



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON  
LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRIA EN REDES DE LA INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD  
II PROMOCIÓN**

**TESIS DE GRADO MAESTRIA EN REDES DE LA INFORMACIÓN Y  
CONECTIVIDAD**

**TEMA: “EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES  
DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL DISTRITO METROPOLITANO  
DE QUITO”**

**AUTOR: ING. XAVIER SANTIAGO PÁEZ VÁSQUEZ**

**DIRECTOR: ING. RODRIGO SILVA TAPIA MSc.**

**SALGOLQUI, ENERO DE 2014**

## **CERTIFICACIÓN**

**Certifico que la elaboración de la presente Tesis, fue desarrollada en su totalidad por el señor Ing. Xavier Santiago Páez Vásquez, como requisito previo a la obtención del título de MAGISTER EN REDES DE INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD.**

**Ing. Rodrigo Silva Tapia MSc.  
DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORIA DE RESPONSABILIDAD**

**Quien suscribe, Xavier Santiago Páez Vásquez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas correspondientes que se incluyen en este documento.**

**La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.**

---

**Xavier Santiago Páez Vásquez**

## **AUTORIZACIÓN**

**Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de Magister de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, autorizo a la Biblioteca de esta Institución, para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las Normas de la Institución.**

**Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones internas de la Universidad de las Fuerzas Armadas, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia potencial. Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, tiene la autorización después de su aprobación, de publicar esta tesis, o parte de ella.**

**Xavier Santiago Páez Vásquez**

**Sangolqui, 6 de enero de 2014.**

## DEDICATORIA

**A Jesús, Dios de los Ejércitos, a mis padres Sarita y Alberto, quienes con sus maravillosas enseñanzas me mostraron el camino que sigo; a mi esposa Mónica Patricia por su amor y entusiasmo, con quien lo recorro y a mis hijos Carlomagno y Daniel, por su inteligencia práctica, perseverancia y espíritu de colaboración, cuyos caminos les esperan.**

**X.P.**

## **AGRADECIMIENTO**

**Mi más profundo agradecimiento al Señor Ingeniero Rodrigo Silva como Director de Tesis, ya que sin su guía y su desinteresada colaboración todo este trabajo, habría sido imposible de realizar.**

**Mi reconocimiento al personal docente de la Maestría en Redes de Información y Conectividad II Promoción de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE y en especial al Señor Doctor Gonzalo Olmedo, quienes supieron brindar invaluable conocimientos que han sido de gran ayuda en el desempeño de mi vida profesional.**

**Agradezco además a las autoridades de la Superintendencia de Telecomunicaciones, por el apoyo brindado durante el desarrollo de la presente Tesis.**

# ÍNDICE

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	i
<b>AUTORIA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	ii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xviii
1. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. ....	1
1.1. <b>MOTIVACIÓN</b> .....	1
1.2. <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	2
1.3 <b>OBJETIVOS</b> .....	4
1.3.1 <b>Objetivo General</b> .....	4
1.3.2 <b>Objetivos Específicos</b> .....	4
1.4. <b>ALCANCE</b> .....	4
1.4.1. <b>Modo de Recepción fija</b> .....	6
1.4.2. <b>Modo de Recepción portátil</b> .....	7
1.4.3. <b>Modo de Recepción peatonal</b> .....	7
1.4.4. <b>Modo de Recepción móvil</b> .....	8
1.4.5. <b>Modo de Recepción Personal (Movilidad con portabilidad)</b> . ....	8
2. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. <b>TELEVISIÓN ANALÓGICA - ESTÁNDAR NTSC</b> .....	9
2.2. <b>DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES</b> .....	12
2.2.1 <b>Conversión de señal analógica a digital</b> .....	12
2.3. <b>ESTÁNDAR ATSC</b> .....	15
2.3.1 <b>Características técnicas generales</b> .....	16
2.4 <b>ESTÁNDAR DVB-T</b> .....	17
2.4.1 <b>ETSI en 300 744</b> .....	18
2.4.2 <b>Codificación de canal</b> .....	19

2.4.3	<b>Modulación OFDM</b> .....	23
2.4.4	<b>Máscara espectral</b> .....	29
2.4.5	<b>Aplicaciones</b> .....	31
2.4.6	<b>Parámetros técnicos de operación del DVB-T</b> .....	33
2.5	<b>ESTÁNDAR ISDB-T INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING - TERRESTRIAL</b> .....	33
2.5.1	<b>Transmisión segmentada</b> .....	34
2.5.2	<b>Transmisión con diferentes espacios entre las portadoras OFDM</b> .....	36
2.5.3	<b>Transmisión en modo Jerárquico</b> .....	36
2.5.4	<b>Transmisión en modo parcial o de banda angosta</b> .....	38
2.5.5	<b>Parámetros principales de cada segmento</b> .....	38
2.5.6	<b>Transmisión en un canal de 6 MHz de ancho de banda</b> .....	39
2.5.7	<b>Velocidades binarias por segmento</b> .....	39
2.5.8	<b>Cuadro multiplexado</b> .....	39
2.5.9	<b>Parámetros técnicos ISDB-Tb a ser comprobados en recepción</b> .....	41
2.6	<b>ESTÁNDAR DTMB DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING</b> .....	41
2.6.1	<b>Principales ventajas</b> .....	42
2.6.2	<b>Modulación TDS-OFDM</b> .....	43
2.6.3	<b>Arquitectura de la operación del Estándar Chino DTMB</b> .....	46
2.6.4	<b>Sistema de Transmisión</b> .....	47
2.6.5	<b>Modos de mapeo</b> .....	48
2.6.6	<b>Información del sistema</b> .....	48
2.6.7	<b>Codecs de audio</b> .....	49
2.6.8	<b>Parámetros de operación del estándar DTMB en recepción</b> .....	49
3.	<b>PRUEBAS TÉCNICAS DE CAMPO</b> .....	50
3.1	<b>OBJETIVO PRINCIPAL</b> .....	50
3.2	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	50
3.3	<b>PRUEBAS DE TDT EN EL D.M. DE QUITO</b> .....	51
3.4	<b>ASPECTOS TÉCNICOS QUE SE TOMARON EN CUENTA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE TDT</b> .....	56
3.4.1	<b>Equipos utilizados para las pruebas de TDT</b> .....	57
3.4.1.1	<b>Televisor</b> .....	57

3.4.1.2	Decodificadores utilizados en las pruebas de TDT. ....	59
3.4.1.3	Antenas. ....	60
3.4.1.4	Divisor de línea ( <i>Splitter</i> ) ....	62
3.4.1.5	Cable coaxial RG-59 ....	63
3.4.1.6	Analizador de espectros. ....	63
3.4.1.7	Mediciones <i>drive test</i> para TDT. ....	64
3.4.1.8	Medidor de intensidad de campo. ....	66
3.5	DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DE TDT EN EL D. M. DE QUITO...67	
3.6	RECEPCIÓN FIJA.....	70
3.6.1	Modo Exterior.- .....	70
3.6.1.1	Pruebas de cobertura, ancho de banda y relación señal a ruido. ....	73
3.6.2	Modo Interior .....	74
3.7	RECEPCIÓN PORTÁTIL.....	75
3.8	RECEPCIÓN PEATONAL, ISDB-T E ISDB-Tb. ....	77
3.9	RECEPCIÓN MÓVIL.....	78
3.9.1	Prueba de Drive Test.....	82
3.10	RECEPCIÓN PERSONAL, MOVILIDAD CON PORTABILIDAD (ISDB-T e ISDB-Tb). ....	83
3.11	PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL CANAL DE TV ANALÓGICO 46 TV – RTU.....	84
4.	EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	87
4.1	CALIDAD DE SEÑAL .....	87
4.1.1	Evaluación de mediciones Subjetivas. ....	87
4.1.1.1	Resultados de la Evaluación Subjetiva en forma gráfica. ....	89
4.1.2	Evaluación de Parámetros Técnicos. ....	104
4.1.2.1	Relación C/N.....	105
4.1.2.2	Medida del MER.....	109
4.2	COBERTURA.....	109
4.2.1	Intensidad de campo E.....	109
4.3	ANCHO DE BANDA. ....	131
5.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS. ....	136
5.1.	CRITERIO OBJETIVO.....	136
5.1.1.	Promedio total de medición Intensidad de Campo.....	136

5.1.2.	Ancho de Banda de Canal BW (MHz) .....	140
5.1.3.	Relación Portadora a Ruido C/N (dB) .....	141
5.1.4.	Promedio Total: Relación Portadora a Ruido (C/N), en los 4 tramos medidos.....	145
5.1.5.	Medición de la Tasa de Error de Modulación (MER) vs Relación Portadora a Ruido (C/N).....	146
5.2.	CRITERIO SUBJETIVO. ....	150
5.2.1.	Promedio total Modo Fijo Exterior. ....	150
5.2.2.	Promedio total Modo Fijo Interior.....	151
5.2.3.	Promedio total Modo Móvil. ....	152
5.3.	RESULTADOS TOTALES DE LAS PRUEBAS OBJETIVAS Y SUBJETIVAS. ....	153
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	155
6.1.	CONCLUSIONES .....	155
6.2.	RECOMENDACIONES.....	158

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evaluación subjetiva de imagen y sonido (UIT, 2006).....	6
Tabla 2. Características del sistema de Transmisión ATSC (W, 2004) .....	17
Tabla 3. Incidencia en la duración de los símbolos con la inclusión del intervalo de Guarda (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	24
Tabla 4. Posibles combinaciones de transmisión en el estándar DVB-T (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	26
Tabla 5. Posición de las portadora continuas (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	27
Tabla 6. Posición de los TPS en un símbolo (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	29
Tabla 7. Parámetros de operación en recepción del DVB-T (W, 2004) .....	33
Tabla 8. Tiempos de intercalación de datos, para 6, 7 y 8 MHz (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	36
Tabla 9. Número de paquetes (TSP) por cuadro multiplexado (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	40
Tabla 10. Parámetros de operación en recepción del ISDB-Tb (Takada, 2008) .....	41
Tabla 11. Parámetros de operación en recepción del DTMB .....	49
Tabla 12. Evaluación subjetiva de imagen y sonido. Recomendación UIT-R. BT.500..	55
Tabla 13. Cronograma de pruebas de TDT .....	67
Tabla 14. Canales de TV utilizados en las pruebas de TDT .....	67
Tabla 15. Parámetros de operación de los estándares de TDT evaluados.....	69
Tabla 16. Parámetros técnicos de operación del Canal de señal analógica 46 TV RTU .....	85
Tabla 17. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de audio De los estándares de TDT. Modo Fijo Exterior. ....	88
Tabla 18. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de video De los estándares de TDT. Modo Fijo Exterior. ....	88
Tabla 19. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de audio (CA) de los estándares de TDT. Modo Fijo Interno .....	91
Tabla 20. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de video (CV) de los estándares de TDT. Modo Fijo Interno .....	91
Tabla 21. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo portátil de las Componentes de audio y video de los estándares de TDT. ....	93
Tabla 22. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo peatonal .....	95
Tabla 23. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo de recepción Móvil de la calidad de video de los estándares de TDT .....	97
Tabla 24. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo de recepción Móvil de la calidad de audio de los estándares de TDT. ....	97
Tabla 25. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal (Movilidad con portabilidad). Circuito 1 .....	99
Tabla 26. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal	

(Movilidad con portabilidad). Circuito 2.....	99
Tabla 27. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal (Movilidad con portabilidad). Circuito 3.....	99
Tabla 28. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 1.....	110
Tabla 29. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N°2.....	111
Tabla 30. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 3.....	112
Tabla 31. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 4.....	113
Tabla 32. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 5.....	114
Tabla 33. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 6.....	115
Tabla 34. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 7.....	116
Tabla 35. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 8.....	117
Tabla 36. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 9.....	118
Tabla 37. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 10.....	119
Tabla 38. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 11.....	120
Tabla 39. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 12.....	121
Tabla 40. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 13.....	122
Tabla 41. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 14.....	123
Tabla 42. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 15.....	124
Tabla 43. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 16.....	126
Tabla 44. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 17.....	127
Tabla 45. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 18.....	128
Tabla 46. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 19.....	129
Tabla 47. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 20.....	130
Tabla 48. Sectores de la ciudad de Quito, donde posiblemente se requiera instalar Gap fillers, para mejorar la recepción de la señal de TDT. ....	133
Tabla 49. Valores promedio de Intensidad de campo producto de la medición en 20 radiales.....	136
Tabla 50. Valores promedio de la medición de Ancho de Banda ocupado tomados En 85 puntos dentro del Distrito Metropolitano de Quito. ....	140
Tabla 51. Promedio de la Relación Portadora a Ruido, en el tramo El Ejido – C.C. El Condado.....	141
Tabla 52. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el tramo C.C. El Condado – El Ejido.....	142
Tabla 53. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el Sector de Monjas.....	143
Tabla 54. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el Sector de Los Dos Puentes, Sur de Quito .....	144
Tabla 55. Promedio de la medición de la Relación Portadora a Ruido, producto de Los cuatro recorridos realizados dentro del Distrito Metropolitano de Quito.....	145
Tabla 56. Resultados de la evaluación de MER vs C/N realizada en cuatro tramos del Distrito Metropolitano de Quito .....	149
Tabla 57. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video realizada en 85 puntos, en modo fijo exterior.....	150
Tabla 58. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video de TDT en	

20 puntos, en modo fijo interior con generación de ruido eléctrico.....	151
Tabla 59. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video de TDT en Modo móvil .....	152
Tabla 60. Resultado total de la evaluación objetiva en las pruebas de TDT.....	153
Tabla 61. Resultado total de la evaluación subjetiva de las pruebas de TDT.....	154

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Señales de televisión a Color y Blanco y Negro.....	9
Figura 2. Representación de la producción de una señal de video NTSC. (Porres, 1990) Fuente: Universidad San Martin de Porres. ....	10
Figura 3. Pasos de la adaptación o codificación del canal. (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).....	20
Figura 4. Método Reed-Solomon. (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007) .....	21
Figura 5. Entrelazado en el lado del transmisor y el desentrelazado en el lado de Recepción. (W, 2004).....	21
Figura 6. Codificación interna (W, 2004).....	22
Figura 7. Entrelazado y composición de los símbolos 64 QAM (W, 2004).....	23
Figura 8. Máscara espectral teórica para un canal de 8 MHz (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007). ....	30
Figura 9. Reducción de emisiones fuera del ancho de banda de la portadora DVB. Se muestran las bandas laterales de la señal espectral (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007). ....	31
Figura 10. Segmentos de datos en ISDB-Tb (6 MHz de ancho de banda) (NHK, 2008). ....	35
Figura 11. Segmentos de datos intercalados (NHK, 2008).....	35
Figura 12. Ejemplo de transmisión COFDM en modo jerárquico, en dos grupos Diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).....	37
Figura 13. Recepción ISDB-T banda angosta (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).....	38
Figura 14. Ejemplo de un flujo de transporte en Modo 1 y un intervalo de guarda de 1/8 (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).....	40
Figura 15. La señal DTMB es inmune a la distorsión por multitrayectoria (Yang, 2006). ....	44
Figura 16. Aprovechamiento de señales constructivas para mejorar la recepción (Yang, 2006). ....	46
Figura 17. Arquitectura del Estándar Chino DTMB (Yang, 2006). ....	46
Figura 18. Sistema de transmisión del estándar Chino DTMB (Yang, 2006).....	47
Figura 19. Cadena de transmisión. ....	48
Figura 20. Puntos de medición según el Protocolo para las pruebas de campo.....	53
Figura 21. Puntos en los que se realizaron las pruebas de recepción en modo Fijo exterior.....	54
Figura 22. Disposición de los equipos de control para las pruebas de campo. ....	57
Figura 23. Televisión LCD HDTV .....	57
Figura 24. Decodificador ISDB-T: DX ANTENNA, Modelo: DIR510.....	59
Figura 25. Decodificador DVB-T: SNAZIO, Modelo: SZ1323 .....	59
Figura 26. Decodificador ISDB-Tb: ZIROK, Modelo: ZBT-620Z.....	59

Figura 27. DTMB: DIGITAL TELEVISION RECEIVER, TSINGHUA TONGFANG .....	60
Figura 28. Vehículos, mástil y antena utilizados en las pruebas de recepción en Modo fijo .....	60
Figura 29. Antena utilizada en las pruebas de recepción móvil y drive test.....	61
Figura 30. Antena VHF/UHF HDTV con amplificador marca RadioShack.....	61
Figura 31. Splitter utilizado en las pruebas de TDT en modo recepción fija .....	62
Figura 32. Cable coaxial de 15 metros de longitud, conexión con el mástil .....	63
Figura 33. Analizador de espectros marca Anritsu, modelo MS8911B .....	63
Figura 34. Medidor móvil de TDT, marca Audemat.....	64
Figura 35. Medición de Cobertura de un canal de TDT .....	65
Figura 36. Medidor de intensidad de campo marca Anritsu ML524B .....	66
Figura 37. Diagrama del Sistema de Transmisión.....	68
Figura 38. Transmisores utilizados en las pruebas TDT y que fueron instalados en El Cerro Pichincha .....	68
Figura 39. Vehículos de la SUPERTEL utilizados en las pruebas de TDT.....	72
Figura 40. Prueba de TDT, en modo de recepción fijo exterior.....	72
Figura 41. Pruebas de TDT en modo fijo interior .....	74
Figura 42. Pruebas de TDT en modo fijo interior .....	74
Figura 43. Señal de recepción de TDT, sometida a influencia de ruido eléctrico.....	75
Figura 44. Pruebas de TDT en modo portátil, dentro de un vehículo en movimiento....	76
Figura 45. Pruebas de TDT en modo portátil, se muestra un equipo de telefonía Móvil que se encuentra dentro de un vehículo en movimiento.....	76
Figura 46. Pruebas de TDT en modo peatonal.....	77
Figura 47. Pruebas de TDT modo peatonal, cada evaluador dispone de un receptor De telefonía móvil.....	77
Figura 48. Circuito 1, para el modo de evaluación móvil .....	78
Figura 49. Circuito 2, para el modo de evaluación móvil .....	79
Figura 50. Circuito 3, para el modo de evaluación móvil .....	80
Figura 51. Pruebas de TDT modo móvil. El televisor al interior del vehículo muestra Una señal de uno de los estándares en HD .....	81
Figura 52. Pruebas de TDT modo móvil. Recorriendo un ruta establecida dentro de La ciudad de Quito .....	81
Figura 53. Mediciones de drive test de señales de TDT. Utilización del equipo NAVIGATOR de la empresa Audemat.....	82
Figura 54. Panel frontal del equipo NAVIGATOR de la empresa Audemat, mediante El cual se realizaron mediciones técnicas de nivel, BER y MER .....	82
Figura 55. Mediciones de drive test realizada a través del equipo NAVIGATOR.....	83
Figura 56. Pruebas de TDT, modo personal con portabilidad. Cada evaluador Dispone de un receptor portátil mientras el vehículo se está en movimiento .....	83
Figura 57. Circuitos dentro del Distrito Metropolitano de Quito que fueron utilizados Para la pruebas de movilidad.....	84
Figura 58. Patrón de radiación del sistema radiante del canal 46 TV .....	85
Figura 59. Predicción de cobertura del canal 46 TV UHF, realizado con el sistema ICS-Telecom .....	86

Figura 60. Medición de parámetros técnicos. Analizador Anritsu. ....	87
Figura 61. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT.....	89
Figura 62. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT .....	90
Figura 63. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo fijo interior.....	92
Figura 64. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo fijo interior.....	93
Figura 65. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo portátil .....	94
Figura 66. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo portátil .....	94
Figura 67. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo peatonal .....	96
Figura 68. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo peatonal .....	97
Figura 69. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo de recepción móvil .....	98
Figura 70. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo de recepción móvil .....	98
Figura 71. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 1.....	100
Figura 72. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 1.....	100
Figura 73. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 2.....	101
Figura 74. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 2.....	102
Figura 75. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 3.....	103
Figura 76. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, Modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 3.....	103
Figura 77. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo El Ejido – CC El Condado .....	105
Figura 78. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo CC El Condado – El Ejido .....	106
Figura 79. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo Monjas.....	107
Figura 80. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Dos Puentes (Sur de Quito) .....	108
Figura 81. Configuración de medida del MER.....	109
Figura 82. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 1 .....	110
Figura 83. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 2 .....	111
Figura 84. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 3 .....	112
Figura 85. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 4 .....	113

Figura 86. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 5. ....	114
Figura 87. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 6 .....	115
Figura 88. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 7 .....	116
Figura 89. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 8. ....	117
Figura 90. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 9 .....	118
Figura 91. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 10 .....	119
Figura 92. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 11 .....	120
Figura 93. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 12 .....	121
Figura 94. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 13 .....	122
Figura 95. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 14 .....	123
Figura 96. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 15 .....	125
Figura 97. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 16 .....	126
Figura 98. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 17. ....	127
Figura 99. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 18 .....	128
Figura 100. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 19 .....	129
Figura 101. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 20 .....	130
Figura 102. Ejemplo de una medición de ancho de banda realizado con el Analizador de espectros de marca Anritsu .....	131
Figura 103. Medición de ancho de banda de los estándares de TDT, en Diferentes puntos dentro del D. M. de Quito.....	132
Figura 104. Comparación del parámetro Intensidad de Campo, de los estándares De TDT y el canal analógico RTU 46 TV NTSC .....	137
Figura 105. Nivel de RF de la señal de TDT en un margen del 59 % y la calidad de La señal en 0 %. La imagen presenta pixelaciones .....	138
Figura 106. Nivel de RF de la señal de TDT en un margen del 82 % y la calidad De la señal en 0 %. La imagen no se presenta.....	138
Figura 107. Comportamiento de la señal de recepción, respecto de la distancia, Tanto para una señal de TDT, como para una señal analógica.....	139
Figura 108. Representación del promedio de los valores de Ancho de Banda Sobranante obtenidos en 85 puntos de medición .....	140
Figura 109. Representación del promedio de los valores de Relación Portadora A Ruido, medidos en el tramo El Ejido – C.C. El Condado.....	142
Figura 110. Promedio de los valores de Relación Portadora a Ruido, medidos en El tramo C.C. El Condado – El Ejido.....	143
Figura 111. Promedio de los valores de la Relación Portadora a Ruido, medidos en El Sector de Monjas.....	144
Figura 112. Promedio de los valores de Relación Portadora a Ruido, medidos en El Sector Dos Puentes al Sur de la ciudad de Quito .....	145
Figura 113. Promedio Total de la Relación Portadora a Ruido, obtenida en los 4 Tramos recorridos .....	146
Figura 114. Descripción de la medida de MER efectuada en las pruebas de TDT.....	147
Figura 115. Representación de MER (dB) y C/N (dB), resultado de la medición en 4 tramos dentro del Distrito Metropolitano de Quito.....	148
Figura 116. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video realizada	

en 85 puntos de medición en modo fijo exterior.....	150
Figura 117. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video realizada en 20 puntos de medición en modo fijo interior con ruido eléctrico añadido.....	151
Figura 118. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video en modo móvil realizada en 3 circuitos .....	152

## RESUMEN

En marzo de 2010, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), presento ante el Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), “El informe para la Definición e Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador” (SUPERTEL, 2010), lo que permitió al CONATEL, diseñar un Plan Maestro de Transición a la TDT (CONATEL, 2012), que apoye el proceso de implementación de la Televisión Digital Terrestre (TDT) en el Ecuador. Las pruebas realizadas por la SUPERTEL, fueron de carácter subjetivo, así como objetivo y se basaron en las Recomendaciones de la UIT-R BT.500-11 (UIT, 2006) y UIT-R BT.2035-1 (UIT, 2004). Es necesario indicar que para “El Informe para la Definición e Implementación de la TDT en Ecuador”, únicamente habían sido tomados en cuenta los resultados de las pruebas de TDT de carácter subjetivo. El presente trabajo, tiene por objeto dar a conocer los resultados de las pruebas de carácter objetivo, que fueron realizadas la SUPERTEL, tomando en cuenta que quien presenta esta Tesis, fue el responsable técnico de las mismas. En estas pruebas se obtuvieron mediciones de los parámetros técnicos de: Intensidad de Campo, Ancho de Banda, Relación Portadora a Ruido, *Bit Error Rate* y *Modulation Error Rate*. Del análisis de los resultados obtenidos de las pruebas de TDT, se pudo verificar que los estándares ISDB-Tb y DTMB, fueron los que mejor desempeño técnico presentaron dentro de las pruebas de TDT. El estándar DTMB, obtuvo una ligera ventaja sobre el ISDB-Tb en las pruebas objetivas, en tanto que en las pruebas subjetivas, fue el estándar ISDB-Tb el que se impuso, seguido del estándar DTMB.

**Palabras clave:**

ISDB-Tb

DTMB

Pruebas de TDT

TDT en Ecuador

Desempeño TDT

## **ABSTRACT**

In March 2010, the Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL), presented to the Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), "The report for the Definition and Implementation of Digital Terrestrial Television in Ecuador" (SUPERTEL, 2010), allowing the CONATEL design a Master Plan Transition to TDT (CONATEL, 2012), to support the process of implementation of the Digital Terrestrial Television (TDT) in Ecuador. Tests by SUPERTEL were subjective and objective and based on Recommendations ITU-R BT.500-11 (UIT, 2006) and ITU-R BT.2035-1 (UIT, 2004). We must stress that for "Report to the definition and implementation of TDT in Ecuador", had only been taken into account the results of tests TDT subjective.

This work aims to present the results of objective tests, which were performed SUPERTEL; taking into account that he presents this thesis was the technical manager of the same. In these tests measurements of technical parameters were obtained: Field Strength, Bandwidth, Carrier to Noise Ratio, Bit Error Rate and Modulation Error Rate. Analysis of the results of the tests TDT, it was observed that the ISDB-Tb and DTMB, standards were the best technical performance presented in TDT tests. The DTMB standard, gained a slight advantage over the ISDB-Tb in objective tests, while in the subjective tests, was the ISDB-Tb standard which won, followed by the DTMB standard.

## **KEY WORDS**

ISDB-Tb

DTMB

Tests TDT

TDT in Ecuador

Performance TDT

## **CAPITULO 1**

### **1. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.**

#### **1.1. MOTIVACIÓN**

El proceso para la implementación de la TDT, empezó en Ecuador desde el año 2007, año en el cual mediante Decreto Ejecutivo N° 681 de 18 de octubre de 2007, se delega a la Superintendencia de Telecomunicaciones la investigación de nuevas tecnologías de radiodifusión y televisión en el país; sobre la base de esta disposición se inició la investigación bajo criterios de carácter técnico, económico, social, financiero y de cooperación para el desarrollo tecnológico con universidades y centros de investigación locales y extranjeros.

Desde la adopción del Estándar de TDT ISDB-Tb en el Ecuador, en marzo de 2010 (SUPERTEL, 2010), la ciudadanía en general, ha tenido poca oportunidad de participar en los debates realizados respecto de este tema. Muchos hechos que se han tornado públicos y otros resultados de la investigación que se realizó en el presente trabajo, permitirán de alguna manera, identificar pre-juicios causados en el proceso de adopción del estándar de TDT, debido a la ausencia de un debate más amplio de la sociedad sobre el

tema. Uno de ellos tiene que ver con cuestiones relevantes de la Tecnología de TDT, tales como acceso al Internet, posibilidad de las características de interactividad y la democratización del espectro radioeléctrico (canalización).

Actualmente, el proceso de implementación de la TDT en el Ecuador, lo viene realizando el Concejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), con base al Plan Maestro de Transición a la TDT (CONATEL, 2012), aprobado para este fin y que permitirá la inserción definitiva de la TDT en el Ecuador.

Es así, que la motivación para la realización del presente trabajo de investigación, es la de complementar el Informe de las Pruebas de TDT presentado por la SUPERTEL, con la presentación de los resultados obtenidos en la evaluación de parámetros técnicos como  $I_c$ , BW, MER y C/N de los Estándares de TDT probados en el Distrito Metropolitano de Quito.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el proceso de adopción del estándar de TDT para el Ecuador, se establecieron dos criterios de desempeño, uno de tipo objetivo y otro de tipo subjetivo, bajo las recomendaciones UIT BT.2035-11(UIT, 2004) y UIT-R BT.500-11(UIT, 2006) respectivamente, para las pruebas de campo realizadas por la Superintendencia de Telecomunicaciones a los estándares: *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* (ISDB-T), *Digital Video Broadcasting Terrestrial* (DVB-T), *Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial* con modificación Brasileña (ISDB-Tb) y *Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting* (DTMB). En efecto, se consideraron mediciones de intensidad de campo

(dBuV/m), tasa de error de modulación (MER), ancho de banda (MHz) y relación C/N (*carrier/noise*). Cabe señalar que el *Estándar Advance Television System Committee (ATSC)*, no pudo ser evaluado en las pruebas de TDT, por cuanto los directivos del Estándar, no presentaron ningún interés en participar en las pruebas pese a la invitación reiterada de la Supertel.

En el Informe Final que fue elaborado por la SUPERTEL, se recomendó al CONATEL, al estándar ISDB-Tb como la mejor opción de TDT para el Ecuador, decisión en la cual no solo influyó el criterio técnico, bajo esta circunstancia el presente trabajo, pretende mostrar en detalle los resultados de las pruebas técnicas de evaluación y emitir juicios de valor en relación al desenvolvimiento real de las tecnologías analizadas previo a la toma de decisión gubernamental sobre el nuevo estándar de TDT que regirá en el Ecuador durante los próximos años.<sup>1</sup>

Luego de todo el proceso que constituyó la adopción del estándar de TDT para el Ecuador, es necesario dar a conocer, desde una perspectiva técnica, un análisis en detalle de los resultados de todas las pruebas técnicas que se desarrollaron en el Distrito Metropolitano de Quito, permitiendo con esto demostrar que el estándar ISDB-Tb, fue la mejor opción respecto de los demás estándares probados. Tomando en cuenta además que quien desarrolló el presente trabajo, fue la persona encargada de la realización de las Pruebas de TDT en el Distrito Metropolitano de Quito.

---

<sup>1</sup> Informe para la definición e implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador. Supertel. (Marzo 2010), pp. 1-108.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Evaluar los resultados de las pruebas técnicas realizadas con los distintos estándares de TDT en el Distrito Metropolitano de Quito.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Conocer los aspectos técnicos relevantes de la tecnología de cada uno de los estándares de TDT, que fueron probados en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Describir en forma detallada las pruebas técnicas de campo realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito.
- Presentar los resultados de las mediciones realizadas, utilizando herramientas de análisis estadístico.
- Realizar un análisis técnico y documentado de los resultados obtenidos.

## **1.4. ALCANCE**

La decisión final para la adopción del estándar ISDBT-Tb en el Ecuador, ponderó aspectos técnicos, socioeconómicos y de cooperación, por lo que es necesario dar a conocer el desempeño técnico de las distintas tecnologías probadas en nuestro medio. Algunos países que adoptaron ya su estándar de TDT, no tuvieron la oportunidad de realizar pruebas técnicas y verificar si el

estándar escogido era aquel que ofrece las mejores características técnicas de operación en la prestación del servicio de televisión.

Por tanto, es necesario que en el País, se ponga a consideración desde un punto de vista técnico, el detalle de todas las pruebas de TDT, de parámetros técnicos que se realizaron en el Distrito Metropolitano de Quito y que al final permitieron evaluar a los diferentes estándares de TDT.

El presente trabajo utilizó la Metodología Experimental Analítica. La realización de pruebas, constituye una herramienta fundamental para la comparación adecuada de los parámetros técnicos más importantes de cada uno de los estándares de TDT a evaluarse.

La evaluación de los estándares de TDT, se realizó a partir de los resultados obtenidos en las pruebas de campo, los que reflejarán aspectos como la robustez de la señal transmitida y su resistencia a distorsiones. Para esto, se efectuó una ponderación de los resultados, relacionados con la propagación, cobertura, disponibilidad del servicio, robustez, capacidad de transmitir programación en definición estándar y en alta definición, movilidad y portabilidad del sistema. Adicionalmente se tomó una muestra de la señal de televisión del sistema analógico NTSC-M1 (*National Television System Committee*) para evaluar su calidad de recepción en los puntos de medición de las pruebas de TDT y contrastar los resultados obtenidos con la medición de intensidad de campo, aplicada a los estándares de televisión digital.

Para la evaluación de las pruebas subjetivas se tomó como referencia la Recomendación: UIT-R BT.500-11 (Tabla 1), que se refiere a la metodología

para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión. Se consideraron las siguientes modalidades de pruebas para su evaluación:

- Fija (exterior e interior),
- Portátil,
- Peatonal,
- Móvil y
- Personal.

Tabla 1. Evaluación subjetiva de imagen y sonido (UIT, 2006)

Grado	Calidad	Deterioro	Definición
5	Excelente	Imperceptible	Recepción sin Fallas
4	Bueno	Perceptible pero no molesto	Recepción con fallas que no motivan al evaluador a cambiar de canal.
3	Regular	Ligeramente molesto	Recepción con fallas, por lo cual el evaluador no está conforme, pero considera que se puede esperar un intervalo de tiempo sin cambiar de canal.
2	Pobre	Molesto	Recepción con fallas que motiva al evaluador cambiar de canal.
1	Malo	Muy Molesto	No hay señal

Fuente: Recomendación UIT BT.500-1.

De la misma manera para la evaluación de las pruebas objetivas se consideró la Recomendación UIT BT.2035-11 que trata sobre las directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura, las mediciones se realizaron en la modalidad Fija exterior en lo que se refiere a intensidad de campo (Ic) y ancho de banda (BW) y en recepción móvil las mediciones de MER y C/N.

#### 1.4.1. Modo de Recepción fija.

Una vez ubicados los sitios de medición dentro del Distrito Metropolitano de Quito, se utilizaron dos vehículos uno tipo van y otro tipo minibus, en uno se

encontraban los equipos de comprobación técnica, junto con los señores evaluadores y técnicos de la SUPERTEL y el otro provisto de un mástil neumático desplegable de 10 metros de altura, con opción para ajustar el azimut de la antena tipo yagi para recepción de señales de TDT en la banda UHF. Para este modo de recepción se definieron dos tipos de medición: Interiores y Exteriores.

En el modo interior, se realizaba la medición dentro de una vivienda o establecimiento con ayuda de una antena *loop* sin amplificación, consiguiéndose de esta manera, un escenario real de recepción (SUPERTEL, 2009).

#### **1.4.2. Modo de Recepción portátil.**

Las mediciones en este modo de recepción, se efectuaron en el interior de un vehículo tipo minibús y fueron realizadas con un equipo receptor de televisión ubicado en un lugar visible, que disponía de su propia antena, en este tipo de prueba el vehículo permanecía en movimiento a una velocidad promedio de 30 km/h (SUPERTEL, 2009).

#### **1.4.3. Modo de Recepción peatonal.**

La recepción en este tipo de medición, se realizó con equipos de telefonía móvil celular que tenían incorporados un receptor de TDT, las personas encargadas de la evaluación, se desplazaron a lo largo de trayectos determinados para el efecto, a una velocidad promedio de 5 km/h. El equipo de

recepción pudo transportarse fácilmente y estuvo sujeto a giros ocasionales (SUPERTEL, 2009).

#### **1.4.4. Modo de Recepción móvil.**

La recepción para este tipo de prueba, se realizó con equipos incorporados dentro de un vehículo tipo minibús. En esta prueba el vehículo se desplazó a velocidades superiores a 30 km/h, alcanzando un promedio de velocidad de 60 km/h (SUPERTEL, 2009).

#### **1.4.5. Modo de Recepción Personal (Movilidad con portabilidad).**

La recepción para este tipo de prueba, se realizó dentro del vehículo tipo ómnibus y mediante un dispositivo portátil entregado a cada evaluador, durante la prueba los señores evaluadores, podían internamente moverse con sus receptores de un asiento a otro. El vehículo en movimiento se desplazaba a una velocidad promedio de 40 k/m (SUPERTEL, 2009).

## CAPITULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. TELEVISIÓN ANALÓGICA - ESTÁNDAR NTSC.

Es el sistema de transmisión de televisión analógica desarrollado en Estados Unidos de América hacia el año 1941. El Ecuador actualmente utiliza este sistema para la difusión de televisión analógica a color, empleando la norma M (Bernard, 1990).

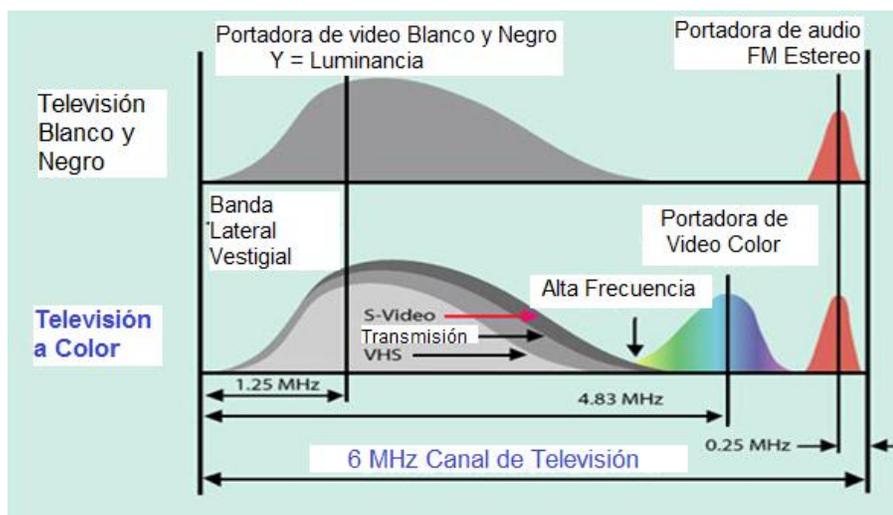


Figura 1. Señales de televisión a Color y Blanco y Negro  
Fuente: Universidad San Martín de Porres

Una señal de TV analógica está sujeta a interferencias que pueden causar efectos no deseados, como imágenes fantasmas y de nieve. La

distancia desde el transmisor y el factor de topografía, intervienen en la claridad de la señal. Es muy pesada para su tamaño debido al plomo encapsulado, cámara al vacío que alberga el mecanismo de exploración conocido como un tubo de rayos catódicos (CRT). Este mecanismo convierte la señal de TV analógica en una imagen en movimiento al disparar electrones contra la parte posterior de la pantalla de televisión de fósforo, muchas veces por segundo para volver a crear cada cuadro de la información. La televisión analógica arroja una gran cantidad de radiación en comparación con los televisores digitales.

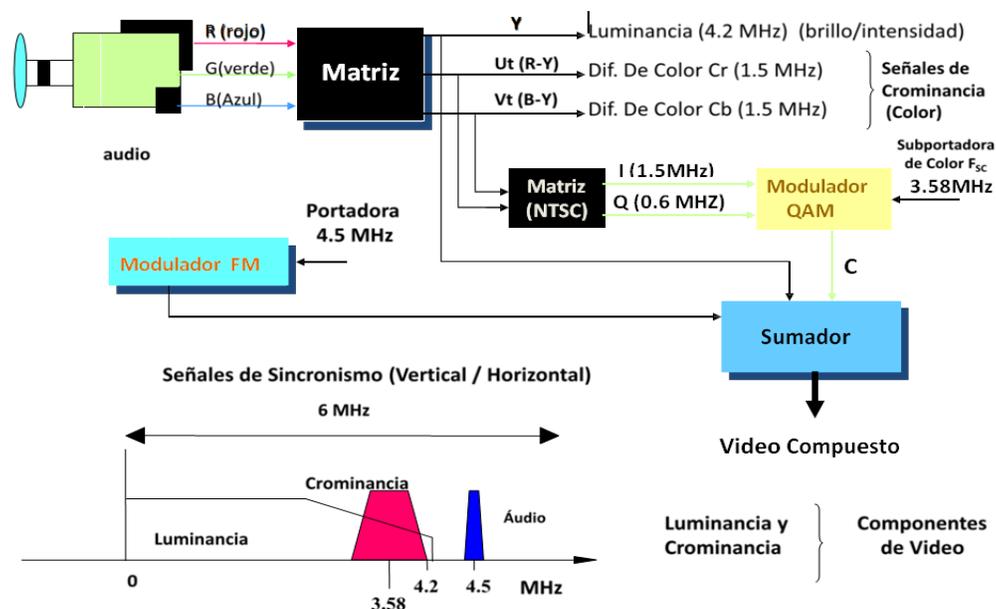


Figura 2. Representación de la producción de una señal de video NTSC. (Porres, 1990)

Fuente: Universidad San Martín de Porres.

El sistema de televisión NTSC consiste en una ampliación del sistema monocromático (blanco y negro) estadounidense. Este sistema consiste en la transmisión de cerca de 30 imágenes por segundo formadas por 486 (492)

líneas horizontales visibles con hasta 648 píxeles cada una. Para aprovechar mejor el ancho de banda se usa video en modo entrelazado dividido en 60 campos por segundo, que son 30 cuadros con un total de 525 líneas horizontales y una banda útil de 4.25 MHz que se traduce en una resolución de unas 270 líneas verticales. Para garantizar la compatibilidad con el sistema en blanco y negro, el sistema NTSC de color mantiene la señal monocromática blanco y negro como componente de luminancia de la imagen en color. Se modificaron ligeramente las frecuencias de exploración a 29.97 cuadros por segundo y 15.734 Hz de frecuencia horizontal. Mientras que la señal de color se ha agregado con una frecuencia que es múltiplo de la horizontal sobre una subportadora suprimida de 3.579545 MHz modulada por amplitud y por cuadratura de fase; la demodulación de los componentes de crominancia requiere necesariamente de sincronía, por lo que se envía al inicio de cada línea (pértico anterior) una señal sinusoidal de referencia de fase conocida como "salva de color", "*burst*" o "*colorburst*"; esta señal tiene una fase de  $180^\circ$  y es utilizada por el demodulador de la crominancia para realizar correctamente la demodulación. A veces, el nivel del "*burst*" es utilizado como referencia para corregir variaciones de amplitud de la crominancia de la misma manera que el nivel de sincronismo se utiliza para la corrección de la ganancia de toda la señal de vídeo (Porres, 1990).

## **2.2. DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES**

### **2.2.1 Conversión de señal analógica a digital.**

En el año 1982, cuando el CCIR (Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones, antiguo nombre del comité de normalización de las radiocomunicaciones en la UIT, ahora conocido como UTI-R), desarrolló el primer estándar de Televisión Digital para Estudio, llamado CCIR-601, se dio comienzo a una de las tecnologías más importantes de nuestra época, la Televisión Digital, El estándar CCIR-601, actualmente ITU-R.BT.601, define la conversión de la señal analógica a digital por componentes, con una resolución de cuantificación de 8, 10 o 12 bits por muestra de resolución con una arquitectura de muestreo de 4:2:2. Para esta estructura la frecuencia de muestreo de la luminancia es de 13 MHz y 6,75 MHz para cada una de las componentes cromáticas, Cb y Cr.

Desde 1982 hasta la fecha, se han desarrollado en el mundo más estándares para la Televisión Digital en Estudio, que han complementado y ampliado al ITU-R.BT.601. La tecnología digital ha permitido el desarrollo de equipos totalmente digitales para producción de televisión, tales como cámaras, sistemas de edición no-lineal, graficadores, videograbadoras, etc., para los cuales hubiera sido imposible llegar a este estado de desarrollo utilizando tecnología analógica.

