



**PUESTA EN MARCHA DEL LABORATORIO
DE TELEVISIÓN DIGITAL DE LA
UNIVERSIDAD DIEGO PORTALES**

ERIK MANUEL KUHN SOTO

**Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en Informática y
Telecomunicaciones**

Profesor guía: Luciano Ahumada

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Santiago, Chile
2016**



**PUESTA EN MARCHA DEL LABORATORIO
DE TELEVISIÓN DIGITAL DE LA
UNIVERSIDAD DIEGO PORTALES**

ERIK MANUEL KUHN SOTO

**Tesis para optar al título de Ingeniero Civil en Informática y
Telecomunicaciones**

**Profesor guía: Luciano Ahumada
Comité: Jonathan Frez**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INFORMÁTICA Y TELECOMUNICACIONES**

**Santiago, Chile
2016**

📄 Erik Manuel Kuhn Soto
✉ erik.kuhn@mail.udp.cl

Dedicado a mis padres.

Por haberme apoyado en todo momento y que me animaron a continuar en este largo y hermoso proceso universitario.

Agradecimientos

A mis profesores que me han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial al Dr. Luciano Ahumada Fierro, profesor guía de esta investigación y al Dr. Jonathan Frez Zarachy por su apoyo y orientación durante este último período de preparación como profesional.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a mis compañeros y amigos Ing. Cristobál Zuñiga e Ing. Felipe Monsalves por su apoyo y esfuerzo durante las mediciones de campo realizadas en este trabajo de investigación, sin los cuales no hubiera sido posible llevarlas a cabo.

También quiero agradecer a Consuelo Parada por estar conmigo desde el comienzo de este proceso, dedicándome todo su tiempo, paciencia y alegría para finalizar este trabajo.

Finalmente un agradecimiento muy especial merecen por la comprensión, paciencia y el ánimo recibido de mis hermanos Emilio y Karina Kuhn y mis amigos.

A todos ellos, muchas gracias.

Resumen

El proyecto de tesis tiene como finalidad el análisis de cobertura para la implementación del sistema de Televisión Digital Terrestre de la Universidad Diego Portales, para la recepción en la Facultad de Ingeniería. La implementación del sistema está basado bajo la norma escogida por el gobierno de Chile ISDB-Tb, norma de origen Japonés con modificaciones incorporadas en Brasil. Se presenta un estudio teórico del estándar con los conceptos relevantes sobre la transmisión, recepción e interactividad relacionada con el sistema. Además, se destacan las ventajas de la norma por sobre las otras descartadas por el gobierno de Chile.

En los siguientes capítulos se estudia principalmente la propagación de las señales de Televisión Digital Terrestre, específicamente la cobertura del transmisor relacionado al sistema. Para evaluar el sistema de radiodifusión se configuró un sistema simulado, que a través de una metodología de medición se realizaron pruebas de cobertura (a través de Campañas) bajo las directrices y técnicas normadas por la UIT, que permiten evaluar posteriormente el entorno de propagación. Las mediciones bajo las condiciones del entorno del Barrio Universitario y la Facultad de Ingeniería son comparadas con las potencias obtenidas por modelos de propagación teóricos, válidos para la frecuencia de 539 MHz (canal 25 UHF). Lo anterior, permite evaluar el desempeño y proponer un ajuste de un modelo de propagación de pérdida de trayectoria de la señal, bajo las condiciones del entorno real del sistema.

El estudio y análisis se realizará de manera eficiente y eficaz, gracias a un sistema desarrollado que a través de las mediciones de las Campañas permite obtener los ajustes de los modelos, predicción de potencia de los modelos, errores en la comparación de los modelos y mediciones empíricas, y un diseño del área de cobertura simulado a través de la intensidad de campo de la señal de Televisión Digital. Para así adquirir un mapeo de las zonas donde la señal se vea afectada por distintos desvanecimientos.

En su conjunto esta memoria es parte de un completo manual con especificaciones del tipo normativo, técnico, de calidad y de instalación para el sistema de Televisión Digital de la Universidad Diego Portales

Abstract

This graduation project has the aim the analysis of the coverage for the implementation of Digital Terrestrial Television system of the Universidad Diego Portales, for reception at the Faculty of Engineering. The implementation of the system is based under the law of the government of Chile ISDB-Tb. Rule from Japan that was modified in Brazil. It shows a theoretical study with the relevant standard concepts of transmission, reception and interactivity related to the system. Also they highlight the benefits of the law over the other government rules.

In the following chapters mainly it studies the spread of Digital Terrestrial Television signals, specifically the transmitter coverage related to the system. To evaluate the broadcasting system it configurated a simulated system, wich trough a measurement methodology coverage tests were made (through campaigns) under the guidelines and techniques regulated by the UIT that allows to evaluate the propagation environment.

The measures under the conditions of the enviroment of the Universitary District and the Faculty of Engineering are compared with the powers obtained by theoretical models of propagation, valid for the frecueny 549 MHz (channel 25 UHF). The above allows to evaluate the performance and also to propose an adjustment of a loss propagation model of signal path, under the conditions of the real system environment.

The study and analysis will be carried out efficiently and effectively, thanks to as system developed that through measurements campaigns for the settings of the models, power prediction models and empirical measurements and of course a design simulated coverage area through the field strength signal Digital TV. In order to acquire a mapping of the areas where the signal is affected by different lighthheadedness.

In its set this memory is part of a complete manual with specifications type regulations, technical, installation quality and system Digital TV of the University Diego Portales.

Contenido

Resumen	i
Abstract	iii
Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Contexto	2
1.3. Definición del problema	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Alcances y limitaciones	4
Capítulo 2. Marco teórico	5
2.1. Televisión digital	5
2.2. Estándar de TVD adoptado por Chile	7
2.3. Norma ISDB-Tb	9
2.3.1. Visión general de transmisión	9
2.3.2. Transmisión jerárquica	10
2.3.3. Recepción parcial	10
2.3.4. Transmisión de datos	13
2.3.5. Interactividad	15
Capítulo 3. Modelos de propagación	17
3.1. Mecanismos básicos de propagación	17
3.1.1. Reflexión	17
3.1.2. Difracción	18
3.1.3. Dispersión	18
3.2. Propagación en espacio libre	18
3.3. Modelos de propagación de gran escala	19
3.3.1. Modelo de Friis	20
3.3.2. Modelo Hata	21
3.3.3. Modelo de propagación en ambientes interiores	23
3.3.4. Modelo de propagación en ambientes exteriores	24

3.3.5. Resultados de exponente de pérdidas empíricos	26
3.4. Modelos de propagación de pequeña escala	27
Capítulo 4. Calibración de equipos	29
4.1. Enlace simulado	30
4.2. Generador y Analizador de espectro	30
4.2.1. Piso de ruido del analizador de espectro	31
4.3. Antenas	32
4.3.1. Antena Yagi	33
4.3.2. Antena Patch	35
4.4. Enlace real	36
4.4.1. Playout Professional	36
4.4.2. Amplificador	37
4.4.3. Cable LMR-600	39
Capítulo 5. Metodología de medición	41
5.1. Metodología de evaluación de posicionamiento de la antena transmisora	42
5.2. Metodología de medición	44
5.2.1. Lugares de medición	44
5.2.2. Procedimiento de medición	45
5.2.3. Diagrama del procedimiento de medición	46
Capítulo 6. Despliegue de datos	49
6.1. Mapas de calor	49
6.1.1. Variables para la visualización de mapas	50
6.1.2. Simbología del mapa	51
6.2. Procesamiento automático de datos	55
6.2.1. Procesamiento de la información	55
6.2.2. Arquitectura	57
6.3. Normalización de base de datos	60
Capítulo 7. Estudio de campo de cobertura	63
7.1. Lugar de instalación y elevación de la antena transmisora . .	64
7.1.1. Análisis experimental de la ubicación seleccionada de la base transmisora	66
7.2. Campaña de cobertura para la implementación final	74
7.2.1. Condiciones de recepción	74

7.2.2. Análisis de la campaña de cobertura final	75
Capítulo 8. Estudio de campo de cobertura II	87
8.1. Lugar de instalación y elevación de la antena	87
8.2. Campaña de cobertura para la implementación final	90
8.2.1. Condiciones de recepción	90
8.2.2. Análisis comparativo con los modelos de propagación .	90
Capítulo 9. Evaluación de la percepción de calidad del sistema	101
9.1. Especificación de la encuesta:	102
9.2. Percepción del usuario sobre el canal de TVD de la UDP . .	102
9.2.1. Sección I	102
9.2.2. Sección II	104
9.2.3. Sección III	110
Capítulo 10. Conclusiones	113
10.1. Trabajo a futuro	115
Anexo A. Puntos de medición georreferenciados de la campaña I	123
Anexo B. Puntos de medición georreferenciados de la campaña II	127
Anexo C. Experiencia de laboratorio I: Sistema de despliegue de mediciones	129
C.1. Requisitos previos	130
C.1.1. Asociaciones necesarios	130
C.2. Funciones del sistema	133
C.2.1. Ingreso de la base transmisora	134
C.2.2. Ingreso de rango de recepción	135
C.2.3. Ingreso de la base receptora	137
C.2.4. Ingreso de las mediciones	138
C.2.5. Reportes	143
Anexo D. Experiencia de laboratorio II: Configuración sistema de transmisión de TVD–UDP	149
D.1. Configuración inicial del Playout EITV	149
D.1.1. Inicio	150

D.1.2. Conexión a la red	150
D.1.3. Guardar video en el equipo	150
D.1.4. Parámetros de transmisión del canal	152
D.1.5. Potencia de salida del Payout	154
D.2. Amplificador	155
D.2.1. Potencia de salida del Amplificador	156
D.3. Conexiones	156
D.3.1. Elementos necesarios	156
D.3.2. Proceso de conexión	157
D.4. Emisión del video	158
D.4.1. Transmisión de video cargado	158
D.4.2. Streaming vía IP	160

**Anexo E. Experiencia de laboratorio III: Campaña de medición,
pruebas de cobertura** **163**

E.1. Configuración del generador de señales	164
E.2. Configuración del analizador de espectro	164
E.3. Metodología de medición	165

Anexo F. Documentación encuesta **169**

F.1. Encuesta propuesta	169
F.2. Resultados de encuestas	172

Lista de tablas

1.1. Despliegue de Televisión Digital en Chile.	2
3.1. Valores medios de los factores de pérdida según categoría. . .	25
3.2. Exponente de Path loss.	26
3.3. Exponente Path loss, <i>indoor</i>	26
3.4. Exponente Path loss, <i>outdoor</i>	27
4.1. Atenuación cable LMR-600 (teórico).	39
4.2. Atenuación cable LMR-600 (medido).	39
6.1. Tabla de datos para la georreferenciación de los datos medidos.	50
6.2. Tabla de datos para la georreferenciación de base transmisora.	51
6.3. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 1.	60
6.4. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 2.	60
6.5. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 3.	61
6.6. Ejemplo de tabla de BASE normalizada.	61
7.1. Parámetros del enlace para obtener la mejor elevación.	66
7.2. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades) respecto a las mediciones reales, ubicación 1.	69
7.3. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades) respecto a las mediciones reales, ubicación 2.	71
7.4. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata respecto a las mediciones reales, ubicación 3.	73
7.5. Rango de recepción de los equipos receptores.	75
7.6. Parámetros pruebas de cobertura	76
7.7. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones <i>indoor</i> a lo largo del enlace.	77
7.8. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones <i>outdoor</i> a lo largo del enlace.	78
7.9. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para las medicio- nes <i>outdoor</i> a lo largo del enlace.	79
7.10. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para las medicio- nes <i>indoor</i> a lo largo del enlace.	80
7.11. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones <i>indoor</i> a lo largo del enlace.	82
7.12. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones <i>outdoor</i> a lo largo del enlace.	83

8.1. Rango de recepción de los equipos receptores.	90
8.2. Parámetros de pruebas de cobertura	91
8.3. Potencias obtenidas por el modelo de Friis en la Campaña II.	92
8.4. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para Grandes Ciudades en la Campaña II.	93
8.5. Potencias obtenidas por el modelo de Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas Ciudades en la Campaña II.	94
8.6. Potencias obtenidas por el modelo de Friis con $n=3,3$ en la Campaña II.	95
8.7. Especificación del rango de aceptación en el receptor.	96
8.8. Resultados de errores de los modelos de propagación para la Campaña II.	97
8.9. Exponente de Path loss.	100
9.1. Resultados pregunta 1, Sección I.	102
9.2. Resultados pregunta 2, Sección I.	103
9.3. Resultados pregunta 6, Sección II.	110
9.4. Resultados pregunta 2, Sección III.	110
A.1. Datos base transmisora, Campaña I.	123
A.2. Potencia promedio medida(Punto 1–Punto 37). Campaña I.	125
B.1. Datos base transmisora, Campaña II.	127
B.2. Potencia promedio medida(Punto 1–Punto 27).Campaña II.	128
C.1. Patrón de ubicación de las líneas de datos de las mediciones.	138
D.1. Código de inicio de video en la versión <i>streaming</i>	162
E.1. Atributos de lista previa de puntos a medir, durante una campaña.	166
F.1. Sección I: Información previa, encuesta 1.	172
F.2. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 1.	172
F.3. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 1	172
F.4. Sección I: Información previa, encuesta 2.	173
F.5. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 2.	173
F.6. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 2	173
F.7. Sección I: Información previa, encuesta 3.	174
F.8. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 3.	174
F.9. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 3.	174
F.10. Sección I: Información previa, encuesta 4.	175
F.11. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 4.	175
F.12. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 4.	175

F.13.Sección I: Información previa, encuesta 5.	176
F.14.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 5.	176
F.15.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 5.	176
F.16.Sección I: Información previa, encuesta 6.	177
F.17.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 6.	177
F.18.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 6.	177
F.19.Sección I: Información previa, encuesta 7.	178
F.20.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 7.	178
F.21.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 7.	178
F.22.Sección I: Información previa, encuesta 8.	179
F.23.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 8.	179
F.24.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 8.	179
F.25.Sección I: Información previa, encuesta 9.	180
F.26.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 9.	180
F.27.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 9.	180
F.28.Sección I: Información previa, encuesta 10.	181
F.29.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 10.	181
F.30.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 10.	181
F.31.Sección I: Información previa, encuesta 11.	182
F.32.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 11.	182
F.33.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 11.	182
F.34.Sección I: Información previa, encuesta 12.	183
F.35.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 12.	183
F.36.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 12.	183
F.37.Sección I: Información previa, encuesta 13.	184
F.38.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 13.	184
F.39.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 13.	184
F.40.Sección I: Información previa, encuesta 14.	185
F.41.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 14.	185
F.42.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 14.	185
F.43.Sección I: Información previa, encuesta 15.	186
F.44.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 15.	186
F.45.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 15.	186
F.46.Sección I: Información previa, encuesta 16.	187
F.47.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 16.	187
F.48.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 16.	187
F.49.Sección I: Información previa, encuesta 17.	188

F.50.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 17. . . .	188
F.51.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 17. . . .	188
F.52.Sección I: Información previa, encuesta 18.	189
F.53.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 18. . . .	189
F.54.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 18. . . .	189
F.55.Sección I: Información previa, encuesta 19.	190
F.56.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 19. . . .	190
F.57.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 19. . . .	190
F.58.Sección I: Información previa, encuesta 20.	191
F.59.Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 20. . . .	191
F.60.Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 20. . . .	191

Lista de figuras

2.1. Distribución de estándares de Televisión Digital en el mundo.	8
2.2. Visión general del sistema de transmisión.	10
2.3. Canal de la norma ISDB-Tb, segmentación y programa de asignación.	11
2.4. Esquema del sistema de alerta temprana.	12
2.5. Visión general de un sistema de TVD.	13
2.6. Diagrama de arquitectura.	14
3.1. Esquema para campo lejano.	20
3.2. Resultado teórico de potencia recibida <i>vs</i> distancia, Ecuación de Friis.	21
4.1. Esquema de configuración de enlace simulado.	30
4.2. Generador de Señal <i>R</i> & <i>S</i> modelo SMC100A.	30
4.3. Analizador de espectro <i>R</i> & <i>S</i> modelo FSH4.	31
4.4. Piso de Ruido analizador de espectro.	32
4.5. Antena Yagi TVD UDP.	33
4.6. Patrón de radiación antena Yagi para la estación experimental de la UDP.	34
4.7. Antena RCA, modelo ANT1400.	35
4.8. Sistema de transmisión de TVD.	36
4.9. EITV Ployout professional.	37
4.10. Calibración de potencia del amplificador.	37
4.11. Punto de Saturación del Amplificador.	38
5.1. Ángulo de elevación de la antena	43
5.2. Disposición de los puntos para una medición en agrupación.	45
5.3. Diagrama medición.	47
6.1. Mapa de calor.	52
6.2. Escala de potencia representada con un mosaico de azules.	52
6.3. Información desplegada en cada uno de los puntos medidos.	53
6.4. Marcador de la base transmisora.	53
6.5. Mapa de calor con modelos de propagación.	54
6.6. Medición realizada con analizador de espectro <i>Rodhe</i> & <i>Schwarz</i> , modelo FSH4.	56

6.7. Medición realizada con analizador de espectro <i>Rodhe & Schwarz</i> , modelo FSH4 transformada a texto plano.	56
6.8. Diagrama de clases.	59
7.1. Lugares de instalación de antena.	64
7.2. Puntos de instalación de antena receptora.	64
7.3. Elevación seleccionada (Vista 1).	65
7.4. Elevación seleccionada (Vista 2).	65
7.5. Pérdidas Ubicación 1 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata para grandes ciudades.	67
7.6. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 1.	68
7.7. Pérdidas Ubicación 2 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades).	70
7.8. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 2.	70
7.9. Pérdidas Ubicación 3 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades).	72
7.10. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 3.	72
7.11. Pérdidas medidas y las estimaciones del modelo de Friis (con $n=2$).	76
7.12. Pérdidas medidas y las estimaciones por el modelo Hata.	79
7.13. Pérdidas medidas y las estimaciones por el modelo de Friis con $n=3$	81
7.14. Mapa de calor de potencia recibida final en la campaña 1.	85
8.1. Lugar de instalación definitiva de la base transmisora.	88
8.2. Elevación seleccionada (Vista 1).	89
8.3. Elevación seleccionada (Vista 2).	89
8.4. Mapa de calor para la Campaña II.	97
8.5. Mapa de calor para la Campaña II.	99
9.1. Gráfico circular pregunta 1, Sección I.	102
9.2. Gráfico circular pregunta 2, Sección I.	103
9.3. Gráfico de Opción <i>vs</i> Usuarios, pregunta 1 Sección II.	104
9.4. Gráfico de Frase–Concepto <i>vs</i> Cantidad de citas, pregunta 1 Sección II.	105
9.5. Gráfico de Opción <i>vs</i> Usuarios, pregunta 2 Sección II.	106
9.6. Gráfico de Frase–Concepto <i>vs</i> Cantidad de citas, pregunta 2 Sección II.	106
9.7. Gráfico de Frase–Concepto <i>vs</i> Cantidad de citas, pregunta 3 Sección II.	107

9.8. Gráfico de Frase–Concepto <i>vs</i> Cantidad de citas, pregunta 4 Sección II.	108
9.9. Gráfico de Frase–Concepto <i>vs</i> Cantidad de citas, pregunta 5 Sección II.	109
9.10. Gráfico de Opción <i>vs</i> Usuarios, pregunta 1 Sección III.	110
9.11. Gráfico de Opción <i>vs</i> Usuarios, pregunta 3 Sección III.	111
A.1. Ubicación geográfica de los puntos de medición. Vista desde arriba.	124
C.1. Inicio Software FSH4View(R).	130
C.2. Ejemplo medición vista desde Software FSH4View(R).	131
C.3. <i>File Converter - Source</i> . Software FSH4View(R).	132
C.4. <i>File Converter - Destination</i> . Software FSH4View(R).	132
C.5. Inicio sistema de visualización de mediciones en <i>cluster</i>	133
C.6. Ventana: “Datos de base de transmisión”.	134
C.7. Alerta de modificación de datos de la base transmisora.	135
C.8. Ventana: “Datos rango de recepción”.	136
C.9. Alerta de modificación de datos de rango de recepción.	136
C.10. Ventana: “Datos de base de transmisión”.	137
C.11. Alerta de modificación de datos de la base transmisora.	138
C.12. Ventana: Búsqueda de archivos “Abrir”.	139
C.13. Ventana: “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” con archivos ingre- sados.	140
C.14. Ventana: “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” con archivos ingre- sados y validados.	141
C.15. Notificación: Alerta de ingreso del cluster medido.	142
C.16. Cuadro de pregunta: “¿Desea ingresar otro cluster?”.	142
C.17. Información: “Ingresando puntos al reporte final”.	142
C.18. Cuadro de pregunta: “¿Desea abrir inmediatamente el reporte final?”.	143
C.19. Botones de visualización de funciones del mapa de calor.	144
C.20. Información desplegada en cada uno de los puntos medidos.	144
C.21. Comparación del botón “Ver/Quitar Marker”.	144
C.22. Comparación del botón “Ver/Quitar Modelos”.	145
C.23. Ingreso de nueva potencia en sistema de reporte.	145
C.24. Ingreso de nueva ganancia en sistema de reporte.	146
C.25. Comparación de radios.	146
D.1. Parámetros de transmisión de archivo guardado en el Ployout.	152

D.2. Configuración II de transmisión para <i>UDP.TV</i>	153
D.3. Potencia de salida del Payout.	155
D.4. Amplificador Beta de la marca Telavo.	155
D.5. Potencia de salida del amplificador al 100% conectado al Payout.	156
D.6. Añadir un video al servicio del canal.	158
D.7. Último paso para asociar un video al servicio de un canal. . .	159
D.8. “ALCHEMY” en transmisión.	159
D.9. Parámetros de transmisión vía <i>streaming</i> Payout.	161
E.1. Esquema de configuración de enlace simulado.	163
E.2. Disposición del “ <i>cluster</i> ” de medición.	167

Capítulo 1

Introducción

1.1. Motivación

Sin duda, la digitalización de la televisión es una de esas revoluciones tecnológicas que suceden cada cierto tiempo y que marcan un gran hito, siendo comparable con el paso de televisión en blanco y negro a televisión a color. Hoy en Chile esta revolución está a punto de comenzar, generando un cambio en la forma en que los chilenos ven televisión abierta nacional o no pagada. Según el Consejo Nacional de Televisión (CNTV), la televisión es el medio más usado por los chilenos al momento de ver programas de televisión, series o películas, alcanzando un 93,9 %, a comparación de la TV pagada con 61,5 % (las alternativas no son mutuamente excluyentes y la muestra total es de 5479 encuestados) [1].

Con la Televisión Digital varios aspectos de la industria cambiarán, inclusive en las oportunidades de colaboración tecnológica entre países, destacando la participación entre Japón, Brasil y el resto de Sudamérica (Argentina, Bolivia, Ecuador, Uruguay, Perú y Venezuela). Estos países, al igual que Chile, estarán bajo la misma norma de Televisión Digital Terrestre. En este trabajo de título el alumno adquirirá un conjunto de competencias técnicas necesarias para poder enfrentar el gran escenario que genera la implementación de este sistema en nuestro país.

1.2. Contexto

En el año 2009, durante el primer gobierno de la Presidenta Michelle Bachelet, el país adoptó la norma técnica oficial para la transmisión de Televisión Digital Terrestre, *Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial, Brazilian version* (ISDB-Tb), desarrollada en Japón con modificaciones incorporadas en Brasil. A la fecha han ocurrido varios hitos importantes para la definitiva reglamentación de la Televisión Digital, siendo el más importante el acaecido el 15 de Abril del año 2015, donde con más de siete años de discusión en el congreso fue publicado en el Diario Oficial el reglamento que establece la hoja de ruta para la implementación de la Televisión Digital Terrestre en el país.

Ahora en adelante, concretamente hasta el año 2020, coexistirán la actual Televisión Analógica y la Televisión Digital Terrestre. Después de esta fecha la Televisión Analógica desaparecerá, inscribiéndose este hecho como uno de los eventos más importante para las Telecomunicaciones en Chile. Este cambio tan anunciado traerá consigo una televisión de mejor calidad de audio y video, con mayor contenido y de forma gratuita. Beneficiará especialmente a las zonas aisladas, a las cuales se les garantizan condiciones de calidad y de oferta programativa equivalentes a las del resto del país [2].

El gobierno de Chile, como se dijo anteriormente, puso como fecha límite el año 2020 para comenzar con el “apagón analógico”. Se pretende que el año 2018 se vea el Mundial de Fútbol organizado en Rusia, con prestaciones masivas de Televisión Digital Terrestre en los hogares de los chilenos. En la Tabla 1.1 se observa el cronograma progresivo de migración durante los próximos años establecido por el gobierno de Chile.

Tabla 1.1. Despliegue de Televisión Digital en Chile.
Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones [3].

Período	Porcentaje de cobertura de las zonas de servicio comprendidas en el conjunto de las concesiones que se digitalizan
Año 2015–2016	15 % (incluyendo capitales regionales)
Año 2017	30 %
Año 2018	80 %
Año 2019	100 %

Una de las ventajas de la norma ISDB-Tb (innovaciones desarrolladas en Brasil), es el uso eficiente del espectro radioeléctrico para así aumentar el ancho de banda asignado por canal. Es así como se establece la normativa de transmitir dos señales por canal, una con tres programas de calidad estándar (SD) y otra con un programa de alta calidad (HD) y una señal “*One Seg*” que, puede ser recepcionada en teléfonos celulares, computadores y tablets.

Por otro lado, las zonas aisladas donde los canales opten por otras formas de transmisión, como satelital o no terrestre, las empresas responsables deberán proveer del equipamiento de recepción respectivo, a través de kits auto-instalables, por una vez, a todos los hogares sin costo para los usuarios [2].

1.3. Definición del problema

La Universidad Diego Portales(UDP), específicamente la escuela de Ingeniería Civil en Informática y Telecomunicaciones (EIT), debe implementar una señal experimental de Televisión Digital Terrestre en el Barrio Universitario, sector Avda. Ejército Libertador, comuna de Santiago. Se espera que esta estación cubra gran parte de las facultades de la institución.

Es por esta razón que existe la necesidad de realizar un estudio detallado de un sistema de transmisión de Televisión Digital Terrestre, con el fin de identificar parámetros de operación eficientes a través de mediciones de potencia y de campo de la señal. El fin será cubrir la mayor parte del Barrio Universitario, con la calidad exigida por el estándar. Para conseguir tal objetivo se estudiará el comportamiento del sistema de transmisión a través de simulaciones y mediciones de potencia.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

El objetivo general es poner en marcha el Laboratorio Experimental de Televisión Digital de la Universidad Diego Portales. El proyecto implica la instalación de dispositivos bajo el norma ISDB-Tb, para luego generar una señal de televisión abierta de libre recepción en el canal 25 UHF, en un rango de cobertura que cubra gran parte de las facultades de la UDP, ubica-

das en el sector del Barrio Universitario (específicamente en Avda. Ejército Libertador, Comuna de Santiago).

1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una metodología de medición y procesamiento de datos de cobertura.
- Modelar y estudiar el desempeño de un sistema de transmisión de Televisión Digital de baja potencia en distintos escenarios de interés, a partir de la evaluación del alcance de la misma y de la estrategia de diseño de la aplicación interactiva existente.
- Analizar la solución final y realizar un plan de mejoras.

1.5. Alcances y limitaciones

El estudio del desempeño del sistema de transmisión digital terrestre, bajo la norma ISDB-Tb, se limita en una primera instancia a una sección del Barrio Universitario (específicamente en Avda. Ejército Libertador, Comuna de Santiago), debido a que los equipos de transmisión tienen una potencia de salida limitada, por lo tanto, según la potencia de estos será el rango de cobertura de la señal.

Finalmente, se aclara que este trabajo de título está enfocado en la entrega de una señal con la calidad exigida por el estándar, pero sólo se limita en la propagación y no hacia la generación de contenido, entendiéndose que el contenido y las aplicaciones han sido desarrolladas previamente por otros alumnos.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Televisión digital

La televisión es un sistema de transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia. Esta transmisión puede ser efectuada mediante ondas de radio o por redes especializadas de televisión por cable. Por otro lado, la Televisión Digital se refiere al conjunto de transmisión y recepción de imagen y sonido, a través de señales digitales. En contraste con la televisión tradicional o analógica, la Televisión Digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así posibilidades de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, así como aplicaciones interactivas, y la capacidad de transmitir varias señales en un mismo canal asignado, gracias a la diversidad de formatos existentes [4].

La Televisión Digital Terrestre en Chile tiene como función principal prestar un servicio público, de calidad y disponible para todos los ciudadanos en igualdad de condiciones, y suministrado con gestión directa por el Estado (específicamente por la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel)) y/o gestión indirecta de particulares [5]. Este cambio tan importante para el área de las telecomunicaciones en Chile será paulatino, esto quiere decir que los televisores con receptor análogos, con la norma NTSC (*National Television System Committee*) adoptada por Chile, no tienen que ser desechados por no contar con un dispositivo digital integrado. El usuario que decida conservar su televisor analógico, deberá comprar un decodificador, que tam-

bién recibe el nombre de *Set Top Box* (STB), siendo estos dispositivos los diseñados bajo la norma utilizada en Chile ISDB-Tb.

Chile optó por la norma creada en Japón con la modificación Brasileña (ISBD-Tb), por sobre los otros estándares utilizados en el mundo. En resumen, los estándares que entraron a evaluación son los siguientes:

- **DVB-T (*Digital Video Broadcasting-Terrestrial*):** Es una normativa propuesta por la Comunidad Europea y ha sido adoptado por más de 100 países, como: Albania, Alemania, Andorra, Australia, Bélgica, Colombia, Croacia, España, Federación Rusa, Finlandia, Francia, Grecia, Islas Faroe, Italia, Lituania, Malta, Namibia, Países Bajos, Reino Unido, República Checa, Singapur, Suecia, Suiza y Taiwan [6]. DVB-T, fue diseñado para transmitir información de audio y video codificado de acuerdo a una versión especializada del estándar de codificación MPEG-2 (*Moving Pictures Experts Group, "Sistema de Codificación y Compresión Digital de TV"*) y MPEG-1 para la capa 1. Su tasa de transmisión varía entre los 3,73 Mbps y los 23,75 Mbps para las bandas de 6 MHz. Contiene especificaciones para distribución de video digital por diversos medios, incluyendo satélite, terrestre y microondas. Ofrece un elevado grado de inmunidad frente a las señales reflejadas o multitrayectorias, debido a que usa modulación de Muxtiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM). Para transmitir a dispositivos móviles, existe otro estándar llamado DVB-H que promueve la interactividad, el cual es parte de la norma DVB-T [7, 8].
- **ATSC (*Advance Television System Committe*):** Esta normativa es una iniciativa de Estados Unidos y fue adoptada en países como Canadá, Corea del Sur, México, Puerto Rico, El Salvador y República Dominicana [6]. ATSC fue dirigido a la difusión de la televisión de alta definición y recepción fija. Por lo tanto, este estándar en comparación a otros estándares no tiene forma de ser recepcionado por un dispositivo móvil. Adopta la compresión y muxtiplexación MPEG-2, para video, y Dolby Digital AC-3, para audio, que provee 5,1 canales. La tasa de transmisión corresponde a 19 Mbps para un canal fijo de 6 MHz, una única portadora, lo que lo hace muy susceptible a la interferencia por multitrayectoria y el así llamado "efecto fantasma" (donde la imagen aparece duplicada).

El sistema de modulación se basa en un sistema de portadora única con modulación 8 VSB (*8-level Vestigial Side Band modulation*) [7, 8].

- **ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting*):** Esta normativa, creada en Japón por la Asociación de Industria y Negocios de Radiodifusión (ARIB), fue adoptada por Filipinas, Japón, Maldivas y Sri Lanka. Por otra parte, en América este estándar fue adoptado con una modificación brasilera en países como Argentina, Bélice, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Chile, Ecuador, Honduras, Paraguay, Uruguay, Perú y Venezuela [6]. Este estándar fue diseñado para la distribución de audio y video vía satélite, cable y terrestre, siendo este último de libre recepción y además incluyendo a terminales (receptores) móviles. La máxima tasa de transferencia es de 23 Mbps para las bandas de 6 MHz, diseñado bajo el estándar de codificación MPEG-2 para audio y video. Utiliza redes de frecuencia única, que permiten la utilización eficiente del espectro radioeléctrico. Además, provee un mayor grado de robustez contra multitrayecto causado por montañas o edificios gracias al uso de OFDM. Cuenta con un subcanal especialmente dedicado a la transmisión hacia teléfonos móviles (Servicio *OneSeg*) [7, 8].

También se debe mencionar el estándar creado por China y adoptado por ellos, Hong Kong, Cuba (en estado de pruebas) y Macao, llamado DTMB (*Digital Terrestrial/Television Multimedia Broadcasting*), el cual cuenta con un tipo de modulación y codificación distinto al de los otros estándares. La Figura 2.1 ilustra la distribución de los estándares de Televisión Digital en el mundo.

2.2. Estándar de TVD adoptado por Chile

El año 2009 Chile adoptó el estándar Japonés de Televisión Digital Terrestre, con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil (ISDB-Tb). Bajo esta norma de la digitalización de la televisión, se ofrecen algunas ventajas respecto a la señal de Televisión Analógica como las que se destacan a continuación [7]:

- **Estabilidad de la imagen:** La excelente calidad y estabilidad de las imágenes pueden ser apreciadas incluso en receptores ubicados en vehículos en movimiento y en teléfono móviles. Algo totalmente im-

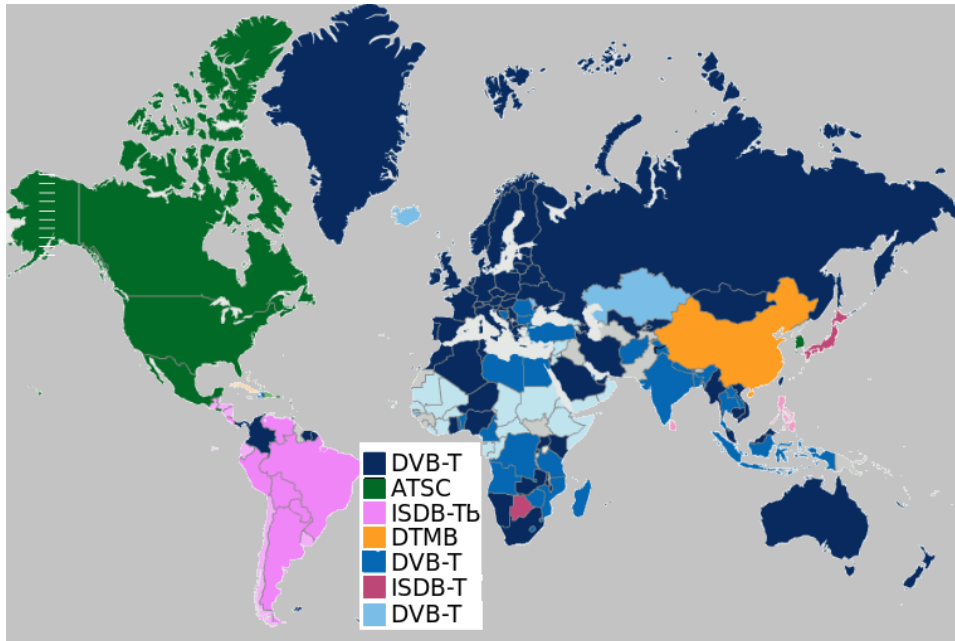


Figura 2.1. Distribución de adopción de estándares de Televisión Digital en el mundo.
Fuente: DVD Status [6], actualizado el 23 de Febrero del 2015.

pensado en la Televisión Analógica. La forma en que se logra esto en el sistema ISDB-Tb es con la tecnología *OneSeg*.

- Uso eficiente del espectro radioeléctrico:** El sistema ISDB-T subdivide el canal analógico de 6 MHz en 14 segmentos de 439 kHz, reservando uno de ellos para transmisión a dispositivos móviles usando tecnología *OneSeg*, mientras que otro ha quedado como un ancho de banda de “guarda” para evitar interferencias con los canales contiguos. Los 12 subcanales o segmentos restantes de los 13 funcionales, son para transmisiones de video de alta calidad a dispositivos fijos que pueden ser asignados de forma de optar a un sólo canal de súper alta definición (*Full High Definition* con una resolución de 1920×1080 píxeles) o a dos o tres canales de menor definición transmitido en forma simultánea. Esta flexibilidad que se le brinda a la estación televisiva para usar su espectro radioelectricidad de 6 MHz, es también algo impensable en el caso de la Televisión Analógica. Esta división en segmentos se llama *BST-OFDM (Band Segmented Transmission-OFDM)* y se desarrollará detalladamente en la Sección 2.3.

- **Transmisión de datos:** El estándar ISDB-T también permite la transmisión de datos por un canal separado. De esta forma junto al contenido de video puede mostrarse información del clima, nivel de congestionamiento en las autopistas y otros datos en tiempo real, horario e información de programas, etc. Usando el canal de datos se puede transmitir información casi instantánea sobre terremotos, tsunamis, tifones u otros desastres naturales. Al recibir uno de esos mensajes un televisor puede encenderse automáticamente para mostrar la alerta mientras que los teléfonos móviles despliegan la información al instante. En Chile esta última opción es eficaz sólo para equipos móviles, ya que la capacidad energética en el país no es la suficiente para resistir una gran cantidad de televisores encendidos en un sólo momento.

Gracias a las ventajas nombradas anteriormente, es que Chile optó por el híbrido de esta norma, el estándar ISDB-Tb, el cual acercaba aún más las aspiraciones que el gobierno de Chile pretendía para establecer una norma definitiva de Televisión Digital. Un modelo de negocios más ambicioso, una tecnología de compresión de video y audio más avanzada MPEG-4 (H.264/HE-ACC) que las empleadas en Japón (MPEG-2/MPEG L2) fueron las que acercaron la norma a Chile [9]. En los siguientes puntos de esta capítulo se detalla más en extenso la norma escogida.

2.3. Norma ISDB-Tb

2.3.1. Visión general de transmisión

Durante la transmisión, cuando una o más entradas que contienen el haz de datos o flujo de transporte definidas en el sistema MPEG2-TS, “se deben remultiplexar obligatoriamente para crear un único *Transport Stream* (TS). El TS debe, obligatoriamente, ser sometido a la etapa de codificación de canal múltiple, de acuerdo con la intención de servicio y debe, obligatoriamente, ser entonces enviado como una señal OFDM común” [10]. En la Figura 2.2 se aprecia un sistema de transmisión básica desarrollado por la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) en su estándar técnico sobre aspectos relativos a la transmisión de la norma ISDB-Tb NBR 15 601.

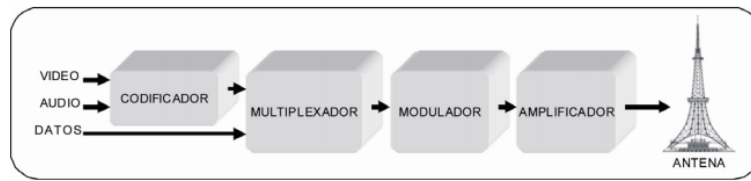


Figura 2.2. Visión general del sistema de transmisión. Fuente: ABNT NBR 15601 [10].

La transmisión digital terrestre debe utilizar obligatoriamente el *time interleaving* para proveer una codificación con la menor tasa de errores para recepción móvil, en las cuales son inevitables las variaciones de intensidad de campo. Este esquema división de la banda de transmisión es conocido como BST-OFDM (*Band Segmented Transmission-OFDM*), donde el espectro de la radiodifusión de Televisión Digital es dividido en 13 bloques OFDM sucesivos, con cada segmento ocupando 1/14 del ancho de canal de televisión. Un segmento OFDM debe tener una configuración que permita la conexión de múltiples segmentos para abastecer un ancho de transmisión que atienda a la necesidad del medio.

2.3.2. Transmisión jerárquica

El estándar técnico NBR 15601, se refiere a la transmisión jerárquica como: “La codificación de canal que debe obligatoriamente ser realizada en unidades de segmento OFDM. Un único canal de televisión debe obligatoriamente ser usado simultáneamente para servicio de recepción fija, recepción móvil y recepción portátil” [10].

Cada etapa jerárquica puede asignar uno o varios segmentos OFDM a un servicio determinado, y parámetros como esquema de modulación de portadoras OFDM, tasa de *inner code* (tasa de codificación) y de *time interleaving* (tiempo de entrelazado) pueden ser especificados de acuerdo a las necesidades y objetivos del servicio o capa jerárquica. Esta manera de transmisión es una de las ventajas de la modulación BST-OFDM.

2.3.3. Recepción parcial

La recepción parcial es otra de las ventajas de la modulación BST-OFDM, en el documento NBR 15601 se define de la siguiente manera: “El segmento central del espectro, que consiste en 13 segmentos, puede ser sometido al proceso de entrelazamiento de frecuencia sin la participación de las demás

porciones del espectro de radiodifusión. Ese tipo de configuración permite la creación de un servicio portátil (*one-seg*), que consiste en una de las capas del servicio de televisión” [10]. Haciendo de esta una solución eficiente para la transmisión a terminales móviles. La Figura 2.3 muestra la operación de lo antes mencionado, destacando la segmentación central y tres ejemplos de jerarquización.

