 m

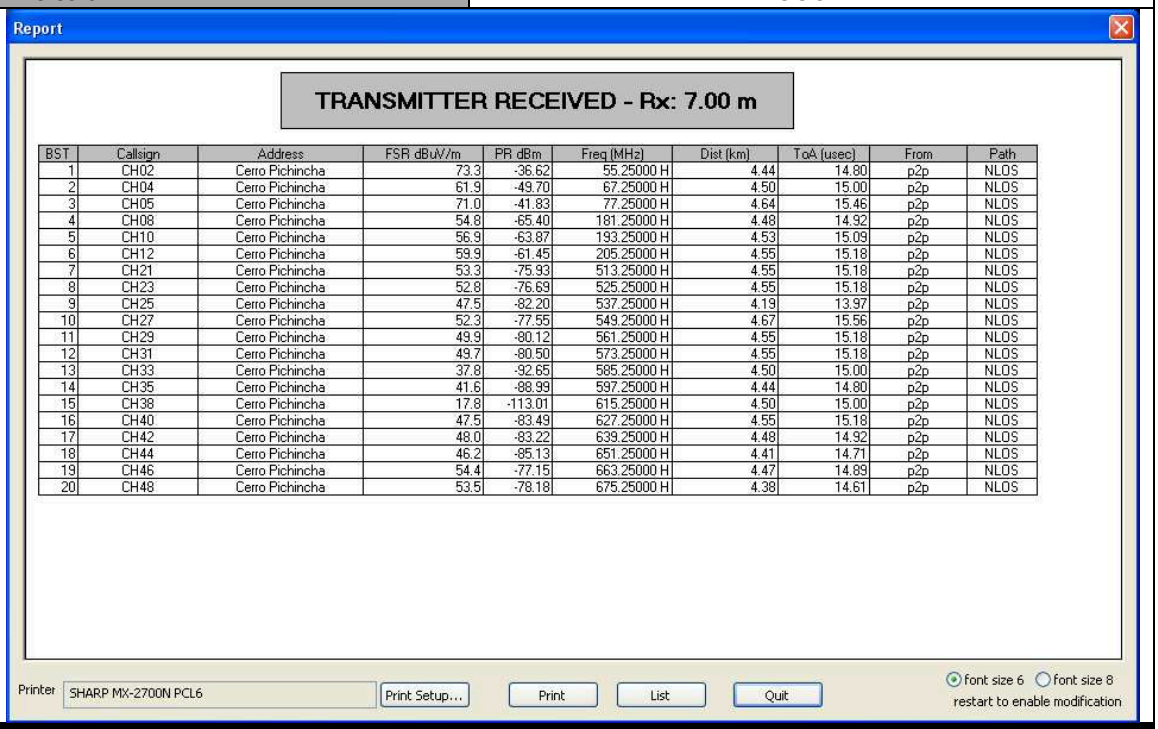
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 2.40 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	101.9	-7.97	55.25000 H	3.88	12.92	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	98.0	-13.59	67.25000 H	3.93	13.10	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	101.5	-11.31	77.25000 H	4.08	13.59	p2p	SP
4	CH08	Cerro Pichincha	98.2	-21.99	181.25000 H	3.90	13.00	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	93.5	-27.28	193.25000 H	3.96	13.20	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	99.3	-22.04	205.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	102.1	-27.16	513.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	96.4	-33.05	525.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	101.2	-28.51	537.25000 H	3.61	12.05	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	95.5	-34.33	549.25000 H	4.11	13.71	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	99.1	-30.92	561.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	98.9	-31.35	573.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	85.4	-45.04	585.25000 H	3.93	13.10	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	88.5	-42.06	597.25000 H	3.88	12.92	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	71.4	-59.44	615.25000 H	3.93	13.10	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	95.9	-35.09	627.25000 H	3.99	13.32	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	99.5	-31.69	639.25000 H	3.90	13.00	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	95.1	-36.27	651.25000 H	3.84	12.82	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	101.5	-30.04	663.25000 H	3.91	13.04	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	99.6	-32.05	675.25000 H	3.83	12.76	p2p	LOS

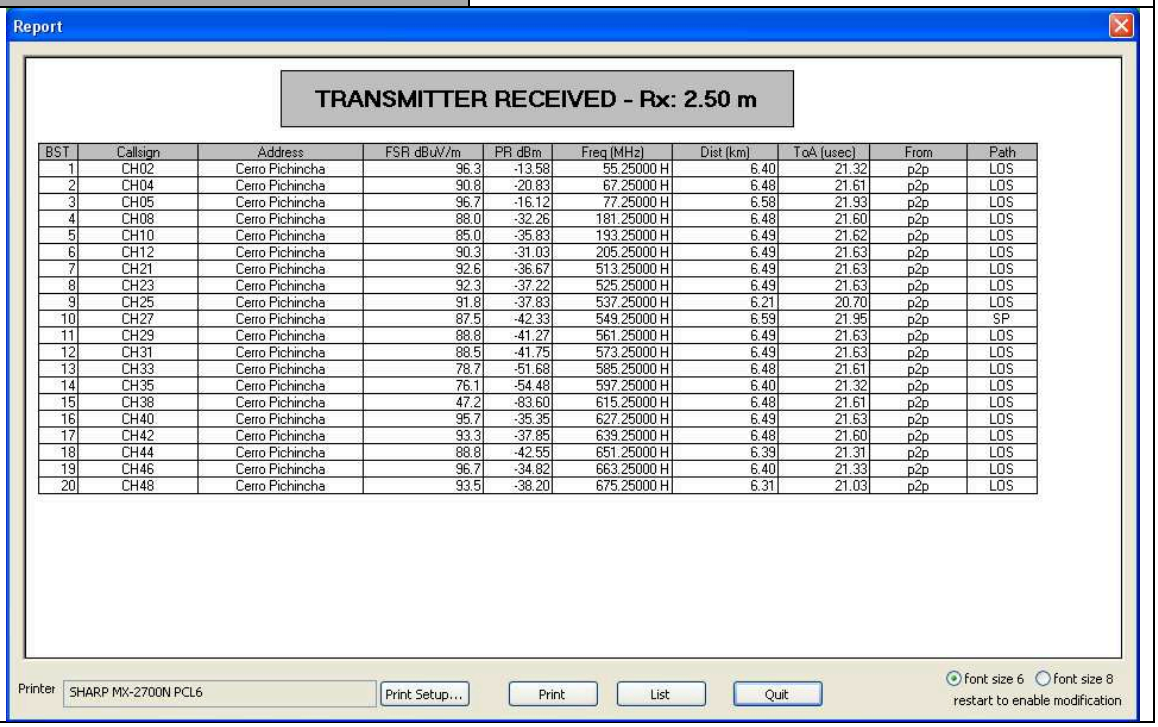
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX3	
Av. Mariscal Sucre (a la altura de la Av. Universitaria)	
Latitud	00°12'24.20"S
Longitud	78°30'44.50"O
Altitud	2880 m



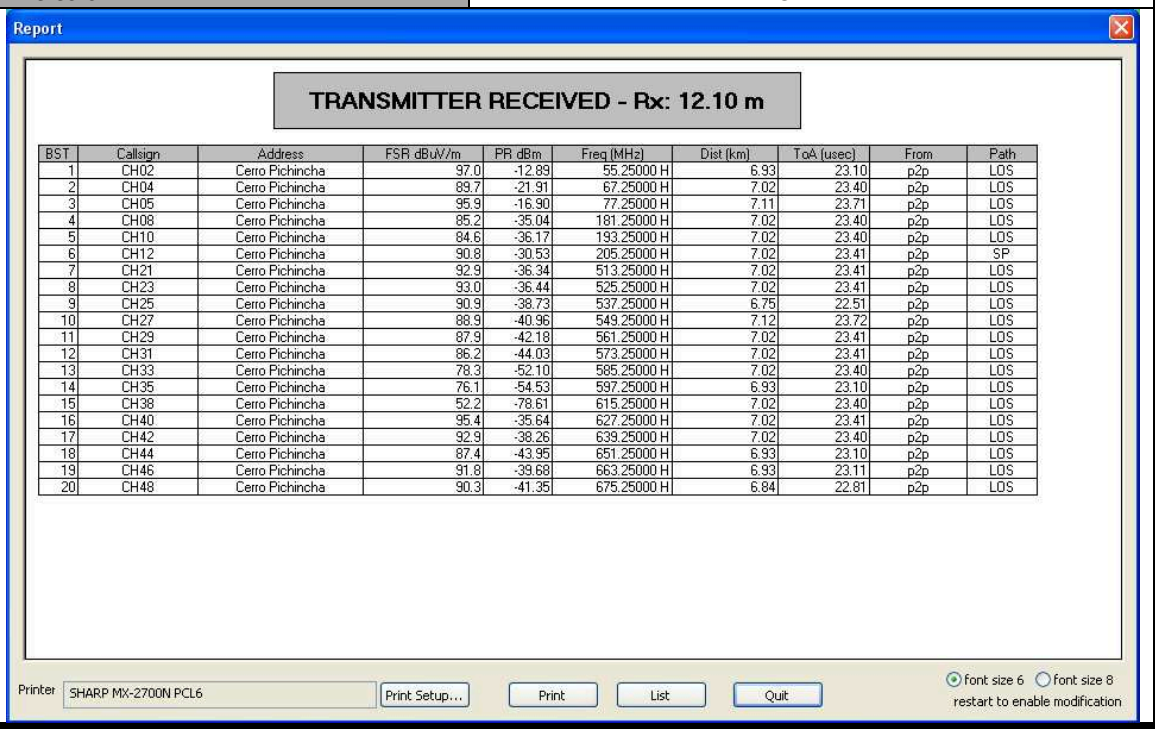
BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	73.3	-36.62	55.25000 H	4.44	14.80	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	61.9	-49.70	67.25000 H	4.50	15.00	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	71.0	-41.83	77.25000 H	4.64	15.46	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	54.8	-65.40	181.25000 H	4.48	14.92	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	56.9	-63.87	193.25000 H	4.53	15.09	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	59.9	-61.45	205.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	53.3	-75.93	513.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	52.8	-76.69	525.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	47.5	-82.20	537.25000 H	4.19	13.97	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	52.3	-77.55	549.25000 H	4.67	15.56	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	49.9	-80.12	561.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	49.7	-80.50	573.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	37.8	-92.65	585.25000 H	4.50	15.00	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	41.6	-88.99	597.25000 H	4.44	14.80	p2p	NLOS
15	CH38	Cerro Pichincha	17.8	-113.01	615.25000 H	4.50	15.00	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	47.5	-83.49	627.25000 H	4.55	15.18	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	48.0	-83.22	639.25000 H	4.48	14.92	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	46.2	-85.13	651.25000 H	4.41	14.71	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	54.4	-77.15	663.25000 H	4.47	14.89	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	53.5	-78.18	675.25000 H	4.38	14.61	p2p	NLOS

RX4	
Av. Mariscal Sucre y Marañón	
Latitud	00°13'32.20"S
Longitud	78°31'18.60"O
Altitud	2880 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	96.3	-13.58	55.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	90.8	-20.83	67.25000 H	6.48	21.61	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	96.7	-16.12	77.25000 H	6.58	21.93	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	88.0	-32.26	181.25000 H	6.48	21.60	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	85.0	-35.83	193.25000 H	6.49	21.62	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	90.3	-31.03	205.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	92.6	-36.67	513.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	92.3	-37.22	525.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	91.8	-37.83	537.25000 H	6.21	20.70	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	87.5	-42.33	549.25000 H	6.59	21.95	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	88.8	-41.27	561.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	88.5	-41.75	573.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	78.7	-51.68	585.25000 H	6.48	21.61	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	76.1	-54.48	597.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	47.2	-83.60	615.25000 H	6.48	21.61	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	95.7	-35.35	627.25000 H	6.49	21.63	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	93.3	-37.85	639.25000 H	6.48	21.60	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	88.8	-42.55	651.25000 H	6.39	21.31	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	96.7	-34.82	663.25000 H	6.40	21.33	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	93.5	-38.20	675.25000 H	6.31	21.03	p2p	LOS

RX5	
Av. Mariscal Sucre (una cuadra al sur de la Huancavilca)	
Latitud	00°13'51.50"S
Longitud	78°31'25.00"O
Altitud	2841 m



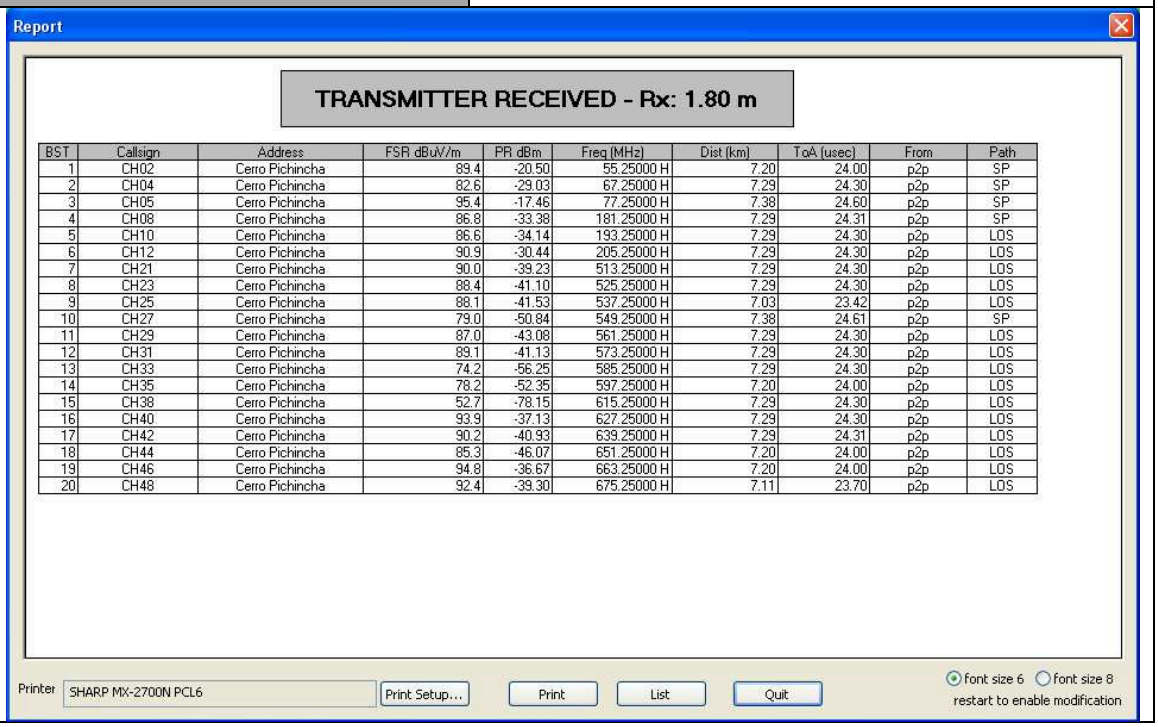
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 12.10 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	97.0	-12.89	55.25000 H	6.93	23.10	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	89.7	-21.91	67.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	95.9	-16.90	77.25000 H	7.11	23.71	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	85.2	-35.04	181.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	84.6	-36.17	193.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	90.8	-30.53	205.25000 H	7.02	23.41	p2p	SP
7	CH21	Cerro Pichincha	92.9	-36.34	513.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	93.0	-36.44	525.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	90.9	-38.73	537.25000 H	6.75	22.51	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	88.9	-40.96	549.25000 H	7.12	23.72	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	87.9	-42.18	561.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	86.2	-44.03	573.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	78.3	-52.10	585.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	76.1	-54.53	597.25000 H	6.93	23.10	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	52.2	-78.61	615.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	95.4	-35.64	627.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	92.9	-38.26	639.25000 H	7.02	23.40	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	87.4	-43.95	651.25000 H	6.93	23.10	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	91.8	-39.68	663.25000 H	6.93	23.11	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	90.3	-41.35	675.25000 H	6.84	22.81	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX6	
Av. Mariscal Sucre y Gral. Raya	
Latitud	00°13'58.40"S
Longitud	78°31'28.10"O
Altitud	2833 m



Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.80 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	89.4	-20.50	55.25000 H	7.20	24.00	p2p	SP
2	CH04	Cerro Pichincha	82.6	-29.03	67.25000 H	7.29	24.30	p2p	SP
3	CH05	Cerro Pichincha	95.4	-17.46	77.25000 H	7.38	24.60	p2p	SP
4	CH08	Cerro Pichincha	86.8	-33.38	181.25000 H	7.29	24.31	p2p	SP
5	CH10	Cerro Pichincha	86.6	-34.14	193.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	90.9	-30.44	205.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	90.0	-39.23	513.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	88.4	-41.10	525.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	88.1	-41.53	537.25000 H	7.03	23.42	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	79.0	-50.84	549.25000 H	7.38	24.61	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	87.0	-43.08	561.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	89.1	-41.13	573.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	74.2	-56.25	585.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	78.2	-52.35	597.25000 H	7.20	24.00	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	52.7	-78.15	615.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	93.9	-37.13	627.25000 H	7.29	24.30	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	90.2	-40.93	639.25000 H	7.29	24.31	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	85.3	-46.07	651.25000 H	7.20	24.00	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	94.8	-36.67	663.25000 H	7.20	24.00	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	92.4	-39.30	675.25000 H	7.11	23.70	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX7	
Av. Napo y Primero de Mayo (Chimbacalle)	
Latitud	00°14'44.00"S
Longitud	78°30'55.30"O
Altitud	2839 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 3.40 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	98.2	-11.75	55.25000 H	8.61	28.69	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	89.0	-22.63	67.25000 H	8.69	28.96	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	94.3	-18.49	77.25000 H	8.80	29.32	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	85.9	-34.38	181.25000 H	8.68	28.93	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	87.6	-33.17	193.25000 H	8.70	28.99	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	89.0	-32.33	205.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	89.2	-40.08	513.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	90.8	-38.71	525.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	92.4	-37.23	537.25000 H	8.40	28.00	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	91.4	-38.45	549.25000 H	8.81	29.36	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	89.8	-40.23	561.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	89.2	-40.98	573.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	78.6	-51.80	585.25000 H	8.69	28.96	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	76.0	-54.56	597.25000 H	8.61	28.69	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	43.7	-87.18	615.25000 H	8.69	28.96	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	91.9	-39.09	627.25000 H	8.71	29.02	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	94.8	-36.33	639.25000 H	8.68	28.93	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	85.3	-46.01	651.25000 H	8.60	28.66	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	94.9	-36.57	663.25000 H	8.62	28.73	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	88.5	-43.15	675.25000 H	8.53	28.43	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 / font size 8 restart to enable modification

RX8	
Av. Napo y Alpahuasi	
Latitud	00°14'32.30"S
Longitud	78°30'45.30"O
Altitud	2832.5 m

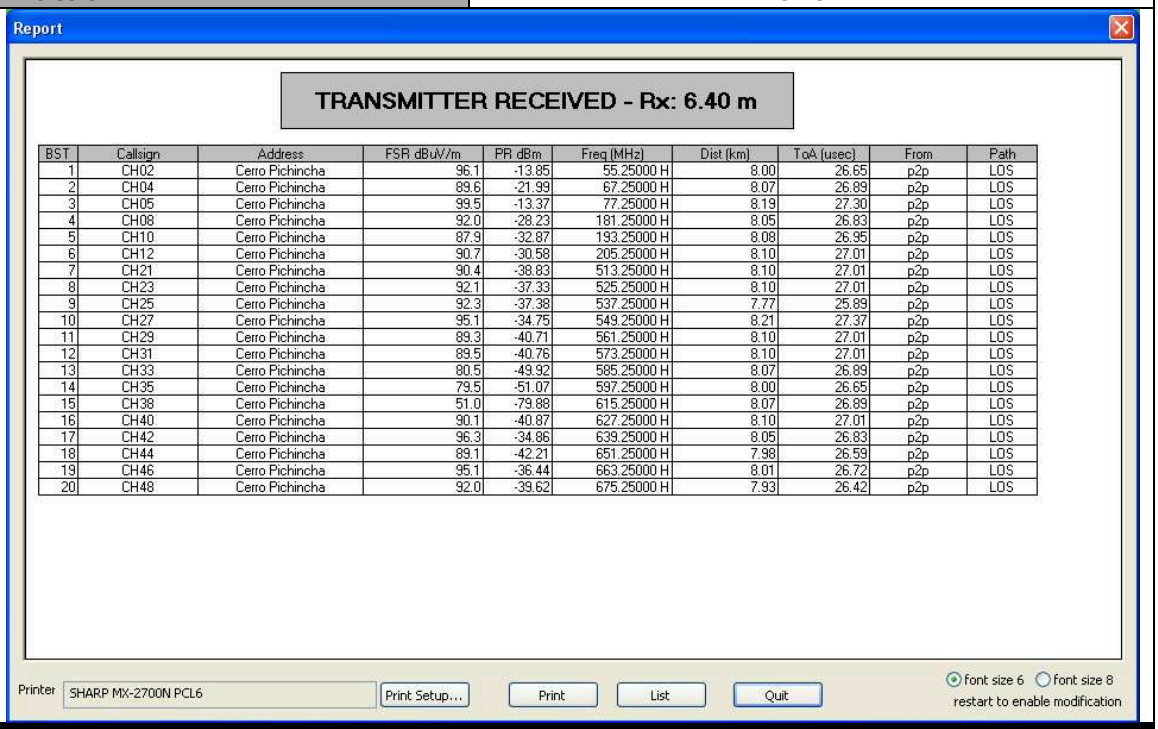
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 5.80 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	99.4	-10.53	55.25000 H	8.30	27.67	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	88.1	-23.54	67.25000 H	8.38	27.92	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	98.8	-14.07	77.25000 H	8.49	28.31	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	87.5	-32.76	181.25000 H	8.36	27.87	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	85.4	-35.41	193.25000 H	8.39	27.96	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	90.3	-31.06	205.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	92.9	-36.41	513.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	93.0	-36.49	525.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	92.5	-37.17	537.25000 H	8.08	26.94	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	93.5	-36.32	549.25000 H	8.51	28.36	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	86.6	-43.45	561.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	90.3	-39.94	573.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	79.5	-50.90	585.25000 H	8.38	27.92	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	79.9	-50.72	597.25000 H	8.30	27.67	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	50.2	-80.68	615.25000 H	8.38	27.92	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	91.0	-40.05	627.25000 H	8.40	28.01	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	94.2	-37.02	639.25000 H	8.36	27.87	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	89.1	-42.21	651.25000 H	8.29	27.62	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	94.3	-37.23	663.25000 H	8.32	27.72	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	91.7	-39.94	675.25000 H	8.23	27.42	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 / font size 8 restart to enable modification

RX9	
Av. Napo y Granada	
Latitud	00°14'19.30"S
Longitud	78°30'35.50"O
Altitud	2825 m



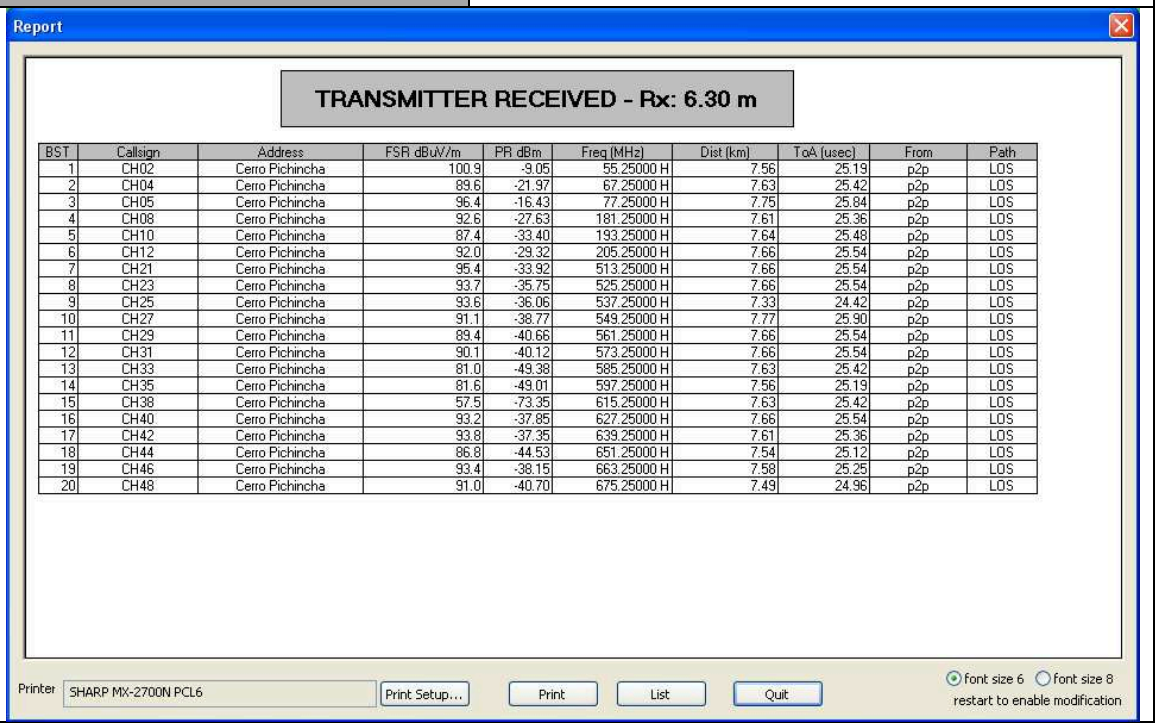
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 6.40 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	96.1	-13.85	55.25000 H	8.00	26.65	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	89.6	-21.99	67.25000 H	8.07	26.89	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	99.5	-13.37	77.25000 H	8.19	27.30	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	92.0	-28.23	181.25000 H	8.05	26.83	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	87.9	-32.87	193.25000 H	8.08	26.95	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	90.7	-30.58	205.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	90.4	-38.83	513.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	92.1	-37.33	525.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	92.3	-37.38	537.25000 H	7.77	25.89	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	95.1	-34.75	549.25000 H	8.21	27.37	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	89.3	-40.71	561.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	89.5	-40.76	573.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	80.5	-49.92	585.25000 H	8.07	26.89	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	79.5	-51.07	597.25000 H	8.00	26.65	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	51.0	-79.88	615.25000 H	8.07	26.89	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	90.1	-40.87	627.25000 H	8.10	27.01	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	96.3	-34.86	639.25000 H	8.05	26.83	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	89.1	-42.21	651.25000 H	7.98	26.59	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	95.1	-36.44	663.25000 H	8.01	26.72	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	92.0	-39.62	675.25000 H	7.93	26.42	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX10	
Av. Pedro Pinto y Rivadeneira	
Latitud	00°14'05.30"S
Longitud	78°30'35.00"O
Altitud	2803 m



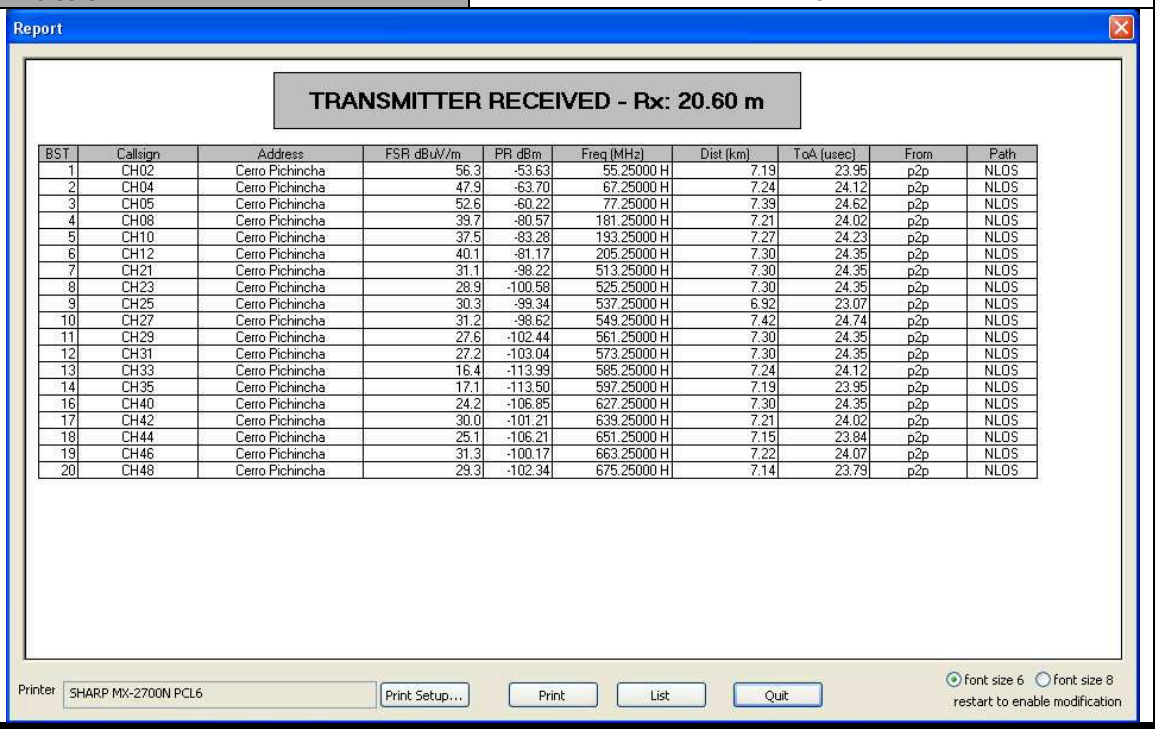
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 6.30 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	100.9	-9.05	55.25000 H	7.56	25.19	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	89.6	-21.97	67.25000 H	7.63	25.42	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	96.4	-16.43	77.25000 H	7.75	25.84	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	92.6	-27.63	181.25000 H	7.61	25.36	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	87.4	-33.40	193.25000 H	7.64	25.48	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	92.0	-29.32	205.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	95.4	-33.92	513.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	93.7	-35.75	525.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	93.6	-36.06	537.25000 H	7.33	24.42	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	91.1	-38.77	549.25000 H	7.77	25.90	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	89.4	-40.66	561.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	90.1	-40.12	573.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	81.0	-49.38	585.25000 H	7.63	25.42	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	81.6	-49.01	597.25000 H	7.56	25.19	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	57.5	-73.35	615.25000 H	7.63	25.42	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	93.2	-37.85	627.25000 H	7.66	25.54	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	93.8	-37.35	639.25000 H	7.61	25.36	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	86.8	-44.53	651.25000 H	7.54	25.12	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	93.4	-38.15	663.25000 H	7.58	25.25	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	91.0	-40.70	675.25000 H	7.49	24.96	p2p	LOS