En la actualidad existen productoras de televisión con equipos y sistemas totalmente digitalizados, operando con señales de video del tipo SDI y señales de audio en digital AES/EBU, obteniendo una excelente calidad en su señal de televisión. Si se desea transmitir el material producido digitalmente en estudio y si la emisora de televisión dispone de una red o sistema de transmisión digital, estas señales son transmitidas sin conversión alguna, pero si la red o sistema de transmisión es de tecnología analógica, estas señales deben ser convertidas a analógicas antes de ser transmitidas.

El ancho de banda, en el espectro radioeléctrico, ocupado por un canal para transmitir una señal de televisión analógica (para el caso de Ecuador de 6 MHz), es insuficiente para transmitir una señal digital. Por esta razón se debe reducir la velocidad del flujo de datos o sea comprimir la señal, para luego ser modulada digitalmente y posteriormente ser transmitida.

A mediados de 1993, se puso en práctica el estándar de compresión MPEG-2, utilizada ampliamente en equipos y sistemas para la producción de televisión en estudio, así como en los diferentes estándares de transmisión digital.

Desde 1994, la Televisión Satelital se ha visto beneficiada mediante la compresión MPEG-2, utilizando modulación QPSK de portadora única, para enviar varios programas digitales por un mismo *transponder*. Prácticamente toda la Televisión Satelital hoy día es digital y el estándar utilizado es el DVB-S.

Resuelta la necesidad de comprimir la señal de televisión mediante el sistema MPEG-2, en Europa se desarrolló, en 1996, el Estándar DVB, luego en los Estados Unidos de Norteamérica se desarrolla el ATSC, a continuación Japón, desarrollo el ISDB-T, Brasil en el año 2009, realizó una modificación al estándar ISDB-T Japonés, con lo cual se obtuvo el ISDB-Tb, cuya principal característica es el sistema de compresión MPEG-4 y el *middleware Ginga*. China con variaciones de los estándares ATSC y DVB-T, obtuvo el estándar DTMB.

Los estándares DVB-T e ISDB-T, emplean modulación COFDM y el ATSC modulación 8-VSB. La TDT trae consigo múltiples ventajas, entre las cuales tenemos las siguientes:

- Posibilita la recepción portátil y móvil de las señales transmitidas.
- Es posible transportar en el mismo ancho de banda que ocupa un canal analógico de 6 MHz, varios programas de televisión digital con definición estándar (SDTV), con una relación de compresión de aproximadamente 13,5:1, o transportar uno de alta definición (HDTV), con una relación de compresión de aproximadamente 70:1.
- Una mejor recepción en las bandas de UHF y VHF. - Posibilita la utilización de redes de frecuencia única. - Compatibilidad con redes ATM y de telefonía.
- Acceso a Internet.

- Se entrega al usuario una alta calidad de imagen y sonido, debido a la ausencia de ruido en las señales digitales. Permite la recepción de hasta seis canales de sonido digital “*Surround*”
- Innumerables servicios interactivos de Multimedia y Teleinformática.

Si bien la implementación de un estándar de TDT es un proceso lento, y en los países donde se ha elegido un estándar, la transición de la Televisión Analógica a la Digital no ha ido al ritmo planeado, se prevé que en los próximos 10 años, esta nueva televisión sea adoptada por la mayoría de los países del mundo.

En conclusión, la Televisión Digital se perfila como el medio de convergencia entre las tres principales plataformas de las comunicaciones: las telecomunicaciones, la informática y la radiodifusión, consiguiendo una concentración de nuevas oportunidades de negocios para el radiodifusor y de nuevos servicios y aplicaciones adicionales para el usuario.

### **2.3. ESTÁNDAR ATSC.**

El estándar ATSC fue creado principalmente para la TV libre y gratuita utilizando los mismo 6 MHz de ancho de banda que se vienen utilizando en la televisión análoga, en donde se busca brindar al usuario: HDTV, multiprogramación, comunicación interactiva y otras características (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).

El estándar ATSC fue creado y adoptado por primera vez en Estados Unidos, para reemplazar el sistema de televisión análoga NTSC.

### **2.3.1 Características técnicas generales**

ATSC brinda la posibilidad de transmitir señales de alta definición, la cual brinda 6 veces mejor calidad de imagen que la TV tradicional y mejor calidad de sonido tipo cine *audio dolby digital* (AC-3), brindando 5.1 canales de audio.

Asimismo, el estándar de televisión digital ATSC, permite transmitir varias señales en definición estándar o combinado con alta definición, es decir el estándar permite multiplexar varias señales en definición estándar o en HDTV. La modulación utilizada es la 8T-VBS, la cual es una modulación mono portadora e independiente de fase, para evitar muchas distorsiones, tiene la velocidad de datos de 19.4 Mbps, permitiendo múltiples formatos de imágenes y velocidades de trama en HDTV y SDTV.

Se utiliza la codificación de video MPEG-2 (*Moving Pictures Experts Group-2*), por ser un conjunto de algoritmos de compresión flexible, y está conformado por un sistema de PERFILES, denominados *PROFILES* los cuales son los encargados de limitar la sintaxis del algoritmo, más un conjunto de NIVELES que se encargan de establecer los límites de velocidad de muestreo y tamaños de tramas, todo esto sumado permiten la interoperabilidad de aplicaciones y equipos.

Tabla 2. Características del sistema de Transmisión ATSC (W, 2004)

PARAMETRO	MODO TERRESTRE
Ancho de banda del canal	6 MHz
Ancho de banda excedente	11.5 %
Régimen de símbolos	10.76 Msímbolos/s
Bits por símbolo	3
CE Trellis	Régimen 2/3
CE Redd-Solomon	T=10 (207,187)
Longitud de segmento	832 símbolos
Sincronismo de segmento	4 símbolos/segmento
Sincronismo de cuadro	1 cada 313 segmentos
Régimen de datos (carga)	19,39 Mbps
Rechazo de NTSC en co-canal	Filtro de rechazo en receptor
Potencia de piloto	0,3 dB
Umbral C/N	14,9 dB

Fuente: Rohde&Schwarz

## 2.4 ESTÁNDAR DVB-T.

Una característica sobresaliente en DVB, es que sus estándares parten de una necesidad o requerimiento previamente definido, lo que lo hace dinámico, ya que tiene como finalidad dar soluciones tecnológicas abiertas e integrables. Cabe resaltar que el Proyecto DVB, no solamente compete a la transmisión de imágenes que hacen parte de una señal de televisión, sino que anexo a estas se transmiten innumerables datos relacionados o no con el contenido de video.

De las características básicas de todas las aplicaciones DVB, está en que toma como señal de entrada o banda base la trama MPEG-2 como fuente de sonido y video, para luego acomodarla al medio de transmisión a emplear, agregándole de antemano la Información de Servicio (SI), que le permita al usuario seleccionar la información deseada. Ya en el campo del medio de transmisión DVB, ha generado varios estándares entre los cuales se destaca el satelital DVB-S basado en el estándar ETSI (Instituto Europeo de Estándares en Telecomunicaciones) 300 421, el de cable DVB-C basado en el estándar ETSI 300 429 y el referido a la transmisión de televisión radiodifundida o terrestre DVB-T basado en la norma ETSI EN 300 744 (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).

#### **2.4.1 ETSI en 300 744**

Es el estándar que recopila el proceso de generación de la señal DVB para ser radiodifundido en la banda de VHF o UHF, especificando los procesos de codificación de canal y de modulación y desarrollado por el ETSI, EBU (Unión Europea de Radiodifusión) y CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica). Continuamente se realizan revisiones a la norma para agregar componentes al sistema, estando actualmente vigente la versión V.1.5.1.

Al igual que los demás estándares DVB, este utiliza un flujo de transporte o *Transport Stream* (TS) MPEG-2 como señal de entrada. Este TS, se obtiene

realizando una variación a la señal de audio y video comprimida MPEG-2 mediante la adición (multiplexación) de otras fuentes de señal y la respectiva información de servicio (SI).

### **2.4.2 Codificación de canal**

Es la descripción de los pasos en los cuales al TS, se le añaden protecciones y redundancias para hacer de esta una señal sólida ante los problemas inherentes a la transmisión y recepción.

Adaptación y Dispersión de energía: Para evitar concentración de energía en el proceso de transmisión, debido a la presencia de largas cadenas de ceros o de unos, se requiere distribuir en forma aleatoria la información mediante el uso de un proceso que genere una secuencia binaria pseudoaleatoria (PBRS), mediante el uso de compuertas lógicas a los bits del flujo de datos corregido (*Transport Stream*).

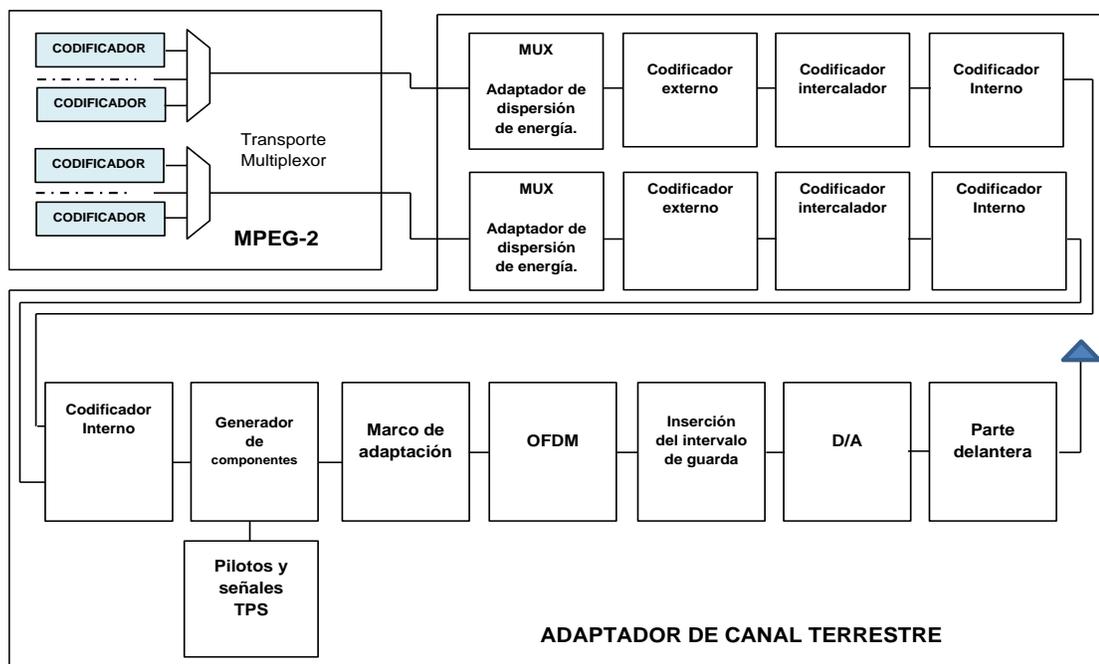


Figura 3. Pasos de la adaptación o codificación del canal. (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)  
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones

Codificación y entrelazado externo: Con el fin de lograr corregir los errores que se pueden generar en el paquete de datos transmitidos, se establece una redundancia en la información, la cual se denomina codificación externa mediante el método Reed-Solomon, el cual consiste en adicionar 16 bytes de paridad a cada paquete original MPEG-2, dando como resultado aumentar de 188 a 204 bytes. Con este método se logra corregir hasta 8 bytes erróneos.



Figura 4. Método Reed-Solomon. (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

Adicional al proceso Reed-Solomon, se aplica un retardo a los bytes de un paquete, mezclándolos entre sí para evitar errores que afecten a varios bytes consecutivos. En la figura 5, se observa el diagrama de la forma en que se realiza el entrelazado en el lado de transmisión y el desentrelazado en el lado de recepción.

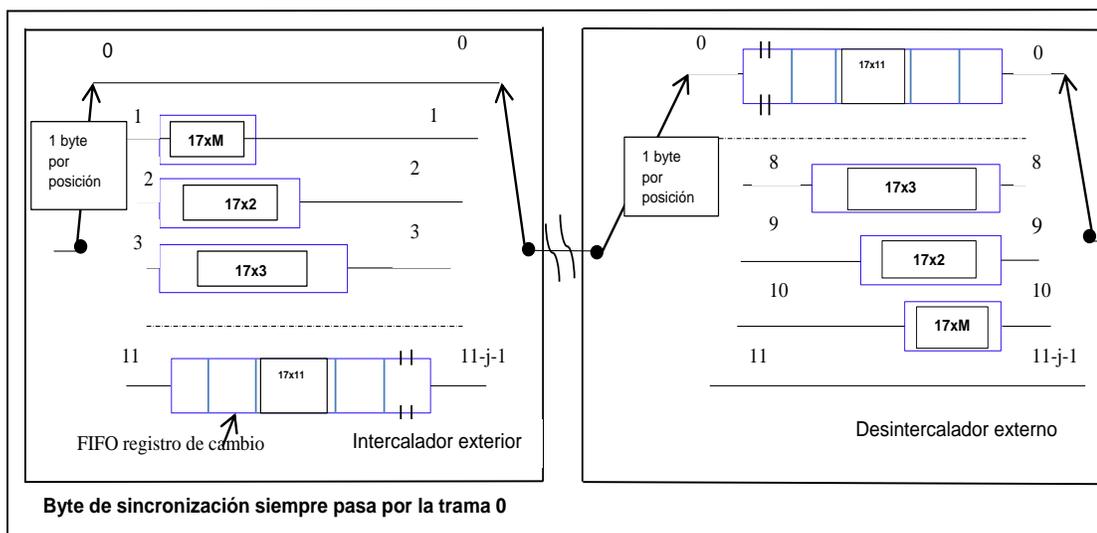


Figura 5. Entrelazado en el lado del transmisor y el desentrelazado en el lado de recepción. (W, 2004)

Fuente: Fisher W. Rohde&Scharz

Codificación Interna: Luego de realizar una codificación a nivel de Byte (externa) se realiza una codificación a nivel de bit, mediante la cual se hace una

comprobación de la información utilizando un proceso convolucional de registros.

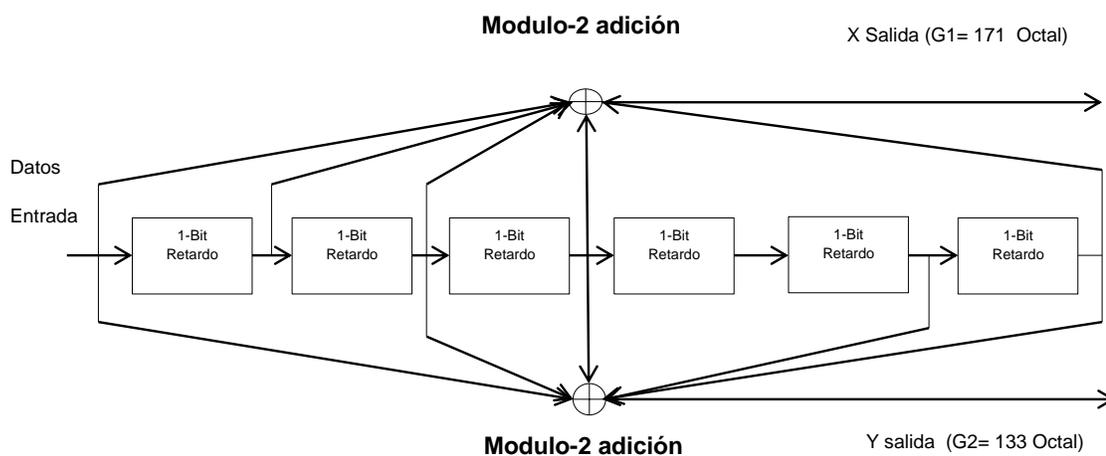


Figura 6. Codificación interna (W, 2004).  
Fuente: Fisher W. Rohde&Schwarz

Se puede apreciar en la Figura 6, que a los datos de entrada, se les realiza una comprobación mediante la suma de información entregada por registros de almacenamiento. En este sistema de  $N$  bits se originan  $2N$  bits (relación  $1/2$ ), con lo cual se aumenta la protección contra errores originados en los sistemas de transmisión pero se pierde capacidad de canal en el sentido que solo se puede transportar la mitad de la información.

Para evitar esta gran pérdida de capacidad de canal se utilizan relaciones de protección de  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  y  $7/8$ . A medida que aumenta la relación disminuye la protección pero se aumenta la capacidad de transmitir información por un mismo canal.

Entrelazado interno: Posterior a la codificación interna se reordenan los bits en forma tal que se mezclen entre sí en una secuencia lógica y se agrupan formando símbolos, en el caso de la modulación QPSK un símbolo está conformado por 2 bits, en 16QAM por 4 bits y en 64QAM por 6 bits.

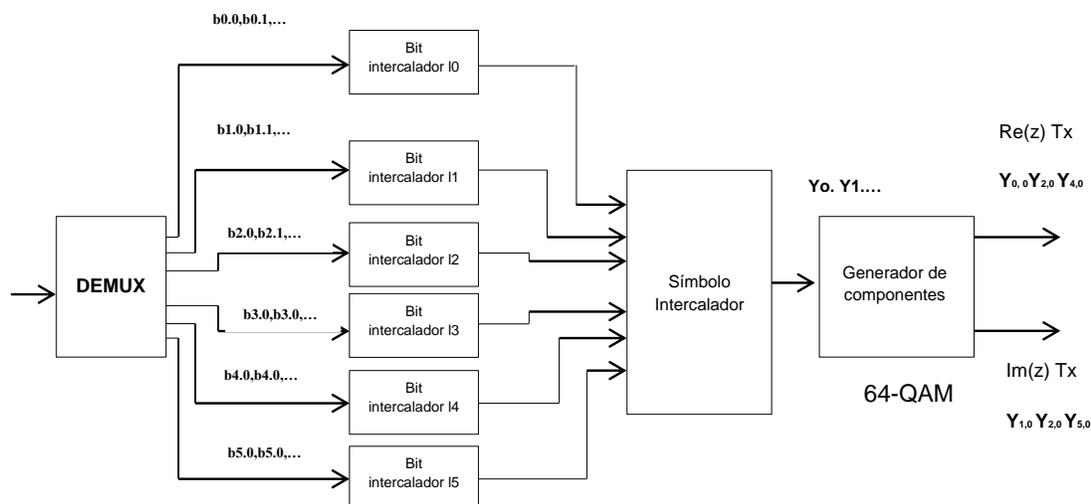


Figura 7. Entrelazado y composición de los símbolos 64 QAM (W, 2004)  
Fuente: Fisher W. Rohde&Schwarz

En la Figura 7, se observa el proceso de entrelazado y composición de los símbolos en modulación 64QAM, los cuales son mapeados o distribuidos en dos cadenas de datos (R e I).

### 2.4.3 Modulación OFDM

Los datos ya codificados ahora son repartidos entre múltiples portadoras que transportarán la información de manera que el conjunto se hace robusto frente a posibles ecos o fantasmas originados por múltiples trayectos o

rebotes de señal. Esto es posible gracias a que la duración o período de una de estas portadoras es grande comparada con el retardo de un posible eco. En DVB-T, se utiliza el sistema de modulación OFDM, que puede emplear dos métodos dependiendo del número de portadoras, 2k con 1705 portadoras y 8k con 6817 portadoras. Para aumentar el nivel de protección contra señales provenientes de múltiples trayectorias (ecos) se adiciona a la duración del símbolo un intervalo de guarda. La duración del intervalo de guarda se expresa en fracciones del período de símbolo, es decir 1/4, 1/8, 1/16 y 1/32. Entre más grande es la fracción mayor protección se logra pero se reduce la capacidad del canal por disminución del espacio disponible para transmitir símbolos, en los cuales va la información.

Tabla 3. Incidencia en la duración de los símbolos con la inclusión del intervalo de guarda (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

Modo	modo 8k				modo 2k				
Intervalo de guarda $\Delta/T_u$	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	
Duración de símbolo $T_u$	8192xT 896 $\mu$ s (ver la nota)				2048xT 224 $\mu$ s (ver la nota)				
Duración del intervalo de guarda $\Delta$	2048xT 224 $\mu$ s	1024xT 112 $\mu$ s	512xT 56 $\mu$ s	256xT 56 $\mu$ s	512xT 56 $\mu$ s	256xT 28 $\mu$ s	128xT 14 $\mu$ s	64xT 7 $\mu$ s	
Duración de símbolo $T_s = \Delta + T_u$	10240xT 1120 $\mu$ s	9216xT 1008 $\mu$ s	8704xT 952 $\mu$ s	8448xT 924 $\mu$ s	2580xT 250 $\mu$ s	2304xT 252 $\mu$ s	2176xT 238 $\mu$ s	2112xT 231 $\mu$ s	

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

En la Tabla 3, se resume la incidencia en la duración de los símbolos con la inclusión del intervalo de guarda en los modos de

transmisión 8k y 2k para un canal de 8 MHz, se aclara que el estándar DVB es aplicable a canales de 6 y 7 MHz.

Capacidad de Canal: Como ya se había indicado, en el modo 2k hay 1.705 portadoras y en el modo 8k 6.817, pero no todas estas portadoras son moduladas por la información útil en el canal, efectivamente solamente 1.512 portadoras en 2k y 6.048 portadoras en 8k transportan información útil o inherente al contenido relacionado con el video-Audio del canal.

La capacidad de canal se obtiene restando del *stream* o flujo binario total las redundancias que se incorporaron a lo largo de la cadena de codificación de canal.

$$Fu = fs \times v \times L \times r \times (188 \div 204) \left[ \frac{bits}{s} \right] \quad (1)$$

En donde:

Fu: Flujo útil

fs: Frecuencia de símbolo = 1/Ts (ver Tabla 3)

v: bits por portadora

L: Portadoras que transportan datos útiles

r: Codificación interna (1/2, 3/4, 5/6 o 7/8)

188/204: Relación Reed Solomon

En la Tabla 4, se observan las posibles combinaciones de transmisión de datos en el estándar DVB-T, en donde se calcula la cantidad de bits útiles para cada caso en un canal radiodifundido de 8 MHz, incorporando el intervalo de guarda, el tipo de modulación y la relación de codificación interna.

Tabla 4. Posibles combinaciones de transmisión en el estándar DVB-T (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

Modulación	Tasa de código	Intervalo de Guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	convolucional	1/4	1/8	1/16	1/32
	1/2	4.98	5.53	5.85	6.03
	2/3	6.64	7.37	7.87	8.04
	3/4	7.46	8.29	8.78	9.05
	5/6	8.29	9.22	9.78	10.05
	7/8	8.71	9.68	10.25	10.56
16-QAM	1/2	9.95	11.06	11.71	12.06
	2/3	13.27	14.75	15.81	16.09
	3/4	14.93	16.59	17.56	18.10
	5/6	16.59	18.43	19.52	20.11
	7/8	17.42	19.35	20.49	21.11
64-QAM	1/2	14.93	16.59	17.56	18.10
	2/3	19.91	22.12	23.42	24.13
	3/4	22.39	24.88	26.35	27.14
	5/6	24.88	27.65	29.27	30.16
	7/8	26.13	29.03	30.74	31.67

Fuente: Bernard G.

Portadoras Piloto: Si en 2k hay 1.705 portadoras de las cuales solo se modulan con datos 1.512, las demás portadoras sirven para señalización e información de identificación, de la siguiente manera:

- Continuas: Utilizadas para sincronizar el receptor de la señal en frecuencia y fase.
- Dispersas: Utilizadas para llevar información de amplitud y fase del canal transmitido, la cual es regenerada en el receptor de señal.
- TPS: Señalización de Parámetros Transmitidos.

En la señal OFDM en el modo 2k hay 45 portadoras continuas, 131 portadoras dispersas, 17 TPS y 1512 portadoras de datos. En el modo 8k hay 177 portadoras continuas, 524 portadoras dispersas, 68 TPS y 6.048 portadoras de datos.

En cuanto a potencia, las portadoras que transportan datos y las TPS se transmiten con un nivel normalizado ( $E=1$ ) mientras que las portadoras continuas y dispersas se transmiten con un nivel de potencia reforzada ( $E=1.77$ ). Respecto de modulación las portadoras de datos se transmiten en QPSK, 16 QAM o 64 QAM dependiendo del esquema de transmisión y las portadoras continuas, dispersas y TPS se transmiten en modulación BPSK.

Tabla 5. Posición de las portadora continuas (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

POSICIÓN CONTINÚA DE LA PORTADORA PILOTO													
MODO 2k							MODO 8k						
0	48	54	87	141	156	193	0	48	54	87	141	156	192
201	255	279	282	333	432	450	201	255	279	262	333	432	450
483	525	531	618	636	714	759	483	525	531	618	636	714	759
765	780	804	873	888	918	939	765	780	804	873	888	918	939
942	969	984	1050	1101	1107	1110	942	969	984	1050	1101	1107	1110
1137	1140	1146	1206	1269	1323	1377	1137	1140	1146	1206	1269	1323	1377
1491	1683	1704					1491	1683	1704	1752	1758	1791	1845
							1880	1896	1905	1959	1963	1956	2037
							2136	2154	2187	2229	2235	2322	2340
							2418	2463	2469	2484	2506	2577	2592
							2622	2643	4646	2673	2688	2754	2805
							2511	2814	2841	2844	2850	2910	2973
							3027	3081	3195	3387	3408	3456	3462
							3495	3549	3564	3600	3609	3663	3687
							3690	3741	3840	3858	3891	3933	3939
							4096	4044	4122	4167	4173	4155	4212
							4251	4296	4326	4347	4350	4377	4392
							4458	4509	4515	4518	4545	4548	4554
							4614	4677	4731	4785	4899	5091	5112
							5160	5166	5199	5253	5266	5304	5313
							5367	5391	5394	5445	5544	5562	5595
							5637	5643	5730	5748	5826	5871	5877
							5892	5916	5985	6000	6030	6051	6054
							6081	6096	6162	6213	6219	6222	6249
							6252	6258	6318	6381	6435	6459	6603
							6795	6816					

Fuente: Bernard G.

Como su nombre lo indica la posición de las portadoras dispersas obedecen a una fórmula en la que se involucran los símbolos y la trama (conjunto de 68 símbolos), así:

$$k = 3(l \bmod 4) + 12p \quad (2)$$

En donde  $k$  es la posición de la portadora dispersa en el símbolo  $l \bmod 4$ .  $l \bmod 4$  hace referencia a los símbolos múltiplos de 4 (0, 4, 8, 12, 16...).  $P$  es un número entero que cumple con la condición que  $k$  no exceda 6.816 en modo 8k y 1.704 en modo 2k. De la fórmula anterior se deduce que las portadoras dispersas están separadas 12 posiciones entre sí ( $12p$ ) coincidiendo en algunos casos con portadoras continuas.

Las portadoras TPS ocupan una posición definida en cada símbolo y transportan un mismo bit de información en cada trama, haciendo que cada grupo o bloque de portadoras TPS contenga 68 bits de los cuales uno es de inicialización, 16 de sincronización, 37 de información y 14 redundantes para protección de la trama.

Tabla 6. Posición de los TPS en un símbolo (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

2k modo					8k modo							
34	50	209	346	413	34	50	209	346	413	569	595	688
569	595	688	790	901	790	901	1073	1219	1262	1256	1469	1594
1073	1219	1262	1286	1469	1687	1738	1754	1913	2050	2117	2273	2299
1594	1687				2392	2494	2605	2777	2923	2966	2990	3173
					3298	3391	3442	3458	3617	3754	3821	3977
					4003	4096	4198	4309	4481	4627	4670	4694
					4877	5002	5095	5146	5162	5321	5458	5525
					5681	5707	5800	5902	6013	6185	6331	6374
					6398	6581	6706	6799				

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

La información transportada por las TPS básicamente está relacionada con el tipo de transmisión, el intervalo de guarda que se está utilizando, la codificación interna y el tipo de modulación QAM empleado.

#### 2.4.4 Máscara espectral

Como en todos los sistemas con multiportadora, el espectro o forma de onda de la señal resultante es la suma de todos los componentes o portadoras independientes que conforman la modulación OFDM. Como consecuencia de que el ancho de un símbolo es mucho mayor que la separación entre portadoras y que el lóbulo principal de una portadora es más estrecho que dos veces el espaciamiento entre portadoras, la densidad de potencia a lo largo del ancho de banda (7.608.259 Hz en 8k y 7.611.607 Hz en 2k) no es constante.

En la práctica la señal entregada por el modulador OFDM se debe acomodar a la frecuencia de transmisión del canal asignado al operador de televisión en cada región mediante el uso de un oscilador local enganchado a un convertidor de frecuencia o *up-converter*. Luego de esta maniobra se procede a acomodar la portadora resultante a un nivel de potencia acorde a las necesidades de cobertura predeterminada, mediante el empleo de amplificadores.

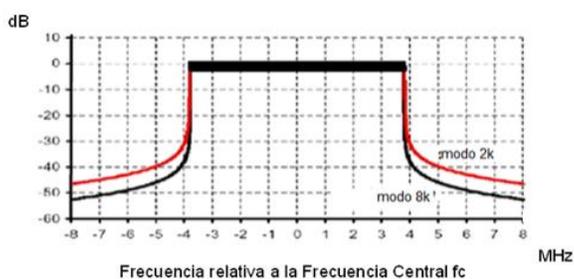


Figura 8. Máscara espectral teórica para un canal de 8 MHz (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).  
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Es importante resaltar que antes de transmitir la señal DVB-T, se deben tomar las precauciones del caso para evitar interferir con servicios co-ubicados en la misma región que utilizan frecuencias cercanas a la frecuencia de operación, para lo cual se emplean filtros de muy alta calidad, al igual que en los sistemas analógicos pero con un mayor grado de selectividad. En la figura 9 se observa la señal resultante indispensable para cumplir este precepto.

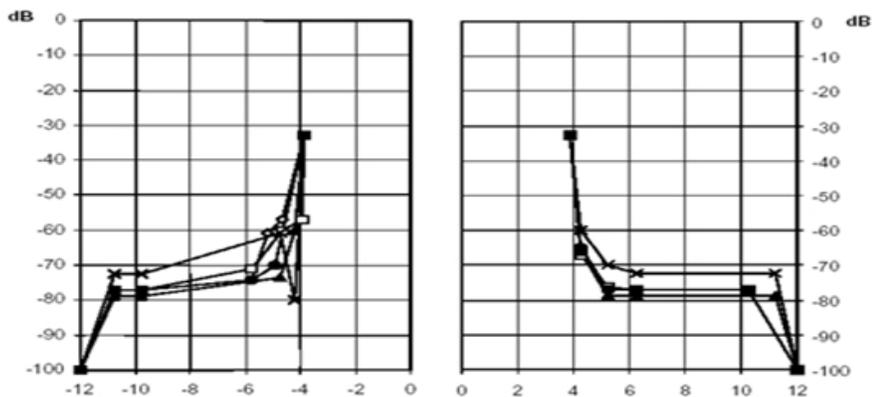


Figura 9. Reducción de emisiones fuera del ancho de banda de la portadora DVB. Se muestran las bandas laterales de la señal espectral (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).  
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Estas emisiones no deseadas, son originadas por la no linealidad en los amplificadores y por la presencia de productos de intermodulación por la utilización de múltiples portadoras.

### 2.4.5 Aplicaciones

El estándar DVB-T, prevé aplicaciones de diversa índole en donde se involucran diferentes formas de transmitir. Por ejemplo se puede pensar en diseñar una red en la cual el concepto que prime, sea la robustez y facilidad de recepción de la señal por parte de los televidentes, en este caso se opta por emplear una relación de codificación baja, por ejemplo 1/2 o 3/4 y una modulación QPSK. En este caso se incorpora la mayor protección y las exigencias en nivel de recepción (relación señal a ruido) no son tan

exigentes; el problema es que no se puede transmitir mucha información ya que disminuye la capacidad de canal.

Si por el contrario, lo que se decide es diseñar una red que transporte la mayor cantidad posible de información se dispone una relación de codificación ( $r$ ) de  $7/8$  y una modulación 64-QAM; con el problema de que esta configuración es susceptible a errores en la recepción, por lo cual se debe tener presente el alcance o cubrimiento esperado, al igual que las condiciones de recepción.

Como se pudo observar en la figura 3, se muestra el diagrama de bloques del sistema DVB-T, estos bloques se utilizan cuando se diseña una red con transmisión jerárquica, en la cual se transmiten dos cadenas de datos, una robusta (de alta prioridad) y otra de alta velocidad (baja prioridad). La aplicación es muy interesante, ya que en los puntos de la zona de cobertura en donde se reciba buen nivel de señal el decodificador entregará al usuario de TDT, una imagen de alta calidad que corresponde a la suma de las cadenas de alta y baja prioridad. En los puntos en donde los niveles de señal (relación señal a ruido  $C/N$ ) no son buenos, el receptor entregará una imagen de menor calidad (cadena de alta prioridad) pero en todo caso asegurando que el usuario o televidente reciba la señal emitida.

Por último vale la pena destacar el uso práctico del intervalo de guarda, el cual es utilizado para permitir el diseño de redes de frecuencia única (*SFN Single Frequency Network*) en la cual se pueden recibir señales de buena calidad aun cuando existan emisiones no deseadas provenientes de

estaciones transmisoras que emitan por la misma frecuencia un programa similar. Esto es ideal para obtener máxima utilización del espectro cuando existen múltiples operadores trabajando en una misma banda de transmisión.

## 2.4.6 Parámetros técnicos de operación del DVB-T.

Tabla 7. Parámetros de operación en recepción del DVB-T (W, 2004)

C-BER	$I_c$ [dB $\mu$ V/m]	BW [MHz]	C/N [dB]	POTENCIA DE LA SEÑAL RECIBIDA (dBm)
TASA DE ERROR DE BIT	INTENSIDAD DE CAMPO	DE ANCHO DE BANDA	RELACIÓN PORTADORA A RUIDO	
Entre:				Entre:
1 x 10E-2	668 a 674 MHz	5.70535714	25 dB para BER = 1E-4	-30 y -80 dBm.
1 x 10E-5	3+20 log f(MHz)			

Fuente: Fisher W. Rohde&Schwarz

## 2.5 ESTÁNDAR ISDB-T INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING - TERRESTRIAL

El estándar ISDB-T emplea la compresión y la multiplexación MPEG-2, como también la modulación COFDM, con algunas modificaciones y variantes a la utilizada en el estándar DVB-T. El estándar ISDB-T tiene las mismas facilidades del DVB-T, con algunas características mejoradas y algunas aplicaciones adicionales. Entre las principales tenemos:

- Transmisión de múltiples programas de Televisión Digital Estándar (SDTV), Televisión de baja densidad (LDTV), también denominada *one sec* o la de un programa de Televisión en Alta Definición (HDTV).
- Recepción portátil y móvil de televisión.
- Transmisión en modo Jerárquico, lo cual permite transportar, simultáneamente, en el mismo ancho de banda del canal en servicio, un programa de HDTV para recepción fija y uno de SDTV para recepción móvil.
- Redes de Frecuencia Única (SFN).
- Recepción portátil y móvil de audio y datos.
- Servicios de interactividad y de multimedia.
- Características principales del estándar ISDB-T.
- El estándar ISDB-T difiere del DVB-T en los siguientes aspectos:
  - Segmentación OFDM del espectro de transmisión.
  - Tiempos distintos de intercalación de datos.
  - Modos de transmisión con diferentes espacios entre las portadoras OFDM.

### **2.5.1 Transmisión segmentada.**

En el estándar ISDB-T el Flujo de Transporte, se vuelve a multiplexar y se agrupa en trece segmentos de datos. Luego estos segmentos son numerados del 0 al 12 y transformados en segmentos OFDM. El número de segmentos, en total 13, que compone el espectro de transmisión es el mismo para el espectro de transmisión de 6, 7 u 8 MHz de ancho de banda. Lo que

cambia en cada espectro de transmisión es el tiempo de duración de cada segmento. La figura 10, muestra la distribución de los trece segmentos de datos en un canal de 6 MHz de ancho de banda. Cada segmento ocupa 429 kHz.

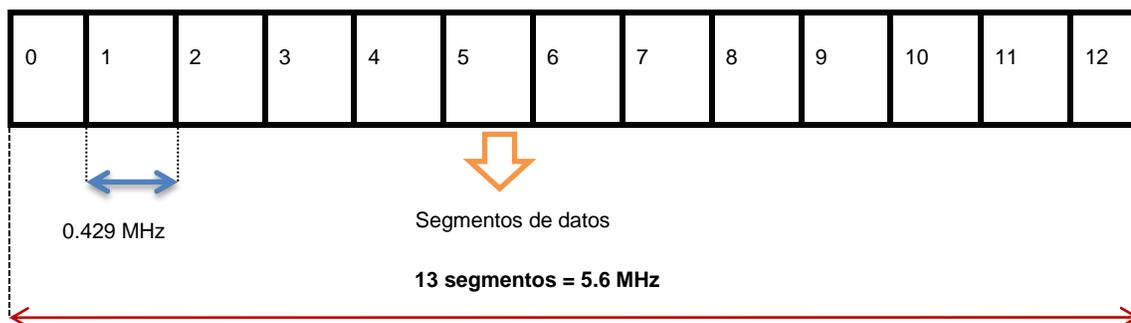


Figura 10. Segmentos de datos en ISDB-Tb (6 MHz de BW) (NHK, 2008).  
Fuente: NHK

### Intercalación de datos y ajuste del tiempo.

En este estándar existen dos tipos de intercalación de datos:

- a) Intersegmentos, consiste en una intercalación entre segmentos como se puede observar en la figura 11.
- b) Intrasegmentos, consiste en intercalar los datos dentro del mismo segmento.

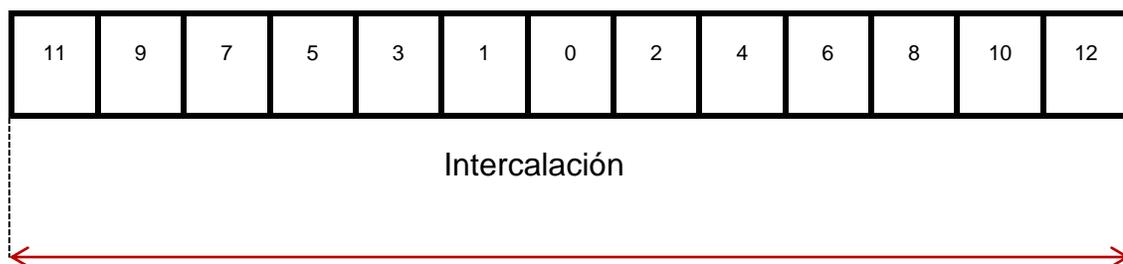


Figura 11. Segmentos de datos intercalados (NHK, 2008).  
Fuente: NHK

Para cada ancho de banda del canal de transmisión (6, 7 y 8 MHz), se tienen cuatro tiempos diferentes de intercalación de datos.

Tabla 8. Tiempos de intercalación de datos, para 6, 7 y 8 MHz (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

Ancho de banda del canal	Tiempo 1 de intercalación (Seg).	Tiempo 2 de intercalación (Seg).	Tiempo 3 de intercalación (Seg).	Tiempo 4 de intercalación (Seg).
6 MHz	0	0.096	0.19	0.38
7 MHz	0	0.082	0.16	0.33
8 MHz	0	0.072	0.14	0.29

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## 2.5.2 Transmisión con diferentes espacios entre las portadoras OFDM.

Dependiendo del espacio entre las portadoras OFDM, en el estándar ISDB-T, se opera en tres diferentes modos de transmisión:

- Modo 1. Espacio entre portadoras OFDM, 4 kHz.
- Modo 2. Espacio entre portadoras OFDM, 2 kHz.
- Modo 3. Espacio entre portadoras OFDM, 1 kHz.

## 2.5.3 Transmisión en modo Jerárquico.

Una de las facilidades del estándar ISDB-T, es la de permitir la transmisión simultánea, en modo Jerárquico, de hasta tres grupos de segmentos

separados, con su propio tipo de modulación y en el mismo canal. Generalmente se utiliza un grupo de segmentos para recepción fija y otro para recepción móvil.

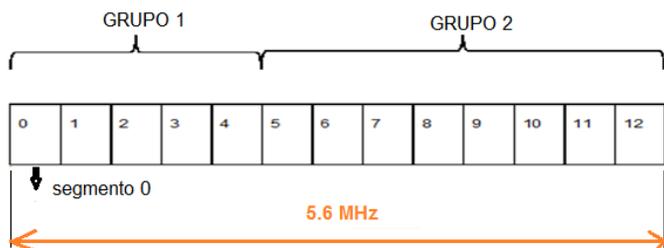


Figura 12. Ejemplo de transmisión COFDM en modo jerárquico, en dos grupos diferentes, en el mismo canal y al mismo tiempo (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).

Fuente: Yang. Z., Yang. L., Zhang. W.

El número de segmentos asignados al grupo para recepción fija es mayor al asignado al grupo para recepción móvil. Por esta razón el ancho de banda disponible para la recepción fija es mayor, como también la velocidad de su flujo de datos.

En el grupo de segmentos asignados para recepción fija se puede transmitir un programa en HDTV o varios en SDTV, para la recepción móvil, se transmite solamente un programa en SDTV.

La agrupación de los segmentos se hace de acuerdo a las necesidades de la aplicación. Como por ejemplo, en la figura 12, se muestra la transmisión de dos grupos de segmentos separados. El grupo de los primeros cinco segmentos se utiliza para recepción móvil y el grupo de los restantes ocho segmentos para recepción fija.

### 2.5.4 Transmisión en modo parcial o de banda angosta.

Otra de las facilidades en el estándar ISDB-T, es la de permitir la transmisión de audio y datos en el segmento central de la banda de los trece segmentos. Esta modalidad de transmisión se denomina parcial o de banda angosta. Tanto el audio como los datos transmitidos pueden ser recibidos por un receptor portátil y/o móvil, con un ancho de banda de un segmento OFDM.

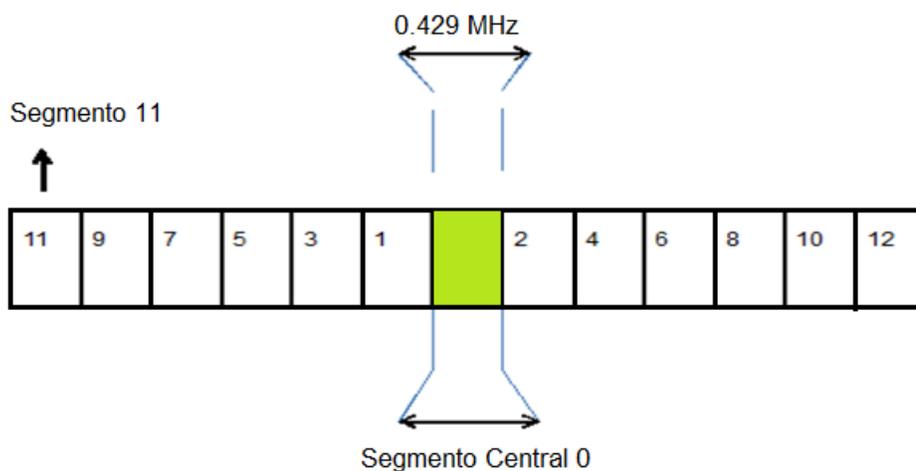


Figura 13. Recepción ISDB-T banda angosta (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).  
Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

### 2.5.5 Parámetros principales de cada segmento.

En el Anexo 1, se encuentran los parámetros principales de cada segmento, para los tres modos de transmisión, para un canal de 6 MHz de ancho de banda. En los canales auxiliares, se transporta información auxiliar de la transmisión.