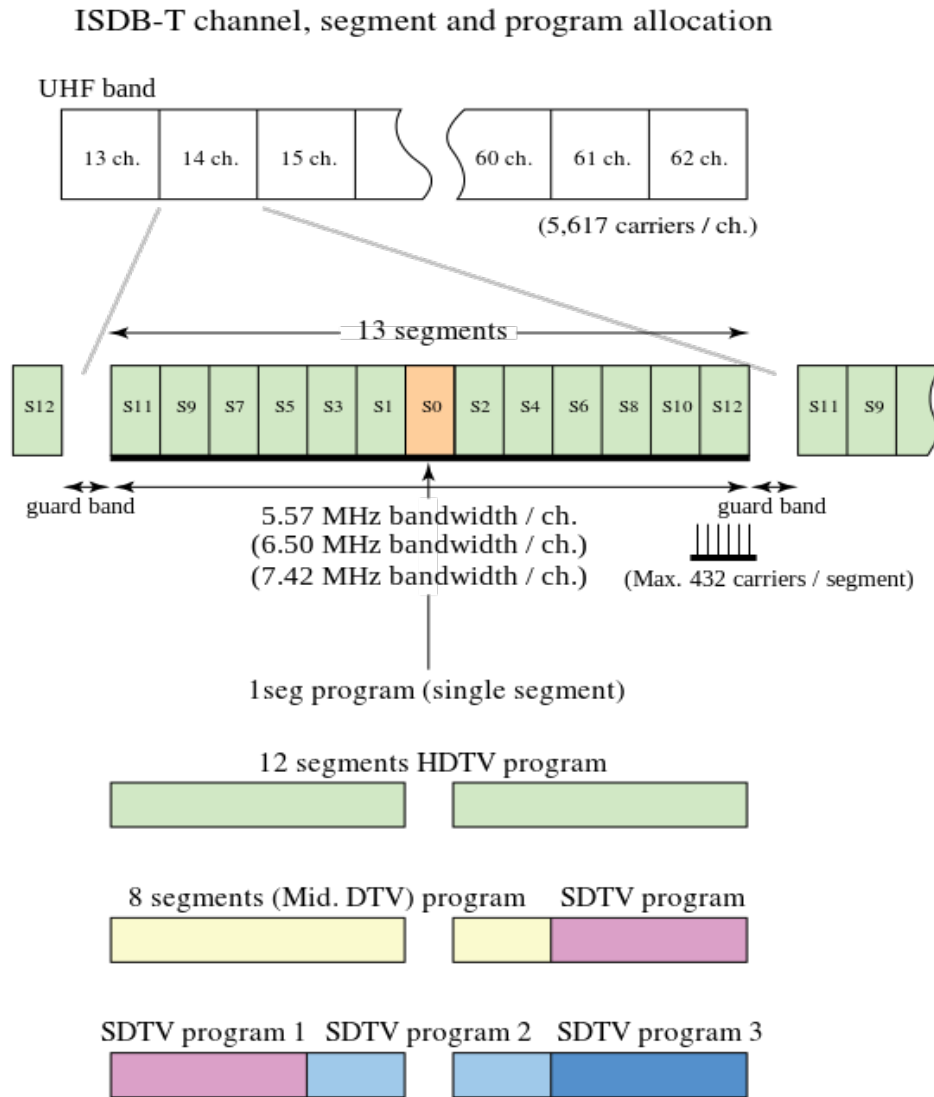


Figura 2.3. Canal ISDB-T, segmentación y programa de asignación.
Fuente: Namazu-Tron SBTVD [11].

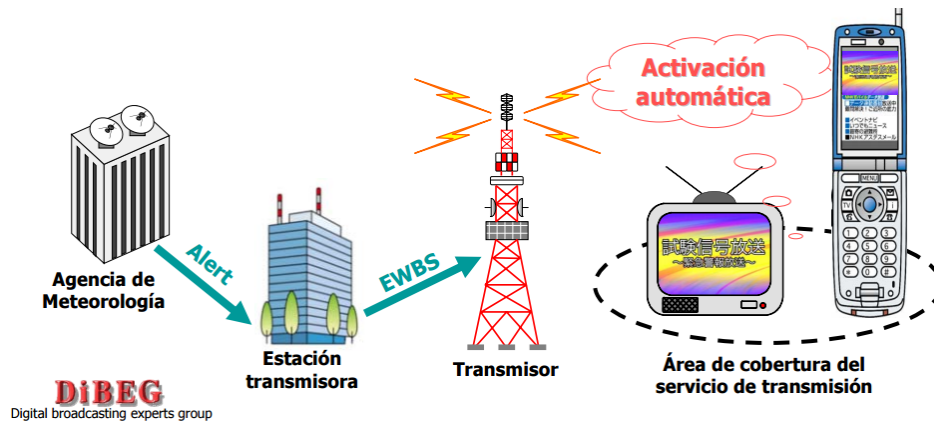


Figura 2.4. Esquema del sistema de alerta temprana. Fuente: DIBEG (*Digital broadcasting experts group*) [12].

El segmento central, aparte de brindar servicio a receptores móviles en LD (*Low Definition*) de forma robusta, es un canal dedicado que puede enviar información de alerta en cualquier momento, siendo un emisor de alerta de preventiva temprana. El esquema del sistema de alarma para la activación automática (EWBS) es el expuesto en la Figura 2.4.

EWBS utiliza las ventajas de la transmisión broadcast para alertar a la población acerca de una situación de emergencia, teniendo la capacidad de encender el equipo receptor como una televisión. Técnicamente para realizar la inclusión de la señal EWBS a una transmisión Televisión Digital Terrestre, es necesario realizar dos modificaciones. Primero, incorporar el descriptor de emergencia dentro del descriptor de información de programa de la tabla PMT (*Program Map Table*)¹. Segundo, activar en la interfaz gráfica de VillageFlow², en el bloque TMCC (*Transmission Multiplexing Configuration Control*), el indicador de emergencia (*emergency flag*), el cual a nivel de capa física activará el bit 26 del segmento cero de la señal OFDM de la señal de Televisión Digital [13].

¹PMT: tabla que identifica la localización de cada servicio de radiodifusión y el PCR (*Program Clock reference*) de dicho servicio. Se encarga de listar los valores PID (*Packet identifier* o identificador de paquete, muestra qué es el paquete transmitido.) para los paquetes que contengan programación de video, audio, referencia de reloj, y los componentes de datos [13].

²VillageFlow es una plataforma de software que permite la generación, el procesamiento y monitoreo de señales de TV Digital (*transport stream*). Fue desarrollada por Village Island, Japón (2005), cuyo enfoque es la distribución de tecnología de radiodifusión para el *Broadcasting digital*.

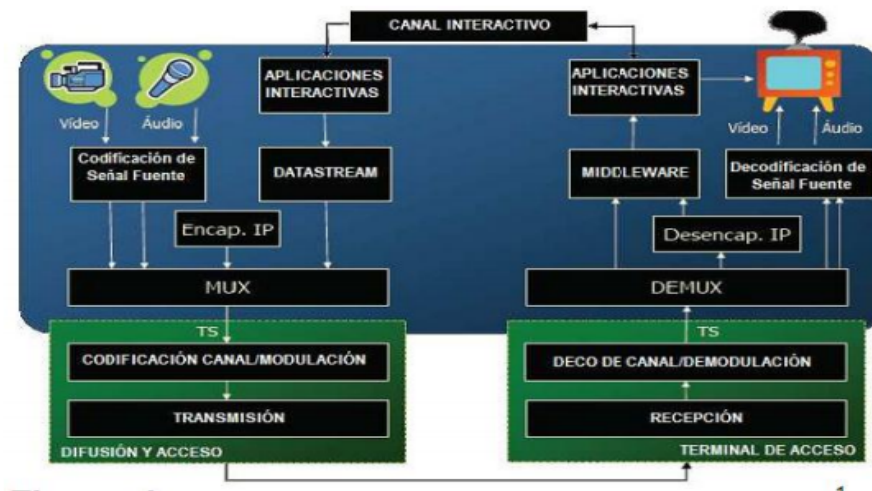


Figura 2.5. Visión general de un sistema de TVD. Fuente: La Televisión Digital Terrestre y su incidencia en las estaciones televisivas ecuatorianas, Vargas, Paul O. Rojas [14].

2.3.4. Transmisión de datos

Como se dijo anteriormente, la transmisión de información bajo el estándar ISDB-Tb debe ser sincronizado para obtener un solo flujo de transporte. Este proceso de multiplexación inicia con la codificación del audio y del video, los mismos que originalmente, de acuerdo al estándar brasileño, emplean codificación H.264 o MPEG-4 parte y HE-AAC respectivamente [9]. En la parte de recepción de la señal se tiene un *set-top box* que tiene un decodificador que convierte nuevamente todos los *streams* elementales a su formato original, como se puede apreciar en la Figura 2.5.

La arquitectura para transmitir consta de un servidor de acceso, el cual se encarga de sincronizar los datos provenientes del canal de retorno de aplicaciones y se comunica con el servidor de aplicaciones interactivas, siendo este último el que transmite las aplicaciones. Este retorno debe existir en esta capa, ya que la televisión es un medio del tipo *Half-Duplex*, por lo tanto, el canal de retorno es necesario para obtener respuesta del usuario si este accede a servicios interactivos. Este canal de retorno es generalmente por la RTC (Red Telefónica Conmutada), red telefónica o módem ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). En el mismo nivel de arquitectura se tiene el servidor de audio y video, desde aquí se emite la programación la cual dependiendo del tipo de servidor puede ser en tiempo real o contenido almacenado.

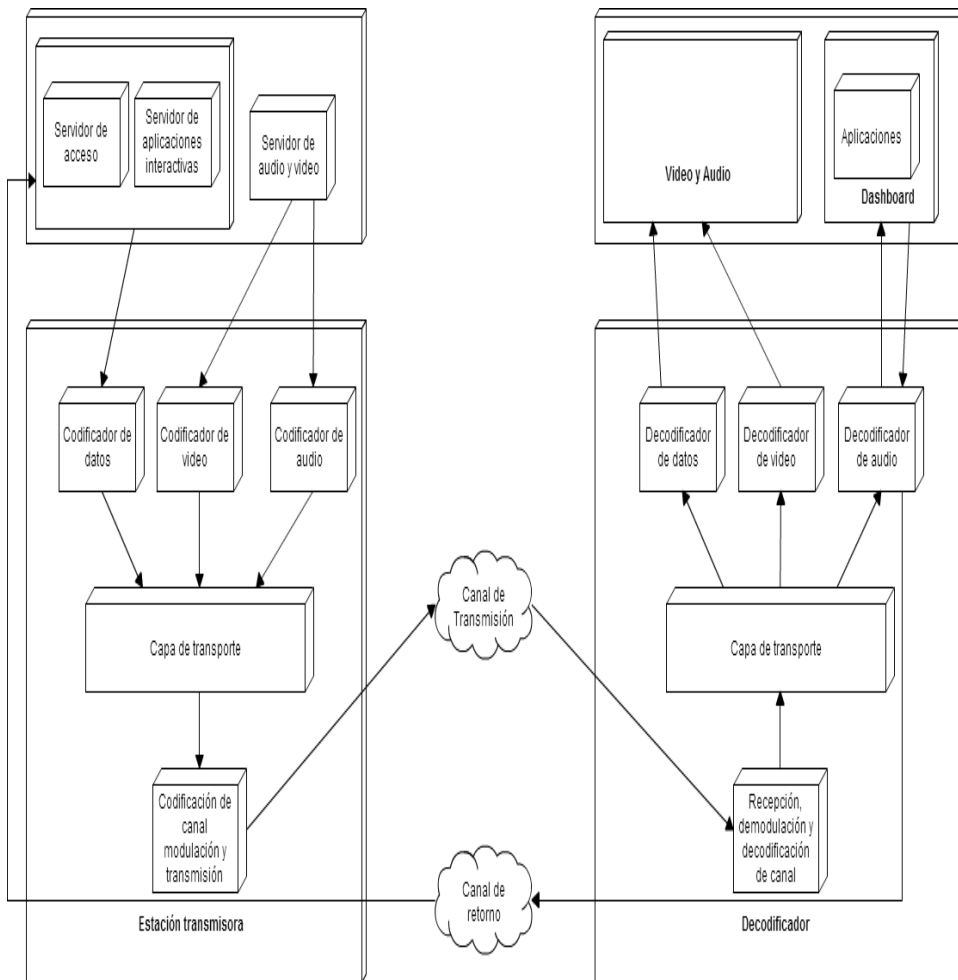


Figura 2.6. Diagrama de arquitectura. Fuente: Laboratorio de de aplicaciones de video digital, Lavid [15].

Luego viene la etapa de codificación de cada paquete de información con sus respectivos codecs de la norma digital, para después pasar por la gestión de multiplexación (capa de transporte). En la etapa de multiplexación se crea un flujo de datos empaquetados, para finalmente ser enviados. En la etapa de recepción de la señal se entiende que se realiza el proceso inverso a la transmisión, recepcionando la señal por medio de las antenas y luego son demultiplexados para finalmente ser decodificados los paquetes de datos. Cada una de las etapas anteriormente nombradas pueden ser observadas en el diagrama de la Figura 2.6.

2.3.5. Interactividad

El concepto de interactividad en la televisión es nuevo, ya que por primera vez se hace referencia a la interactividad entre sistema de televisión y el usuario. Desde el punto de vista técnico se define como la capacidad que tiene un usuario de intervenir en un proceso informático (y ver los efectos de dicha intervención) o bien como una relación basada en el diálogo y el intercambio [16]. El primer enfoque viene desde la relación humano-máquina y desde ahí se puede enfocar la definición de interactividad en la televisión, siendo esta el conjunto de servicios interactivos con mejoras y extensiones que le permiten a los telespectadores participar e interactuar con el contenido.

Gracias a la tecnología y las nuevas ideas se han generado diferentes tipos de interactividad, como por ejemplo: video bajo demanda, guías de programación interactiva, grabadores digitales de video, web TV, aplicaciones en dos pantallas (computador y televisión), centros mediales, aparatos móviles, consolas de videojuegos, televisión vía IP y muchos más [16]. Todos los ejemplos anteriores son parte de este concepto de televisión interactiva, pero ahí la experiencia no es unidireccional como es la naturaleza del sistema de televisión, sino que es del tipo bidireccional.

Esta sección del informe está centrada en la interactividad del tipo remota, ya que es la que viene a modificar el mercado con la nueva propuesta introducida en el estándar ISDB-Tb. La interactividad remota corresponde a la que permite el diálogo entre el televisor y televidente a través de un canal de retorno como se mostró en la Figura 2.6, siendo el internet el canal más usado; por ejemplo, donde el usuario puede enviar una respuesta.

Ginga

Ginga es un software intermedio (*middleware*) creado en Brasil, por el Laboratorio Telemídia de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro (PUC-Río) y Lavid de la Universidad Federal de Paraíba, todos supervisados por la Agencia de Telecomunicaciones de Brasil. Este software permite desarrollar aplicaciones interactivas para Televisión Digital de forma independiente de los fabricantes de los decodificadores o *set-top box*. Ginga fue subdividido en dos sistemas: Ginga-J, basado en la biblioteca de aplicaciones y funciones para televisión digital del lenguaje de programación Java, desarrollado por *Sun Microsystems* (Oracle corporation). Y el otro sistema es Ginga NCL, basado en el formato XML (*extended markup language*) y

diseñado para la creación de aplicaciones interactivas.

Ginga es un software abierto que permite el desarrollo de aplicaciones interactivas para la Televisión Digital. Como se dijo la sección 2.3.5, las aplicaciones permiten al usuario interactuar con el video que se está viendo. Brasil ha promocionado con fuerza Ginga, inclusive fuera de Brasil, llegando a estandarizar su tecnología en la Unión de Telecomunicaciones (ITU), un logro ejemplar para un país latinoamericano [7].

Capítulo 3

Modelos de propagación

3.1. Mecanismos básicos de propagación

En un sistema de transmisión inalámbrica suceden fenómenos físicos que son la base del diseño de los modelos de propagación de pequeña y gran escala. Estos fenómenos, vistos a diario por todos los seres humanos, directa e indirectamente están involucrados con los haz de ondas que viajan por todos lados.

3.1.1. Reflexión

El fenómeno de la reflexión ocurre cuando la señal rebota en un obstáculo de dimensiones mayores que la longitud de onda incidente; al sumarse con la señal original da lugar a fenómenos de multitrayecto que se traducen en superposición de señales que se suman considerando la fase.

“La expresión sobre superficies lisas es llamada reflexión especular, mientras que la que ocurre sobre superficies irregulares se denomina reflexión difusa (Lambetiana)” [9].

Existe un coeficiente que se usa para modelar la reflexión de la superficie de la tierra y de las paredes de los edificios, llamado coeficiente de reflexión de Fresnel. Este es válido para un límite entre dos medios, por ejemplo aire y concreto. Se ha utilizado para interpretar medidas en algunos ambientes particulares, tales como: zonas densas con edificios altos en el centro de ciudades; pequeña escala, como ambientes *indoor*; y para gran escala, como

ambientes *outdoor*.

3.1.2. Difracción

Ocurre cuando en la trayectoria entre transmisor y receptor se encuentra un obstáculo opaco de dimensiones considerablemente mayores que a la longitud de onda de la señal. “El fenómeno de la difracción se basa el principio de *Huygens*, donde cada elemento de un frente de onda en un instante de tiempo puede ser considerado como el centro de una fuente secundaria, lo cual ocasiona nuevas ondas esféricas y un frente de onda conformado por las suma de las mismas” [9].

3.1.3. Dispersión

Objetos como postes de luz o árboles tienden a esparcir la energía en todas las direcciones, por lo general producen más energía en el punto de recepción que lo otros fenómenos, este proceso es conocido como dispersión. Técnicamente es cuando la señal pega en un obstáculo irregular, provocando que la energía reflejada se esparza en diferentes direcciones.

Las superficies planas, donde la longitud de onda es menor a estas, pueden ser modeladas como superficies reflectores, sin embargo, cuando presentan irregularidades inducen a efectos de propagación diferentes a la reflexión especular [9].

3.2. Propagación en espacio libre

Es posible identificar dos modos de propagación al momento de establecer la visibilidad entre transmisor y receptor: LOS y NLOS. El primero corresponde a *Line Of Sight* (LOS), donde el transmisor y el receptor tienen una visión directa entre ambos. La limitación teórica de LOS en espacio libre viene dada por la curvatura de la Tierra. El segundo corresponde al modo de propagación llamado *Non Line Of Sight* (NLOS), donde el camino entre el transmisor y el receptor está parcialmente obstruido [9]. Los modelos de propagación en este modo varían considerablemente según la frecuencia de operación. En el rango de frecuencias *Ultra Hight Frequency* (UHF), como la Televisión Digital Terrestre, se utiliza este modo de propagación, ya que la señal de RF (Radio-Frecuencia) debe ser receptionada tanto en exteriores como en interiores.

Un mecanismo de propagación muy importante que se da en este tipo de modo es el multitrayecto. Este efecto es causado por reflexiones de señal en diferentes tipos de obstáculos presentes a lo largo del trayecto, que resultan en distintas copias de la onda, llegando con fases distintas. En el rango de frecuencias UHF, las ondas pueden atravesar edificios y vegetación, pero en mucho menor grado en comparación a frecuencias más bajas (HF). Las ondas dentro de la banda UHF tienden, con mayor probabilidad, a difractarse o dispersarse con los objetos (dispersores) que encuentren en el camino.

3.3. Modelos de propagación de gran escala

El sistema de Televisión Digital Terrestre es parte de las comunicaciones inalámbricas, la cual opera en la banda de frecuencia UHF (512 MHz–806 MHz) con un total de 49 canales (6 MHz cada uno). El canal experimental de la Universidad Diego Portales debe operar por regulación de la Subtel en el canal 25 UHF (536 MHz–542 MHz). Durante el camino de propagación de la señal de RF, esta se verá obstaculizada por diversos dispersores propios de un sistema involucrado en una ciudad como Santiago (asfalto, edificios, autos, personas, entre otros). Estos dispersores generan los fenómenos de propagación vistos en la sección 3.1, produciendo multitrayectorias. Para analizar los mecanismos de propagación se requiere de modelos que permitan analizar el desempeño del enlace de Televisión Digital Terrestre.

El Modelo de Friis representa un sistema de comportamiento ideal (línea de vista), pero, como se dijo anteriormente, en un sistema UHF difícilmente se tendrá LOS. Por ende, es necesario revisar otros modelos como el de Hata, el cual entrega una predicción de pérdida de propagación en áreas urbanas. El valor que proporciona exactamente, es el valor mediano de la pérdida básica de propagación en función de la frecuencia, la distancia y las alturas de las antenas de la estación base y el móvil receptor.

En esta sección se presenta el funcionamiento de los modelos Friis y Hata, además de otros modelos de propagación de gran escala para recepción en interiores y exteriores, para el análisis de enlaces de Televisión Digital Terrestre.

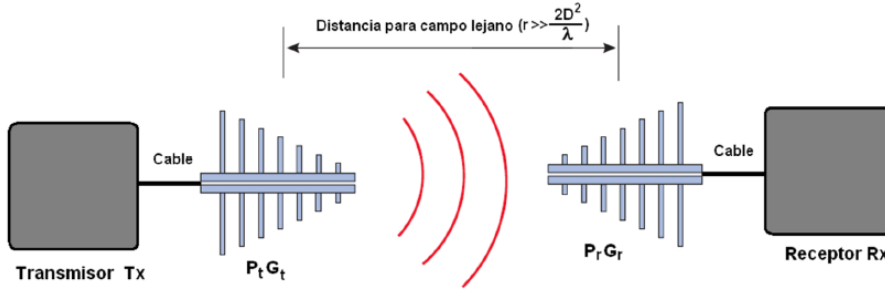


Figura 3.1. Esquema para campo lejano (Configuración Modelo de Friis). Fuente: Análisis de modelos de propagación e interferencia de RFID pasiva de UHF para aplicaciones en al identificación vehicular. Orosco Vega, Roberto [17].

3.3.1. Modelo de Friis

El modelo de propagación de Friis se propuso para espacio libre de obstáculos, por lo que también se conoce como “del espacio libre”. Este modelo se utiliza para predecir el nivel de potencia recibido cuando existe línea de vista entre el transmisor y el receptor, en condiciones de campo lejano, sin obstáculos que puedan causar reflexión, refracción o difracción.

Este modelo tiene un factor de atenuación del medio (n), equivalente a 2 para espacio libre y toma otro valor para otras condiciones diferentes a las de espacio libre [17]. Este factor de atenuación del medio se estudiará en los siguientes capítulos, analizando las condiciones que implica el Barrio Universitario y la Facultad de Ingeniería de la UDP (cobertura de la señal de RF).

Para hacer válido el modelo de Friis este será medido por sobre el campo lejano o región de Fraunhofer, como se muestra en la Figura 3.1.

$$r \gg \left(\frac{2D^2}{\lambda} \right) \quad (3.1)$$

En la Ecuación 3.1, D corresponde a la longitud física de la antena de transmisión y la longitud de onda (λ) depende de la frecuencia de la señal. Si se cumple la condición del valor r , entonces se puede aplicar el modelo de Friis desde la distancia r . En la Ecuación 3.2 correspondiente al Modelo de Friis, se aplican las ganancias de antenas (G_t y G_r), longitud de onda (λ), potencia transmitida (P_t) y la distancia (d) a partir de la región de Fraunhofer (r).

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^n \quad (3.2)$$

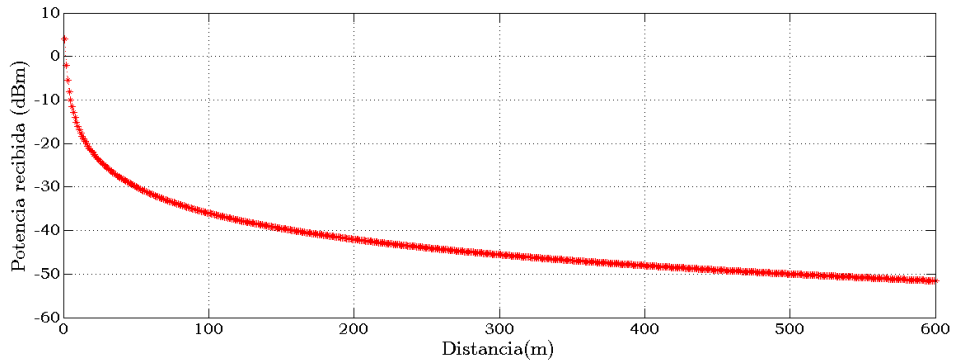


Figura 3.2. Resultado teórico de potencia recibida *vs* distancia, Ecuación de Friis.

Comenzando con una idea general del análisis de los resultados, la Figura 3.2 grafica la Ecuación 3.2 en función de la distancia de cobertura del sistema de Televisión Digital Terrestre de la Universidad Diego Portales.

La gráfica de la Figura 3.2 tiene un factor de atenuación por camino recorrido $n=2$, si bien este caso “ideal” no se da en el Barrio Universitario, igualmente sirve en caso de comparación de modelos con resultados empíricos y especialmente para encontrar el exponente de pérdida correspondiente al camino recorrido. La distancia utilizada $600m$ corresponde al radio mínimo de cobertura del Barrio Universitario y la potencia transmitida usada es igual a $5,5$ dBm (potencia real del sistema de TVD de la UDP).

3.3.2. Modelo Hata

El modelo de Hata es uno de los más usados en la planeación y predicción de propagación en sistemas de comunicaciones inalámbricas en espacio libre sin línea de vista (NLOS), en el rango de 150 MHz– 1500 MHz. Hata utilizó como base el modelo de Okumura, con el objetivo de hacer que este método fuera más fácil de aplicar. Estableció una serie de relaciones numéricas que describen el método gráfico propuesto por Okumura. Además propuso una nueva variable llamada factor de corrección de altura de la antena receptora, definida para cada “tamaño” de la ciudad [18].

Para clasificar el tamaño de la ciudad se tiene que tomar en cuenta un factor predominante en la ciudades, como es la altura de los edificios. Según la especificación de Hata, una ciudad es grande si el promedio de altura de sus edificios es de $10m$ y una ciudad es mediana o pequeña si tiene edificios de menor altura. Además del parámetro de altura de los edificios que identifica a un tipo de ciudad según su “tamaño”, para el modelo de Hata se debe

clasificar el tipo de “zona” donde se establecerá el sistema. Las zonas identificadas por Hata son: las zonas suburbanas, conformadas por edificios bajos y espacios amplios; y las zonas rurales que están conformadas por espacios abiertos con alguna vegetación.

En cada ciudad existen diferentes condiciones, por lo tanto, se le debe aplicar la clasificación correcta del modelo de Hata para determinar el valor mediano de la pérdida de propagación, en función de frecuencia, la distancia, y las alturas de las antenas (base y receptora). La manera de calcular el modelo de Hata es con la Ecuación 3.3 desarrollada sobre la base de resultados empíricos para zonas urbanas:

$$L_{50}(dB) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + ((44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d) \quad (3.3)$$

Donde:

- (f_c) Frecuencia portadora [150 MHz–1500 MHz].
- (h_{te}) Altura de antena transmisora en metros para 30m–200m.
- (h_{re}) Altura de antena receptora en metros para 1m–10m.
- ($a(h_{re})$) Factor de corrección para la altura efectiva de la antena móvil como del tipo de área de servicio.
- (d) Distancia entre transmisor y receptor en km .

La corrección para la altura de la antena receptora se establece de la siguiente forma:

- Para ciudades pequeñas y medianas (ver Ecuación 3.4):

$$a_{hre} = (1.1 \log f_c - 0.7) h_{hre} - (1.56 \log f_c - 0.8) \quad [dB] \quad (3.4)$$

- Para ciudades grandes (ver Ecuación 3.5, 3.6):

$$a_{hre} = 8.29(\log(1.54 h_{hre}))^2 - 1.1 \quad [dB] \quad \text{para } f_c \leq 300 MHz \quad (3.5)$$

$$a_{hre} = 3.2(\log 11.75 h_{hre})^2 - 4.97 \quad [dB] \quad \text{para } f_c \geq 300 MHz \quad (3.6)$$

Para ambientes suburbanos o rurales, se aplican las siguientes correcciones:

- Áreas suburbanas (ver Ecuación 3.7):

$$L_{50}(dB) = L_{50}(urbano) - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4 \quad (3.7)$$

- Áreas rurales (ver Ecuación 3.8):

$$L_{50}(dB) = L_{50}(urbano) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.98 \quad (3.8)$$

Al igual que el modelo de Friis, el modelo de Hata se utilizará para comparar resultados teóricos y empíricos, y así establecer una relación objetiva entre el modelo y las mediciones hechas para el sistema de Televisión Digital Terrestre de la UDP en el Barrio Universitario. La unidad de medida de Hata será en dBm, por lo cual se deberán transformar los resultados en dB (Ecuación 3.3) de la siguiente forma:

$$P_r[dBm] = EIRP[dBm] - L_{50}[dB] + G_r[dB] \quad (3.9)$$

Donde:

$$EIRP(\text{Effective Isotropic Radiated Power}) = P_t - L_c + G_a \quad (3.10)$$

- P_t = Potencia de salida del transmisor (dBm).
- L_c = Pérdida de cable (dB).
- G_t = Ganancia de antena transmisora (dB).
- G_r = Ganancia de antena receptora (dB).

3.3.3. Modelo de propagación en ambientes interiores

Los modelos anteriormente nombrados, Friis y Hata, son modelos de propagación de zonas urbanas, suburbanas y rurales, que están determinados principalmente por la pérdida de trayectoria dada la distancia del enlace. Los modelos de interiores deben incluir otros factores como la reflexión de paredes

y muebles. En un estudio realizado por la Universidad Federal de Tecnología de Curitiba, Colombia [19] se usaron tres modelos: *Modified Keenan-Motley Model*, *Log-Distance Path Model* y *Linear Attenuation Model*; donde a partir de la predicción de pérdidas y comparación de medidas empíricas, concluyeron que el modelo que presentó mejores resultados fue el Keenan-Motley Modificado. Cabe señalar que los datos empíricos medidos son parte de un sistema de Televisión Digital Terrestre realizado en un laboratorio de 50 metros cuadrados.

Modelo Keenan-Motley Modificado

El resultado de este modelo es equivalente a la pérdida de trayectoria, entendido como la pérdida de espacio libre añadido a las pérdidas introducidas por las paredes y los pisos penetrados en el camino entre el transmisor y el receptor. La modificación de Keenan-Motley es una ganancia de corrección de piso y la posibilidad de utilizar diferentes tipo de pared y pisos. La pérdida de trayectoria L , es una ecuación utilizada para pruebas con sólo paredes entre transmisor y receptor.

$$L(\text{dB}) = L_{FS} + L_C + \sum_{i=1}^I k_{wi} * L_{wi} \quad (3.11)$$

Donde:

- $L_{fs}(\text{dB})$ atenuación de espacio libre entre transmisor y receptor.
- L_c (dB) atenuación constante igual a 37 dB.
- k_{wi} representa el número de paredes penetradas.
- L_{wi} (dB) representa la pérdida debida a muro de tipo i

3.3.4. Modelo de propagación en ambientes exteriores

Variados autores utilizan la ecuación de *Log-Distance Path Model* para predecir la pérdida por camino recorrido en un sistema de RF. En esta sección se destaca la investigación realizada por XH Mao, YH Lee y SH Ting [20], donde utilizan la Ecuación 3.12 para buscar el exponente de pérdida de trayectoria n desde la disponibilidad del servicio en el interior de un edificio y en la calles (todo en un entorno urbano). De las conclusiones se puede destacar

Tabla 3.1. Valores medios de los factores de pérdida según categoría.
Fuente: Universidad Federal de Tecnología de Curitiba, Colombia. 2014.

	Descripción	Factor(dB)
Lf	Suelos (estructura típica)-Baldosas- Revestimientos de hormigón-Espesor típico menores a 30 cm.	18, 3
Lw2	Muros internos finos-Yeso-Muros con mu- chos huecos (ventanas)	3, 4
Lw2	Muros internos-Hormigón, ladrillos- Mínimo números de huecos	6, 9

que en la banda de UHF el exponente de pérdida de trayecto es independiente a la frecuencia de transmisión utilizada; además verifican que a mayor altura medida más potencia es recepcionada, lo que implica que el exponente de pérdida a baja altura es mayor que si un usuario recepciona la señal en un lugar más alto. Se destaca un exponente de pérdida para la medición a baja altura (sobre el piso) de 4,3 y a mayor altura (11m) de 3,3. Debido a que la recepción en plantas bajas experimenta mayores componentes de multitrayectos por las características del entorno.

Log-Distance Path Model

El modelo de Log-Distancia es una dependencia lineal entre la pérdida de trayectoria (dB) y la distancia logarítmica. En otras palabras, es una modificación de la pérdida de trayectoria en el espacio libre (ver Ecuación 3.2) con la ruta n exponente de pérdida que varía en función de los ambientes (ver Tabla 8.9). Se conoce como el modelo de vía pérdida por registro de distancia, en los que la pérdida en el trayecto a una distancia d se da como:

$$L(dB) = Pl_{d_0} + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3.12)$$

Donde:

- L atenuación predicha en una distancia d del transmisor.
- Pl potencia medida en una distancia d_0 de referencia.
- n factor de pérdida.

Tabla 3.2. Exponente de Path loss.

Fuente: Rappaport, T.S.(2001) *Wireless Communications: Principles and Practice*

Entorno	Exponente Path loss (n)
Espacio libre	2
Área urbana (Edificios sin visión directa)	2.7–3.5
Ensombramiento urbano	3–5
Construcción (Edificios) en la línea de vista	1.6–1.8
Construcción (Edificios sin visión directa, separación de unos a tres pisos)	4–6
Construcción (Fabrica sin línea de vista)	2–3

3.3.5. Resultados de exponente de pérdidas empíricos

Por medio de la Ecuación 3.12, diversos autores obtienen el índice de pérdida por camino recorrido. Es importante destacar que las mediciones las realizaron en exterior e interior a una frecuencia específica y en un mismo entorno.

Indoor

La Tabla 3.3 corresponde al análisis de una medición de ambiente indoor, en la cual se encuentran obstáculos entre transmisor y receptor. Estos corresponden a mesas (madera), armarios (metal) y murallas (yeso) y además no se encuentran en línea de vista transmisor y receptor. Por último, las antenas tanto transmisora como receptora, se encuentran a 1m del suelo.

Tabla 3.3. Exponente Path loss, *indoor*.

Fuente: Costa Fernandes, W.D.; de Almeida Prado Pohl, A. (Aug. 2012). “Analysis of ISDB-Tb signal propagation in indoor environments”.

Frecuencia (MHz)	Exponente Path loss (n)
635.143	2.8173
665.143	3.241
755.143	3.4725

Tabla 3.4. Exponente Path loss, *outdoor*.

Fuente: Myoung-won Jung; Jong Ho Kim; Joo Seock Kim; Won Ho Jeong; Jeong Ki Pack,.(2012). “Analysis of radio channel characteristics in the outdoor environments at the 781 MHz frequency”.

Entorno	Exponente Path loss (n)
Urbano	3.851
Suburbano 1	2.723
Suburbano 2	2.33
Rural	2.209

Outdoor

La Tabla 3.4 contiene los resultados desde cuatro tipos de entornos diferentes para el exponente de pérdida n . Las mediciones se realizaron en la banda de los 781 MHz, para demostrar las características del canal en esa frecuencia.

Para esta medición los autores utilizaron la antena transmisora a una altura de $5m$ y la receptora a $1,5m$.

3.4. Modelos de propagación de pequeña escala

En este capítulo se ha visto cómo la distancia y la frecuencia de un enlace afecta al promedio de recepción de la señal de RF. En las transmisiones inalámbricas se debe tomar en cuenta, además de lo anteriormente nombrado, cómo este promedio de recepción fluctúa en el tiempo dado el movimiento del entorno (para receptor fijo) o para pequeños cambios de posición del usuario final (del orden de la longitud de onda), llamados también desvanecimientos temporales y desvanecimientos espaciales correspondientemente. Estos fenómenos dan paso a los modelos de pequeña escala, usados para predecir particularmente desvanecimientos de pequeña escala o *fading*. Estos son productos de la propagación de multitrayecto, provocando cambios rápidos en la intensidad de la señal sobre pequeñas distancias (desplazamientos) o intervalos de tiempo cortos, modulación de frecuencia aleatoria debido a la variación de los desplazamientos Doppler sobre diferentes señales multitrayecto y, finalmente, dispersión temporal (ecos) causada por retardos de propagación multitrayecto.

Las ondas de multitrayecto son múltiples versiones de la señal transmitida en la antena receptora desplazadas una respecto de otra en términos de tiempo y de orientación espacial. Las fases aleatorias y las amplitudes

de las diferentes componentes causan fluctuaciones en la intensidad de la señal, introduciendo desvanecimientos de pequeña escala, distorsión de señal o ambas [21].

Los modelos de propagación explican el comportamiento de la potencias en distancias comparables a la longitud de onda. Dado la naturaleza, el modelado de estos es del tipo estadísticos (Rice o Rayleigh), dado una función de probabilidad, número de cruces por un umbral y duración del desvanecimiento. Para modelar la amplitud de la señal recibida a partir de las distribuciones estadísticas en un sistema sin línea de vista, bajo la condición de que no existe una componente dominante de la señal es la distribución de Rayleigh. Para eliminar la pequeña escala en las mediciones de cobertura, se debe medir en cada punto durante un intervalo de tiempo y varias mediciones dentro de un perímetro del punto medido. Lo anterior se extiende en el Capítulo 5.

Capítulo 4

Calibración de equipos

La base empírica, es fundamental para postular conclusiones y métricas de calidad sobre el funcionamiento del sistema de Televisión Digital. Para la instalación final del sistema de Televisión Digital Terrestre de la Universidad Diego Portales, se debe primeramente simular la operación del sistema. La campaña de medición con el sistema simulado, consiste en las pruebas de cobertura, recepción y detalles del canal, las cuales implican recolectar medidas de campo reales bajo las condiciones de una configuración de transmisión (en el capítulo 4 se tratará en detalle la definición de cada prueba). El término simulación en este caso se refiere al análisis previo a la puesta en marcha, empleando equipos de medición especializados (no receptores de televisión digital comerciales). Finalmente, el sistema real de Televisión se implementará con los equipos que cumplan con la norma ISDB-Tb, para luego proceder con las mismas pruebas del enlace simulado más las pruebas de servicio.

En esta sección se podrán observar características técnicas de los componentes y equipos usados para las pruebas, además de los diagramas de transmisión. Pero la configuración de los parámetros transmisión y recepción se especificarán en el Capítulo 7 de esta memoria de título.

4.1. Enlace simulado

En la presente sección se describirán los detalles de operación de los componentes y equipos empleados para realizar las pruebas, desde un enlace de transmisión simulada con las características del enlace de Televisión Digital real. En la Figura E.1, se puede apreciar el diagrama general de transmisión que se usó.



Figura 4.1. Esquema de configuración de enlace simulado.

4.2. Generador y Analizador de espectro

Para generar una señal de RF se utiliza el equipo de experimentación de la marca *Rodhe & Schwarz* modelo SMC100A (Figura 4.2). Este generador de señales tiene una frecuencia de operación dentro del rango 9 kHz–1.1 GHz/3.2 GHz (depende de la opción de RF). La máxima potencia de salida es de +17 dBm (medidos) y el tipo de modulación que se puede utilizar es: AM/FM/pulsada. En el presente trabajo no se emplea una señal modulada sino un tono puro de salida en la frecuencia asignada por Subtel para el canal experimental UDP (señal *continuous wave* (CW)) con +19 dBm a la salida del generador.

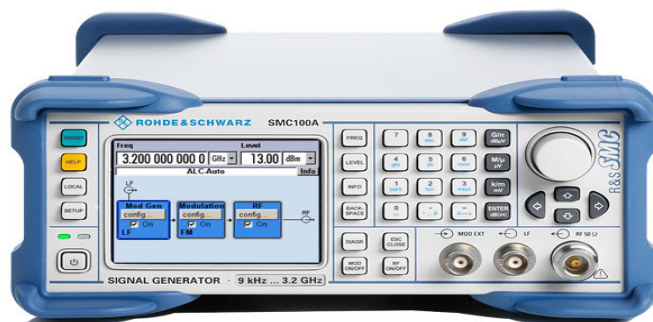


Figura 4.2. Generador de Señal *R & S* modelo SMC100A. Fuente: Manual de Operación de Generadores de Señal, *Rodhe & Schwarz*.



Figura 4.3. Analizador de espectro *R & S* modelo FSH4. Fuente: Manual de operación del Analizador de Espectro Portátil FSH4, *Rodhe & Schwarz*.

Como equipo receptor se emplea el analizador de espectro *Rodhe & Schwarz*, modelo FSH4 (Figura 4.3). Este es portátil, lo cual facilitó el trabajo de medición de la señal de RF. El rango de frecuencia de este es de los 9 kHz–3.6 GHz y permite guardar la medición completa del espectro observado en pantalla.

4.2.1. Piso de ruido del analizador de espectro

El piso de ruido es el valor de potencia registrado por el equipo al no existir entrada al mismo. Este valor cobra mucha importancia, ya que por debajo de esta potencia las mediciones no deben ser consideradas dentro del análisis. En el caso de pruebas de cobertura, significa que el receptor ya no se encuentra dentro del rango de cobertura de la señal transmitida. Las causas observadas dentro de las mediciones, en las cuales la potencia recibida se encontraba bajo el piso de ruido son: distancia y ensombreamiento de la señal.

El proceso de medición de este nivel comienza conectando una carga de 50 Ohm a la entrada RF del analizador (conector tipo N). Luego se registra el nivel de potencia observada en la frecuencia de transmisión (541 MHz), siendo este el nivel de piso de ruido.

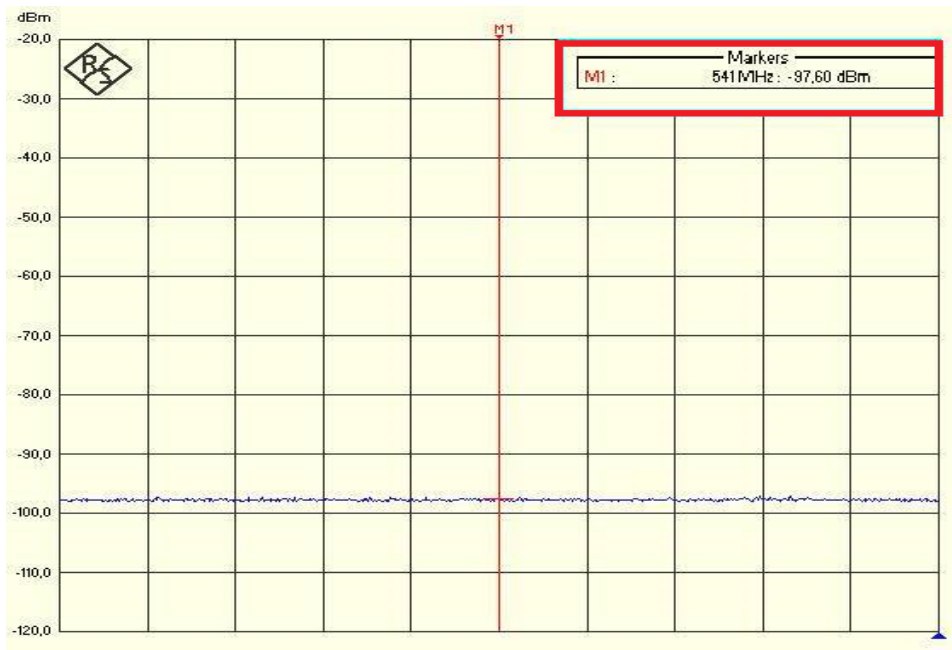


Figura 4.4. Piso de Ruido analizador de espectro.