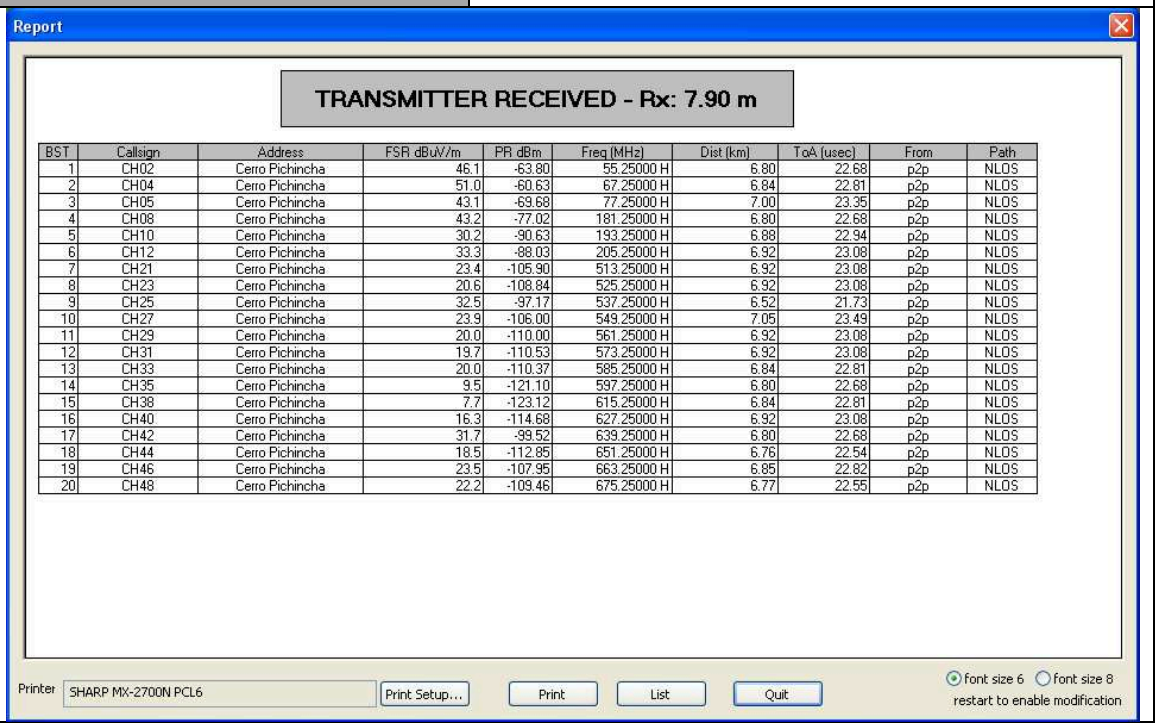
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX11	
Av. Pedro Vicente Maldonado y Juan Echeverría	
Latitud	00°13'42.40"S
Longitud	78°30'02.00"O
Altitud	2745 m



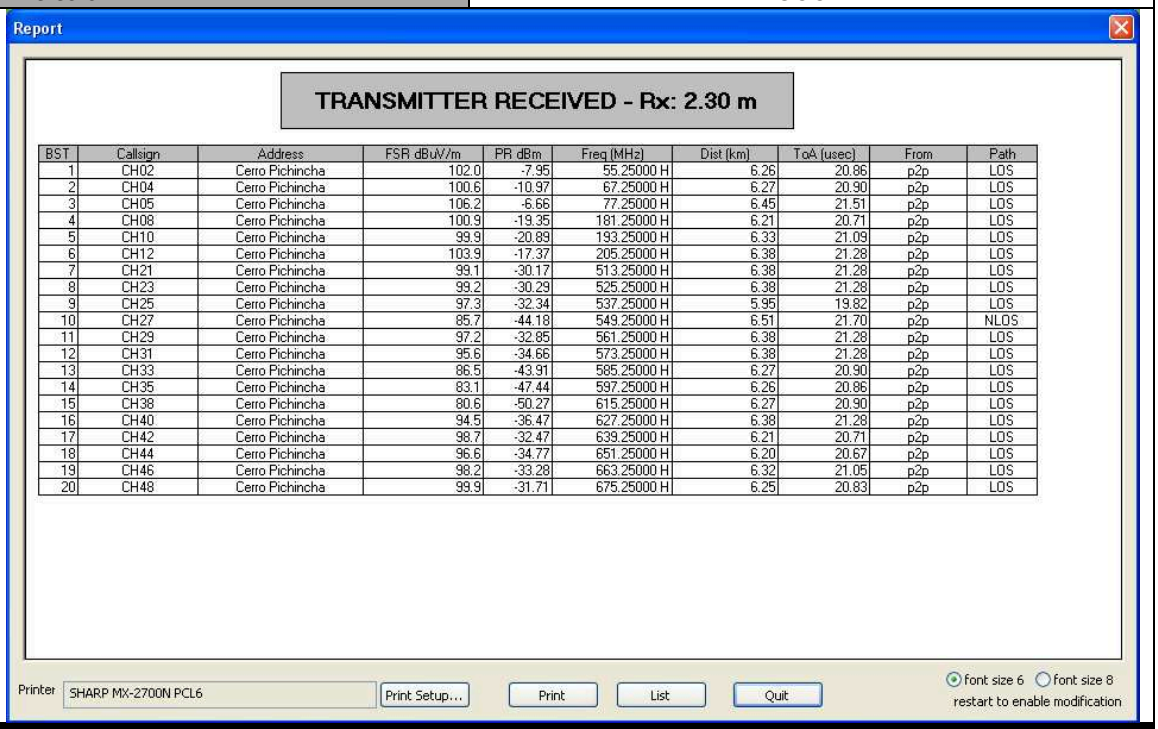
BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	56.3	-53.63	55.25000 H	7.19	23.95	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	47.9	-63.70	67.25000 H	7.24	24.12	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	52.6	-60.22	77.25000 H	7.39	24.62	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	39.7	-80.57	181.25000 H	7.21	24.02	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	37.5	-83.28	193.25000 H	7.27	24.23	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	40.1	-81.17	205.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	31.1	-98.22	513.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	28.9	-100.58	525.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	30.3	-99.34	537.25000 H	6.92	23.07	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	31.2	-98.62	549.25000 H	7.42	24.74	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	27.6	-102.44	561.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	27.2	-103.04	573.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	16.4	-113.99	585.25000 H	7.24	24.12	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	17.1	-113.50	597.25000 H	7.19	23.95	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	24.2	-106.85	627.25000 H	7.30	24.35	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	30.0	-101.21	639.25000 H	7.21	24.02	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	25.1	-106.21	651.25000 H	7.15	23.84	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	31.3	-100.17	663.25000 H	7.22	24.07	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	29.3	-102.34	675.25000 H	7.14	23.79	p2p	NLOS

RX12	
Av. Pedro Vicente Maldonado (Región Sur-Oriental del Itchimbia)	
Latitud	00°13'23.00"S
Longitud	78°29'45.30"O
Altitud	2790 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	46.1	-63.80	55.25000 H	6.80	22.68	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	51.0	-60.63	67.25000 H	6.84	22.81	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	43.1	-69.68	77.25000 H	7.00	23.35	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	43.2	-77.02	181.25000 H	6.80	22.68	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	30.2	-90.63	193.25000 H	6.88	22.94	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	33.3	-88.03	205.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	23.4	-105.90	513.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	20.6	-108.84	525.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	32.5	-97.17	537.25000 H	6.52	21.73	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	23.9	-106.00	549.25000 H	7.05	23.49	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	20.0	-110.00	561.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	19.7	-110.53	573.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	20.0	-110.37	585.25000 H	6.84	22.81	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	9.5	-121.10	597.25000 H	6.80	22.68	p2p	NLOS
15	CH38	Cerro Pichincha	7.7	-123.12	615.25000 H	6.84	22.81	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	16.3	-114.68	627.25000 H	6.92	23.08	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	31.7	-99.52	639.25000 H	6.80	22.68	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	18.5	-112.85	651.25000 H	6.76	22.54	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	23.5	-107.95	663.25000 H	6.85	22.82	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	22.2	-109.46	675.25000 H	6.77	22.55	p2p	NLOS

RX13	
Av. Toledo (dos cuadras al norte de la Av. Ladrón De Guevara)	
Latitud	00°12'41.00"S
Longitud	78°29'17.00"O
Altitud	2800 m

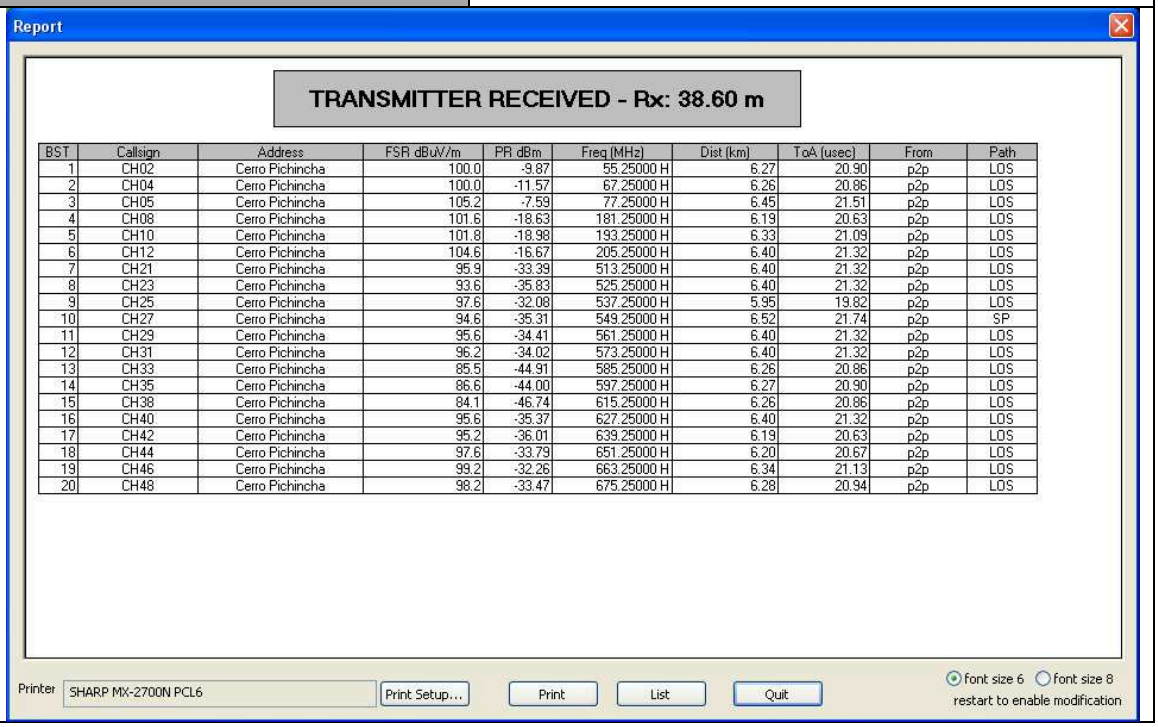

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 2.30 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	102.0	-7.95	55.25000 H	6.26	20.86	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	100.6	-10.97	67.25000 H	6.27	20.90	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	106.2	-6.66	77.25000 H	6.45	21.51	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.9	-19.35	181.25000 H	6.21	20.71	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	99.9	-20.89	193.25000 H	6.33	21.09	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	103.9	-17.37	205.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	99.1	-30.17	513.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	99.2	-30.29	525.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	97.3	-32.34	537.25000 H	5.95	19.82	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	85.7	-44.18	549.25000 H	6.51	21.70	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	97.2	-32.85	561.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	95.6	-34.66	573.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	86.5	-43.91	585.25000 H	6.27	20.90	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	83.1	-47.44	597.25000 H	6.26	20.86	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	80.6	-50.27	615.25000 H	6.27	20.90	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	94.5	-36.47	627.25000 H	6.38	21.28	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	98.7	-32.47	639.25000 H	6.21	20.71	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	96.6	-34.77	651.25000 H	6.20	20.67	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	98.2	-33.28	663.25000 H	6.32	21.05	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	99.9	-31.71	675.25000 H	6.25	20.83	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX14	
Av. Isabel la Católica y Julio Zaldumbide	
Latitud	00°12'14.80"S
Longitud	78°28'51.80"O
Altitud	2800 m