### **2.5.6 Transmisión en un canal de 6 MHz de ancho de banda.**

En el Anexo 2, se presentan los parámetros de transmisión del estándar ISDB-T, para un canal de 6 MHz, donde los trece segmentos sumados ocupan un ancho de banda de 5.58 MHz.

### **2.5.7 Velocidades binarias por segmento.**

Dentro de la Tabla del ANEXO 3, en la columna que corresponde a No. de TSP, se indica el número de paquetes por cuadro, para cualquiera de los tres modos 1, 2 o 3. La velocidad binaria final, cuando se utilizan los trece segmentos, es la suma de las velocidades de todos los segmentos.

En la Tabla del ANEXO 4, se encuentran las diferentes velocidades binarias de los segmentos, dependiendo del tipo de modulación, relación de código e intervalo de guarda, para un canal de 6 MHz de ancho de banda. Si se utiliza un canal de 7 MHz de ancho de banda, las velocidades binarias de los paquetes de datos se incrementarán. Estas velocidades irán desde 4.259 hasta 27.107 Mbps y si se utiliza un canal de 8 MHz. de ancho de banda, las velocidades binarias de los paquetes de datos irán desde 4.868 hasta 30.979 Mbps.

### **2.5.8 Cuadro multiplexado.**

En el estándar ISDB-T, al igual que en el estándar DVB-T, cada cuadro multiplexado está compuesto por paquetes continuos de 204 bytes cada uno,

de los cuales el primero se usa para la sincronización, seguido de 187 bytes de datos y 16 bytes de paridad RS (Reed Solomon).

En el estándar ISDB-T, los paquetes multiplexados son compatibles con el Flujo de Transporte (*Transport Stream*) del sistema MPEG-2.

Tabla 9. Número de paquetes (TSP) por cuadro multiplexado (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007)

Modo	Número de TSPs para un cuadro multiplexado.			
	Relación de intervalo de guarda 1/4	Relación de intervalo de guarda 1/8	Relación de intervalo de guarda 1/16	Relación de intervalo de guarda 1/32
Modo 1	1.280	1.152	1.088	1.056
Modo 2	2.560	2.304	2.176	2.112
Modo 3	5.120	4.608	4.352	4.224

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

A continuación en la Figura 14, se representa el número de paquetes TSP por cuadro multiplexado, operando en el modo 1 y con un intervalo de 1/8. Para este ejemplo en particular el número de paquetes en flujo de transporte es igual a 1.152, por cada cuadro multiplexado.

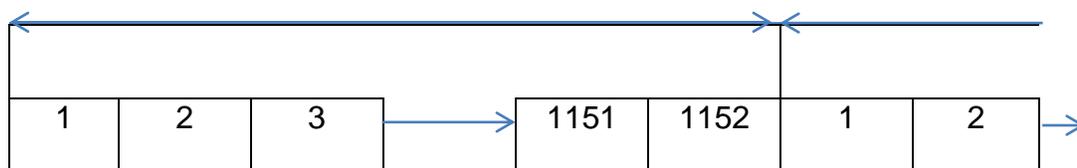


Figura 14. Ejemplo de un flujo de transporte en Modo 1 y un intervalo de guarda de 1/8 (UIT, Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado, 2007).

Fuente: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

## 2.5.9 Parámetros técnicos ISDB-Tb a ser comprobados en recepción.

Tabla 10. Parámetros de operación en recepción del ISDB-Tb (Takada, 2008)

C-BER	$I_c$ [dBuV/m]	BW [MHz]	C/N [dB]
TASA DE ERROR DE BIT	INTENSIDAD DE CAMPO	DE ANCHO DE BANDA	RELACION SEÑAL A RUIDO
			POTENCIA DE SEÑAL RECIBIDA (dBm)
Entre:			Entre:
$1 \times 10^{-1}$	668 a 674 MHz	5.572 modo 8k	17,5 dB para $-30$ y $-80$ dBm. BER = $1E-4$
$1 \times 10^{-6}$	$3+20 \log f(\text{MHz})$		

Fuente: Takada, M.

## 2.6 ESTÁNDAR DTMB DIGITAL TERRESTRIAL MULTIMEDIA BROADCASTING

DTMB, es uno de los pocos estándares que incluye desde sus inicios soporte para dispositivos móviles, como celulares y reproductores multimedia. Una de las desventajas es que no define códecs de compresión (como MPEG-4 y MPEG-2), dejando esa decisión a discreción del transmisor. Eso significa que los receptores tendrán que ser capaces de descifrar múltiples formatos, lo que los hará más caros, pero a su vez los distribuidores de señal podrán prestar otro tipo de servicio que permita a los canales de televisión emitir con las características que ellos deseen, dando servicio a la alta definición e incluso a la interactividad con el usuario.

La transmisión de datos es implementada mediante el estándar TDS-OFDM (*Time Domain Synchronuous Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), el cual, de acuerdo con el co-desarrollador de DTMB con la Universidad Tsing Hua, es capaz de transmitir calidades aceptables de señal para receptores HDTV moviéndose (por ejemplo, en coche o tren) a velocidades de hasta 200 km/h. Otra de sus ventajas es que tiene un alcance 10 km mayor a la norma DVB-T. También permite la transmisión de varios canales por una misma frecuencia.

### **2.6.1 Principales ventajas.**

- La norma DTMB supone una oportunidad para la industria por la introducción de los decodificadores, así como por la renovación y mejora del parque de televisores.
- Desarrollo de la portabilidad, es decir la recepción de la televisión en dispositivos móviles, tales como, terminales móviles (celulares), así como en receptores en vehículos en movimiento, en un solo canal.
- Los operadores de televisión podrán ofrecer múltiples contenidos de programación, así como de servicios multimedia añadidos.
- Las potencias de transmisión podrán ser menores que las actuales.
- Mayor oferta de programas ya que por cada canal se podrá transmitir hasta ocho canales digitales de televisión.

- Nuevos servicios interactivos y multimedia como correo electrónico, información de cotizaciones de bolsa, guías electrónicas de programas, vídeo bajo demanda, *pay per view*, etc.
- La norma también cuenta con el apoyo del servicio móvil de televisión digital en dispositivos móviles que está ausente en las implementaciones típicas de televisión digital en Europa y América. Además de esto, el radio de la zona con cobertura de la señal utilizando el estándar DTMB es de 10 km más largo que la aplicación europea, el estándar DVB-T. La norma también tiene las ventajas de las tres normas, DVB-T, T-antiaérea y TiMi3.
- Es capaz de transmitir calidades "aceptables" de señal para receptores HDTV moviéndose a velocidades de hasta 200 km/h.

### **2.6.2 Modulación TDS-OFDM**

OFDM es una tecnología de modulación digital, una forma especial de modulación *multi-carrier* considerada la piedra angular de la próxima generación de productos y servicios de radio frecuencia de alta velocidad para uso tanto personal como corporativo. La técnica de espectro disperso de OFDM distribuye los datos en un gran número de *carriers* que están espaciados entre sí en distintas frecuencias precisas. Ese espaciado evita que los demoduladores vean frecuencias distintas a las suyas propias.

OFDM tiene una alta eficiencia de espectro, resistencia a la interfase RF y menor distorsión multi-ruta. Actualmente OFDM no sólo se usa en las redes

inalámbricas LAN 802.11a, sino en las 802.11g, en comunicaciones de alta velocidad por vía telefónica como las ADSL.

La norma soporta los esquemas de modulación de portadora sencilla como de portadora doble, no se han definido los estándares de codificación de vídeo por defecto, y por ello el costo de la investigación y el desarrollo y la complejidad del circuito integrado para esta norma se incrementarán, dando lugar a productos más caros.

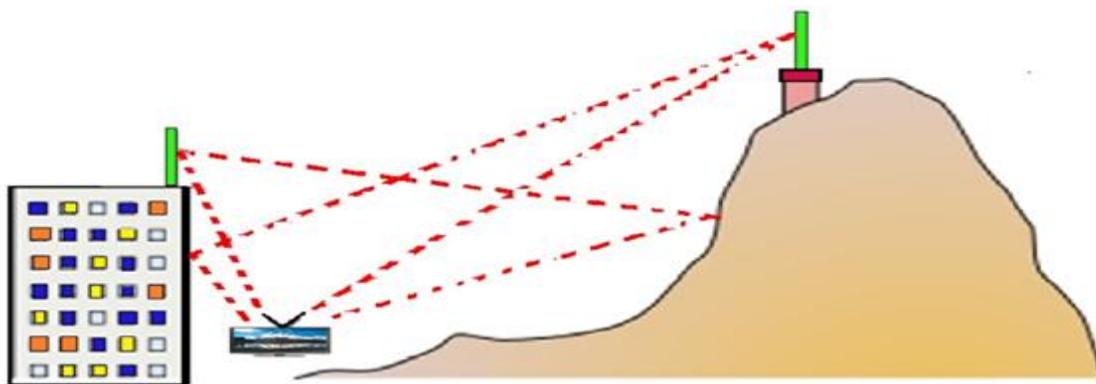


Figura 15. La señal DTMB es inmune a la distorsión por multitrayectoria (Yang, 2006).

Fuente: Yang. Z., Yang. L., Zhang. W.

Cabe señalar, a pesar de la metodología de transmisión de datos que la norma establece, que la propia norma no restringe el uso de cierto número de *codecs* de vídeo que se utilizarán en la transmisión de señales de televisión digital, de modo que cada televisora tiene la facultad de usar cualquiera de los *codecs* que admite vídeo de alta definición, así como los sistemas de subtítulo, guías electrónicas de programas y funciones interactivas.

COFDM: La duración de los bits es superior a los retardos, evitando ecos permitiendo reutilizar las mismas frecuencias en antenas vecinas.

Tener una menor tasa de símbolos por portadora se traduce en un periodo de símbolo más grande, lo que proporciona protección contra los ecos producidos por los múltiples caminos que toma la señal en su propagación. Este caso se da frecuentemente en las grandes ciudades, donde se puede recibir una señal directa del transmisor más una cierta cantidad de señales retardadas por las reflexiones con los edificios.

El hecho de tener un gran número de portadoras sobre las que se distribuye la información proporciona una protección contra interferencias co-canal, ya que si se pierde la información de una portadora debido a estas interferencias se pierde una pequeña porción de información que no tiene por qué ser relevante para la calidad de la transmisión.

La señal modulada tiene una banda de guarda, que es un periodo de tiempo en el que la señal se mantiene constante, repitiendo un símbolo. De esta forma las señales que lleguen con un retardo menor que ese tiempo de guarda se pueden aprovechar como señales constructivas para mejorar la recepción.

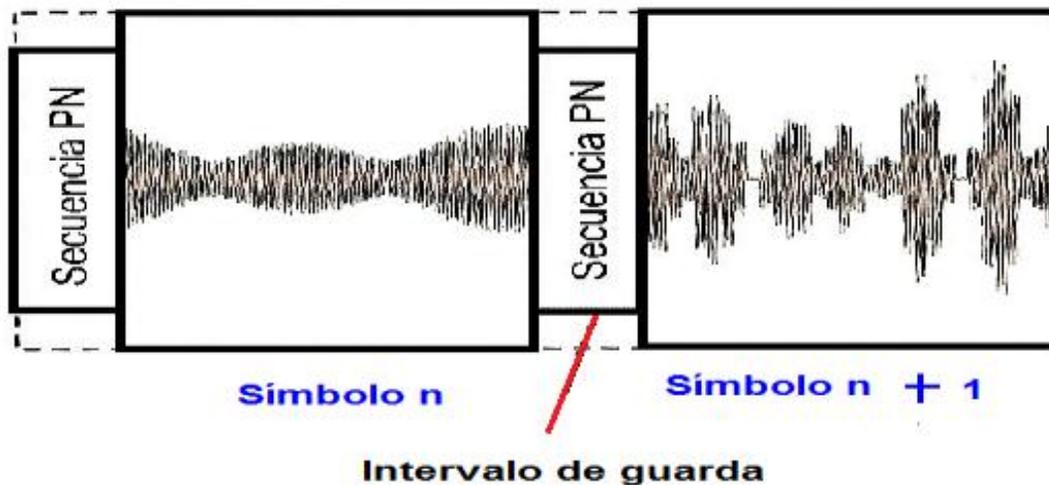
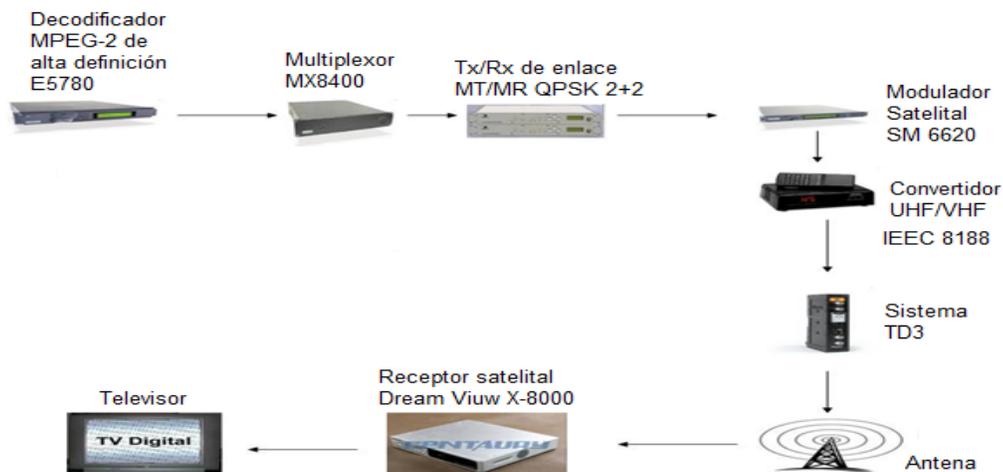


Figura 16. Aprovechamiento de señales constructivas para mejorar la recepción (Yang, 2006).

Fuente: Yang. Z., Yang. L., Zhang. W.

### 2.6.3 Arquitectura de la operación del Estándar Chino DTMB.

Figura 17. Arquitectura del Estándar Chino DTMB (Yang, 2006).



Fuente: Yang. Z., Yang. L., Zhang. W.

## 2.6.4 Sistema de Transmisión

Procesamiento de los datos (*Frame Body* o *FH*).

Dos opciones:

- C1: Modulación de una sola portadora.
- C3780: Modulación OFDM con 3780 portadoras. En este modo, se aplica intercalado adicional de los bloques de datos (*Frame Body*) en el dominio del tiempo.

Incluyen información del tipo de constelación tasa de código LDPC y modo de intercalado.

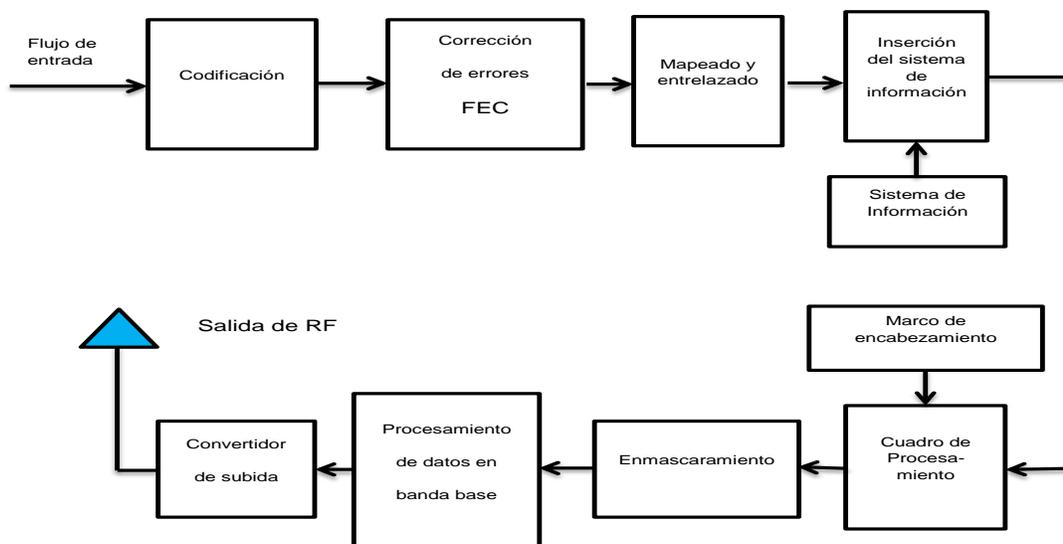


Figura 18. Sistema de transmisión del estándar Chino DTMB (Yang, 2006).  
Fuente: Yang. Z., Yang. L., Zhang. W.

### 2.6.5 Modos de mapeo:

64QAM, 32 QAM, 16QAM, 4QAM y 4QAM-NR (*Nordstrom-Robinson*). En el mapeo de los símbolos se ha considerado la normalización de potencia, lo cual ayuda a mantener la potencia media al mismo nivel en los diferentes mapeos.

Si la modulación escogida es 64QAM, 32QAM, 16QAM ó 4QAM, después del mapeo se entrelazan los símbolos en el tiempo. Si en cambio se escoge 4QAM-NR el proceso no es el mismo.

### 2.6.6 Información del sistema:

Cada bloque de datos (FB) contiene 16 símbolos mapeados en BPSK. Los primeros 4 indican el modo de modulación. Los 32 símbolos restantes están en códigos *Walsh* protegidos en espectro disperso.

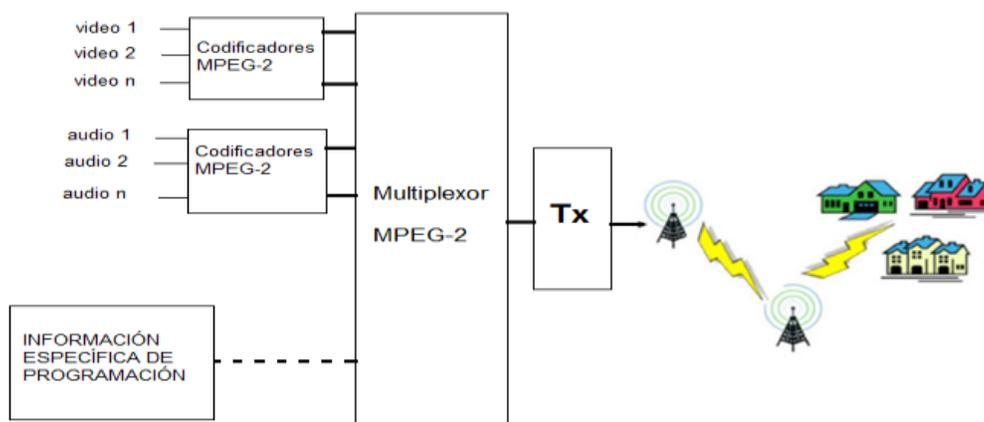


Figura 19. Cadena de transmisión.  
Elaborado por: Xavier Páez

## 2.6.7 Codecs de audio.

Para los Codecs de Audio la norma establece Dolby Digital, conocido como AC-3 (*Audio Codec 3*) y SR-D (*Spectral Recording-Digital*). Sistema que proporciona sonido digital mediante seis canales independientes (lo que se llama también 5.1). Los tres canales frontales (izquierda/centro/derecha) proporcionan diálogos claros y nítidos y una ubicación precisa de los sonidos en pantalla, mientras los canales envolventes gemelos (trasero izquierda/trasero derecha) rodean al público y lo sumergen en la acción. El canal LFE (*Low-Frequency Effects*, efectos de baja frecuencia) proporciona un impacto real para las explosiones y otros efectos que pueden ser literalmente sentidos además de oídos. Como el canal LFE, usa sólo una décima parte del ancho de banda que los demás, se le llama canal 1.

## 2.6.8 Parámetros de operación del estándar DTMB en recepción.

Tabla 11. Parámetros de operación en recepción del DTMB

CBER Tasa de error de bit	Ic Intensidad de campo (dB $\mu$ V/m)	BW (MHz) Ancho de Banda	C/N (dB) Relación señal a ruido	Potencia de la señal recibida (dBm)
Entre: 1 x 10 E-1	668 a 674 MHz	5.67	13.7 dB para BER = 1E-4	Entre -30 y -80 dBm
1 x 10 E-6	3+20 log f (MHz)			

Elaborado por: Xavier Páez

## **CAPITULO 3**

### **3. PRUEBAS TÉCNICAS DE CAMPO**

Las pruebas de TDT realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, se desarrollaron sobre la base de un Protocolo de Pruebas establecido por la Superintendencia de Telecomunicaciones y que recopilaba las experiencias de las pruebas de TDT de Colombia y Perú. Este Protocolo, se encuentra redactado en el “Informe para la definición e implementación de la TDT en el Ecuador”, presentado ante el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (SUPERTEL, 2010).

#### **3.1 OBJETIVO PRINCIPAL.**

Evaluar técnicamente el estándar de TDT cuyo desempeño se adapte a las características de transmisión y recepción en el Distrito Metropolitano de Quito, tomando en cuenta que el estándar a ser elegido tendría que coexistir durante el período de *simulcast*, es decir tanto la señal analógica, como la señal digital de televisión durante el período que demande el proceso de transición de tecnología analógica a digital, hasta el definitivo apagón analógico.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Evaluar los estándares de TDT, bajo parámetros similares de transmisión y recepción, tomando en cuenta la recomendación UIT-R BT.2035-11(UIT, 2004).
- Evaluar el comportamiento de los estándares de TDT, operando en un canal adyacente a un sistema de televisión analógica.
- Determinar la calidad y disponibilidad de la señal de TDT en recepción: fija, portátil, peatonal, móvil y personal.
- Identificar las fortalezas y debilidades de los estándares de TDT.
- Determinar los niveles de cobertura y la eficiencia de la señal de cada estándar en prueba. <sup>2</sup>

### **3.3 PRUEBAS DE TDT EN EL D.M. DE QUITO.**

Las pruebas de campo de TDT, fueron realizadas en sectores ubicados a lo largo y ancho del Distrito Metropolitano de Quito, mediante el empleo de programas televisivos en alta definición debido a que es el modo que demanda mayor ancho de banda. No obstante se realizaron pruebas de referencia en definición estándar, ya que todos los estándares probados mantuvieron al aire, simultáneamente programación en alta definición y en definición estándar. Cabe indicar que para el año 2009 el estándar DVB-T, no tenía desarrollado su estándar para movilidad (*one sec*), por lo que los únicos estándares probados en movilidad y portabilidad fueron los estándares ISDB-T, ISDB-Tb y DTMB, quienes disponían de quipos portátiles para la ejecución de estas pruebas. En

---

<sup>2</sup> Párrafo tomado del Protocolo de Pruebas de Campo de TDT, autor Supertel.

la primera fase de pruebas, se evaluó a los estándares DVB-T, ISDB-T e ISDB-Tb (el transmisor era el mismo para estos dos estándares), luego se evaluó a los estándares ISDB-Tb y DTMB.

Para la realización de las pruebas de campo, se utilizó un transmisor ajustado a los canales 45 y 47 con frecuencias centrales: 669.142857 y 671.142857 MHz respectivamente, el cual se encuentra ubicado en el Cerro Pichincha con coordenadas geográficas de 00° 10' 2.12" latitud Norte y 78° 31' 22" longitud Oeste; a una altura sobre el nivel del mar de 3766 m. De igual manera se realizó una comparación de los niveles de recepción entre una señal analógica y digital, para lo cual se utilizó la señal del canal analógico de televisión abierta RTU canal 46 (662 – 668 MHz), el mismo que operaba con 5000 vatios de potencia, es decir con una relación de potencia de 10:1 (diez a uno) respecto del canal de prueba de TDT.

Las pruebas de campo para cada estándar de TDT, se ejecutaron bajo similares condiciones de transmisión, situación que implicó transmitir la señal de TDT, empleando un único sistema radiante y con un nivel de potencia igual, es decir 500 vatios.

Las pruebas de recepción se realizaron en 85 puntos distribuidos en la ciudad de Quito y alrededores. Los puntos de medición se determinaron trazando 20 radiales con 10° de separación y la intersección de arcos trazados a distancias del transmisor de 2.5, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 y 20 km según la recomendación UIT-R BT.2035-11.

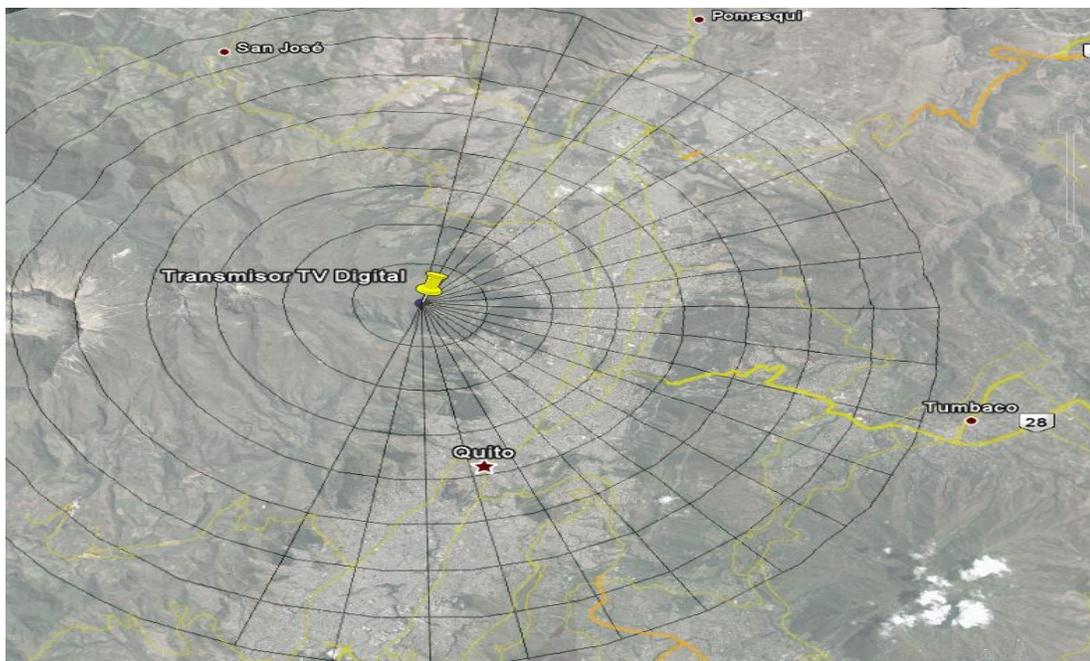


Figura 20. Puntos de medición según el Protocolo para las pruebas de campo.  
Fuente: SUPERTEL.

Luego de realizar una inspección *in situ* y analizar cada uno de los puntos indicados en el mapa, donde se debían realizar las mediciones, fue necesario cambiar algunos puntos de medición por cuanto los mismos correspondían a quebradas o accidentes geográficos de difícil acceso, así mismo tomando en cuenta la consideración de que la mayor parte de la población del Distrito Metropolitano de Quito se encuentra ubicada en forma longitudinal, fue necesario adoptar otros puntos de medición basados en la existencia de zonas de sombra donde se conocía, la dificultad de recepción de señales de televisión analógica.

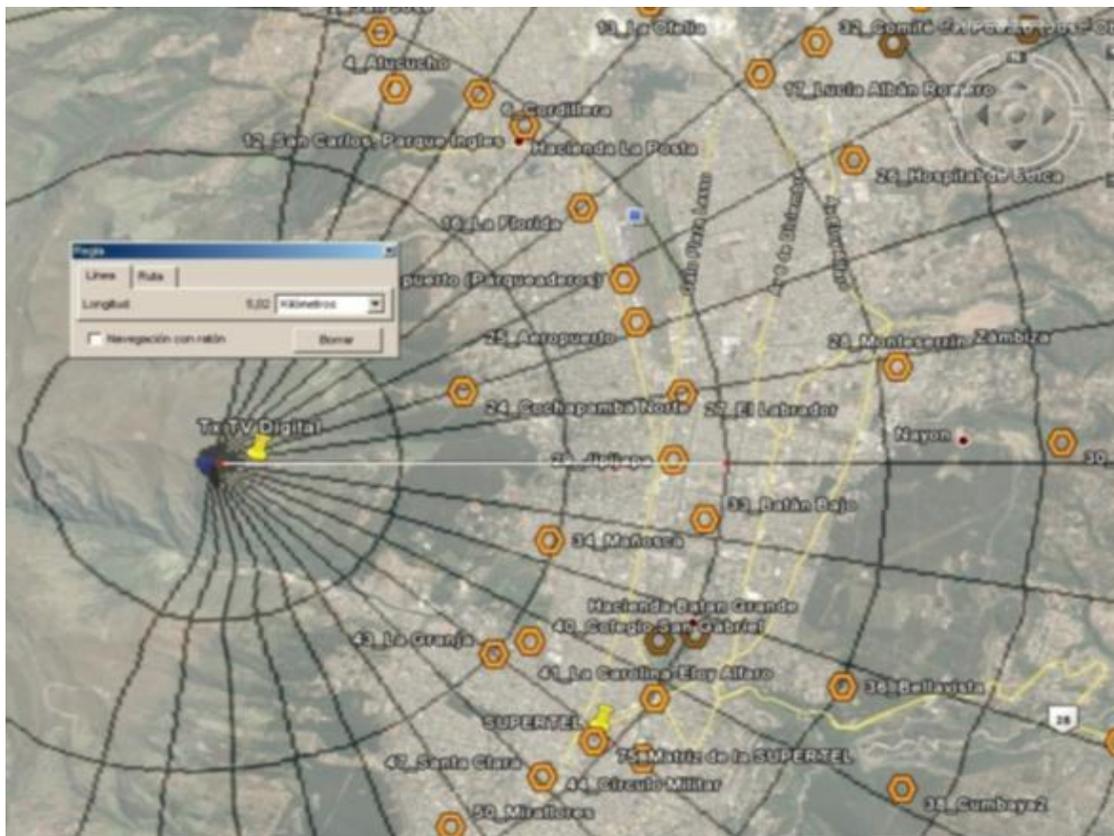


Figura 21. Puntos en los que se realizaron las pruebas de recepción en modo fijo exterior.

Fuente: SUPERTEL

Dentro de las pruebas realizadas fue muy importante el aporte de las Universidades y Escuelas Politécnicas del País, ya que fueron estudiantes de los últimos años quienes tuvieron la responsabilidad de la evaluación subjetiva de imagen y sonido de acuerdo a la recomendación UIT-R BT.500, a los diferentes estándares de TDT.

La evaluación subjetiva de imagen y sonido se realizó considerando los 5 niveles establecidos en la recomendación UIT-R BT.500 (UIT, 2006).

Tabla 12. Evaluación subjetiva de imagen y sonido. Recomendación UIT-R. BT.500

Grado	Calidad	Deterioro	Definición
5	Excelente	Imperceptible	Recepción sin Fallas
4	Bueno	Perceptible pero no molesto	Recepción con fallas que no motivan al evaluador a cambiar de canal.
3	Regular	Ligeramente molesto	Recepción con fallas, por lo cual el evaluador no está conforme, pero considera que se puede esperar un intervalo de tiempo sin cambiar de canal.
2	Pobre	Molesto	Recepción con fallas que motiva al evaluador cambiar de canal.
1	Malo	Muy Molesto	No hay señal

Nota Fuente: Recomendación UIT-R. BT.500

La calidad de las señales de TDT está sujeta a problemas diferentes de los que tiene la señal analógica (ruido impulsivo, llovizna, entre otros), los mismos que ocasionan el aumento en la cantidad de bits errados. En las señales digitales, cuando la tasa de errores no es demasiado grande, esta situación es superable a través de algoritmos de corrección de errores, sin que la degradación sea percibida por el televidente.

Para tener un criterio desde el punto de vista de un televidente, se coordinó con varias universidades del país públicas y privadas para contar con veedores durante las pruebas de TDT, observando la recomendación UIT-R BT.500, que entre otros contiene los siguientes lineamientos: Utilización de métodos de evaluación subjetiva, que es una percepción visual de la calidad de la imagen observada por el televidente, para determinar la calidad de funcionamiento de sistemas de televisión a través de mediciones que anticipan de manera más directa las reacciones de quienes podrían ver los sistemas probados. En este aspecto, se comprende que no sería posible caracterizar totalmente la calidad de funcionamiento del sistema por medios objetivos; en

consecuencia, es necesario complementar las mediciones objetivas con mediciones subjetivas.

En general, hay evaluaciones que determinan la calidad de funcionamiento de sistemas bajo condiciones óptimas, los que típicamente se denominan evaluaciones de calidad. Las mediciones se basaron en la evaluación de parámetros cualitativos como la recepción de señal, calidad del video, calidad y continuidad del audio; y parámetros cuantitativos como mediciones del MER, intensidad de campo electromagnético, relación C/N, potencia de la señal recibida.

### **3.4 ASPECTOS TÉCNICOS QUE SE TOMARON EN CUENTA PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DE TDT.**

Para efectuar las pruebas se tomó como base la recomendación UIT-R BT. 2035-1 (UIT, 2004), “Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal”, cuyo objetivo fue evaluar la calidad de funcionamiento del sistema o sistemas disponibles con diversas configuraciones de transmisión y recepción.

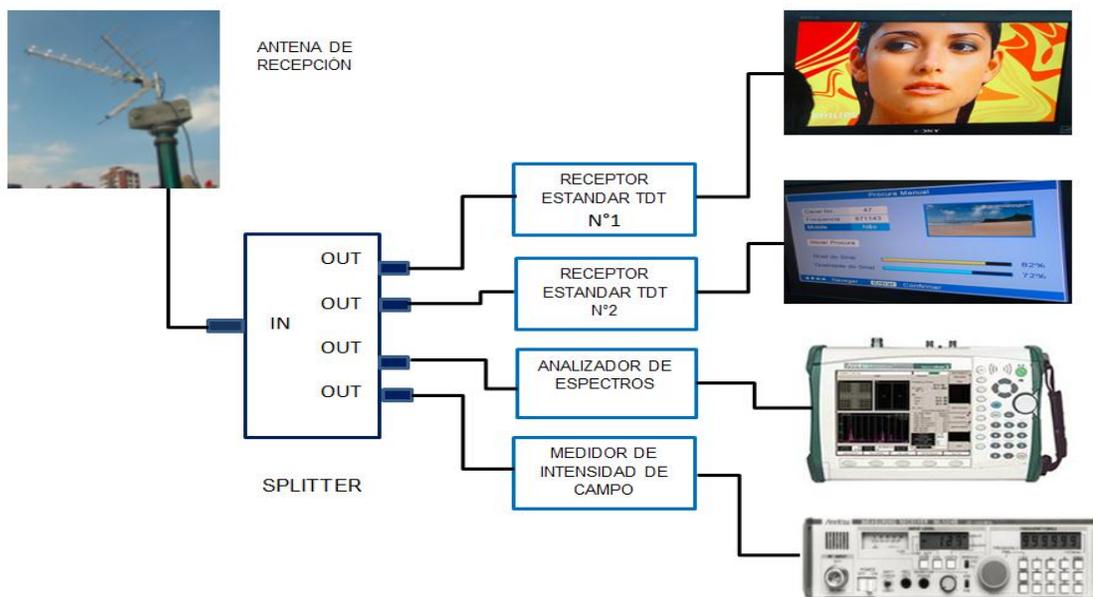


Figura 22. Disposición de los equipos de control para las pruebas de campo.  
Elaborado por: Xavier Páez.

### 3.4.1 Equipos utilizados para las pruebas de TDT.

#### 3.4.1.1 Televisor.



Figura 23. Televisión LCD HDTV  
Fuente: Sony

#### Características generales.

- Televisor tipo: Flat Panel LCD HDTV

- Resolución: 1366 x 768p (HD)
- Contraste dinámico: 2,000:1
- Resolución: 1366 x 768
- Contraste: 2,000:1
- Tamaño de pantalla (medido diagonalmente): 22" (21.6")
- Ángulo de visualización (derecha / izquierda): 85/85
- Ángulo de visión (arriba / abajo): 80/80
- AC Entrada: 1 (posterior)
- Entradas de audio analógicos: 5 (4 posteriores/1 lado)
- Entradas de audio para HDMI™: 1 (posterior)
- Salida de audio: 1 (posterior)
- Entrada de video por componentes: 1 (posterior)
- Entradas de video compuesto: 2 (1 lado/1 posterior)
- Salidas de audio digital: 1 (posterior) Salidas digitales ópticas
- Conexiones HDMI™: 1 (posterior)
- Salida de auriculares: 1 (lado)
- Entrada de PC + entrada de audio (mini estéreo): 1 (posterior)
- Conexión de Entrada de RF: 1 (posterior)
- Entrada de S-Video: 1 (posterior)

### 3.4.1.2 Decodificadores utilizados en las pruebas de TDT.

Decodificador para el estándar japonés, ISDB-T.DX ANTENNA, Modelo: DIR510



Figura 24. Decodificador ISDB-T: DX ANTENNA, Modelo: DIR510  
Fuente: ISDB-T.

Decodificador para el estándar europeo DVB-T.



Figura 25. Decodificador DVB-T: SNAZIO, Modelo: SZ1323  
Fuente: SNAZIO.

Decodificador para el estándar japonés-brasileño ISDB-Tb.



Figura 26. Decodificador ISDB-Tb: ZIROK, Modelo: ZBT-620Z  
Fuente: ZIROK.

Decodificador para el estándar Chino, DTMB.



Figura 27. DTMB: DIGITAL TELEVISION RECEIVER, TSINGHUA TONGFANG  
Fuente: TSINGHUA TONGFANG.

### 3.4.1.3 Antenas.

- **Tipo yagi.**

Antena direccional tipo yagi de 8 elementos con ganancia de 14 dBi, colocada sobre un mástil telescópico de 10 metros de altura que fue utilizada en las pruebas de recepción fija en exteriores.



Figura 28. Vehículos, mástil y antena utilizados en las pruebas de recepción en modo fijo  
Elaborado por: Xavier Páez.

- **Antena omnidireccional VHF/UHF**

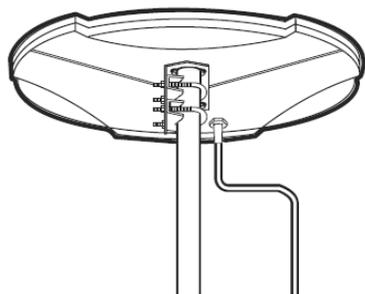


Figura 29. Antena utilizada en las pruebas de recepción móvil y drive test  
Fuente: RadioShack.

- Marca RadioShack
- Bandas de operación:
- UHF: 470 a 810 MHz
- Ganancia promedio VHF/UHF: 20 dB
- Impedancia: 75 ohmios
- Voltaje 12 VDC para activar el amplificador de la antena.

- **Antena *loop* para interiores.**



Figura 30. Antena VHF/UHF HDTV con amplificador marca RadioShack  
Fuente: RadioShack.

- Gama de frecuencias: de 40 a 862 MHz

- Ganancia de sistema: 26 dB
- Control de ganancia: VHF 17 dB mín. y UHF 13 dB mín.
- Cifra de ruido: 4.5 dB máx.
- Fuente de voltaje: 120 voltios C.A., 60 Hz / 12 VDC 200 mA
- Pérdida por inserción de ext. A TV: VHF/UHF 3.5 dB máx.
- Aislamiento int./ext.: VHF 30 dB mín. / UHF 25 dB mín.
- Peso: 870 g.
- Dimensiones (AAP): 97.2 x 29.2 x 11 cm. Antena completamente extendida.

#### 3.4.1.4 Divisor de línea (*Splitter*)

Dispositivo constituido por un transformador y bobinas para adaptar impedancias entre la entrada y las salidas a 75 Ohms.



Figura 31. Splitter utilizado en las pruebas de TDT en modo recepción fija  
Fuente:TELESystem.

- Divisor de 4 salidas
- Frecuencia de operación: 5 a 1000 MHz
- Conector tipo “F” de 75 Ohms
- Pérdidas por inserción: 7.5 dB
- Terminal para aterrizar el dispositivo

### 3.4.1.5 Cable coaxial RG-59



Descripción	Modelo	Características	Atenuación Nominal MHz dB/100m
RG59 70% CATV 75 Ohm	3070P	O.D. 6.15 mm Malla de Aluminio tejida al 70% 16x5/0.16 hilos Alum.	5 2.82 55 6.73 250 13.45 350 15.75 550 15.92
RG59 90% CATV 75 Ohm	3090P	O.D. 6.15 mm Malla de Aluminio tejida al 90% 16x6/0.16 hilos Alum.	750 22.87 865 24.67 1000 26.64

Figura 32. Cable coaxial de 15 metros de longitud, conexión con el mástil  
Fuente: RadioShack.

Operación: VHF/UHF, Diámetro: 3,68 mm

### 3.4.1.6 Analizador de espectros.

Analizador de espectros marca Anritsu, modelo MS8911B.

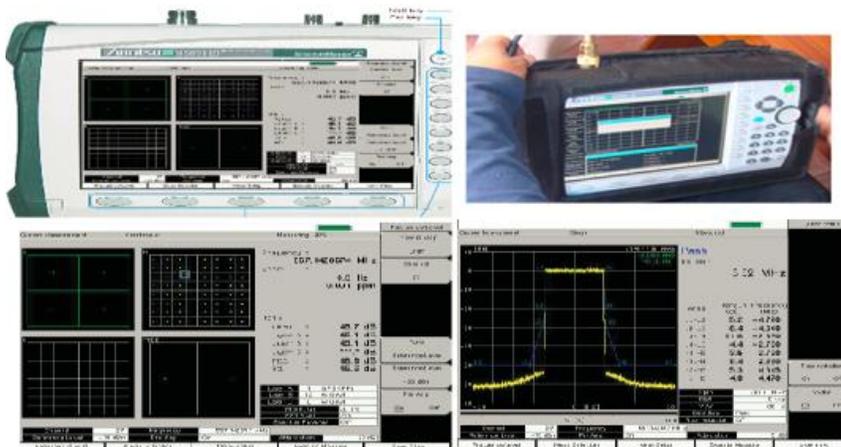


Figura 33. Analizador de espectros marca Anritsu, modelo MS8911B  
Fuente: Anritsu.

- Rango de frecuencia: 100 kHz to 7.1 GHz
- Resolución del selector: 1 Hz
- Referencia de frecuencia: 10 MHz
- Frecuencia Span: 10 Hz to 7.1 GHz + 0 Hz (cero span)

- Sweep Time: Min. 100 ms, 10  $\mu$ s en cero span
- Resolución Bandwidth: ( $-3$  dB width) 10 Hz a 3 MHz en secuencia de 1-3
- Video Bandwidth: ( $-3$  dB) 1 Hz to 3 MHz en secuencia de 1-3
- Nivel de potencia:  $-50$  dBm,  $<35$  dB  $>10$  MHz to 4 GHz  $\pm 1.25$  dB
- Atenuación de entrada: Preamp Off  $>4$  a 7.1 GHz  $\pm 1.75$  dB
- Modos de escala logarítmica: dBm, dBV, dBmV, dB $\mu$ V
- Modos de escala lineal: nV,  $\mu$ V, mV, V, kV, nW,  $\mu$ W, mW, W, kW
- Rango de atenuación: 0 to 65 dB
- Sistema de Modulación: QPSK, 16 QAM, 64 QAM
- Intervalo de guarda: 1/4 1/8 1/16
- Unidades: dBm, dB $\mu$ V, dB $\mu$ V[emf], dB $\mu$ V/m
- Demodulación: AM/FM

### 3.4.1.7 Mediciones *drive test* para TDT.

Equipo para mediciones móviles NAVIGATOR marca Audemat



Figura 34. Medidor móvil de TDT, marca Audemat  
Fuente: Audemat.