Como se puede observar en la Figura 4.4 el nivel de piso de ruido equivale a $-97,6$ dBm, al ser medido con un filtro de resolución¹ de 300 kHz. Por ende, es recomendable observar en el diseño del sistema final estos puntos críticos donde la señal de RF se ve obstruida o simplemente está fuera de rango de cobertura.

4.3. Antenas

Las antenas transmisora y receptora son utilizadas tanto para el sistema simulado, como para el sistema real. La antena transmisora está diseñada especialmente para la emisión de una señal de Televisión Digital Terrestre. Mientras que la receptora corresponde a una antena patch (directiva) de 5 dBi de ganancia.

¹El *Resolution BandWidth filter* (RBW), es el ancho de banda en el que el aparato de medida realiza la detección de la señal, y por tanto no considera la energía de señal fuera de este ancho de banda. A medida que se disminuye el RBW, el nivel de ruido se reduce, pero el tiempo de barrido es mayor [22].

4.3.1. Antena Yagi

Esta antena corresponde a la antena transmisora y es del tipo directiva, siendo su característica más importante, el patrón de radiación y la ganancia. El patrón de radiación de una antena se puede representar como una gráfica tridimensional de la energía radiada vista desde fuera de esta.

Los patrones de radiación usualmente se representan de dos formas, el patrón de elevación y el patrón de azimuth. El primero es una gráfica de la energía radiada por la antena vista desde su perfil. El patrón de azimuth es una gráfica de la energía radiada vista directamente desde arriba. Al combinar ambas gráficas se tiene una representación tridimensional de cómo es realmente radiada la energía desde la antena. Para graficar el patrón de radiación de la antena se usó un software llamado “YagiCAD”, desarrollado por Paul McMahon (Australia). Este programa permite analizar el diseño de una antena Yagi, basándose en funciones de base y de prueba en forma de pulsos sinusoidales para obtener, primero, la distribución de corriente sobre la antena y a partir de ella los demás parámetros de la misma [23].

Como se dijo anteriormente, esta antena es del tipo directiva, por lo tanto, para abarcar todos los sectores que se necesita recepción se debe realizar un apuntamiento adecuado, aprovechando la infraestructura en altura de la base transmisora. Basado en el fenómeno de “efecto de cañón o encajonamiento” se podrá desplegar la señal por los lugares señalados en la Sección 5.2.1 y los lugares de recepción de la Facultad de Ingeniería de la UDP.



Figura 4.5. Antena Yagi TVD UDP.

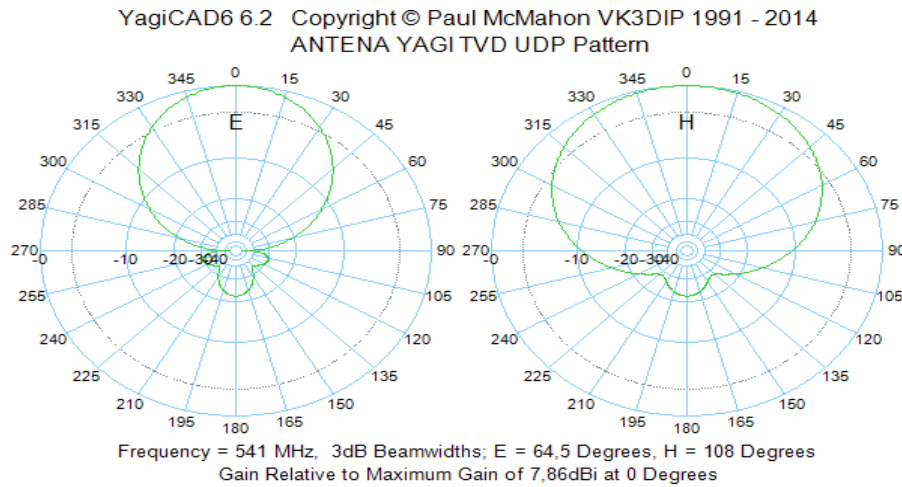


Figura 4.6. Patrón de radiación antena Yagi para la estación experimental de la UDP.
 Fuente: Software YagiCAD.

La antena está especialmente diseñada para ser utilizada en la transmisión del canal 25 UHF (536 MHz–542 MHz), y como se puede apreciar en la Figura 4.6, su mayor ganancia se encuentra en el 0° con una ganancia máxima relativa de 7,86 dBi (teóricos) con un ancho de haz de 108° especificada a los 541 MHz (Figura 4.6), pero la ganancia medida corresponde a 7,1 dBi en los 0° . Entonces para términos de comparación y uso de este valor en modelos de propagación se usará el valor medido.

En la Figura 4.6 se pueden observar los principales patrones en el plano E y H. Para una antena polarizada linealmente, el patrón en el plano E es definido como: el plano contenido en el vector del campo eléctrico y la dirección de máxima radiación. El plano H se entiende como: el plano conteniendo en el vector de campo magnético y la dirección de máxima radiación. En otras palabras, el plano E es el plano X–Z (plano de elevación) y el X–Y (plano de azimut). Para establecer un correcto funcionamiento en términos de propagación se hará uso del plano de elevación (X–Z) de la antena, para así aprovechar el mejor apuntamiento generando encajonamiento en la de señal de RF.

De acuerdo a la teoría de campo lejano (Ecuación 3.1) se puede corroborar que la distancia correcta para que el modelo de propagación en espacio libre se cumpla, tiene que ser igual o superior a $1m$, dado la dimensión de la antena. Finalmente, el valor de la impedancia de alimentación de la antena es igual a 50 Ohm.

4.3.2. Antena Patch

Para medir la potencia de recepción dentro de un enlace de RF, es necesario contar con una antena receptora que otorgue una recepción adecuada para transmisiones de Televisión Digital Terrestre. Para esta tarea se seleccionó la antena multidireccional plana RCA, modelo ANT 1400 (Figura 4.7), la cual es del tipo directiva, por lo tanto, tiene la característica de tener mayor ganancia en una posición adecuada. Además gracias a su tecnología multidireccional patentada evita tener que ajustar la antena de acuerdo a la ubicación de la señal transmisora.

Esta antena cuenta con una ganancia garantizada de fabrica de 5 dBi, permitiendo tener una recepción de calidad dependiendo de la distancia de las torres de transmisión, potencia de transmisión, el terreno y otros factores.



Figura 4.7. Antena RCA, modelo ANT1400.

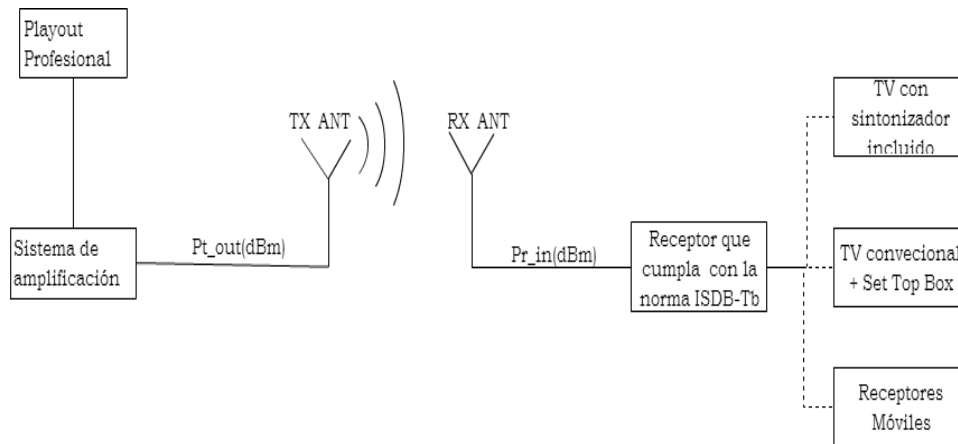


Figura 4.8. Sistema de transmisión de TVD.

4.4. Enlace real

El enlace real consta de equipos que deben cumplir con la norma adoptada por Chile, ISDB-Tb. Los elementos de la Figura 4.8 son parte del esquema que se implementará en la Universidad Diego Portales, para cumplir nuevamente con las pruebas de cobertura, servicio o perceptibilidad y además se medirá la usabilidad del sistema por parte de usuarios.

4.4.1. Playout Professional

El EITV Playout Professional es un equipo de alta disponibilidad, que tiene como función principal generar Televisión Digital compatible con el estándar ISDB-Tb. Esta estación es capaz de realizar transmisiones de programas en alta definición y contenido interactivo, ideal para el desarrollo y pruebas de estas. Soporta las características del estándar como: codificación de video H.264 y MPEG-2; modulación ISDB-T; aplicativos interactivos Ginga. En el equipo está integrado el servidor de audio y video, *PGE Server* (Servidor de Guía de Programación Electrónica)², Multiplexor, Remultiplexor para generación de Señales HDTV, SDTV y TV Móvil y Modulador ISDB-T [25].

²**PGE Server** es un servidor capaz de generar a través de su salida todos los contenidos necesarios para lograr que cualquier receptor con sintonizador ISDB-Tb integrado compatible muestre en pantalla la Guía de Programación Electrónica, las aplicaciones Ginga para la interactividad, el envío de nuevas versiones de software para los receptores y el envío de *Closed Caption* para hipoacúsicos [24].



Figura 4.9. EITV Payout profesional.

Las especificaciones técnicas del equipo (Figura 4.9) son:

- **Frecuencia de operación:** 36 MHz–1002 MHz.
- **Potencia de salida:** –28,3 dBm.
- **Impedancia:** 50 Ohm.
- **Tipo de difusión:** 1-segment Radio Broadcast, 3-segment Radio Broadcast³ y 13-segment TV Broadcast.

4.4.2. Amplificador

El elemento excitador de este sistema de transmisión es el amplificador de la marca RF Telavo, correspondiente a una ganancia de salida medida de 1 W al 100 % de su capacidad (ver Figura 4.10).

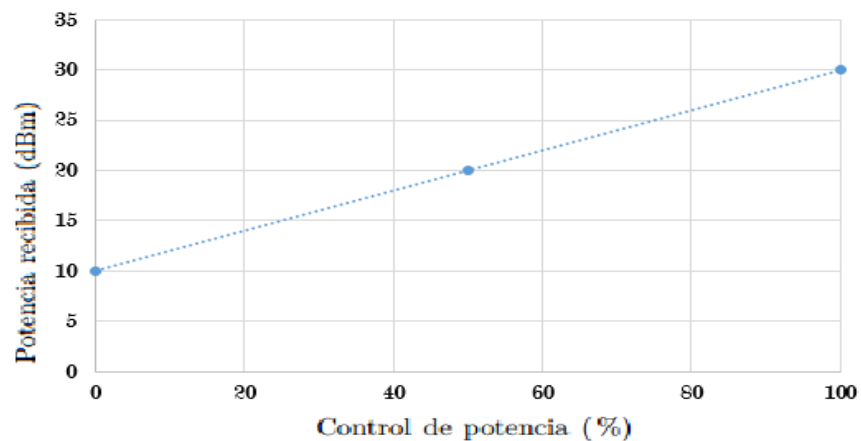


Figura 4.10. Calibración de potencia del amplificador.

³La norma ISDB-Tsb tiene la misma codificación que ISDB-T, soportando el codec MPEG2, transmitida por BST-OFDM usando 1 o 3 segmentos siendo compatible con el servicio 1Seg de ISDB-T.

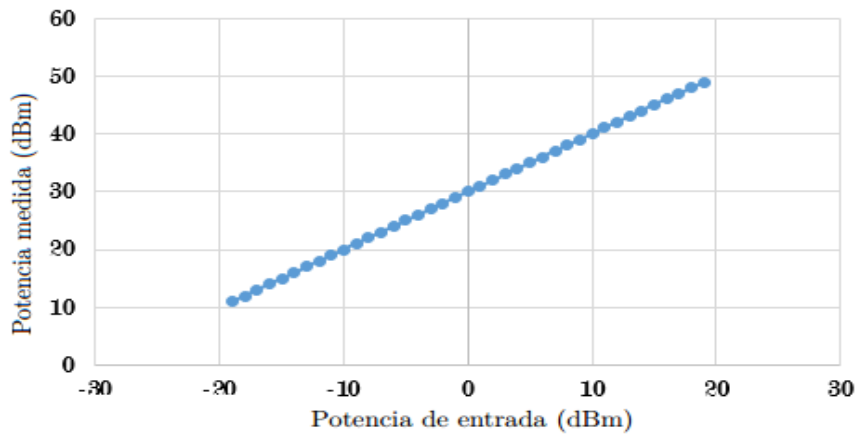


Figura 4.11. Punto de Saturación del Amplificador.

Por otro lado, se midió el punto de saturación del equipo donde la potencia de entrada máxima ingresada fue de 19 dBm, obteniendo como resultado un comportamiento normal del amplificador al 100 % de potencia, es decir aumenta la potencia en 30 dBm . Es necesario señalar que esta medición se realizó con un *PowerMeter Mini-Circuit* modelo PWR-8FS que tiene un rango de medición entre -30 dBm y 25 dBm. Por lo tanto, para medir la potencia de saturación (Figura 4.11) fue necesario añadir atenuadores en la medición para no sobrepasar la intensidad permitida del equipo (25 dBm).

Otras especificaciones técnicas muy importantes para la instalación del sistema de transmisión son:

- **Impedancia:** 50 ohm.
- **Frecuencia de operación:** 470 MHz-862 MHz.
- **Temperatura de operación:** 0 y 40° C.

La temperatura de operación es muy importante, ya que se comprobó que en el lugar de instalación del sistema de transmisión, la temperatura en temporada de verano más la temperatura del equipo alcanza el máximo permitido. Por ende, si alcanza este punto el amplificador deja de funcionar por un instante [26].

4.4.3. Cable LMR–600

El cable que se detalla en esta sección es el empleado para ambos sistemas (simulado y real), ya que con este se conectan los equipos a la antena transmisora, permitiendo obtener el mismo grado de pérdida. Si bien se cuenta con la tabla de atenuación del cable (Tabla 4.1), estos datos fueron comparados con la medición de este parámetro bajo condiciones de potencia de salida similar a las pruebas de cobertura, obteniendo los resultados presentados en la Tabla 4.2.

Tabla 4.1. Atenuación cable LMR–600 (teórico).

Fuente: Especificación técnica cable LMR–600, *Times microwave systems* [27].

Frecuencia(MHz)	450	541	900
Atenuación dB/100m	5,6	6,1	8,2

Tabla 4.2. Atenuación cable LMR–600 (medido).

Parámetro	Valor
Frecuencia(MHz)	541
Potencia de entrada(dBm)	7,4
Potencia de salida(dBm)	5,5
Atenuación conector tipo N(dB)	0,5
Atenuación dB/25m	1,3
Atenuación total(dB)	1,8

Capítulo 5

Metodología de medición

Para lograr el objetivo de esta tesis es muy importante la recopilación de datos. A través de las medidas empíricas se realizará un ajuste a los modelos de propagación adecuados para las características del entorno del Barrio Universitario o un sector de propagación de la señal. Para esto se requiere una recolección de datos con el fin de caracterizar el entorno de propagación. Con este objetivo, se han realizado dos campañas de medición durante los meses de enero y febrero del año 2015, mayo y junio del mismo año y mayo y junio del 2016, en varios puntos del Barrio Universitario. Las mediciones se realizaron en las facultades de la Universidad Diego Portales en el sector de Avda. Ejército Libertador y Avda. Vergara ubicadas en la comuna de Santiago, específicamente en la Facultad de Ingeniería.

Para la evaluación del estado y la calidad de todo servicio de RF es imprescindible un estudio de campo. Para un sistema de Televisión Digital Terrestre en sí, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) dicta las directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre a través de un informe llamado UIT-R BT. 2035. Aquí se detallan tres tipos de estudio de campo [28]:

- **Pruebas de cobertura:** Implican mediciones con el objetivo de recolectar medidas de campo reales bajo las condiciones de una configuración de transmisión dada. La prueba de cobertura permite atender dos aristas principales: evaluar la antena transmisora (pruebas del patrón de radiación) y proporcionar datos para los ajustes de algoritmos de propagación sobre el terreno.
- **Prueba de servicio o perceptibilidad:** Permite establecer las condiciones de recepción en que la señal puede ser correctamente recibida y decodificada, considerando escenarios de prueba bastantes similares a los de una recepción en interiores, utilizando incluso antenas domésticas con tal fin.
- **Prueba de condiciones del canal:** Se trata de la recolección detallada de las características del canal, lo cual implica la información del entorno que afecta directamente la señal en momentos específicos de la recepción. La información recolectada debe precisar las condiciones del canal en cuanto a las variaciones del nivel, ruido impulsivo, interferencia dentro de la banda y trayectos múltiples.

Este trabajo de tesis se desarrollará sobre la base de estas pruebas y como consecuencia se podrá evaluar la calidad de funcionamiento del sistema. A partir de una primera parte “simulada”, donde el sistema será representado con los equipos de laboratorio, descritos en el Capítulo 4, se presentarán los siguientes informes: reportes de calibración y automatización del sistema de medición, reporte de pruebas de cobertura en este ambiente simulado o controlado y un reporte de interacción entre componentes. La segunda parte de pruebas será una vez instalado el sistema en exteriores, a través de un mapa de cobertura de instalación final y un reporte final de integración que permitirá evaluar la calidad del sistema, por medio de la evaluación de la calidad de experiencia.

5.1. Metodología de evaluación de posicionamiento de la antena transmisora

Antes de realizar las pruebas de cobertura y de recepción, es necesario realizar un pre-experimento, que permita descubrir cuál es la mejor posición de la antena transmisora, este tiene como base el patrón de radiación (Figura 4.6,

para las campañas de esta memoria de título) y las características propias de la antena utilizada para el sistema de Televisión Digital Terrestre (antena del tipo directiva). Es necesario señalar que esta medición no cumple con el procedimiento de medición según la sección 5.2 de este capítulo, ya que es del tipo exploratorio y no con condiciones de recepción final. El procedimiento de este pre-experimento es el siguiente:

1. Seleccionar tres lugares de instalación para la antena.
2. Definición de tres tipos de ángulo de elevación de la antena transmisora (Figura 5.1).

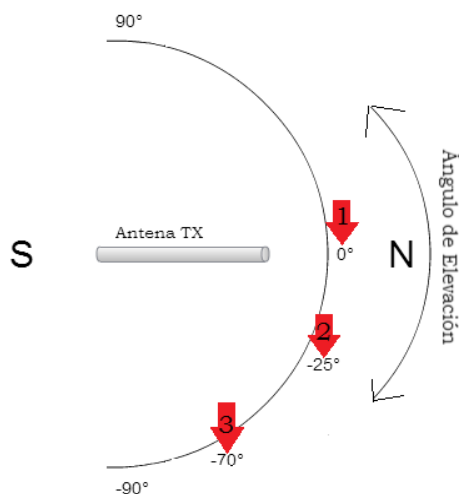


Figura 5.1. Ángulo de elevación de la antena

3. Selección de los puntos de medición.
4. Medir en los puntos la máxima potencia recibida.
5. Selección del ángulo de elevación a través del promedio de la diferencia respecto a lo que predice la ecuación de Friis (3.2) con exponente de pérdida igual a dos (uso referencial), dado que aún no se estima el exponente que representa el entorno. La diferencia representa cada uno de los puntos.
6. Selección del lugar de instalación a través del mejor promedio de error respecto a lo que predice la ecuación de Friis (3.2) y el modelo de Hata (3.3) para grandes ciudades. La comparación se realiza para la distancia de todos los puntos.

5.2. Metodología de medición

A continuación se presenta una metodología de medición donde se expone el procedimiento para llevar a cabo pruebas de Televisión Digital Terrestre, tanto en interiores como en exteriores. Este estudio se centra en la evaluación de cobertura de sistemas de Televisión Digital Terrestre en ambientes exteriores (*outdoor*), ya que se pretende la adaptación de modelos de propagación de gran escala. Sin perjuicio de lo anterior, se realizará un análisis de carácter exploratorio en relación a la cobertura en interiores de facultades de la universidad.

5.2.1. Lugares de medición

Los lugares de medición corresponden a puntos exploratorios que representen un lugar de recepción de la señal. Por ende, las mediciones se centrarán en las facultades de la universidad, tanto dentro como fuera de estas. Según la UIT, este tipo de mediciones se llaman “Mediciones en agrupación en emplazamientos separados”. Este criterio especifica las mediciones en puntos diferentes de la zona de cobertura, que representen ciertas características propias de determinado sector, de esta manera se tienen mediciones de cobertura más representativas. El algoritmo de medición comienza con la selección de puntos donde se pueden realizar las mediciones bajo el modo agrupación, implicando un mínimo de cinco mediciones por punto [28].

Las “Mediciones en agrupación en emplazamientos separados”, criterio seleccionado y una muestra significativa de mediciones en cuanto el número de emplazamientos, implican una mayor precisión para los cálculos y mayor solidez para las conclusiones. De esta forma, se seleccionaron 37 puntos de medición (en interior y exterior para las dos campañas de medición), con el fin de ser representativos para caracterizar la cobertura de la señal de RF.

Es necesario destacar que los 37 puntos de medición son los correspondiente a la prueba de cobertura y de servicio para la mejor ubicación de la antena. Por otro lado, para la realización de la pruebas de evaluación de la ubicación de la antena transmisora (cobertura) se utilizaron otros puntos de medición, que implican sólo lugares en exteriores y que son de carácter exploratorio.

En los puntos de medición existen lugares de recepción en el interior o el exterior de una facultad o edificio. Se hace necesario este tipo de medición para evaluar la calidad de funcionamiento en todo el espectro de la señal,

tanto dentro como fuera de las facultades, inclusive en los lugares donde existan azoteas de esparcimiento.

5.2.2. Procedimiento de medición

El procedimiento de medición de cobertura se realiza en cada uno de los 37 puntos seleccionados para la medición. Estas mediciones están basadas en la intensidad de campo de la señal emitida, medida con el Analizador de Espectro Portátil FSH4, *Rodhe & Schwarz* (ver Sección 4.2, Capítulo 4) que indica la potencia máxima recibida por la antena receptora conectado a este. Para recopilar la intensidad de la medición de forma precisa y completa, la UIT indica que se debe realizar en forma de “*cluster*”. Un “*cluster*” se define como un punto de medida inicial identificable y al menos cuatro puntos de medida adicionales situados a la distancia del punto de medida inicial que se indica en la Figura 5.2. Siempre que sea posible, el punto de medida inicial será el punto central [28].

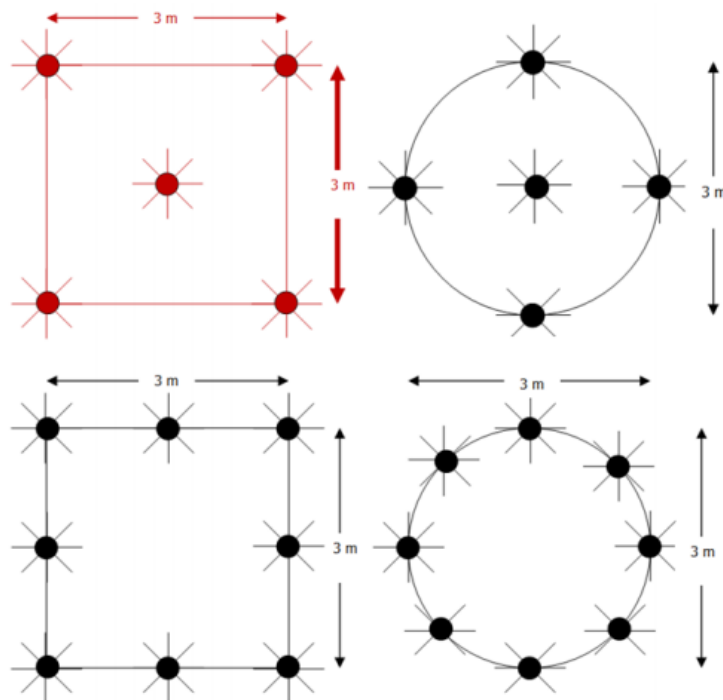


Figura 5.2. Disposición de los puntos para una medición en agrupación.

A partir de lo señalado por la UIT, se asoció la mejor forma de medir para el proyecto de tesis, destacándolo en rojo en la Figura 5.2. El valor de cada medición corresponde al promedio de las medidas recolectadas en cada punto del “*cluster*”. La razón de que sean 9m^2 es porque así se cubre la superficie de aproximadamente nueve longitudes de onda cuadradas. Si deben medir múltiples frecuencias en un mismo emplazamiento, el área de medición en agrupación se define como 9m^2 . Por otro lado, la altura de la antena receptora debe ser de 2m por sobre el nivel de la superficie.

Luego de recolectar los datos, comienza la etapa de análisis de datos, que se basa principalmente en la comparación de la potencia estimada por la variedad de modelos de propagación frente a las potencias obtenidas en las mediciones de campo.

5.2.3. Diagrama del procedimiento de medición

El siguiente diagrama de bloques (Figura 5.3) esquematiza el procedimiento de medición. Cabe señalar que las pruebas que permitieron definir la posición y orientación de la antena de la base fueron desarrolladas con anterioridad a la campaña de medición en propiedad, por lo que no forman parte del diagrama en cuestión.

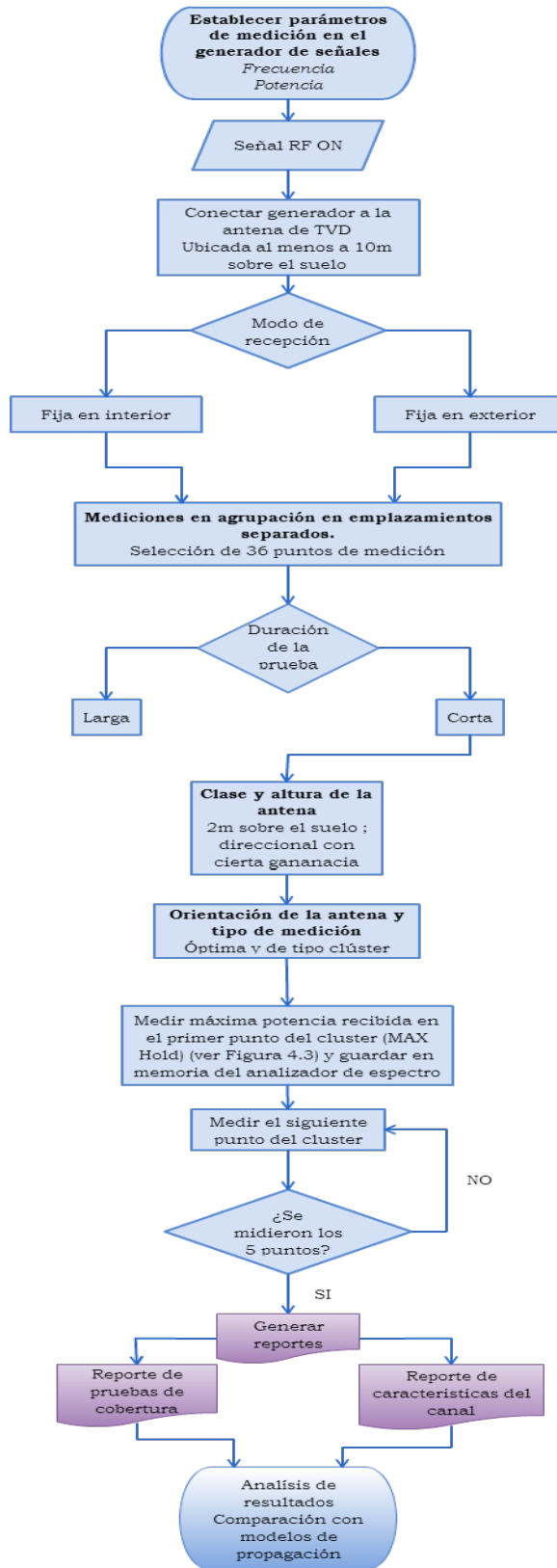


Figura 5.3. Diagrama medición.

Capítulo 6

Despliegue de datos

La cobertura del sistema de Televisión Digital Terrestre de la UDP se establece con la determinación de la intensidad de campo real medida desde varios puntos, en las cuales se obtiene una determinada calidad de recepción, dependiendo de la sensibilidad del receptor, del rendimiento de la antena y del ruido natural o artificial.

Para realizar las mediciones se debe seguir la metodología presentada en el Capítulo 5, la cual posee lo necesario para obtener mediciones empíricas robustas para el posterior análisis. Como resultado de las mediciones se logra una *data* extensa, de modo que se debe simplificar para lograr un estudio detallado del sistema final. A continuación, se define el tipo y modo de procesamiento de los datos y el desarrollo de visualización de cobertura del sistema de transmisión.

6.1. Mapas de calor

Para representar de manera visual las mediciones realizadas en las campañas, se utiliza la API (*Application Programming Interface*) de Google Maps en su versión “Maps Javascript API V3”. Esta interfaz permite hacer uso de funciones y herramientas ya existentes e integra distintos tipos de mapas, tales como: mapas básicos, con estilos, con edificios en 3D y planos para pisos de interiores. “Google Maps Javascript API” permite visualizar información georreferenciada (datos que incluyan latitud y longitud) en mapas persona-

Tabla 6.1. Tabla de datos para la georreferenciación de los datos medidos.

Variable	Unidad	Tipo
Punto	Numérico	Id_numérico
Latitud	Coordenada decimal	float
Longitud	Coordenada decimal	float
Magnitud	dBm	float
Friis	dBm	float
Error_Friis	%	float
Hata_Grande Ciudades (GC)	dBm	float
Error_Hata_GC	%	float
Hata_Pequeñas y Medianas Ciudades (PyM)	dBm	float
Error_Hata_PyM	%	float

lizados. El diseño de estos mapas es principalmente programado mediante JavaScript y se debe estar familiarizados con conceptos de programación orientados a objeto y por supuesto con Google Maps. Los mapas realizados en esta memoria son aplicaciones realizadas con HTML5 (*HyperText Markup Language, version 5*), por lo tanto, pueden ser representados en la mayoría de los navegadores actuales (se recomienda el uso de Google Chrome en su versión más reciente).

6.1.1. Variables para la visualización de mapas

Para la visualización de las potencias medidas en los puntos, se debe utilizar la latitud y longitud obtenida por el analizador de espectro en cada uno de los puntos medidos. Al código de la API se le agregan las coordenadas, todos los datos necesarios que se muestran en la tabla de variables (Tabla 6.1), de manera tal que los puntos se puedan convertir en un mapa de calor con despliegue de información.

Los atributos “Latitud” y “Longitud” son los más importantes para crear un ambiente geográfico, ya que con estos “Google Maps Javascript API” habilita una vista acorde a los puntos medidos.

Tabla 6.2. Tabla de datos para la georreferenciación de base transmisora.

Variable	Unidad	Tipo
Latitud	Coordenda decimal	float
Longitud	Coordenda decimal	float
Frecuencia	MHz	float
Potencia	dBm	float

Además de los puntos medidos se agregaron los datos de la base transmisora (ver Tabla 6.2). Se debe señalar que cada tabla de datos medidos corresponde a una campaña independiente una de otra, esto quiere decir, que los “*clusters*” medidos son de uso exclusivo.

6.1.2. Simbología del mapa

La representación de los puntos medidos del sistema radiante contiene distintos parámetros de visualización, los cuales simbolizan principalmente el área de cobertura e información relevante para el análisis. En la Figura 6.1 se puede observar un mapa ejemplo, formato que se utilizará en la extensión de esta memoria. Para esta versión de “*HeatMap*” se utilizaron círculos uniformes, que representan cada uno de los “*cluster*” medidos, donde además estos contienen información visual y escrita, especificada en las Tablas 6.1 y 6.2.

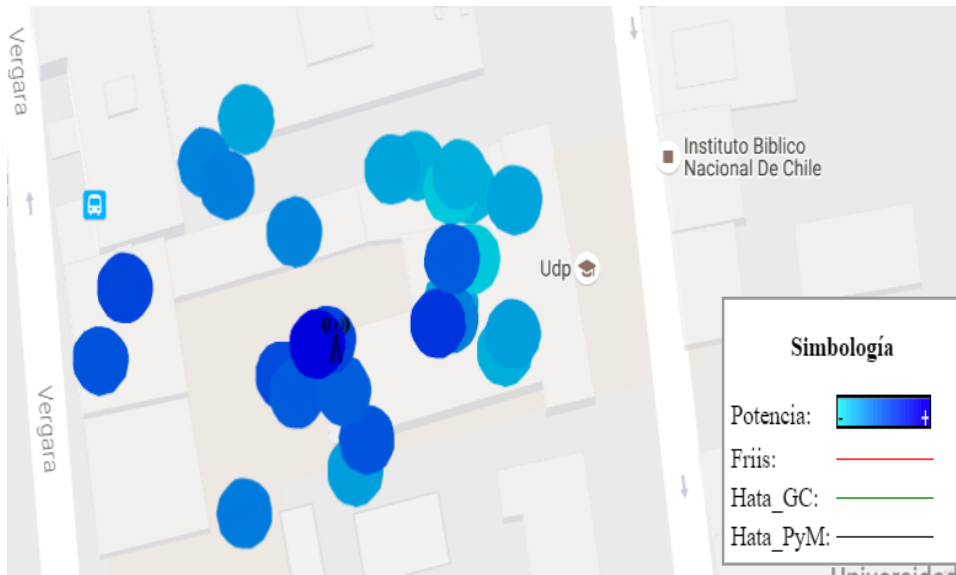


Figura 6.1. Mapa de calor.

Escala de colores

La representación de las potencia medidas recepcionadas en cada uno de los “cluster” es a través de un mosaico de azules (ver Figura 6.2), que se encuentran estandarizados de izquierda a derecha, de menos a más potencia correspondientemente. La asignación exacta basada en el modelo de color RGB (*Red, Green, Blue*) desde HTML, es la siguiente: menos potencia, “*rgb(0,200,220)*”; mayor potencia, “*rgb(0,0,220)*”; variando sólo el valor del color verde, disminuyéndolo a mayor potencia (desde 200 a 0) y aumentándolo a menor potencia (desde 0 a 200). El color rojo (R) no es requerido, ya que no interviene en el mosaico de azules de la Figura 6.2.



Figura 6.2. Escala de potencia representada con un mosaico de azules.

Área de medición de los puntos

Los círculos que se pueden observar en la Figura 6.1 corresponden a los emplazamiento de medición, donde cada uno de ellos es la base del promedio de las medidas recolectadas en cada “cluster”. La superficie medida corresponde a 9 m^2 , siendo igual a la superficie de aproximadamente nueve longitudes de

onda cuadrada. Es por lo anterior, que en la solución propuesta de la API de Google Maps, en el código Javascript el radio de cada uno de los círculos será de 4,5m.

Marker

Los marcadores a utilizar identifican una ubicación en el mapa. Se utilizó la imagen predeterminada (estándar) para los emplazamientos medidos, donde se le añadió información que se detalla en la Tabla 6.1 y se puede observar un ejemplo en la Figura C.20. Además de los marcadores utilizados en los puntos medidos, para diferenciar la base transmisora se añadió otro marcador (ver Figura 6.4).



Figura 6.3. Información desplegada en cada uno de los puntos medidos.

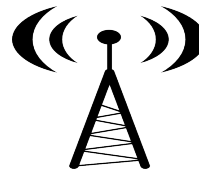


Figura 6.4. Marcador de la base transmisora.

Se debe señalar que los Marker se pueden retirar desde el mapa para observar de mejor manera la influencia de las potencia (colores) en los distintos lugares del mapa.

Modelos de propagación

Como se dijo en el Capítulo 5, una vez obtenidas las medidas empíricas, el rendimiento de estas serán evaluadas mediante los modelos de propagación adecuados para las características del entorno. Los modelos a utilizar serán: Friis y Hata. Bajo el desarrollo del mapa podrán ser evaluadas y observadas de manera tal que se lanzará un “radio mínimo de recepción”. Se debe evaluar a través de la recepción mínima predeterminada dictada por los estándares de receptores de señal digital (ver Tabla 8.1). Los radios de cobertura serán presentados, suponiendo que la ganancia de la antena transmisora es igual hacia todos los ángulos de transmisión. Por lo tanto, el círculo de influencia de recepción positiva será uniforme. A continuación se puede observar el radio de cobertura (en rojo) con recepción mínima de una señal digital (ver Figura 6.5), bajo condiciones de transmisión para una campaña de medición única. Los colores utilizados son rojo, verde y negro para los modelos de Friis, Hata para grandes ciudades y Hata para pequeñas y medianas ciudades respectivamente.

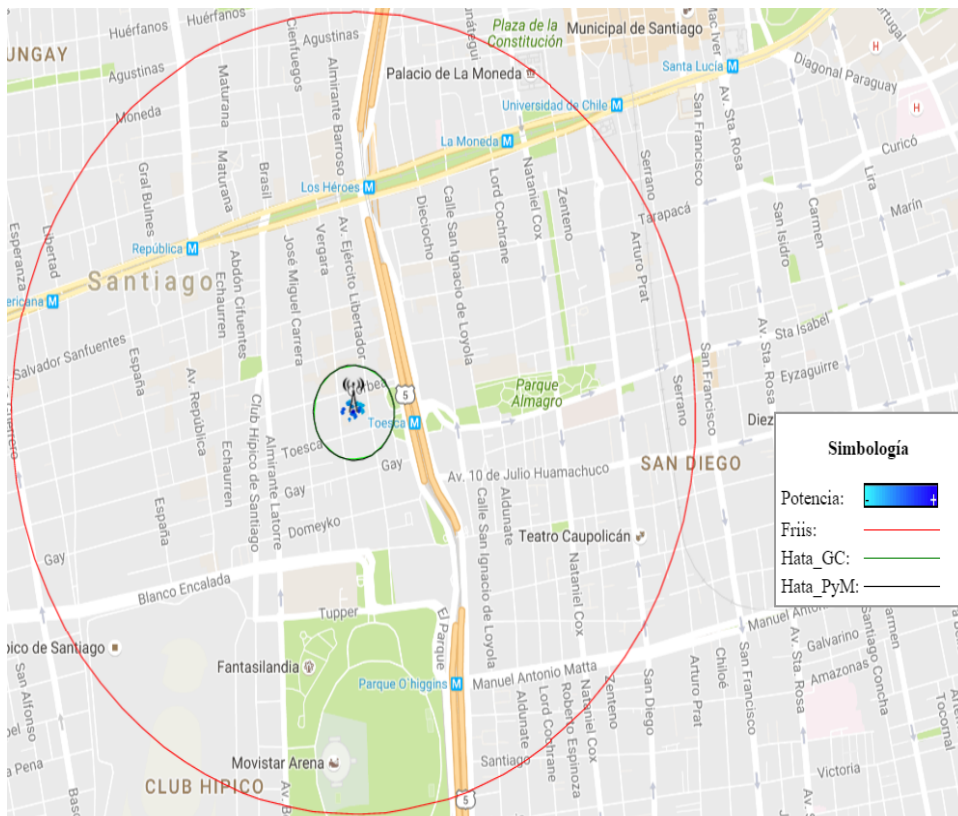


Figura 6.5. Mapa de calor con modelos de propagación.

6.2. Procesamiento automático de datos

El sistema encargado de la creación y despliegue de mapas de calor y reportes por campaña de medición es un software automatizado, que a través de funciones utiliza las mediciones empíricas para convertirlas en “*data*” resumida y precisa para el posterior análisis. El desarrollo del código se realizó de forma general mediante Python en su versión 2.7.8. Las vistas del sistema, especificaciones y requisitos se podrán observar en el Anexo C, permitiendo así examinarlo con un ejemplo concreto de visualización de datos. En la presente sección se extiende la explicación de la arquitectura de las clases utilizadas por el sistema, la manipulación y acumulación de elementos de datos para producir información significativa y concreta para el posterior análisis.

6.2.1. Procesamiento de la información

Origen

Como se dijo en los capítulos anteriores, la recopilación de datos se hará dependiendo de la prueba que se realice. Las pruebas de cobertura se realizaron con los equipos descritos en el Capítulo 4, donde específicamente el analizador de espectro *Rodhe & Schwarz*, modelo FSH4, es el encargado de reunir la “*data*” en los distintos *cluster* medidos. Los datos originales medidos desde la “máquina” se pueden observar de dos formas: visor del analizador (Figura 6.6) y la conversión del visor a texto plano (Figura 6.7). Para el correcto procesamiento de datos se utilizará la visualización de la medición en texto plano.

Entrada

Los datos recopilados son un conjunto de hechos, los cuales son parte de un suceso en el que existen diferentes variables de análisis. Es por esto que las líneas de datos deben tener congruencia y ausencia de ambigüedades. Es conveniente validar las propiedades mencionadas, ya que es más fácil clasificarlas mediante un patrón de procesamiento. Los datos observados en la Figura 6.7, son del tipo “*string*” debido que existen unidades de información numérica y no numérica. Posteriormente, en el procesamiento de los datos se obtendrán y transformarán los datos a variables del tipo “*int*” y “*float*” para el correcto funcionamiento del sistema.

DESPLIEGUE DE DATOS

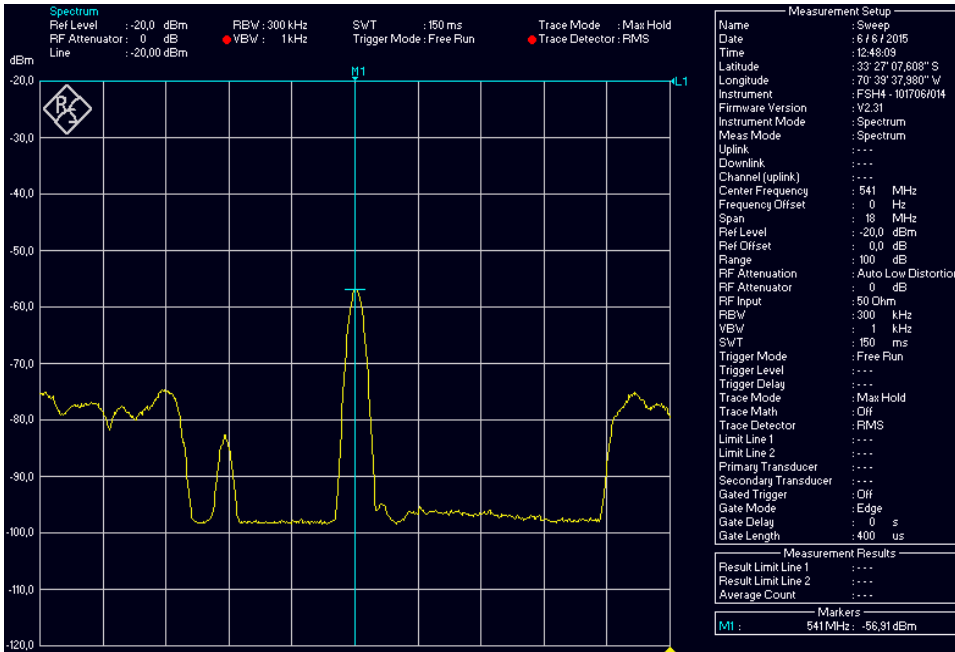


Figura 6.6. Medición realizada con analizador de espectro *Rodhe & Schwarz*, modelo FSH4.