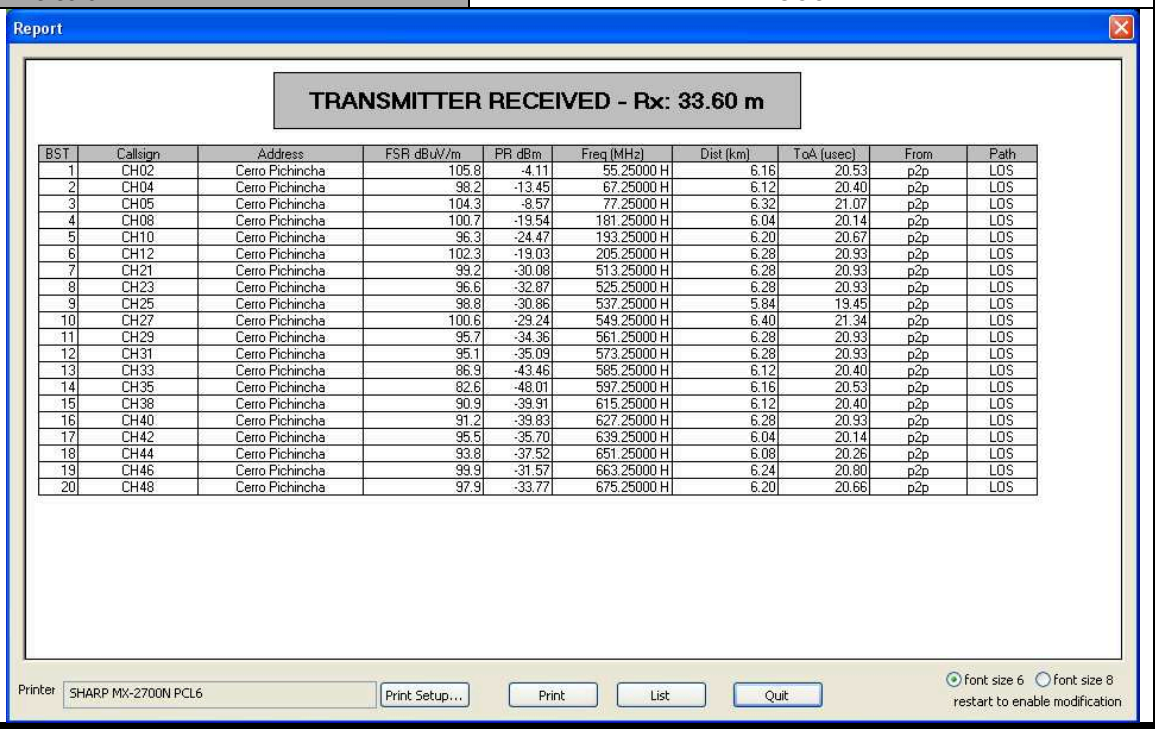

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 38.60 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	100.0	-9.87	55.25000 H	6.27	20.90	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	100.0	-11.57	67.25000 H	6.26	20.86	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	105.2	-7.59	77.25000 H	6.45	21.51	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	101.6	-18.63	181.25000 H	6.19	20.63	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	101.8	-18.98	193.25000 H	6.33	21.09	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	104.6	-16.67	205.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	95.9	-33.39	513.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	93.6	-35.83	525.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	97.6	-32.08	537.25000 H	5.95	19.82	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	94.6	-35.31	549.25000 H	6.52	21.74	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	95.6	-34.41	561.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	96.2	-34.02	573.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	85.5	-44.91	585.25000 H	6.26	20.86	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	86.6	-44.00	597.25000 H	6.27	20.90	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	84.1	-46.74	615.25000 H	6.26	20.86	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	95.6	-35.37	627.25000 H	6.40	21.32	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	95.2	-36.01	639.25000 H	6.19	20.63	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	97.6	-33.79	651.25000 H	6.20	20.67	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	99.2	-32.26	663.25000 H	6.34	21.13	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	98.2	-33.47	675.25000 H	6.28	20.94	p2p	LOS

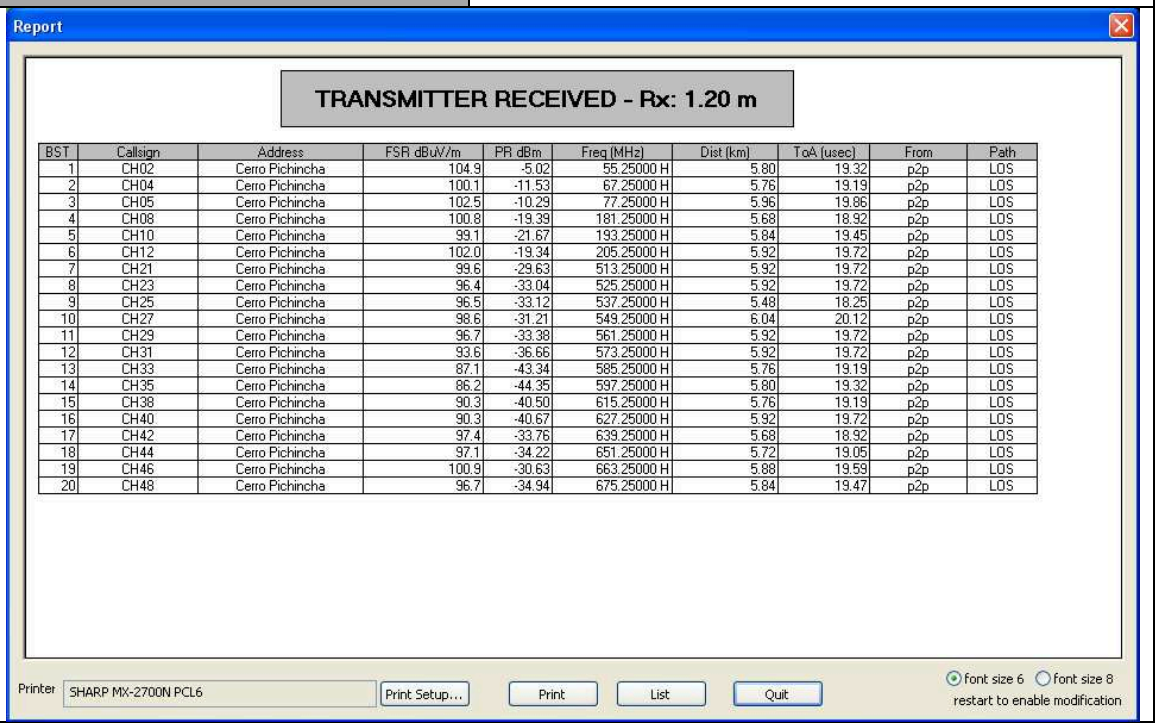
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX15	
Av. Gonzales Suárez (en la entrada al Viaducto Dávila Cajas)	
Latitud	00°11'36.50"S
Longitud	78°28'31.70"O
Altitud	2809 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	105.8	-4.11	55.25000 H	6.16	20.53	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	98.2	-13.45	67.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	104.3	-8.57	77.25000 H	6.32	21.07	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.7	-19.54	181.25000 H	6.04	20.14	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	96.3	-24.47	193.25000 H	6.20	20.67	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	102.3	-19.03	205.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	99.2	-30.08	513.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	96.6	-32.87	525.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	98.8	-30.86	537.25000 H	5.84	19.45	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	100.6	-29.24	549.25000 H	6.40	21.34	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	95.7	-34.36	561.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	95.1	-35.09	573.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	86.9	-43.46	585.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	82.6	-48.01	597.25000 H	6.16	20.53	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	90.9	-39.91	615.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	91.2	-39.83	627.25000 H	6.28	20.93	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	95.5	-35.70	639.25000 H	6.04	20.14	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	93.8	-37.52	651.25000 H	6.08	20.26	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	99.9	-31.57	663.25000 H	6.24	20.80	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	97.9	-33.77	675.25000 H	6.20	20.66	p2p	LOS

RX16	
Av. Gonzales Suárez y Juan Boussingault	
Latitud	00°11'26.50"S
Longitud	78°28'39.80"O
Altitud	2800 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	104.9	-5.02	55.25000 H	5.80	19.32	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	100.1	-11.53	67.25000 H	5.76	19.19	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	102.5	-10.29	77.25000 H	5.96	19.86	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.8	-19.39	181.25000 H	5.68	18.92	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	99.1	-21.67	193.25000 H	5.84	19.45	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	102.0	-19.34	205.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	99.6	-29.63	513.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	96.4	-33.04	525.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	96.5	-33.12	537.25000 H	5.48	18.25	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	98.6	-31.21	549.25000 H	6.04	20.12	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	96.7	-33.38	561.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	93.6	-36.66	573.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	87.1	-43.34	585.25000 H	5.76	19.19	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	86.2	-44.35	597.25000 H	5.80	19.32	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	90.3	-40.50	615.25000 H	5.76	19.19	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	90.3	-40.67	627.25000 H	5.92	19.72	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	97.4	-33.76	639.25000 H	5.68	18.92	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	97.1	-34.22	651.25000 H	5.72	19.05	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	100.9	-30.63	663.25000 H	5.88	19.59	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	96.7	-34.94	675.25000 H	5.84	19.47	p2p	LOS

RX17	
Av. Gonzales Suárez y Carlos Montufar	
Latitud	00°11'15.50"S
Longitud	78°28'36.10"O
Altitud	2811.6 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	104.0	-5.91	55.25000 H	5.73	19.11	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	101.0	-10.62	67.25000 H	5.68	18.95	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	103.0	-9.82	77.25000 H	5.89	19.62	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	103.0	-17.23	181.25000 H	5.60	18.67	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	98.0	-22.79	193.25000 H	5.77	19.22	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	102.0	-19.31	205.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	100.0	-29.27	513.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	95.0	-34.47	525.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	98.0	-31.67	537.25000 H	5.41	18.05	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	100.0	-29.86	549.25000 H	5.97	19.89	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	97.0	-33.05	561.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	96.0	-34.23	573.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	85.0	-45.41	585.25000 H	5.68	18.95	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	86.0	-44.59	597.25000 H	5.73	19.11	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	94.0	-36.85	615.25000 H	5.68	18.95	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	93.0	-38.01	627.25000 H	5.85	19.50	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	98.0	-33.18	639.25000 H	5.60	18.67	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	96.0	-35.34	651.25000 H	5.65	18.83	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	101.0	-30.50	663.25000 H	5.82	19.39	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	98.0	-33.65	675.25000 H	5.78	19.28	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX18	
Av. Eloy Alfaro (dos cuadras al norte de la Bosmediano)	
Latitud	00°11'01.50"S
Longitud	78°28'34.20"O
Altitud	2809 m

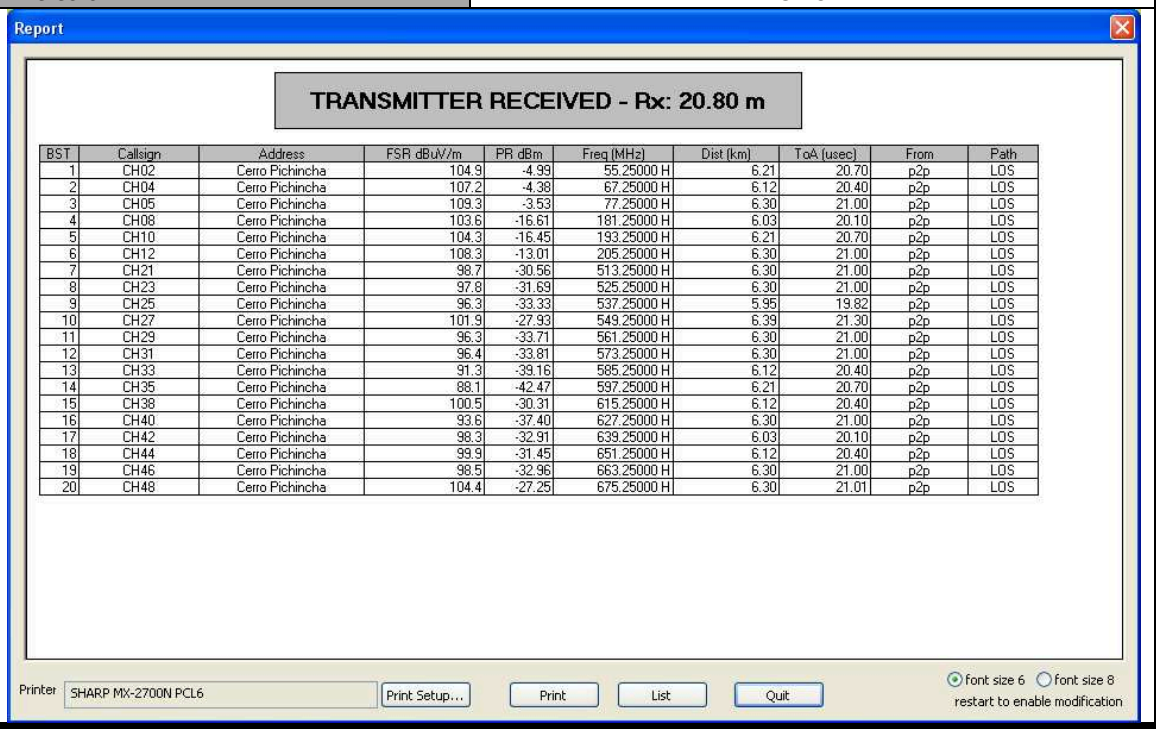
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 2.10 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	107.8	-2.15	55.25000 H	5.66	18.88	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	102.6	-8.99	67.25000 H	5.61	18.69	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	102.5	-10.31	77.25000 H	5.81	19.35	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	98.4	-21.82	181.25000 H	5.52	18.41	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	98.4	-22.40	193.25000 H	5.69	18.97	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	101.8	-19.48	205.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	100.9	-28.35	513.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	92.9	-36.62	525.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	100.9	-28.72	537.25000 H	5.35	17.84	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	101.7	-28.11	549.25000 H	5.89	19.64	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	98.7	-31.40	561.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	94.5	-35.69	573.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	84.7	-45.72	585.25000 H	5.61	18.69	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	85.7	-44.89	597.25000 H	5.66	18.88	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	94.8	-36.03	615.25000 H	5.61	18.69	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	93.4	-37.61	627.25000 H	5.78	19.26	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	97.5	-33.64	639.25000 H	5.52	18.41	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	96.9	-34.47	651.25000 H	5.58	18.60	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	103.5	-27.95	663.25000 H	5.75	19.17	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	98.7	-33.00	675.25000 H	5.72	19.08	p2p	LOS

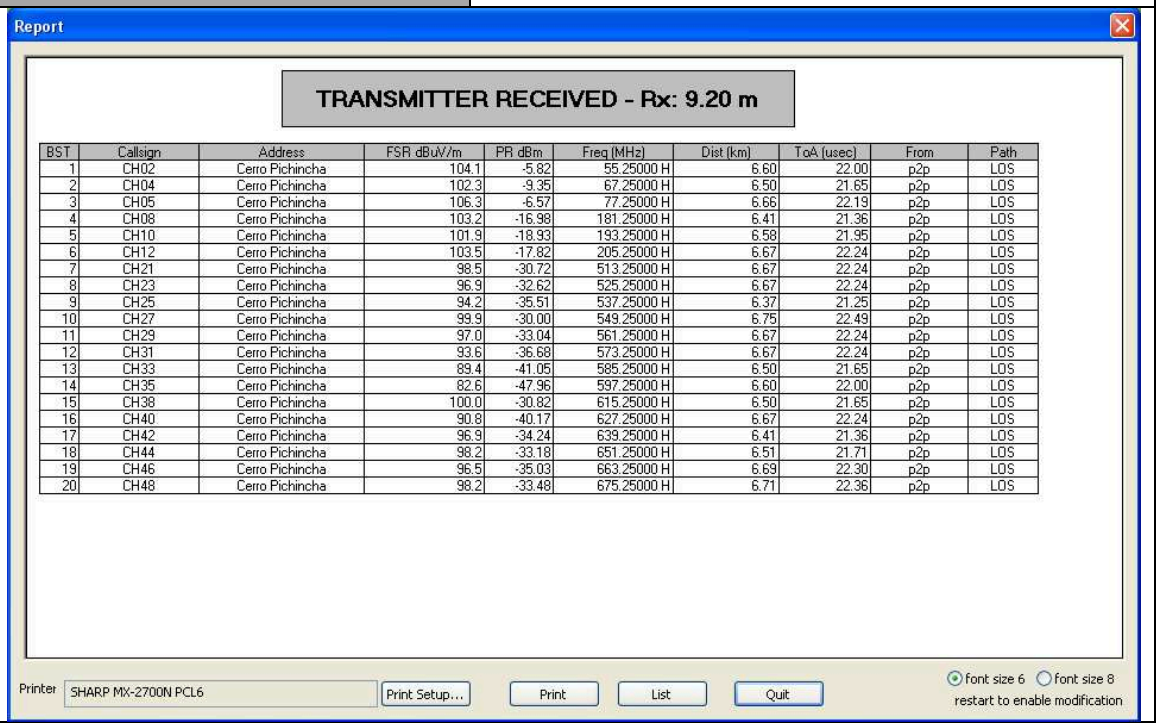
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX19	
Av. Eloy Alfaro y Camilo Gallegos	
Latitud	00°10'02.30"S
Longitud	78°28'07.70"O
Altitud	2810 m