### 3.4.1.8 Medidor de intensidad de campo.

Medidor de intensidad de campo marca Anritsu, modelo ML524B.



Figura 36. Medidor de intensidad de campo marca Anritsu ML524B  
Fuente: Anritsu.

- Impedancia de entrada RF: 50 ohmios, conector tipo N.
- Rango de frecuencia: 25 a 999.9999 MHz
- Frecuencia de resolución: 12,5 kHz, 1 kHz
- Programación a través del teclado y botón de sintonía fina.
- Capacidad de memoria: 100 frecuencias.
- Estabilidad de frecuencia:  $\pm 1 \times 10^{-6}$
- Mínimo valor 5 dBuV (25 a 300 MHz), 5 dBuV (300 a 999.9999 MHz)
- Valor máximo de voltaje: 100 dBuV (25 a 999.9999 MHz)
- Medición programada C/N: 6 dB (mínimo valor)

### 3.5 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS DE TDT EN EL D. M. DE QUITO.

Las pruebas tendientes a evaluar los diferentes estándares de TDT, se desarrollaron de acuerdo al siguiente cronograma:

Tabla 13. Cronograma de pruebas de TDT

ESTANDAR	PERÍODO DE PRUEBAS	
	INICIO	FIN
DVB-T	20_02_2009	13_03_2009
ISDB-T	20_02_2009	13_03_2009
ISDB-Tb	29_06_2009	10_07_2009
DTMB	29_06_2009	10_07_2009

Elaborado por: Xavier Páez

En el desarrollo de las pruebas de TDT, se utilizaron los canales 45 y 47 para la evaluación de los estándares de TDT y los canales analógicos 46 (RTU) y 48 (TELESUR) sirvieron para comparación de señales analógicas y digitales así como demostrar la convivencia de las dos tecnologías.

Tabla 14. Canales de TV utilizados en las pruebas de TDT

CANALES DE TV UTILIZADOS EN LAS PRUEBAS DE TDT	
ESTÁNDAR	CANAL UTILIZADO (MHz)
DVB-T digital	45 (659.1428571)
ISDB-T digital	47 (671.1428571)
ISDB-Tb digital	47 (671.1428571)
DTMB digital	45 (659.1428571)
NTSC analógico (adyacente) RTU	46 (662 – 668)
NTSC analógico (adyacente) TELESUR	48 (674 – 680)

Elaborado por: Xavier Páez

Para la ejecución de las pruebas de cada estándar de TDT, se emplearon transmisores configurados a una potencia de 500 vatios, con un ancho de banda de 6 MHz y un mismo sistema radiante.

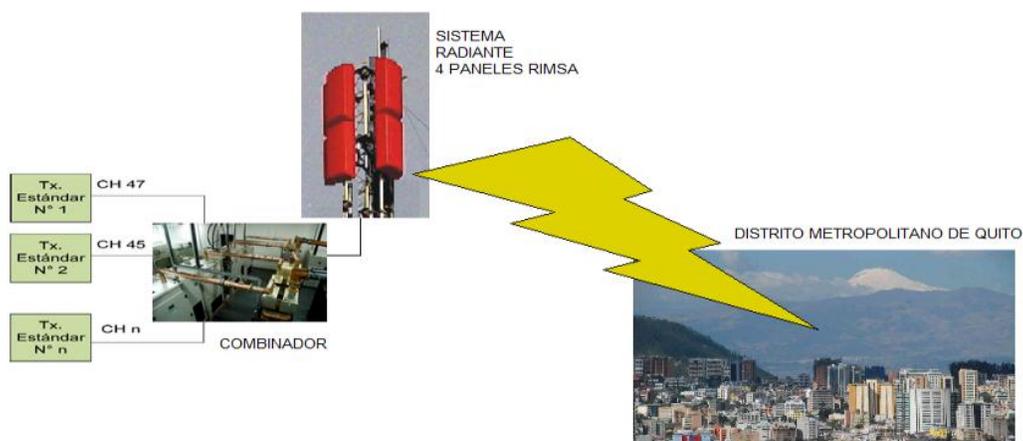


Figura 37. Diagrama del Sistema de Transmisión  
Elaborado por: Xavier Páez



Figura 38. Transmisores utilizados en las pruebas TDT y que fueron instalados en el Cerro Pichincha  
Fuente: SUPERTEL

Ajustes técnicos de los Estándares de TDT para la transmisión de programación.

Tabla 15. Parámetros de operación de los estándares de TDT evaluados

ESTÁNDAR	DVB-T	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB		
TIPO DE SEÑALES	1 HD	1 HD/One Seg	2HD/One Seg	2HD/2SD		
Nº DE PORTADORAS	8k	8k	8k	8k		
INTERVALO DE GUARDA	1/16	1/16	1/8	1/9		
COMPRESIÓN	MPEG 2	MPEG 2	MPEG 4	MPEG 4		
ESQUEMA DE MODULACIÓN	64 QAM	QPSK one seg	64QAM	QPSK one seg	64QAM	
FEC	3/4	2/3	3/4	1/2	3/4	3/4
TIME INTERLEAVING	....	0.4 seg.	0.2 seg.	0.4 seg.	0.2 seg.	.....
TASA DE TRANSMISIÓN	17.56 Mbps	440 kbps	17.8 Mbps	220 kbps	8 Mbps	8 Mbps
POTENCIA DE OPERACIÓN	500 W	500 W	500 W	500 W	500 W	500 W
MARCA TX	BTESA	TOSHIBA	TOSHIBA	TOSHIBA	BBEF	BBEF

Fuente: SUPERTEL

En la primera fase de pruebas entre los estándares DVB-T, ISDB-T e ISDB-Tb, el estándar ISDB-Tb presentó también un solo canal HD y *one-seg* (LDTV) utilizando los mismos parámetros técnicos del estándar ISDB-T, a excepción del modo de compresión MPEG-4. Luego en la segunda etapa de pruebas, cuando se evaluó el estándar Chino DTMB, conjuntamente con el estándar ISDB-Tb, se tuvo 2HD y *one-seg* para ISDB-Tb y 2HD y 2SD para DTMB, cada HD con una tasa de transmisión de 8Mbps.

Tomando como base la Recomendación UIT-R BT.500 Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imágenes de televisión, que se sustenta en la Percepción del Ojo Humano (Gutierrez, 2006), para la evaluación subjetiva se realizó pruebas en los siguientes modos:

- Fijo exterior.
- Fijo interior.
- Portátil.

- Peatonal.
- Móvil, y
- Personal.

El tiempo mínimo de medición del valor de los parámetros señalados para las pruebas de recepción tanto en modo exterior como interior, fue de 3 minutos con el fin de evaluar la señal en cada punto seleccionado.

### **3.6 RECEPCIÓN FIJA**

Este modo de recepción se realizó con equipos y antenas que permanecen fijas. Esta prueba se realizó en dos modalidades: modo exterior y modo interior. El tiempo mínimo de medición del valor de los parámetros señalados para las pruebas de recepción de interiores y exteriores fue de 3 minutos a fin de evaluar la señal en cada punto seleccionado.

#### **3.6.1 Modo Exterior.-**

Se determinaron para este modo de evaluación, 85 (ochenta y cinco) puntos de medición dentro del Distrito Metropolitano de Quito y a una distancia relativa entre 2 y 10 km del transmisor. Esta prueba fue realizada, usando el equipo técnico instalado en un vehículo móvil acondicionado para el caso, con

una antena tipo yagi instalada sobre un mástil de 10m de altura y buscando siempre la máxima señal de recepción.

A continuación, se detalla el procedimiento empleado para este tipo de prueba.

- Ubicación del vehículo móvil en la zona determinada.
- Elevación de la antena a la altura máxima de 10m.
- Verificación del nivel de potencia del transmisor con un valor nominal de 500 W, mediante comunicación por radio con la estación transmisora.
- Orientación de la antena en el punto de mayor recepción.
- Lectura de la hora de inicio de la prueba.
- Lectura de la posición geográfica y la altitud mediante el uso de un GPS.
- Descripción del entorno y el clima.
- Lectura del nivel de señal en el medidor de intensidad.
- Captura de imágenes fotográficas y grabación de vídeo del nivel de señal.
- Consignación en actas de los datos obtenidos.
- Conexión de la antena tipo yagi con el set top box, a través de cable coaxial y entre el set top box y el receptor de televisión, por medio un cable con terminales HMDI.
- Verificación de la señal recibida en la pantalla de televisión.
- Captura de imágenes fotográficas y grabación de vídeo de la calidad de la señal recibida.

- Valoración por los miembros presentes de la subcomisión, mediante la asignación de una calificación de 1 a 5 según la calidad de la señal recibida.
- Lectura de la hora de finalización de la prueba.
- Fin de la prueba, se cierra, se firma el Acta respectiva y se termina la sesión de grabación de video.



Figura 39. Vehículos de la SUPERTEL utilizados en las pruebas de TDT  
Elaborado por: Xavier Páez



Figura 40. Prueba de TDT, en modo de recepción fijo exterior  
Elaborado por: Xavier Páez

### **3.6.1.1 Pruebas de cobertura, ancho de banda y relación señal a ruido.**

Como parte de las pruebas en modo fijo exterior, se realizaron mediciones técnicas que permitieron determinar la cobertura, el ancho de banda y la relación señal a ruido de las señales que presentaron los diferentes estándares de TDT. Para este tipo de mediciones, se consideró la Recomendación UIT-R P.845-3 (Medición de la intensidad de campo en ondas decamétricas) y la Recomendación UIT-R BT.2035-11 (Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrenal).

La cobertura, se estableció con la determinación de la intensidad de campo, medida para una facilidad de transmisión dada, que permite obtener calidad de recepción, dependiendo de la sensibilidad del receptor, del rendimiento de la antena y del ruido natural o artificial.

Las mediciones de cobertura, ancho de banda y relación señal a ruido, se realizaron utilizando una antena direccional UHF, tipo yagi de 8 elementos con pantallas reflectoras, con ganancia aproximada de 14 dBd, instalada sobre un mástil de 10 metros de altura sobre el nivel del suelo.

### 3.6.2 Modo Interior

Esta prueba fue realizada en el interior de 20 edificaciones, en las cuales se instalaba un televisor LCD de 32 pulgadas acoplado a una antena tipo *loop*.



Figura 41. Pruebas de TDT en modo fijo interior  
Fuente: SUPERTEL



Figura 42. Pruebas de TDT en modo fijo interior  
Fuente: SUPERTEL

Como parte de las pruebas en modo fijo interior, luego de los tres minutos establecidos para la evaluación subjetiva, se ponía en operación una licuadora que se encontraba cerca a la antena *loop* utilizada para la recepción, con el fin de comprobar si en estas condiciones existía influencia del ruido eléctrico sobre la señal de recepción.



Figura 43. Señal de recepción de TDT, sometida a influencia de ruido eléctrico  
Fuente: SUPERTEL

### 3.7 RECEPCIÓN PORTÁTIL

Esta prueba se realizó dentro de un vehículo, con un equipo receptor de televisión, el que se tenía incorporado su propia antena. Este equipo permitió la recepción de la señal *one-seg*. En este tipo de modalidad no participo el estándar DVB-T, ya que para el año 2009, no tenía desarrollado su estándar para lo que es portabilidad, por lo que no contaba con receptores para este fin.

Durante el modo de recepción portátil, el vehículo se encontraba en movimiento a una velocidad promedio de 30 kmph (velocidad sujeta al tráfico de Quito a

partir de la 09h00). Durante esta prueba las personas evaluadoras se encontraban sentadas cada uno en un asiento del vehículo. Al mismo tiempo un televisor con antena externa UHF de marca RadioShack receptaba la señal HD del estándar probado.

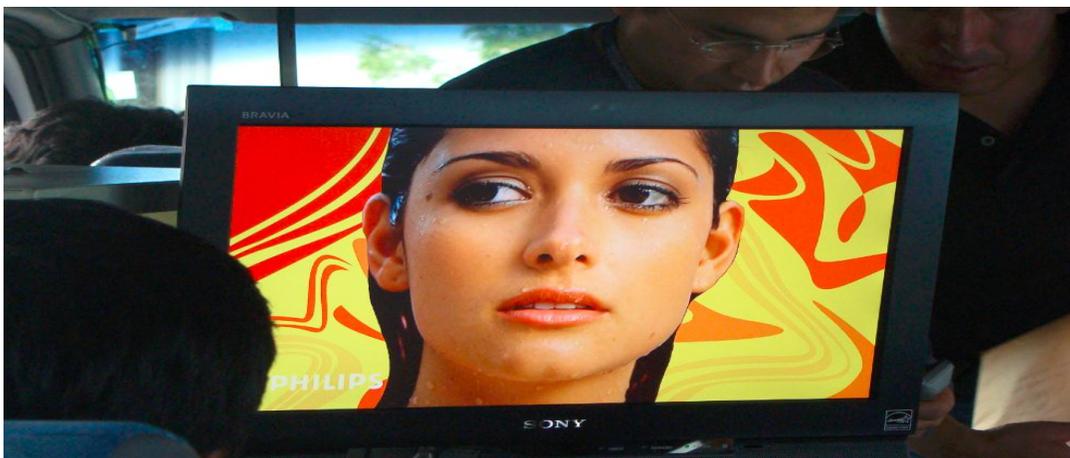


Figura 44. Pruebas de TDT en modo portátil, dentro de un vehículo en movimiento  
Fuente: SUPERTEL



Figura 45. Pruebas de TDT en modo portátil, se muestra un equipo de telefonía móvil que se encuentra dentro de un vehículo en movimiento.  
Fuente: SUPERTEL

### 3.8 RECEPCIÓN PEATONAL, ISDB-T E ISDB-Tb.

La prueba se realizó con equipos portátiles que recibían señal *one-seg*, la persona evaluadora, se desplazaba a una velocidad promedio de 5 km/h (Perelman, 1975) mirando el receptor, dentro de este desplazamiento se realizaron giros y paradas que es un escenario real comparado cuando una persona recibe o realiza una llamada con un equipo de telefonía móvil. Esta prueba se efectuó en 20 (veinte) puntos de medición.



Figura 46. Pruebas de TDT en modo peatonal  
Fuente: SUPERTEL



Figura 47. Pruebas de TDT modo peatonal, cada evaluador dispone de un receptor de telefonía móvil  
Fuente: SUPERTEL

### 3.9 RECEPCIÓN MÓVIL

Las pruebas de evaluación en modo móvil, se efectuaron en 3 circuitos localizados dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

**Circuito 1.-** Tramo comprendido entre El Parque el Ejido y El Condado.

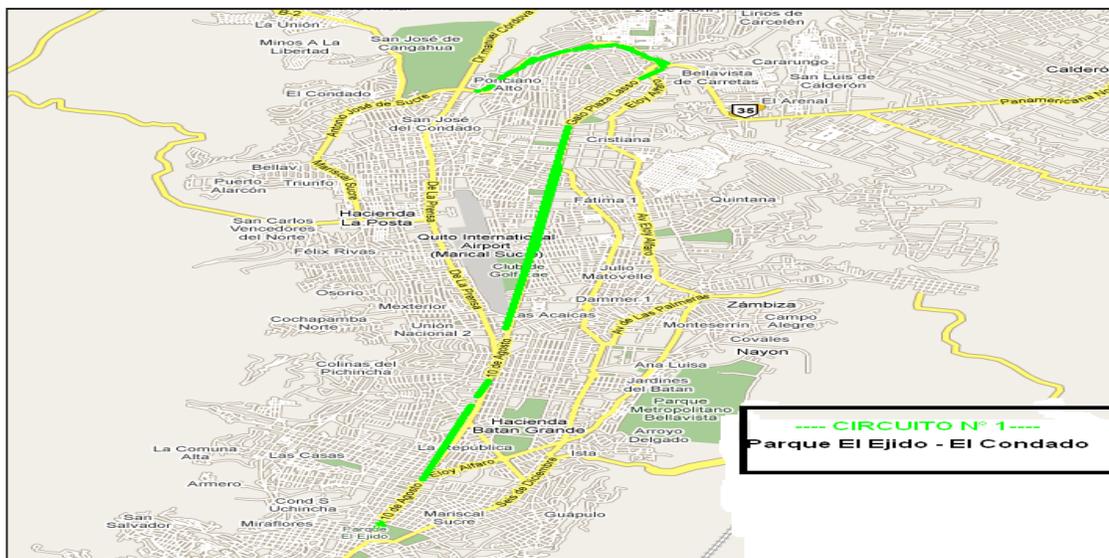


Figura 48. Circuito 1, para el modo de evaluación móvil  
Fuente: SUPERTEL

**Circuito 2.-** Compuesto por 4 tramos:

- El Condado – Monjas (entrada a la Av. Simón Bolívar)
- Monjas (entrada a la Av. Simón Bolívar) – Chillogallo
- Chillogallo – Sector 2 Puentes (Av. Enríquez)
- Sector 2 Puentes (Av. Enríquez) – El Condado

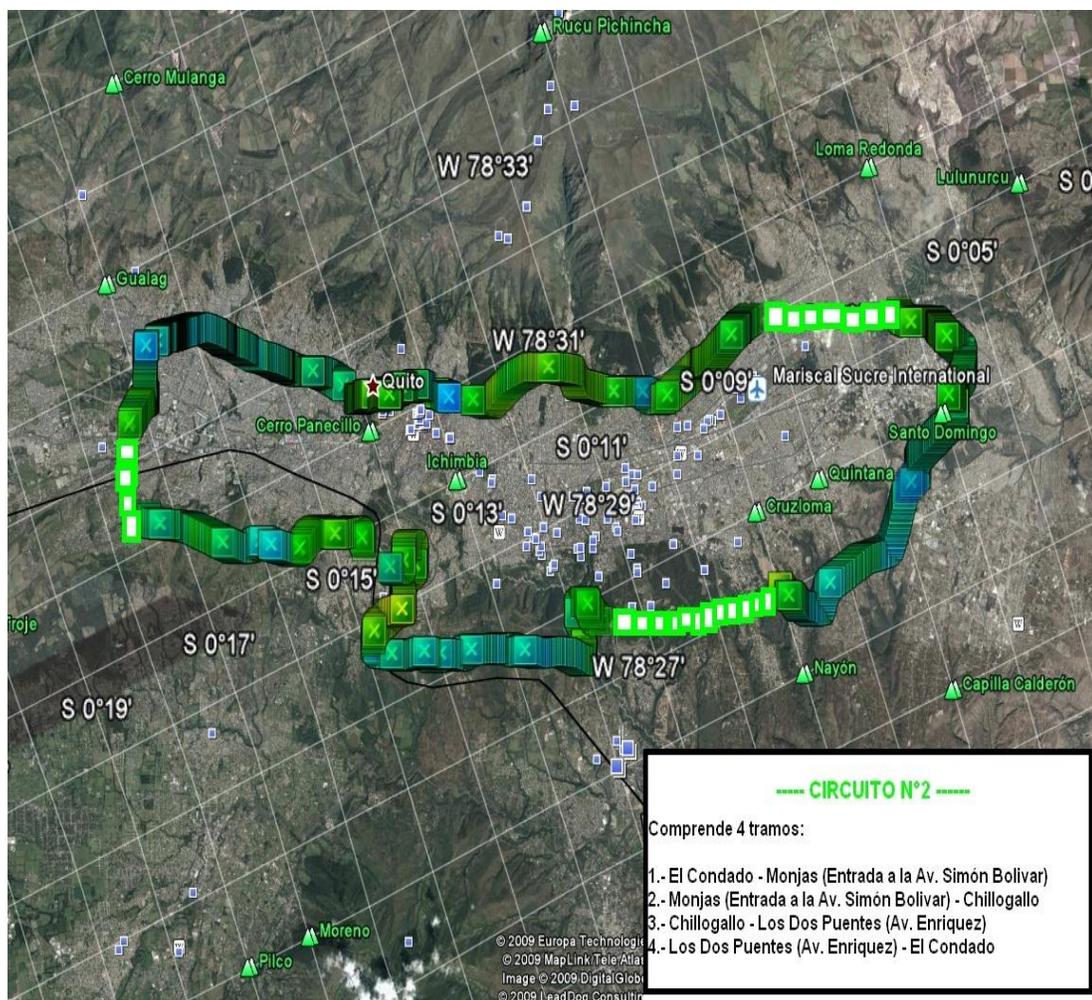


Figura 49. Circuito 2, para el modo de evaluación móvil  
Fuente: SUPERTEL

**Circuito 3.-** Compuesto por dos tramos:

- El Ejido – La Recoleta
- La Recoleta – Guamaní (La Joya)

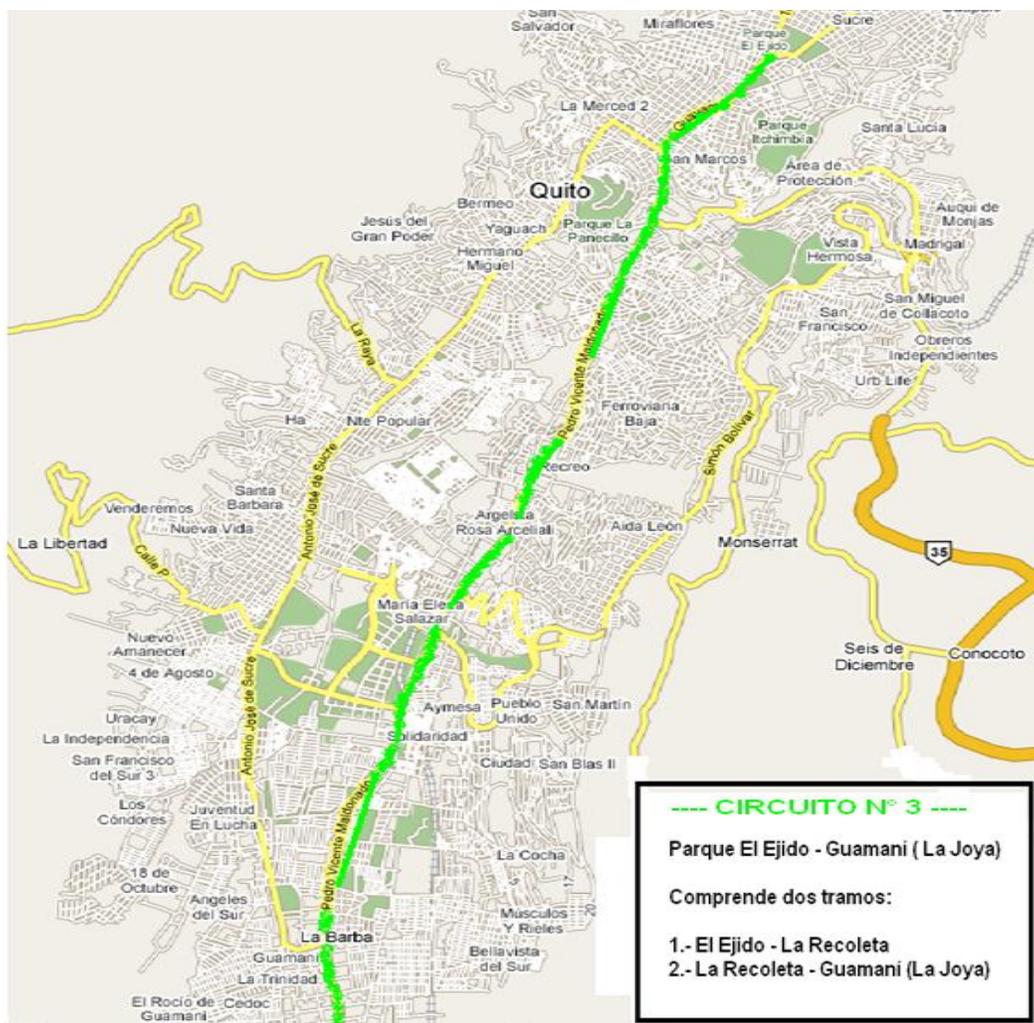


Figura 50. Circuito 3, para el modo de evaluación móvil  
Fuente: SUPERTEL

La recepción se realizó con equipo proporcionados por los representantes de los estándares de TDT, los mismos que permitían la recepción de señales en movimiento, a una velocidad promedio de 30 km/h, llegando a sobrepasar los 100 km/h al utilizar el carril exclusivo del trolebús, a partir de las 00h00. Para esta prueba se utilizó como movilización un vehículo de la SUPERTEL.



Figura 51. Pruebas de TDT modo móvil. El televisor al interior del vehículo muestra una señal de uno de los estándares en HD  
Fuente: SUPERTEL



Figura 52. Pruebas de TDT modo móvil. Recorriendo una ruta establecida dentro de la ciudad de Quito  
Fuente: SUPERTEL

### 3.9.1 Prueba de Drive Test

Realizando los mismos recorridos que se utilizaron para el desarrollo de la pruebas en modo móvil, se instaló el equipo NAVIGATOR de la empresa Audemat, el cual permitió obtener mediciones de nivel de señal, relación portadora a ruido, tasa de error de modulación (MER) medida antes de Viterbi, que corresponde a la entrada del decodificador Reed-Solomon.



Figura 53. Mediciones de drive test de señales de TDT. Utilización del equipo NAVIGATOR de la empresa Audemat  
Elaborado por: Xavier Páez



Figura 54. Panel frontal del equipo NAVIGATOR de la empresa Audemat, mediante el cual se realizaron mediciones técnicas de nivel, BER y MER  
Fuente: Audemat

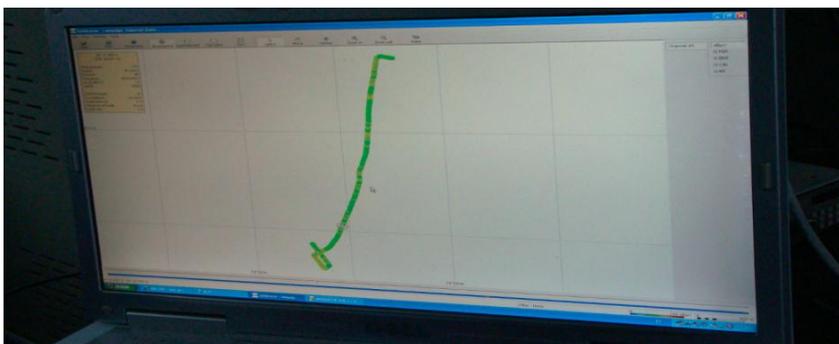


Figura 55. Mediciones de drive test realizada a través del equipo NAVIGATOR  
Elaborado por: Xavier Páez

### **3.10 RECEPCIÓN PERSONAL, MOVILIDAD CON PORTABILIDAD (ISDB-T e ISDB-Tb).**

La recepción se realizó con un dispositivo portátil, con antena incorporada y con el vehículo en movimiento a una velocidad promedio de 40 km/h. Esta prueba se desarrolló en los 3 circuitos que se utilizaron para la prueba de recepción móvil.



Figura 56. Pruebas de TDT, modo personal con portabilidad. Cada evaluador dispone de un receptor portátil mientras el vehículo se está en movimiento  
Fuente: SUPERTEL

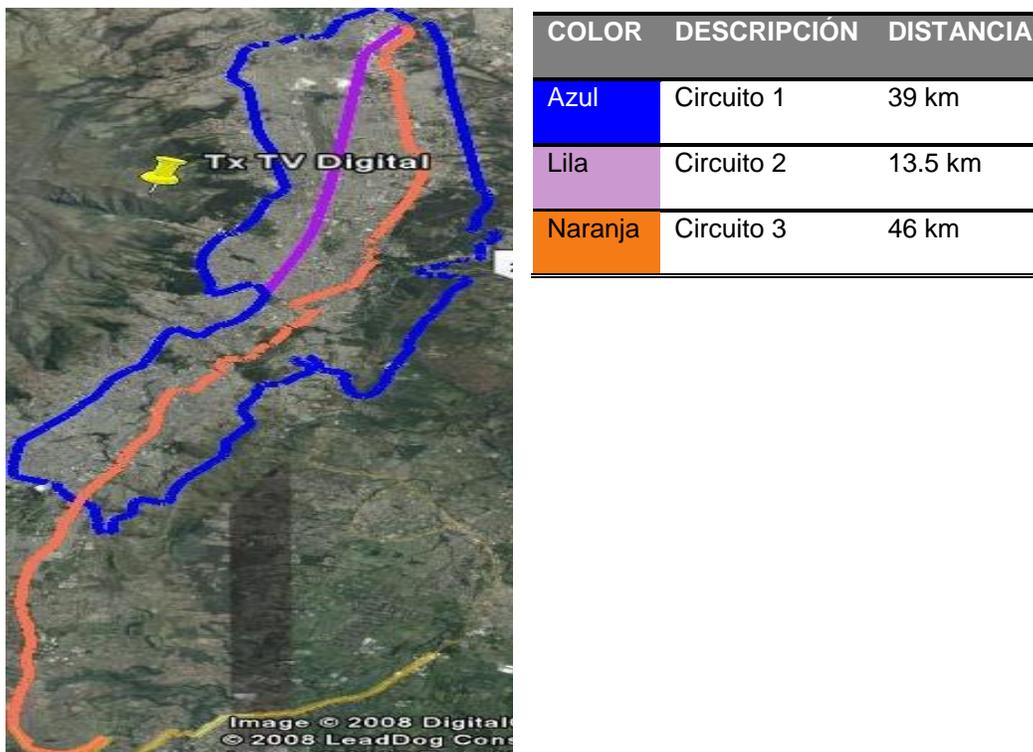


Figura 57. Circuitos dentro del Distrito Metropolitano de Quito que fueron utilizados para la pruebas de movilidad

Fuente: Elaborado por: Xavier Páez

### 3.11 PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL CANAL DE TV ANALÓGICO 46 TV – RTU.

Con el fin de realizar la comparación en la utilización de potencia en la transmisión de televisión entre la tecnología digital y análoga, se realizaron mediciones al canal 46 de tv analógica RTU, que sirve a la ciudad de Quito y alrededores. Durante las pruebas el canal 46 TV, se mantuvo con una potencia en el transmisor de 5000 vatios mientras los trasmisores de los estándares de TDT, se mantuvieron en 500 vatios.

Tabla 16. Parámetros técnicos de operación del Canal de señal analógica 46 TV RTU

PARÁMETROS TÉCNICOS DE OPERACIÓN		CH46
Frecuencia [MHz]		663.25
Potencia nominal del transmisor [W]		5000
Altura de la antena de transmisión [m]		P4 P8 24.45 P3 P7 24.15 P2 P6 23.85 P1 P5 23.55
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 P8 0.2945 P3 P7 0.2630 P2 P6 0.2315 P1 P5 0.2
	Azimut	55°, 145°
	Tilt mecánico / eléctrico [°]	-6 / 0
	Fase [°] / Feeder length [m]	0 / 0
	Potencia relativa	1
	Polarización	Horizontal
Coordenadas del Transmisor	Latitud	00°10'05.21"S
	Longitud	78°31'29.76"O

Fuente: SUPERTEL

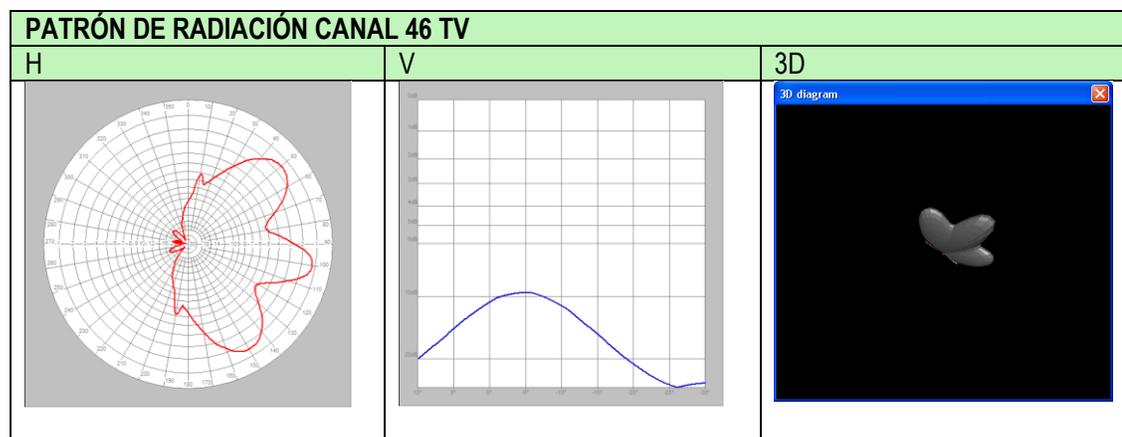


Figura 58. Patrón de radiación del sistema radiante del canal 46 TV  
Fuente: SUPERTEL

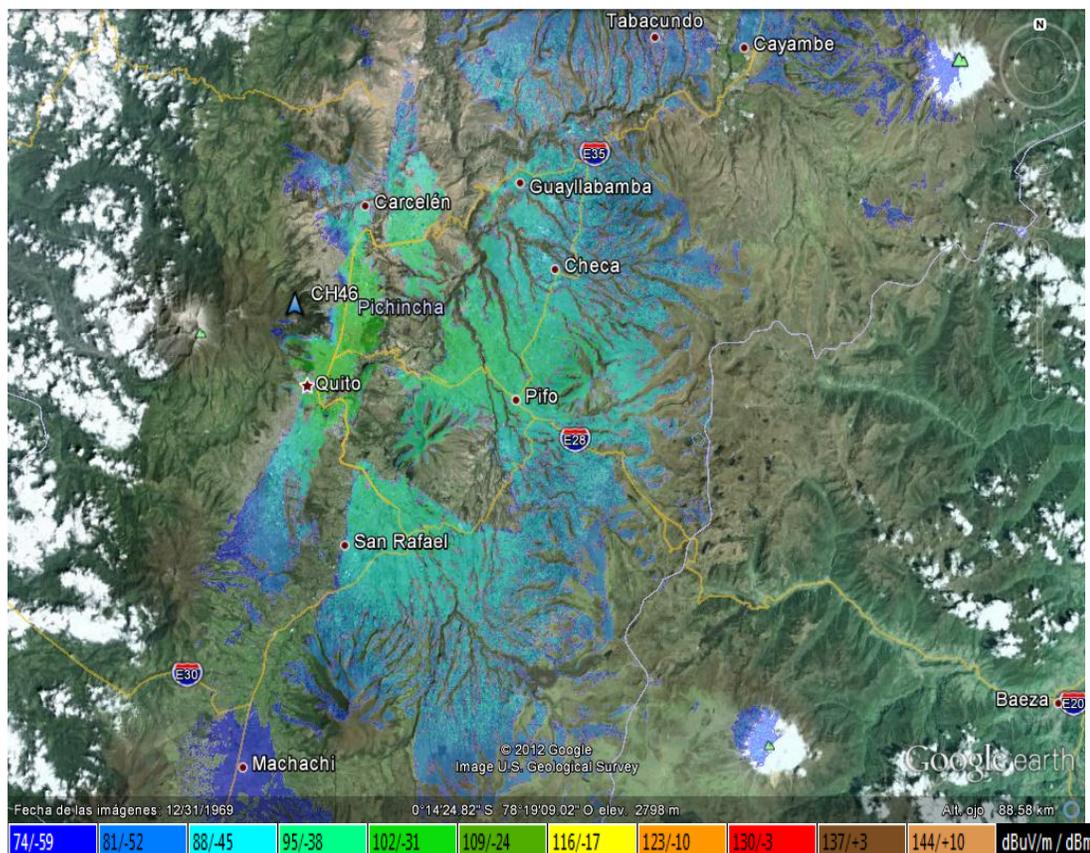


Figura 59. Predicción de cobertura del canal 46 TV UHF, realizado con el sistema ICS-Telecom  
Fuente: SUPERTEL

## CAPITULO 4

### 4. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 CALIDAD DE SEÑAL

##### 4.1.1 Evaluación de mediciones Subjetivas.

- **Mediciones en modo Fijo Exterior.**

Luego del procesamiento de los datos obtenidos de la evaluación subjetiva efectuada a la calidad de recepción de las señales de audio y video de los diferentes estándares de TDT, así como al canal 46 TV de señal analógica, se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 60. Medición de parámetros técnicos. Analizador Anritsu.  
Fuente: Anritsu

Tabla 17. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de audio de los estándares de TDT. Modo Fijo Exterior.

CA	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICO
1	59	63	3	59	26	2
2	1	2	2	1	4	32
3	5	2	5	2	2	56
4	27	18	13	6	7	107
5	163	170	232	178	216	58
TOTAL	255	255	255	246	255	255

Fuente: SUPERTEL

Tabla 18. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de video de los estándares de TDT. Modo Fijo Exterior.

CV	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICO
1	59	60	3	59	24	7
2	1	4	5	2	6	49
3	1	12	8	4	2	83
4	30	96	23	9	21	104
5	164	83	216	172	202	12
TOTAL	255	255	255	246	255	255

Fuente: SUPERTEL

Las Tablas 25 y 26, contienen los datos de los resultados de las evaluaciones subjetivas realizadas a las componentes de audio y video de los estándares de TDT, evaluados mediante la Recomendación UIT-R-BT.500. Por ejemplo del universo de 255 evaluaciones realizadas, 59 evaluaciones opinan que la calidad de video del estándar ISDB-T, era de valoración 1 (mala), en tanto que una evaluación, dijo que era 2 (pobre). De la misma forma 1 califico como de valor 3 (regular), en cambio 30 evaluaciones opinaron que era 4 (bueno) y 164 coincidieron, que fue de calidad 5 (excelente). Cabe señalar que en el total de número de mediciones en el ISDB-Tb (2), varia de los otros estándares debido a que en nueve ocasiones en la calificación constaba un

número que no correspondía a la tabla de evaluación basa en la recomendación UIT-R-BT.500. Además cabe aclarar que se tiene ISDB-Tb (1) e ISDB-Tb (2), ya que el Estándar Japonés-Brasileño, fue evaluado por dos ocasiones, siendo evaluado la primera vez junto a los estándares DVB-T e ISDB-T y luego con el estándar DTMB.

#### 4.1.1.1 Resultados de la Evaluación Subjetiva en forma gráfica.

##### Mediciones en modo fijo exterior.

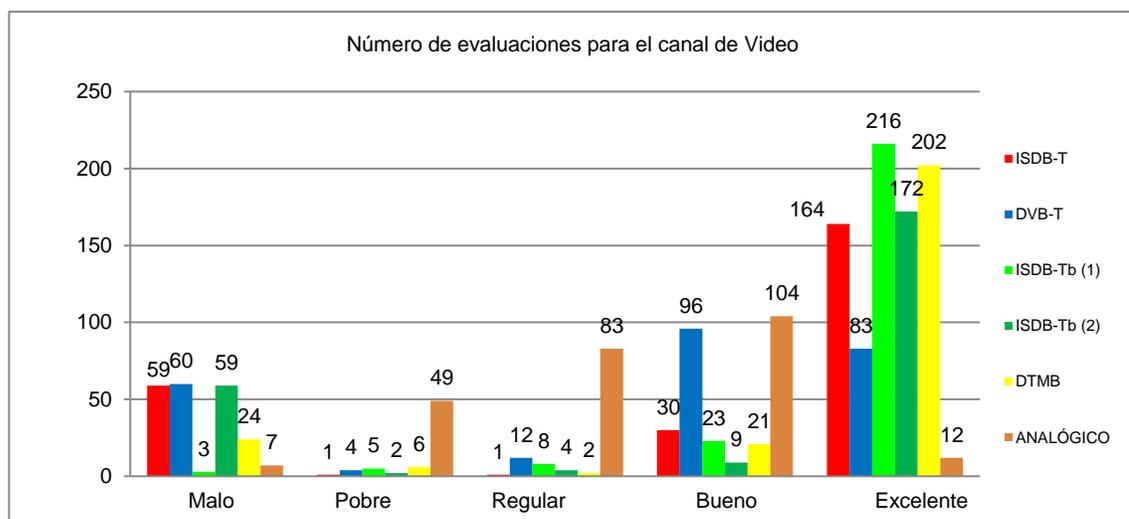


Figura 61. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT  
Elaborado por: Xavier Páez

En la Figura 61, se muestra la evaluación de la calidad de la señal de video entre los estándares de TDT, probados en el modo fijo exterior. En la evaluación con denominación de excelente, el estándar ISDB-Tb (1), es el que se impone ante los demás estándares, seguido por el estándar chino DTMB, situación que guarda relación con la calificación de Malo, ya que unicamente 3 calificaciones determinaron que el Estándar ISDB-Tb (1) tenía esta calidad, seguido por el estándar DTMB.

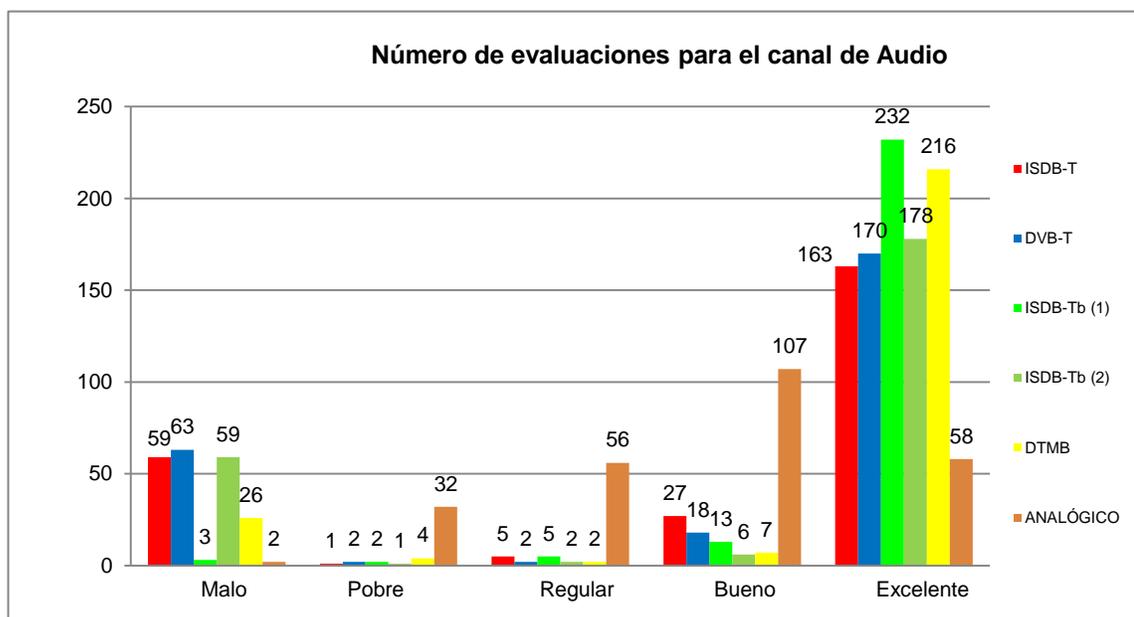


Figura 62. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT  
Elaborado por: Xavier Páez

En relación a la calidad de la señal de audio evaluada en el modo fijo exterior, se obtuvo que el estándar ISDB-Tb (1) alcanzó el mayor número de calificación en la calidad excelente y de igual manera que en la evaluación de la calidad de la señal de video, le siguió en calificación el estándar DTMB, produciéndose el mismo fenómeno en la calificación de Malo. En cuanto a la

señal del canal analógico, se observa que dentro de la calidad de excelente, es la que menor puntaje obtuvo a pesar de tener una potencia 10 veces mayor a la utilizada por los estándares de TDT.