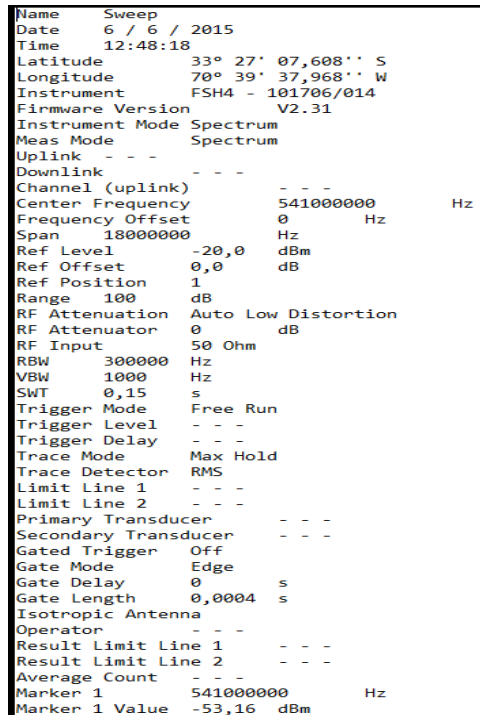


Figura 6.7. Medición realizada con analizador de espectro *Rodhe & Schwarz*, modelo FSH4 transformada a texto plano.

Procesamiento

Durante el proceso del sistema se ejecutarán funciones que convertirán la “*data*” en información significativa. El detalle de cada una será explicada en la Sección 6.2.2, donde se añaden los tipos de clase a utilizar por el sistema.

Salida

La recopilación de mediciones y resultados de estas son denominados como “Reporte final de la campaña de medición”. En estos se pueden observar de manera ordenada los datos de los *cluster* recolectados en la campaña. Además de los datos medidos, se puede observar el resultado de las funciones del procesamiento, destacando los errores promedios de los modelos de propagación, datos técnicos de la base transmisora y el rango de receptibilidad aceptable por punto medido. Con estos datos se podrá realizar un análisis del servicio o perceptibilidad del enlace analámbrico, precisando las condiciones del entorno y la calidad de recepción a partir de una base transmisora.

Además del “Reporte final de la campaña de medición”, el sistema entrega el mapa de calor mencionado en la Sección 6.1, en el cual los registros de potencias medidas son la principal variable de observación.

Almacenamiento

Los resultados de las funciones se almacenan de manera interna o local, para poder utilizarlos cuando se requieran. Cada vez que se genera una tabla de datos, por cada “*cluster*” medido se demonima “archivo de *cluster* medio”, el cual en su conjunto es una base de datos local. Las atributos de las clases se podrán observar en la siguiente sección.

6.2.2. Arquitectura

En la Figura 6.8 se expone un diagrama de estructura estática, que describe el sistema de procesamiento de datos, mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones y las relaciones existente entre ellas. Como se puede observar existen diferentes tipos de relaciones entre sus CLASES:

- Una CAMPAÑA de medición se compone de uno o muchos CLUSTER, donde se recomiendan 36 *cluster* como mínimo para generar un reporte claro (ver Capítulo 5).

- Una CAMPAÑA tiene una BASE. Para cada reporte se requiere una base transmisora, dado que los atributos de esta se utilizan para desplegar los resultados de los modelos de propagación (Friis y Hata). La finalidad de usar sólo una base transmisora es no generar ambigüedades en los resultados.
- Una CAMPAÑA tiene una RECEPCION. Las características de recepción (“magnitud min” y “magnitud max”) son únicas para cada campaña y se deben detallar al principio del ingreso de datos, ya que finalmente se utilizan en la resolución de resultados en los reportes.
- Una CAMPAÑA es realizado por un SISTEMA.
- Una BASE tiene uno o muchos CLUSTER. Como se dijo anteriormente se recomienda 36 *cluster* como mínimo por normativa.
- Finalmente, un CLUSTER tiene o requiere de cinco MEDICIONES para poder constituir una medición dada la normativa descrita en el Capítulo 5.

El sistema consta de múltiples operaciones necesarias para la generación de resultados. En el diagrama se puede observar el propósito de cada una de estas explícitamente, resultado así un diagrama carente de ambigüedades. Se debe destacar que la explicación del uso del sistema se hará en Anexo C de este documento.

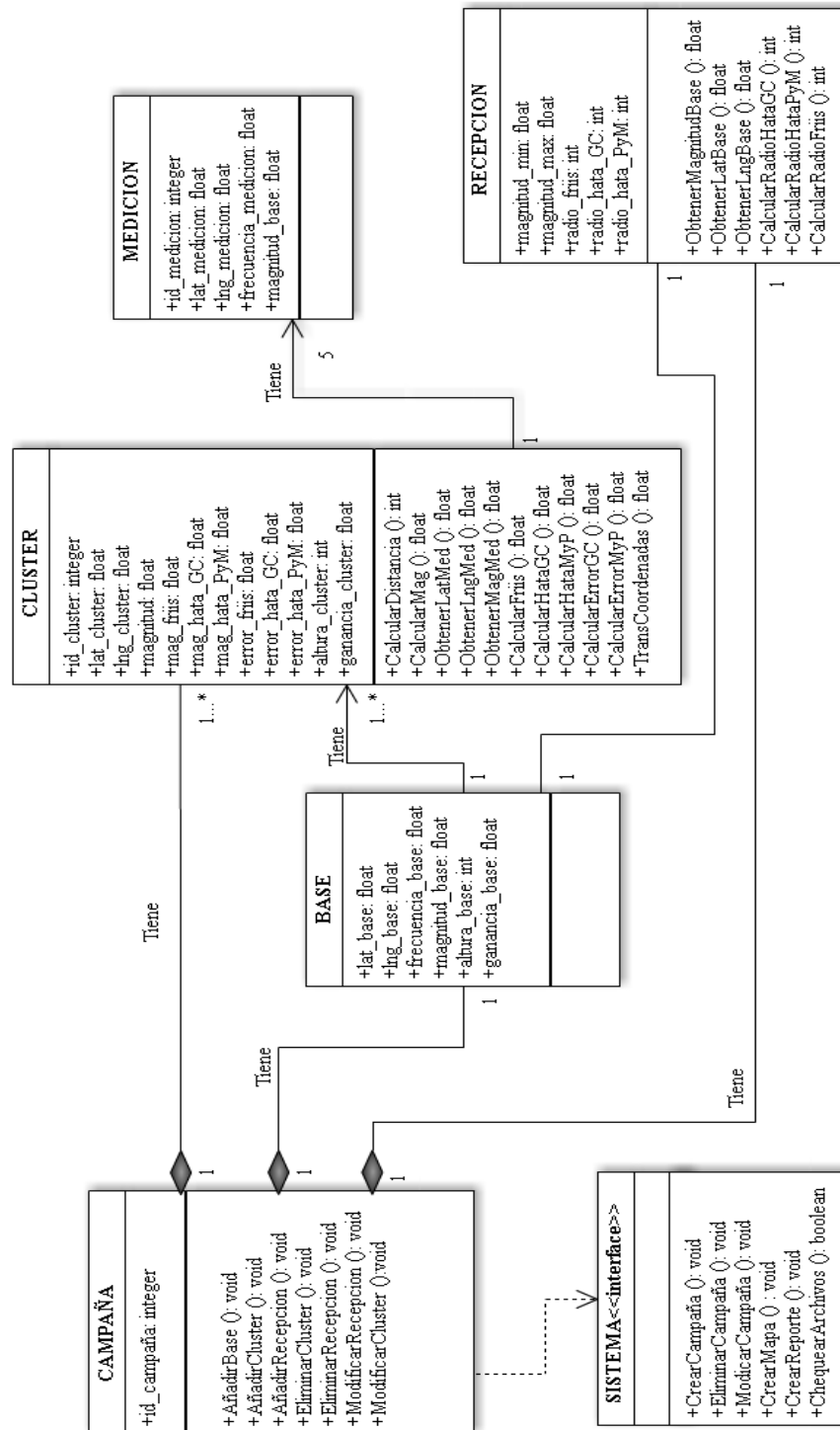


Figura 6.8. Diagrama de clases.

6.3. Normalización de base de datos

El sistema de despliegue de datos contiene un proceso de normalización de base de datos, donde se designa y aplica una serie de reglas a las relaciones del modelo presentado en la Figura 6.8. La razón es evitar redundancia de los datos, disminuir problemas de actualización de los datos en las tablas y proteger la integridad de los datos.

En el modelo identidad relación (Figura 6.8) cada tabla tiene su nombre, no existe en sus contenido dos filas iguales, ya que no se permiten duplicados y, por último, todos los datos en una columna deben ser del mismo tipo.

La normalización del sistema arrojó que todas las tablas contienen atributos atómicos (elementos del dominio son simples e indivisibles), todas contienen una clave primaria, la clave primaria no contiene atributos nulos, no existe variación en el número de columnas, los campos no se identifican por la clave y por último, existe una independencia del orden tanto de las filas como de las columnas, es decir, si los datos cambian de orden no deben cambiar sus significados. Con esto la tabla principal, que contiene la información de geolocalización cuenta con atributos (no claves) dependientes de una sola clave principal. Entonces una campaña de medición cuenta con uno o muchos “*cluster*”¹ y que a las vez tiene una base transmisora (BASE) y una base de recepción (RECEPCIÓN).

Tabla 6.3. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 1.

ID_cluster	Lat	Lng	Mag	Mag_Friis	Mag_Hata_GC
1	-33.4524	-70.6611	-69.8	-85.9	-42.4
2	-33.4526	-70.6615	-60.6	-99.2	-54.7
...

Tabla 6.4. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 2.

Mag_Hata_PyM	Ganancia	Altura	Error_Friis
-33.6	6.0	2	-23.1
-46.0	5.4	2	-63.7
...

¹Se recomiendan a lo menos 36 “*cluster*” para cumplir con la reglas de la metodología dispuestas en la Sección 5

Tabla 6.5. Ejemplo de tabla de CLUSTER normalizada. Parte 3.

Error_Hata_GC	Error_Hata_PyM
-39.3	-51.9
-9.7	-24.1
...	...

Como se dijo anteriormente una CAMPAÑA contiene una BASE y esta tiene uno o muchos CLUSTER, esta relación es muy importante, ya que en cada función operacional se hace uso de esta relación. Entonces la tabla BASE normalizada queda expresada en la Tabla 6.6.

Tabla 6.6. Ejemplo de tabla de BASE normalizada.

ID_campaña	Lat	Lng	Mag	Ganancia	Altura	Frec
1	-33.4526	-70.6610	7.17	7.1	15	539

Como una campaña tiene solo una base transmisora se utiliza la misma secuencia identificadora. De no ser así existiría redundancia en los conceptos de ejecución del sistema. Las características de los registros de los atributos son expuestos en la Sección 6.1, 6.1.1 de este Capítulo.

Una vez normalizada la base de datos se simplifican las funciones descritas en la Sección C.2.5. Por ejemplo, al subir la potencia de la campaña de medición, los puntos medidos elevan su potencia y se reestructuran los radios de cobertura gracias a las relaciones expuestas en la Figura 6.8.

Capítulo 7

Estudio de campo de cobertura para la campaña de medición I

Antes de comenzar cualquier tipo de análisis, se debe explicar que en la extensión de este capítulo se desarrollaron dos tipos de pruebas de cobertura. En la primera sección se estudiará el desempeño de la antena transmisora en tres ubicaciones distintas, recolectando datos para la posterior selección de la mejor ubicación de instalación. Además de ser útil para evaluar la ubicación final de la antena, se obtuvieron datos sobre el patrón de radiación de la antena transmisora y las características propias del terreno en el cual se instalará el sistema final.

En la segunda sección se estudiarán las pruebas de cobertura y recepción con una antena instalada definitivamente, gracias a la prueba anteriormente nombrada. Durante el desarrollo de la segunda prueba se podrá entregar un reporte claro sobre la propagación de la señal de RF, indicando características del terreno real y las condiciones de recepción en que la señal puede ser correctamente recibida y codificada eventualmente.



Figura 7.1. Lugares de instalación de antena.

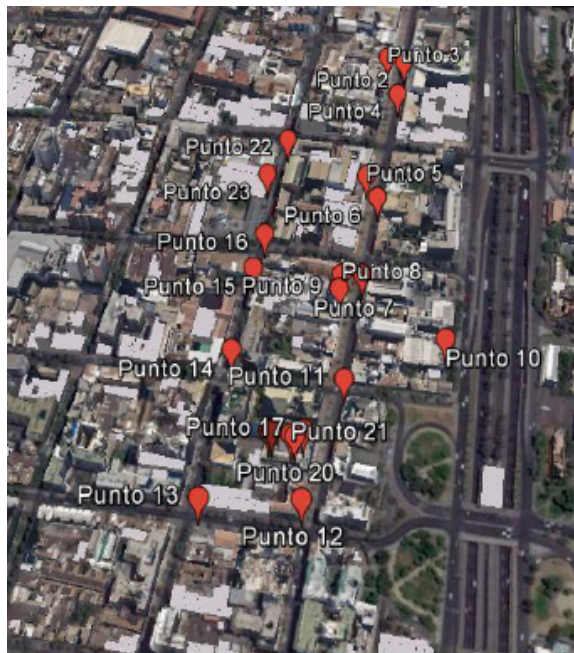


Figura 7.2. Puntos de instalación de antena receptora.

7.1. Lugar de instalación y elevación de la antena transmisora

Según la metodología nombrada en la Sección 5.1, se seleccionaron tres lugares para buscar el mejor lugar de instalación (Figura 7.1). Luego, se seleccionan y ubican puntos de medición para, posteriormente, analizar de manera concreta el terreno de propagación de la señal de RF (Figura 7.2).



Figura 7.3. Elevación seleccionada (Vista 1).



Figura 7.4. Elevación seleccionada (Vista 2).

Se estableció que una forma de dirigir la señal de RF sería apuntándola hacia los edificios en su planta inferior, provocando un efecto de encajonamiento de la señal por la Avda. Ejército Libertador. La selección del ángulo de elevación de la antena, es a través del promedio de todos los puntos medidos en cada ángulo de elevación para cada ubicación de instalación. Para las tres ubicaciones fue el ángulo número dos, equivalente a -25° , según la Figu-

ra 5.1. En las Figuras 7.3 y 7.4 se pueden apreciar las dos vistas principales de la elevación seleccionada.

La dirección y elevación de la antena no es debido a una casualidad, sino a una causalidad. El efecto que se produce por el encajonamiento de la señal gracias al apuntamiento, provoca una mayor recepción de potencia en el receptor móvil dentro del radio de cobertura. El encajonamiento se produce debido a la condiciones específicas del Barrio Universitario, las calles que forman un efecto de “cañón urbano” son esenciales para la transmisión en este tipo de entorno. Sin ir más lejos, la señal baja en el ángulo de elevación de 0° dada la difracción causada por los edificios, provocando un decaimiento de la señal en plantas inferiores.

7.1.1. Análisis experimental de la ubicación seleccionada de la base transmisora

Para implementar y evaluar el sistema real, fue necesario realizar las pruebas de calibración de ubicación de la antena transmisora, para así sacar el mejor provecho del conjunto de la antena y el entorno del sistema. Esto quiere decir, que con un mejor apuntamiento de la antena transmisora, la señal recibida se verá afectada en menor parte por las pérdidas de espacio libre, multitrayectorias y las obstrucciones existente en el transmisor y receptor. Entonces con este análisis se podrá obtener el mejor diseño del enlace final.

En la Tabla 7.1 se pueden observar los parámetros para realizar el enlace de radiofrecuencia.

Tabla 7.1. Parámetros del enlace para obtener la mejor elevación.

Parámetro	Valor
Frecuencia	541 MHz
Potencia transmitida	5,5 dBm
Spam (Analizador)	18 MHz
Ref Level	-20 dBm
Ganancia antena TX	7,1 dBi
Ganancia antena RX	5 dBi
Altura antena TX	20 metros
Altura Antena RX	2 metros

La representación del modelo de Friis se realizó con un factor de pérdidas por camino recorrido igual a dos (Ecuación 3.2), y para el modelo de Hata se utilizó como factor de corrección de altura de la antena receptora: la fórmula correspondiente a grandes ciudades, para frecuencias mayores a 300 MHz (Ec. 3.5, 3.3).

La selección del exponente de pérdida, corresponde en cierta medida a la búsqueda de un resultado que se asemeje más a un enlace “ideal”, según el error porcentual entre las potencias medidas y el modelo en sí. Es decir, los puntos de medición que se alejen más del punto teórico “ideal” correspondiente a su distancia, son los que se descartan en el análisis. Por lo tanto, en los análisis de las tres ubicaciones se busca el error porcentual menor para el modelo de Friis.

Resultados Ubicación 1

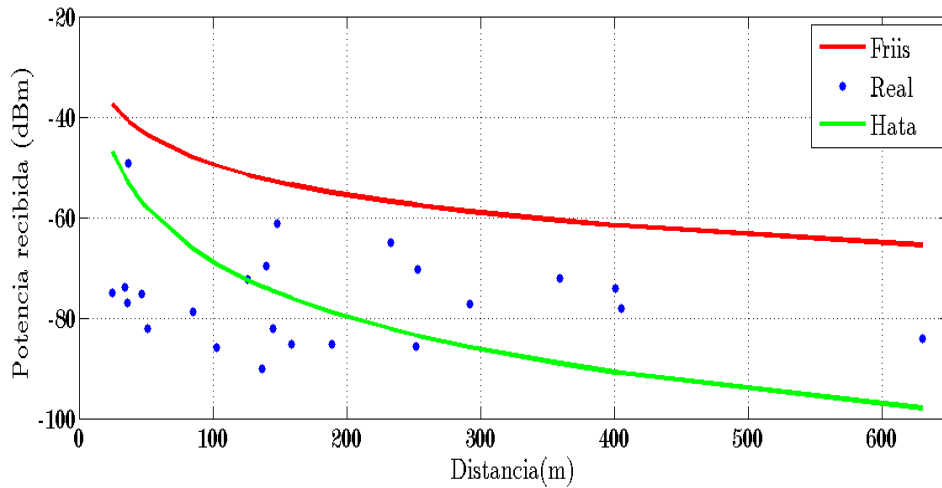


Figura 7.5. Pérdidas Ubicación 1 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata para grandes ciudades.

ESTUDIO DE CAMPO DE COBERTURA

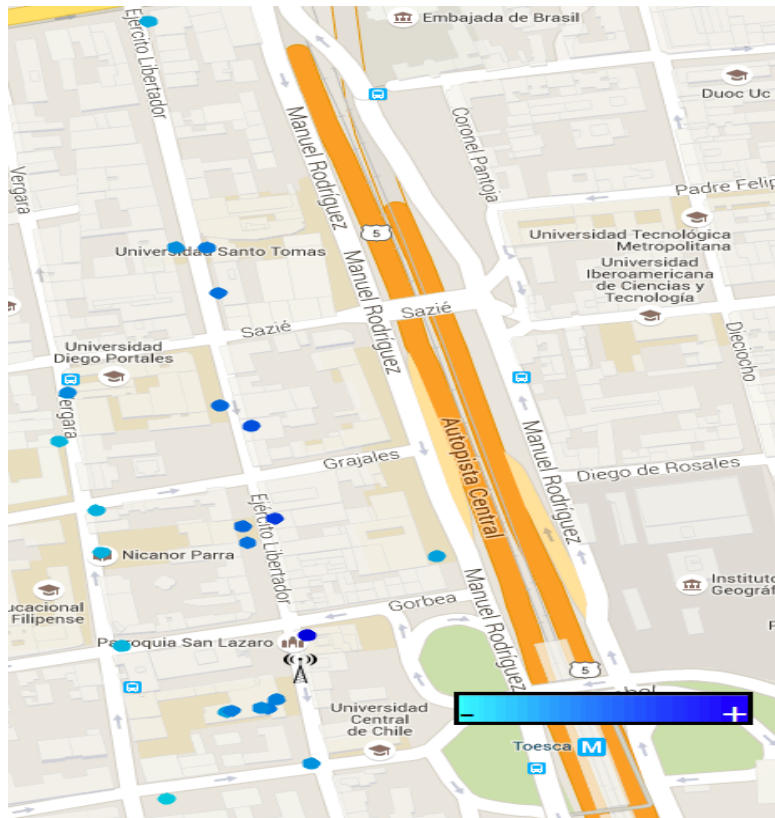


Figura 7.6. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 1.

Tabla 7.2. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades) respecto a las mediciones reales, ubicación 1.

Punto	d(m)	Pr (dBm)			Error (%)	
		Real	Friis	Hata	Friis	Hata
1	630	-84,1	-65,5	-109,2	-28,4	-23,0
2	401	-74,1	-61,6	-102,1	-20,3	-27,4
3	405	-78	-61,7	-102,3	-26,5	-23,7
4	359	-72,2	-60,6	-100,3	-19,1	-28,1
5	253	-70,3	-57,6	-94,8	-22,1	-25,9
6	233	-65	-56,9	-93,5	-14,3	-30,5
7	148	-61,3	-52,9	-86,4	-15,8	-29,0
8	140	-69,7	-52,4	-85,5	-32,9	-18,5
9	126	-72,3	-51,5	-83,8	-40,3	-13,7
10	51	-82,2	-43,7	-69,5	-88,3	-18,2
11	37	-49,2	-40,9	-64,4	-20,4	-23,7
12	85	-78,7	-48,1	-77,6	-63,6	-1,4
13	137	-90,1	-52,2	-85,1	-72,5	-5,8
14	103	-85,8	-49,8	-80,6	-72,4	-6,4
15	189	-85,3	-55,0	-90,2	-55,0	-5,4
16	159	-85,3	-53,5	-87,5	-59,3	-2,5
17	25	-75	-37,5	-58,3	-100,2	-28,7
18	145	-82,2	-52,7	-86,0	-55,9	-4,4
19	47	-75,3	-43,0	-68,2	-75,3	-10,4
20	34	-73,9	-40,1	-63,1	-84,1	-17,1
21	36	-77,1	-40,6	-64,0	-89,7	-20,4
22	292	-77,2	-58,8	-97,1	-31,3	-20,5
23	252	-85,7	-57,5	-94,8	-49,0	-9,6
Error Promedio					-49,4	-17,1

Resultados Ubicación 2

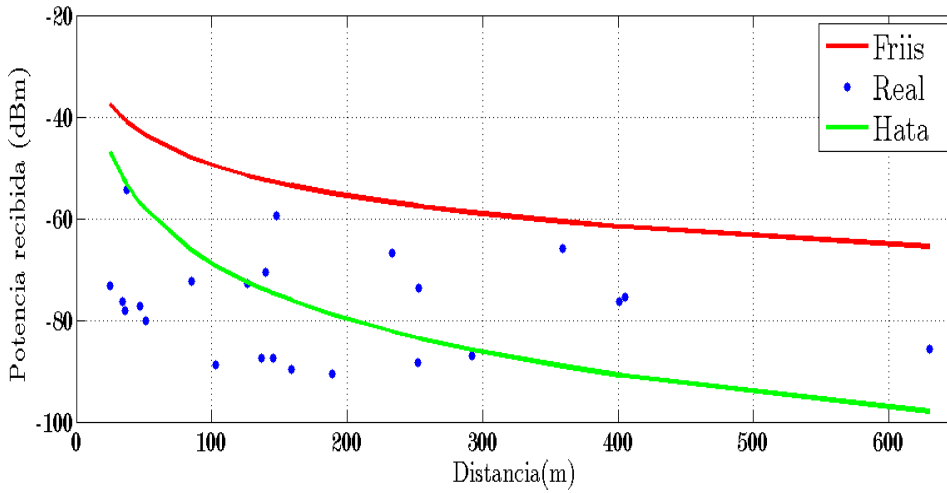


Figura 7.7. Pérdidas Ubicación 2 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades).

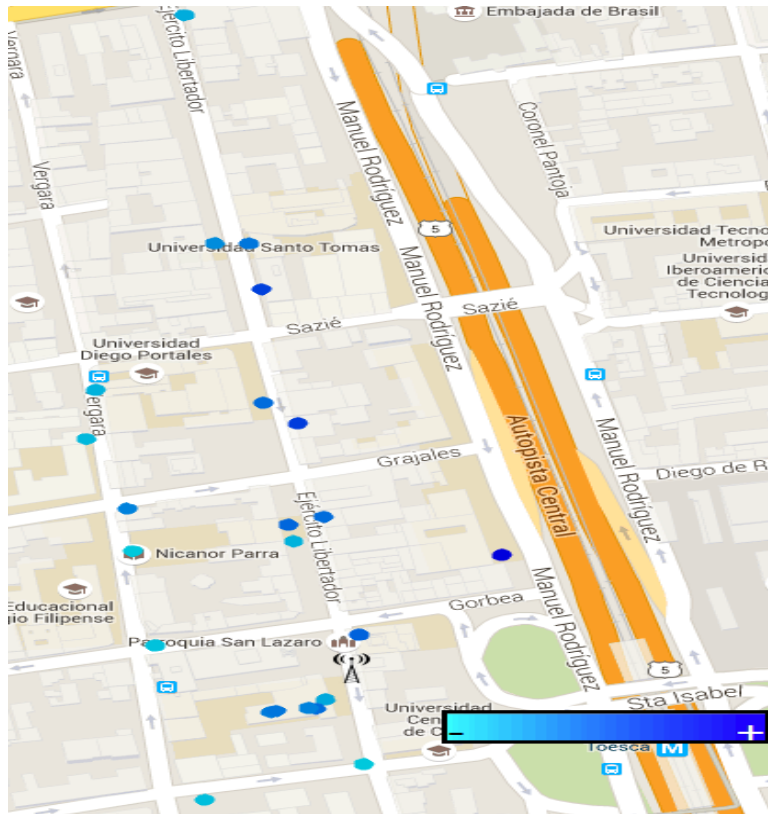


Figura 7.8. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 2.

Tabla 7.3. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades) respecto a las mediciones reales, ubicación 2.

Punto	d(m)	Pr (dBm)			Error (%)	
		Real	Friis	Hata	Friis	Hata
1	630	-85,7	-65,5	-109,2	-30,8	-21,5
2	401	-76,3	-61,6	-102,1	-23,9	-19,9
3	405	-80,1	-61,7	-102,3	-29,9	-21,7
4	359	-65,8	-60,6	-100,3	-8,6	-34,4
5	253	-73,7	-57,6	-94,8	-28,0	-22,3
6	233	-68,7	-56,9	-93,5	-20,8	-26,5
7	148	-65,5	-52,9	-86,4	-23,8	-24,1
8	140	-73,6	-52,4	-85,5	-40,4	-13,9
9	126	-72,8	-51,5	-83,8	-41,3	-13,1
10	51	-87,5	-43,7	-69,5	-100,4	-1,7
11	37	-54,4	-40,9	-64,4	-33,1	-15,6
12	85	-72,3	-48,1	-77,6	-50,3	-6,8
13	137	-91,4	-52,2	-85,1	-75,0	-7,4
14	103	-88,7	-49,8	-80,6	-78,2	-10,0
15	189	-89,6	-55,0	-90,2	-62,8	-2,4
16	159	-90,6	-53,5	-87,5	-69,2	-0,4
17	25	-78,3	-37,5	-58,3	-109,0	-34,4
18	145	-85	-52,7	-86,0	-61,2	-22,3
19	47	-77,3	-43,0	-68,2	-80,0	-13,3
20	34	-76,4	-40,1	-63,1	-90,3	-21,1
21	36	-78,2	-40,6	-64,0	-92,4	-22,2
22	292	-87	-58,8	-97,1	-47,9	-10,4
23	252	-88,4	-57,5	-94,8	-53,6	-6,7
Error Promedio					-54,4	-16,2

Resultados Ubicación 3

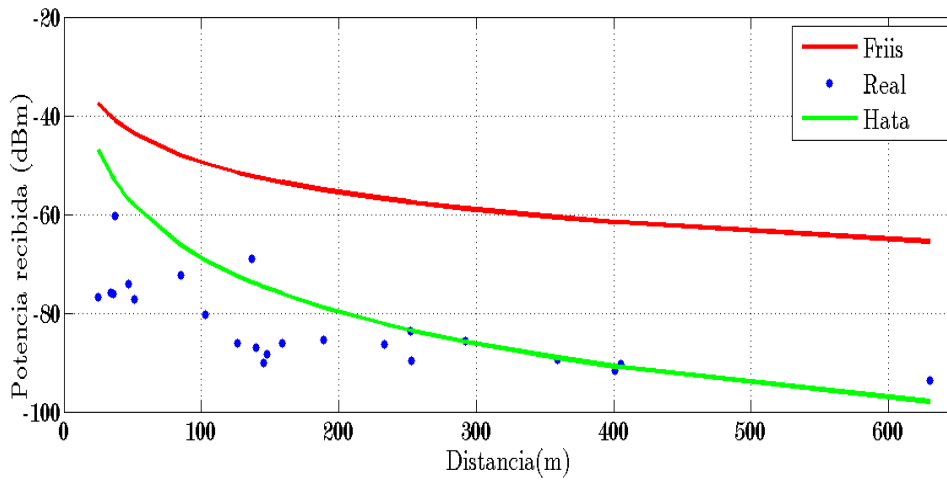


Figura 7.9. Pérdidas Ubicación 3 y las estimaciones por los modelos de Friis y Hata (para grandes ciudades).

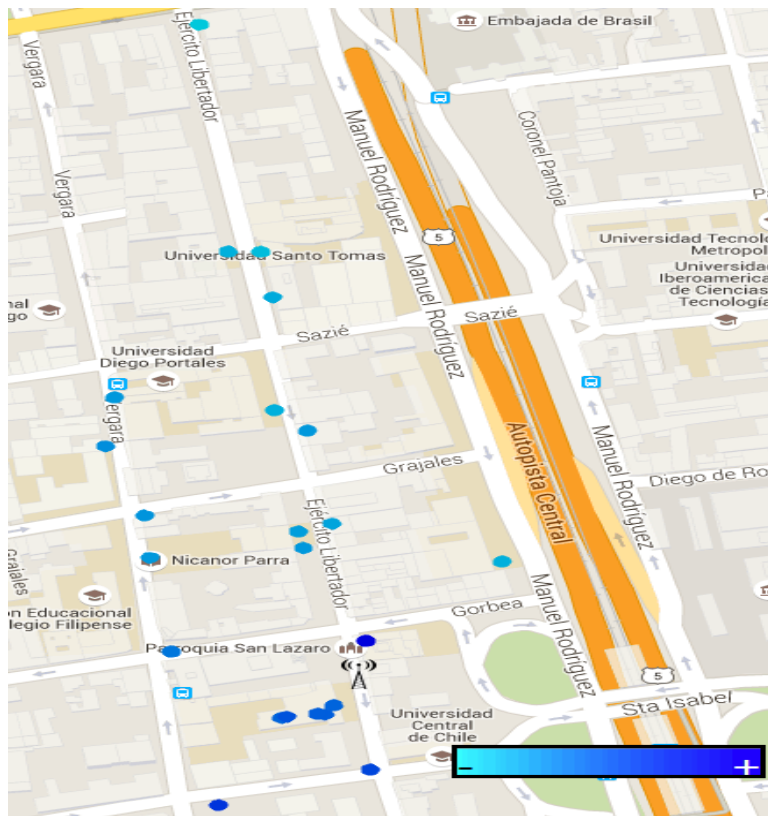


Figura 7.10. Mapa de calor de potencia recibida en la Ubicación 3.

Tabla 7.4. Potencias obtenidas por los modelos de Friis y Hata respecto a las mediciones reales, ubicación 3.

Punto	d(m)	Pr (dBm)			Error (%)	
		Real	Friis	Hata	Friis	Hata
1	630	-93,6	-65,5	-109,2	-42,9	-14,3
2	401	-91,7	-61,6	-102,1	-48,9	-10,2
3	405	-90,3	-61,7	-102,3	-46,5	-11,7
4	359	-89,4	-60,6	-100,3	-47,5	-10,9
5	253	-89,7	-57,6	-94,8	-55,8	-5,4
6	233	-86,4	-56,9	-93,5	-52,0	-7,6
7	148	-88,4	-52,9	-86,4	-67,1	-2,4
8	140	-86,9	-52,4	-85,5	-65,7	-1,7
9	126	-86,2	-51,5	-83,8	-67,3	-2,9
10	51	-90,1	-43,7	-69,5	-106,4	-29,6
11	37	-60,4	-40,9	-64,4	-47,8	-6,3
12	85	-72,3	-48,1	-77,6	-50,3	-6,8
13	137	-68,9	-52,2	-85,1	-31,9	-19,1
14	103	-80,4	-49,8	-80,6	-61,6	-0,3
15	189	-86,1	-55,0	-90,2	-56,4	-4,6
16	159	-85,4	-53,5	-87,5	-59,5	-2,4
17	25	-76,8	-37,5	-58,3	-105,0	-31,8
18	145	-77,3	-52,7	-86,0	-46,6	-10,1
19	47	-74,1	-43,0	-68,2	-72,5	-8,6
20	34	-75,9	-40,1	-63,1	-89,1	-20,3
21	36	-76,1	-40,6	-64,0	-87,3	-18,9
22	292	-85,7	-58,8	-97,1	-45,7	-11,7
23	252	-83,7	-57,5	-94,8	-45,5	-11,7
Error Promedio					-60,8	-10,8

Resultados finales para la ubicación de la antena

Se debe considerar que las mediciones se realizaron en un 74 % en el exterior, y dadas las características del entorno se espera que se generen multitrayectorias (reflexión) y una alta pérdida por obstrucciones (reflexión, dispersión y difracción), creando en mucho de los puntos medidos una mala calidad de la señal. Por otro lado, la cantidad de emplazamientos (puntos) está den-

tro de lo permitido por la UIT [28]. Por ende, las mediciones de carácter exploratorio son válidas para determinar la mejor orientación de la antena base, dentro de las opciones analizadas dado los resultados obtenidos desde las comparaciones con los resultados teóricos, visualización de gráficos y, por último, los mapa de calor de potencia de recibida.

Como se dijo anteriormente, la ubicación que indique el menor índice de error respecto a Friis, obtiene créditos para ser la seleccionada. En este caso, fue la Ubicación 1 la que obtuvo el mejor desempeño con un porcentaje igual a $-49,4\%$ (ver Tablas 7.2, 7.3 y 7.4).

Para observar la ubicación con mejor rendimiento, comparada con el modelo de Hata, es necesario apreciar las Figuras 7.6, 7.8 y 7.10 donde la seleccionada será la que obtenga más puntos de medición por sobre la curva de atenuación del modelo. En este caso la que presentó mejor desempeño fue la Ubicación 1, dado que presenta 11 puntos de medición por sobre la curva. Si bien las otras ubicaciones obtienen mejor error porcentual en el modelo de Hata, los puntos medidos se acercan a la curva por debajo de esta. Entonces, los puntos medidos representan una recepción menor a la mediana esperable en un entorno urbano si se encuentran por debajo de la curva de Hata.

Los tres mapas de calor mantienen alguna ganancia por sobre su similar, pero el que tiene mayor cantidad de puntos cercanos al azul es nuevamente la Ubicación 1. La Ubicación 3, por otro lado, mantiene una pérdida de señal mayor constante por la calle Ejército a comparación de las otras Ubicaciones, ya que la señal de esta se ve perjudicada de mayor manera por la obstrucción de los edificios del sector. Finalmente, gracias a su mejor desempeño en el medio, se establece que será la Ubicación 1 la seleccionada para continuar con la campaña de medición y la implementación final (ver Figura 7.3).

7.2. Campaña de cobertura para la implementación final

7.2.1. Condiciones de recepción

Para implementar un sistema de Televisión Digital se debe tomar en cuenta la zona de operación del receptor. En la mayoría de los *set-top box* comerciales la sensibilidad, utilizando 64QAM¹, es aproximadamente -71 dBm [19].

¹64QAM (*Quadrature Amplitud Modulation*): Es una modulación de fase y amplitud de la señal sinusoidal que consta de 64 símbolos donde cada uno representa 6 bits de información [7].

La Subtel entrega especificaciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital Terrestre, basándose en las normativas de Japón ARIB STD-B21 versión 4.6 [29]. Uno de los parámetros especificados, es la unidad de recepción de los 13 segmentos de la norma ISDB-T (Tabla 8.1), la que indica el nivel máximo y mínimo de recepción (sensibilidad).

Tabla 7.5. Rango de recepción de los equipos receptores.
Fuente: Estándar de receptores de señal digital ARIB, 2007 [29].

Nivel	Potencia
Entrada Mínima	-75 dBm o inferior
Entrada Máxima	-20 dBm o superior

Bajo las condiciones anteriores y las de configuración de la señal de RF, en esta sección se podrán observar las mediciones de pruebas de cobertura realizadas en el entorno de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales.

7.2.2. Análisis de la campaña de cobertura final

En esta campaña de medición se utilizaron los parámetros expuestos en la Tabla 7.6. Se destaca la potencia de transmisión, ya que para esta prueba de cobertura se utilizó más potencia, comparada con la campaña realizada para designar la ubicación de la antena (Tabla 7.1). La razón de este incremento de potencia es porque al cubrir mayor superficie con los desplazamiento, las mediciones podrían caer en el piso de ruido del analizador de espectro (Figura 4.4).

Los puntos medidos corresponden a los de la Figura A.1 y serán expuestos en el Anexo A, con sus respectivos *tags* de ubicación (*Indoor-Outdoor*) y su georreferenciación adecuada para establecer el mapa de potencia. Finalmente, se entrega la potencia medida promedio del *cluster* por cada uno de los puntos de medición.

Tabla 7.6. Parámetros pruebas de cobertura

Parámetro	Valor
Frecuencia	541 MHz
Potencia transmitida	16,8 dBm
Spam (Analizador)	18 MHz
Ref Level	-20 dBm
Ganancia antena TX	7,1 dBi
Ganancia antena RX	5 dBi
Altura antena TX	15 metros
Altura Antena RX	2 metros
RBW	300 kHz

Análisis experimental comparativo con el modelo de Friis

En esta sección se presenta en modo referencial el modelo de Friis, para comparar sus estimaciones con las mediciones obtenidas en campo y evaluar su comportamiento. La Figura 7.13 muestra una gráfica de la pérdida de trayectoria, en función de la distancia bajo la consideración del exponente de pérdida igual a dos.

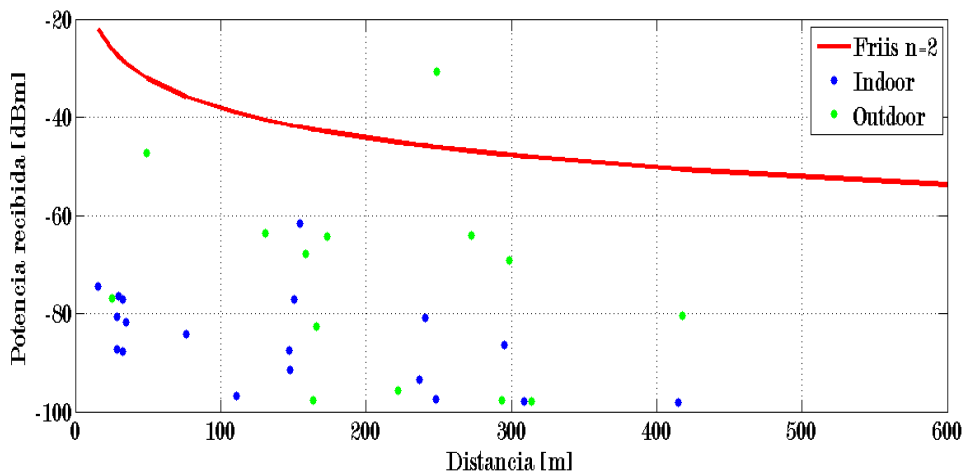
**Figura 7.11.** Pérdidas medidas y las estimaciones del modelo de Friis (con $n=2$).

Tabla 7.7. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones *indoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 3	415,1	-98,2	-50,6	-94,1
Punto 9	236,5	-93,4	-45,7	-104,5
Punto 10	295,2	-86,3	-47,6	-81,2
Punto 11	240,7	-80,9	-45,8	-76,5
Punto 13	154,3	-61,6	-42,0	-46,7
Punto 15	146,9	-87,6	-41,5	-110,9
Punto 17	150,7	-77,1	-41,8	-84,7
Punto 18	110,7	-96,8	-39,1	-147,5
Punto 19	147,8	-91,6	-41,6	-120,1
Punto 22	248	-97,5	-46,1	-111,6
Punto 27	308,8	-97,9	-48,0	-104,0
Punto 29	76	-84,3	-35,8	-135,3
Punto 31	35,1	-81,7	-29,1	-180,6
Punto 32	28,8	-87,3	-27,4	-218,7
Punto 33	28,8	-80,6	-27,4	-194,2
Punto 34	32,4	-77,1	-28,4	-171,2
Punto 35	30	-76,4	-27,8	-175,4
Punto 36	15,8	-74,4	-22,2	-235,5
Punto 37	32,6	-87,8	-28,5	-208,4
Error Promedio				-136,9

Como se puede apreciar, la comparación con el modelo de espacio libre provoca un porcentaje de error alto en los resultados promedio. Por lo tanto, se puede decir que el Barrio Universitario presenta un comportamiento mucho más alejado del espacio libre debido a las obstrucciones de mayor dificultad para la propagación, como es la presencia de edificios de mediana altura. En la Figura 7.11 se demuestra que las mediciones “*outdoor*” presentan un mayor nivel de acercamiento a la curva de Friis, ya que existe un grado de LOS entre en transmisor y receptor o la señal es más potente gracias al encajonamiento provocado. Existe un punto que sobrepasa a la propagación de espacio libre, debido a que presenta características en terreno sin obstrucciones de ningún tipo en la transmisión.