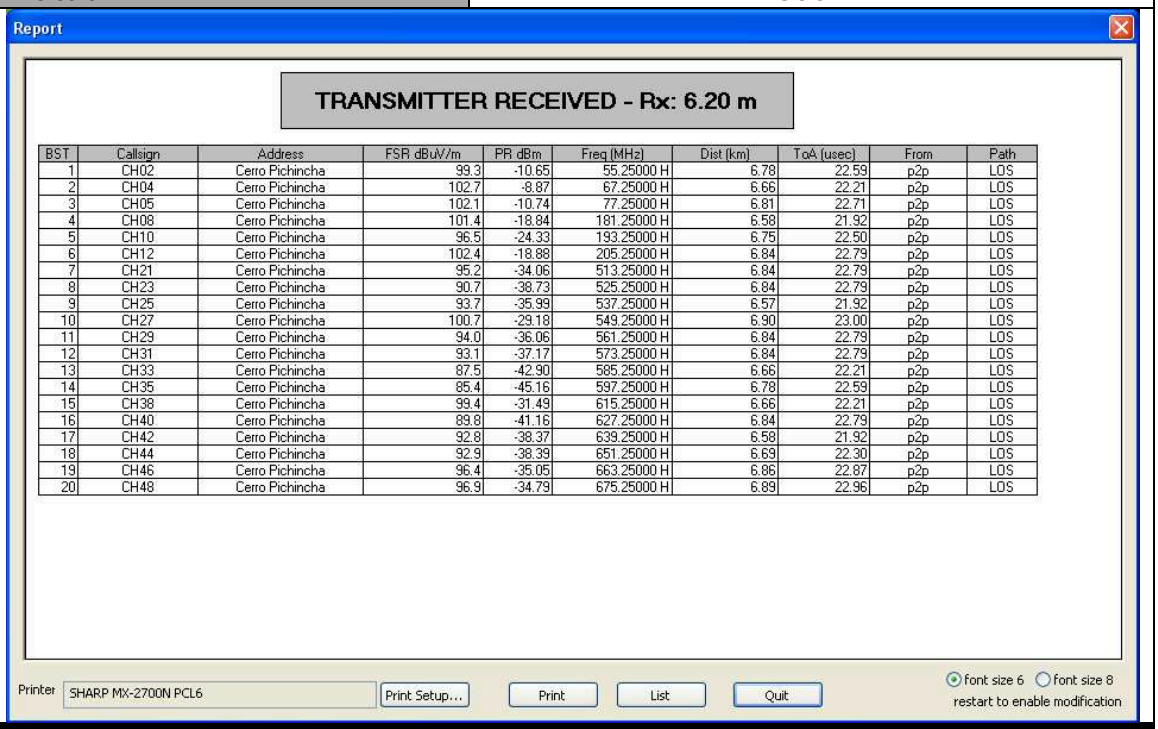
BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	104.9	-4.99	55.25000 H	6.21	20.70	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	107.2	-4.38	67.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	109.3	-3.53	77.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	103.6	-16.61	181.25000 H	6.03	20.10	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	104.3	-16.45	193.25000 H	6.21	20.70	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	108.3	-13.01	205.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	98.7	-30.56	513.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	97.8	-31.69	525.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	96.3	-33.33	537.25000 H	5.95	19.82	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	101.9	-27.93	549.25000 H	6.39	21.30	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	96.3	-33.71	561.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	96.4	-33.81	573.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	91.3	-39.16	585.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	88.1	-42.47	597.25000 H	6.21	20.70	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	100.5	-30.31	615.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	93.6	-37.40	627.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	98.3	-32.91	639.25000 H	6.03	20.10	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	99.9	-31.45	651.25000 H	6.12	20.40	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	98.5	-32.96	663.25000 H	6.30	21.00	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	104.4	-27.25	675.25000 H	6.30	21.01	p2p	LOS

RX20	
Av. Eloy Alfaro y De Las Azucenas	
Latitud	00°09'24.40"S
Longitud	78°27'58.10"O
Altitud	2850 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	104.1	-5.82	55.25000 H	6.60	22.00	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	102.3	-9.35	67.25000 H	6.50	21.65	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	106.3	-6.57	77.25000 H	6.66	22.19	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	103.2	-16.98	181.25000 H	6.41	21.36	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	101.9	-18.93	193.25000 H	6.58	21.95	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	103.5	-17.82	205.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	98.5	-30.72	513.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	96.9	-32.62	525.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	94.2	-35.51	537.25000 H	6.37	21.25	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	99.9	-30.00	549.25000 H	6.75	22.49	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	97.0	-33.04	561.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	93.6	-36.68	573.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	89.4	-41.05	585.25000 H	6.50	21.65	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	82.6	-47.96	597.25000 H	6.60	22.00	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	100.0	-30.82	615.25000 H	6.50	21.65	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	90.8	-40.17	627.25000 H	6.67	22.24	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	96.9	-34.24	639.25000 H	6.41	21.36	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	98.2	-33.18	651.25000 H	6.51	21.71	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	96.5	-35.03	663.25000 H	6.69	22.30	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	98.2	-33.48	675.25000 H	6.71	22.36	p2p	LOS

RX21	
Av. Eloy Alfaro y De Los Chamburos	
Latitud	00°09'01.30"S
Longitud	78°27'58.20"O
Altitud	2836 m



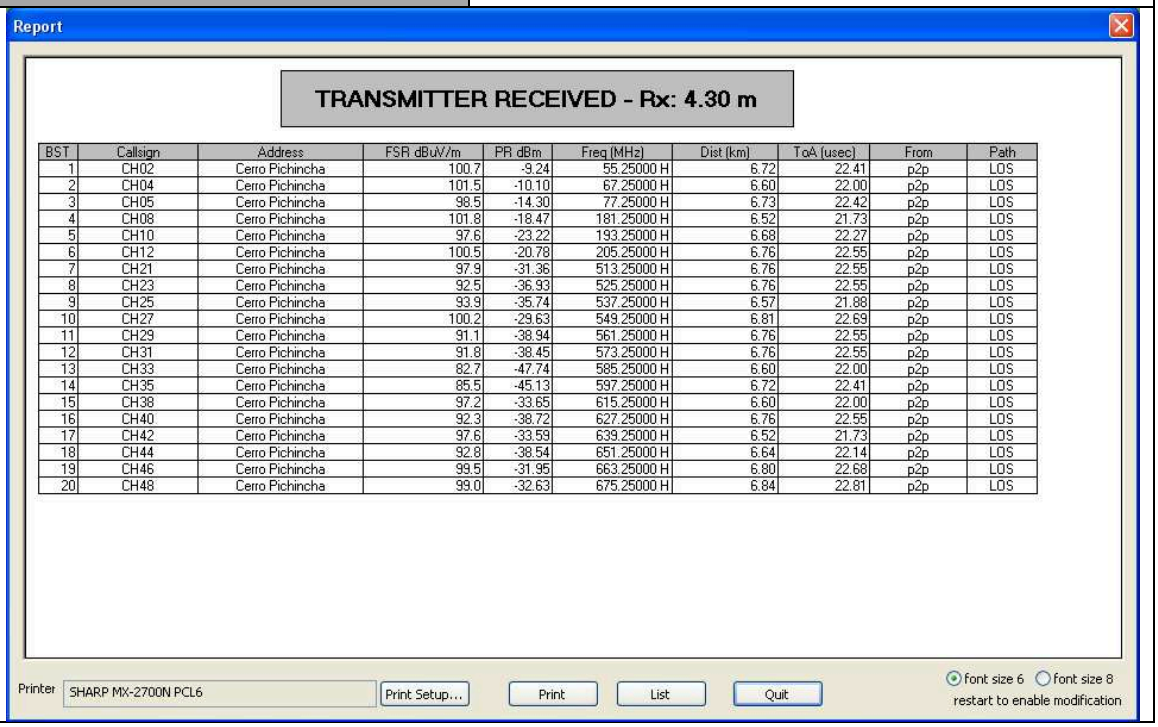
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 6.20 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	99.3	-10.65	55.25000 H	6.78	22.59	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	102.7	-8.87	67.25000 H	6.66	22.21	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	102.1	-10.74	77.25000 H	6.81	22.71	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	101.4	-18.84	181.25000 H	6.58	21.92	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	96.5	-24.33	193.25000 H	6.75	22.50	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	102.4	-18.88	205.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	95.2	-34.06	513.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	90.7	-38.73	525.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	93.7	-35.99	537.25000 H	6.57	21.92	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	100.7	-29.18	549.25000 H	6.90	23.00	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	94.0	-36.06	561.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	93.1	-37.17	573.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	87.5	-42.90	585.25000 H	6.66	22.21	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	85.4	-45.16	597.25000 H	6.78	22.59	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	99.4	-31.49	615.25000 H	6.66	22.21	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	89.8	-41.16	627.25000 H	6.84	22.79	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	92.8	-38.37	639.25000 H	6.58	21.92	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	92.9	-38.39	651.25000 H	6.69	22.30	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	96.4	-35.05	663.25000 H	6.86	22.87	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	96.9	-34.79	675.25000 H	6.89	22.96	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX22	
Av. Eloy Alfaro y José Barreiros	
Latitud	00°08'29.20"S
Longitud	78°28'12.10"O
Altitud	2858 m



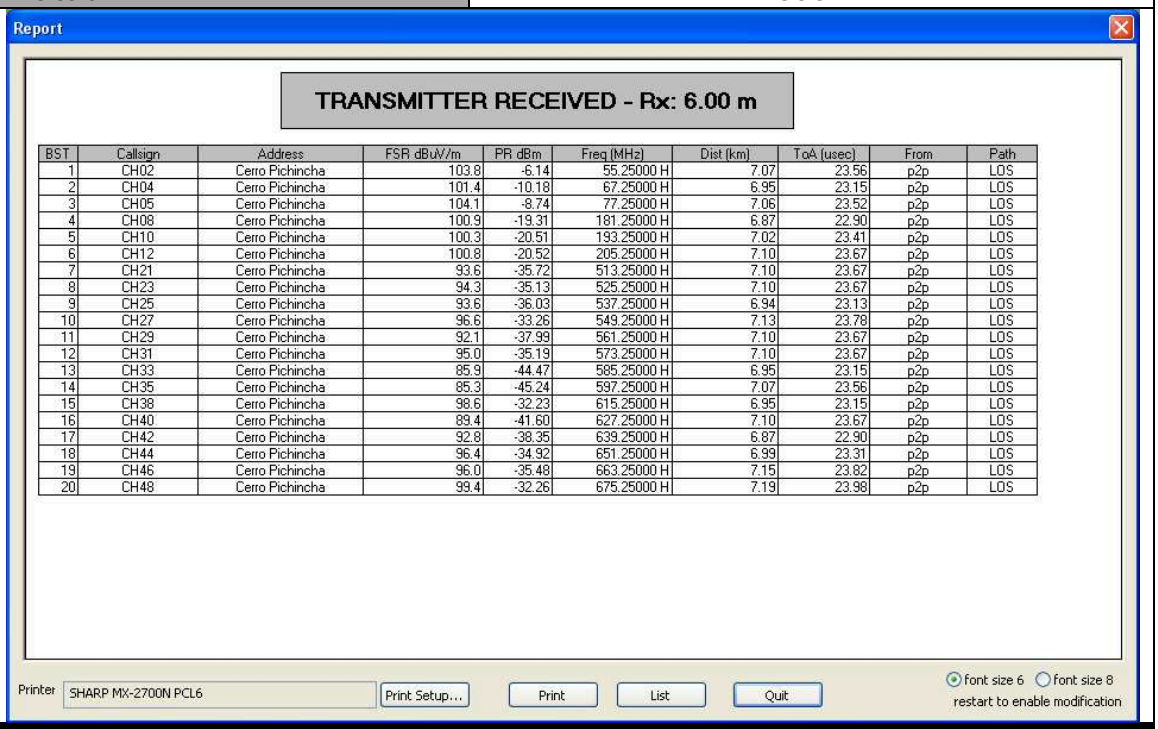
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 4.30 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	100.7	-9.24	55.25000 H	6.72	22.41	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	101.5	-10.10	67.25000 H	6.60	22.00	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	98.5	-14.30	77.25000 H	6.73	22.42	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	101.8	-18.47	181.25000 H	6.52	21.73	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	97.6	-23.22	193.25000 H	6.68	22.27	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	100.5	-20.78	205.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	97.9	-31.36	513.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	92.5	-36.93	525.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	93.9	-35.74	537.25000 H	6.57	21.88	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	100.2	-29.63	549.25000 H	6.81	22.69	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	91.1	-38.94	561.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	91.8	-38.45	573.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	82.7	-47.74	585.25000 H	6.60	22.00	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	85.5	-45.13	597.25000 H	6.72	22.41	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	97.2	-33.65	615.25000 H	6.60	22.00	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	92.3	-38.72	627.25000 H	6.76	22.55	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	97.6	-33.59	639.25000 H	6.52	21.73	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	92.8	-38.54	651.25000 H	6.64	22.14	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	99.5	-31.95	663.25000 H	6.80	22.68	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	99.0	-32.63	675.25000 H	6.84	22.81	p2p	LOS