## Mediciones en Modo Fijo Interior

Tabla 19. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de audio (CA) de los estándares de TDT. Modo Fijo Interno

CA	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICO
1	15	18	12	21	18	4
2	0	4	0	3	3	7
3	6	4	1	5	3	12
4	9	12	5	5	4	25
5	30	22	42	26	32	12
TOTAL	60	60	60	60	60	60

Fuente: SUPERTEL

Tabla 20. Resultados totales de la evaluación subjetiva a la componente de video (CV) de los estándares de TDT. Modo Fijo Interno

CV	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICO
1	15	17	12	21	18	6
2	1	6	0	3	3	13
3	6	5	5	5	3	9
4	10	15	5	5	6	30
5	28	17	38	26	30	2
TOTAL	60	60	60	60	60	60

Fuente: SUPERTEL

De acuerdo a los dato obtenidos, se observa que en este modo de evaluación, en el grado de calidad excelente, es el estándar ISDB-Tb (1), el que obtuvo la mejor calificación seguido por el estándar DTMB, esto tanto para la calidad de video y audio, respectivamente. En la representación gráfica se puede notar más claramente lo antes citado.

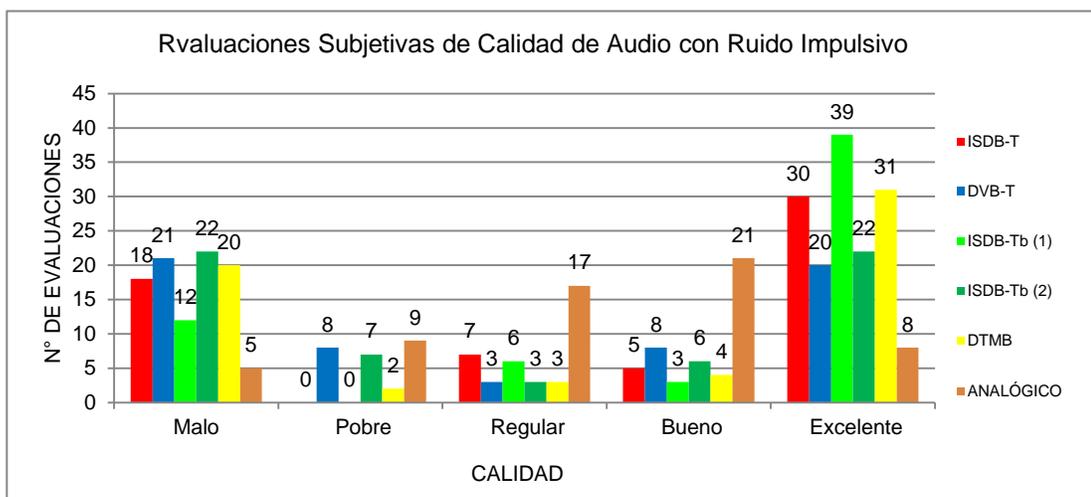


Figura 63. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo fijo interior  
Elaborado por: Xavier Páez

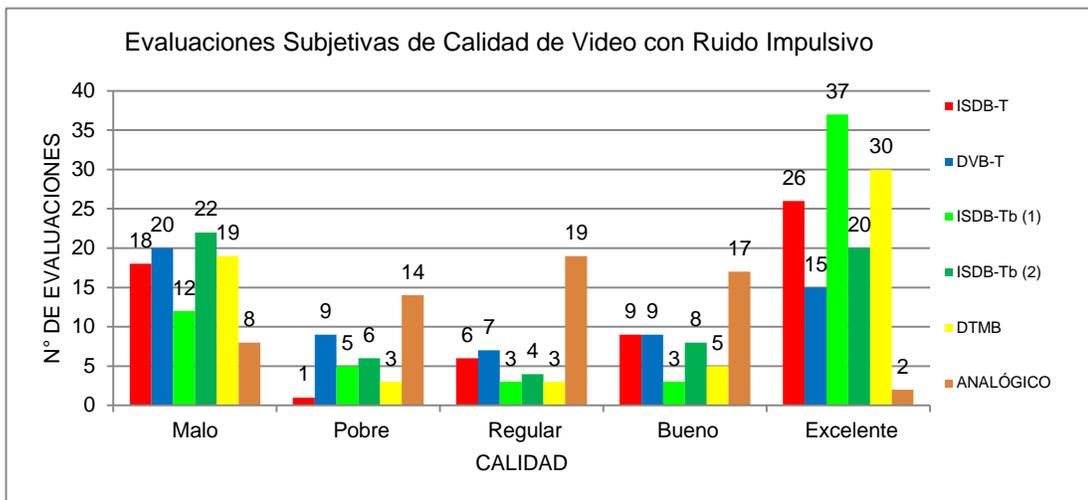


Figura 64. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo fijo interior  
Elaborado por: Xavier Páez

- **Medición en Modo Portátil.**

Tabla 21. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo portátil de las componentes de audio y video de los estándares de TDT.

	ISDB-T		ISDB-Tb		DTMB	
	CA	CV	CA	CV	CA	CV
1	0	0	0	0	3	3
2	2	2	0	0	0	0
3	4	3	0	0	0	0
4	12	14	6	10	3	3
5	42	41	54	50	12	12
TOTAL	60	60	60	60	18	18

Fuente: SUPERTEL

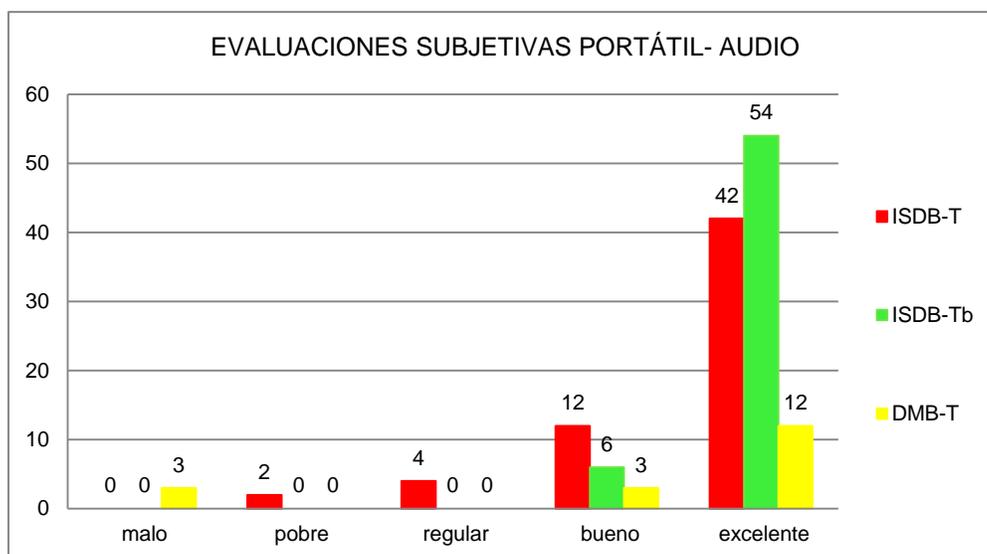


Figura 65. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo portátil  
Elaborado por: Xavier Páez

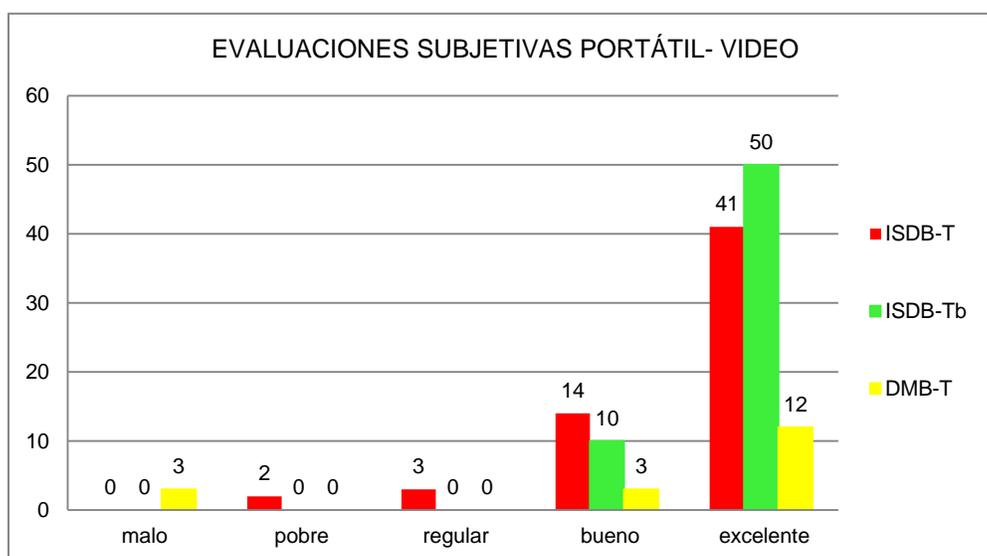


Figura 66. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo portátil  
Elaborado por: Xavier Páez

Para la evaluación en modo portátil de los estándares ISDB-T e ISDB-Tb, se tuvieron 3 equipos portátiles, por lo que en los 20 puntos de medición se realizaron 3 evaluaciones, dando un total de 60 evaluaciones. Por el contrario para el estándar DTMB, solo se pudo contar con un solo equipo portátil y se realizó la evaluación con una sola persona en cada sitio, por ello se tiene 18 evaluaciones de total, ya que en dos puntos de los 20 escogidos para esta prueba, no se realizó la evaluación. Por lo que tomando en cuenta el número de evaluaciones totales para cada estándar, las 50 con nivel de excelente que obtuvo el ISDB-Tb, corresponderían a un 83,3 % y las 41 que obtuvo en ISDB-T representarían un 68,3 %, de un total de 60 muestras. En cambio para el estándar DTMB, las 12 calificaciones de calidad de video excelente, representarían el 66,6 % tomo como referencia un universo de 18 evaluaciones.

En esta prueba, el que mayor puntaje obtuvo fue el estándar ISDB-Tb, seguido del estándar Japonés ISDB-T y como último el estándar chino DTMB.

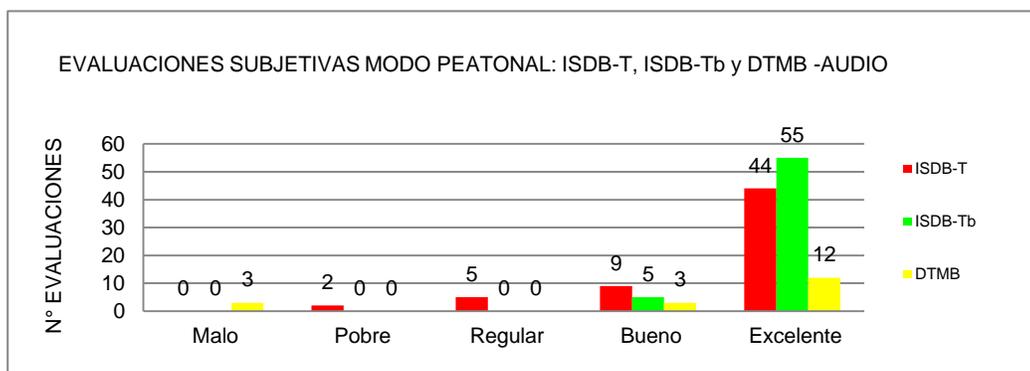
- **Mediciones en Modo Peatonal.**

Tabla 22. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo peatonal

	ISDB-T		ISDB-Tb		DTMB	
	CA	CV	CA	CV	CA	CV
1	0	0	0	0	3	3
2	2	1	0	0	0	0
3	5	5	0	0	0	0
4	9	13	5	14	3	3
5	44	41	55	46	12	12
TOTAL	60	60	60	60	18	18

Fuente: SUPERTEL

Al igual que en el modo de medición en modo portátil, para la evaluación se contó con 4 equipos portátiles, 3 para los estándares ISDB-T e ISDB-Tb y uno solo para el estándar DTMB, por lo que tomando las mismas consideraciones realizadas para el modo de evaluación portátil, las 46 evaluaciones con nivel de excelente para el estándar ISDB-Tb, corresponderían al 76,6 % y las 41 evaluaciones del ISDB-T al 68,6 %. En lo que respecta al estándar DTMB, las 12 evaluaciones corresponderían al 66,6 %, de un total de



18 mediciones.

Figura 67. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo peatonal  
Elaborado por: Xavier Páez

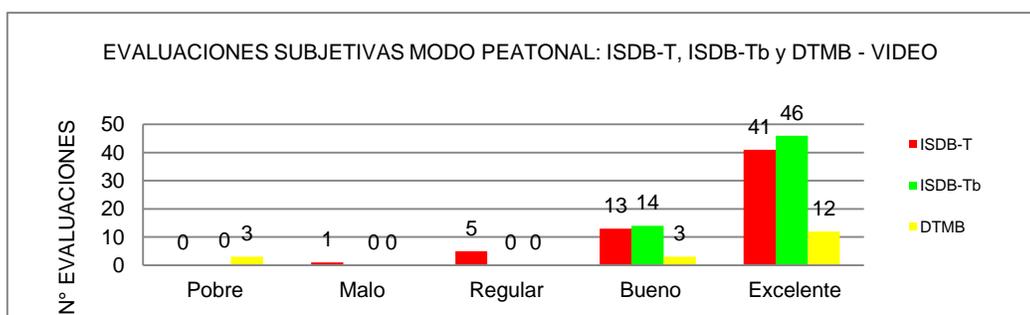


Figura 68. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo peatonal

Elaborado por: Xavier Páez

- **Mediciones en Modo Móvil.**

Tabla 23. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo de recepción móvil de la calidad de video de los estándares de TDT

PROMEDIOS POR CIRCUITO						
CALIDAD VIDEO	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICA
<b>CIRCUITO 1</b>	3	3	3	3	4	4
<b>CIRCUITO 2</b>	1	3	3	2	3	2
<b>CIRCUITO 3</b>	3	3	4	3	4	3

Fuente: SUPERTEL

Tabla 24. Resultados totales de la evaluación subjetiva en modo de recepción móvil de la calidad de audio de los estándares de TDT.

PROMEDIOS POR CIRCUITO						
CALIDAD AUDIO	ISDB-T	DVB-T	ISDB-Tb (1)	ISDB-Tb (2)	DTMB	ANALÓGICA
<b>CIRCUITO 1</b>	3	2	3	3	4	4
<b>CIRCUITO 2</b>	1	3	3	2	3	3
<b>CIRCUITO 3</b>	4	3	5	3	4	4

Fuente: SUPERTEL

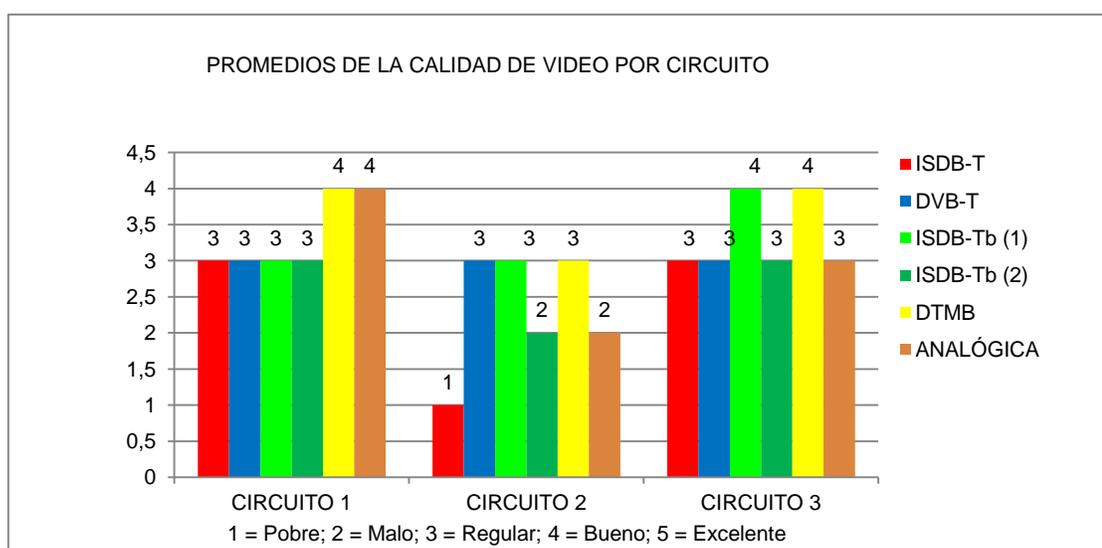


Figura 69. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo de recepción móvil  
Elaborado por: Xavier Páez

En esta figura, se puede observar que en la prueba de recepción móvil, en el primer circuito, la calidad de la señal de video fue considerada por los evaluadores como Buena, para el estándar digital DTMB y para el estándar NTSC analógico representado por el canal 46, denominado comercialmente como RTU. En el circuito dos, los estándares digitales ISDB-Tb, DVB-T y DTMB, alcanzaron el mejor puntaje como señal Regular y en el circuito tres, tenemos que el estándar ISDB-Tb y el DTMB, alcanzaron calificación de buena. Ningún estándar alcanzo la evaluación de excelente para este tipo de prueba.

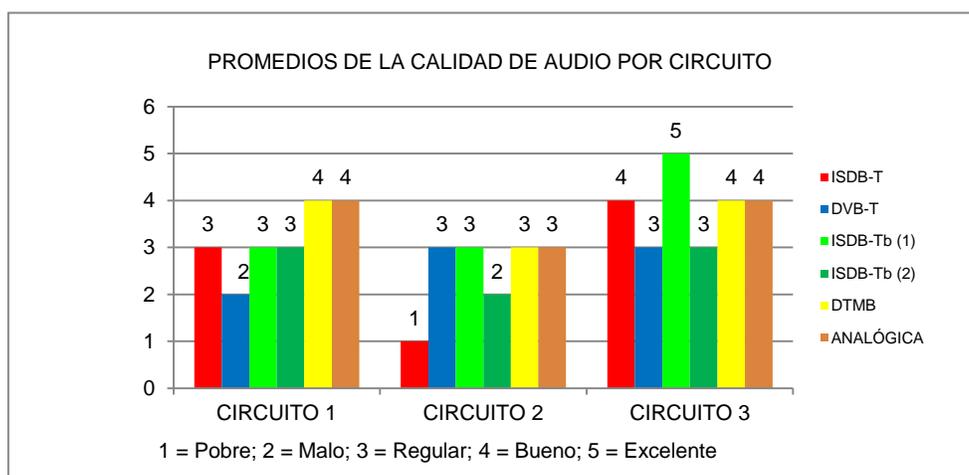


Figura 70. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo de recepción móvil  
Elaborado por: Xavier Páez

- **Mediciones en modo personal (movilidad con portabilidad)**

Tabla 25. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal (movilidad con portabilidad). Circuito 1

CA	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB	CV	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB
1	0	0	0	1	0	0	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	1	0	2	3	2	0	2
4	2	0	1	4	1	1	1
5	0	1	0	5	0	0	0
TOTAL	3	3	3	TOTAL	3	3	3

Fuente: SUPERTEL

Tabla 26. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal (movilidad con portabilidad). Circuito 2

Fuente: SUPERTEL

CA	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB	CV	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB
1	2	0	8	1	2	0	7
2	3	5	4	2	3	5	5
3	4	4	0	3	4	4	0
4	3	2	0	4	3	3	0
5	0	1	0	5	0	0	0
TOTAL	12	12	12	TOTAL	12	12	12

Tabla 27. Resultados de la evaluación subjetiva en modo de recepción personal (movilidad con portabilidad). Circuito 3

Fuente: SUPERTEL

CA	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB	CV	ISDB-T	ISDB-Tb	DTMB
1	2	0	8	1	2	0	7
2	3	5	4	2	3	5	5
3	4	4	0	3	4	4	0
4	3	2	0	4	3	3	0
5	0	1	0	5	0	0	0
TOTAL	12	12	12	TOTAL	12	12	12

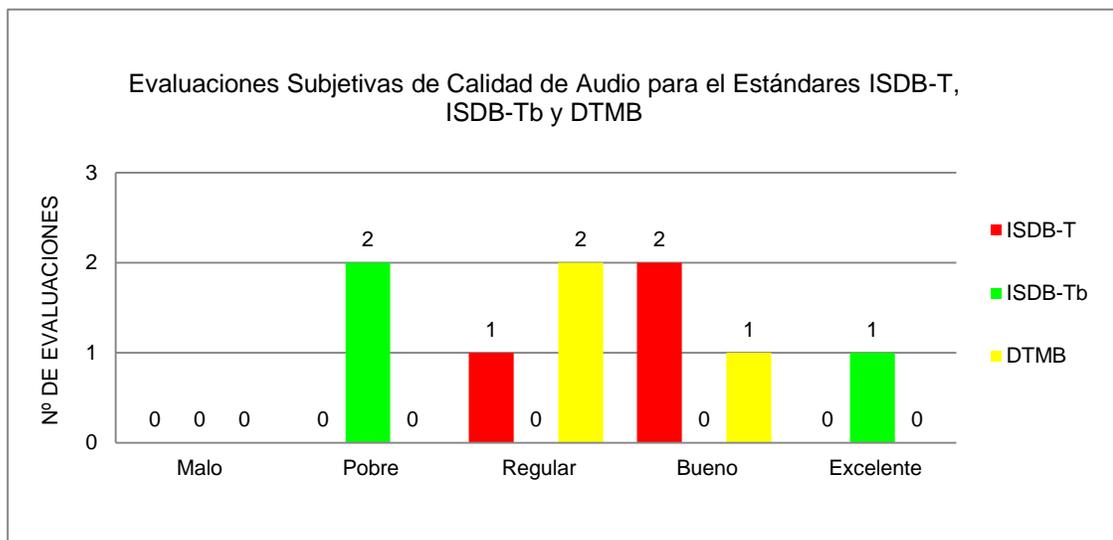


Figura 71. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 1  
Elaborado por: Xavier Páez

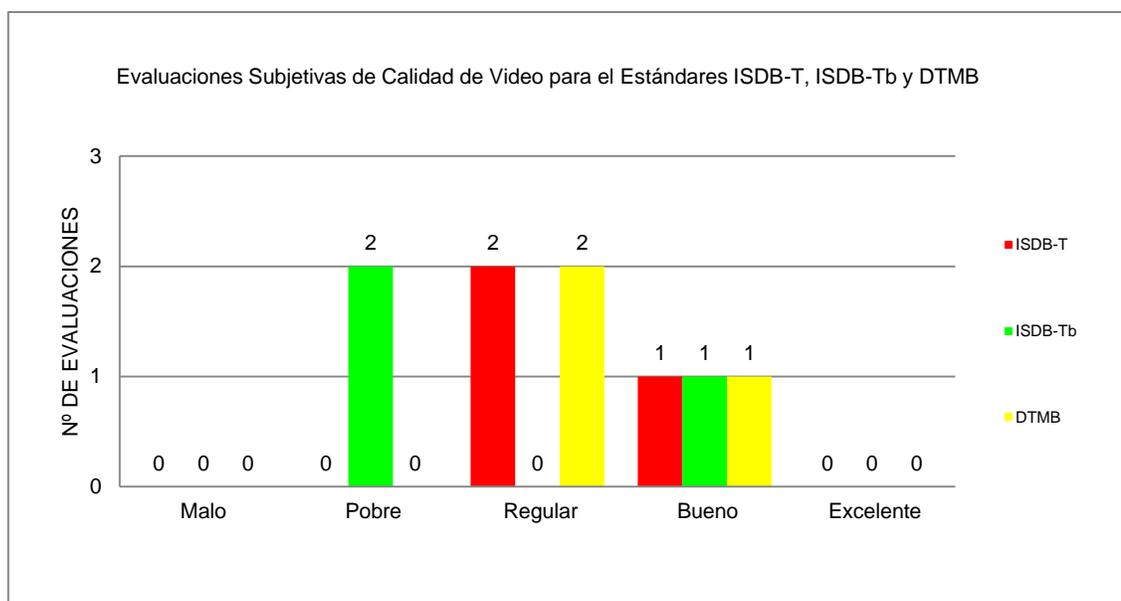


Figura 72. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 1  
Elaborado por: Xavier Páez

En el circuito 1, que comprendía el tramo El Ejido – El Condado, de las tres personas que evaluaron el comportamiento de la señal de video de los estándares de TDT, solo una considera que la señal del estándar ISDB-Tb es excelente, en cambio las dos restantes lo evalúan como pobre, para el estándar ISDB-T, de las tres evaluaciones, 2 consideran que fue bueno y uno le da la calificación de regular. Por último el estándar DTMB, obtuvo una calificación como bueno y 2 como regular.

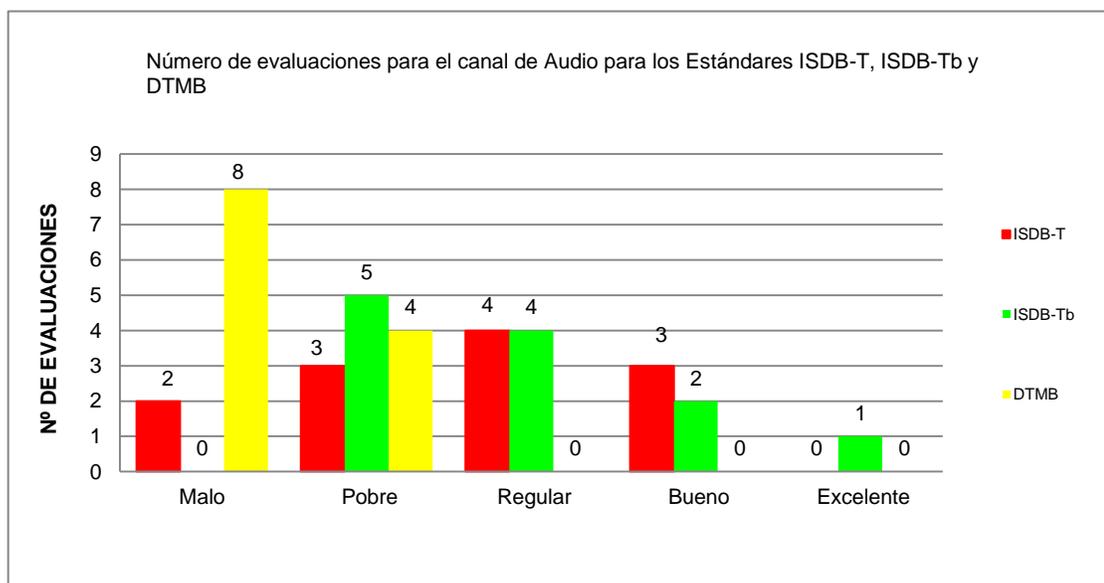


Figura 73. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 2  
Elaborado por: Xavier Páez

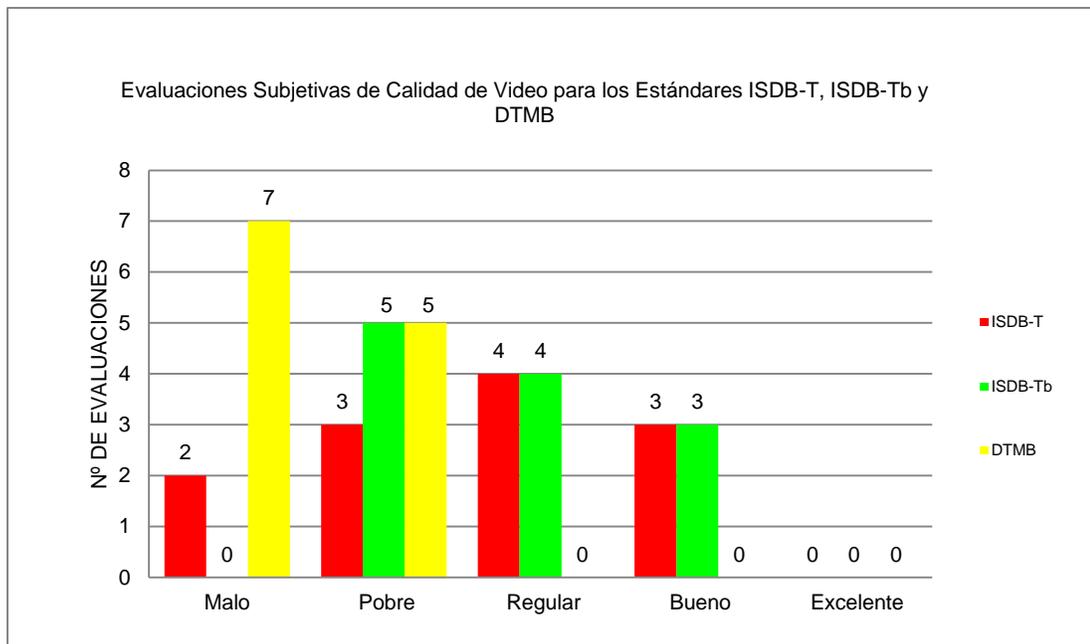


Figura 74. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 2  
Elaborado por: Xavier Páez

El circuito 2, por ser el más largo, se lo dividió en 4 tramos, por lo que para este circuito se obtuvo 12 evaluaciones, es así que respecto de la señal de video, se obtuvo para el estándar ISDB-Tb, 3 evaluaciones como bueno, 4 como regular y 5 como pobre. Para el estándar ISDB-T, se obtuvo 3 calificaciones como bueno, 4 como regular, 3 como pobre y 2 como malo. El estándar DTMB, fue calificado de la siguiente manera: 5 calificaciones como pobre y 7 como malo.

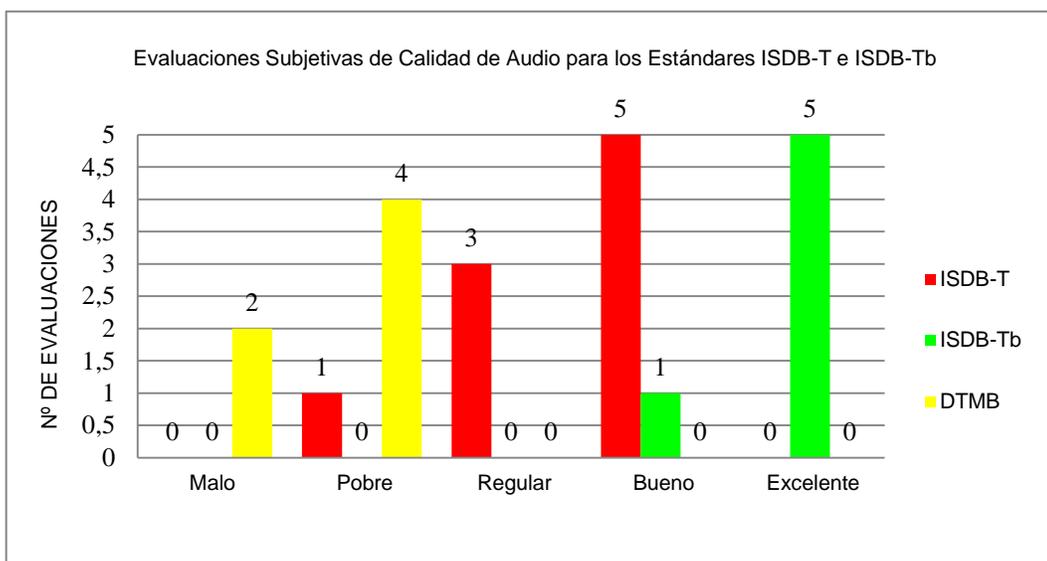


Figura 75. Evaluación subjetiva de la señal de audio de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 3.  
Elaborado por: Xavier Páez

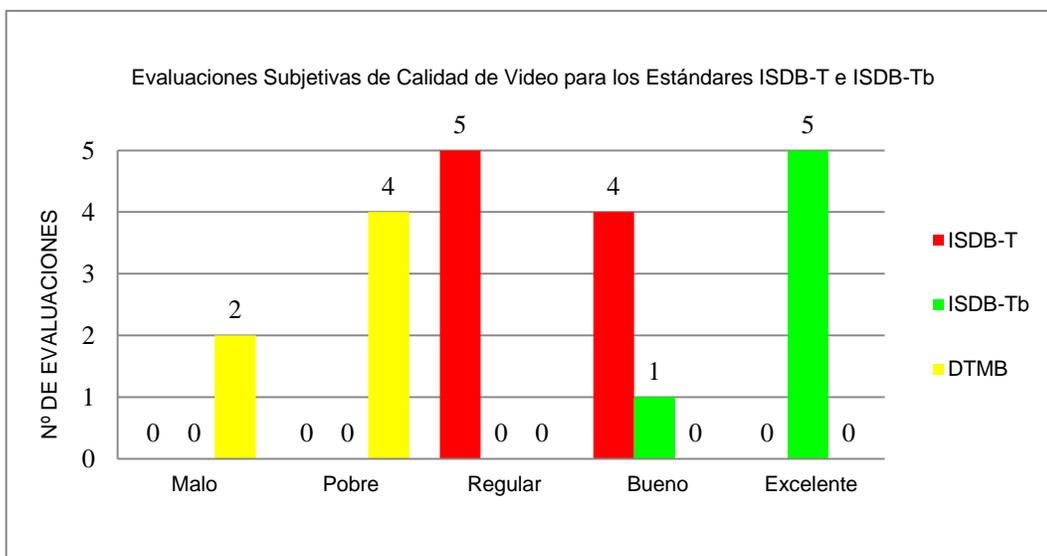


Figura 76. Evaluación subjetiva de la señal de video de los estándares de TDT, modo de personal (movilidad con portabilidad). Circuito 3  
Elaborado por: Xavier Páez

Para el circuito 3, que comprendía entre El Sector de la Joya (Panamericana Sur) y El Parque El Ejido, se dividió en tres tramos y su evaluación fue realizada por 4 personas con lo cual se obtuvo un total de 12 evaluaciones. El estándar ISDB-Tb, obtuvo las siguientes calificaciones respecto de la calidad de la señal de video, 5 se pronunciaron por que la señal era excelente, 1 como buena y 6 dieron una calificación que no correspondia a la Tabla de referencia. Para el estándar ISDB-T, se tuvo que 4 lo calificaron como bueno, 5 como regular y 3 lo calificaron con un número que no correspondía a la Tabla de referencia. Con respecto a estándar DTMB, 4 calificaron la señal de video como pobre, 2 como mala y 6 lo calificaron con un número que no tenía correspondencia con la Tabla de referencia empleada para esta evaluación.

#### **4.1.2 Evaluación de Parámetros Técnicos.**

Mediante el equipo denominado NAVIGATOR, se realizaron mediciones de drive test en los recorridos utilizados para las pruebas subjetivas en modo de recepción móvil, situación que permitió obtener parámetros de Relación C/N y Medida del MER.

#### 4.1.2.1 Relación C/N.

La medida de la relación portadora a ruido permite cuantificar la instalación porque su valor es un índice de su calidad. La relación C/N (*carrier/noise*) es la diferencia expresada en dB entre la potencia de la señal y el ruido que la acompaña.

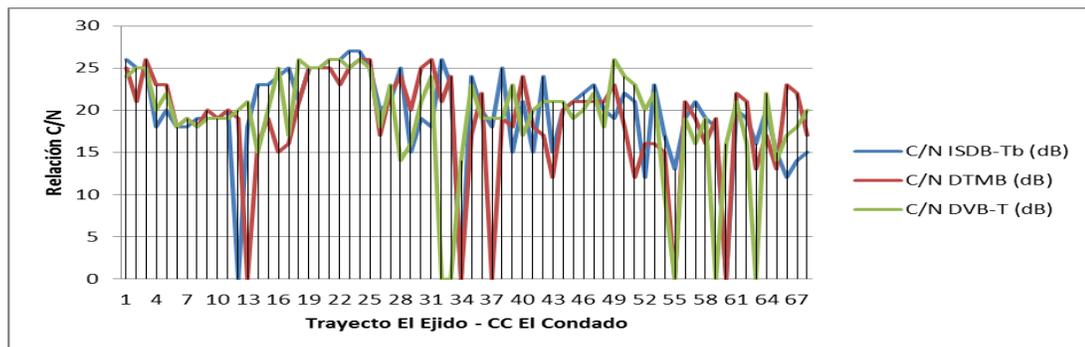


Figura 77. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo El Ejido – CC El Condado  
Elaborado por: Xavier Páez

En el tramo: Parque El Ejido – C.C. El Condado, los valores de la relación portadora a ruido del estándar ISDB-Tb, son los que se mantienen en promedio por encima de los valores de los estándares DVB-T y DTMB, lo que quiere decir que el valor entre la potencia de la señal del estándar ISDB-TB y el ruido presente en cada medición, se mantuvo un margen constante, lo que no permitió que el número de errores en los datos, supere el margen de corrección del equipo, lo que conllevaría una anulación de la imagen producida.

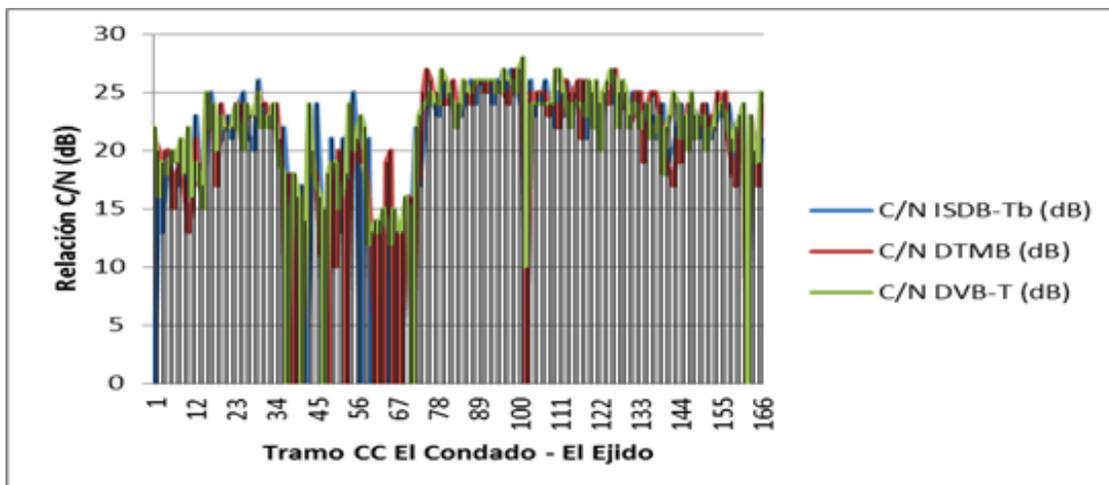


Figura 78. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo CC El Condado – El Ejido  
Elaborado por: Xavier Páez

Para el tramo: Centro Comercial El Condado – Parque El Ejido, se observa que el valor promedio de la relación señal a ruido del estándar DVB-T, supera a los valores obtenidos por los estándares ISDB-Tb y DTMB. Esto implica que el estándar DVB-T, presenta menos fallas respecto de la imagen producida. Los errores producidos por el ruido fueron menores al número de errores que podía corregir el equipo.

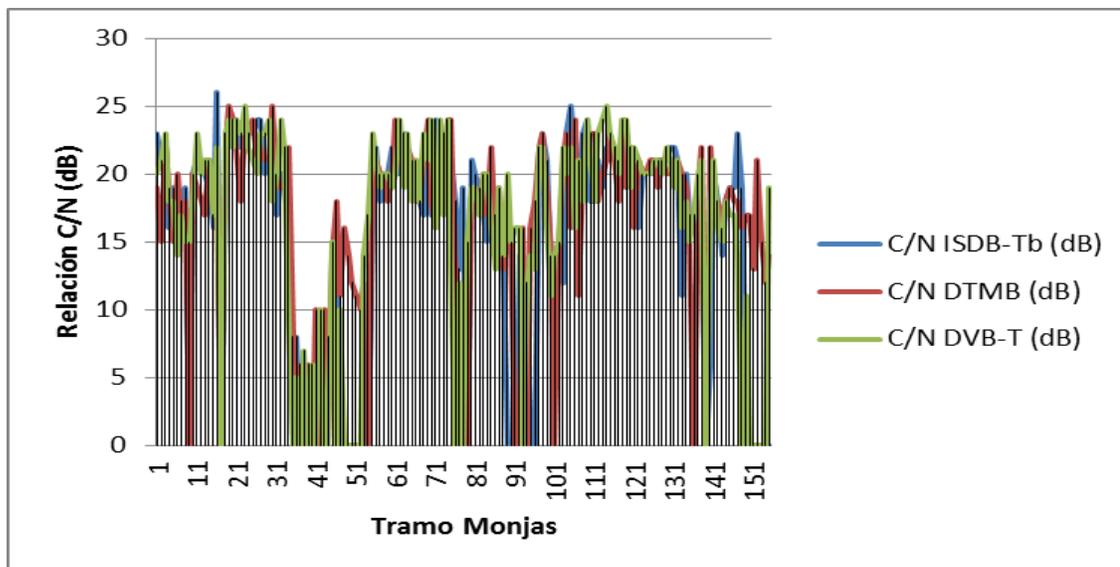


Figura 79. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Tramo Monjas  
Elaborado por: Xavier Páez

Al igual que en el tramo anterior, en el tramo: Monjas, se verificó que el estándar DVB-T, se mantuvo con los valores más altos de relación portadora a ruido. En este tramo se puede observar que en comparación con los otros tramos medidos, este se mantuvo en un promedio de 18 dB, además existen para los tres estándares evaluados, valores nulos de relación portadora ruido, lo que quiere decir que en determinados puntos del trayecto, se anulo la imagen reproducida. Estos sitios son lo que debieran ser cubiertos por transmisores de baja potencia denominados *gap fillers*.

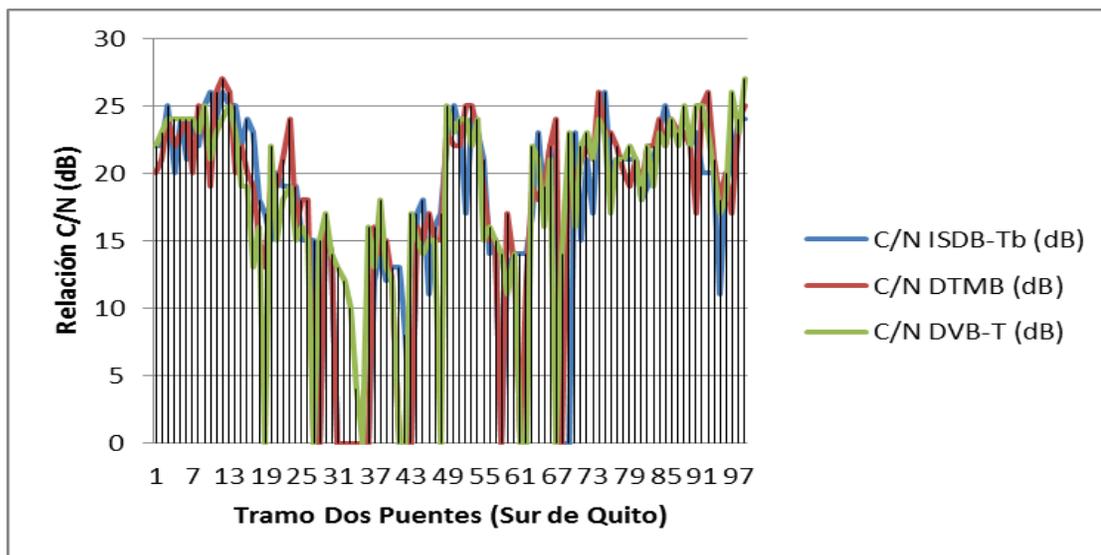


Figura 80. Comparación del valor de Relación C/N entre los estándares ISDB-Tb, DVB-T y DTMB. Dos Puentes (Sur de Quito)  
Elaborado por: Xavier Páez

En lo que respecta al tramo: Dos Puentes, los valores de relación portadora a ruido alcanzados por estándar DTMB, fueron los que superaron a los valores de los estándares DVB-T e ISDB-Tb. En este sector de Quito, se presentaron algunos sitios donde se anuló la imagen, por consiguiente el ruido generó la aparición de errores que superaron el margen de corrección del equipo. Igual que en los demás tramos, los sitios donde se tienen valores nulos de relación portadora a ruido, deberían ser cubiertos por transmisores de baja potencia o *gap fillers*.