Tabla 7.8. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones *outdoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 1	609,5	-80,7	-53,9	-49,7
Punto 2	417,8	-80,4	-50,6	-58,8
Punto 4	298,8	-69,2	-47,7	-45,0
Punto 6	272,4	-64,0	-46,9	-36,3
Punto 8	248,5	-30,7	-46,1	-33,3
Punto 12	173,2	-64,4	-43,0	-49,8
Punto 14	158,3	-67,9	-42,2	-60,9
Punto 16	130,7	-63,7	-40,5	-57,2
Punto 20	49,3	-47,2	-32,1	-47,2
Punto 21	222,1	-95,7	-45,1	-112,0
Punto 23	163,5	-97,7	-47,6	-105,5
Punto 24	293,5	-97,7	-42,5	-130,0
Punto 26	314	-98,0	-48,1	-103,5
Punto 28	165,8	-82,6	-42,6	-93,9
Punto 30	25	-76,8	-26,2	-193,7
Error promedio				-78,5

Análisis experimental comparativo con el modelo de Hata

El modelo de espacio libre considera condiciones ideales para la propagación, por lo que es comprensible el nivel de error al ser comparadas con mediciones reales. Por otro lado, el modelo de Hata (para grandes ciudades) se utiliza bastante para calcular la pérdida por trayectoria, debido que este es un modelo de base empírica que añade factores adicionales para introducir efectos reales como el tamaño de la ciudad o el grado de urbanización. Es por lo anterior que se debe comparar este modelo con las medidas reales, para así visualizar cual factor de corrección es el indicado para el Barrio Universitario ².

²Se utiliza el modelo de Hata con la corrección de altura de la antena receptora para grandes ciudades (U), suburbano (S) y para pequeñas y medianas ciudades (PyM).

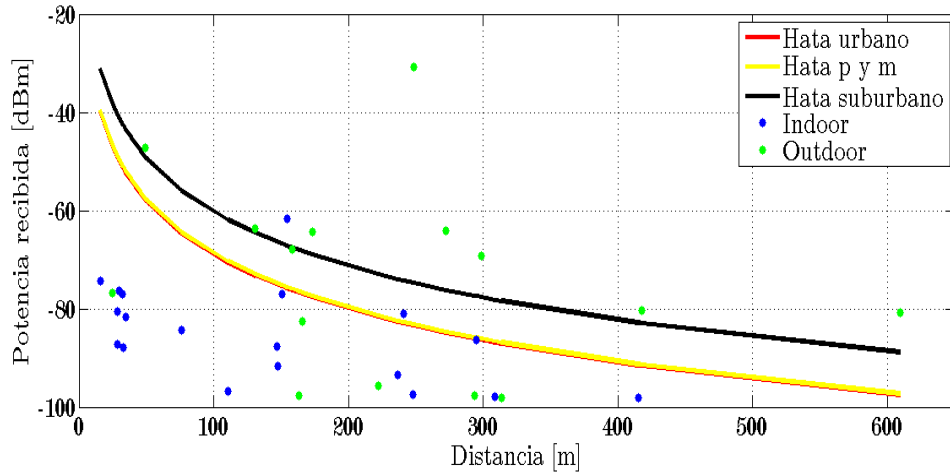


Figura 7.12. Pérdidas medidas y las estimaciones por el modelo Hata.

Tabla 7.9. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para las mediciones *outdoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)				Error (%)		
		Real	Hata			Hata		
			U	S	PyM	U	S	PyM
Punto 1	609,5	-80,7	-97,6	-97,3	-88,9	-17,3	-17,1	-9,2
Punto 2	417,8	-80,4	-91,6	-91,3	-82,9	-12,2	-12,0	-3,0
Punto 4	298,8	-69,2	-86,3	-86,0	-77,6	-19,9	-19,6	-10,9
Punto 6	272,4	-64,0	-84,8	-84,6	-76,1	-24,6	-24,4	-16,0
Punto 8	248,5	-30,7	-83,4	-83,1	-74,7	-63,1	-63,0	-58,8
Punto 12	173,2	-64,4	-77,7	-77,4	-69,0	-17,1	-16,9	-6,7
Punto 14	158,3	-67,9	-76,3	-76,0	-67,6	-11,0	-10,6	-0,5
Punto 16	130,7	-63,7	-73,2	-73,0	-64,5	-13,0	-12,7	-1,2
Punto 20	49,3	-47,2	-57,8	-57,6	-49,1	-18,4	-18,0	-3,9
Punto 21	222,1	-95,7	-81,6	-81,3	-72,9	-17,2	-17,6	-31,2
Punto 23	163,5	-97,7	-76,8	-76,5	-68,1	-27,3	-27,7	-43,5
Punto 24	293,5	-97,7	-86,0	-85,8	-77,3	-13,6	-13,9	-26,4
Punto 26	314	-98,0	-87,1	-86,8	-78,4	-12,5	-12,9	-25,0
Punto 28	165,8	-82,6	-77,0	-76,7	-68,3	-7,2	-7,6	-20,9
Punto 30	25	-76,8	-47,1	-46,8	-38,4	-63,1	-64,1	-100,1
Error Promedio						-22,5	-22,5	-23,8

Tabla 7.10. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para las mediciones *indoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)				Error (%)			
		Real	U	S	PyM	U	S	PyM	
Punto 3	415,1	-98,2	-91,5	-91,2	-82,8	-7,3	-7,6	-18,6	
Punto 9	236,5	-93,4	-82,6	-82,3	-73,9	-13,1	-13,5	-26,4	
Punto 10	295,2	-86,3	-86,1	-85,8	-77,4	-0,2	-0,5	-11,4	
Punto 11	240,7	-80,9	-82,9	-82,6	-74,2	-2,4	-2,1	-9,0	
Punto 13	154,3	-61,6	-75,9	-75,6	-67,2	-18,9	-18,6	-8,3	
Punto 15	146,9	-87,6	-75,1	-74,8	-66,4	-16,7	-17,1	-32,0	
Punto 17	150,7	-77,1	-75,5	-75,2	-66,8	-2,2	-2,5	-15,5	
Punto 18	110,7	-96,8	-70,6	-70,3	-61,9	-37,0	-37,5	-56,3	
Punto 19	147,8	-91,6	-75,2	-74,9	-66,5	-21,8	-22,2	-37,7	
Punto 22	248	-97,5	-83,4	-83,1	-74,7	-17,0	-17,4	-30,7	
Punto 27	308,8	-97,9	-86,8	-86,6	-78,1	-12,8	-13,1	-25,3	
Punto 29	76	-84,3	-64,7	-64,4	-56,0	-30,3	-30,9	-50,6	
Punto 31	35,1	-81,7	-52,5	-52,2	-43,8	-55,7	-56,5	-86,7	
Punto 32	28,8	-87,3	-49,3	-49,1	-40,6	-76,9	-77,9	-114,8	
Punto 33	28,8	-80,6	-49,3	-49,1	-40,6	-63,3	-64,2	-98,3	
Punto 34	32,4	-77,1	-51,2	-50,9	-42,5	-50,5	-51,3	-81,4	
Punto 35	30	-76,4	-50,0	-49,7	-41,3	-52,9	-53,7	-85,2	
Punto 36	15,8	-74,4	-39,9	-39,6	-31,2	-86,7	-88,0	-138,9	
Punto 37	32,6	-87,8	-51,3	-51,0	-42,6	-71,2	-72,1	-106,1	
Error Promedio						-33,5	-34,0	-54,4	

A partir de las Tablas 7.9, 7.10 se puede inferir que, considerando los resultados de error promedio, el modelo de Hata con correcciones para una “área Urbana” presenta mejor rendimiento para las mediciones de campo con un error de $-22,5\%$. El porcentaje anterior corresponde a las mediciones “*outdoor*” como era de esperar, ya que el modelo presenta condiciones al parecer para exteriores y no para interiores. Esto es común debido a que en interior existen otros factores que no se toman en cuenta, como el ancho de los muros, el número de muros atravesados o el material penetrado.

También se puede inferir que para el modelo de propagación el Barrio Universitario como conjunto se puede catalogar como una ciudad urbana,

zona que presenta edificios de altura mayores a diez metros y diversos dispersores que hacen que una señal en este entorno tenga un desvanecimiento claro.

Finalmente, se observa que el error porcentual que identifica el entorno medido “*indoor*” es tan sólo 0,5% menor que la corrección de altura para pequeñas y medianas ciudades, y 0% para áreas urbanas “*outdoor*”, esto es por que el entorno está en el límite dado las alturas de los edificios.

Análisis experimental comparativo con el modelo de Friis (n=3)

En esta sección se adapta el exponente de pérdida por camino recorrido a las mediciones reales, tal que se obtenga el menor error promedio posible. Para este caso se obtuvo el exponente igual a tres, lo cual mediante la Tabla 8.9 se puede homologar a la zona, como una zona de sombra urbana. De igual forma se observa una diferencia de promedios de errores en las mediciones “*indoor*” y “*outdoor*” que plantean la diferencia de condiciones del entorno para ambos tipo de mediciones.

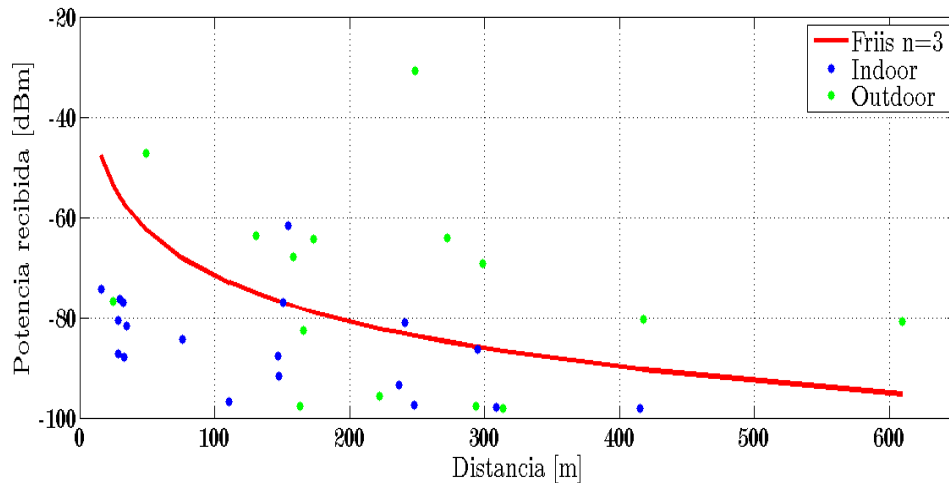


Figura 7.13. Pérdidas medidas y las estimaciones por el modelo de Friis con n=3.

Tabla 7.11. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones *indoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error (%)
		Real	N=3	N=3
Punto 3	415,1	-98,2	-78,3	-25,3
Punto 9	236,5	-93,4	-76,9	-21,6
Punto 10	295,2	-86,3	-77,7	-10,9
Punto 11	240,7	-80,9	-77,1	-4,9
Punto 13	154,3	-61,6	-76,8	-19,8
Punto 15	146,9	-87,6	-68,2	-28,5
Punto 17	150,7	-77,1	-75,2	-2,5
Punto 18	110,7	-96,8	-62,5	-54,7
Punto 19	147,8	-91,6	-73,1	-25,3
Punto 22	248	-97,5	-77,4	-26,0
Punto 27	308,8	-97,9	-78,2	-25,2
Punto 29	76	-84,3	-58,1	-45,1
Punto 31	35,1	-81,7	-57,2	-42,9
Punto 32	28,8	-87,3	-53,7	-62,6
Punto 33	28,8	-80,6	-55,5	-45,1
Punto 34	32,4	-77,1	-56,1	-37,5
Punto 35	30	-76,4	-55,5	-37,6
Punto 36	15,8	-74,4	-47,7	-55,9
Punto 37	32,6	-87,8	-57,1	-53,8
Error Promedio				-32,9

Consideraciones generales

El Barrio Universitario se puede dividir en dos zonas de propagación, a partir del transmisor ubicado en la Universidad Diego Portales, las zonas *outdoor* e *indoor*. Estas zonas responden a distintas condiciones de propagación, debido a que la señal de RF se recibe de mejor manera gracias al efecto de encajonamiento en las zonas exteriores y, por ende, las zonas de recepción en interiores se ven disminuidas por el tipo de construcción del barrio, sumado a las obstrucciones dinámicas del trayecto de la señal. La respuesta del canal para la señal, se puede observar en la comparación de modelos según el tipo de medición ("*indoor*" y "*outdoor*") y explícitamente en la Figura 7.14, donde se demuestra la diferencia de recepción a través del rango de colores.

Tabla 7.12. Potencias obtenidas por el modelo de Friis para las mediciones *outdoor* a lo largo del enlace.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error (%)
		Real	N=3	N=3
Punto 1	609,5	-80,7	-95,3	-15,3
Punto 2	417,8	-80,4	-90,4	-11,0
Punto 4	298,8	-69,2	-86,7	-20,2
Punto 6	272,4	-64,0	-86,0	-25,6
Punto 8	248,5	-30,7	-85,9	-64,2
Punto 12	173,2	-64,4	-84,8	-24,1
Punto 14	158,3	-67,9	-83,2	-18,4
Punto 16	130,7	-63,7	-83,0	-23,2
Punto 20	49,3	-47,2	-82,2	-42,6
Punto 21	222,1	-95,7	-85,8	-11,5
Punto 23	163,5	-97,7	-83,6	-16,9
Punto 24	293,5	-97,7	-86,5	-13,0
Punto 26	314	-98,0	-90,3	-8,5
Punto 28	165,8	-82,6	-83,6	-1,2
Punto 30	25	-76,8	-78,9	-2,6
Error Promedio				-19,9

El modelo que representa el espacio libre presenta un error elevado para ambas mediciones, por otro lado, Hata para grandes ciudades es el modelo que mejor se pudo adaptar al enlace, alcanzando el menor error promedio de los tres modelos evaluados. Desde la perspectiva del modelo de Friis con el exponente de pérdida igual a 3, se puede distinguir que las mediciones “*outdoor*” son más certeras que las “*indoor*”, debido a que las condiciones del canal no son estáticas, por lo tanto, tiende a variar en los ambientes “*indoor*” por los tipo de construcción. Es muy probable que si se busca un exponente de pérdida con los ambientes de medición separados estos resulten como el modelo más preciso.

Finalmente, en la campaña de medición se pudieron observar los siguientes parámetros del entorno de transmisión: la primera, y quizás la más grave, es la presencia de una señal en la misma banda de frecuencia de transmisión de la señal experimental de la UDP (541 MHz). Se pudo advertir los *peak* de esta señal en las facultades del sector Este de la Avda. Ejército, en las plantas

altas de estas. Se subió la potencia transmitida para que no se viera afectada la señal en el receptor. Otro punto observable es la caída de la señal dentro de las facultades de la UDP debido al tipo de fachadas de estas. Por último, las mediciones en forma de *cluster* son de vital importancia, ya que con esta forma de medir en cada uno de los emplazamientos se eliminan los *fading* espaciales, con el fin de obtener mediciones empíricas que se puedan analizar con posterioridad.

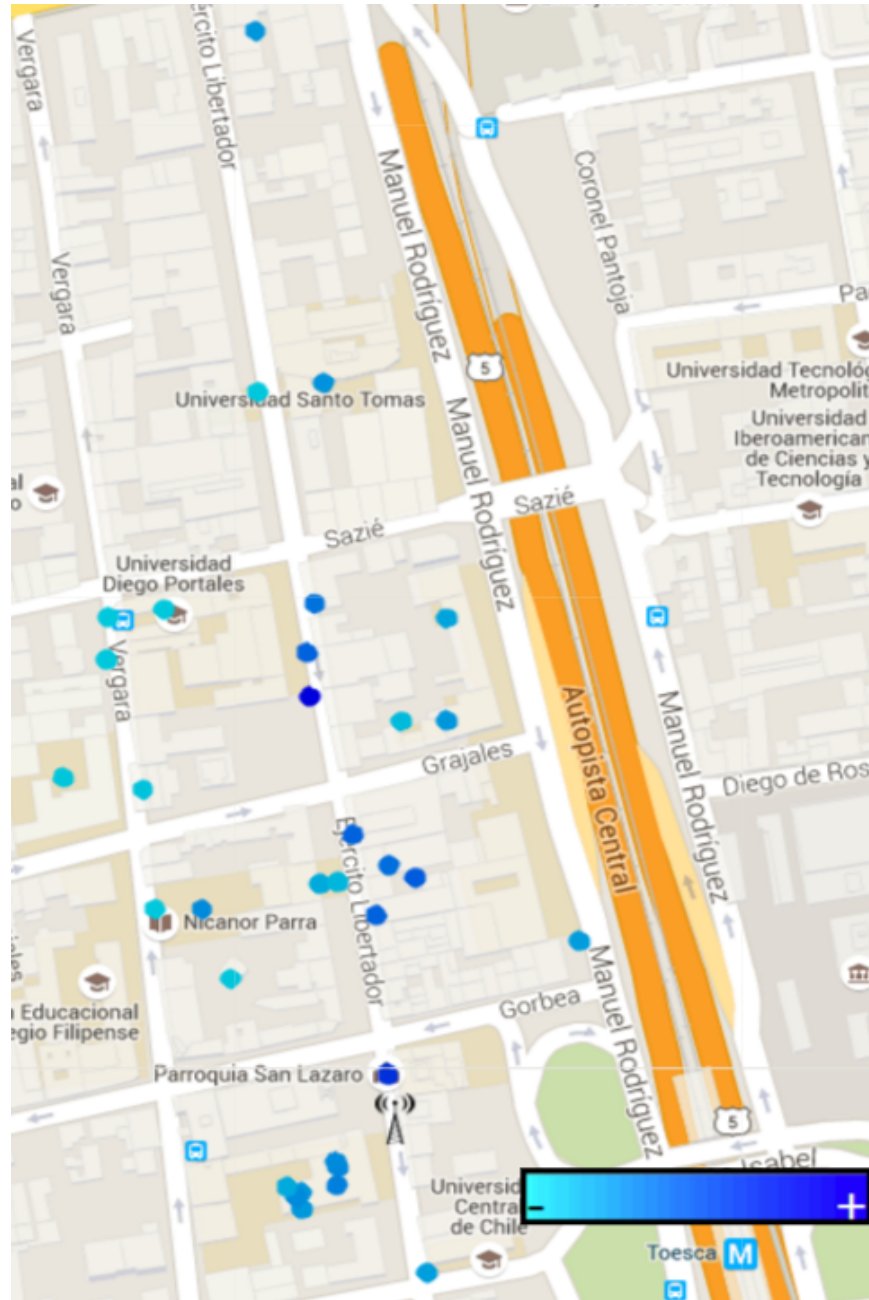


Figura 7.14. Mapa de calor de potencia recibida final en la campaña 1.

Capítulo 8

Estudio de campo de cobertura para la campaña de medición II

En el Capítulo 7 se detalló el desempeño de la antena transmisora en tres ubicaciones distintas, recolectando datos para obtener la mejor ubicación de montaje. Se pudo evaluar la instalación final de la antena mediante la metodología expuesta en la Sección 5.1, ya que existían lugares para ello; en cambio, para la campaña de este apartado existe solo una ubicación para la base de la antena transmisora.

Esta campaña de medición es definitiva y real, ya que desde aquí se emitirá la señal de RF. Por lo tanto, el desarrollo de este capítulo está basado en el estudio de la cobertura y recepción dentro de la Facultad de Ingeniería de la UDP con una base de transmisión instalada definitivamente. Gracias a la prueba de cobertura se podrá entregar un reporte claro sobre la propagación de la señal de RF, indicando características del terreno real y las condiciones de recepción en que la señal puede ser correctamente recibida y, como consecuencia, codificada por los equipos receptores.

8.1. Lugar de instalación y elevación de la antena

Lugar de instalación

La base de la metodología nombrada en la Sección 5.1 establece que, antes de realizar las pruebas de cobertura y de recepción, es necesario ejecutar un



Figura 8.1. Lugar de instalación definitiva de la base transmisora.

pre-experimento que permita descubrir cuál es la mejor posición de la antena transmisora. En esta campaña la capacidad de instalación para ejecutar este pre-experimento es limitado, por lo que realizar la búsqueda dentro de tres ubicaciones no se podría ejecutar. Dadas las condiciones anteriormente nombradas, se decidió ubicar la antena afuera de una ventana del cuarto de instalación de la base transmisora, para así apuntar la señal de RF hacia el exterior y no aumentar la pérdida por las condiciones de edificación de la habitación de la base transmisora. En la Figura 8.1 se puede observar la ubicación de la base transmisora, situada en el quinto piso del edificio sur de la Facultad de Ingeniería ¹.

Elevación de la antena

Se estableció que el ángulo de elevación de la antena sería hacia los edificios en su planta inferior, provocando un efecto de encajonamiento de la señal por los edificios de la Facultad de Ingeniería. Este patrón de apuntamiento es consecuencia de las mediciones realizadas durante la campaña I (ver Sección 7.1), donde la selección del ángulo de elevación de la antena siguió un modelo de comportamiento dado los resultados. Según la Figura 5.1 existen tres tipos de apuntamientos, donde el seleccionado fue el ángulo dos, equivalente a -25° .

¹Sala continua al Laboratorio de Telemática, en el sector poniente



Figura 8.2. Elevación seleccionada (Vista 1).



Figura 8.3. Elevación seleccionada (Vista 2).

Como consecuencia, se seguirá esta norma para la instalación final de la base transmisora. En las Figuras 8.2 y 8.3, se pueden observar las dos vistas principales de la elevación seleccionada. La dirección y elevación de la antena no es debido a una casualidad, sino a una causalidad. El efecto que se produce por el encajonamiento de la señal, gracias al apuntamiento, provoca una mayor recepción de potencia dentro del radio de cobertura.

8.2. Campaña de cobertura para la implementación final

8.2.1. Condiciones de recepción

Se tomarán en cuenta los mismos parámetros de recepción que se exhibieron en la Sección 7.2.1, donde la base de especificación se adquiere desde la normativa de la Subtel. Este ente regulador especifica condiciones técnicas mínimas de los receptores de Televisión Digital, basándose en las normativa de Japón, ARIB STD-B21 versión 4.6 [29]. En la Tabla 8.1 se indican los parámetros de recepción mínima y máxima de los 13 segmentos de la norma ISDB-T.

Tabla 8.1. Rango de recepción de los equipos receptores.
Fuente: Estándar de receptores de señal digital ARIB, 2007 [29].

Nivel	Potencia
Entrada Mínima	-75 dBm o inferior
Entrada Máxima	-20 dBm o superior

Bajo las condiciones anteriores y las de configuración de la señal de RF, en esta sección se podrán observar las mediciones de pruebas de cobertura y de recepción realizadas en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Diego Portales.

8.2.2. Análisis comparativo con los modelos de propagación

Como se dijo anteriormente, esta campaña es la base de la identificación de características del canal de la señal definitiva, para el funcionamiento del sistema de transmisión del canal de la UDP.

En comparativa con la Campaña I (Sección 7.2.2), que se simuló con una potencia incrementada, en la Campaña II se simuló bajo los mismos valores de transmisión (potencia y frecuencia) que el sistema real del sistema de TVD de la UDP. Los parámetros expuestos en la Tabla 8.2 son equivalentes al funcionamiento real del sistema de TVD, bajo las condiciones de instalación explicadas en la Sección D.3 con la opción de conexión de cables Hyperlink *CA – 195RWH A0336FT*, dada su baja pérdida de potencia.

Tabla 8.2. Parámetros de pruebas de cobertura

Parámetro	Valor
Frecuencia (Generador)	539 MHz
Potencia (Generador)	7,17 dBm
Spam (Analizador)	18 MHz
Ref Level (Analizador)	-20 dBm
Ganancia antena TX	7,1 dBi máximo
Ganancia antena RX	5 dBi
Altura antena TX	15 metros
Altura Antena RX	2 metros
RBW (Analizador)	300 kHz

Los puntos medidos corresponden a los de la Tabla B.2 y la georreferenciación de la base transmisora en la Tabla B.1, son expuestos en el Anexo B con sus respectivos *tags* de ubicación (*Indoor-Outdoor*) y georreferenciación adecuada para establecer el mapa de potencia. Finalmente, se entrega la potencia medida promedio del *cluster* por cada uno de los puntos de medición.

A continuación se presentan los modelos de propagación de gran escala (Friis y Hata), con el objetivo de comparar sus estimaciones con las mediciones obtenidas en campo para así evaluar su comportamiento. Con los modelos se podrá clasificar el entorno de propagación de la señal, planeando y prediciendo los eventuales puntos nuevos de recepción. Primero, se exponen las tablas con los resultados de los modelos de propagación y, finalmente, se realiza un análisis, detallando el modelo que más se acerca a las características del entorno de propagación de la señal.

Modelo de Friis con entorno tipo espacio libre**Tabla 8.3.** Potencias obtenidas por el modelo de Friis en la Campaña II.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 1	20	-69,8	-32,8	-53,0
Punto 2	43	-60,6	-39,5	-34,8
Punto 3	40	-57,6	-39,5	-34,8
Punto 4	37	-70,3	-38,2	-45,7
Punto 5	16	-75,5	-30,9	-59,1
Punto 6	27	-67,6	-35,4	-47,6
Punto 7	9	-58,7	-25,9	-55,9
Punto 8	8	-62,4	-24,9	-60,1
Punto 9	39	-76,2	-38,6	-49,3
Punto 10	32	-68,6	-36,9	-46,2
Punto 11	12	-60,8	-28,4	-53,3
Punto 12	4	-63,4	-18,8	-70,3
Punto 13	32	-77,7	-36,9	-52,5
Punto 14	30	-78,2	-36,3	-53,6
Punto 15	3	-57,9	-16,3	-71,8
Punto 16	35	-78,9	-37,7	-52,2
Punto 17	32	-83,1	-36,9	-55,6
Punto 18	40	-75,9	-38,8	-48,9
Punto 19	35	-78,0	-37,7	-51,7
Punto 20	30	-76,2	-36,3	-52,4
Punto 21	22	-76,6	-33,7	-56,0
Punto 22	29	-82,7	-36,1	-56,3
Punto 23	21	-68,6	-33,2	-51,6
Punto 24	32	-74,6	-36,9	-50,5
Punto 25	19	-55,3	-32,4	-41,4
Punto 26	26	-62,0	-35,1	-43,4
Punto 27	4	-45,0	-18,8	-58,2
Error Promedio				-52,0

Análisis experimental comparativo con el modelo de Hata Urbano para Grandes Ciudades

Tabla 8.4. Potencias obtenidas por el modelo de Hata para Grandes Ciudades en la Campaña II.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 1	20	-69,8	-42,4	-39,3
Punto 2	43	-60,6	-54,7	-9,7
Punto 3	40	-57,6	-53,6	-6,9
Punto 4	37	-70,3	-52,3	-25,6
Punto 5	16	-75,5	-38,8	-48,6
Punto 6	27	-67,6	-47,2	-30,2
Punto 7	9	-58,7	-29,5	-49,7
Punto 8	8	-62,4	-27,6	-55,8
Punto 9	39	-76,2	-53,2	-30,2
Punto 10	32	-68,6	-50,0	-27,1
Punto 11	12	-60,8	-34,1	-43,9
Punto 12	4	-63,4	-16,4	-74,1
Punto 13	32	-77,7	-50,0	-35,6
Punto 14	30	-78,2	-48,9	-37,5
Punto 15	3	-57,9	-11,7	-79,8
Punto 16	35	-78,9	-51,4	-34,9
Punto 17	32	-83,1	-50,0	-39,8
Punto 18	40	-75,9	-53,6	-29,4
Punto 19	35	-78,0	-51,4	-34,1
Punto 20	30	-76,2	-48,9	-35,8
Punto 21	22	-76,6	-43,9	-42,7
Punto 22	29	-82,7	-48,4	-41,5
Punto 23	21	-68,6	-43,2	-37,0
Punto 24	32	-74,6	-50,0	-33,0
Punto 25	19	-55,3	-41,6	-24,8
Punto 26	26	-62,0	-46,6	-24,8
Punto 27	4	-45,0	-16,4	-63,6
			Error Promedio	-38,3

Análisis experimental comparativo con el modelo de Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas Ciudades

Tabla 8.5. Potencias obtenidas por el modelo de Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas Ciudades en la Campaña II.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 1	20	-69,8	-33,6	-51,9
Punto 2	43	-60,6	-46,0	-24,1
Punto 3	40	-57,6	-44,8	-22,2
Punto 4	37	-70,3	-43,5	-38,1
Punto 5	16	-75,5	-30,0	-60,3
Punto 6	27	-67,6	-38,5	-43,0
Punto 7	9	-58,7	-20,7	-64,7
Punto 8	8	-62,4	-18,8	-69,9
Punto 9	39	-76,2	-44,4	-41,7
Punto 10	32	-68,6	-41,2	-39,9
Punto 11	12	-60,8	-25,4	-58,2
Punto 12	4	-63,4	-7,6	-88,0
Punto 13	32	-77,7	-41,2	-47,0
Punto 14	30	-78,2	-40,2	-48,6
Punto 15	3	-57,9	-3,0	-94,8
Punto 16	35	-78,9	-42,7	-45,9
Punto 17	32	-83,1	-41,2	-50,4
Punto 18	40	-75,9	-44,8	-41,0
Punto 19	35	-78,0	-42,7	-45,3
Punto 20	30	-76,2	-40,2	-47,2
Punto 21	22	-76,6	-35,1	-54,2
Punto 22	29	-82,7	-39,6	-52,1
Punto 23	21	-68,6	-34,4	-49,9
Punto 24	32	-74,6	-41,2	-44,8
Punto 25	19	-55,3	-32,8	-40,7
Punto 26	26	-62,0	-37,8	-39,0
Punto 27	4	-45,0	-7,6	-83,1
Error Promedio				-51,3

Modelo de Friis con entorno tipo área urbana

Tabla 8.6. Potencias obtenidas por el modelo de Friis con $n=3,3$ en la Campaña II.

Lugar	d (m)	Pr (dBm)		Error(%)
		Real	Friis	Friis
Punto 1	20	-69,8	-68,2	-2,3
Punto 2	43	-60,6	-79,3	30,9
Punto 3	40	-57,6	-78,3	35,9
Punto 4	37	-70,3	-77,1	9,7
Punto 5	16	-75,5	-65,0	-13,9
Punto 6	27	-67,6	-72,6	7,3
Punto 7	9	-58,7	-56,7	-3,5
Punto 8	8	-62,4	-55,0	-11,9
Punto 9	39	-76,2	-77,9	2,2
Punto 10	32	-68,6	-75,0	9,4
Punto 11	12	-60,8	-60,8	0,0
Punto 12	4	-63,4	-44,9	-29,1
Punto 13	32	-77,7	-75,0	-3,4
Punto 14	30	-78,2	-74,1	-5,3
Punto 15	3	-57,9	-40,8	-29,6
Punto 16	35	-78,9	-76,3	-3,3
Punto 17	32	-83,1	-75,0	-9,7
Punto 18	40	-75,9	-78,3	3,1
Punto 19	35	-78,0	-76,3	-2,1
Punto 20	30	-76,2	-74,1	-2,8
Punto 21	22	-76,6	-69,6	-9,1
Punto 22	29	-82,7	-73,6	-11,0
Punto 23	21	-68,6	-68,9	0,5
Punto 24	32	-74,6	-75,0	0,6
Punto 25	19	-55,3	-67,5	22,0
Punto 26	26	-62,0	-72,0	16,2
Punto 27	4	-45,0	-44,9	-0,2
Error Promedio				0,02

Consideraciones generales para la Campaña II

Los puntos medidos en la Campaña II representan sectores del tipo *indoor* y *outdoor*, seccionados en un 89 % y un 11 % respectivamente. Por lo tanto, el análisis se centrará principalmente en los sectores del tipo *indoor*, ya que son mayoría y es donde se encuentran los dispositivos receptores.

La base transmisora está instalada estratégicamente para que la señal se propague en la extensión de la Facultad de Ingeniería de la UDP, creando así un efecto de encajonamiento al igual que la Campaña I. Dado los diversos factores de obstrucción (dinámicos y estáticos) presentes en el canal de la señal, esta se ve afectada en la recepción como se puede apreciar en la Tabla 8.7. Aun así, existe mayor cantidad de receptores válidos dentro del rango de recepción (rangos en Tabla 8.1).

Tabla 8.7. Especificación del rango de aceptación en el receptor.

Recepción	Cantidad	Porcentaje
Dentro del rango	16	59,3 %
Fuera del rango	11	40,7 %

Como se puede apreciar en la Figura 8.4, hay un sector en particular donde la señal de recepción, según las áreas con menor densidad de color, se ve afectada con un menor ingreso de potencia. Los puntos de esa zona son: 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22; siendo el punto 17 el que más se escapa del rango con $-83,1$ dBm. Para solucionar este problema se debería subir la potencia en el transmisor a 15 dBm para cubrir toda la facultad o adquirir antenas receptoras con mayor ganancia.

Otro punto a destacar de la Figura 8.4, es la disposición del sector con más puntos de mayor densidad, ya que es hacia ellos donde la antena (directiva) transmisora es apuntada, comprobando la direccionalidad de la misma.

Uno de los objetivos de la prueba de cobertura es realizar una comparativa entre las mediciones de campo y los resultados de predicción de la potencia recibida de los modelos de propagación. Estos modelos contemplan variaciones en sus resultados dadas las especificaciones del entorno que se les entregue: tipo de construcciones, elevación y ganancias de las antenas, potencia transmitida, tipos de área de cobertura y distancia entre transmisor y receptor.

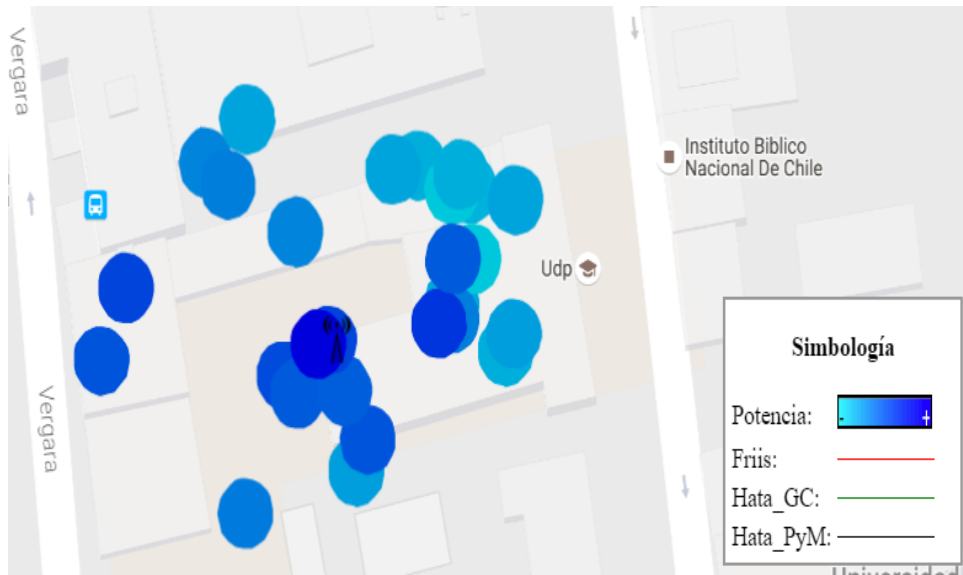


Figura 8.4. Mapa de calor para la Campaña II.

Tabla 8.8. Resultados de errores de los modelos de propagación para la Campaña II.

Modelos	Error
Friis con n=2	-52 %
Hata Urbano para Grandes Ciudades	-38,3 %
Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas Ciudades	-51,3 %
Friis con n=3,3	0,02 %

Como se aprecia en la Tabla 8.8, existe una columna llamada “Error”, que representa el resultado del error absoluto entre la diferencia de potencias de las mediciones de campo y la predicción de los modelos.

El modelo de Friis para espacio libre (exponente de pérdida igual a 2) presenta un margen de error muy elevado, ya que según este modelo no existen obstrucciones entre el transmisor y el receptor, e inclusive existe línea de vista entre transmisor y receptor (ver la especificación en la Sección 3.3.1).

Para el modelo Hata se tomaron en cuenta dos clasificaciones del tipo de área de propagación de la señal. Su principal característica es que predice la propagación de la señal de sistemas de comunicaciones inalámbricas en espacio libre sin línea de vista (NLOS). Además ocupa un factor de corrección de altura de la antena receptora, definida para cada tamaño de la ciudad y clasifica la zona de propagación de la señal. Entonces, para desarrollar

este modelo se ocupan dos factores de corrección (ver la especificación en la Sección 3.3.2):

- Hata urbano para grandes ciudades.
- Hata suburbano para pequeñas y medianas ciudades.

Según la altura, frecuencia, distancia y definición de las ganancias de las antenas, se proporcionan los resultados de los errores de predicción dada la potencia empírica (Tabla 8.8). Si bien los dos errores son altos, para un tamaño de ciudad “grandes ciudades” y de la clasificación de la zona “urbano” es menor, ya que sostiene la calidad de suposición del entorno de la señal. Se supone que Santiago es una ciudad grande que se caracteriza por la altura de sus edificios y gran cantidad de obstrucción. Por otro lado, para “Hata suburbano para pequeñas y medianas ciudades” el error se acerca a la obtenida por Friis en espacio libre.

En la Figura 8.5 se puede observar el área de cobertura de los modelos principales (Friis, Hata para grandes ciudades y Hata para pequeñas y medianas ciudades). Esta área corresponde al sector donde la señal mínima de recepción ingresada es válida, según la predicción de los modelos de propagación. Se entiende que la ganancia de la antena transmisora es igual en los 360° , creando así un área de cobertura circular.

El área con borde rojo es la correspondiente al modelo de Friis y para esta campaña (ver datos en Tabla B.1), el radio de es igual a 1,28 Kilómetros. El modelo de Friis como se ha explicado en los capítulos anteriores, predice cobertura de campo en base a línea de vista entre receptor y transmisor. Es por esta razón el elevado radio de cobertura.

Por otro lado, el modelo de Hata para ambas correcciones entrega un radio de cobertura más adecuado con el entorno de propagación de la señal. El radio de cobertura para Hata es 150,3 y 151,3 metros, para Grandes Ciudades y para Pequeñas y Medianas Ciudades respectivamente. Los resultados para Hata son similares, ya que para esta Campaña la altura de la antena transmisora es baja (15 metros). Con una altura mayor este modelo obtendría resultados diferentes y además las mediciones de campos aumentarían, viéndose favorecido la recepción de los sistemas de recepción.

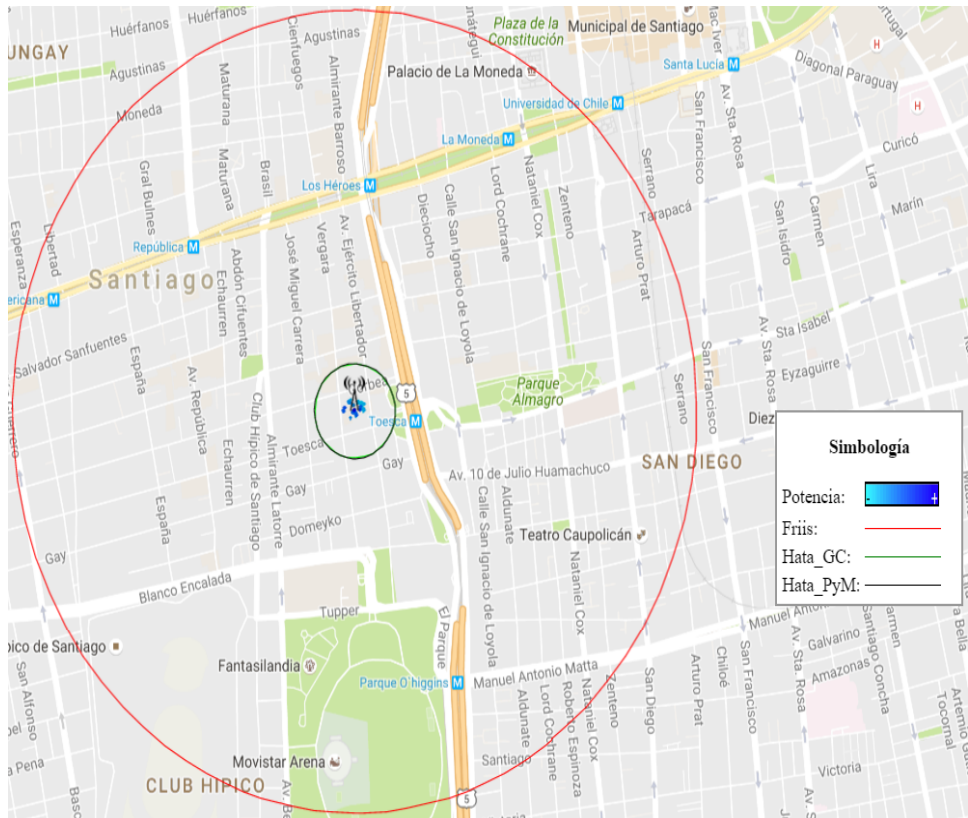


Figura 8.5. Mapa de calor para la Campaña II.

Finalmente, en la Tabla 8.8 se puede observar el Modelo de Friis con un factor de atenuación del medio (n) igual a 3,3, lo que significa una mayor pérdida de potencia por el medio de transmisión. Desde la comparación de la Tabla 8.9 este factor de pérdida corresponde a un exponente de pérdida existente en un área urbana con edificios sin línea de vista y además con ensombreamiento urbano. Esto corrobora la definición del entorno predicha y vista durante la Campaña I.

Tabla 8.9. Exponente de Path loss.Fuente: Rappaport, T.S.(2001) *Wireless Communications: Principles and Practice*

Entorno	Exponente Path loss (n)
Espacio libre	2
Área urbana (Edificios sin visión directa)	2.7–3.5
Ensombramiento urbano	3–5
Construcción (Edificios) en la línea de vista	1.6–1.8
Construcción (Edificios sin visión directa, separación de unos a tres pisos)	4–6
Construcción (Fabrica sin línea de vista)	2–3

Capítulo 9

Evaluación de la percepción de calidad del sistema

La evaluación del sistema se hará mediante la opinión de los usuarios del sistema. A través de su percepción, se busca el cumplimiento de las funciones básicas de una transmisión en formato HD en los puntos medidos durante la Campaña II en conjunto con las pruebas realizadas (Capítulo 8). Sin la medición no habrá mejora del sistema a futuro, en cuanto a su calidad de señal, como a la programación (contenido) del canal propiamente tal.

Los resultado de la encuesta serán una medida cuantitativa y cualitativa de la calidad del servicio, concretamente la percepción del usuario sobre el grado en que se han cumplido sus necesidades y expectativas. Se utiliza el término percepción desde su definición, “aprehensión de la realidad por medio de los datos recibidos por los sentidos”, es decir, se trata de un reflejo subjetivo de la realidad [30].

La encuesta se realizó en el punto 4 (ver Tabla B.2), correspondiente a la Campaña II. En este punto de medición se obtuvo una potencia de campo equivalente a $-70,3$ dBm. En en este lugar (EIT), no existen factores que pueden intervenir en la percepción de calidad del sistema.

A continuación, se detalla la encuesta en su extensión y sus respectivos resultados.