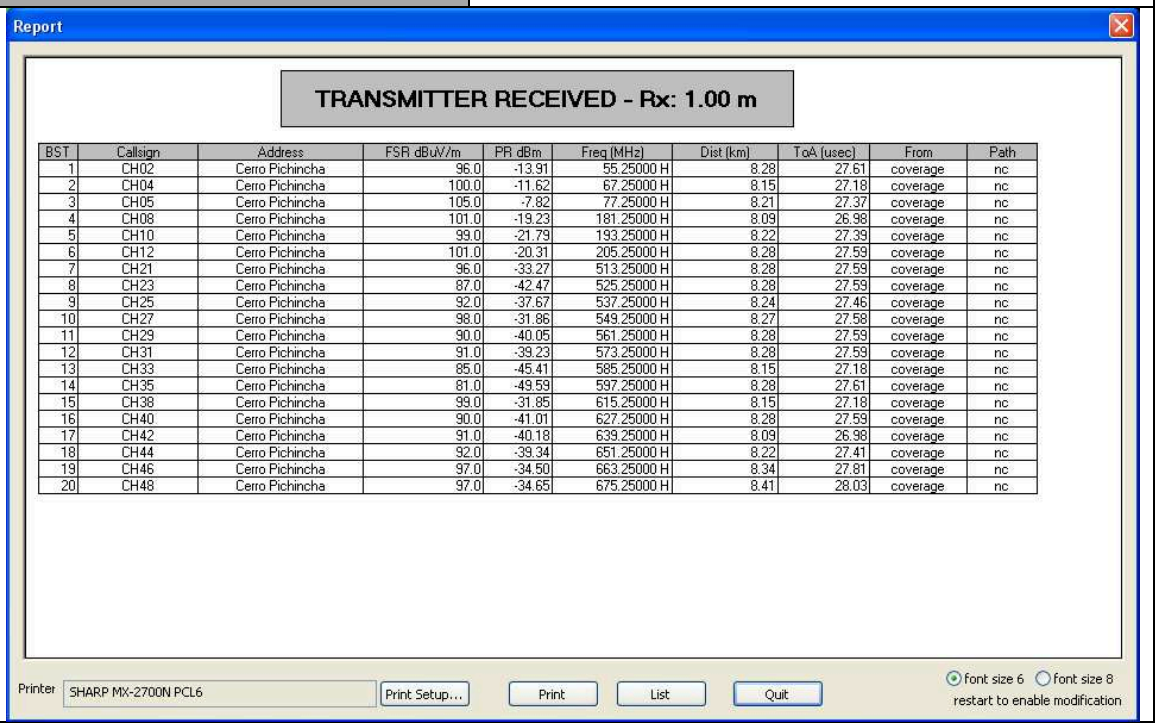
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX23	
Av. Eloy Alfaro y De Los Fresnos	
Latitud	00°08'04.60"S
Longitud	78°28'13.60"O
Altitud	2893 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	103.8	-6.14	55.25000 H	7.07	23.56	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	101.4	-10.18	67.25000 H	6.95	23.15	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	104.1	-8.74	77.25000 H	7.06	23.52	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.9	-19.31	181.25000 H	6.87	22.90	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	100.3	-20.51	193.25000 H	7.02	23.41	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	100.8	-20.52	205.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	93.6	-35.72	513.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	94.3	-35.13	525.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	93.6	-36.03	537.25000 H	6.94	23.13	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	96.6	-33.26	549.25000 H	7.13	23.78	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	92.1	-37.99	561.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	95.0	-35.19	573.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	85.9	-44.47	585.25000 H	6.95	23.15	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	85.3	-45.24	597.25000 H	7.07	23.56	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	98.6	-32.23	615.25000 H	6.95	23.15	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	89.4	-41.60	627.25000 H	7.10	23.67	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	92.8	-38.35	639.25000 H	6.87	22.90	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	96.4	-34.92	651.25000 H	6.99	23.31	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	96.0	-35.48	663.25000 H	7.15	23.82	p2p	LOS
20	CH48	Cerro Pichincha	99.4	-32.26	675.25000 H	7.19	23.98	p2p	LOS

RX24	
Av. Eloy Alfaro y De Los Arupos	
Latitud	00°06'45.10"S
Longitud	78°28'27.30"O
Altitud	2912.8 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	96.0	-13.91	55.25000 H	8.28	27.61	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	100.0	-11.62	67.25000 H	8.15	27.18	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	105.0	-7.82	77.25000 H	8.21	27.37	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	101.0	-19.23	181.25000 H	8.09	26.98	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	99.0	-21.79	193.25000 H	8.22	27.39	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	101.0	-20.31	205.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	96.0	-33.27	513.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	87.0	-42.47	525.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	92.0	-37.67	537.25000 H	8.24	27.46	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	98.0	-31.86	549.25000 H	8.27	27.58	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	90.0	-40.05	561.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	91.0	-39.23	573.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	85.0	-45.41	585.25000 H	8.15	27.18	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	81.0	-49.59	597.25000 H	8.28	27.61	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	99.0	-31.85	615.25000 H	8.15	27.18	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	90.0	-41.01	627.25000 H	8.28	27.59	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	91.0	-40.18	639.25000 H	8.09	26.98	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	92.0	-39.34	651.25000 H	8.22	27.41	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	97.0	-34.50	663.25000 H	8.34	27.81	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	97.0	-34.65	675.25000 H	8.41	28.03	coverage	nc

RX25	
Av. Eloy Alfaro (una cuadra al norte de la Joaquín Mancheno)	
Latitud	00°06'05.80"S
Longitud	78°28'08.20"O
Altitud	2835.9 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	95.0	-14.91	55.25000 H	9.65	32.15	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	94.0	-17.62	67.25000 H	9.52	31.73	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	102.0	-10.82	77.25000 H	9.57	31.89	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	97.0	-23.23	181.25000 H	9.46	31.54	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	97.0	-23.79	193.25000 H	9.58	31.92	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	101.0	-20.31	205.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	91.0	-38.27	513.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	89.0	-40.47	525.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	88.0	-41.67	537.25000 H	9.61	32.05	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	94.0	-35.86	549.25000 H	9.63	32.09	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	93.0	-37.05	561.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	92.0	-38.23	573.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	81.0	-49.41	585.25000 H	9.52	31.73	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	78.0	-52.59	597.25000 H	9.65	32.15	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	97.0	-33.85	615.25000 H	9.52	31.73	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	89.0	-42.01	627.25000 H	9.64	32.12	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	91.0	-40.18	639.25000 H	9.46	31.54	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	94.0	-37.34	651.25000 H	9.59	31.96	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	91.0	-40.50	663.25000 H	9.70	32.34	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	98.0	-33.65	675.25000 H	9.77	32.57	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX26	
Intercambiador de Carcelén	
Latitud	00°05'49.60"S
Longitud	78°28'07.50"O
Altitud	2799.5 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	96.0	-13.91	55.25000 H	9.99	33.31	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	95.0	-16.62	67.25000 H	9.87	32.89	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	102.0	-10.82	77.25000 H	9.91	33.03	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	99.0	-21.23	181.25000 H	9.81	32.71	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	96.0	-24.79	193.25000 H	9.92	33.08	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	99.0	-22.31	205.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	90.0	-39.27	513.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	85.0	-44.47	525.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	90.0	-39.67	537.25000 H	9.97	33.24	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	95.0	-34.86	549.25000 H	9.97	33.23	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	89.0	-41.05	561.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	92.0	-38.23	573.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	84.0	-46.41	585.25000 H	9.87	32.89	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	77.0	-53.59	597.25000 H	9.99	33.31	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	96.0	-34.85	615.25000 H	9.87	32.89	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	92.0	-39.01	627.25000 H	9.98	33.27	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	89.0	-42.18	639.25000 H	9.81	32.71	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	93.0	-38.34	651.25000 H	9.94	33.13	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	94.0	-37.50	663.25000 H	10.05	33.50	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	94.0	-37.65	675.25000 H	10.12	33.73	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX27	
Uraba	
Latitud	00°04'57.10"S
Longitud	78°27'14.20"O
Altitud	2560 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 25.60 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	69.6	-40.35	55.25000 H	12.27	40.91	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	67.9	-43.75	67.25000 H	12.15	40.49	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	76.3	-36.53	77.25000 H	12.19	40.64	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	62.9	-57.33	181.25000 H	12.09	40.30	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	70.0	-50.77	193.25000 H	12.20	40.68	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	68.2	-53.13	205.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	58.8	-70.48	513.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	54.2	-75.25	525.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	47.2	-82.49	537.25000 H	12.24	40.81	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	64.5	-65.31	549.25000 H	12.25	40.84	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	55.8	-74.24	561.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	55.5	-74.73	573.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	47.0	-83.44	585.25000 H	12.15	40.49	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	43.8	-86.76	597.25000 H	12.27	40.91	p2p	NLOS
15	CH38	Cerro Pichincha	58.4	-72.46	615.25000 H	12.15	40.49	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	56.7	-74.32	627.25000 H	12.26	40.87	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	45.8	-85.33	639.25000 H	12.09	40.30	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	50.1	-81.19	651.25000 H	12.22	40.72	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	54.5	-77.02	663.25000 H	12.33	41.10	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	56.8	-74.86	675.25000 H	12.40	41.33	p2p	NLOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX28	
Av. Diego de Vasquez y Juan de Selis	
Latitud	00°05'36.40"S
Longitud	78°28'47.70"O
Altitud	2789 m

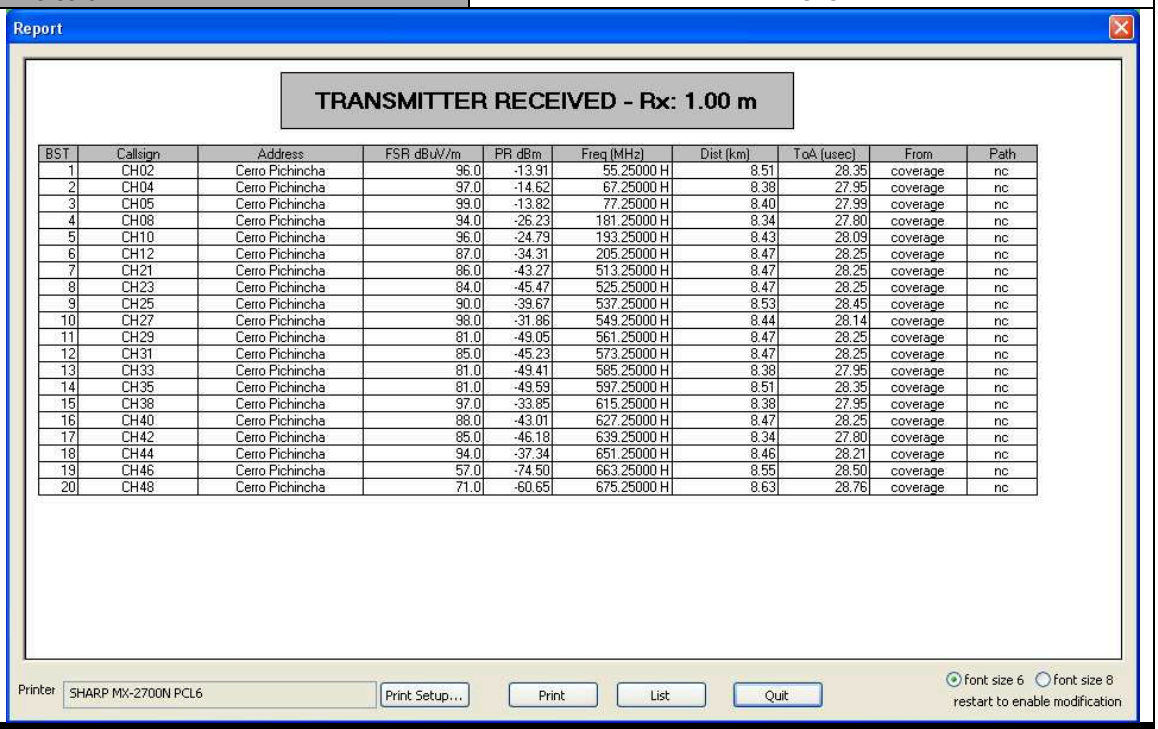
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 0.60 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	95.6	-14.34	55.25000 H	9.65	32.16	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	97.8	-13.81	67.25000 H	9.52	31.74	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	99.2	-13.59	77.25000 H	9.54	31.80	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	97.9	-22.33	181.25000 H	9.48	31.59	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	94.6	-26.16	193.25000 H	9.57	31.90	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	92.3	-28.98	205.25000 H	9.62	32.06	p2p	SP
7	CH21	Cerro Pichincha	92.3	-37.00	513.25000 H	9.62	32.06	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	87.2	-42.31	525.25000 H	9.62	32.06	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	89.7	-39.95	537.25000 H	9.67	32.23	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	96.3	-33.58	549.25000 H	9.59	31.96	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	90.2	-39.89	561.25000 H	9.62	32.06	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	87.0	-43.27	573.25000 H	9.62	32.06	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	81.6	-48.78	585.25000 H	9.52	31.74	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	77.5	-53.04	597.25000 H	9.65	32.16	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	96.8	-34.07	615.25000 H	9.52	31.74	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	91.4	-39.63	627.25000 H	9.62	32.06	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	87.8	-43.41	639.25000 H	9.48	31.59	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	93.0	-38.31	651.25000 H	9.60	32.00	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	68.8	-62.67	663.25000 H	9.69	32.31	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	87.2	-44.41	675.25000 H	9.77	32.57	p2p	SP

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX29	
Av. Mariscal Sucre y Calle N71J (Ponciano Bajo)	
Latitud	00°06'03.90"S
Longitud	78°29'10.10"O
Altitud	2718.5 m