### 4.1.2.2 Medida del MER

Este parámetro es sin duda la principal medida de cuantificación de las instalaciones receptoras, es la representación numérica del vector de error, que es la diferencia entre la señal patrón que debería recibirse y la señal con errores que realmente se recibe, permite valorar cómo es de buena una señal modulada digital, es el equivalente a la información que aporta SNR (Relación señal/ruido), para las modulaciones analógicas.

Para efecto de la pruebas de TDT, la medida de MER, se realizó a la salida del demodulador (señal bruta como se recibe del sistema de transmisión) es decir antes del FEC (*forward error correction*).



Figura 81. Configuración de medida del MER  
Elaborado por: Xavier Páez

## 4.2 COBERTURA.

### 4.2.1 Intensidad de campo E.

El análisis de cobertura, se realizó con base a las mediciones de Intensidad de campo realizadas en los 85 puntos de medición utilizados para

las pruebas en modo fijo externo. Estos datos fueron analizados en base a 20 radiales.

## Radial N° 1.

Tabla 28. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 1.

Parámetros	E [dBμV/m]	
Radial: #1	Punto: 1;	Punto: 3;
Distancia	7.7162 km	10.061 km
DVB-T	44.2	63.5
ISDB-T	44.1	65.1
ISDB-Tb	44.5	60.8
DTMB	43.9	64.5
RTU	54.5	89.1

Fuente: SUPERTEL

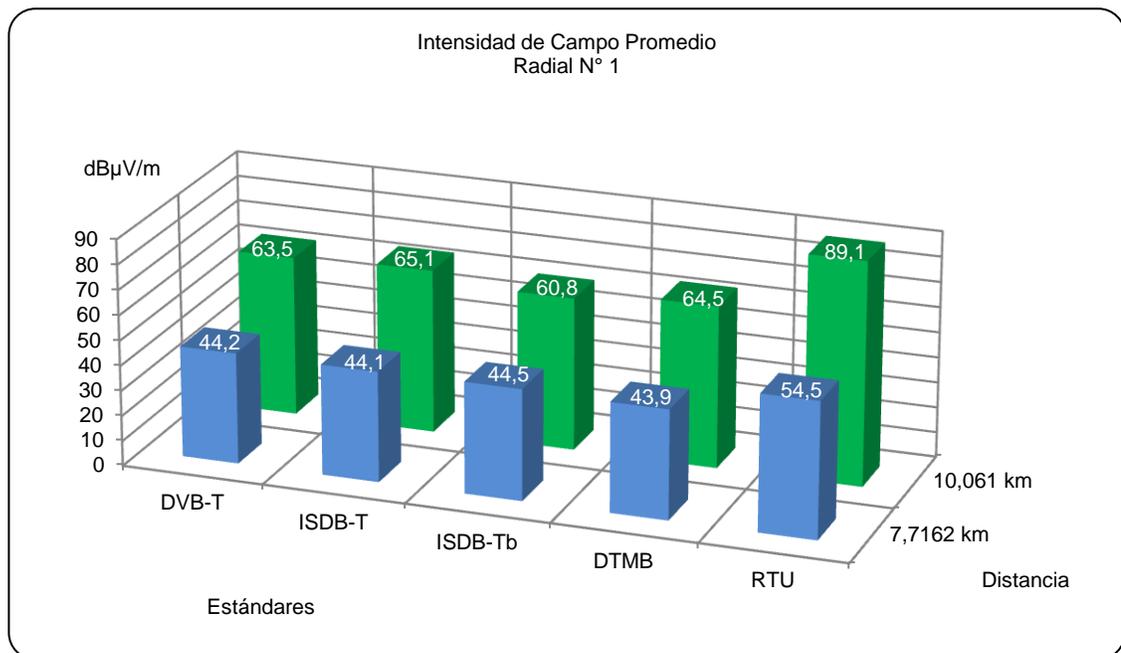


Figura 82. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 1  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 2.

Tabla 29. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N°2

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]		
Radial: #2	Punto: 4	Punto: 2	Punto: 5
Distancia	4.5431 km	5.7259 km	6.5216 km
DVB-T	63.9	43.9	62
ISDB-T	64.3	44.8	61.5
ISDB-Tb	55.6	43.2	67.1
DTMB	55.4	42.5	62.5
RTU	93.4	64.1	92.8

Fuente: SUPERTEL

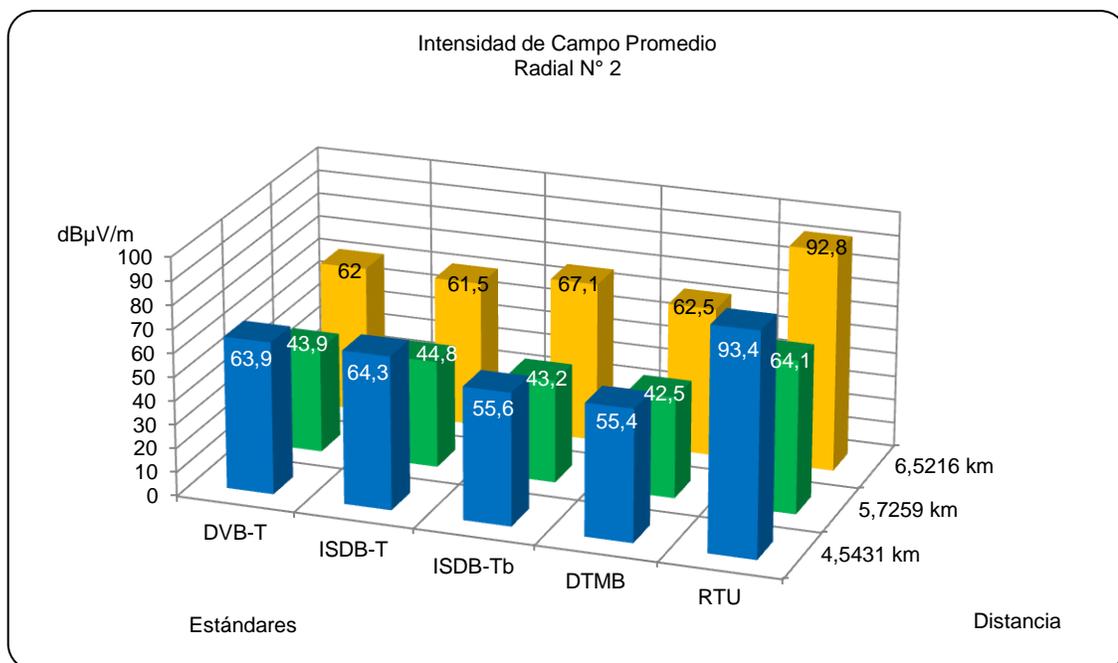


Figura 83. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 2  
Elaborado por: Xavier Páez

### Radial N° 3.

Tabla 30. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 3

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]						
Radial: #3	Punto: 6	Punto: 7	Punto: 8	Punto: 9	Punto: 10	Punto: 11	Punto: 81
Distancia	4.872 km	6.8362 km	9.3244 km	9.5703 km	14.7951 km	16.7392 km	19.7951 km
DVB-T	61.3	68.7	65.3	64.9	58.4	36.4	24
ISDB-T	60.6	70.6	68	65.5	61.8	37.3	28.5
ISDB-Tb	57	55.1	66.2	67.9	57.2	43.1	43.1
DTMB	56.6	57.4	68.3	69.5	59.6	43.4	42.4
RTU	83.1	93.3	94.8	90.1	83.7	53.5	50.2

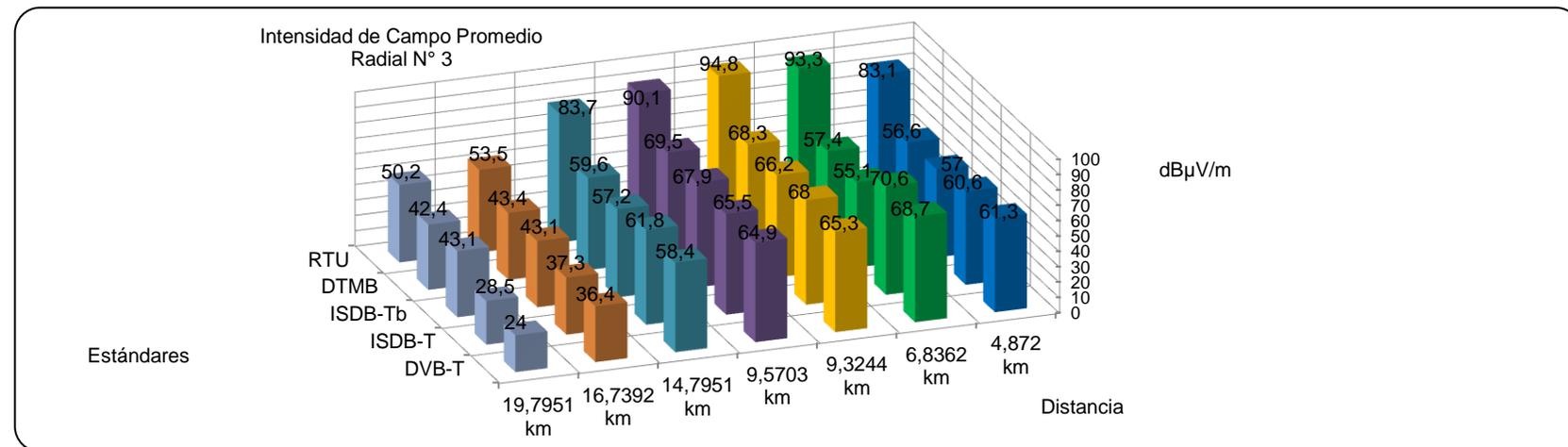


Figura 84. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 3

Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 4.

Tabla 31. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 4

Parámetros	E [dBμV/m]		
Radial: #4	Punto: 12	Punto: 13	Punto: 14
Distancia	4.8639 km	6.7929 km	9.1082 km
DVB-T	53.1	67.3	55.3
ISDB-T	52.3	64.5	56.2
ISDB-Tb	46.9	66.7	58.2
DTMB	46.5	70.1	56.5
RTU	73.2	96.1	85.6

Fuente: SUPERTEL

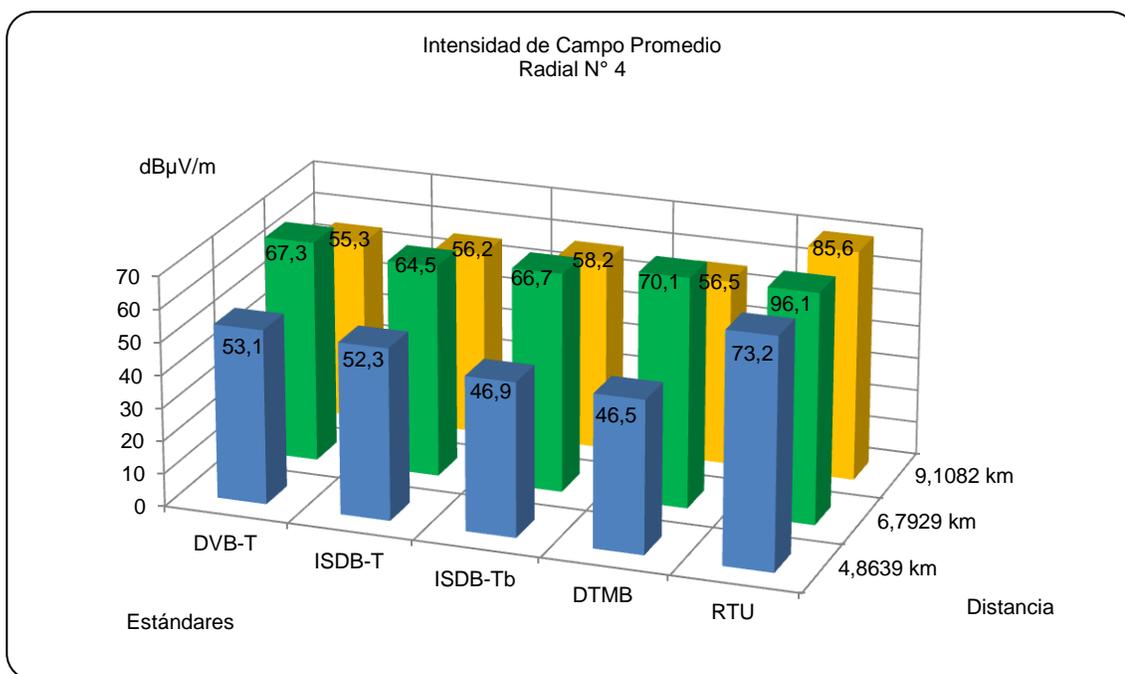


Figura 85. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 4  
Realizado por: Xavier Páez

## Radial N° 5.

Tabla 32. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 5

Parámetros	E [dBuV/m]							
Radial: #5	Punto: 16	Punto: 17	Punto: 32	Punto: 22	Punto: 83	Punto: 18	Punto: 19	Punto: 20
Distancia	4,4908 Km	6,8602 Km	7,565 Km	8,1902 Km	8,8796 Km	9,287 Km	11,1467 Km	15,1738 Km
DVB-T	50,00	70,40	70,10	69,80	43,80	44,80	70,80	64,30
ISDB-T	50,60	72,10	71,20	71,30	44,00	44,20	71,10	66,90
ISDB-Tb	52,10	67,80	70,20	69,60	44,00	42,60	68,40	65,70
DTMB	59,80	71,20	72,30	71,30	44,30	42,60	72,10	68,80
RTU	79,40	96,40	101,30	94,10	62,00	57,60	92,40	88,10

Fuente: SUPERTEL

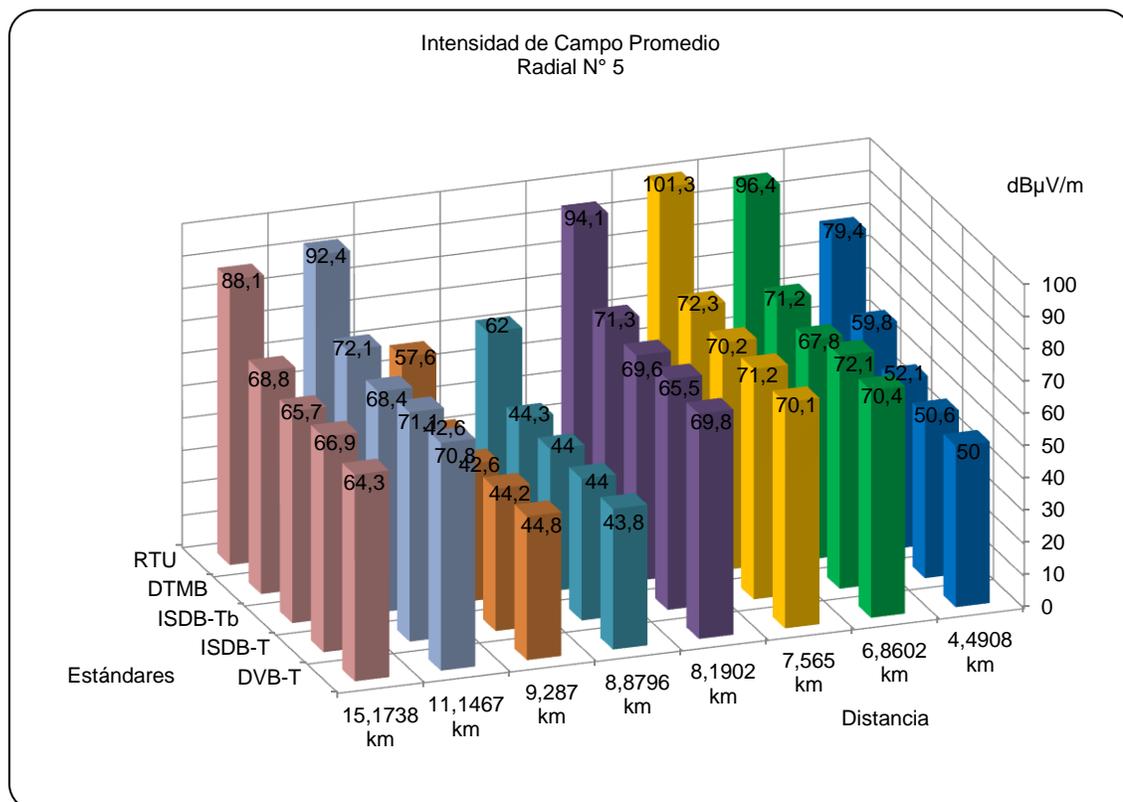


Figura 86. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 5.  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 6

Tabla 33. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 6

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]			
Radial: #6	Punto: 21	Punto: 26	Punto: 15	Punto: 23
Distancia	4.4139 km	7.0899 km	9.6992 km	11.2249 km
DVB-T	55.3	70.1	44.6	66.9
ISDB-T	51.1	74.1	44.8	68.1
ISDB-Tb	54.2	63.9	42.8	69.3
DTMB	52.8	70.9	42.6	70.9
RTU	82.9	104.5	49.2	94.1

Fuente: SUPERTEL

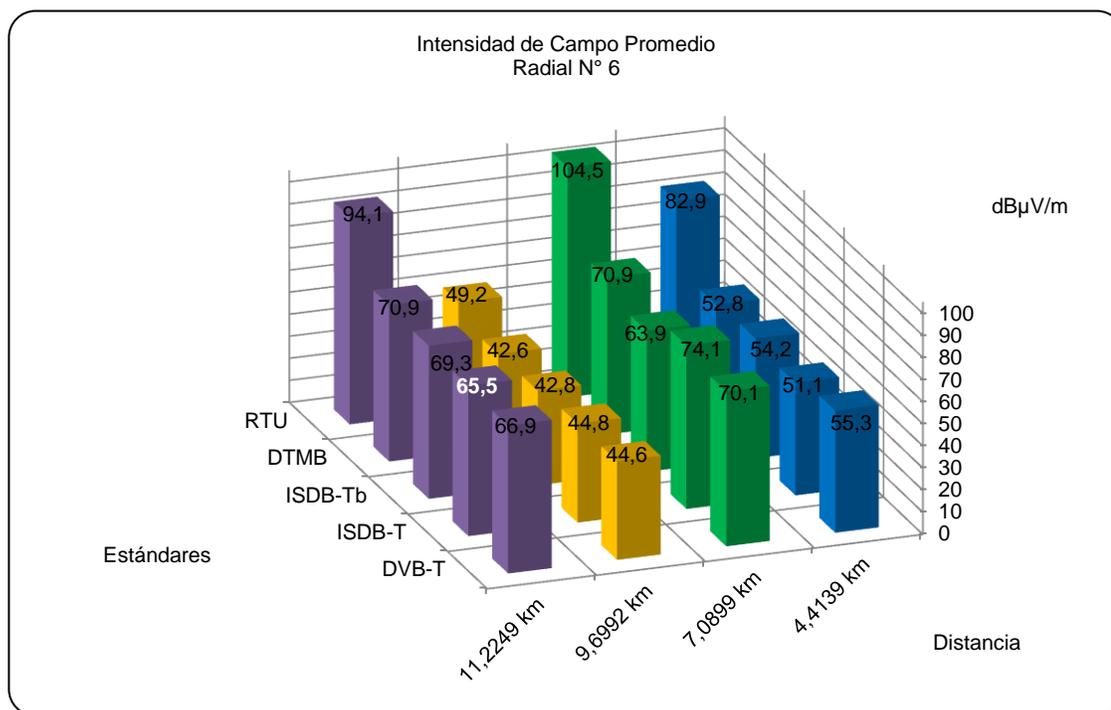


Figura 87. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 6  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 7.

Tabla 34. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 7

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]	
Radial: #7	Punto: 24	Punto: 25
Distancia	2.3275 km	4.2779 km
DVB-T	48.4	50.5
ISDB-T	48.1	50
ISDB-Tb	45.8	51.6
DTMB	47.5	56.1
RTU	70.3	80.2

Fuente: SUPERTEL

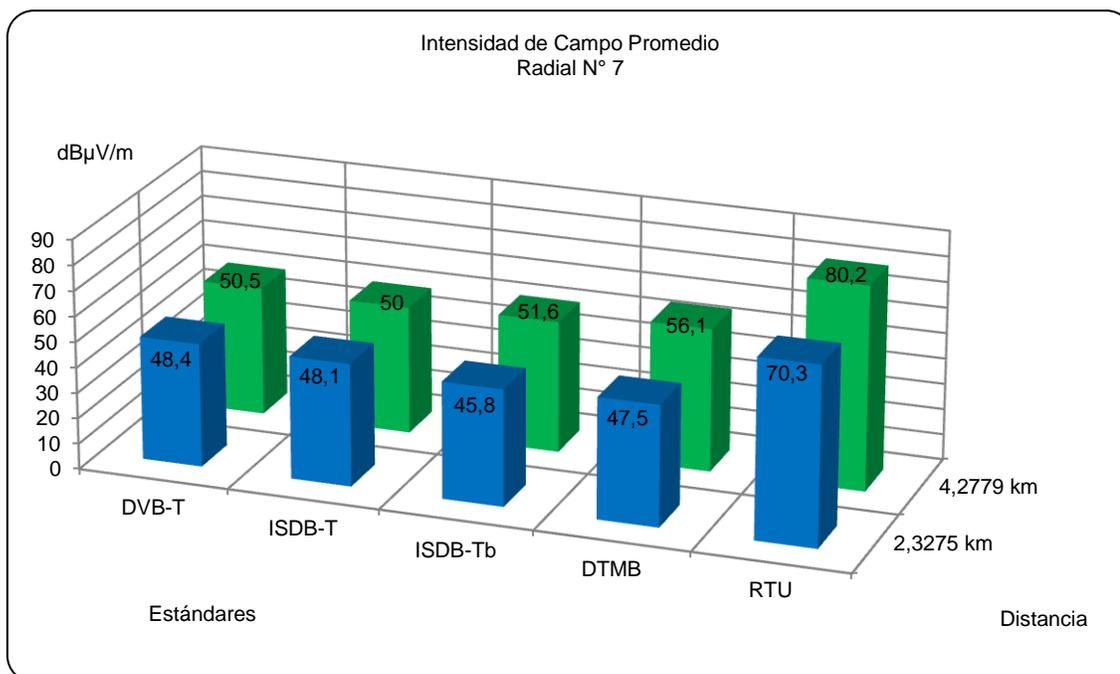


Figura 88. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 7  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 8

Tabla 35. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 8

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]		
Radial: #8	Punto: 27	Punto: 28	Punto: 31
Distancia	4.5032 km	6.7725 km	9.4405 km
DVB-T	56.2	73.4	44.3
ISDB-T	58.3	69.6	43.9
ISDB-Tb	45.3	67.9	44.5
DTMB	47.9	73.1	47.8
RTU	75.4	100.6	70.2

Fuente: SUPERTEL

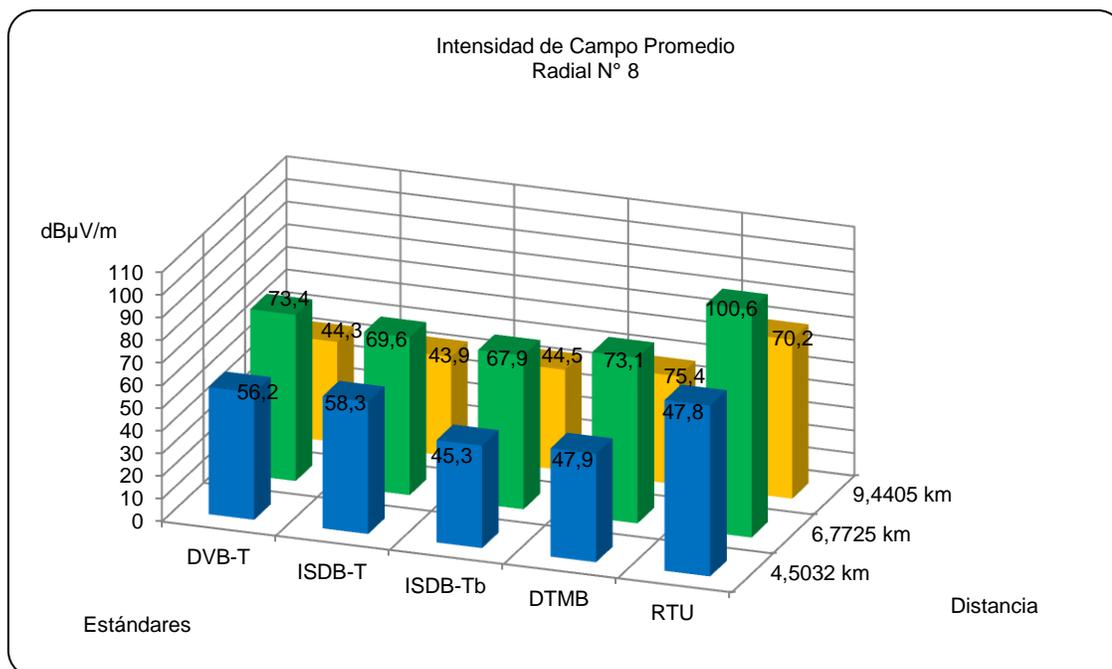


Figura 89. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 8.  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 9

Tabla 36. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 9

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]	
Radial: #9	Punto: 29	Punto: 30
Distancia	4.316 km	8.4772 km
DVB-T	45.4	70.2
ISDB-T	49.2	68
ISDB-Tb	53.8	68.1
DTMB	49	71.4
RTU	78.6	96.9

Fuente: SUPERTEL

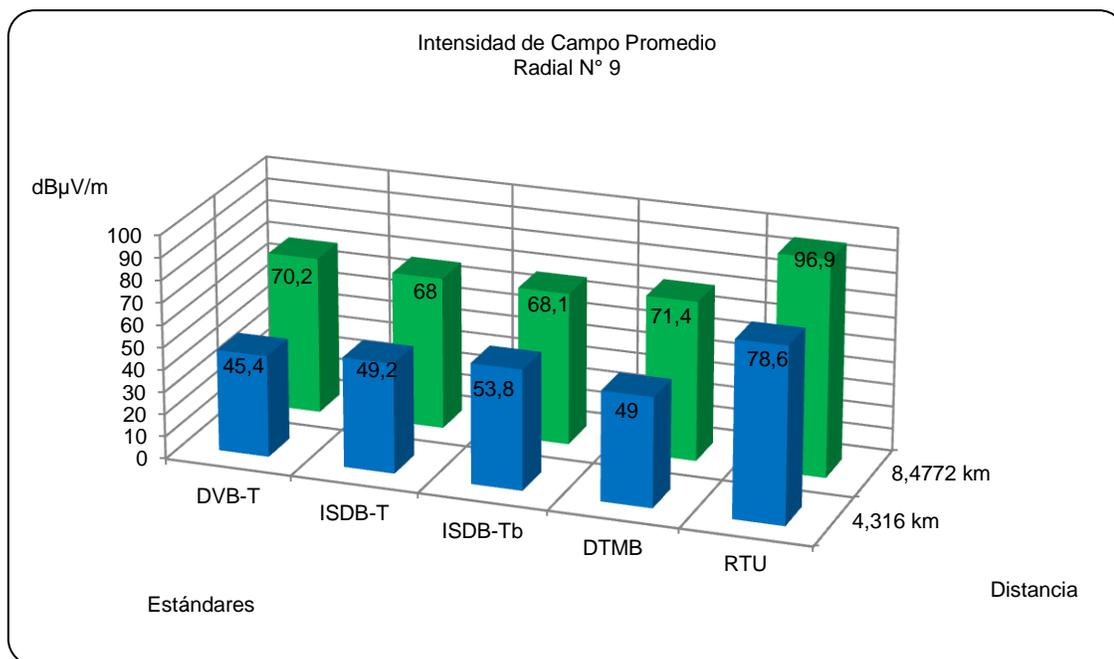


Figura 90. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 9  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 10.

Tabla 37. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 10

Parámetros	E [dBμV/m]		
Radial: #10	Punto: 34	Punto: 33	Punto: 76
Distancia	3.151 km	4.7462 km	20.6805 km
DVB-T	62.4	61	55.81
ISDB-T	60.5	59.5	56.9
ISDB-Tb	57.2	60.4	56.9
DTMB	66.9	64.8	59.3
RTU	85.1	64.6	80.1

Fuente: SUPERTEL

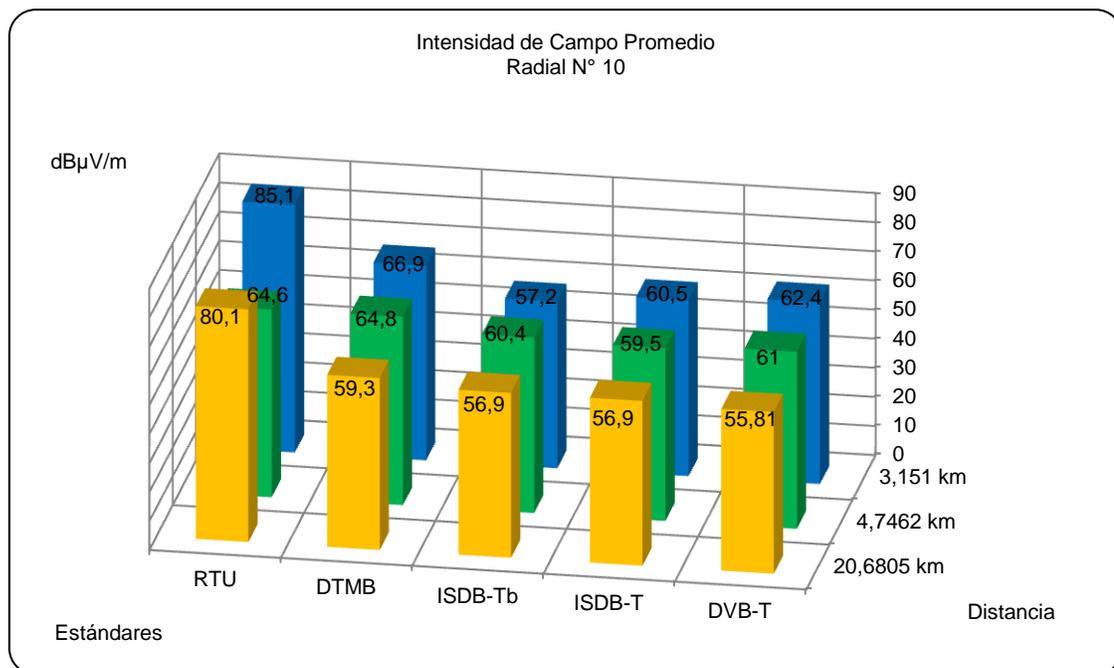


Figura 91. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 10  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 11.

Tabla 38. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 11

Parámetros	E [dBμV/m]				
Radial: #11	Punto: 74	Punto: 35	Punto: 36	Punto: 39	Punto: 37
Distancia	4.667 km	4.983 km	6.562 km	8.675 km	9.839 km
DVB-T	59.3	65.9	70.4	68.3	43.3
ISDB-T	63.7	64.6	69.9	67	44.2
ISDB-Tb	61.3	47.2	72	65.4	38.9
DTMB	61.2	57.4	72.6	67.9	45.1
RTU	83.5	85.1	97.4	96.9	68.1

Fuente: SUPERTEL

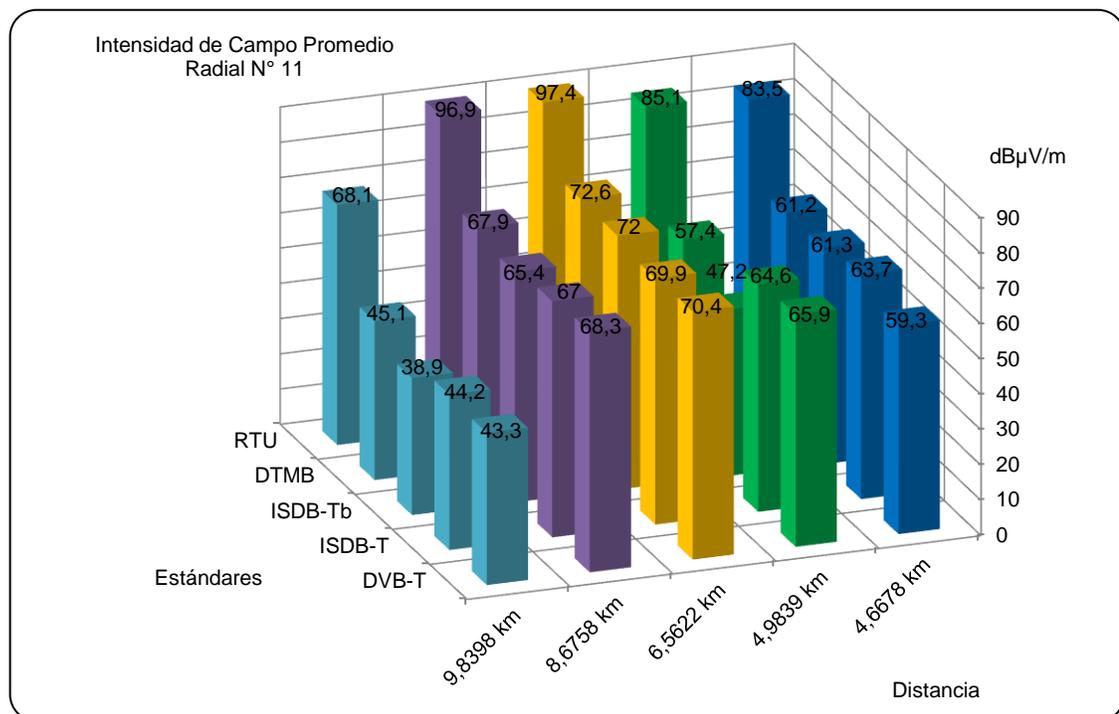


Figura 92. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 11  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 12.

Tabla 39. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 12

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]		
	Punto: 40	Punto: 41	Punto: 38
<b>Radial: #12</b>			
<b>Distancia</b>	3.4858 km	4.8722 km	7.7303 km
<b>DVB-T</b>	46.9	64.6	50.6
<b>ISDB-T</b>	55.1	63.5	48.4
<b>ISDB-Tb</b>	56.4	64.5	44.5
<b>DTMB</b>	61.6	69.5	49.8
<b>RTU</b>	84.2	80.1	68.7

Fuente: SUPERTEL

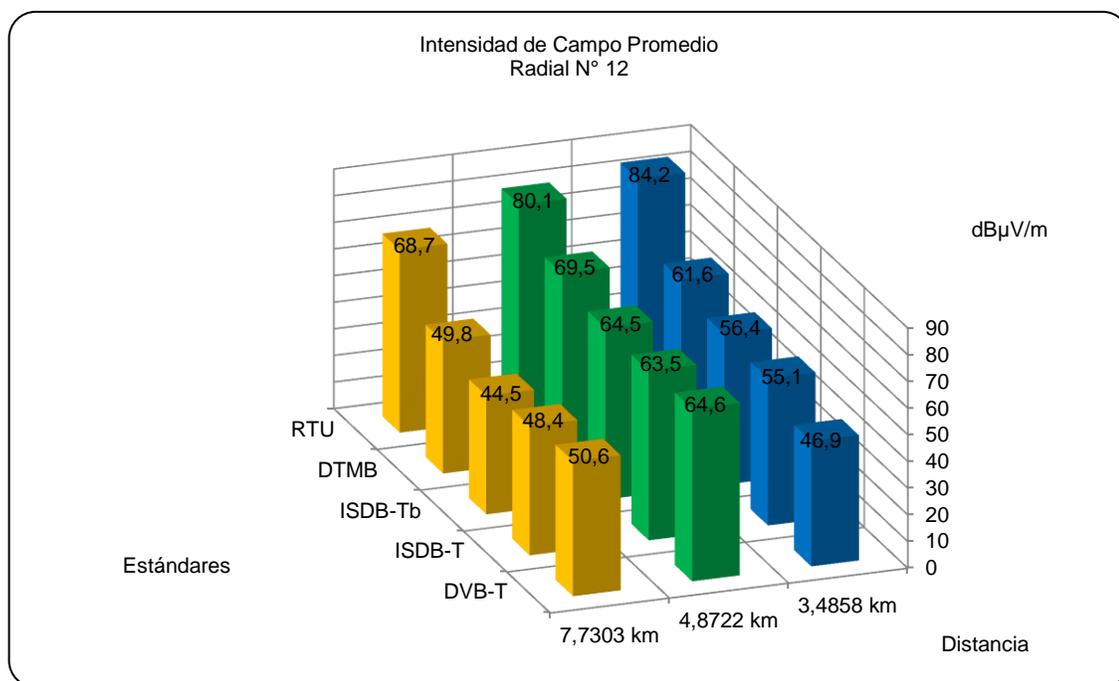


Figura 93. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 12  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 13.

Tabla 40. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 13

Parámetros	E [dBμV/m]			
<b>Radial: #13</b>	Punto: 43	Punto: 75	Punto: 44	Punto: 45
<b>Distancia</b>	3.2418 km	4.7062 km	5.2038 km	6.5819 km
<b>DVB-T</b>	50	54.3	67.3	66.9
<b>ISDB-T</b>	54.1	55.5	65.8	63.2
<b>ISDB-Tb</b>	51.3	54.8	67.2	69.3
<b>DTMB</b>	53.8	58.2	70.3	70.8
<b>RTU</b>	89.1	64.5	83.4	88.6

Fuente: SUPERTEL

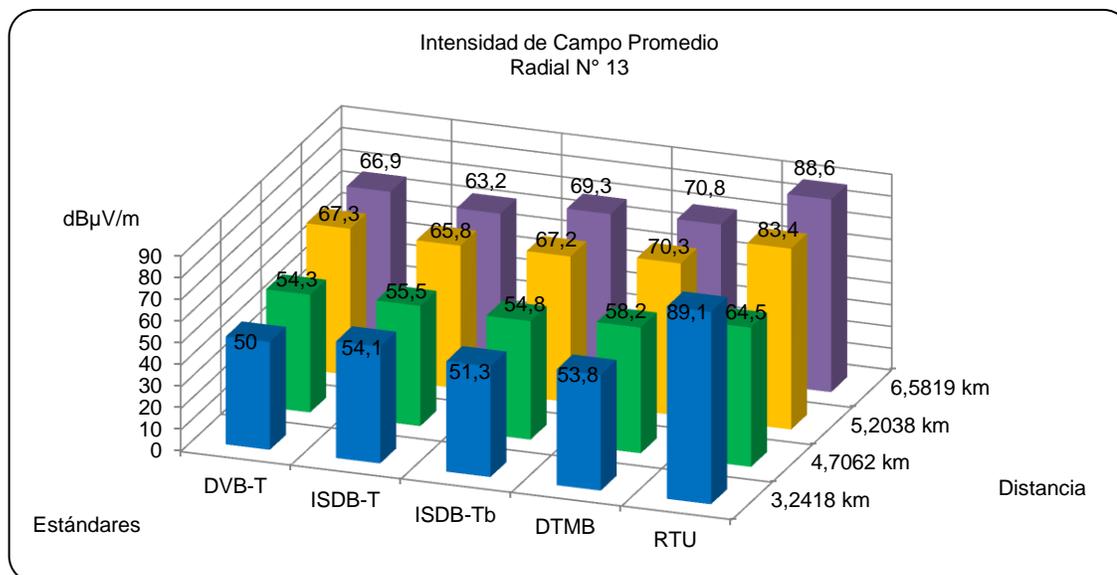


Figura 94. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 13  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 14.

Tabla 41. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 14

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]				
Radial: #14	Punto: 42	Punto: 46	Punto: 47	Punto: 84	Punto: 48
Distancia	1.7485 km	3.1899 km	4.59 km	6.1409 km	7.2782 km
DVB-T	46.1	54.3	66.3	70.1	67.8
ISDB-T	46.5	54.4	64.1	70.6	67.4
ISDB-Tb	45.1	60.1	62.1	69.4	66.8
DTMB	49.5	64.5	65.2	71.8	67.4
RTU	65.3	85.9	80.1	92.3	94.1

Fuente: SUPERTEL

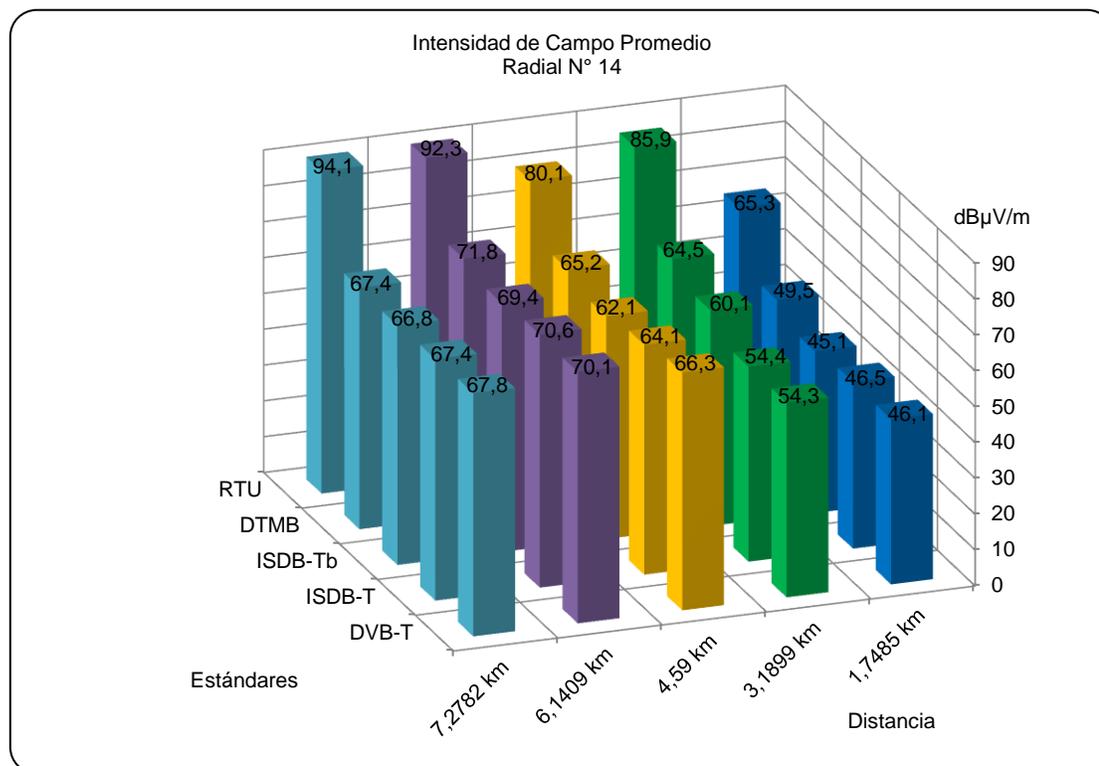


Figura 95. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 14  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 15.