9.1. Especificación de la encuesta:

- **Objetivo:** Evaluar cualitativamente la percepción de calidad en la recepción de una señal de televisión digital en alta definición.
- **Población objetivo:** Alumnos de la Facultad de Ingeniería.
- **Tamaño muestral:** 20 personas.
- **Técnica de medición:** Entrevistas personal en formato digital o impreso.
- **Muestras:** Distribución proporcional de casos alrededor de la facultad. La selección se realizará de manera aleatoria.

9.2. Percepción del usuario sobre el canal de TVD de la UDP

9.2.1. Sección I

Pregunta 1

- Ha escuchado sobre: ¿La Televisión Digital Terrestre?

Tabla 9.1. Resultados pregunta 1, Sección I.

Alternativa	Cantidad
SI	16
NO	4

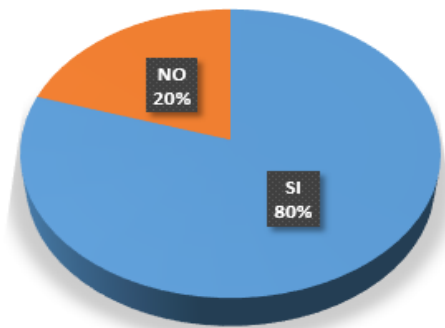


Figura 9.1. Gráfico circular pregunta 1, Sección I.

Pregunta 2

- Ha escuchado sobre: ¿Las señales experimentales de TVD?

Tabla 9.2. Resultados pregunta 2, Sección I.

Alternativa	Cantidad
SI	13
NO	7

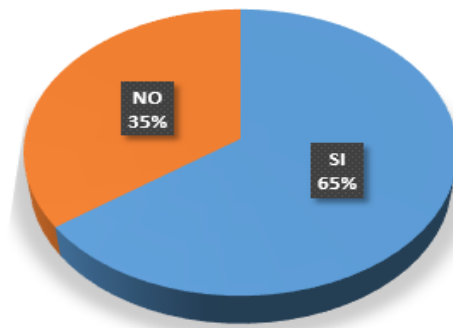


Figura 9.2. Gráfico circular pregunta 2, Sección I.

Análisis de la Sección I

Como se ha dicho la TVD es una de las propuestas tecnológicas más trascendentales de los últimos tiempos. Pero la tendencia sobre el conocimiento es bajo, no solo a nivel divulgativo sino también profesional, esto se debe a la poca e inadecuada información disponible al respecto. Según la Subtel en su “Encuesta Nacional sobre el uso y consumo de Televisión de los Chilenos” [1], un 67,8% de un total de 5479 encuestados no tiene conocimiento sobre la Televisión Digital Terrestre. En la encuesta realizada en esta memoria, un 20% de los encuestados no tiene conocimiento sobre qué es una señal de Televisión Digital Terrestre (Figura 9.1), ambos resultados se diferencian debido al tipo de encuestados. En esta encuesta se utiliza solo una variable socio-demográficas; mientras que la Subtel utiliza entrevistados totalmente distribuidos proporcionalmente a nivel socio-demográficos. A pesar de lo anterior se esperaba que un 100% de los encuestados conociera del tema, ya que se espera que un universitario entienda o conozca las limitaciones y fortalezas de un sistema tan importante como la TVD.

Por otro lado, la pregunta dos se realizó con el objetivo de conocer si lo que iban a responder más adelante, en cuanto a la percepción de calidad, contemplaba dentro de su consciencia la visualización de un canal experimental para la posible comparación de los aspectos técnicos. Solo un 65 % (Figura 9.2) de los encuestados saben sobre un canal experimental, cifra razonable y que al finalizar esta encuesta cambiaría a un 100 %.

9.2.2. Sección II

Pregunta 1

- ¿Con qué nota de 1 a 5, donde 1 es “Muy malo” y 5 “Muy bueno”, calificaría la calidad de la imagen de esta señal?

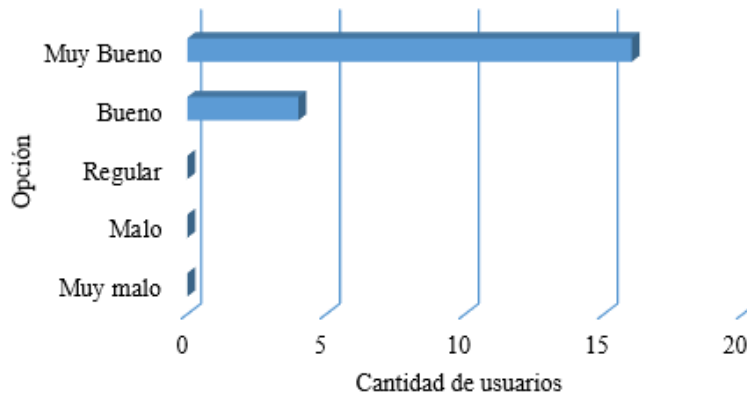


Figura 9.3. Gráfico de Opción vs Usuarios, pregunta 1 Sección II.

Análisis pregunta 1, Sección II

Esta pregunta es muy importante, ya que la imagen es parte fundamental del formato de TVD. Hoy la imagen es uno de los elementos más determinantes con respecto a las características de visualización de la televisión. Es por esto que es necesario obtener en cualquier sistema que se emita imagen, una señal estable y robusta para la correcta percepción de esta. Se corrobora esta situación con los resultados de la encuesta, en cuanto a la percepción de la imagen del canal, obteniendo un 80 % de calidad “Muy buena” y un 20 % de calidad “Buena” para la imagen (Figura 9.3).

En la justificación de las respuestas (Figura 9.4) se pueden observar 12 conceptos que establecen características técnicas percibidas por los encues-

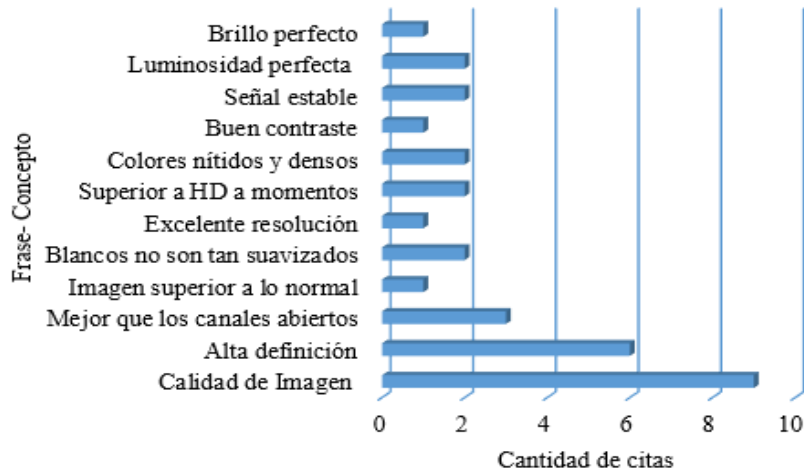


Figura 9.4. Gráfico de Frase-Concepto vs Cantidad de citas, pregunta 1 Sección II.

tados. Esta comprensión de frases desde la justificación, se realizó mediante la frecuencia de palabras y la observación uno a uno de los textos completos de los encuestados (esta forma de análisis se realizará durante toda la Sección II).

Se pueden observar conceptos técnicos que, si bien algunos no se desarrollan con claridad, se acercan a la entrega de una imagen de calidad HD y que sea totalmente agradable al encuestado. Conceptos aceptados como luminosidad, brillo, definición, resolución y contraste son parte de un sistema de Televisión Digital que evidencia una señal estable. Además, que la “imagen sea a momentos mejor que HD” es óptimo para lo que se pretende, que es entregar una imagen de estándares altos de calidad.

Pregunta 2

- ¿Con qué nota de 1 a 5, donde 1 es “Muy malo” y 5 “Muy bueno”, calificaría la calidad del audio de esta señal?

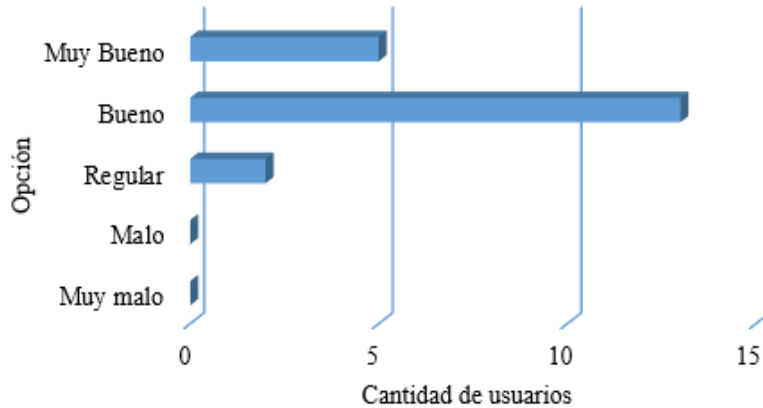


Figura 9.5. Gráfico de Opción vs Usuarios, pregunta 2 Sección II.

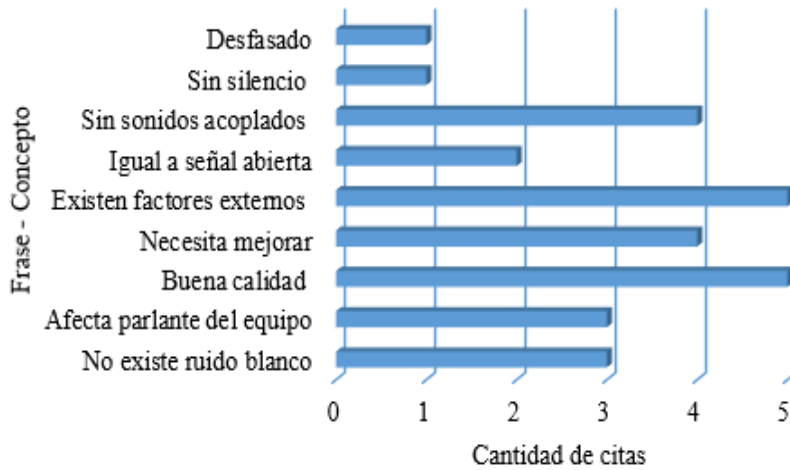


Figura 9.6. Gráfico de Frase-Concepto vs Cantidad de citas, pregunta 2 Sección II.

Análisis pregunta 2, Sección II

Según el marketing, el audio tiene un poco más de importancia, ya que el sonido genera mayor atención porque estamos muy predispuestos al sonido. “Muchas veces hay que bloquear información audiovisual, cosa que con el sonido no sucede de igual forma, no importa cómo se vea la televisión ya que sí todo funciona bien, de una manera u otra tendremos este impacto” [31].

Entonces, es muy importante mejorar la calidad del sonido de la señal, ya que según la Figura 9.5 tan solo el 20 % de los encuestados encuentra “Muy bueno” la calidad del sonido. Inclusive, hay encuestados que identificaban el sonido como “Regular” (10 %), lo que significa que el sonido tiene problemas, y gracias a las justificaciones se podrían, eventualmente, mejorar.

Los principales conceptos identificados en la justificación de esta pregunta fueron positivos y negativos. Los positivos convergen en la falta de sonidos acoplados, buena calidad e inexistencia de ruido blanco. Por otro lado, los negativos se adhieren a la idea de la mejora completa del sonido, como sonidos externos que afectan la audición del canal, desfasado y el equipo no es el predilecto para describir el sonido. Existen tres comentarios que igualan el sonido del canal de la UDP a otro canal de señal abierta, por lo que queda una sensación más bien positiva del sonido de la señal. En un análisis más bien técnico se descubre que el sonido está mal codificado, lo que puede tener incidencias en la percepción regular del sonido por parte de los encuestados.

Pregunta 3

- ¿Qué diferencias observa respecto a un canal de Televisión abierta (SD)?

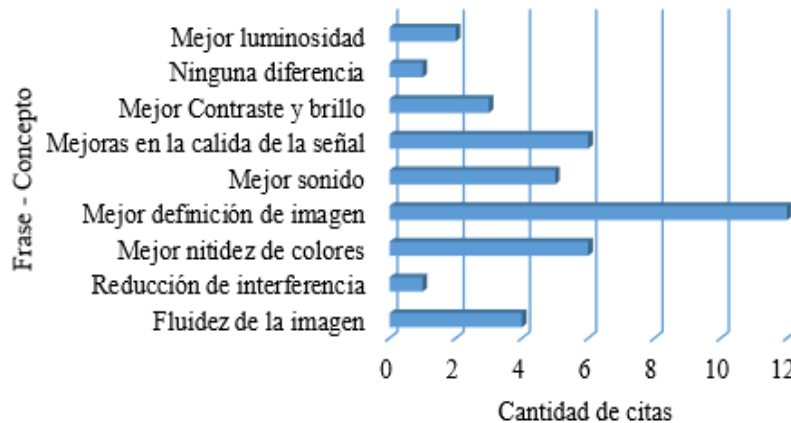


Figura 9.7. Gráfico de Frase-Concepto vs Cantidad de citas, pregunta 3 Sección II.

Análisis pregunta 3, Sección II

En la Figura 9.7 se puede apreciar que existen solo comentarios positivos del canal de la UDP, lo que conlleva superar técnicamente a un canal de

Televisión abierta (SD) ampliamente. Solamente una persona encuentra que se parece a las características de una señal SD.

Pregunta 4

- En caso de haber visualizado algún canal HD en una conexión de TV Cable, ¿Desde su punto de vista, existe alguna diferencia respecto a ella? ¿Cuáles?

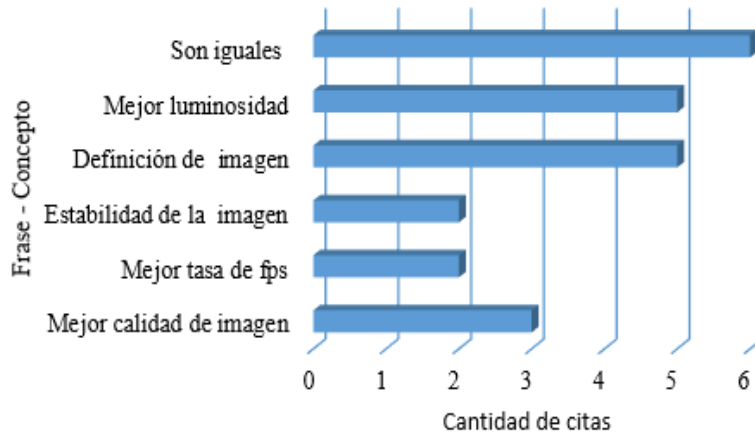


Figura 9.8. Gráfico de Frase-Concepto vs Cantidad de citas, pregunta 4 Sección II.

Análisis pregunta 4, Sección II

Según la Figura 9.8, existen seis personas que encuentran similitudes en ambos canales, lo que significa que el canal de la UDP sugiere una estabilidad técnica amplia. Se destacan los conceptos de definición, luminosidad, estabilidad y calidad, todos claves para obtener una señal de calidad superior.

Pregunta 5

- En caso de haber visualizado algún canal HD en una conexión internet (tipo *Netflix*), ¿Desde su punto de vista, existe alguna diferencia respecto a ella? ¿Cuáles?

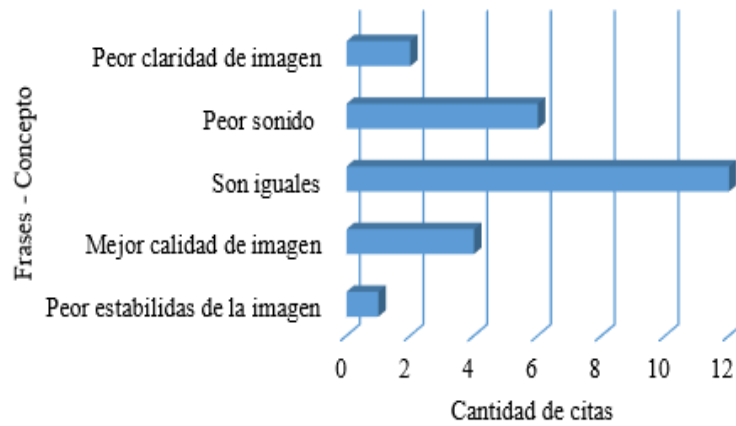


Figura 9.9. Gráfico de Frase-Concepto vs Cantidad de citas, pregunta 5 Sección II.

Análisis pregunta 5, Sección II

A diferencia de las preguntas anteriores, donde el canal de la UDP era superior en muchos aspectos respecto a un canal abierto (SD) y un HD por cable, en esta pregunta se ve mermado por las condiciones de un canal HD en una conexión de Internet. Si bien existen 12 personas que los encuentran iguales, los otros declaran que el canal de la UDP tiene peores características técnicas. Entre ellas se destacan: la claridad de la imagen, sonido y la estabilidad de la imagen. Pero a pesar de todo lo anterior, existe satisfacción dado el 60% de los encuestados que encuentran que la señal del canal es igual a una conexión de Internet.

Pregunta 6

- ¿Le gustaría que la UDP cuente con un canal propio de TVD, con contenido desarrollado por los alumnos?

Tabla 9.3. Resultados pregunta 6, Sección II.

Alternativa	Cantidad
SI	20
NO	0

9.2.3. Sección III

Pregunta 1

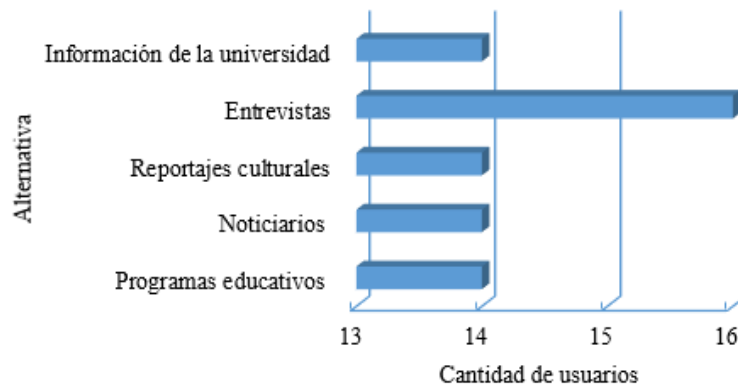


Figura 9.10. Gráfico de Opción vs Usuarios, pregunta 1 Sección III.

Pregunta 2

Tabla 9.4. Resultados pregunta 2, Sección III.

Alternativa	Cantidad
SI	20
NO	0

Pregunta 3

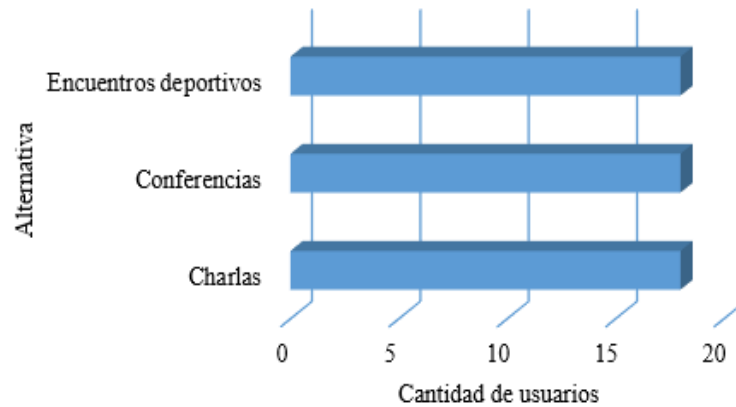


Figura 9.11. Gráfico de Opción vs Usuarios, pregunta 3 Sección III.

Pregunta 4

Temas desarrollados en las respuestas:

- Emisión de eventos deportivos TOP.
- Emisión de reportajes de cadenas internacionales de alto prestigio.
- Licitación de canal para captar recursos a través de propaganda.
- Generación de contenido por parte de los alumnos de periodismo.
- Activar función de alerta para dispositivos móviles, tanto para alertas de emergencias como para eventos de la universidad.
- Generar un canal de educación similar a los de Youtube.
- Emisión de seminarios como JCC y TIC.
- Canal formal parecido al de Talca.
- Emitir contenido musical.
- Proponer formalmente el proyecto a las autoridades.
- Dar en vivo eventos que realizan en la biblioteca, para que los que no alcancen a ingresar.
- Expansión a todas las facultades.

- Realizar un proyecto para la comunidad, para que ellos creen canales experimentales.
- Realizar aplicaciones que tengan que ver con educación, pero que se puedan ver en la televisión.

Análisis de la Sección III

El desarrollo de esta sección contempla cuatro preguntas, en las cuales se proyecta el trabajo a futuro del canal de TVD de la UDP. En la primera pregunta se evalúa el tipo de programación que les gustaría observar en el canal, arrojando una tendencia por las “Entrevistas”, quizás pensando en el contenido que puedan desarrollar los estudiantes de periodismo. Las otras opciones quedaron igualadas por lo que se mantiene una disposición a observar un variado contenido en el canal (Figura 9.10).

Observar contenido como charlas, conferencias y encuentros deportivos en vivo les parece atractivo a los encuestados (Figura 9.4), dando una tendencia distribuida para las opciones entregadas (Figura 9.11). Finalmente, se optó por considerar algún comentario extra o apreciación sobre el proyecto lo cual funciona para otorgar protagonismo a la comunidad. El resultado se puede observar en la tendencia de temas, que se desarrollaron en las cajas de texto (Sección 9.2.3). En los temas expuestos existen dos tipos de propuestas, viable y no viable, teniendo en cuenta factores externos como costos, técnicos, gubernamentales y legales. Los temas viables son: la emisión de eventos de la UDP, emisión de reportajes de cadenas internacionales de alto prestigio, generación de contenido por parte de los alumnos, activar solo la función de alerta para emergencias y no para eventos de la UDP (no se puede técnicamente hablando), proponer formalmente el proyecto a las autoridades (ya existe, pero solo a la EIT) y realizar contenido de educación similar a los de Youtube. Por otro lado, están los no viables: por costos se descarta a corto plazo, la expansión de la señal a otras facultades y la realización de aplicaciones; por temas legales, emitir contenido musical, eventos deportivos externos a los de la UDP y la emisión de los congresos; gubernamental es el proyecto de educar a la comunidad sobre la TVD y una implementación en su sector, ya que es el gobierno quien se debe encargar de esta tarea.

Capítulo 10

Conclusiones

La Televisión Digital es una de las revoluciones tecnológicas importante que sucede cada cierto tiempo y que marcan un gran hito, por lo tanto, es fundamental prestarle la debida atención al desarrollo e investigación de prestaciones bajo la norma adoptada en Chile. Hoy el país se prepara para el “apagón analógico” que sucederá el año 2020, se destaca una propuesta gubernamental y privada importante para la ejecución de esta. La norma adoptada ISDB-Tb, es segura y flexible, ya que cuenta con configuraciones de codificación de canal, modulación e incluso la gestión de tres niveles jerárquicos en el mismo ancho de banda de transmisión. Lo cual asegura la transmisión en alta definición a dispositivos móviles e incluso en definición estándar, esto pudiendo hacerlo incluso simultáneamente. Este cambio traerá consigo una televisión de mejor calidad de audio y video, con mayor contenido y de forma gratuita.

El objetivo general de esta memoria es poner en marcha el Laboratorio Experimental de Televisión Digital de la Universidad Diego Portales, donde la señal tenga una cobertura capaz de cubrir el Barrio Universitario. Pero como se dijo en los alcances, la cobertura de la señal sería limitada dada la potencia de salida de los equipos. Luego del estudio del desempeño del sistema a través de las pruebas de cobertura, se decidió que con la potencia solo se consigue cubrir el área de la Facultad de Ingeniería de la UDP con una recepción aceptable.

CONCLUSIONES

Las pruebas de cobertura y de servicio, donde se recolectó información detallada del entorno que afecta directamente la señal del canal, se realizaron basadas en una metodología de medición que estructura el procedimiento de medición, basado en normas de la UIT. Este estudio como se dijo anteriormente, permitió evaluar el desempeño del sistema describiendo los puntos de recepción validos dentro de la cobertura total.

Durante el desarrollo de la memoria se realizaron dos Campañas de medición, las cuales se procesaron y analizaron de dos formas, la última se realizó con el sistema de despliegue de datos desarrollado, la cual estableció una manera eficiente y eficaz de resolver el estudio de las pruebas de cobertura realizadas. Este sistema basado en la metodología de medición creada, no solo funciona para sistema de TVD, sino que también si se requiere y basado en la metodología creada, puede funcionar para analizar la cobertura de cualquier sistema de comunicaciones inalámbricas.

El análisis del entorno de propagación del sistema, se basó principalmente en la comparación de la potencia estimada por la variedad de modelos de propagación, frente a las potencias obtenidas en las mediciones de campo (pruebas de cobertura). Los resultados muestran que el modelo de propagación adecuado debe llevarse a cabo tomando en consideración el escenario de despliegue, la información cartográfica del terreno, la altura del transmisor y el perfil del tipo de receptor. La elección del modelo más adecuado depende fundamentalmente del tamaño de la ciudad y la zona de propagación de la señal, ya que la señal contempla una difracción diferente para cada terreno y cantidad de edificios. Para las campañas realizadas los modelos más apropiados son el de “Hata Urbano para Grande Ciudades” y el de Friis con un exponente de pérdida correspondiente a un “Área urbana con edificios sin visión directa y con ensombreamiento urbano”.

Gracias a los mapas de calor dispuestos por el sistema de procesamiento de datos, se pueden visualizar las potencias medidas reales con la capacidad de detectar el comportamiento de la señal gracias a la intensidad de potencia reflejada en puntos con mayor y menor intensidad, para mejor recepción y menor recepción respectivamente. Estos mapas se utilizarán al momento de observar sectores donde la señal se encuentra debilitada y no cumple con las expectativas de recepción aceptable. Durante el análisis de la Campaña II, se logró comprobar por medio de la intensidad de campo señalada por el mapa de calor la directividad de la antena transmisora, dado el sector con mayor magnitud de color en el mapa.

Esta memoria se puede adoptar como una guía del Laboratorio de TVD de la UDP en su conjunto, ya que contempla variados aspectos documentados sobre la implementación del sistema, características de los equipos utilizados, características de la TVD y de la norma ISDB-Tb, propagación de la señal y por supuesto los manuales de despliegue de datos, conexión de equipos, transmisión de la señal y metodología de medición. A través de estos se pueden observar al detalle los formatos de entrada y salida, las operaciones y advertencias de conexión, y orden del tratamiento que se debe realizar para adquirir buenos resultados.

Ya adoptada esta memoria como guía del Laboratorio, cualquier usuario puede hacer uso del documento y aprender más sobre la TVD, observando las características tanto del laboratorio, como de la TVD en general.

10.1. Trabajo a futuro

El trabajo a futuro está basado en el análisis de la evaluación de calidad del sistema emitiendo una señal concreta de TVD, en un entorno real. La medición de la satisfacción del usuario, es por medio de la percepción de calidad del sistema. La medición como se muestra en el Capítulo 9 se obtienen estadísticamente desde datos que reflejen coincidencia de criterios entre los encuestados, para así conocer sus disparidades. Con este fin se puede utilizar el indicador de frecuencia de respuestas. Coincidentemente los resultados de la encuesta pueden cubrir todas las áreas de interés del sistema de TVD de la UDP.

Se toma en cuenta como trabajo a futuro, la expansión de la señal a toda las facultades de la UDP, entregando contenido del tipo *streaming* como la emisión de los encuentros deportivos, charlas y conferencias realizadas en la UDP. La manera de solucionar esto, es adquiriendo un amplificador que alcance a cubrir las necesidades de cobertura de la señal. El otro punto de solución es liberar los filtros de la red, que actualmente no permiten emitir señal del tipo *streaming*.

Con respecto de la percepción misma del audio y video de la señal a partir de los resultados de la encuesta, lo que se debe solucionar la codificación del audio, ya que es aquí donde los usuarios no percibieron una calidad como la que si tenía la imagen de la señal.

Referencias bibliográficas

- [1] C. N. de Televisión de Chile, “VIII encuesta nacional de televisión,” *Encuesta Nacional sobre el uso y consumo de Televisión de los Chilenos*, vol. 1, p. 12, Dec. 2014.
- [2] P. Legislativo, “Introducción de la televisión digital terrestre,” *Ley 20750*, vol. final, pp. 1–18, Apr. 2015.
- [3] Subtel, “Descarga reglamento oficial para tvd en Chile,” 2015. Available online at http://tvd.subtel.gob.cl/images/stories/descargas/DS_167_TVD_Tomado_Razon.pdf.
- [4] O. Imaginar, “TIC para el desarrollo. La televisión digital,” 2011. Available online at www.imaginar.org/iicd/fichas/10_TVdigital.pdf.
- [5] E. Prado, “Virtudes, funciones y futuro de la tdt en la sociedad de la información,” in *Telos: cuadernos de comunicación, tecnología y sociedad*, pp. 0038–40, 2003.
- [6] D. status, “ATSC, DTMB, DVB-T/DVB-T2 e ISDB-T,” 2015. Available online at <http://es.dtvstatus.net/>.
- [7] L. L. Arroyo, “Televisión digital al alcance de todos,” 2011.
- [8] J. M. Alcocer Alcocer, M. Arteaga Choez, and C. E. Yépez Flores, “Análisis del estándar de televisión digital terrestre brasileño,” 2014.
- [9] n. V. Saca Tene, *Análisis de cobertura del sistema de televisión digital terrestre para el canal 47 en la Ciudad Quito*. PhD thesis, 2013.
- [10] N. ABNT, “15601,” *Televisão digital terrestre—Sistema de transmissão*, 2008.
- [11] Namazu-tron, “ISDB-T CH Seg Prop allocation,” 2014. Available online at <http://es.wikipedia.org/wiki/SBTVD>.
- [12] H. Furuta, “Tecnologías de transmisión del ISDB-T sus ventajas y aplicaciones,” 2009. Available online at http://www.dibeg.org/news/2009/0907Bolivia_ISDB-T_seminar/presentation3.pdf.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [13] J. A. Parreño Escobar and S. R. Ponce Mantilla, “Artículo científico-creación de nuevos servicios de televisión digital terrestre bajo el estándar isdb-tb para la plataforma villageflow mediante el análisis de su estructura,” 2014.
- [14] P. O. R. Vargas, “La televisión digital terrestre y su incidencia en las estaciones televisivas ecuatorianas,” *Advicom Cia. Ltda*, p. 3, 2012.
- [15] LAVID, “Proyectos de desarrollo de Ginga,” 2014. Available online at <http://www.lavid.ufpb.br/es/proyectos>.
- [16] F. Fernández and S. Goldenberg, “Aplicaciones interactivas para la televisión digital en chile,” *Cuadernos de información*, no. 22, p. 1, 2008.
- [17] R. Ing. Orosco Vega, *Análisis de modelos de propagación e interferencia de la tecnología RFID pasivas de UHF para aplicación en la identificación vehicular*. PhD thesis, 2011.
- [18] F. Martínez-Zúñiga, “Comparación del modelo hata con mediciones de atenuación en la ciudad de México,” *Investigación y Desarrollo*, vol. 1, no. 13, pp. 197–203, 2012.
- [19] W. Costa Fernandes and A. de Almeida Prado Pohl, “Analysis of isdb-tb signal propagation in indoor environments,” in *Wireless Communication Systems (ISWCS), 2012 International Symposium on*, pp. 899–903, Aug 2012.
- [20] X. H. Mao, Y. H. Lee, S. H. Ting, and X. Qian, “Propagation over the outdoor-to-indoor channel in military uhf band,” in *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2013 IEEE*, pp. 1622–1623, July 2013.
- [21] R. Espinoza, “Modelos de radio-propagación multitrayecto,” 2007. Available online at http://186.42.96.211:8080/jspui/bitstream/123456789/1151/1/Moviles_4.pdf.
- [22] S. M. Corbacho, “Análisis y caracterización de la ocupación espectral en entornos urbanos exteriores e interiores en el contexto de redes cognitive radio de acceso dinámico al espectro,” *Universidad Politécnica de Cataluña*, no. 1, p. 132, 2009.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [23] P. McMahon, “Sitio de descarga del software YagiCAD,” 2015. Available online at <http://www.yagicad.com/>.
- [24] Videoswitch, “Servidor de Guía de programación Electrónica ISDB-Tb,” 2014. Available online at http://www.videoswitch.tv/productos.php?id=programacion_electronica_isdb.
- [25] E. br, “EITV Payout Professional,” 2015. Available online at <http://www.eitv.com.br/es/produtos/eitv-payout-professional/>.
- [26] R. T. telecomunicaciones, “Amplificador Digital 1W,” 2015. Available online at <http://profesores.elo.utfsm.cl/~agv/TVD/manuales/02-M%C3%B3dulos%20Amp.%20Dig.pdf>.
- [27] T. microwave systems, “LMR-600 flexible low loss communications coax,” 2015. Available online at <http://www.timesmicrowave.com/documents/resources/pg.28-31.pdf>.
- [28] I. Sector de Radiocomunicaciones UIT, “Informe uit-r bt. 2035-2: Directrices y técnicas para la evaluación de sistemas de radiodifusión de televisión digital terrestre incluida la determinación de sus zonas de cobertura,” *Serie BT, Servicio de radiodifusión (televisión)*, 2008.
- [29] ARIB, “Receiver for digital broadcasting,” 2007. Available online at http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/6-STD-B21v4_6-E1.pdf.
- [30] A. Senlle *et al.*, *ISO 9000: en empresas de servicios*. Gestión 2000,, 1997.
- [31] Marketingdirecto.com, “Sonido vs imagen ¿qué causa más emoción y atención en la publicidad?,” 2015. Available online at <http://http://www.marketingdirecto.com/>.
- [32] C. C. A.-C. . Unported, “Interfaz gráfica con tkinter,” 2011. Available online at <https://github.com/eliluminado/Guia-Tkinter>.
- [33] T. Wiegand, “Draft itu-t recommendation and final draft international standard of joint video specification,” *ITU-T rec. H. 264| ISO/IEC 14496-10 AVC*, 2003.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [34] M. Bosi, K. Brandenburg, S. Quackenbush, L. Fielder, K. Akagiri, H. Fuchs, and M. Dietz, “Iso/iec mpeg-2 advanced audio coding,” *Journal of the Audio engineering society*, vol. 45, no. 10, pp. 789–814, 1997.

ANEXOS

Anexo A

Puntos de medición georreferenciados de la campaña I

Tabla A.1. Datos base transmisora, Campaña I.

Latitud	Longitud	Potencia de salida	Frecuencia
-33.452404	-70.660582	16,8 dBm	541 MHz

PUNTOS DE MEDICIÓN GEORREFERENCIADOS DE LA CAMPAÑA I

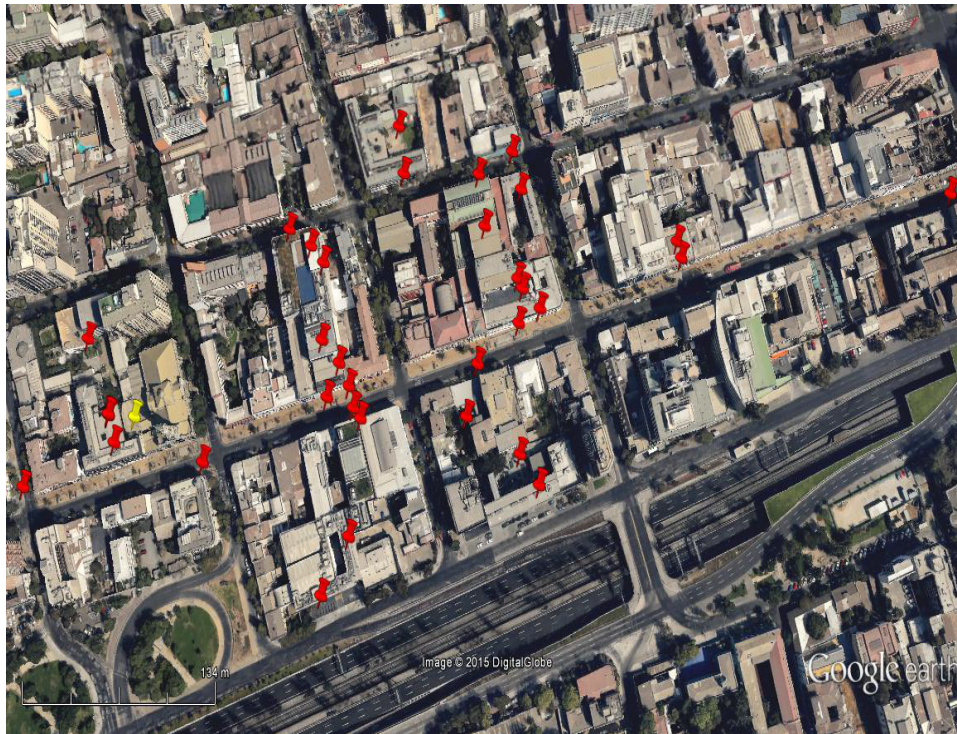


Figura A.1. Ubicación geográfica de los puntos de medición. Vista desde arriba.

Tabla A.2. Potencia promedio medida(Punto 1–Punto 37). Campaña I.

Lugar	Latitud	Longitud	Real (dBm)	Ubicación
Punto 1	-33,4470267	-70,6612033	-80,7	<i>Outdoor</i>
Punto 2	-33,4487367	-70,6608333	-80,4	<i>Outdoor</i>
Punto 3	-33,44878	-70,6611917	-98,2	<i>Indoor</i>
Punto 4	-33,4498083	-70,6608817	-69,2	<i>Outdoor</i>
Punto 6	-33,4500483	-70,6609233	-64,0	<i>Outdoor</i>
Punto 8	-33,4502633	-70,66091	-30,7	<i>Outdoor</i>
Punto 9	-33,4503817	-70,6604133	-93,4	<i>Indoor</i>
Punto 10	-33,44988	-70,6601667	-86,3	<i>Indoor</i>
Punto 11	-33,45038	-70,660165	-80,9	<i>Indoor</i>
Punto 12	-33,450935	-70,660675	-64,4	<i>Outdoor</i>
Punto 13	-33,4511433	-70,6603367	-61,6	<i>Indoor</i>
Punto 14	-33,4510833	-70,6604817	-67,9	<i>Outdoor</i>
Punto 15	-33,451175	-70,6608533	-87,6	<i>Indoor</i>
Punto 16	-33,4513267	-70,6605483	-63,7	<i>Outdoor</i>
Punto 17	-33,4512967	-70,6614933	-77,1	<i>Indoor</i>
Punto 18	-33,4516367	-70,6613383	-96,8	<i>Indoor</i>
Punto 19	-33,4511633	-70,6607567	-91,6	<i>Indoor</i>
Punto 20	-33,4520983	-70,660485	-47,2	<i>Outdoor</i>
Punto 21	-33,4507133	-70,661815	-95,7	<i>Outdoor</i>
Punto 22	-33,4506567	-70,662245	-97,5	<i>Indoor</i>
Punto 23	-33,451295	-70,66175	-97,7	<i>Outdoor</i>
Punto 24	-33,45008	-70,66201	-97,7	<i>Outdoor</i>
Punto 26	-33,4498767	-70,6620033	-98,0	<i>Outdoor</i>
Punto 27	-33,4498367	-70,6617	-97,9	<i>Indoor</i>
Punto 28	-33,4514533	-70,6594467	-82,6	<i>Outdoor</i>
Punto 29	-33,45306	-70,6602733	-84,3	<i>Indoor</i>
Punto 30	-33,45252	-70,66077	-76,8	<i>Outdoor</i>
Punto 31	-33,4527483	-70,6609483	-81,7	<i>Indoor</i>
Punto 32	-33,4526683	-70,660955	-87,3	<i>Indoor</i>
Punto 33	-33,4526683	-70,660955	-80,6	<i>Indoor</i>
Punto 34	-33,4526917	-70,6609817	-77,1	<i>Indoor</i>
Punto 35	-33,4525467	-70,6607533	-76,4	<i>Indoor</i>
Punto 36	-33,4526317	-70,6607617	-74,4	<i>Indoor</i>
Punto 37	-33,45264	-70,6610317	-87,8	<i>Indoor</i>

Anexo B

Puntos de medición georreferenciados de la campaña II

Tabla B.1. Datos base transmisora, Campaña II.

Latitud	Longitud	Potencia de salida	Frecuencia
-33.4526690	-70.66104602	7,17 dBm	539 MHz

Tabla B.2. Potencia promedio medida(Punto 1–Punto 27).Campaña II.

Lugar	Latitud	Longitud	Real (dBm)	Ubicación
Punto 1	-33,4524966667	-70,6611283333	-69,8	<i>Indoor</i>
Punto 2	-33,452665	-70,661515	-60,6	<i>Indoor</i>
Punto 3	-33,45257	-70,6614666667	-57,6	<i>Indoor</i>
Punto 4	-33,4524066667	-70,6613066667	-70,3	<i>Indoor</i>
Punto 5	-33,45281	-70,6610083333	-75,5	<i>Indoor</i>
Punto 6	-33,452865	-70,6612266667	-67,6	<i>Outdoor</i>
Punto 7	-33,452685	-70,66115	-58,7	<i>Indoor</i>
Punto 8	-33,4527083333	-70,6611233333	-62,4	<i>Indoor</i>
Punto 9	-33,45235	-70,6612233333	-76,2	<i>Indoor</i>
Punto 10	-33,452435	-70,6612616667	-68,6	<i>Indoor</i>
Punto 11	-33,4527683333	-70,660985	-60,8	<i>Indoor</i>
Punto 12	-33,452705	-70,6610316667	-63,4	<i>Indoor</i>
Punto 13	-33,45241	-70,660885	-77,7	<i>Indoor</i>
Punto 14	-33,4526533333	-70,6607133333	-78,2	<i>Indoor</i>
Punto 15	-33,4525483333	-70,6607633333	-83,6	<i>Indoor</i>
Punto 16	-33,4526383333	-70,6610616667	-57,9	<i>Outdoor</i>
Punto 17	-33,45244	-70,660785	-78,9	<i>Indoor</i>
Punto 18	-33,452455	-70,6606933333	-75,9	<i>Indoor</i>
Punto 19	-33,4524216667	-70,6608016667	-78,0	<i>Indoor</i>
Punto 20	-33,452415	-70,660935	-76,2	<i>Indoor</i>
Punto 21	-33,4525916667	-70,66082	-76,6	<i>Indoor</i>
Punto 22	-33,4525316667	-70,6607766667	-82,7	<i>Indoor</i>
Punto 23	-33,45261	-70,66082	-68,6	<i>Indoor</i>
Punto 24	-33,45263	-70,6606966667	-74,6	<i>Indoor</i>
Punto 25	-33,4526166667	-70,660845	-55,3	<i>Indoor</i>
Punto 26	-33,4525316667	-70,6608166667	-62,0	<i>Indoor</i>
Punto 27	-33,4526433333	-70,6610833333	-45,0	<i>Outdoor</i>

Anexo C

Experiencia de laboratorio I: Sistema de despliegue de mediciones

Como se sabe, la distribución de un sistema de Televisión Digital bajo la norma ISDB-Tb puede ser vía satélite, cable y terrestre, siendo este último de libre recepción, incluyendo a terminales móviles. El sistema implementado por la Universidad Diego Portales es de forma inalámbrica (terrestre), por lo tanto debe tener un área de cobertura para asegurar la correcta recepción en los lugares de interés. Parte de esta memoria, es reunir suficiente información del entorno de propagación de la señal digital, para luego analizarla de manera tal, que los datos se visualizan de forma resumida y real.