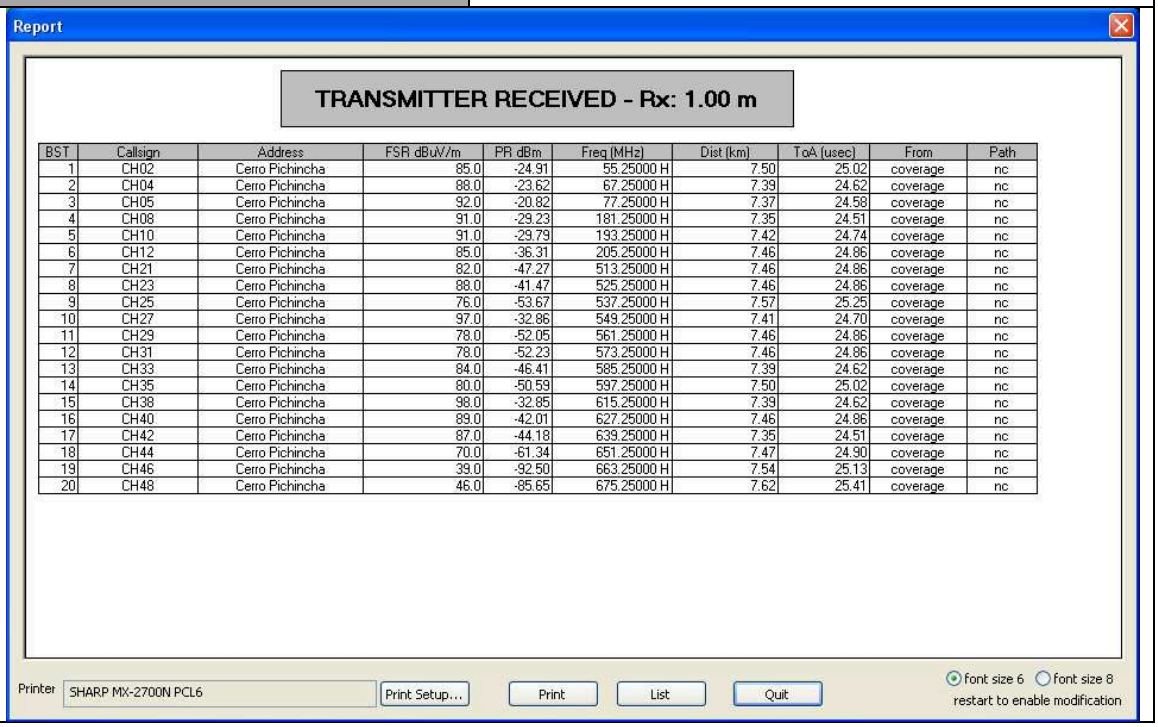
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	96.0	-13.91	55.25000 H	8.51	28.35	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	97.0	-14.62	67.25000 H	8.38	27.95	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	99.0	-13.82	77.25000 H	8.40	27.99	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	94.0	-26.23	181.25000 H	8.34	27.80	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	96.0	-24.79	193.25000 H	8.43	28.09	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	87.0	-34.31	205.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	86.0	-43.27	513.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	84.0	-45.47	525.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	90.0	-39.67	537.25000 H	8.53	28.45	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	98.0	-31.86	549.25000 H	8.44	28.14	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	81.0	-49.05	561.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	85.0	-45.23	573.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	81.0	-49.41	585.25000 H	8.38	27.95	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	81.0	-49.59	597.25000 H	8.51	28.35	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	97.0	-33.85	615.25000 H	8.38	27.95	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	88.0	-43.01	627.25000 H	8.47	28.25	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	85.0	-46.18	639.25000 H	8.34	27.80	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	94.0	-37.34	651.25000 H	8.46	28.21	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	57.0	-74.50	663.25000 H	8.55	28.50	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	71.0	-60.65	675.25000 H	8.63	28.76	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX30	
Av. Mariscal Sucre y San Francisco de Rumihurco	
Latitud	00°06'19.60"S
Longitud	78°29'53.90"O
Altitud	2745.6 m



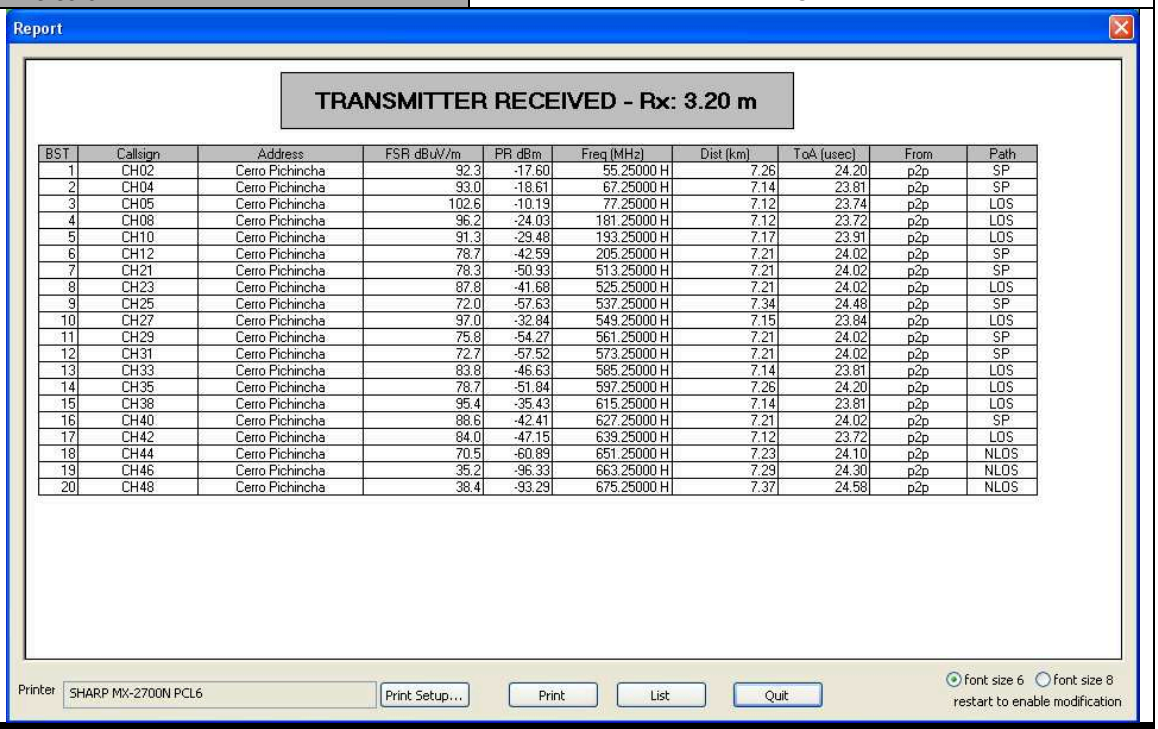
Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	85.0	-24.91	55.25000 H	7.50	25.02	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	88.0	-23.62	67.25000 H	7.39	24.62	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	92.0	-20.82	77.25000 H	7.37	24.58	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	91.0	-29.23	181.25000 H	7.35	24.51	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	91.0	-29.79	193.25000 H	7.42	24.74	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	85.0	-36.31	205.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	82.0	-47.27	513.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	88.0	-41.47	525.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	76.0	-53.67	537.25000 H	7.57	25.25	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	97.0	-32.86	549.25000 H	7.41	24.70	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	78.0	-52.05	561.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	78.0	-52.23	573.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	84.0	-46.41	585.25000 H	7.39	24.62	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	80.0	-50.59	597.25000 H	7.50	25.02	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	98.0	-32.85	615.25000 H	7.39	24.62	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	89.0	-42.01	627.25000 H	7.46	24.86	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	87.0	-44.18	639.25000 H	7.35	24.51	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	70.0	-61.34	651.25000 H	7.47	24.90	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	39.0	-92.50	663.25000 H	7.54	25.13	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	46.0	-85.65	675.25000 H	7.62	25.41	coverage	nc

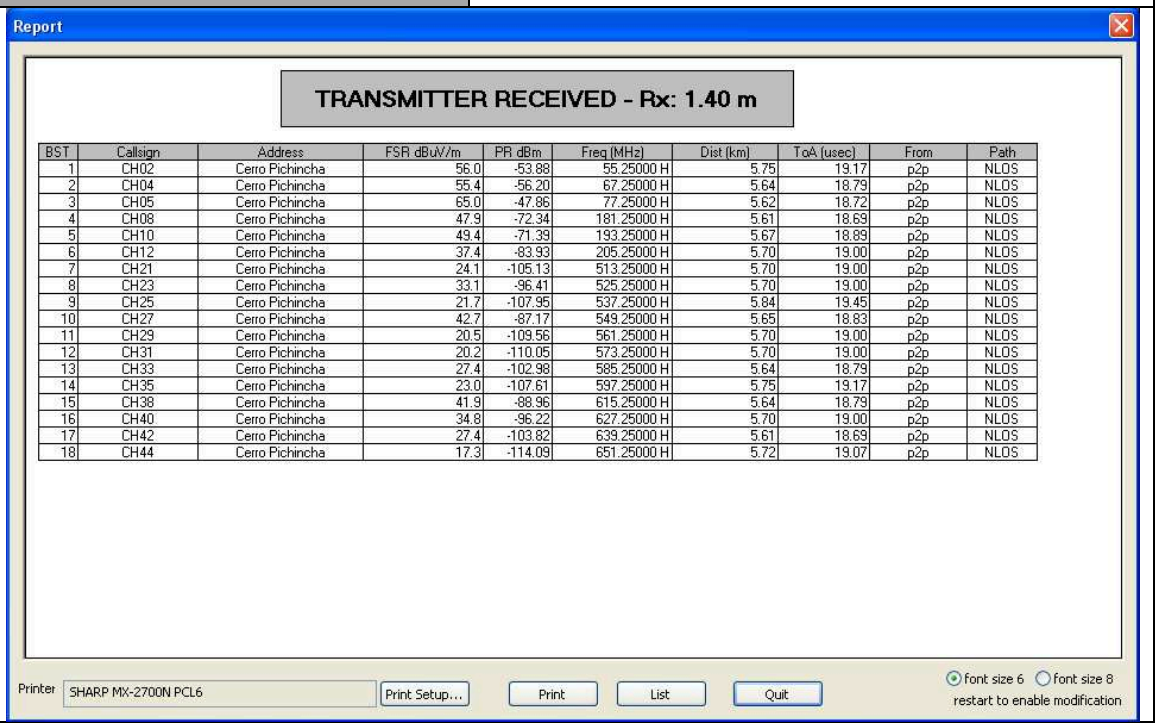
Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX31	
Av. Mariscal Sucre y José Carrión	
Latitud	00°06'24.20"S
Longitud	78°30'08.20"O
Altitud	2781 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	92.3	-17.60	55.25000 H	7.26	24.20	p2p	SP
2	CH04	Cerro Pichincha	93.0	-18.61	67.25000 H	7.14	23.81	p2p	SP
3	CH05	Cerro Pichincha	102.6	-10.19	77.25000 H	7.12	23.74	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	96.2	-24.03	181.25000 H	7.12	23.72	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	91.3	-29.48	193.25000 H	7.17	23.91	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	78.7	-42.59	205.25000 H	7.21	24.02	p2p	SP
7	CH21	Cerro Pichincha	78.3	-50.93	513.25000 H	7.21	24.02	p2p	SP
8	CH23	Cerro Pichincha	87.8	-41.68	525.25000 H	7.21	24.02	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	72.0	-57.63	537.25000 H	7.34	24.48	p2p	SP
10	CH27	Cerro Pichincha	97.0	-32.84	549.25000 H	7.15	23.84	p2p	LOS
11	CH29	Cerro Pichincha	75.8	-54.27	561.25000 H	7.21	24.02	p2p	SP
12	CH31	Cerro Pichincha	72.7	-57.52	573.25000 H	7.21	24.02	p2p	SP
13	CH33	Cerro Pichincha	83.8	-46.63	585.25000 H	7.14	23.81	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	78.7	-51.84	597.25000 H	7.26	24.20	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	95.4	-35.43	615.25000 H	7.14	23.81	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	88.6	-42.41	627.25000 H	7.21	24.02	p2p	SP
17	CH42	Cerro Pichincha	84.0	-47.15	639.25000 H	7.12	23.72	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	70.5	-60.89	651.25000 H	7.23	24.10	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	35.2	-96.33	663.25000 H	7.29	24.30	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	38.4	-93.29	675.25000 H	7.37	24.58	p2p	NLOS

RX32	
Av. Mariscal Sucre y Bernardo de Legarda	
Latitud	00°07'09.10"S
Longitud	78°30'24.30"O
Altitud	2897 m



BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	56.0	-53.88	55.25000 H	5.75	19.17	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	55.4	-56.20	67.25000 H	5.64	18.79	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	65.0	-47.86	77.25000 H	5.62	18.72	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	47.9	-72.34	181.25000 H	5.61	18.69	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	49.4	-71.39	193.25000 H	5.67	18.89	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	37.4	-83.93	205.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	24.1	-105.13	513.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	33.1	-96.41	525.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	21.7	-107.95	537.25000 H	5.84	19.45	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	42.7	-87.17	549.25000 H	5.65	18.83	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	20.5	-109.56	561.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	20.2	-110.05	573.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	27.4	-102.98	585.25000 H	5.64	18.79	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	23.0	-107.61	597.25000 H	5.75	19.17	p2p	NLOS
15	CH38	Cerro Pichincha	41.9	-88.96	615.25000 H	5.64	18.79	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	34.8	-96.22	627.25000 H	5.70	19.00	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	27.4	-103.82	639.25000 H	5.61	18.69	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	17.3	-114.09	651.25000 H	5.72	19.07	p2p	NLOS