Tabla 42. Valores de intensidad de campo correspondientes al radial N° 15

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]						
Radial: #15	Punto: 49	Punto: 50	Punto: 51	Punto: 80	Punto: 52	Punto: 78	Punto: 77
Distancia	3.2072 km	4.5774 km	6.419 km	7.3515 km	8.4251 km	17.4977 km	17.5809 km
DVB-T	49.7	66.1	70.5	47.1	66.4	57.6	58.8
ISDB-T	50.4	66.4	72.9	49.4	66.1	55.9	59.5
ISDB-Tb	49.4	66.3	67.2	43.4	51.5	59.2	59.4
DTMB	42.8	67.9	66.2	43.6	51.6	62.1	62.6
RTU	78.3	83.4	96.2	73.2	95.1	84.9	84.3

Fuente: SUPERTEL

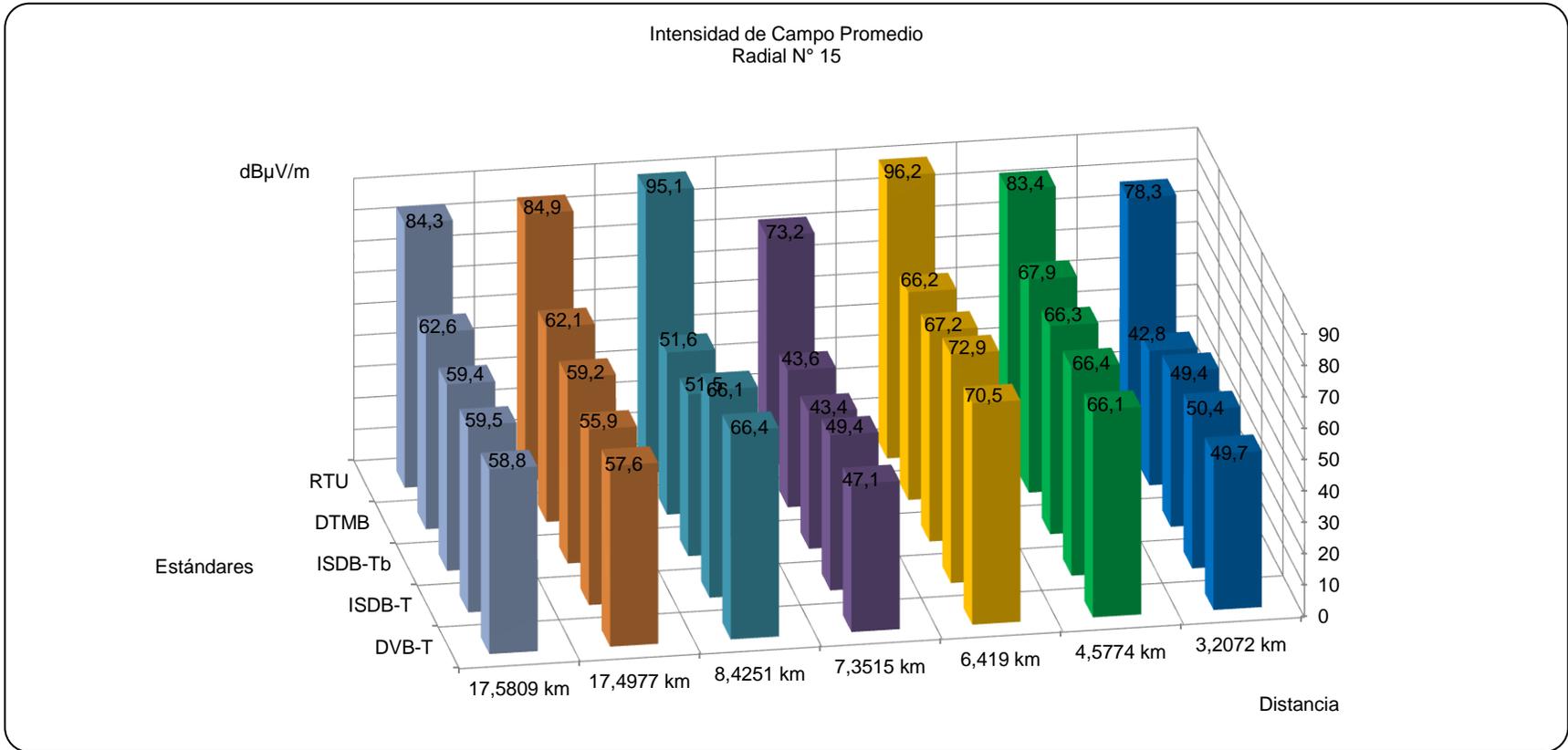


Figura 96. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 15  
 Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 16.

Tabla 43. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 16

Parámetros	E [dBμV/m]				
<b>Radial: #16</b>	Punto: 53	Punto: 73	Punto: 54	Punto: 55	Punto: 79
<b>Distancia</b>	5.010 km	6.099 km	6.587 km	10.543 km	14.767 km
<b>DVB-T</b>	67.5	53.2	65.1	43.5	66.2
<b>ISDB-T</b>	66.4	52.9	64.3	43.9	65.9
<b>ISDB-Tb</b>	65.6	52.5	63.6	43.1	66.9
<b>DTMB</b>	69.3	55.3	65.1	43	70
<b>RTU</b>	91.3	86.8	92.1	55.3	90.5

Fuente: SUPERTEL

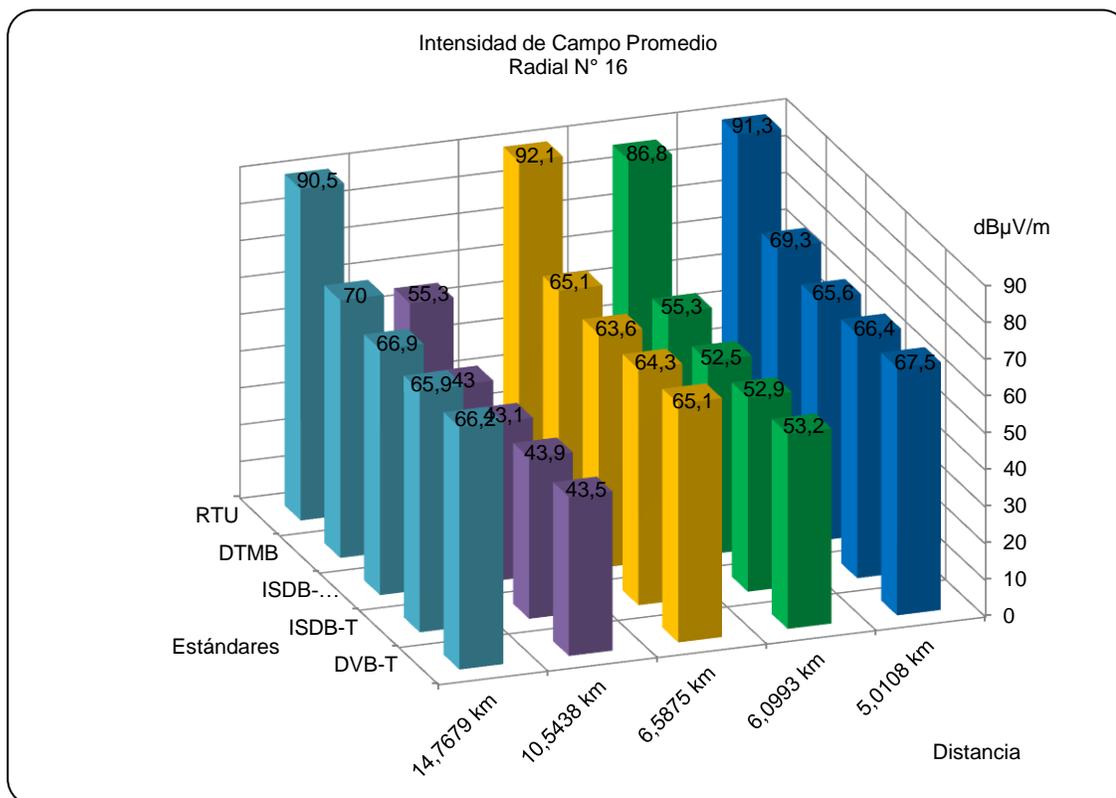


Figura 97. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 16  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 17.

Tabla 44. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 17

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]				
<b>Radial: #17</b>	Punto: 60	Punto: 56	Punto: 57	Punto: 58	Punto: 59
<b>Distancia</b>	4.6912 km	5.3026 km	7.0261 km	8.6899 km	9.5557 km
<b>DVB-T</b>	68.9	48.6	48.3	61.3	63.1
<b>ISDB-T</b>	67	46.2	45.1	67.2	62.1
<b>ISDB-Tb</b>	69.8	45.9	46.9	49.8	63.6
<b>DTMB</b>	73.2	49.9	44.6	52.5	66.8
<b>RTU</b>	93.3	57.1	71.4	96.1	82.5

Fuente: SUPERTEL

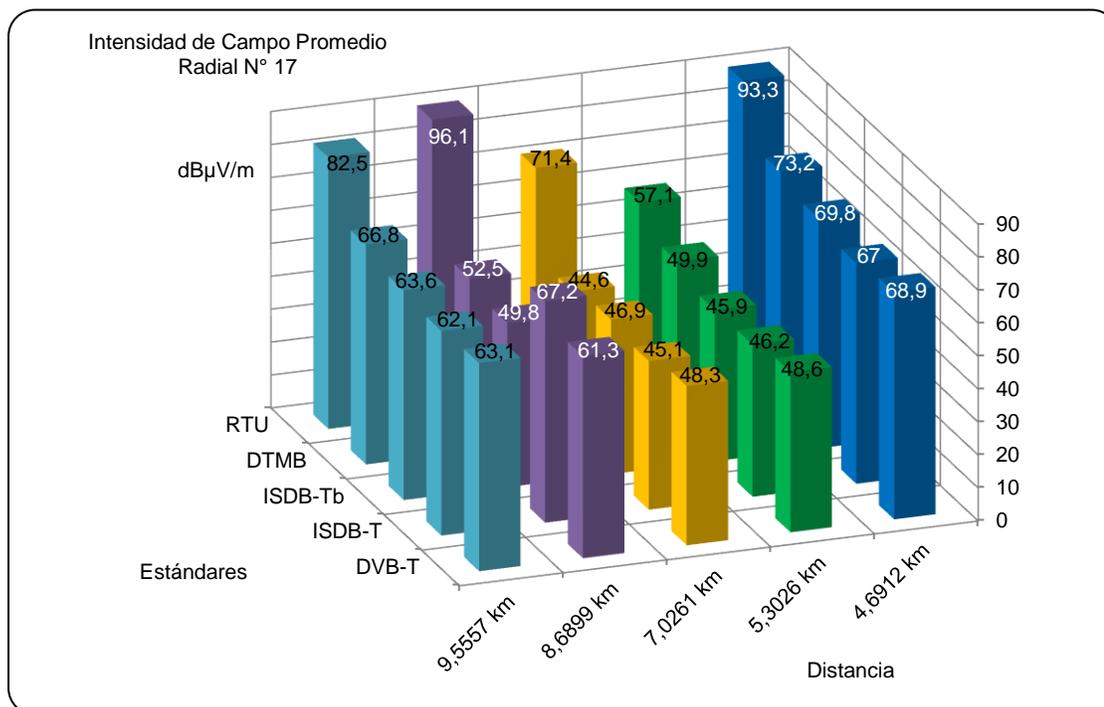


Figura 98. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 17.  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 18.

Tabla 45. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 18

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]					
Radial: #18	Punto: 61	Punto: 62	Punto: 63	Punto: 64	Punto: 65	Punto: 82
Distancia	7.5633 km	8.2792 km	10.2464 km	11.7535 km	12.5325 km	17.5163 km
DVB-T	69.3	54.9	65.7	57.5	59.1	54.6
ISDB-T	66.5	53.1	69.2	54.2	62.4	55.2
ISDB-Tb	64.9	50.1	64.9	55.2	59.5	52
DTMB	67.8	51.3	67	57.6	61.9	52.4
RTU	94.3	80.3	90.3	80.1	92.3	75

Fuente: SUPERTEL

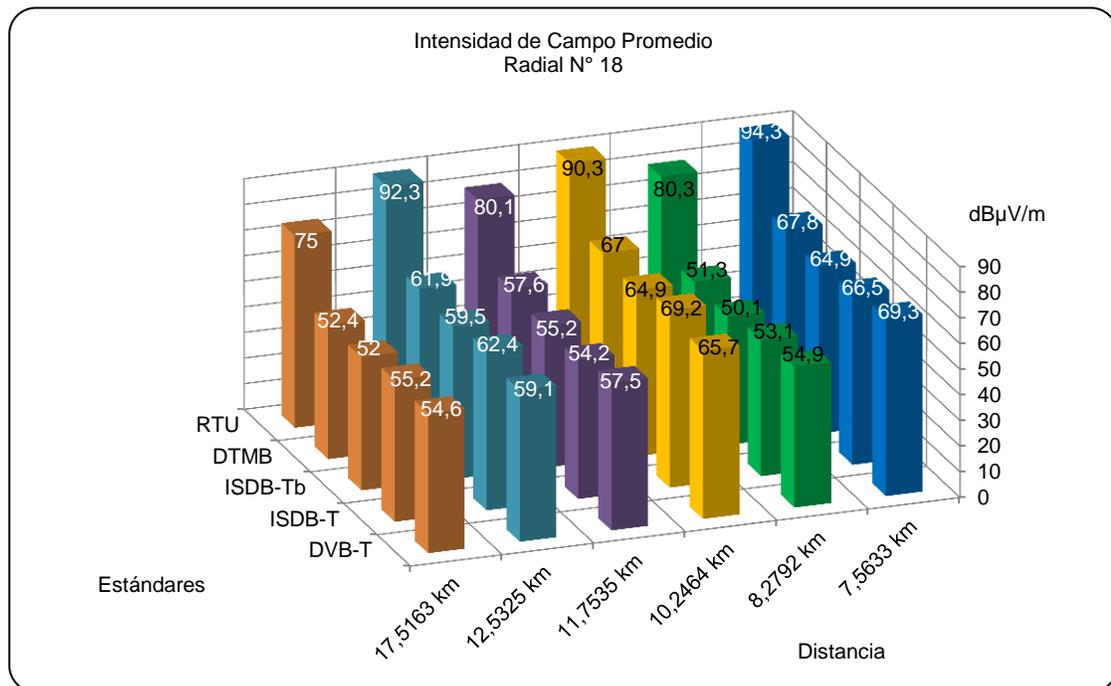


Figura 99. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 18  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 19.

Tabla 46. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 19

Parámetros	E [dB $\mu$ V/m]				
Radial: #19	Punto: 66	Punto: 67	Punto: 68	Punto: 69	Punto: 85
Distancia	8.7358 km	10.2835 km	11.8446 km	13.466 km	22.8 km
DVB-T	43.4	43.3	60.5	57.8	52.6
ISDB-T	43.7	43.4	60	58.1	51.8
ISDB-TB	43.6	32.5	57.1	56.3	53.1
DTMB	45.4	35.4	61.5	62.1	55.3
RTU	63.1	56.8	87.2	90.6	76.5

Elaborado por: Xavier Páez

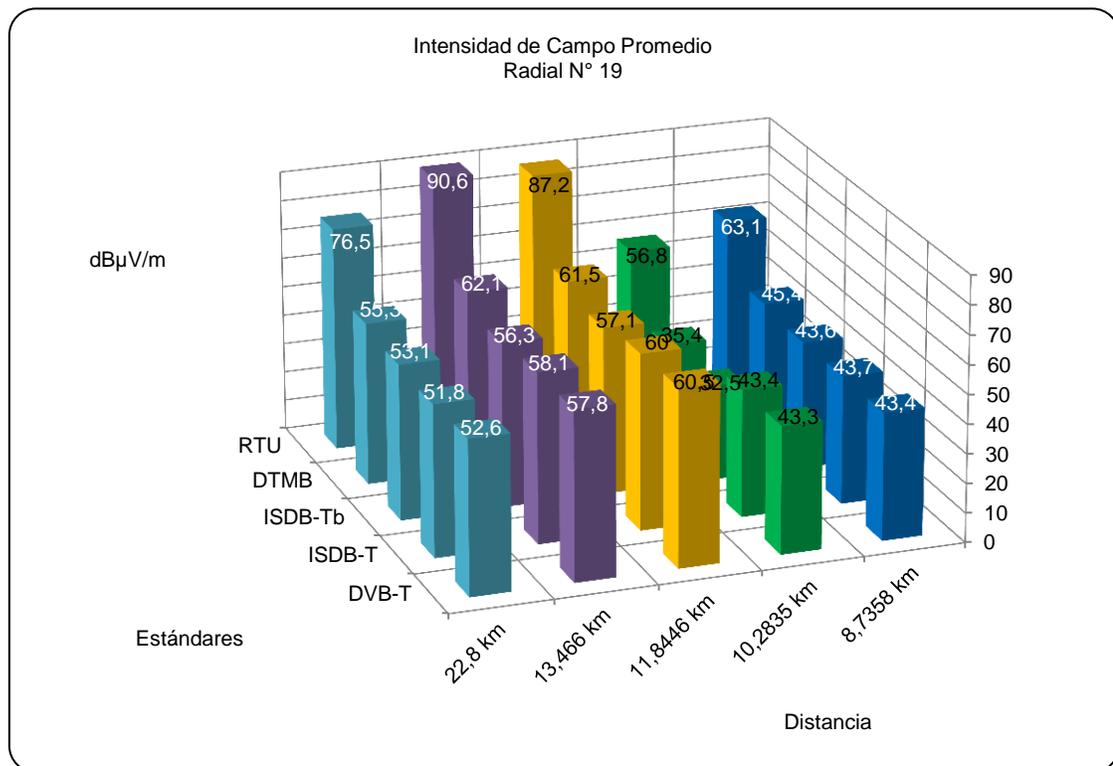


Figura 100. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 19  
Elaborado por: Xavier Páez

## Radial N° 20.

Tabla 47. Valores de Intensidad de campo correspondientes al radial N° 20

Parámetros	E [dBμV/m]		
	Punto: 70	Punto: 71	Punto: 72
Radial: #20			
Distancia	10.5055 km	12.177 km	15.1715 km
DVB-T	42.9	45.8	44.2
ISDB-T	43.9	44.3	44.8
ISDB-Tb	43	42.9	44.2
DTMB	44.2	42.9	45.1
RTU	62.3	50.4	66.9

Fuente: SUPERTEL

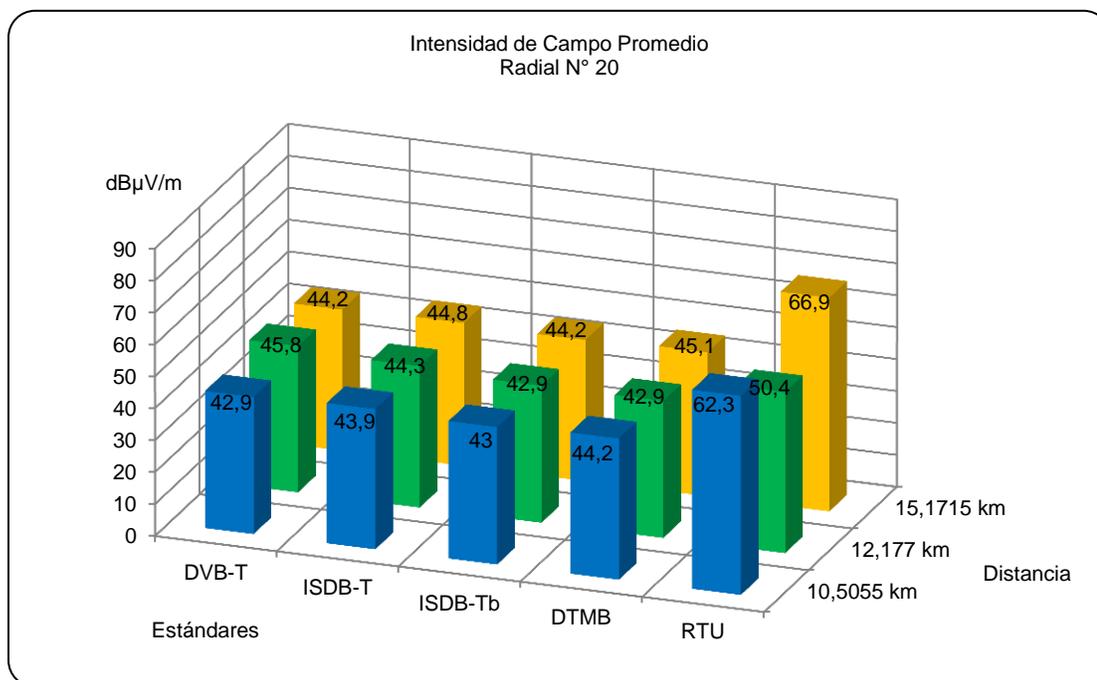


Figura 101. Comparación del valor de Intensidad de campo en el radial N° 20  
Elaborado por: Xavier Páez

### 4.3 ANCHO DE BANDA.

Esta medida cualitativa de la instalación se refiere a la uniformidad de la portadora del canal de TV en recepción, la cual debe ser idealmente plana, ya que las modulaciones digitales no tienen variaciones de amplitud con la información que transportan. La pérdida de uniformidad del canal puede deberse a un desacople de impedancias o a la falta de linealidad en el parámetro amplitud-frecuencia de algún componente en el sistema de transmisión.

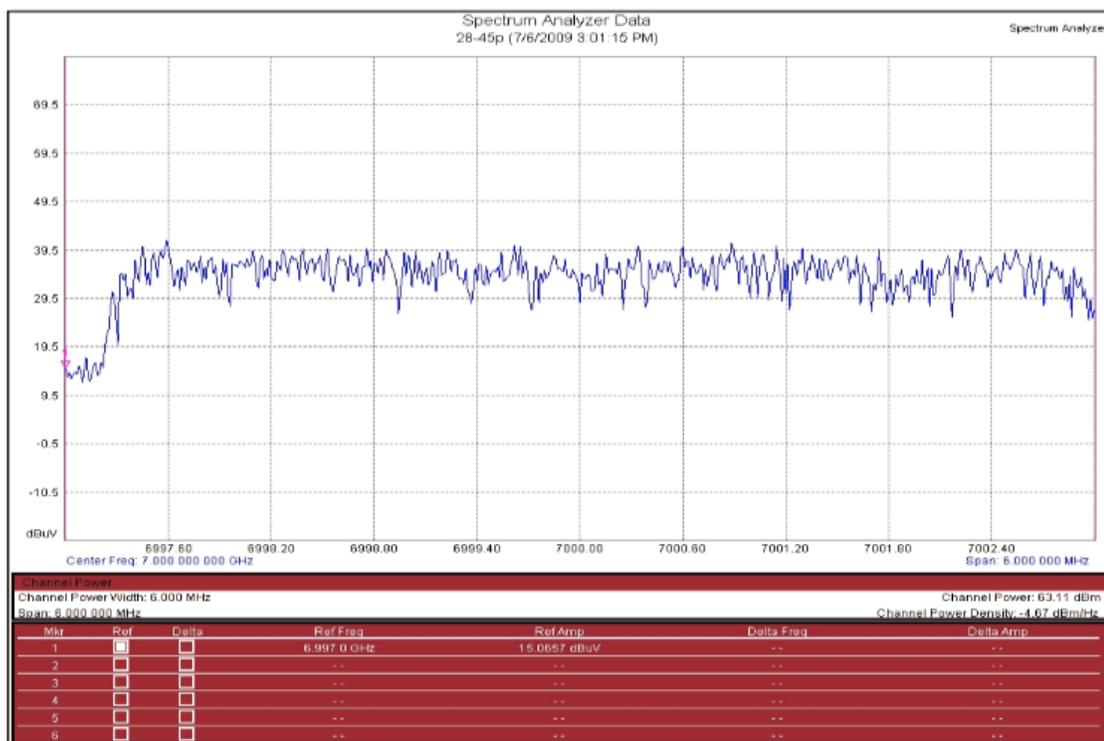


Figura 102. Ejemplo de una medición de ancho de banda realizado con el analizador de espectros de marca Anritsu  
Fuente: SUPERTEL

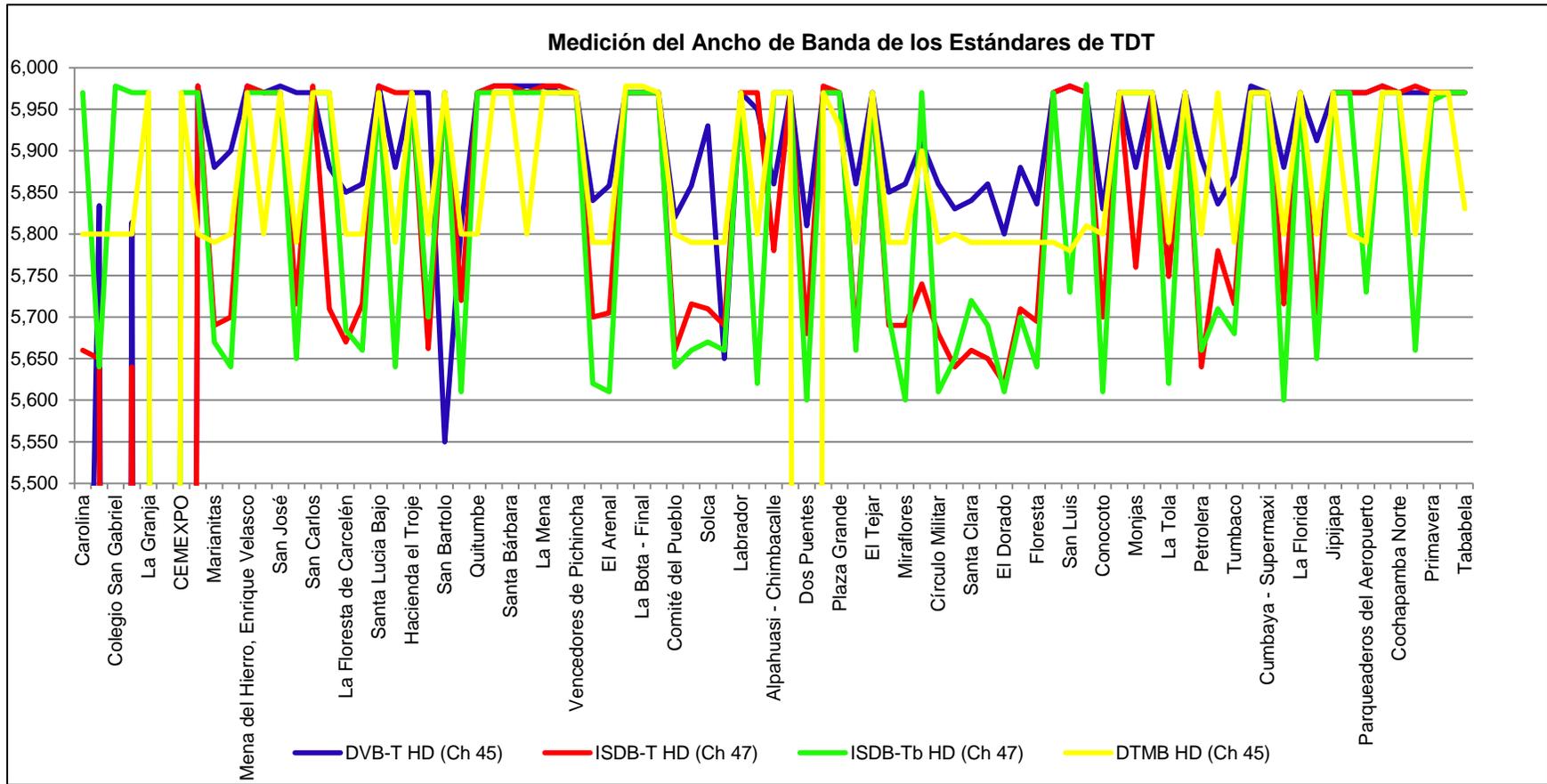


Figura 103. Medición de ancho de banda de los estándares de TDT, en diferentes puntos dentro del D. M. de Quito  
 Elaborado por: Xavier Páez

#### 4.4 ZONAS DE SOMBRA DETECTADAS EN EL TRANCURSO DE LA PRUEBAS DE TDT.

Luego de realizar la evaluación de los datos obtenidos, en cada uno de los puntos de medición, se pudo verificar que existen lugares que se encuentran dentro de zonas de sombra, sitios en los cuales es difícil la recepción de señales no solo de televisión, sino de diferentes servicios que utilizan el espectro radioeléctrico. Tomando en consideración, que uno de los grandes objetivos de la incorporación de la TDT en el Ecuador, es la inclusión social, es importante que al autorizar la operación de los nuevos canales de TDT en el D.M. de Quito, el Organismo Regulador, obligue a los concesionarios de TDT, a garantizar la cobertura de la señal en todo sector, ya sea mediante la instalación de *gap\_fillers* o transmisores de baja potencia.

Tabla 48.

Tabla 48. Sectores de la ciudad de Quito, donde posiblemente se requiera instalar gap fillers, para mejorar la recepción de la señal de TDT.

SECTOR	DIRECCIÓN	COORDENADAS
Mitad del Mundo	Monumento Mitad del Mundo	0°0'14.7" S 78°27'8.4" O 2474 m
CEMEXPO	Av. Manuel Córdova Galarza, Cemexpo	0°2'1.4" S 78°27'12.6" O 2426 m
Mena del Hierro (Enrique Velasco)	Mena del Hierro Calle A y Calle B	0°6'13.7" S 78°30'45.6" O 2868m
San José	Bellavista Alto Benardo de Legardo y San Vicente	0°7'21" S 78°30'46.6" O 2993m
Nuevo Amanecer	Martha Bucarám de Roldos S41-40	0°17'50.8" S 78°33'54.5" O 2910 m

## ...continuación de la Tabla 48

Santa Bárbara	Río Maravino S27-134	0°16'18.1" S 78°33'28.8" O 2918 m
La Mena	Calle Q(Oe6) y Ajaví	0°15'28.5" S 78°32'32.7" O 2860 m
San José de Chilibulo	Antonio de Herrera S11-23 y Chilibulo	0°14'40.7" S 78°32'21.5" O 2907 m
Vencedores de Pichincha	Los Chillos y El Triunfo	0°15'25.9" S 78°33'13.9" O 2925 m
La Bota	Av. La Bota y Jonas Escalante	0°7'2.3" S 78°27'25.3" O 2715 m
La Bota Final	Av. La Bota	0°7'14.4" S 78°27'1.2" O 2633 m
Comité del Pueblo #1	EMAAP La Bota; Tanques de agua potable #2	0°7'4.7" S 78°27'41.1" O 2783 m
San Sebastián	Av.5 de Junio S2-185	0°13'46.9" S 78°30'53.6" O 2855 m
Balcón del Valle	Miguel Ángel Zambrano y Paquisha	0°15'26.3" S 78°29'29.5" O 2871 m
Las Orquideas	Gonzalo Escudero y Luis Larenas	0°13'23.5" S 78°29'21.1" O 2831 m
Nayón	Parque Principal de Nayón	0°9'26.4" S 78°26'22" O 2617 m
Cumbaya	Supermaxi de Cumbaya	0°11'48.4" S 78°26'25.7" O 2432 m
Jipijapa	Isla Baltra y Jorge Drom	0°9'58.7" S 78°29'6.6" O 2800 m
Cochapamba Norte	San Francisco de la Pita y Calle 13 Transversal	0°9'33,3" S 78°30'22,9" O 3057 m
Primavera Alta	Obispo Nuñez de Madrid (Tanques de agua Emap)	0°10'48,1" S 78°30'58,1" O 3119 m
La Ronda	Calle Guayaquil y Morales	0°13'28,1" S 78°30'40,8" O 2826

...continuación de la Tabla 48				
Balcón del Valle	Av. Simón Bolívar y Guasuntos			0°16'26,5'' S 78°30'40,8'' O 3167 m
Chillogallo	Av. Mariscal Sucre y Francisco López			0°16'34,3'' S 78°33'9,8'' O 2903 m
Chillogallo	Francisco Chiriboga Oe7-19C y Agustin Aguinaga			0°16'51,8'' S 78°33'19,6'' O 2991 m
Biloxi	Av. Mariscal Sucre y Calle C.			0°15'29,8'' S 78°32'41,9'' O 2873 m

Elaborado por: Xavier Páez

## CAPITULO 5

### 5. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS RESULTADOS.

Después de revisar los resultados obtenidos en las pruebas de TDT realizados en el Distrito Metropolitano de Quito y que tuvieron como base las recomendaciones UIT.R.BT.500, para el modo subjetivo y UIT-R BT. 2035-1, para el modo objetivo (técnico), es necesario realizar un análisis comparativo de los datos obtenidos, situación que permitirá establecer el estándar que mejor desempeño obtuvo durante la realización de las pruebas de TDT.

#### 5.1. CRITERIO OBJETIVO.

##### 5.1.1. Promedio total de medición Intensidad de Campo.

Tabla 49.

Tabla 49. Valores promedio de Intensidad de campo producto de la medición en 20 radiales

Estándar	E(dB $\mu$ V/m)	Potencia Tx (w)	Tecnología
DVB-T	57.490	500	Digital
ISDB-T	57.751	500	Digital
ISDB-Tb	56.169	500	Digital
DTMB	58.300	500	Digital
RTU	81.020	5000	Analógico

Elaborado por: Xavier Páez

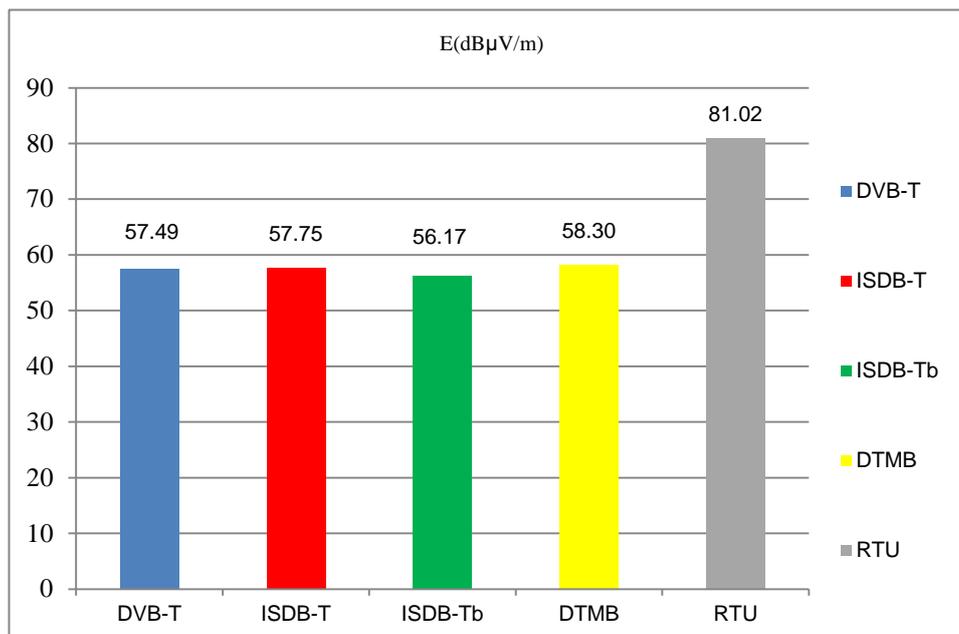


Figura 104. Comparación del parámetro Intensidad de Campo, de los estándares de TDT y el canal analógico RTU 46 TV NTSC  
Elaborado por: Xavier Páez

Como se puede observar del promedio de valores obtenidos de la medición de Intensidad de Campo de los 20 radiales, el valor más alto de los estándares de TDT, corresponde al Estándar Chino DTMB, seguido por el Estándar Japonés ISDB-T. Cabe señalar que del resultado de comparar el nivel de intensidad de campo de los estándares de TDT con el canal analógico 46 TV, se puede notar que el valor de este sobrepasa a los canales de TDT, en 22 dBμV/m, resultado que tiene relación con la potencia con la cual operaban los estándares de TDT, que era de 500 vatios, en comparación con el canal analógico que operaba con una potencia de 5000 vatios en el transmisor (relación de 1:10).

Realizando la comparación entre los valores promedio de intensidad de campo de los estándares de TDT, se puede observar que la diferencia entre los valores, no es tan significativa, además es necesario indicar que el

parámetro intensidad de campo, no es un parámetro esencial que sirva en TDT, ya que se necesita también conocer la calidad de la señal, dado que se podría tener una alta señal de intensidad de campo y una baja calidad de la señal, lo que no permitiría la visualización de la señal de TDT o que la misma se presente con pixelaciones. Esta condición, ha dado lugar al surgimiento en el mercado, de nuevos equipos de medida para TDT, que difieren totalmente de los equipos analógicos actuales.

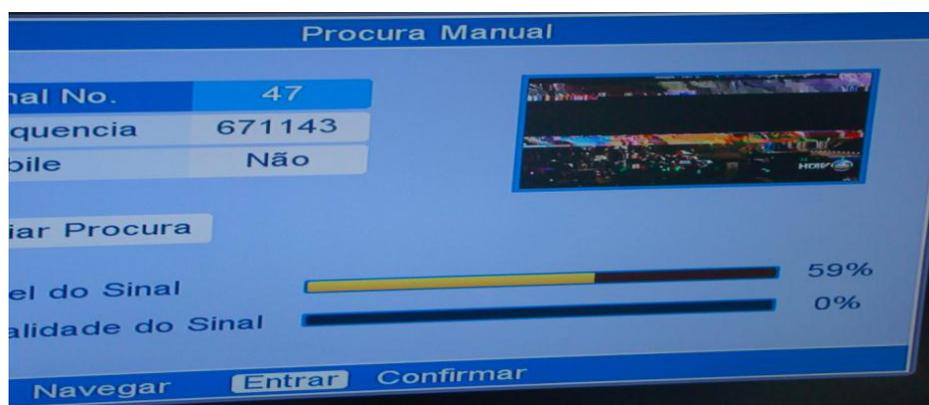


Figura 105. Nivel de RF de la señal de TDT en un margen del 59 % y la calidad de la señal en 0 %. La imagen presenta pixelaciones  
Fuente: SUPERTEL

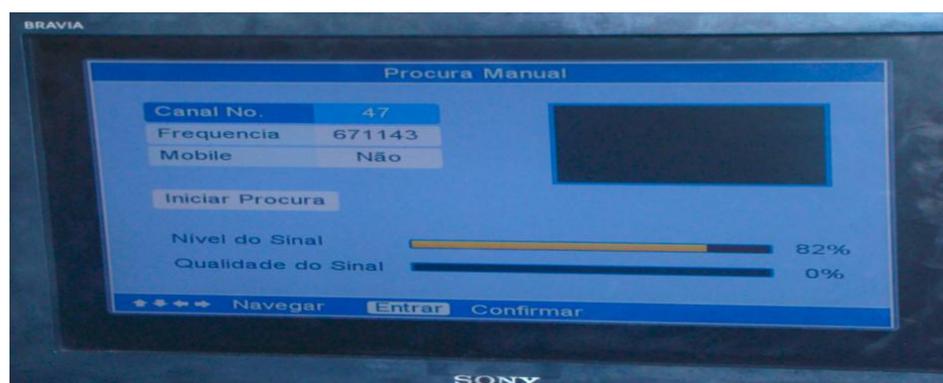


Figura 106. Nivel de RF de la señal de TDT en un margen del 82 % y la calidad de la señal en 0 %. La imagen no se presenta  
Fuente: SUPERTEL

Técnicamente los cuatro estándares de TDT estudiados pueden tener coberturas similares en condiciones idénticas de potencias, por lo que económicamente no fue un factor de peso a la hora de tomar una decisión sobre el estándar a elegir.

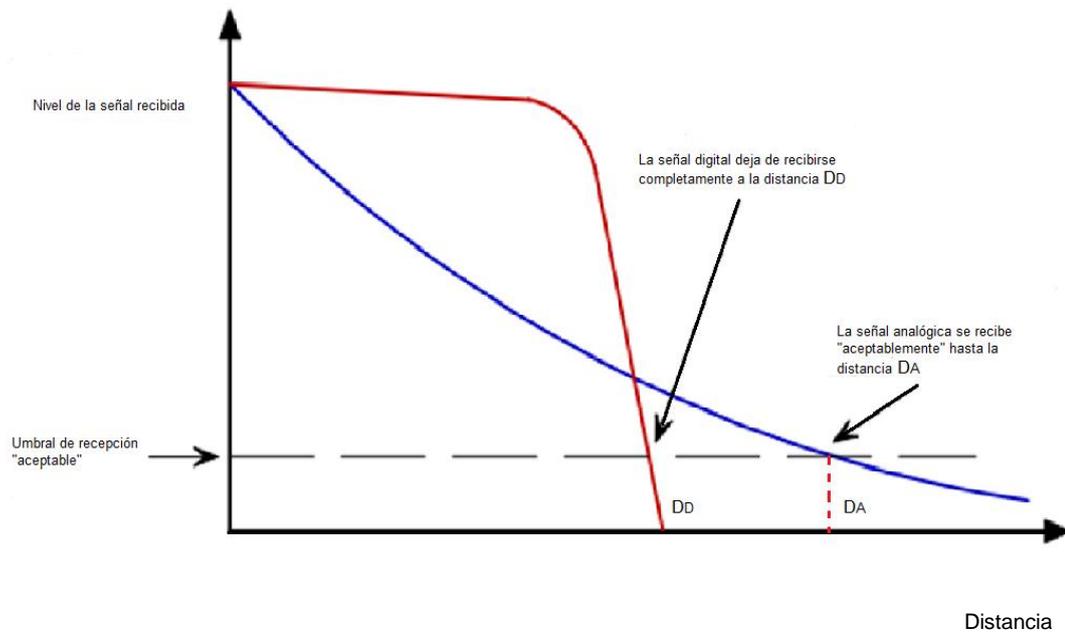


Figura 107. Comportamiento de la señal de recepción, respecto de la distancia, tanto para una señal de TDT, como para una señal analógica  
Elaborado por: Xavier Páez

La señal de TDT, a una distancia determinada respecto del sistema de transmisión, no podrá visualizarse por cuanto el número de errores en los datos superaran la capacidad del equipo para corregirlos, presentando una baja calidad de señal. Al contrario de lo que sucede con una señal analógica, dado que esta ha determinada distancia del transmisor (en zona secundaria de cobertura), todavía puede ser visualizada aunque presente degradación en la imagen.