En el Capítulo 4 se expuso que para simular y estudiar el entorno del sistema se utilizará como equipo receptor el analizador de espectro *Rodhe & Schwarz*, modelo FSH4 (Figura 4.3). Este arroja una “*data*” que es necesaria simplificarla dada su extensión. El sistema desarrollado en esta memoria administra la información de modo que las mediciones son descompuestas en dos informes estandarizados a través de funciones que se extienden en el sistema. Principalmente los métodos utilizados son en base a dos modelos de propagación: Modelo de Friis y Modelo de Hata (para grandes ciudades y pequeñas y medianas ciudades). Estos son el fundamento para crear un análisis del entorno, a partir de las mediciones empíricas de manera eficiente y eficaz.

A continuación se detallan los requisitos necesarios para la utilización y

los pasos a seguir para la correcto manejo del sistema.

C.1. Requisitos previos

En este sistema se utilizan, principalmente, unidades de medición generales para un sistema de características del tipo inalámbrico, las cuales deben ser conocidos por quienes las utilizan para hacer adecuadamente el análisis.

se debe tener conocimiento previo para poder utilizarlos de buena manera en el análisis. Las unidades son las siguientes:

- **dBm** (medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW)).
- **dBi** (relación logarítmica entre la potencia de emisión de una antena en relación a un radiador isotrópico).
- **Hz** (unidad de frecuencia, en este sistema se utiliza MHz).

C.1.1. Asociaciones necesarios

El correcto desarrollo del sistema depende de la existencia de ciertas herramientas que se detallan a continuación. El lenguaje de programación utilizado fue Python (versión 2.7.8), para el desarrollo de las funciones; y para la interfaz gráfica se empleó Tkinter ¹. El sistema operativo de desarrollo y prueba fue Windows 10. Finalmente fue necesario utilizar para la lectura y conversión a archivos legibles de las mediciones, el software *FSH4View(R)* (ver Figura C.1) el cual sirve para todos los instrumentos de la marca *Rodhe & Schwarz*.



Figura C.1. Inicio Software FSH4View(R).

¹Tkinter es un binding de la biblioteca gráfica Tcl/Tk para el lenguaje de programación Python. Se considera un estándar para la interfaz gráfica de usuario (GUI) para Python y es el que viene por defecto con la instalación para Microsoft Windows [32].

El primer paso para utilizar el sistema es obtener un archivo legible para una medición realizada por el equipo. El procedimiento es el siguiente:

1. Abrir el archivo SET que contiene la medición realizada. Un ejemplo de este tipo de archivo es la Figura C.2.

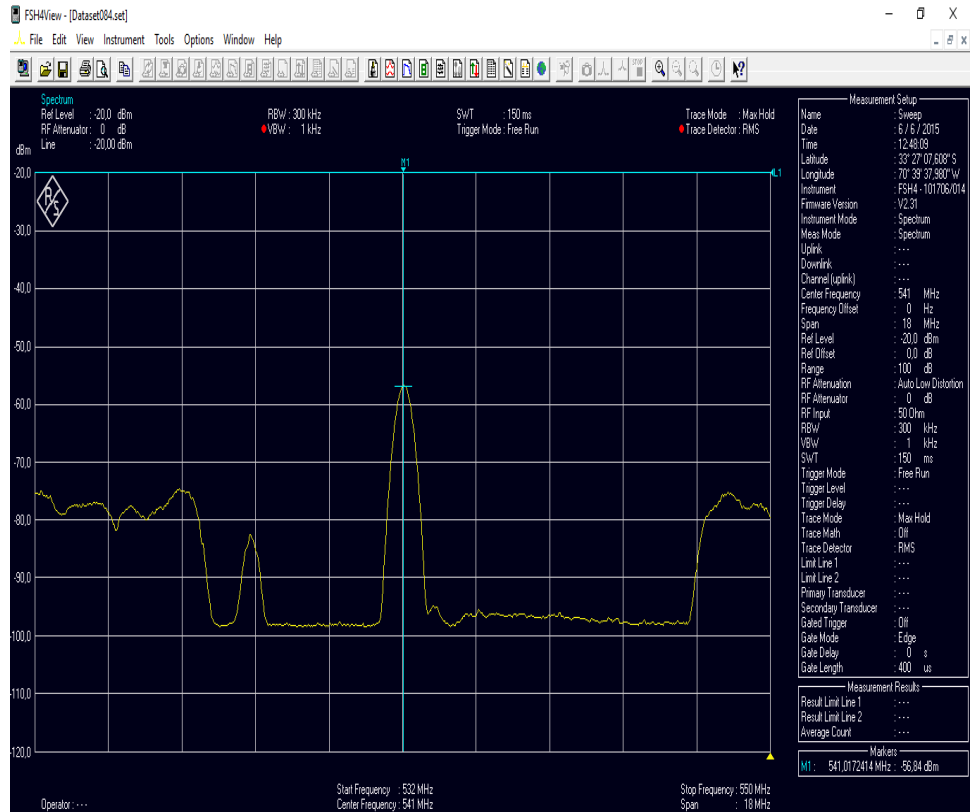


Figura C.2. Ejemplo medición vista desde Software FSH4View(R).

2. Ir a “File” y luego a “Convert Files...”. Se desplegará una ventana llamada “File Conversion - Source”, en la cual se deberá dar clic a el o los archivos SET que se desea convertir .

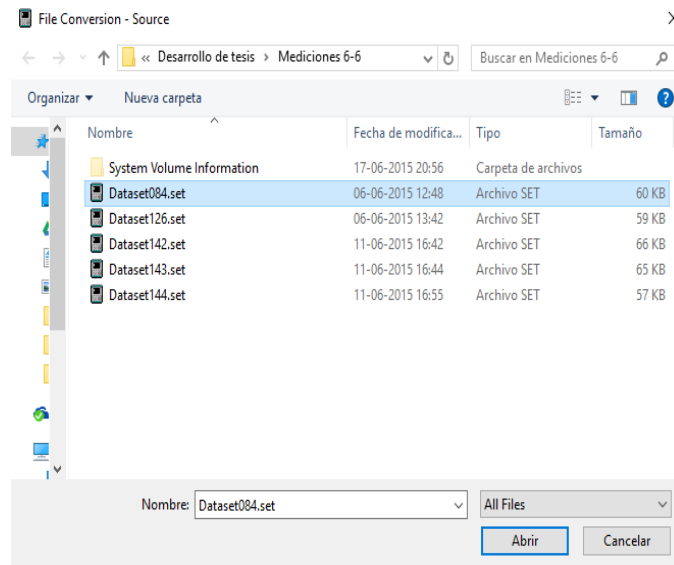


Figura C.3. File Converter - Source. Software FSH4View(R).

3. Ir en la ventana “File Conversion - Source” a “Abrir”. Se abrirá una ventana llamada “File Conversion - Destination”, donde se podrá guardar haciendo clic en “Save” el archivo SET como “ASCII Files (*.TXT)” donde se estime conveniente (ver Figura C.4).

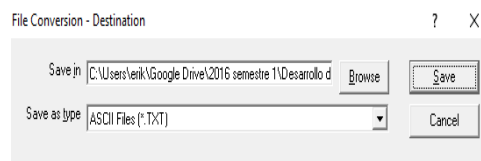


Figura C.4. File Converter - Destination. Software FSH4View(R).

4. Se obtendrá un archivo TXT, el cual sirve para la correcta lectura del sistema. Las características de este se observan en la Sección C.2.4

C.2. Funciones del sistema

Al abrir el sistema se desplegará una ventana llamada “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” (ver Figura C.5) donde se podrán realizar las siguientes acciones. Se deben seguir los pasos para obtener una visualización correcta de las mediciones:

1. Ingreso de la base transmisora, Sección C.2.1.
2. Ingreso de rango de recepción, Sección C.2.2.
3. Ingreso de la base receptora, Sección C.2.3.
4. Ingreso de las mediciones, Sección C.2.4.
5. Abrir reportes, Sección C.2.5

The screenshot shows a web application window titled "CAMPAÑA DE MEDICIÓN" with a "CAMBIAR DATOS" button in the top left corner. The main content area is titled "Ingrese los archivos del punto medido". It contains five input fields, each preceded by a label: "Punto principal del cluster:", "Punto 2 medido del cluster:", "Punto 3 medido del cluster:", "Punto 4 medido del cluster:", and "Punto 5 medido del cluster:". Each input field has a "Buscar archivo" button above it, with the number of the point in parentheses (e.g., "Buscar archivo (1)"). At the bottom center of the form is a blue button labeled "Chequear Archivos".

Figura C.5. Inicio sistema de visualización de mediciones en *cluster*.

C.2.1. Ingreso de la base transmisora

Todo sistema de Televisión Digital Terrestre cuenta con una base transmisora, la cual cuenta con ciertos parámetros básicos de emisión. Estos son: frecuencia (MHz), potencia (dBm), ganancia de la antena (dBi), altura de la antena (metros) y, por último, coordenadas geográficas (decimal). Es muy importante que, mientras se ingresen las mediciones para generar los reportes de la campaña, los datos de la base transmisora sean los mismos para todos los *cluster*. La razón de lo anterior, es que se ingresa por definición sólo una base por campaña de medición, a menos que se incluyan repetidores en algunos sectores².

Si el usuario ingresa un elemento en una variable que no corresponda según su tipo, el sistema arrojará errores; por lo tanto, se debe cumplir con esta regla de uso del software. Los datos de la base transmisora son del tipo float y el separador decimal es un punto. A continuación se observa el ingreso de la base transmisora en el software.

1. En la ventana del sistema llamada “*CAMPAÑA DE MEDICIÓN*” ir a “*CAMBIAR DATOS*” y luego a “*BASE TRANSMISORA*”. Se desplegará la siguiente ventana llamada “*Datos de Base de Transmisión*”.

Figura C.6. Ventana: “Datos de base de transmisión”.

²En la implementación del sistema de Televisión Digital de la UDP no se hará uso de repetidores a corto plazo.

Como se puede ver en la Figura C.6, las “cajas de ingreso” contienen datos de ejemplo, los cuales se podrán cambiar siguiendo el mismo formato existente, de no ser así el sistema presentará errores.

2. Si se ingresaron los datos de una base transmisora para una campaña de medición, se debe presionar el botón “Cambiar datos” donde luego emergerá un cuadro de alerta, el cual avisa sobre la modificación de los datos de la base transmisora (ver Figura C.7). Esta acción implica salir del cuadro “Datos de Base de Transmisión”.

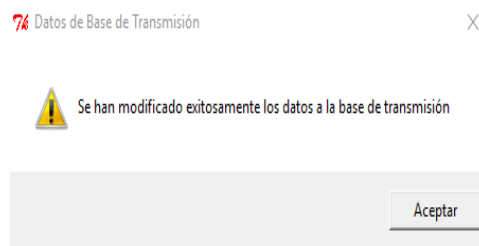


Figura C.7. Alerta de modificación de datos de la base transmisora.

3. Finalmente, si no se hace ningún cambio y desea salir, se debe presionar el botón “Salir”.

C.2.2. Ingreso de rango de recepción

Para implementar un sistema de Televisión Digital se debe tomar en cuenta la zona de operación del receptor. Dependiendo de cada tipo de *set-top box* es la sensibilidad que se emplea. Según la Subtel, un equipo receptor debe operar entre los -75 y -20 dBm, basándose en la norma de Japón ARIB STD-B21 versión 4.6 (ver Tabla 8.1), pero, como se dijo anteriormente, del equipo depende la sensibilidad que se deba utilizar. Como consecuencia de lo anterior, se debe ingresar el rango de sensibilidad del equipo receptor del sistema de Televisión Digital a utilizar por campaña de medición. Este es utilizado al momento de desplegar el reporte de la campaña medida en cada uno de los *clusters* medidos, avisando si el punto medido está dentro o fuera del rango aceptable.

Si el usuario ingresa un elemento en una variable que no corresponda según su tipo, el sistema arrojará errores, por lo tanto, se debe cumplir con esta regla de uso del software. Los datos de la base transmisora son del tipo float y el separador decimal es un punto. A continuación se puede observar el ingreso de datos del rango de recepción del sistema.

1. En la ventana del sistema llamada “*CAMPAÑA DE MEDICIÓN*” ir a “*CAMBIAR DATOS*” y luego a “*RANGO DE RECEPCIÓN*”. Se desplegará la siguiente ventana llamada “*Datos de rango de recepción*”.

Figura C.8. Ventana: “Datos rango de recepción”.

Como se puede ver en la Figura C.8, las “cajas de ingreso” contienen datos de ejemplo, en el cual se podrá cambiar siguiendo el mismo formato existente, de no ser así el sistema presentará errores.

2. Si se ingresaron los datos de una base transmisora para una campaña de medición, se debe presionar el botón “*Cambiar datos*”, luego emergerá un cuadro de alerta, el cual avisa sobre la modificación de los datos de la base transmisora (ver Figura C.9). Esta acción implica salir del cuadro “*Datos de rango de recepción*”.

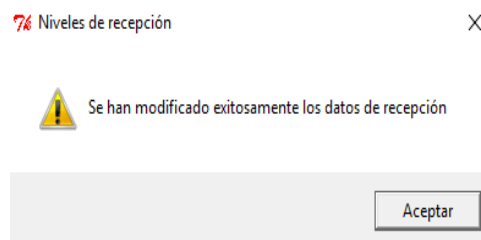


Figura C.9. Alerta de modificación de datos de rango de recepción.

3. Finalmente, si no se hace ningún cambio y desea salir, se debe presionar el botón “*Salir*”.

C.2.3. Ingreso de la base receptora

Cada vez que se ingresan los datos de un *cluster*, este debe ir acompañado de la información necesaria para realizar las operaciones aritméticas imprescindibles. Según la Figura 6.8, un *cluster* contiene atributos fundamentales para las funciones de las clase, siendo únicas para cada base de recepción. Se entiende que cada base receptora es única, ya que existen factores que implican que los parámetros físicos de recepción no sean únicos en todos los emplazamientos medidos. Esto quiere decir, que parámetros como la altura y ganancia de la antena no serán los mismos en todos lados, dado que es un sistema de libre recepción. Se deben introducir estas variables sólo si existe la necesidad de cambiarlos y de lo contrario quedarán con el valor por defecto (ingresado por el usuario) para cada uno de los puntos medidos.

Si el usuario ingresa un elemento en una variable que no corresponda según su tipo, el sistema arrojará errores, por lo tanto se debe cumplir con esta regla de uso del software. Los datos de la base transmisora son del tipo float y el separador decimal es un punto. A continuación se puede observar el ingreso de la base transmisora en el software.

1. En la ventana del sistema llamada “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” ir a “CAMBIAR DATOS” y luego a “BASE RECEPTORA”. Se desplegará la siguiente ventana llamada “Datos Receptor”.

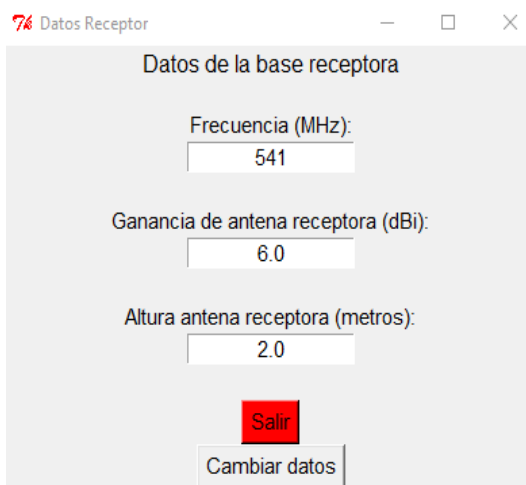


Figura C.10. Ventana: “Datos de base de transmisión”.

Como se puede ver en la Figura C.10, las “cajas de ingreso” contiene datos de ejemplo, los cuales se podrán cambiar siguiendo el mismo

formato existente, de no ser así el sistema presentará errores.

- Si se ingresaron los datos en la base receptora para un *cluster*, se debe presionar el botón “*Cambiar datos*”, luego emergerá un cuadro de alerta, el cual avisa sobre la modificación de los datos de la base receptora (ver Figura C.11). Esta acción implica salir del cuadro “*Datos Receptor*”.

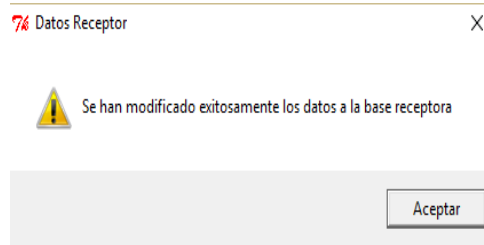


Figura C.11. Alerta de modificación de datos de la base transmisora.

- Finalmente, si no se hace ningún cambio y desea salir, se debe presionar el botón “*Salir*”.

C.2.4. Ingreso de las mediciones

Durante el Capítulo 6 se explicó que los datos recopilados son un conjunto de archivos que contienen información relevante por cada punto medido. También se dijo que la entrada de datos del sistema corresponde a la lectura de las mediciones originales en la versión de texto plano para el correcto procesamiento de datos (ver Figura 6.7). Las líneas de datos de cada archivo deben seguir un patrón, dado que el sistema obtiene de ellas la información requerida para desempeñarse eficazmente. El patrón a examinar es el expuesto en la Tabla C.1

Tabla C.1. Patrón de ubicación de las líneas de datos de las mediciones.

Línea	Atributo
3	Latitud
4	Longitud
43	Frecuencia
44	Potencia

Si el usuario ingresa un archivo que no corresponda, el sistema arrojará errores, por lo tanto, se debe cumplir con esta regla de uso del software. A continuación se puede observar el ingreso de los archivos por *cluster* medido, se debe recordar que es muy importante haber ingresado los datos nombrados en las Secciones C.2.1, C.2.2 y C.2.3.

1. En la ventana “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” ir a “*Buscar archivos(1)*”. Se desplegará una ventana de búsqueda en la cual deberá “*Abrir*” el archivo de la medición realizada que desee. El primer archivo (“Punto principal del cluster”) corresponde al punto central de medición del *cluster* (ver explicación en la Sección 5.2.2 del Capítulo 5). Este será el encargado de administrar las coordenadas geográficas de los cinco puntos medidos para la resolución del mapa de calor, por *cluster* medido.

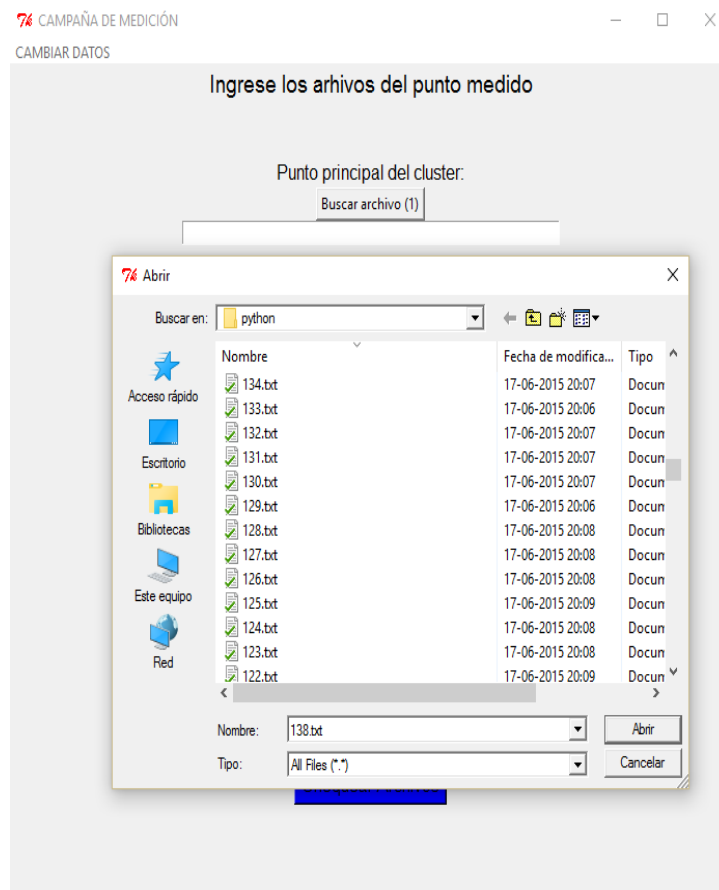


Figura C.12. Ventana: Búsqueda de archivos “Abrir”.

La otra opción de ingreso consiste en escribir el nombre del archivo sin la ruta (siempre cuando se halle en la misma carpeta que el inicio del sistema) o el nombre del archivo con la ruta sobre la caja de entrada de texto.

2. Como se ha expuesto anteriormente, se necesitan cinco mediciones por *cluster* para hacer válida la medición del emplazamiento medido. El usuario debe tener claro el formato de mediciones, que representan a un *cluster* medido. Para ingresar los otros archivos de las mediciones ir a “*Buscar archivo (‘número de medición’)*” y luego “*Abrir*” el archivo.

The screenshot shows a web application window titled "CAMPAÑA DE MEDICIÓN" with a "CAMBIAR DATOS" link. The main heading is "Ingresa los archivos del punto medido". Below this, there are five sections, each for a cluster point:

- Punto principal del cluster:** A search button "Buscar archivo (1)" is above a text input field containing "C:/Users/erik/Google Drive/2016 semestre 1/python/139.txt".
- Punto 2 medido del cluster:** A search button "Buscar archivo (2)" is above a text input field containing "C:/Users/erik/Google Drive/2016 semestre 1/python/138.txt".
- Punto 3 medido del cluster:** A search button "Buscar archivo (3)" is above a text input field containing "C:/Users/erik/Google Drive/2016 semestre 1/python/137.txt".
- Punto 4 medido del cluster:** A search button "Buscar archivo (4)" is above a text input field containing "C:/Users/erik/Google Drive/2016 semestre 1/python/136.txt".
- Punto 5 medido del cluster:** A search button "Buscar archivo (5)" is above a text input field containing "C:/Users/erik/Google Drive/2016 semestre 1/python/135.txt".

At the bottom of the form is a blue button labeled "Chequear Archivos".

Figura C.13. Ventana: “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” con archivos ingresados.

La otra opción de ingreso, consiste en escribir el nombre del archivo sin la ruta (siempre cuando se halle en la misma carpeta que el inicio del sistema) o el nombre del archivo con la ruta sobre la caja de entrada de texto.

- Una vez ingresados los cinco puntos medidos, se comprueba la existencia e integridad de los archivos en el botón “*Chequear Archivos*”. Luego, si existen todos los archivos, surgen etiquetas debajo de cada caja de entrada de texto con la siguiente nomenclatura “El archivo del punto ‘*número de medición*’ si existe”. Si no existen los archivos o no corresponden al patrón descrito en la Sección C.2.4 la leyenda será la siguiente: “El archivo del punto ‘*número de medición*’ no existe”.

El sistema permitirá reingresar los archivos de las mediciones en el caso de que no exista un archivo o se encuentre fuera del patrón de lectura. A continuación se presenta en la Figura C.14 la forma definitiva de la ventana al encontrar todos los archivos.



Figura C.14. Ventana: “CAMPAÑA DE MEDICIÓN” con archivos ingresados y validados.

- Si encuentra todos los archivos se presenta un botón llamado “*Ingresar Cluster*” al final de la ventana principal (ver Figura C.14). Para ingresar definitivamente el *cluster* se presiona el botón “*Ingresar Cluster*”, si se ingresa correctamente el *cluster* surge un cuadro de alerta, el cual avisa el ingreso del *cluster* al sistema.

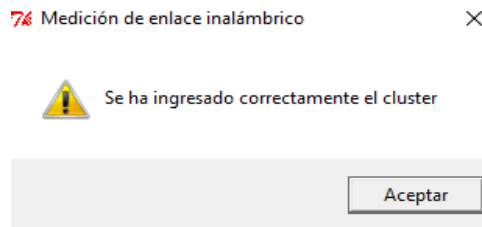


Figura C.15. Notificación: Alerta de ingreso del cluster medido.

- Al ingresar correctamente un *cluster*, el sistema notifica al usuario si quiere ingresar otro *cluster* (ver Figura C.16). Si desea ingresar otro *cluster* se presiona el botón “*Sí*”. Se puede ingresar la cantidad de *cluster* que se deseen (volver al paso dos). Por otro lado, si se presiona el botón “*No*” se pasa al siguiente paso.

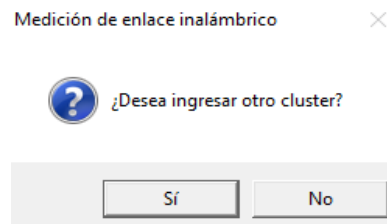


Figura C.16. Cuadro de pregunta: “¿Desea ingresar otro cluster?”.

- Se notifica el ingreso de todos los *cluster* en una ventana llamada “*Medición de enlace inalámbrico*” (ver Figura C.17), dar clic en “*Aceptar*” para continuar.

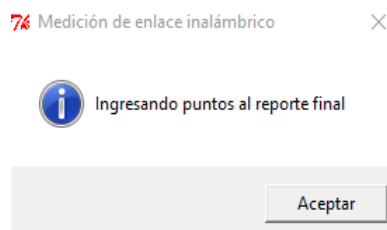


Figura C.17. Información: “Ingresando puntos al reporte final”.

- Una vez ingresados los *cluster* se notifica al usuario si quiere iniciar la apertura de los reportes asociados al sistema. Al presionar “No” el sistema no abrirá los archivos, pero sí los guardará en la misma carpeta que se ha guardado el ejecutable del sistema de “CAMPAÑA DE MEDICIÓN”. Al presionar “Sí” se abrirán los archivos sistema asociados a los *cluster* (ver Sección C.2.5).

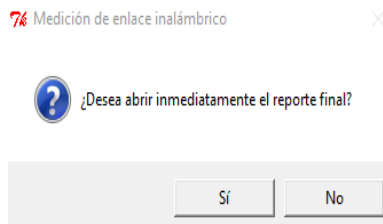


Figura C.18. Cuadro de pregunta: “¿Desea abrir inmediatamente el reporte final?”.

C.2.5. Reportes

Los archivos asociados al sistema de reporte del sistema son dos: Mapa de Calor (“*HTML*”) y Reporte resumen (“*PDF*”). Una vez ingresados los puntos medidos al reporte final, el sistema consulta si se desean abrir los reportes para el posterior análisis.

Mapa de calor

El primer reporte es equivalente a un “mapa de calor”, generado a partir de las potencias empíricas relacionadas directamente a los modelos de propagación de gran escala Friis y Hata. La simbología, detalle de funciones y atributos de las clases agrupadas se pueden encontrar en el Capítulo 6. El archivo posee el nombre de “prueba.html” y se abrirá en el navegador predeterminado existente por defecto.

El mapa contiene tres funciones necesarias para la visualización de los puntos medidos. Todas corresponden a los botones tipo “*switch*”, que permiten ver y quitar elementos del mapa (ver Figura C.19).



Figura C.19. Botones de visualización de funciones del mapa de calor.



Figura C.20. Información desplegada en cada uno de los puntos medidos.

El primer botón “*Ver/Quitar Marker*” pertenece a la vista de elementos “Markers”, los cuales señalan información importante sobre el punto medido (ver Figura C.20). Al presionar este botón desaparecen los “Markers” y causa una mejor visión sobre el desempeño de la señal en el entorno de propagación (ver Figura C.21).

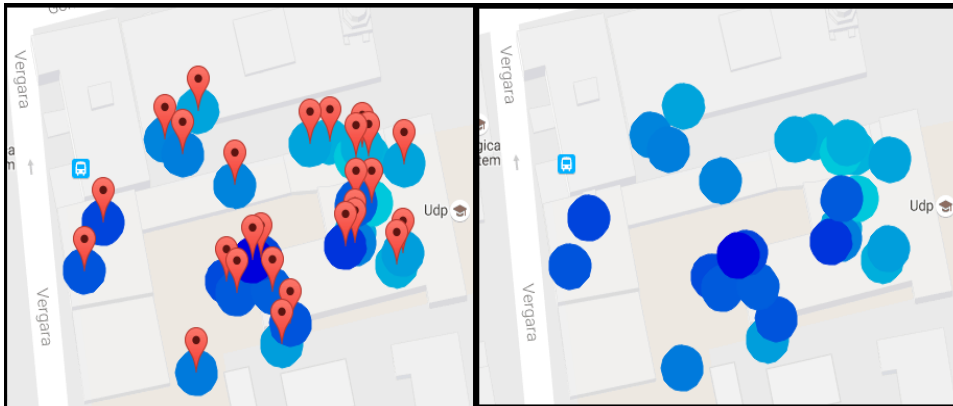


Figura C.21. Comparación del botón “*Ver/Quitar Marker*”.

También existe la posibilidad de limpiar del mapa los radios de recepción aceptable, creados a partir de los modelos de propagación de gran escala Friis y Hata. Para ver y quitar los Modelos presionar el botón “*Ver/Quitar Modelos*” del mapa (ver Figura C.22).

El último botón a observar es el “*Cambiar PIRE*”, donde se requiere

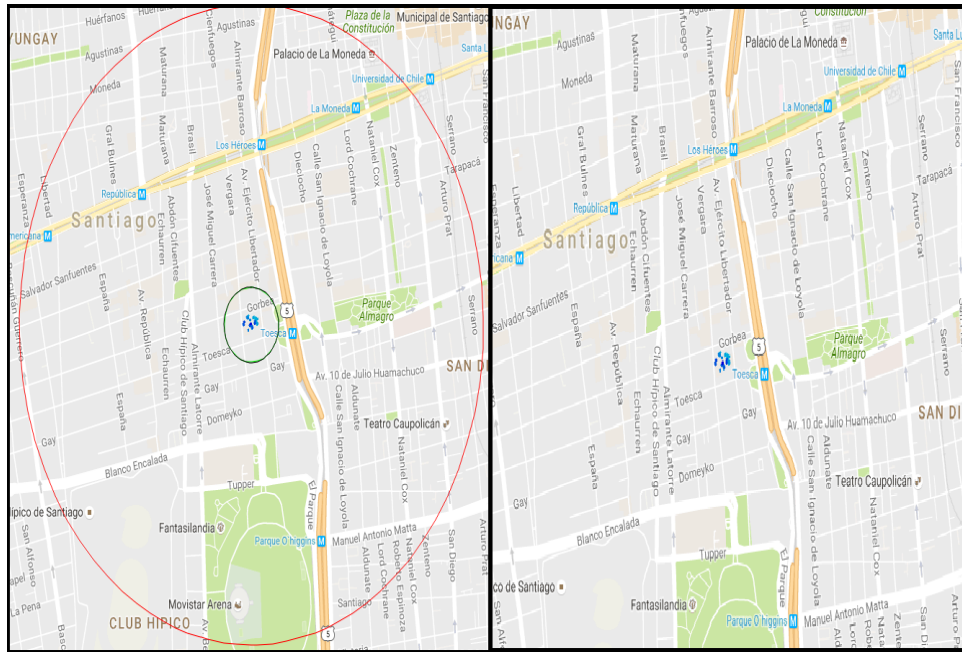


Figura C.22. Comparación del botón “Ver/Quitar Modelos”.

ingresar una nueva potencia de la base transmisora (ver Figura C.23) y la ganancia de la antena transmisora (ver Figura C.24). Este sistema de despliegue permite visualizar los puntos de medición, que son lugares de recepción y que por lo tanto se estima que entre más sitios de cobertura aceptable existan, mejor será el sistema inalámbrico. Es por esto, que se diseñó esta función para que el proyecto sea escalable en la visualización de cobertura. Esta función modifica tanto los “Markers”, como los radios de cobertura por modelo de propagación.

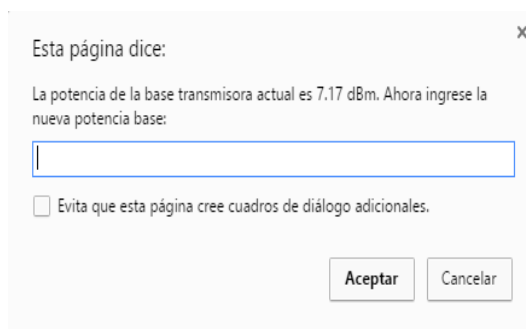


Figura C.23. Ingreso de nueva potencia en sistema de reporte.

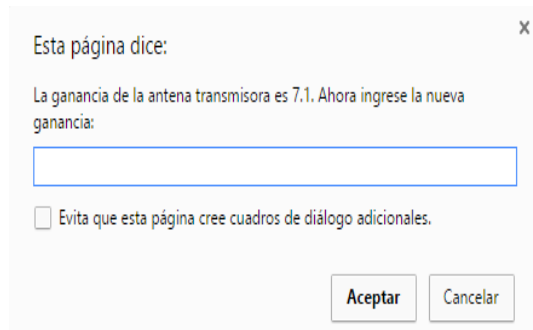


Figura C.24. Ingreso de nueva ganancia en sistema de reporte.

En la Figura C.25 se puede observar la extensión del área de cobertura, al añadir más potencia de salida en la base transmisora. Se elevó la potencia de salida (medida desde la salida del amplificador) de 7,1 a 12,5 dBm. Los radios observados de cada modelo corresponden los más pequeños, al radio de la potencia original (7,1 dBm) y los más grande de cada modelo a la potencia más elevada (12,5 dBm). Así, se puede visualizar la extensión real que significa elevar la potencia en sistema inalámbrico.

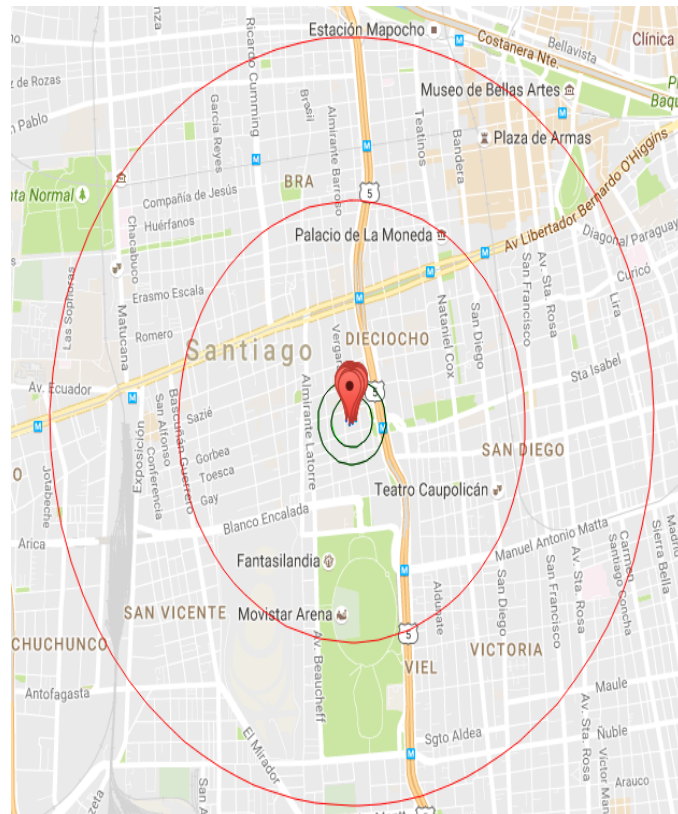


Figura C.25. Comparación de radios.

Reporte de los puntos medidos

El segundo archivo corresponde a un resumen de los puntos medidos ingresados y procesados por el sistema. En el reporte se pueden observar diferentes parámetros de relevancia para el análisis del enlace inalámbrico, entre ellos se pueden observar:

- Número del punto.
- Potencia empírica (dBm).
- Distancia entre base transmisora y punto medido (metros).
- Resultado de Modelo de Friis (dBm).
- Error porcentual entre potencia empírica del punto medido y el resultado del Modelo de Friis (%).
- Resultado de Modelo de Hata Urbano para Grande Ciudades (dBm).
- Error porcentual entre potencia empírica del punto medido y el resultado del Modelo de Hata para Grande Ciudades (%).
- Resultado de Modelo de Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas ciudades (dBm).
- Error porcentual entre potencia empírica del punto medido y el resultado del Modelo de Hata Suburbano para Pequeñas y Medianas ciudades (%).

Además se dispone de un recuadro, en el cual se extienden los promedios de los modelos de propagación de gran escala destacados anteriormente para tenerlos en cuenta en el análisis. Por último, se muestran los datos de la base transmisora:

- Latitud.
- Longitud.
- Frecuencia (MHz).
- Potencia (dBm).
- Ganancia antena transmisora (dBi).

- Altura antena transmisora (metros)

Finalmente, a pie de página se muestra la reseña para identificar si un punto se encuentra dentro del rango de sensibilidad dispuesto por el usuario en la Sección C.2.2. En cada punto medido en la tabla de resumen se podrá advertir si la potencia de la señal es aceptable para la decodificación de la misma.

El nombre del archivo es *“reporte-medicion.pdf”* y será guardado automáticamente en la misma carpeta donde se encuentra el ejecutable del sistema *“CAMPAÑA DE MEDICIÓN”*.

Anexo D

Experiencia de laboratorio II: Configuración sistema de transmisión de TVD–UDP

En este apartado se explicará el procedimiento de configuración del sistema de transmisión del enlace de TVD de la UDP, describiendo desde las configuraciones del Payout y el amplificador, hasta el proceso y cuidados para la conexión de equipos.

La constitución del enlace real contribuye a la realización de las pruebas definitivas de cobertura, servicio o perceptibilidad y también para medir la usabilidad del sistema por partes de los usuarios.

D.1. Configuración inicial del Payout EITV

El equipo responsable de la generación de la señal de Televisión Digital compatible con la norma ISDB-Tb, es el Payout de la marca EITV. Esta estación es capaz de realizar transmisiones de programas de alta definición y contenido interactivo, ideal para el desarrollo y pruebas de estas. A continuación se especifican algunos parámetros de configuración y uso del equipo.

D.1.1. Inicio

Para ingresar a los servicios de la UDP disponibles en el equipo, primero se debe iniciar con el nombre de usuario y la contraseña del equipo.

- **User:** eitv
- **Password:** playout

Si el equipo se encuentra conectado a la red y, además está encendido, se podrá conectar desde cualquier computador enlazado a la red UDP una vez autenticado.

D.1.2. Conexión a la red

Como se sabe, la estación está instalada en dependencias de la UDP, específicamente en la Facultad de Ingeniería, por lo cual se hará uso de la red disponible para realizar la configuración e instalación. La dirección IP asignada fue entregada por el encargado de sistemas de la facultad. Además, se debe agregar que el puerto asignado fue el número dos del *switch* localizado en la sala de instalación de la base transmisora (ver Capítulo 8). El proceso de configuración de red es el siguiente:

1. Una vez conectado físicamente el equipo con el *switch*, ir a “*Configuration*” y luego en “*Network configuration*”, específicamente en “*Gb 1*” ingresar los siguientes parámetros:
 - **Configuration:** “Static IP Address”
 - **IP Address:** 172.16.40.27
 - **Network Mask:** 255.255.255.0
 - **Gateway Address:** 172.16.40.1
2. Presionar el botón “*Apply*” para salvar y aplicar. Se debe esperar un instante para la correcta configuración del sistema.

D.1.3. Guardar video en el equipo

El equipos cuenta con la posibilidad de subir videos desde un computador, para luego transmitirlos de manera de inalámbrica. El procedimiento es el siguiente:

1. Ir a la sección “A/V” y luego a “Add New TS”.
2. En los *textbox* se debe ingresar la siguiente información:
 - **Name:** Visualización del nombre del video.
 - **Source:** Para subir un archivo se accede por el tipo “File” y luego se selecciona el archivo en “Seleccionar archivo”. Tiene una capacidad máxima de 1000 MB por archivo.
 - **PID Video:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del video ¹.
 - **Video Stream Type:** Norma de codificación de video ².
 - **PID Audio:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del audio.
 - **Audio Stream Type:** Norma de codificación de audio ³.
 - **PID PCR:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del PCR (*Program Clock Reference*) ⁴.
 - **Bitrate Video (kbps):** Flujo de datos por segundo para el transporte del video. Generalmente, se utiliza para el video gran parte del ancho de banda para obtener mejor calidad del material.
 - **Bitrate Audio (kbps):** Flujo de datos por segundo para el transporte del audio.
 - **Bitrate TS (bps):** Flujo de datos total del canal.
3. Presionar el botón “Add” para guardar el archivo en la memoria del equipo.


¹El demultiplexor extrae flujos elementales de la corriente de transporte, en parte, mediante la búsqueda de paquetes identificados por el mismo PID.

²Se recomienda la utilización de la norma ITU-T Rec. *H264/ISO/IEC144496 – 10*, ya que permite manipular imágenes de vídeo como simples datos digitales, almacenarlas en diversos tipos de medios de almacenamiento, transmitir las y recibir las por las redes existentes y futuras, y distribuir las por los canales de radiodifusión existentes y futuros [33].

³Se recomienda la utilización de la norma *ISO/IEC13818 – 7* específica para MPEG-2 ACC (*Advanced Audio Coding*), estándar de codificación de audio multicanal que ofrece mayor calidad [34].

⁴Información de sincronización del reloj del receptor necesaria para la decodificación del video, audio y datos.

En la Figura D.1 se muestran los parámetros de configuración e ingreso de un archivo, para la posterior transmisión.



Stream ID **20**

Name

Source FILE

PID Video

Video Stream Type

PID Audio

Audio Stream Type

PID PCR

TOT time decode Synchronize system time with TOT from this input

Bitrate Video (kbps)

Bitrate Audio (kbps)

Bitrate TS (bps)

Figura D.1. Parámetros de transmisión de archivo guardado en el Payout.

D.1.4. Parámetros de transmisión del canal

El equipo cuenta con la capacidad de transmitir dentro un rango de frecuencia amplio para la transmisión de la TVD en la norma ISDB-T, DVB-C, DVB-T y DVB-S. Como se ha dicho anteriormente y como corresponde por la norma elegida por el país, la UDP usa la norma ISDB-T en su versión brasileña (ver Capítulo 2). Además se usará, dada la regulación de la Subtel para canales experimentales, el canal 25, frecuencia 539 MHz. Para configurar los parámetros del canal es necesario realizar las siguientes acciones:

1. Ir a “*Transport Stream*”, en “*List Available TS*” dar clic en “*Action*” en la configuración del canal seleccionado.
2. En “*Transport Stream: ‘Nombre del Canal’* ” revisar la configuración de la Figura D.2.