RX33	
Av. Mariscal Sucre y Fernández Salvador	
Latitud	00°08'00.20"S
Longitud	78°30'07.20"O
Altitud	2863 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 16.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	97.2	-12.76	55.25000 H	4.62	15.39	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	98.3	-13.36	67.25000 H	4.49	14.98	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	105.4	-7.38	77.25000 H	4.52	15.07	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	100.3	-19.98	181.25000 H	4.45	14.82	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	98.6	-22.18	193.25000 H	4.54	15.14	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	63.8	-57.55	205.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	51.6	-77.70	513.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	62.5	-66.98	525.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	96.5	-33.13	537.25000 H	4.63	15.44	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	61.3	-68.59	549.25000 H	4.57	15.24	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	48.4	-81.69	561.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	48.3	-81.95	573.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	89.4	-40.98	585.25000 H	4.49	14.98	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	83.0	-47.56	597.25000 H	4.62	15.39	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	102.6	-28.20	615.25000 H	4.49	14.98	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	55.2	-75.81	627.25000 H	4.59	15.31	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	94.1	-37.11	639.25000 H	4.45	14.82	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	99.6	-31.72	651.25000 H	4.57	15.23	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	40.2	-91.33	663.25000 H	4.67	15.56	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	46.2	-85.45	675.25000 H	4.74	15.81	p2p	NLOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX34	
Av. Mariscal Sucre (a la altura del Colegio Los Pinos)	
Latitud	00°09'11.60"S
Longitud	78°29'52.10"O
Altitud	2871 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 6.90 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	101.9	-7.97	55.25000 H	3.38	11.28	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	97.2	-14.44	67.25000 H	3.26	10.87	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	105.7	-7.12	77.25000 H	3.38	11.27	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	103.4	-16.84	181.25000 H	3.18	10.61	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	89.7	-31.08	193.25000 H	3.34	11.14	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	74.9	-46.43	205.25000 H	3.42	11.40	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	67.5	-61.78	513.25000 H	3.42	11.40	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	98.6	-30.89	525.25000 H	3.42	11.40	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	102.1	-27.55	537.25000 H	3.24	10.82	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	54.2	-75.71	549.25000 H	3.46	11.55	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	64.7	-65.30	561.25000 H	3.42	11.40	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	65.1	-65.16	573.25000 H	3.42	11.40	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	86.4	-43.99	585.25000 H	3.26	10.87	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	86.1	-44.46	597.25000 H	3.38	11.28	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	102.3	-28.56	615.25000 H	3.26	10.87	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	80.1	-50.93	627.25000 H	3.42	11.40	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	102.0	-29.16	639.25000 H	3.18	10.61	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	98.1	-33.24	651.25000 H	3.30	11.01	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	43.9	-87.58	663.25000 H	3.46	11.54	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	55.0	-76.65	675.25000 H	3.51	11.68	p2p	NLOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX35	
Av. Edmundo Carvajal (dos cuadras antes de llegar al C.C. El Bosque)	
Latitud	00°09'40.10"S
Longitud	78°29'43.00"O
Altitud	2869.9 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	99.0	-10.91	55.25000 H	3.34	11.13	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	98.0	-13.62	67.25000 H	3.23	10.77	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	111.0	-1.82	77.25000 H	3.39	11.30	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	103.0	-17.23	181.25000 H	3.14	10.48	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	88.0	-32.79	193.25000 H	3.32	11.06	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	81.0	-40.31	205.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	74.0	-55.27	513.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	102.0	-27.47	525.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	98.0	-31.67	537.25000 H	3.13	10.44	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	60.0	-69.86	549.25000 H	3.48	11.59	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	72.0	-58.05	561.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	72.0	-58.23	573.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	91.0	-39.41	585.25000 H	3.23	10.77	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	91.0	-39.59	597.25000 H	3.34	11.13	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	101.0	-29.85	615.25000 H	3.23	10.77	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	86.0	-45.01	627.25000 H	3.41	11.36	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	98.0	-33.18	639.25000 H	3.14	10.48	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	100.0	-31.34	651.25000 H	3.25	10.84	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	45.0	-86.50	663.25000 H	3.43	11.42	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	87.0	-44.65	675.25000 H	3.45	11.50	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX36	
Mariano Echeverría y Voz Andes	
Latitud	00°09'56.20"S
Longitud	78°29'16.60"O
Altitud	2800 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 10.40 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	104.4	-5.55	55.25000 H	4.06	13.53	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	100.6	-11.06	67.25000 H	3.96	13.21	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	112.5	-0.33	77.25000 H	4.14	13.80	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	104.7	-15.57	181.25000 H	3.87	12.91	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	98.7	-22.07	193.25000 H	4.05	13.51	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	99.9	-21.38	205.25000 H	4.14	13.81	p2p	SP
7	CH21	Cerro Pichincha	102.7	-26.55	513.25000 H	4.14	13.81	p2p	SP
8	CH23	Cerro Pichincha	96.7	-32.82	525.25000 H	4.14	13.81	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	100.0	-29.63	537.25000 H	3.81	12.69	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	75.1	-54.75	549.25000 H	4.23	14.10	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	97.0	-33.09	561.25000 H	4.14	13.81	p2p	SP
12	CH31	Cerro Pichincha	98.5	-31.71	573.25000 H	4.14	13.81	p2p	SP
13	CH33	Cerro Pichincha	93.4	-37.01	585.25000 H	3.96	13.21	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	92.0	-38.58	597.25000 H	4.06	13.53	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	99.7	-31.12	615.25000 H	3.96	13.21	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	97.9	-33.11	627.25000 H	4.14	13.81	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	101.1	-30.04	639.25000 H	3.87	12.91	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	101.1	-30.26	651.25000 H	3.97	13.23	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	77.8	-53.67	663.25000 H	4.15	13.83	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	106.1	-25.55	675.25000 H	4.16	13.85	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX37	
Av. Amazonas e Isla Baltra	
Latitud	00°09'59.60"S
Longitud	78°29'02.70"O
Altitud	2792.9 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	102.0	-7.91	55.25000 H	4.50	15.01	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	106.0	-5.62	67.25000 H	4.41	14.70	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	109.0	-3.82	77.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	105.0	-15.23	181.25000 H	4.32	14.40	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	99.0	-21.79	193.25000 H	4.50	15.00	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	110.0	-11.31	205.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	104.0	-25.27	513.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	100.0	-29.47	525.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	102.0	-27.67	537.25000 H	4.25	14.15	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	95.0	-34.86	549.25000 H	4.68	15.60	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	100.0	-30.05	561.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	102.0	-28.23	573.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	91.0	-39.41	585.25000 H	4.41	14.70	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	92.0	-38.59	597.25000 H	4.50	15.01	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	100.0	-30.85	615.25000 H	4.41	14.70	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	98.0	-33.01	627.25000 H	4.59	15.30	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	98.0	-33.18	639.25000 H	4.32	14.40	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	99.0	-32.34	651.25000 H	4.41	14.71	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	91.0	-40.50	663.25000 H	4.59	15.31	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	107.0	-24.65	675.25000 H	4.60	15.33	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX38	
Av. Amazonas y Gaspar de Villarroel	
Latitud	00°10'07.10"S
Longitud	78°29'04.40"O
Altitud	2797 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 19.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	106.3	-3.65	55.25000 H	4.41	14.70	p2p	LOS
2	CH04	Cerro Pichincha	106.2	-5.40	67.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
3	CH05	Cerro Pichincha	108.2	-4.58	77.25000 H	4.51	15.03	p2p	LOS
4	CH08	Cerro Pichincha	107.1	-13.11	181.25000 H	4.23	14.11	p2p	LOS
5	CH10	Cerro Pichincha	100.8	-20.00	193.25000 H	4.41	14.71	p2p	LOS
6	CH12	Cerro Pichincha	108.3	-13.05	205.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
7	CH21	Cerro Pichincha	103.8	-25.43	513.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
8	CH23	Cerro Pichincha	100.0	-29.47	525.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
9	CH25	Cerro Pichincha	101.5	-28.12	537.25000 H	4.14	13.80	p2p	LOS
10	CH27	Cerro Pichincha	91.3	-38.57	549.25000 H	4.60	15.33	p2p	SP
11	CH29	Cerro Pichincha	101.8	-28.26	561.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
12	CH31	Cerro Pichincha	99.7	-30.53	573.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
13	CH33	Cerro Pichincha	92.9	-37.55	585.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
14	CH35	Cerro Pichincha	92.5	-38.09	597.25000 H	4.41	14.70	p2p	LOS
15	CH38	Cerro Pichincha	99.5	-31.31	615.25000 H	4.32	14.41	p2p	LOS
16	CH40	Cerro Pichincha	97.0	-34.04	627.25000 H	4.50	15.01	p2p	LOS
17	CH42	Cerro Pichincha	102.1	-29.12	639.25000 H	4.23	14.11	p2p	LOS
18	CH44	Cerro Pichincha	103.6	-27.75	651.25000 H	4.32	14.40	p2p	LOS
19	CH46	Cerro Pichincha	95.3	-36.21	663.25000 H	4.50	15.00	p2p	SP
20	CH48	Cerro Pichincha	105.6	-26.02	675.25000 H	4.50	15.00	p2p	LOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX39	
Estación de Monitoreo SUPERTEL-Calderón	
Latitud	00°02'32.40"S
Longitud	78°25'41.00"O
Altitud	2853.3 m

Report

TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 1.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	87.0	-22.91	55.25000 H	17.59	58.62	coverage	nc
2	CH04	Cerro Pichincha	88.0	-23.62	67.25000 H	17.46	58.20	coverage	nc
3	CH05	Cerro Pichincha	93.0	-19.82	77.25000 H	17.50	58.33	coverage	nc
4	CH08	Cerro Pichincha	92.0	-28.23	181.25000 H	17.41	58.02	coverage	nc
5	CH10	Cerro Pichincha	88.0	-32.79	193.25000 H	17.52	58.39	coverage	nc
6	CH12	Cerro Pichincha	91.0	-30.31	205.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
7	CH21	Cerro Pichincha	89.0	-40.27	513.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
8	CH23	Cerro Pichincha	81.0	-48.47	525.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
9	CH25	Cerro Pichincha	86.0	-43.67	537.25000 H	17.57	58.56	coverage	nc
10	CH27	Cerro Pichincha	89.0	-40.86	549.25000 H	17.56	58.52	coverage	nc
11	CH29	Cerro Pichincha	83.0	-47.05	561.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
12	CH31	Cerro Pichincha	84.0	-46.23	573.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
13	CH33	Cerro Pichincha	78.0	-52.41	585.25000 H	17.46	58.20	coverage	nc
14	CH35	Cerro Pichincha	74.0	-56.59	597.25000 H	17.59	58.62	coverage	nc
15	CH38	Cerro Pichincha	90.0	-40.85	615.25000 H	17.46	58.20	coverage	nc
16	CH40	Cerro Pichincha	82.0	-49.01	627.25000 H	17.57	58.57	coverage	nc
17	CH42	Cerro Pichincha	80.0	-51.18	639.25000 H	17.41	58.02	coverage	nc
18	CH44	Cerro Pichincha	89.0	-42.34	651.25000 H	17.53	58.44	coverage	nc
19	CH46	Cerro Pichincha	89.0	-42.50	663.25000 H	17.64	58.81	coverage	nc
20	CH48	Cerro Pichincha	89.0	-42.65	675.25000 H	17.71	59.04	coverage	nc

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

RX40	
Calle 1-7 (Puente 9-Conocoto)	
Latitud	00°17'33.50"S
Longitud	78°28'08.50"O
Altitud	2480 m

Report

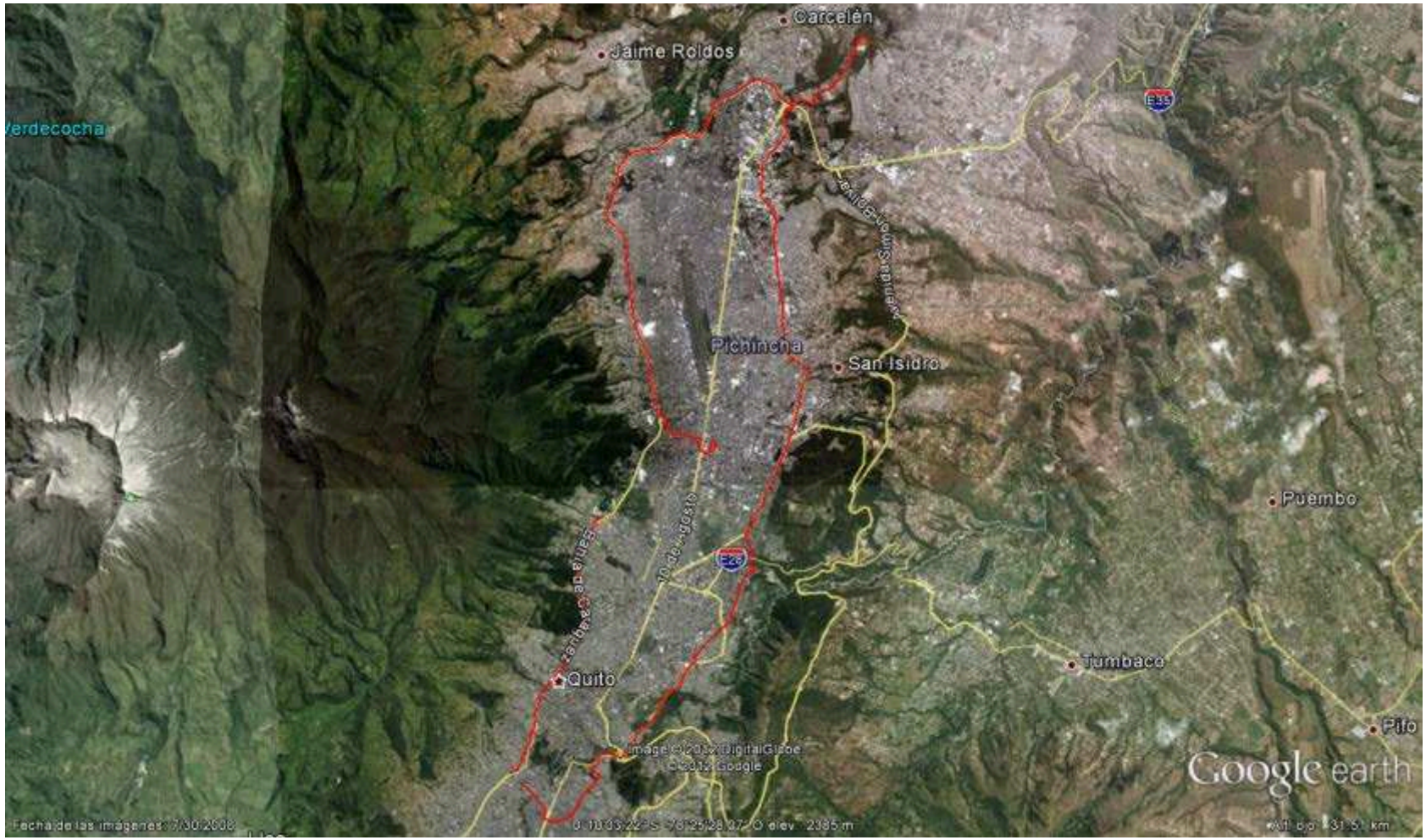
TRANSMITTER RECEIVED - Rx: 3.00 m

BST	Callsign	Address	FSR dBuV/m	PR dBm	Freq (MHz)	Dist (km)	ToA (usec)	From	Path
1	CH02	Cerro Pichincha	65.1	-44.80	55.25000 H	15.11	50.35	p2p	NLOS
2	CH04	Cerro Pichincha	58.2	-53.47	67.25000 H	15.15	50.50	p2p	NLOS
3	CH05	Cerro Pichincha	63.1	-49.77	77.25000 H	15.31	51.02	p2p	NLOS
4	CH08	Cerro Pichincha	53.0	-67.24	181.25000 H	15.11	50.38	p2p	NLOS
5	CH10	Cerro Pichincha	52.0	-68.83	193.25000 H	15.19	50.63	p2p	NLOS
6	CH12	Cerro Pichincha	54.5	-66.79	205.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
7	CH21	Cerro Pichincha	47.7	-81.54	513.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
8	CH23	Cerro Pichincha	44.8	-84.71	525.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
9	CH25	Cerro Pichincha	45.0	-84.65	537.25000 H	14.83	49.44	p2p	NLOS
10	CH27	Cerro Pichincha	48.6	-81.27	549.25000 H	15.34	51.15	p2p	NLOS
11	CH29	Cerro Pichincha	44.4	-85.64	561.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
12	CH31	Cerro Pichincha	43.9	-86.32	573.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
13	CH33	Cerro Pichincha	33.9	-96.51	585.25000 H	15.15	50.50	p2p	NLOS
14	CH35	Cerro Pichincha	33.9	-96.68	597.25000 H	15.11	50.35	p2p	NLOS
15	CH38	Cerro Pichincha	20.2	-110.69	615.25000 H	15.15	50.50	p2p	NLOS
16	CH40	Cerro Pichincha	41.1	-89.93	627.25000 H	15.22	50.75	p2p	NLOS
17	CH42	Cerro Pichincha	45.9	-85.29	639.25000 H	15.11	50.38	p2p	NLOS
18	CH44	Cerro Pichincha	42.3	-89.03	651.25000 H	15.07	50.23	p2p	NLOS
19	CH46	Cerro Pichincha	48.4	-83.09	663.25000 H	15.14	50.48	p2p	NLOS
20	CH48	Cerro Pichincha	47.2	-84.45	675.25000 H	15.06	50.20	p2p	NLOS

Printer SHARP MX-2700N PCL6 | Print Setup... | Print | List | Quit | font size 6 | font size 8 | restart to enable modification

ANEXO 6

RUTA SEGUIDA PARA LAS MEDICIONES DE COBERTURA.



Nota: La ruta seguida para las mediciones de cobertura se muestra en color rojo.