### 5.1.2. Ancho de Banda de Canal BW (MHz)

Tabla 50. Valores promedio de la medición de Ancho de Banda ocupado tomados en 85 puntos dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

Estándares	BW Ocupado	BW Asignado	BW Sobrante
DVB-T HD	5,899070	6	0,100930
ISDB-T HD	5,841880	6	0,158120
ISDB-Tb HD	5,830980	6	0,169020
DTMB HD	5,872360	6	0,127640

Elaborado por: Xavier Páez

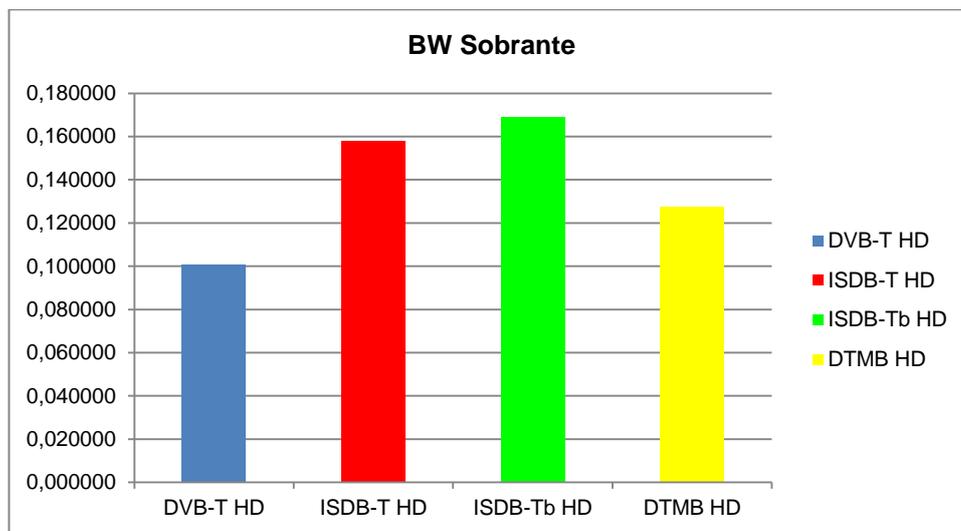


Figura 108. Representación del promedio de los valores de Ancho de Banda sobrante obtenidos en 85 puntos de medición

Elaborado por: Xavier Páez

Como se había señalado anteriormente, las pruebas de TDT fueron desarrolladas sobre emisiones en alta definición (HDTV), por ser estas las señales que más ancho de banda ocupan, llegando a contar de esta forma con las condiciones más extremas de transmisión. Con este antecedente y tomando en cuenta que los resultados obtenidos, no difieren en gran cantidad uno de otro, se pudo establecer que los cuatro estándares de TDT probados, demostraron su capacidad de operar en HD y en un ancho de banda de 6 MHz.

La capacidad de transmisión de datos está ligada íntimamente al manejo del ancho de banda de cada formato y a la tasa de transmisión que cada norma dispone para su estándar de TDT. Una mejor relación de ancho de banda y mejor tasa de transmisión de bits, generan mayores posibilidades de una transmisión de datos. Así en el ancho de banda de 6 MHz, que actualmente ocupa un canal analógico se podría tener una diversidad de programas digitales gracias a los procesos digitales de compresión de datos, que están basados en la supresión de la redundancia de datos correspondientes a las muestra digitales de imagen y sonido.

### 5.1.3. Relación Portadora a Ruido C/N (dB)

La medida de C/N, se realizó directamente sobre el espectro de la señal. Los valores considerados satisfactorios dependen del sistema de modulación usado, en este caso 64-QAM. Por debajo de ciertos valores de C/N, la calidad de la señal detectada fue insuficiente, es decir se tenía una tasa de errores alta.

- **Tramo de medición: Parque El Ejido – C. C. El Condado.**

Tabla 51. Promedio de la Relación Portadora a Ruido, en el tramo El Ejido – C.C. El Condado

Estándar	C/N (dB) Tramo El Ejido _ C.C. El Condado
DVB-T	20.3968
ISDB-Tb	20.4154
DTMB	20.0952

Elaborado por: Xavier Páez

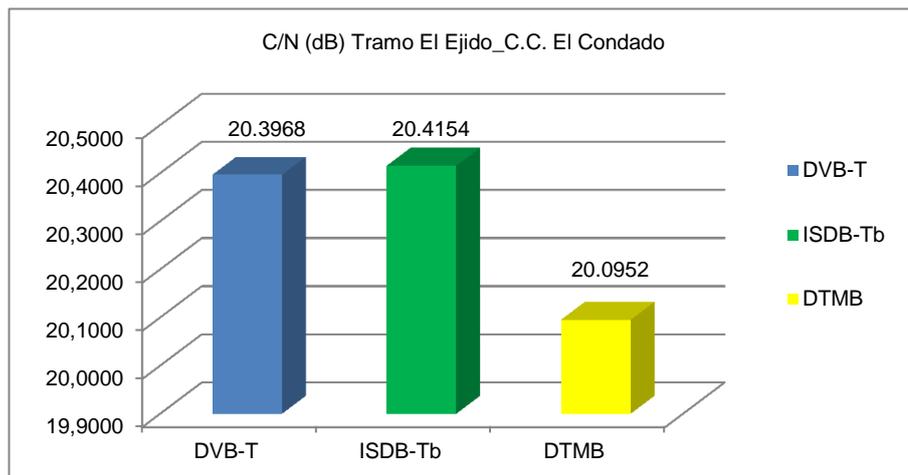


Figura 109. Representación del promedio de los valores de Relación Portadora a Ruido, medidos en el tramo El Ejido – C.C. El Condado.  
Elaborado por: Xavier Páez

En este tramo de medición, el promedio de C/N presentado por el estándar ISDB-Tb, es el que refiere un mejor comportamiento respecto de la distancia hacia el Cerro Pichincha, sitio de transmisión. En algunos puntos de medición en este tramo el nivel de C/N fue tan bajo que no permitió obtener un buen nivel de calidad de la señal de recepción por parte del decodificador. Es de notar que la diferencia entre los valores promedio de cada uno de los estándares de TDT, no representa un valor técnicamente significativo.

- **Tramo de medición: C. C. El Condado – Parque El Ejido.**

Tabla 52. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el tramo C.C. El Condado – El Ejido

Estándar	C/N (dB) Tramo C.C. El Condado _ El Ejido
DVB-T	21.7329
ISDB-Tb	21.7451
DTMB	21.7468

Elaborado por: Xavier Páez

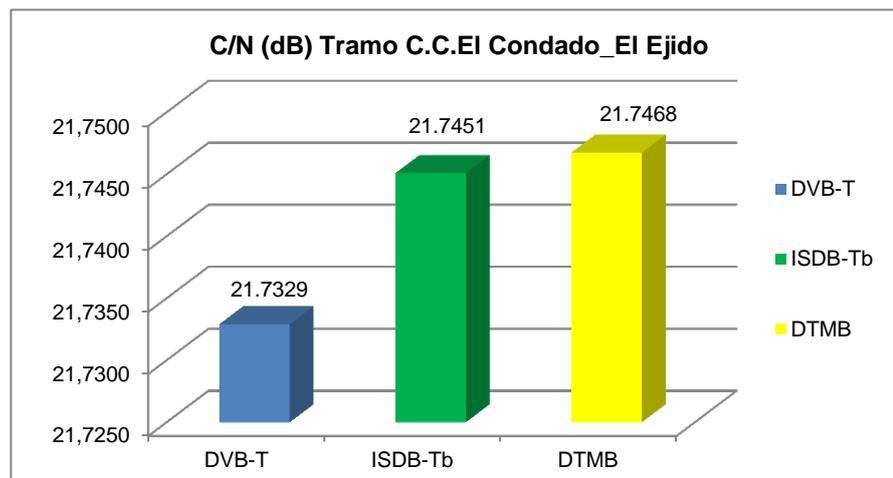


Figura 110. Promedio de los valores de Relación Portadora a Ruido, medidos en el tramo C.C. El Condado – El Ejido  
Elaborado por: Xavier Páez

En este tramo, se obtuvo un mejor nivel de relación portadora a ruido por parte del estándar DTMB, el aumento en los valores, puede haberse debido a que al cerrar el circuito en sentido contrario respecto del primer tramo, la velocidad promedio del vehículo para realizar este drive test, fue menor que la del primer tramo, debido al tráfico presente. Sin embargo de lo cual la diferencia de este parámetro entre los diferentes estándares de TDT, no representa un valor que pudiera incidir técnicamente en la calidad de la señal de recepción.

- **Tramo de medición: Sector de Monjas.**

Tabla 53. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el Sector de Monjas

ESTÁNDAR	C/N (dB) Trayecto Monjas
DVB-T	18.7727
ISDB-Tb	18.8400
DTMB	18.5507

Elaborado por: Xavier Páez

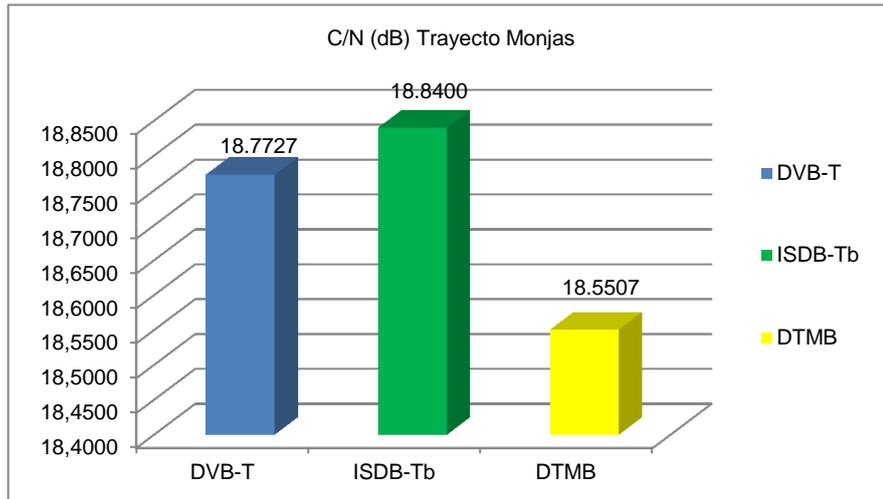


Figura 111. Promedio de los valores de la Relación Portadora a Ruido, medidos en el Sector de Monjas

Elaborado por: Xavier Páez

El estándar ISDB-Tb, en este tramo obtuvo el mejor promedio. La diferencia con los valores de los demás estándares no es muy considerable. Lo que sí se puede apreciar es que en este sector, el nivel de relación portadora a ruido disminuyó debido a que este sector, se encuentra más distante del sistema de transmisión ubicado en el Cerro Pichincha.

- **Tramo de medición: Sector Dos Puentes al Sur de Quito.**

Tabla 54. Promedio de la medición Relación Portadora a Ruido, en el Sector de los Dos Puentes, Sur de Quito

ESTÁNDAR	C/N (dB) Tramo Dos Puentes _ Sur de Quito
DVB-T	19.3820
ISDB-Tb	19.5402
DTMB	20.1905

Elaborado por: Xavier Páez

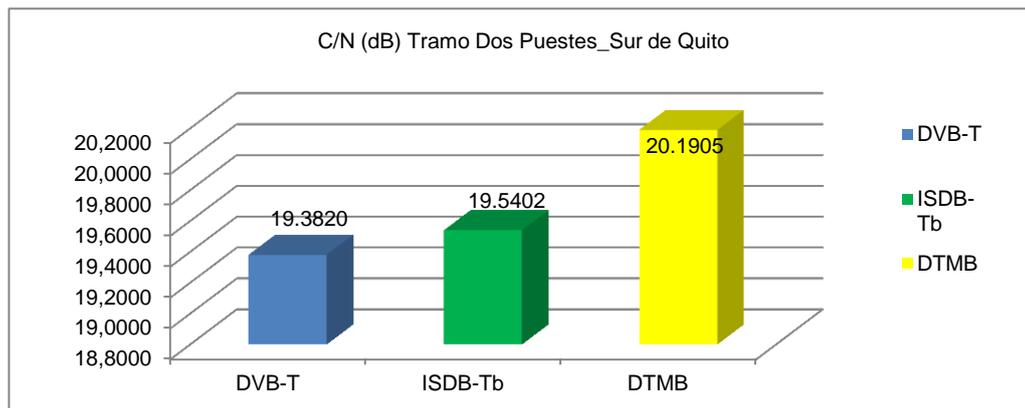


Figura 112. Promedio de los valores de Relación Portadora a Ruido, medidos en el Sector Dos Puentes al Sur de la ciudad de Quito  
Elaborado por: Xavier Páez

En este tramo localizado al sur de la ciudad Quito, el estándar que mejor respuesta de relación portadora a ruido obtuvo, fue el estándar DTMB, en este sector pese a no tener una marcada diferencia entre los valores, se pudo notar que en determinados sitios donde no se podía visualizar la señal de los estándares DVB-T e ISDB-Tb, existía la señal del estándar DTMB.

#### 5.1.4. Promedio Total: Relación Portadora a Ruido (C/N), en los 4 tramos medidos.

Tabla 55. Promedio de la medición de la Relación Portadora a Ruido, producto de los cuatro recorridos realizados dentro del Distrito Metropolitano de Quito

Estándar	C/N (dB) Promedio General
DVB-T	20.0711
ISDB-Tb	20.1352
DTMB	20.1458

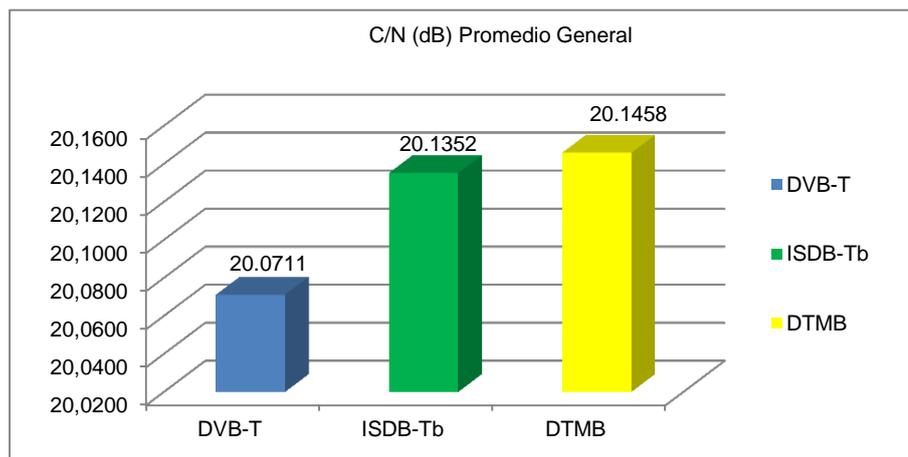


Figura 113. Promedio Total de la Relación Portadora a Ruido, obtenida en los 4 tramos recorridos

Elaborado por: Xavier Páez

Observando los diferentes resultados obtenidos en los cuatro tramos de medición, se puede notar que la relación portadora a ruido, disminuye con relación a la distancia al sitio de transmisión (Cerro Pichincha). El estándar DTMB, es el que obtuvo mejor promedio en la medición de este parámetro, sin embargo hay que señalar que la diferencia con los valores de los otros estándares probados, no representa una diferencia significativa. En ciertos sectores la relación portadora a ruido, disminuía a valores que no garantizaban por parte del decodificador, una buena calidad de la señal de recepción.

### 5.1.5. Medición de la Tasa de Error de Modulación (MER) vs Relación Portadora a Ruido (C/N).

Tomando en cuenta que en televisión digital, la tasa de error de modulación (MER), es uno de los parámetros más significativos para

determinar la calidad de la señal digital recibida, ya que representa la diferencia entre la señal patrón que debe recibirse y la señal con errores que realmente se recibe, define un factor que nos informa de la exactitud de una constelación digital. La medición del MER, se realizó después del demodulador, que es la señal bruta como se recibe del sistema de transmisión, antes del FEC.

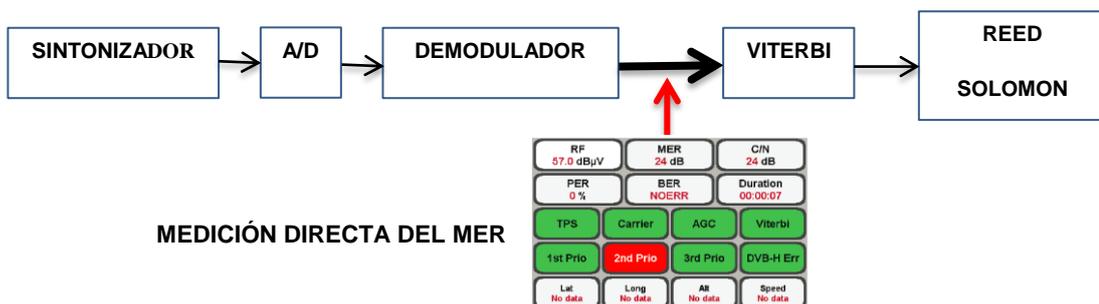


Figura 114. Descripción de la medición del MER para las pruebas de TDT  
Elaborado por: Xavier Páez

El FEC también funciona cuando los símbolos tienen codificación Gray, lo que significa que cualquier símbolo adyacente solamente cambiará el valor de un bit del símbolo completo una vez que MER sea lo suficientemente elevada como para cruzar el límite de la celda adyacente. El entrelazado distribuye los errores aleatoriamente a lo largo de la transferencia de datos, de forma tal que si ocurre un bloque de errores, no se pierdan todos los datos.

La protección contra errores introducida en el esquema general de la codificación y generación de la trama de transporte de los sistemas de transmisión de televisión digital está formada por dos tipos de códigos, uno de protección contra errores de paquetes denominado Reed Solomon y otro de protección de errores de bit denominado FEC (Viterbi) que es

variable. Por tanto el parámetro VBER, no es un parámetro significativo a la hora de evaluar el estado de una instalación.

- **Comparación del MER vs C/N, de los Estándares DVB-T, ISDB-Tb y DTMB, para los tramos de medición: El Ejido – El Condado, El Condado – El Ejido, Monjas y Los Dos Puentes (sur de Quito).**

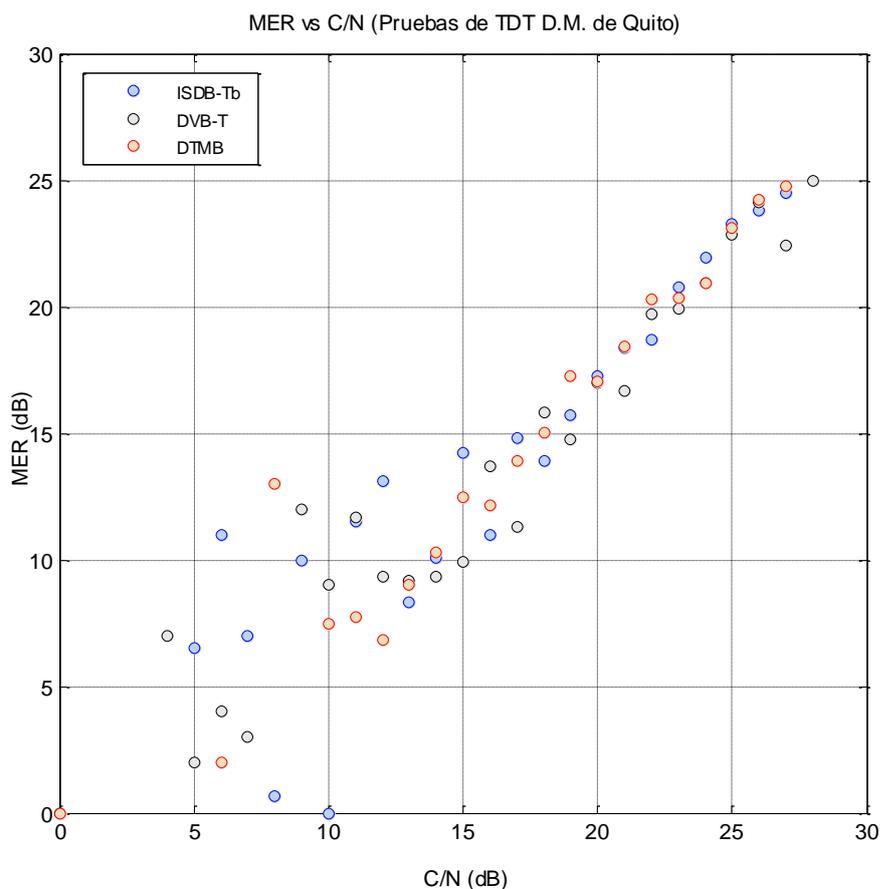


Figura 115. Representación de MER (dB) y C/N (dB), resultado de la medición en 4 tramos dentro del Distrito Metropolitano de Quito  
Elaborado por: Xavier Páez

Como se puede observar en la representación MER vs C/N, los tres estándares de TDT, presentan características similares, con excepción de algunos puntos dispersos, que pueden deberse a varios factores, los mismos que podrían haber generado la presencia de interferencias intermitentes.

Para la interpretación de resultados en este caso, se tomó como base, los valores de MER de 25, 20, 15, 10 y 8 dB, situación que permitió obtener los siguientes resultados, para un valor de MER de 25 dB, los que presentan mejor respuesta son el DTMB, seguido del DVB-T. Para el valor de 20 dB, el estándar ISDB-Tb, presenta mejor respuesta de MER, seguido del estándar DTMB. En los 15 dB, el estándar DTMB, supera los estándares ISDB-Tb y DVB-T. En los 10 dB, la mejor respuesta de MER, es presentada por el estándar DTMB, seguido por el ISDB-Tb. Finalmente para un valor de 8 dB, se impone el estándar ISDB-Tb, seguido por los estándares DTMB y DVB-T, respectivamente. Esta evaluación, se la realizó tomando como referencia el nivel de deterioro de la modulación que afecta a un receptor digital para recuperar bits de datos, que puede deberse a fugas de señal, nivel de IQ y desequilibrio en cuadratura.

Tabla 56. Resultados de la evaluación de MER vs C/N realizada en cuatro tramos del Distrito Metropolitano de Quito

ESCALA DE DESEMPEÑO	MER (dB) vs C/N (dB)					PROMEDIO
	25	20	15	10	8	
PRIMERO	DTMB	ISDB-Tb	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB
SEGUNDO	DVB-T	DTMB	ISDB-Tb	ISDB-Tb	DTMB	ISDB-Tb
TERCERO	ISDB-Tb	DVB-T	DVB-T	DVB-T	DVB-T	DVB-T

Elaborado por: Xavier Páez

## 5.2. CRITERIO SUBJETIVO.

### 5.2.1.Promedio total Modo Fijo Exterior.

Tabla 57. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video realizada en 85 puntos, en modo fijo exterior

EVALUACION SUBJETIVA MODO FIJO EXTERIOR_VIDEO					
	MALO (1)	POBRE (2)	REGULAR (3)	BUENO (4)	EXCELENTE (5)
DVB-T	60	4	12	96	83
ISDB-T	59	1	1	30	164
ISDB-Tb_1	3	5	8	23	216
ISDB-Tb_2	59	2	4	9	172
DTMB	24	6	2	21	202

Realizado por: Xavier Páez

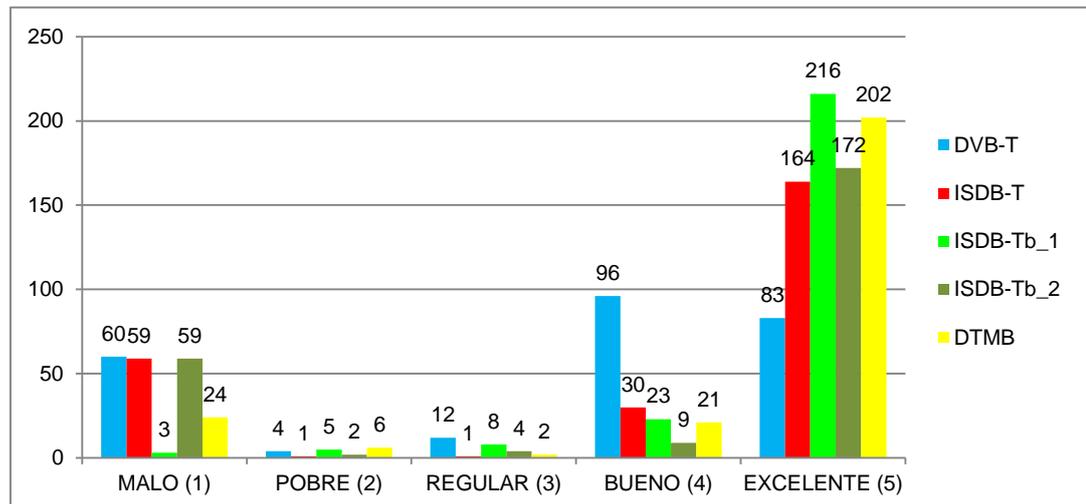


Figura 116. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video realizada en 85 puntos de medición en modo fijo exterior

Elaborado por: Xavier Páez

Luego de revisados los resultados producto de la evaluación de la señal de video en 85 puntos de medición, se puede observar que en la calificación de excelente, que es la que más evaluaciones contiene, es el estándar ISDB-Tb\_1, que fue evaluado en un principio en la pruebas de TDT conjuntamente con los estándares DVB-T e ISDB-T, es el que alcanzó el mayor número de aceptación con 216 evaluación que se pronunciaron a

favor. El segundo lugar lo obtuvo el estándar DTMB, con 202 evaluaciones de apoyo.

### 5.2.2.Promedio total Modo Fijo Interior.

Tabla 58. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video de TDT en 20 puntos, en modo fijo interior con generación de ruido eléctrico.

EVALUACION SUBJETIVA MODO FIJO INTERIOR_VIDEO					
	MALO (1)	POBRE (2)	REGULAR (3)	BUENO (4)	EXCELENTE (5)
<b>DVB-T</b>	17	6	5	15	17
<b>ISDB-T</b>	15	1	6	10	28
<b>ISDB-Tb_1</b>	12	1	5	5	38
<b>ISDB-Tb_2</b>	21	3	5	5	26
<b>DTMB</b>	18	3	3	6	30

Elaborado por: Xavier Páez

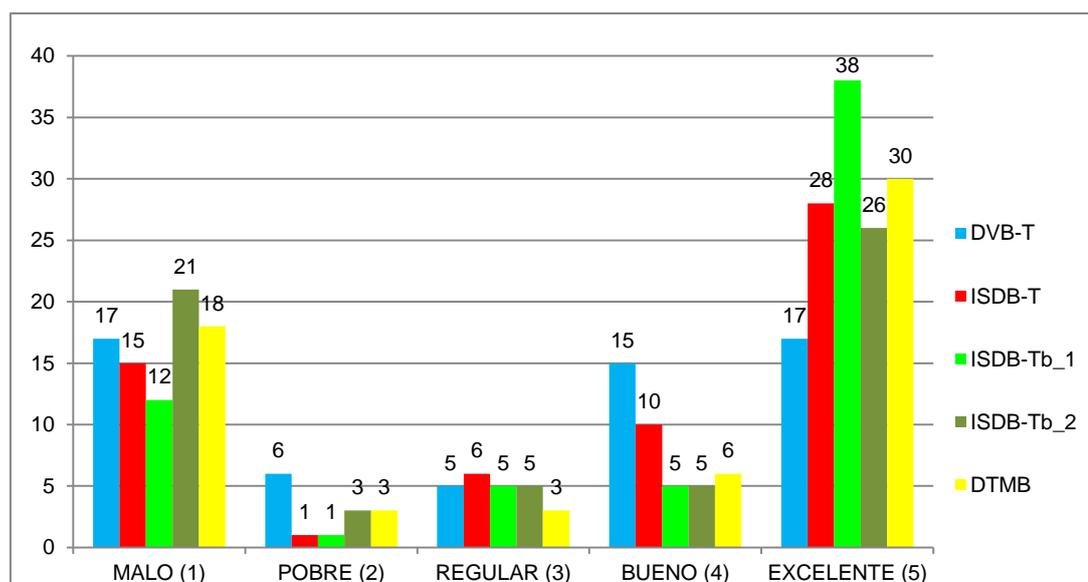


Figura 117. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video realizada en 20 puntos de medición en modo fijo interior con ruido eléctrico añadido.

Elaborado por: Xavier Páez

En el modo de evaluación interior, de la señal de video de los estándares de TDT, el estándar ISDB-Tb\_1, fue el que alcanzó el mayor número de evaluaciones a favor en la calificación de excelente, con 38. Seguido en puntaje, se presentó el estándar DTMB con 30 evaluaciones de

apoyo. En este modo de medición subjetiva, se presentó un alto número de evaluaciones que consideraban a la señal de video de los estándares de TDT como mala, siendo el estándar ISDB-T, el que alcanzo el mayor número de evaluaciones, seguido del estándar DTMB, con 21 y 18, respectivamente.

### 5.2.3.Promedio total Modo Móvil.

Tabla 59. Resultado de la evaluación subjetiva de la señal de video de TDT en modo móvil

PROMEDIO TOTAL DE LA EVALUACION SUBJETIVA MODO MÓVIL POR CIRCUITO		
ESTÁNDAR	PROMEDIO TOTAL MODO MÓVIL	
DVB-T	3	REGULAR
ISDB-T	2	POBRE
ISDB-Tb (1)	3	REGULAR
ISDB-Tb (2)	3	REGULAR
DTMB	4	BUENO

Elaborado por: Xavier Páez

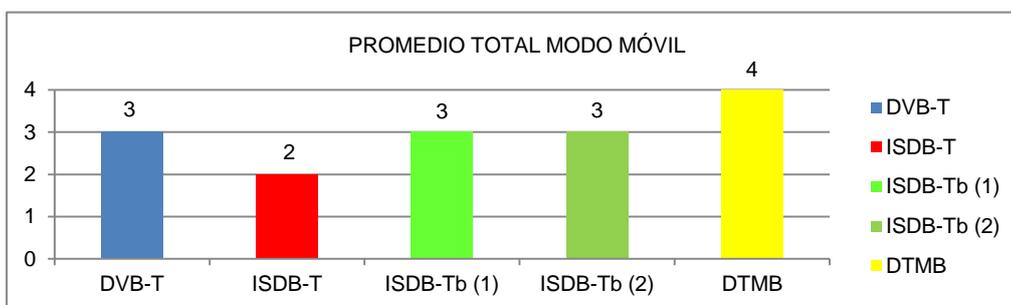


Figura 118. Resultado de la evaluación subjetiva de la calidad de video en modo móvil realizada en 3 circuitos

Elaborado por: Xavier Páez

En la evaluación en modo móvil realizada en 3 circuitos de recorrido, se observa que el estándar DTMB, fue calificado como el de mejor desempeño, respecto de los otros estándares de TDT probados. Ningún estándar en este caso alcanzo la calificación de excelente.

### 5.3. RESULTADOS TOTALES DE LAS PRUEBAS OBJETIVAS Y SUBJETIVAS.

Con base a los resultados obtenidos, tanto en las pruebas objetivas, como subjetivas de TDT, realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, a continuación se presentan los resultados totales.

Tabla 60. Resultado total de la evaluación objetiva en las pruebas de TDT

PARÁMETROS TÉCNICOS EVALUADOS EN LAS PRUEBAS DE TDT					PROMEDIO FINAL
Escala de Desempeño	Intensidad de Campo [Ic]	Relación Portadora a Ruido [C/N]	Ancho de Banda [BW]	Relación MER vs C/N	
<b>PRIMERO</b>	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB	<b>DTMB</b>
<b>SEGUNDO</b>	ISDB-T	ISDB-Tb	ISDB-T	ISDB-Tb	<b>ISDB-Tb</b>

Realizado por: Xavier Páez

Una vez obtenidos los promedios generales de las mediciones objetivas realizadas en las Pruebas de TDT, se ha podido establecer que de los cuatro parámetros técnicos medidos, el estándar DTMB, obtuvo el primer lugar en el mejor desempeño técnico en tres de ellos, como son Intensidad de Campo, Relación Portadora a Ruido y Relación MER vs C/N, por tanto en el promedio general, ocupa el primer lugar de la evaluación objetiva de las pruebas de TDT realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, seguido muy de cerca por el estándar ISDB-Tb.

En tanto, para la evaluación subjetiva final, se tomaron en cuenta las evaluaciones en las cuales pudieron participar todos los estándares de TDT, razón por la cual las pruebas que tenían que ver con portabilidad no fueron

tomadas en cuenta para el promedio general, ya que algunos estándares no pudieron ser evaluados en esta modalidad por cuanto no contaban con equipos receptores para este fin.

Tabla 61. Resultado total de la evaluación subjetiva de las pruebas de TDT

DESEMPEÑO DE LOS ESTÁNDARES DE TDT EN LA PRUEBAS SUBJETIVAS				
Escala de Desempeño	Fijo exterior	Fijo interior con ruido eléctrico	Modo Móvil	PROMEDIO
PRIMERO	ISDB-Tb	ISDB-Tb	DTMB	ISDB-Tb
SEGUNDO	DTMB	DTMB	ISDB-Tb	DTMB

Elaborado por: Xavier Páez

Del promedio general de la evaluación subjetiva, se puede observar que el estándar ISDB-Tb, es el que obtuvo el primer lugar en la calificación, seguido del estándar DTMB.

Finalmente como se puede observar en las Tablas 59 y 60, los estándares de TDT: ISDB-Tb Japonés-Brasileño y DTMB Chino, fueron los que mejor desempeño tanto subjetivo, como técnico, mostraron durante el desarrollo de las pruebas de TDT realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito.

## CAPITULO 6

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Con base al análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de Televisión Digital Terrestre, realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito, se puede concluir que los estándares DTMB e ISDB-Tb, Chino y Japonés-Brasileño, respectivamente, fueron los que mejor desempeño técnico presentaron dentro de las pruebas objetivas, situación que permite corroborar la decisión tomada en “El Informe para la definición e implementación de la TDT en Ecuador”, al escoger al estándar ISDB-Tb, como el estándar que regirá en el País.
- Dentro de las pruebas objetivas realizadas en las pruebas de TDT, el Estándar Chino DTMB, únicamente fue superado en la medición de ocupación de ancho de banda por el Estándar ISDB-Tb. Este parámetro se refiere al ancho de banda útil que utiliza el estándar para transmitir.
- Durante la medición subjetiva en modo fijo exterior, realizada en 85 puntos de la ciudad de Quito, se pudo verificar que un alto nivel de intensidad de campo en TDT, no garantiza una buena señal de recepción, situación contraria a lo que sucede con una señal de televisión analógica, ya que dentro de la señal, se pueden presentar demasiados errores como para

que el sintonizador del receptor o set top box, pueda corregirlos, anulándose de esta manera la señal de TDT en su totalidad o presentando pixelaciones en la misma.

- La medición del parámetro Relación Portadora a Ruido [C/N], a medida que empieza a alejarse del sistema de transmisión, disminuye, hasta tal punto que no se garantiza la calidad de la recepción, de igual manera este parámetro está directamente relacionado con la intensidad de campo.
- El MER, obtenido durante las pruebas de TDT, presentó un desempeño afín a los sitios en los cuales se desarrolló la medición (sitios cercanos, lejanos, de sombra, etc). Sin embargo es necesario considerar que el resultado de este parámetro se encuentra íntimamente ligado a características como la sensibilidad del instrumento de medición.
- La potencia utilizada por un canal de TDT, para cubrir una determinada zona, comparada con un canal de tecnología analógica, se reduce ostensiblemente, permitiendo de esta manera disminuir la potencia de transmisión, consecuentemente el consumo de energía eléctrica y la emisión de radiaciones no ionizantes en este rango de frecuencias.
- Al realizar las pruebas subjetivas, en modo fijo interior se pudo verificar que la señal de TDT, es inmune a ruidos de impulso eléctrico, esto debido a que los diferentes estándares utilizan sistemas multiportadora que adoptan técnicas de entrelazado denominada *interleaving*.
- La TDT, posibilita la recepción móvil sin tener los problemas típicos de los sistemas analógicos que son: imágenes dobles, reflexiones, distorsiones, etc. Situación evidenciada en la ciudad de Quito, dentro de los Túneles de

San Juan, San Roque y San Diego, cuando se receptó la señal del estándar ISDB-Tb, en *One-Seg*.

- A diferencia de las señales de TV analógica NTSC, en la que dichas estaciones se cuantifican comúnmente mediante la simple medida de nivel de la señal recibida, en televisión digital es preciso conocer también, la calidad de la señal, condición esta que ha dado lugar al surgimiento de nuevos instrumentos de medida, los cuales se diferencian de los analógicos en que ofrecen parámetros de potencia, relación portadora a ruido, uniformidad de los canales y tasa de error de modulación (MER) de la señal recibida.
- Con un transmisor de televisión analógica, modulada en amplitud, el nivel de señal recibido se reduce debajo de un cierto umbral, el video y la calidad del audio se deteriora progresivamente, particularmente la señal mínima aceptable va aproximadamente de 0.5 a 1 mV. Por el contrario, en el contraste, el audio y calidad del video de un receptor digital no se degrada, es más, permanece constante aunque la señal recibida este bajando, hasta llegar a un umbral debajo del cual la señal se pierde, generalmente alrededor de 20 dB bajo el umbral analógico.
- La probabilidad de error, viene a ser un parámetro de la calidad del sistema y está ligada a la modulación y a la codificación a simple vista. En un análisis más profundo vemos que a través del  $E_b/N_0$  o de la SNR está ligada a la potencia de transmisión y al ancho de banda.
- El FEC (*Forward Error Correction*) es un tipo de mecanismo de corrección de errores que permite su corrección en el receptor sin

retransmisión de la información original. La posibilidad de corregir errores se consigue añadiendo al mensaje original unos bits de redundancia.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- En el transcurso de las pruebas de TDT, se pudo verificar que algunos sectores de Quito, se encuentran en zonas de sombra, donde se dificulta la recepción de la señal tanto de televisión analógica como de televisión digital. Por tanto una solución de bajo costo para cubrir estas zonas, podría ser la incorporación de *gap fillers* o dispositivos de reemisión.
- Tomando en cuenta que el Ecuador, aún se encuentra en proceso para el cambio de tecnología de televisión analógica a digital terrestre, es necesario que se promueva la transferencia tecnológica a través de la capacitación del mayor número de personas en todos los ámbitos que involucra la TDT, ya que el desarrollo del talento humano es indispensable en la operación de nuevos servicios, transmisión de datos y televisión móvil. Para los Radiodifusores, es necesario la asistencia financiera y la planificación de inversiones para que puedan contar con una infraestructura técnica totalmente equipada, lo que les permitirá enfrentar los nuevos retos que demanda la TDT.
- Uno de los parámetros medidos en las pruebas objetivas de TDT, fue el BER, medida que se la realizó en a través de un *drive test* realizado en cuatro tramos de la ciudad, sin embargo pese a tomar más de varios centenares de datos, los mismos al momento de procesar e intentar relacionar con C/N, no presentaban un patrón coherente, por lo que este resultado fue desechado del presente trabajo. Por tanto la medida de BER,

tiene que ser tomada en un punto fijo, a fin de permitir que el receptor o set top box, pueda tomar los datos en forma correcta.

- A fin de garantizar el *simulcast*, hasta que se produzca el apagón analógico, es necesario realizar un estudio del canal adyacente entre sistemas de televisión analógicos y digitales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bernard. (1990). *Televisión Práctica y Sistemas de Video. (5a. ed.)*. España: Marcombo S.A.

CONATEL. (2012). *www.conatel.gob.ec*. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de *www.conatel.gob.ec*: [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-681-24-CONATEL-2012-PLAN%20MAESTRO-ACTUAL.pdf](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/images/stories/resolucionesconatel/2012/RTV-681-24-CONATEL-2012-PLAN%20MAESTRO-ACTUAL.pdf)

Gutierrez, B. (2006). *www.monografías.com*. Recuperado el 20 de mayo de 2013, de *www.monografías.com*: <http://www.monografías.com/trabajos34/ojo-humano.shtml>

NHK. (2008). *ISDB-Tb Tecnologías de Transmisión y Sistemas de Alertas de Emergencia*. Tokyo: Japan Broadcasting Corporation.

Perelman, Y. (1975). *Física Recreativa. Velocidad promedio de un ser humano*. Moscu: MIR.

Porres, U. S. (1990). *www.usmp.edu.pe*. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de *www.usmp.edu.pe*: <http://www.usmp.edu.pe/visión2011/exposiciones>

SUPERTEL. (2009). Protocolo para pruebas de campo de televisión digital terrestre en el Ecuador. Quito, Pichincha, Ecuador.

SUPERTEL. (26 de Marzo de 2010). *www.supertel.gob.ec*. Recuperado el 20 de Mayo de 2013, de *www.supertel.gob.ec*: [http://supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe\\_tdt\\_mar26\\_2010.pdf](http://supertel.gob.ec/pdf/publicaciones/informe_tdt_mar26_2010.pdf)

Takada, M. (2008). *ISDB-T Tecnologías de Transmisión y Sistemas de Alertas de Emergencia*. Tokyo: Japan Broadcasting Corporation.

UIT. (2004). Recomendación UIT BT.2035-11 Directrices y Técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión terrenal incluida la determinación de sus zonas de cobertura. Ginebra, Suiza.

UIT. (20 de Febrero de 2006). Recomendación UIT-R BT.500-11 Metodología para la evaluación subjetiva de la calidad de las imagenes de televisión . Ginebra, Suiza.

UIT. (2007). *Televisión Digital Terrestre, Aspectos Regulatorios y de Mercado*. Uruguay: Centro de Excelencia para la Región de las Américas.

W, F. (2004). *Digital Television: A Practical Guide for Engineers*. Munich: Springer-Verlag Berlin Heidelberg Rohde&Schwarz GmbH&Co. ETS300744.

Yang, Z. Y. (2006). *Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System Publish.* . Shangay: Inspection and Quarantine of the People's.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

ACAP-X: *Advanced Common Application Platform.*

API: *Application Programming Interface.*

BER: Tasa de error de bit.

BW: ancho de banda.

CBER: Tasa de error de bit antes del FEC.

COFDM: *Codec Orthogonal Frequency Division Multiplexing.*

CONATEL: Consejo nacional de telecomunicaciones.

C/N: *Carrier/noise* (señal portadora a ruido).

DAVIC: *Digital Audio-Video Council.*

DCT: Transformada Discreta del Coseno.

DTMB: *Digital Terrestrial Multimedia Broadcast.*

DVB-T: *Digital Video Broadcasting Terrestrial.*

dBm: Unidad de Potencia de la señal recibida.

dB $\mu$ V/m: Unidades de intensidad de campo.

FEC: *Forward Error Correction*, Corrección de errores hacia adelante.

MHP: *Multimedia Home Platform.*

MER: *Modulation Error Ratio*. Tasa de error de modulación.

MPEG: *Motion Picture Experts Group.*

NCL: *Nested Context Language.*

HAVI: *Home Audio-Video interoperability.*

HDTV: Televisión de alta definición.

Ic: Intensidad de campo.

ISDB: Integrated Services Digital Broadcasting.

ISDB-Tb: *International System for Digital Broadcast, Terrestrial, Brazilian Version.*

ISO-MHEG: *Multimedia and Hypermedia Experts Group.*

PS: Program Stream.

QAM: Quadrature Amplitude Modulation.

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying.

RTOS: Real Time Operating System.

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

SMIL: Synchronized Multimedia Integration Language.

S/N: Relación de potencia a ruido.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

SDTV: Televisión de señal estándar.

SORROUND: Sonido envolvente.

STB: Set-top-box.

Transport Stream: Flujo de datos corregido.

TS: Flujo de datos de transporte.

TVDI: TV Digital e Interactiva.

TDT: Televisión Digital Terrestre.

TV: Televisión.

UIT: Unión Internacional de Telecomunicaciones.

UHF: *Ultra High Frequency.*

VBER: *Viterbi bit error rate*, tasa de error de bit después del FEC.

VHF: *Very High Frequency.*

VM: *Virtual Machine.*

XHTML: *Extensible Hypertext Markup Language.*