Configuration
DVB-C
DVB-T
DVB-S
ISDB-T

Broadcast type	<input type="text" value="13-segment TV Broadcast"/>		
Frequency	<input type="text" value="Channel 25"/>	<input type="text" value="539142857"/>	Hz
Area Code	<input type="text" value="1"/>		
Virtual Channel (Remote Control Key ID)	<input type="text" value="25"/>		
TS Name	<input type="text" value="EITV Playback"/>		
Transmission Mode	<input type="text" value="Mode 3: 8k"/>		
Guard Interval	<input type="text" value="1/16"/>		
Partial Reception	<input checked="" type="checkbox"/> Enabled partial reception in the Layer A (implies in Layer A with only 1 segment)		
Emergency	<input type="checkbox"/> Enabled emergency flag		
Hierarchical Layers	Layer A	Layer B	Layer C
Segments	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="0"/>
Modulation	<input type="text" value="QPSK"/>	<input type="text" value="64-QAM"/>	<input type="text" value="DQPSK"/>
Convolutional Rate	<input type="text" value="2/3"/>	<input type="text" value="3/4"/>	<input type="text" value="5/6"/>
Time Interleaving Length	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="8"/>
Bitrate (bps)	<input type="text" value="440560"/>	<input type="text" value="17842800"/>	<input type="text" value="0"/>
Total Bitrate (bps)	<input type="text" value="18283360"/>		

Figura D.2. Configuración II de transmisión para UDP.TV.

Como se sabe el sistema otorga capacidad de transmisión de video y audio de alta calidad, así como de datos, a receptores fijos y también a dispositivos móviles. ISDB-T utiliza modulación BST-OFDM (*Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiple*), dividiendo el ancho de banda del canal en segmentos. Además posee *interleaving* en el dominio del tiempo y de la frecuencia, y código de corrección de errores.

Cada uno de los parámetros de transmisión (esquema de modulación, razón de corrección de errores, longitud de *time interleaving*) puede ser configurado de manera independiente para cada uno de los segmentos. La norma permite transmisión jerárquica de hasta tres capas (*Layer A*, B y C), donde se pueden establecer distintos parámetros de modulación dentro del ancho de banda de transmisión.

Para la transmisión de dispositivos móviles se utiliza el segmento central del canal, que le otorga mayor robustez de recepción. Los receptores móviles se llaman *1-seg*, ya que utilizan el segmento central de los 13 disponibles. Este tipo de receptor logra una recepción parcial, debido a que solo logra

obtener la señal de una parte del ancho de banda total de transmisión, es decir, no necesita procesar los 6 MHz.

A continuación se presentan los diferentes parámetros de configuración que pueden adoptar los segmentos OFDM según el modo de funcionamiento y la distribución de la Figura D.2:

- **Broadcast type: 13-segment TV Broadcast**, se recomienda utilizar esta disposición para la transmisión de TVD (ver especificación en Sección 4.4.1).
- **Frequency: Channel 25, 539 MHz**, hasta el momento es la frecuencia a utilizar como canal experimental.
- **Guard Interval: 1/16**, hay cuatro posibles longitudes del intervalo de guarda del tiempo de símbolo ($1/4$, $1/8$, $1/16$ y $1/32$). Se recomienda $1/16$, ya que presenta una protección adecuada para el entorno de propagación y una velocidad apta de transferencia de datos del sistema.
- Se configura el transmisor en dos capas:
 - **Layer A:**, destinada a móviles, un segmento, QPSK (Modulation), $2/3$ (Convulation Rate) y 4 (Time Interleaving Lenght). Con la disposición anterior se otorga una tasa de bits de 900, 56 kbps.
 - **Layer B:**, destinada a HDTV, 12 segmentos, 64-QAM (Modulation), $3/4$ (Convulation Rate) y 2 (Time Interleaving Lenght). Con la disposición anterior se otorga una tasa de bits de 1486, 9 kbps por segmento, por lo tanto, con los 12 segmentos se obtiene un total de 17, 84 Mbps.

Se distribuyen de manera recomendada los 13 segmentos con cada una de sus configuraciones, generando una correcta recepción según el propósito.

D.1.5. Potencia de salida del Ployout

Se establece la potencia de salida del equipo mediante la medición de esta, a través del equipo *PowerMeter Mini-Circuits* modelo PWR-8FS. La potencia es igual a $-28,7$ dBm medidos (ver Figura D.3).

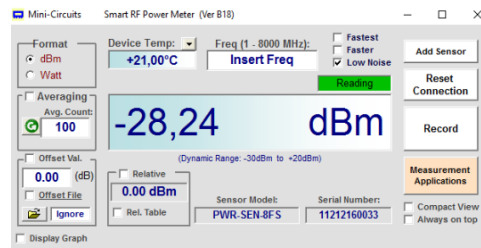


Figura D.3. Potencia de salida del Payout.

D.2. Amplificador

El amplificador Telavo es el usado en la transmisión de TVD de la UDP, las especificaciones se pueden observar en la Sección 4.4.2 del Capítulo “Calibración de equipos”. En la Figura D.4 se presenta la disposición de los interruptores y ajuste de ganancia.



Figura D.4. Amplificador Beta de la marca Telavo.

Donde:

- **Geral:** Encendido del equipo (“LIGA” para encender y “DESL” para apagar).
- **1° CONVERTOR:** Conversor D-A de la señal (“LIGA” para encender y “DESL” para apagar).
- **AJ. POT.:** Ajuste de ganancia, el cual debe estar al 100 % para lograr el máximo (1 W) (ver especificación en la Sección 4.4.2 del Capítulo “Calibración de equipos”).
- **Sensor de “S. COR.”:** Inexistencia de corriente en el circuito.

- **Sensor de “ROE”**: Inexistencia del óptimo acople entre el transmisor de RF y la antena.
- **Sensor de “TEMP”**: Alerta de aumento de temperatura. Si existe un excesivo aumento de temperatura, el equipo entrará en suspensión hasta que descienda la temperatura.

D.2.1. Potencia de salida del Amplificador

Se establece la potencia de salida del equipo mediante la medición de esta, a través del equipo *PowerMeter Mini-Circuits* modelo PWR-8FS. La potencia es igual a +7,1 dBm medidos (ver Figura D.5) con el Ployout conectado y el amplificador al 100 %.

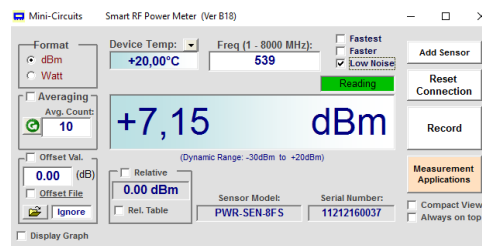


Figura D.5. Potencia de salida del amplificador al 100 % conectado al Ployout.

D.3. Conexiones

D.3.1. Elementos necesarios

Para conectar la base transmisora es necesario, a parte de los equipos anteriormente nombrados (Ployout y Amplificador), los siguientes componentes:

- Antena Yagi (ver descripción en la Sección 4.3.1, Capítulo “Calibración de equipos”).
- Conectores:
 - “Adaptador de acoplamiento N° 9”.
 - “Macho tipo N N° 1”.
 - “Hembra tipo N N° 5”.
 - “Hembra tipo F N° 18”.

- “Macho tipo BNC $N^{\circ} 2$ ”. Las especificaciones se pueden observar en http://www.pomonaelectronics.com/pdf/d5748_5749_101.pdf, página oficial de los conectores utilizados.
- Cable LMR-600 (ver descripción en la Sección 4.4.3, Capítulo “Calibración de equipos”). Este se utiliza cuando la antena transmisora se instala fuera de la habitación de los equipos transmisores, ya que es especial para la localizarlo en la intemperie.
- Cable Hyperlink *CA-195RWH A0336FT*. Se utiliza cuando la antena se localiza en la misma habitación de los equipos transmisores.

D.3.2. Proceso de conexión

El proceso de conexión de los elementos de la base transmisora es el siguiente:

1. **Conectar el amplificador a la antena transmisora.** En esta etapa se utilizará el cable LMR-600 o el cable Hyperlink *CA-195RWH A 0336FT*, y los conectores “Macho tipo N $N^{\circ} 1$ ”, “Hembra tipo N $N^{\circ} 5$ ”, “Adaptador de acoplamiento $N^{\circ} 9$ ” y “Macho tipo BNC $N^{\circ} 2$ ”. La antena debe estar anclada y firme en un trípode adecuado a las dimensiones de la antena transmisora.
2. **Conectar el Payout al amplificador.** Son necesarios en esta etapa los conectores “Adaptador de acoplamiento $N^{\circ} 9$ ”, “Macho tipo N $N^{\circ} 1$ ”, “Hembra tipo N $N^{\circ} 5$ ” y “Hembra tipo F $N^{\circ} 18$ ”. Además, cable Hyperlink *CA-195RWH A 0336FT*.
3. **Verificación de conexiones.** Se deben revisar todas las conexiones, visualizando cualquier conexión desacoplada en especial entre la antena y el amplificador, ya que ambas deben estar siempre conectadas al encender los equipos. Si no existe, el amplificador no tendrá una carga conectada y este podría sufrir una “reflexión de tensión” a través del circuito del equipo.
4. **Encender equipos.** Una vez revisada la conexión entre amplificador y antena, se procede a encender los equipos. Primero el Payout y luego el Amplificador.
5. **Apagar equipos.** Al momento de apagar los equipos, primero se debe apagar el Payout y luego el Amplificador, observando siempre que el Amplificador se encuentre conectado a la antena.

D.4. Emisión del video

Una vez conectada la base transmisora, se puede emitir TVD por la señal RF dispuesta en la frecuencia descrita en la Figura D.2. Como se dijo anteriormente, el Playout tiene la capacidad de transmitir un video pre-cargado y guardado en la memoria del equipo, y transmitir vía *streaming* a través de una aplicación web.

D.4.1. Transmisión de video cargado

Un canal de transmisión del Playout ofrece servicios que pueden ser transmitidos uno a la vez. El proceso para asociar un video pre-cargado (ver parámetros de transmisión en la Sección D.1.4) al servicio del canal es el siguiente:

1. Ir a “*Services*”, en “*List Registered Services*” seleccionar la “*Action*” “*Audio/Video*”.
2. En “*A/V PPlaylist for Service ‘NOMBRE DEL SERVICIO’*”, presionar la “*Action*” “*Unlink*”, para borrar el servicio en ejecución (ver Figura D.6).

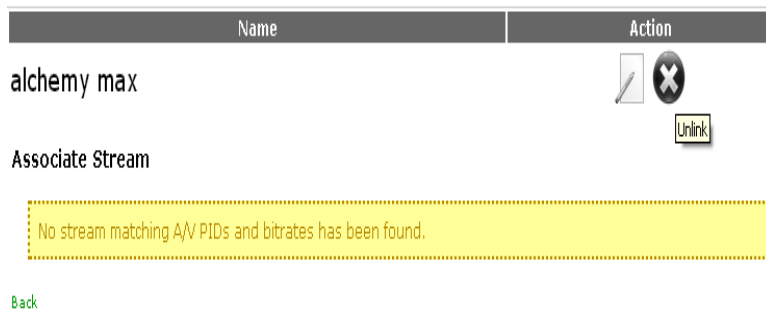


Figura D.6. Añadir un video al servicio del canal.

3. Una vez borrado el video, se puede asociar un video para la transmisión. Ir a “*Associate Stream*”, buscar el video y presionar “*Associate*” (ver Figura D.7)⁵.

⁵Actualmente existen dos archivos: “*Alchemy max*”, resolución de 1920X1080; “*Serenity*”, resolución de 1440X720

Name	Action
Associate Stream	
Stream <input type="text" value="alchemy max"/>	
<input type="button" value="Associate"/>	
Back	

Figura D.7. Último paso para asociar un video al servicio de un canal.

- Para iniciar la transmisión de la señal RF. Ir a “*Transport Stream*”, luego en la lista disponible de servicios (“*List Available TS*”) seleccionar el servicio a transmitir dándole click al botón “*Play*” en la sección “*Action*”. En la Figura D.8 se puede observar la transmisión de “*ALCHEMY*”.

■ Transport Stream

List Available TS
Add New TS
I/O TS
List Saved TS

TS Name	Info	Action
6000 UDP	ISDB-T Modulator 539.14 MHz	
ALCHEMY	ISDB-T Modulator 539.14 MHz	
FILE BASED	ISDB-T Modulator 539.14 MHz	
RTP	ISDB-T Modulator 539.14 MHz	
UDP.TV	ISDB-T Modulator 539.14 MHz	

Figura D.8. “ALCHEMY” en transmisión.

Transmisión de video de prueba

El Payout tiene un video de prueba (de resolución 1920X1080) pre-cargado añadido a un servicio, el cual puede ser emitido de la siguiente forma:

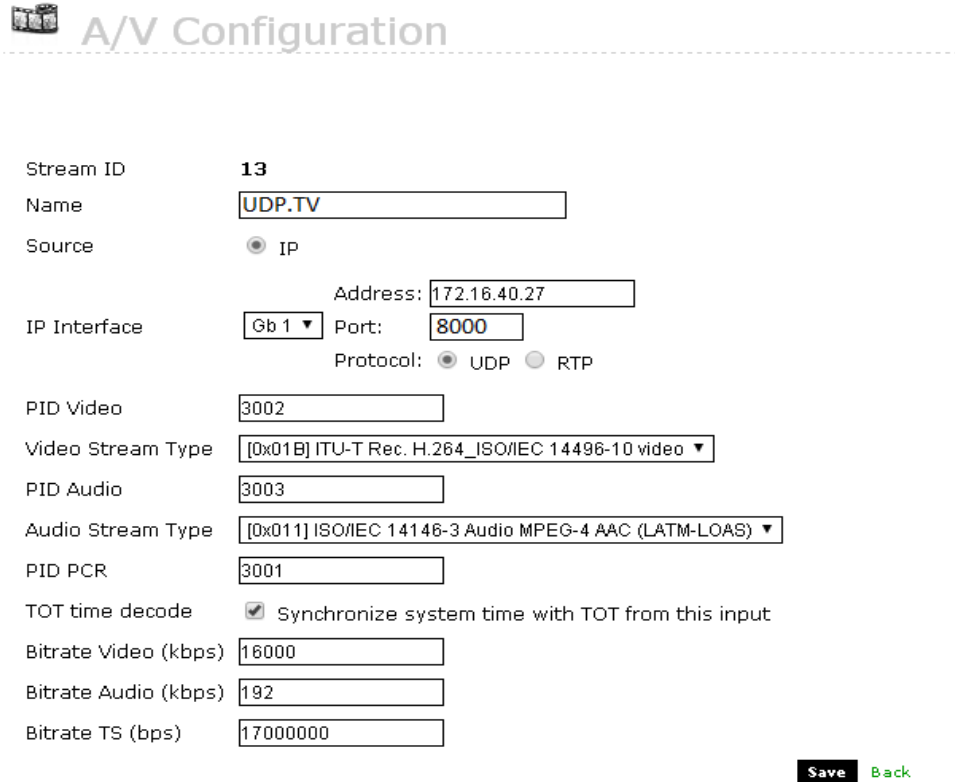
1. Para iniciar la transmisión de la señal RF. Ir a “*Transport Stream*”, luego en la lista disponible de servicios (“*List Availzble TS*”) seleccionar el servicio “FILE BASED”, se le da click al botón “*Play*” en la sección “*Action*”.

D.4.2. Streaming vía IP

Para transmitir vía *streaming*, se debe asociar un servicio a una IP. A continuación, se presenta la configuración correspondiente:

1. Ir a la sección “*A/V*” y luego a “*Add New TS*”.
2. En los *textbox* se debe ingresar la siguiente información:
 - **Name:** Visualización del nombre del video.
 - **Source:** Para asociar el servicio a una IP, se debe seleccionar “*IP*” y agregar la *IP*, interfaz del equipo utilizada, puerto y el tipo de protocolo.
 - **PID Video:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del video.
 - **Video Stream Type:** Norma de codificación de video.
 - **PID Audio:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del audio.
 - **Audio Stream Type:** Norma de codificación de audio.
 - **PID PCR:** Identificador de paquetes que describe los datos de carga útil del PCR (*Program Clock Reference*).
 - **Bitrate Video (kbps):** Flujo de datos por segundo para el transporte del video. Generalmente, se utiliza para el video gran parte del ancho de banda para obtener mejor calidad del material.
 - **Bitrate Audio (kbps):** Flujo de datos por segundo para el transporte del audio.
 - **Bitrate TS (bps):** Flujo de datos total del canal.
3. Presionar el botón “*Add*” para guardar el archivo en la memoria del equipo.

En la Figura D.9 se muestra los parámetros de configuración, para la posterior transmisión vía *streaming*.



A/V Configuration

Stream ID: **13**

Name:

Source: IP

IP Interface: Address: Port: Protocol: UDP RTP

PID Video:

Video Stream Type:

PID Audio:

Audio Stream Type:

PID PCR:

TOT time decode: Synchronize system time with TOT from this input

Bitrate Video (kbps):

Bitrate Audio (kbps):

Bitrate TS (bps):

Figura D.9. Parámetros de transmisión vía *streaming* Playout.

Para transmitir finalmente el video se deben seguir los siguientes pasos:

■ **Conexión al servidor:**

1. **IP:** 200.14.84.211
2. **User:** root
3. **Pass:** holahola

- **Código de transmisión:**

Tabla D.1. Código de inicio de video en la versión *streaming*.

```
ffmpeg -iAlchemy_4K_Ultra_HD.mp4 -presetmedium -qp0 -
vcodeclibx264 -bufsize : v2M - minrate : v15M - maxrate :
v15M - x264optsbitrate = 16000 : vbv - maxrate = 15000 :
vbv - bufsize = 400 : ratetol = 400 : bitrate = 16000 :
vbv - init = 800 : qcomp = 0 - acodecaac - strict - 2 - b :
a192k - mpegts_riginal_network_id0x1 - mpegts_transport_stream_id0x1 -
mpegts_service_id0x25 - mpegts_program_start_id0xbb9 - mpegts_start_pid0xbba -
metadataservice_provider = "JFREZ" - metadataservice_name =
"UDP" - muxrate16M - s1920x1080alchemy.tsudp : //172.16.40.27 :
8000?pkt_size = 1316
```

- **Transmisión final:** Para iniciar la transmisión de la señal RF. Ir a “*Transport Stream*”, luego en la lista disponible de servicios (“*List Available TS*”) seleccionar el servicio a transmitir (*UDP.TV*) dándole click al botón “*Play*” en la sección “*Action*”.

Anexo E

Experiencia de laboratorio III: Campaña de medición, pruebas de cobertura

El proceso a describir en este apartado es la especificación del paso a paso de la metodología de medición de una prueba de cobertura y de servicio. Esta experiencia se basa principalmente en el esquema 5.3 del Capítulo “Metodología de medición”.

A partir de un enlace simulado (ver Figura E.1) se deben representar características similares a un sistema de TVD real. A continuación se presenta el proceso y los parámetros a configurar en los equipos de laboratorio, para simular el enlace real. Se considera como requisito tener conocimientos sobre el uso y funcionamiento de los equipos, ya que en este apartado solo se retratan algunos pasos para llegar a la configuración final de los parámetros a utilizar.

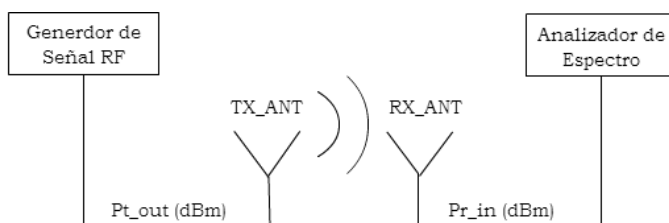


Figura E.1. Esquema de configuración de enlace simulado.

E.1. Configuración del generador de señales

Dentro del esquema de configuración de enlace (Figura E.1), el generador de señales es utilizado como generador de la señal RF con una potencia de salida (dBm) similar a la del enlace real. El equipo utilizado para las pruebas de cobertura de esta memoria es el *R & S* modelo SMC100A (Sección 4.2, Capítulo “Calibración de equipos”).

A continuación se detalla la señal a generar, a partir de la referencia de parámetros representativos de la señal original:

1. *Frecuencia (FREQ)*:

- Referencia: 539 MHz (canal experimental de la UDP).
- Rango del equipo: 9 kHz–1.1 GHz/3.2 GHz (depende de la opción de RF).

2. *Potencia(LEVEL)*:

- Referencia: +7,15 dBm (salida de potencia real del sistema real con ganancia del amplificador).
- Rango del equipo: máximo +17 dBm (medidos).

3. *Modulación(Modulation)*: ON.

- Referencia: *Pulse Modulation*
- Rango del equipo: *Pulse Modulation*, *Amplitude Modulation*, *Frequency Modulation* y *Phase Modulation*.

4. **Mod Gen**: ON.

5. **RF**: ON.

El equipo cuenta con un conector de salida RF de 50 Ohm en la parte delantera, la cual proporciona la señal de RF. En esta salida se debe conectar la antena de transmisión.

E.2. Configuración del analizador de espectro

Como equipo receptor se emplea el analizador de espectro *R & S*, modelo FHS4. Este es portátil, lo cual facilita el trabajo de medición de la señal RF. A continuación se puede observar la configuración para lograr una correcta

medición, basada en el protocolo de medición descrito en la esquema 5.3 del Capítulo “Metodología de medición”.

1. **Frecuencia (FREQ):**
 - Referencia: 539 MHz (canal experimental de la UDP).
2. **SPAN:** Introducir el valor “18” usando el teclado numérico y confirma la entrada con al tecla “MHz”. Con esta acción el equipo muestra la señal del generador con mayor resolución, propicia para observar un canal de TVD (6 MHz) en su extensión.
3. **AMPT:** Introducir el valor en la etiqueta “REF LEVEL” “-20,0” y confirmar con la tecla “dBm”. El analizador de espectro toma este nivel como lo más alto en el diagrama.
4. **Marker:** Presionar “Marker” y luego “New Marker”, este será “M1” donde debe ingresar la frecuencia. El marcador se activa y se posiciona en la frecuencia señalada, trazando una línea vertical en el diagrama.
5. **MEAS:** Presionar “MEAS” y luego “F1”, donde se desplegará un menú. Buscar y seleccionar “Spectrum” para visualizar el espectro de onda generado por la señal de RF.
6. **GPS:** Presionar “SETUP”, luego “Instrument Setup” y finalmente cambiar la condición del GPS de “disable” a “enable”. Es muy importante el GPS, ya que así se pueden geolocalizar las mediciones, para luego llevarlas a los mapas de calor.
7. **TRACE:** Presionar el botón “TRACE”, luego ir al menú principal del modo receptor (“F1”) presionar en “Trace Mode” la opción detector promedio (“Average:10...”). Con esta opción se procede a mostrar 10 detecciones pico de potencia en un instante. La consecuencia es eliminar *fading* espaciales.

E.3. Metodología de medición

Con la configuración del generador de señales y del analizador de señales realizada, se puede efectuar una campaña de medición en forma de prueba de cobertura de un sistema inalámbrico. En base a la metodología dispuesta en el esquema 5.3 del Capítulo “Metodología de medición”, se procede a

presentar el paso a paso de la prueba de cobertura, comenzando por la selección de los puntos donde se pueden realizar las mediciones bajo el modo de agrupación.

Selección de puntos a medir

Es necesario generar una lista de los puntos a medir durante la campaña. Esta acción tiene directos beneficios, tanto para el usuario en términos de orden de medición de los puntos, como para el sistema, ya que colabora en cubrir toda el área de recepción crítica de propagación de la señal. La lista se debe generar con los atributos dispuestos en la Tabla E.1 y es muy importante disponer de una ruta de medición, de manera que la campaña sea eficiente.

Tabla E.1. Atributos de lista previa de puntos a medir, durante una campaña.

Atributos de puntos de medición
Identificador del punto a medir
Nombre representativo del lugar
Zona de medición: Interior–Exterior

Las “Mediciones en agrupación en emplazamientos separado”, criterio seleccionado y una muestra significativa de mediciones en cuanto el número de emplazamientos, implican una mayor precisión para los cálculos y mayor solidez para las conclusiones. De esta forma, se deben seleccionar a lo menos 37 puntos de medición (en interior y exterior para las dos campañas de medición), con el fin de ser representativos para caracterizar la cobertura de la señal de RF.

Configuración de los equipos

1. Configurar el equipo de transmisión (ver Sección E.1) y conectarlo a la antena transmisora ya ubicada en la base. Según la metodología, esta debe estar sobre los 10 metros sobre el suelo para mejorar la propagación de la señal.
2. Configurar el equipo receptor (ver Sección E.2) y conectarlo a la antena receptora.
3. Generar la señal de RF en el generador de señales.

Medición en agrupación

El modo de recepción puede ser en interior y exterior. Para ambos el proceso es el mismo:

1. **Dirigirse al punto de medición:** En los puntos de medición existen lugares de recepción en el interior o el exterior de una facultad o edificio. Se hace necesario este tipo de medición para evaluar la calidad de funcionamiento en todo el espectro de la señal, tanto dentro como fuera de las facultades, inclusive en los lugares donde existan azoteas de esparcimiento.
2. **Medición del punto:** Se medirá la intensidad de campo con el Analizador de Espectro Portátil FSH4, *Rodhe & Schwarz*, que indica la potencia máxima recibida por la antena receptora conectado a este. Para recopilar la intensidad de la medición de forma precisa y completa, la UIT indica que se debe realizar en forma de “cluster”. Un “cluster” se define como un punto de medida inicial identificable y al menos cuatro puntos de medida adicionales situados a la distancia del punto de medida inicial que se indica en la Figura E.2. Siempre que sea posible, el punto de medida inicial será el punto central.

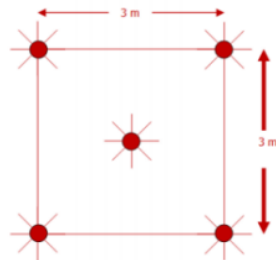


Figura E.2. Disposición del “cluster” de medición.

3. **Primero medir el punto central del cluster**
 - a) **Levantar la antena receptora a dos metros del piso.**
 - b) **La orientación de la antena debe ser óptima**, generando la mejor potencia recibida en el punto de medición, a través del “Trace Mode” Average: 10.
 - c) **Guardar la medición:** Ir a “SAVE/RECALL”, luego “SAVE” (“F1”) para guardar la medición. Se recomienda guardar la medición en

un dispositivo extraíble. Para guardar en un dispositivo extraíble (tarjeta SD), se debe ir al menú horizontal de “*SAVE/RECALL*” presionar “*Internal/SD card*” y luego “*SAVE*”.

4. **Medir los cuatro puntos restante del *cluster*.** Cada uno de ellos guardarlos al igual que el punto principal del *cluster*.
5. **Dirigirse a otro emplazamiento.** Repetir el proceso desde el punto tres de esta sección hasta completar el total de agrupaciones medidas.

Entonces, el proceso de medición quedaría la siguiente manera:

1. **Selección de puntos a medir,** Sección E.3.
2. **Configuración de los equipos,** Sección E.3.
3. **Medición en agrupación,** Sección E.3.

Anexo F

Documentación encuesta: Canal experimental de TVD de la Facultad de Ingeniería de la UDP

F.1. Encuesta propuesta

Sección I: Información previa.

1. Ha escuchado sobre:
¿La Televisión Digital Terrestre?
 - a) Si.
 - b) No.

- ¿Las señales experimentales de TVD?
 - a) Si.
 - b) No.

Sección II: Percepción Canal experimental.

1. ¿Con qué nota de 1 a 5, donde 1 es “Muy malo” y 5 “Muy bueno”, calificaría la calidad de la imagen de esta señal?

1. Muy malo.
2. Malo.
3. Regular.
4. Bueno.
5. Muy bueno.

Justifique:

2. ¿Con qué nota de 1 a 5, donde 1 es “Muy malo” y 5 “Muy bueno”, calificaría la calidad del audio de esta señal?

1. Muy malo.
2. Malo.
3. Regular.
4. Bueno.
5. Muy bueno.

Justifique:

3. ¿Qué diferencias observa respecto a un canal de Televisión abierta (SD)?

4. En caso de haber visualizado algún canal HD en una conexión de TV Cable, ¿Desde su punto de vista, existe alguna diferencia respecto a ella? ¿Cuáles?

5. En caso de haber visualizado algún canal HD en una conexión internet (tipo *Netflix*), ¿Desde su punto de vista, existe alguna diferencia respecto a ella? ¿Cuáles?

6. ¿Le gustaría que la UDP cuente con un canal propio de TVD, con contenido desarrollado por los alumnos?
- a) Si.
 - b) No.

Sección III: Programación–trabajo a futuro.

1. ¿Qué le gustaría ver en el Canal de la UDP? (Se debe tener en cuenta que el contenido será generado por los alumnos de la misma universidad). Selección múltiple.
- a) Programas educativos.
 - b) Noticiarios con cobertura amplia.
 - c) Reportajes culturales.
 - d) Entrevistas.
 - e) Información de la actualidad de la universidad.
 - f) Todas las anteriores.
2. ¿Le gustaría ver en vivo las conferencias, charlas y encuentros deportivos que se realicen en la UDP?
- a) Si.
 - b) No.
3. Si la respuesta anterior es afirmativa. ¿Cuál es su mayor preferencias?. Selección múltiple
- a) Charlas.
 - b) Conferencias.
 - c) Encuentros deportivos.
 - d) Todas las anteriores.
4. ¿Le gustaría agregar alguna propuesta adicional o algún comentario sobre el proyecto?

F.2. Resultados de encuestas

Encuesta 1

Tabla F.1. Sección I: Información previa, encuesta 1.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.2. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 1.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	En comparación con la TV abierta de los canales nacionales, ofrece una imagen superior.
2	Regular	No logra un sonido acorde a una calidad de video superior.
3		Alcanza una mejor relación de aspecto, mejor fluidez de imagen, reducción de interferencia.
4		Si. La TVD sigue obteniendo una mayor tasa de <i>fps</i> y calidad e imagen.
5		No responde.
6	SI	

Tabla F.3. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 1

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 2

Tabla F.4. Sección I: Información previa, encuesta 2.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.5. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 2.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Bueno	Para detalles de nubes y elementos muy pequeños pudiese ver pixeles no tan suavizados.
2	Muy bueno	En general no se aprecian problemas.
3		Tiene más nitidez de colores
4		No he visualizado HD por cable.
5		No responde.
6	SI	

Tabla F.6. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 2

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Programas educativos Noticiarios con cobertura amplia Reportajes culturales Información de la actualidad de la universidad	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 3**Tabla F.7.** Sección I: Información previa, encuesta 3.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.8. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 3.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Es mejor que los canales digitales que puedo ver en casa. En parte influye el dispositivo TV, este tiene más resolución que el mío.
2	Bueno	Razonable para el ambiente, no se percibe interferencia o ruido de fondo.
3		Definición, colorido y sonido.
4		Puede, en mi caso, depender del televisor. Definición, estabilidad de imagen.
5		Estabilidad de imagen y calidad.
6	SI	

Tabla F.9. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 3.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Noticiarios con cobertura amplia Reportajes culturales. Agrega científicos.	
2	SI	
3	Charlas. Conferencias.	
4		Presentaciones de investigadores o tesis seleccionadas. Reportajes nacionales, internacionales y atinentes a la academia, seleccionados de canales de alto prestigio. Eventos deportivos TOP.

Encuesta 4

Tabla F.10. Sección I: Información previa, encuesta 4.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.11. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 4.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Excelente imagen, parece más que HD a momentos.
2	Bueno	Es afecto por el ambiente.
3		Totalmente diferente, pareciera que es un video precargado y no es por antena.
4		No he visto canales HD por cable, pero sí SD y su diferencias principal es la definición de la imagen.
5		Son iguales.
6	SI	

Tabla F.12. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 4.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 5**Tabla F.13.** Sección I: Información previa, encuesta 5.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	NO

Tabla F.14. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 5.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Imagen con buena definición y colores nítidos.
2	Bueno	Se acopla muy levemente el sonido.
3		Mejor calidad de las imágenes y escala de colores.
4		No responde.
5		En Internet se visualiza mejor los videos porque me imagino que al ser una conexión cableada o <i>wifi</i> , tiene mayor capacidad de transferencia.
6	SI	

Tabla F.15. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 5.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores.	
2	SI	
3	Encuentros deportivos.	
4		Licitación el canal para agregar recursos al proyecto y así generar contenido de mayor calidad.

Encuesta 6

Tabla F.16. Sección I: Información previa, encuesta 6.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.17. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 6.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Se observan gran cantidad de colores, son muy nítidos y densos.
2	Bueno	Quizás el televisor no es bueno con el sonido y el ruido ambiente no ayuda mucho. Con audífonos sería una buena prueba.
3		Hace tiempo no veo una señal SD, pero lo que recuerdo esta señal es mucho mejor.
4		No le veo muchas diferencias, pero esta señal tiene una densidad de colores mayor (puede ser el video).
5		El sonido en Netflix es más limpio que en este canal y la imagen es más clara que el video que estoy observando.
6	SI	

Tabla F.18. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 6.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Noticiarios con cobertura amplia. Entrevistas.	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Los alumnos por ejemplo de periodismo deberían generar contenido serio y de calidad para el canal de la UDP. Les ayudaría a su formación como profesional.

Encuesta 7**Tabla F.19.** Sección I: Información previa, encuesta 7.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	NO

Tabla F.20. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 7.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Buena	Sería mejor si se mejoraran la calidad de los blancos, cuando salen nubes se tiende a distorsionar.
2	Bueno	Siento que no es tan limpio, pero puede ser por el equipo.
3		Evidentemente es mejor que un canal SD y tiene la estabilidad correcta.
4		Canales en HD por cable si he visto y son más claros que la imagen que estoy observando. También podría decir que los movimientos de los cuadros son mas definidos, pero este depende del video observado.
5		Solo he visto Youtube en 1080 y se ve bastante parecido. El sonido se diferencia, ya que generalmente escucho con audífonos y este es más limpio en cuando a la calidad.
6	SI	

Tabla F.21. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 7.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores.	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 8

Tabla F.22. Sección I: Información previa, encuesta 8.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.23. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 8.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Me parece que tiene una buena definición y el contraste por objeto de la imagen logra su objetivo.
2	Bueno	Se escucha bien pero creo que está desfasado
3		Este canal tiene mejor definición claramente, contraste y brillo. Por otro lado el sonido posiblemente se escuche igual (Uno siempre se queda con la imagen en la memoria).
4		No he visto canales HD por TV cable.
5		Solo se diferencia en el sonido. El sonido en este canal se escucha poco claro y hasta un poco acoplado con diferencias a un canal HD en una conexión de internet.
6	SI	

Tabla F.24. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 8.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Entrevistas	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 9**Tabla F.25.** Sección I: Información previa, encuesta 9.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.26. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 9.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Se ve mejor que los canales de TV abierta en HD y eso hace referencia que existe una buena calidad de señal del canal.
2	Bueno	Existen momentos del video que el sonido no es totalmente claro y se acopla.
3		Mejor imagen y sonido en cuanto a la calidad , además la imagen se muestra estable en el tiempo.
4		Se asemejan bastante, pero hay una diferencia en la luminosidad de la imagen.
5		Encuentro más similitudes, que diferencias entre ambos. Puede ser que el sonido en una conexión de Internet sea más limpio que este canal.
6	SI	

Tabla F.27. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 9.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Encuentros deportivos	
4		Me hubiera gustado ver al momento de realizar la encuesta el video original, para poder diferenciar de manera clara la calidad de la señal. Sería genial que usarán la función de alerta para dispositivos móviles, como doble función: alerta de eventos de emergencias y eventos que se estén realizando por ejemplo en la Universidad (Charlas, conferencias, etc).

Encuesta 10

Tabla F.28. Sección I: Información previa, encuesta 10.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.29. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 10.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	No hay pérdida de calidad, ni de señal.
2	Bueno	Podría mejorar.
3		Principalmente lo mejora en la calidad de la imagen.
4		No, ninguna.
5		No he tenido esa oportunidad.
6	SI	

Tabla F.30. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 10.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Reportajes culturales Entrevistas Información de la universidad	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 11**Tabla F.31.** Sección I: Información previa, encuesta 11.

Pregunta	Alternativa
1	NO
2	NO

Tabla F.32. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 11.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Tiene una imagen muy clara.
2	Muy bueno	Es un sonido claro y bueno.
3		Es mucho más nítida la imagen.
4		Ninguna.
5		Ninguna.
6	SI	

Tabla F.33. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 11.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Programas educativos	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		No responde.

Encuesta 12

Tabla F.34. Sección I: Información previa, encuesta 12.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	NO

Tabla F.35. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 12.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Se ve bien.
2	Muy bueno	Se escucha sin problemas.
3		Ninguna. Aunque falta ver otros ejemplos para estar seguro.
4		No encuentro alguna para el ejemplo que se muestra.
5		No.
6	SI	

Tabla F.36. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 12.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Programas educativos Reportajes culturales Información de la actualidad de la universidad.	
2	SI	
3	Charlas Conferencias	
4		Generar contenido de calidad y distribuirlo a la comunidad. Similar a los canales de edu. Youtube pero en TV digital.

Encuesta 13**Tabla F.37.** Sección I: Información previa, encuesta 13.

Pregunta	Alternativa
1	NO
2	NO

Tabla F.38. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 13.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Se aprecia buena definición en los objetos de la imagen.
2	Muy bueno	Se escucha bien, sin intermedios de silencios, ni sonidos acoplados.
3		Se nota más estable y con mejor definición claramente.
4		En la TV por cable se ve más limpia la imagen.
5		No existen diferencias.
6	SI	

Tabla F.39. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 13.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Entrevistas	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Canal formal, parecido al canal de TVD de la Universidad de Talca.

Encuesta 14

Tabla F.40. Sección I: Información previa, encuesta 14.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.41. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 14.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Bueno	A primera vista se aprecia una buena calidad de imagen.
2	Bueno	Si bien no fue requerido el audio, sería interesante probar con un concierto o video clip musical.
3		Principalmente la calidad de imagen.
4		La televisión HD no alcanza tal nivel de calidad.
5		La TVD y Netflix alcanzan una calidad muy parecida de video.
6	SI	

Tabla F.42. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 14.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Agregar contenido musical.

Encuesta 15**Tabla F.43.** Sección I: Información previa, encuesta 15.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.44. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 15.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Bueno	Supera en todos los términos a la señal abierta.
2	Regular	No se logra diferenciar en comparación a la señal abierta.
3		Mejoras en los detalles de las imagen y calidad en los movimientos y el sonido.
4		Muy parecida, pero TVD logra una señal un tanto mejor.
5		El contenido tipo Netflix tiene mejor calidad de audio y video.
6	SI	

Tabla F.45. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 15.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Avanzar en el proyecto de manera conjunta con las autoridades de la UDP, para así liberar recursos para el proyecto.

Encuesta 16

Tabla F.46. Sección I: Información previa, encuesta 16.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.47. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 16.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Se puede apreciar de forma perfecta la variedad de planos e iluminación diferenciada por escenas, gracias a la calidad de la imagen.
2	Bueno	Es difícil calificar el sonido, ya que existen factores que impiden la correcta audición.
3		Yo creo que todos los aspectos de calidad, por supuesto que este canal se ve mucho mejor.
4		No he visto ninguno.
5		No existen diferencias con Netflix, es muy buena la calidad del canal.
6	SI	

Tabla F.48. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 16.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Entrevistas	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Dar en vivo las charlas o eventos, que por ejemplo no alcanza a ingresar toda la gente.

Encuesta 17**Tabla F.49.** Sección I: Información previa, encuesta 17.

Pregunta	Alternativa
1	NO
2	NO

Tabla F.50. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 17.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	La calidad es muy buena, con estándares por sobre el HD.
2	Bueno	Quizás con un mejor equipo de amplificación se puede mejorar.
3		La calidad y la gráfica son muchos mejores.
4		Ninguna.
5		Son iguales.
6	SI	

Tabla F.51. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 17.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Expansión a todas las Facultades.

Encuesta 18

Tabla F.52. Sección I: Información previa, encuesta 18.

Pregunta	Alternativa
1	NO
2	NO

Tabla F.53. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 18.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Buena calidad de alta definición.
2	Bueno	buena calidad, pero hay que subir el volumen para escuchar bien.
3		La calidad de la imagen es mucho mejor.
4		No existe mucha diferencia, pero me hubiese gustado ver full HD y no en 4K para poder comparar mejor.
5		No hay comparación a simple vista, pero me hubiese gustado ver full HD y no en 4K para poder comparar mejor.
6	SI	

Tabla F.54. Sección III: Programación–trabajo a futuro, encuesta 18.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Seminarios como JCC y Congresos TIC.

Encuesta 19**Tabla F.55.** Sección I: Información previa, encuesta 19.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.56. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 19.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Parece como si estuviera conectada a la red por la calidad de definición.
2	Bueno	Suena como si estuviera un parlante malo o reventado, espero se entienda.
3		Por todos lados es mejor, calidad de imagen, brillo y luminosidad.
4		Se nota algo más oscura, pero puede ser la imagen o el brillo ajustable del televisor.
5		No hay comparación a simple vista.
6	SI	

Tabla F.57. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 19.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Crear aplicaciones y dar a conocer el sistema de TVD.

Encuesta 20

Tabla F.58. Sección I: Información previa, encuesta 20.

Pregunta	Alternativa
1	SI
2	SI

Tabla F.59. Sección II: Percepción Canal experimental, encuesta 20.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Muy bueno	Excelente definición y calidad de la imagen, el brillo es preciso y la luminosidad es perfecta.
2	Muy bueno	No se nota un ruido blanco, ni externalidades de otro tipo que puedan afectarlo.
3		La calidad de la imagen es superior en todos los aspectos. Lo que me agrada mucho es la estabilidad del canal, comparado por supuesto por la TV conectada a un antena estándar.
4		No existen diferencias con los HD, pero si con lo normales del cable, esta imagen es superior.
5		Son muy parecidas, no aprecio algún rasgo para escribir
6	SI	

Tabla F.60. Sección III: Programación-trabajo a futuro, encuesta 20.

Pregunta	Alternativa	Justificación
1	Todas las anteriores	
2	SI	
3	Todas las anteriores	
4		Realizar un proyecto, donde se le enseñe a la comunidad a crear su propio canal de TVD.

