

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**METODOLOGÍA EN EL DISEÑO DE ÁREAS DE
COBERTURA DE ESTACIONES DE RADIO Y TELEVISIÓN**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
*INGENIERO ELECTRÓNICO***

PRESENTADO POR:

Félix Elard CASTILLO HERRERA

PROMOCIÓN

1989 – I

LIMA – PERÚ

2011

**METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO DE
ÁREAS DE COBERTURA DE ESTACIONES DE
RADIO Y TELEVISIÓN**

Esta Tesis es dedicada a mi esposa Miriam, a mi hija Xuxa y a mi hijo Pável. A pesar que ya fallecieron, también dedico la presente a la memoria de mis padres: Carmelo y Magdalena. A todos ellos, sólo les pido perdón por la demora en realizar mi graduación. profesional.

SUMARIO

La presente Tesis es la condensación de experiencias personales en el diseño de perfiles de proyecto técnicos que deben presentarse al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), cuando una persona ya sea natural o jurídica, solicita la autorización para instalar una estación de radio o de televisión.

Dichos perfiles de proyectos técnicos son los que determinan el área de cobertura de una planta transmisora, ya sea de radio o televisión, tomando en cuenta la máxima potencia efectiva radiada (ERP) que el MTC otorga a cada localidad geográfica del territorio nacional, por intermedio del plan de canalización y asignación de frecuencias de los servicios de radiodifusión.

Esta tesis pretende divulgar, a través de los siete capítulos, los procedimientos y cálculos que se realizan en las transmisiones de las bandas de Onda Media (AM), Frecuencia Modulada (FM), televisión en VHF o UHF; los cuales tienen que efectuarse según la normatividad vigente para que se adecuen a las diversas situaciones de cobertura, las mismas que por lo general dependen de la orografía del lugar donde se pretende instalar la estación de radio o de televisión solicitada.

Adicionalmente, la presente tesis pretende demostrar las fórmulas más usadas en la elaboración de los perfiles mencionados y que no se encuentran fácilmente en cualquier texto de Teoría de campos electromagnéticos, o de radiación y propagación electromagnética aplicados a la Ingeniería de radiodifusión en la cual tesis se desarrolla.

ÍNDICE

	Página
Prólogo	1
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	3
1.1 Introducción	3
1.2 Antecedentes	3
1.3 Planteamiento de objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Justificación de la tesis	5
1.5 Alcances y limitaciones de la tesis	5
1.5.1 Alcances	5
1.5.2 Limitaciones	6
CAPÍTULO II: COMPONENTES DE TODA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN	7
2.1 Introducción	7
2.2 Los estudios	8
2.2.1 Estudios de las estaciones radiales	8
2.2.1.1 Sala de locución	9
2.2.1.2 Sala de control de sonido	9
2.2.1.3 Sala de grabación	12
2.2.1.4 Discoteca y cintateca	12
2.2.1.5 Oficinas administrativas	12
2.2.1.6 Taller de mantenimiento	13
2.2.1.7 Otros	13
2.2.2 Estudios de las estaciones televisivas	13
2.2.2.1 Plató (Set de Televisión)	14
2.2.2.2 Sala de control de realización	14
2.2.2.3 Sala de control de continuidad	15
2.2.2.4 Sala de mantenimiento	15
2.2.2.5 Sala de almacenamiento de equipos	15
2.2.2.6 Sala de almacenamiento de la decoración	15
2.2.2.7 Sala de archivo	15
2.2.2.8 Islas de edición	15
2.2.2.9 Oficinas administrativas	16
2.2.2.10 Otros	16
2.3 La planta transmisora	16
2.3.1 Sala de transmisión	17
2.3.2 Guardianía	17
2.3.3 Sala de energía auxiliar	17
2.3.4 Área para el sistema irradiante	17
2.4 El enlace estudios planta transmisora "STL"	18

2.4.1	Línea física	18
2.4.2	Radioeléctrico	18
2.4.3	Satelital	19
CAPÍTULO III: EL SISTEMA IRRADIANTE DE UNA PLANTA TRANSMISORA		20
3.1	Introducción	20
3.2	La torre	20
3.3	La línea de transmisión	23
3.4	El distribuidor de potencia	25
3.5	La antena	27
3.5.1	Impedancia de Antena	28
3.5.2	Resistencia de radiación	28
3.5.3	Resistencia de pérdidas	28
3.5.4	Resistencia total de la antena	29
3.5.5	Eficiencia de la antena	29
3.5.6	Directividad de la antena	29
3.5.7	Ganancia de antena	29
3.5.8	Diagramas de radiación	29
3.6	La puesta a tierra	33
3.6.1	Finalidades de la puesta a tierra	34
3.6.2	Componentes de una puesta a tierra	34
3.6.2.1	La tierra	34
3.6.2.2	La toma de tierra	34
3.6.2.3	Instalaciones de puesta a tierra	35
3.6.3	Puesta a tierra típica	35
3.7	El pararrayos	37
3.7.1	El cabezal	37
3.7.2	El conductor de descarga	38
3.7.3	La puesta a tierra para el pararrayos	39
CAPITULO IV: CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN EN AM.		40
4.1	Introducción	40
4.1.1	La conductividad del terreno	41
4.1.2	El nomograma para cálculos de cobertura	42
4.2	Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	44
4.3	Estimación de la potencia necesaria en un plan de canalización en onda media	44
4.4	Parámetros necesarios para iniciar los cálculos	45
4.5	Cálculo del área de cobertura para una estación de radiodifusión sonora en onda media	45
4.5.1	Parámetros asumidos	46
4.5.2	Parámetros a calcular	47
4.5.3	Cálculos	47
4.5.3.1	Atenuación total expresada en decibelios en toda la línea de transmisión	47
4.5.3.2	Factor de atenuación en toda la línea de transmisión	48
4.5.3.3	Potencia que llega a la antena	48
4.5.3.4	Potencia efectiva radiada	49
4.5.3.5	Fórmula general para la potencia efectiva radiada	49
4.5.3.6	Factor de corrección	50
4.5.3.7	Cálculo del campo eléctrico para usar el nomograma	51
4.5.3.8	Calculo de la distancia de cobertura	51

4.6	Gráfica del área de cobertura en una carta geográfica del IGN 1/100,000	51
CAPÍTULO V: CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN EN FM.		54
5.1	Introducción	54
5.1.1	Fórmula básica para el cálculo de la distancia en las transmisiones en FM	56
5.1.1.1	Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar	58
5.1.1.2	Nivel medio del terreno	58
5.2	Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	59
5.3	Potencia efectiva radiada máxima según el plan de canalización del MTC	60
5.4	Parámetros necesarios para iniciar los cálculos para una radiación omnidireccional	61
5.5	Cálculo del área de cobertura	61
5.5.1	Parámetros asumidos	62
5.5.2	Parámetros a calcular	63
5.5.3	Cálculos	63
5.5.3.1	Longitud de onda	63
5.5.3.2	Atenuación total de la línea de transmisión más el distribuidor de potencia expresado en decibelios	64
5.5.3.3	Factor de atenuación de toda la línea de transmisión	64
5.5.3.4	Potencia que llega a la antena	64
5.5.3.5	Potencia efectiva radiada	64
5.5.3.6	Nivel medio del terreno	65
5.5.3.7	Altura efectiva de la antena sobre nivel del mar	65
5.5.3.8	Cálculo de H_0	65
5.5.3.9	Altura efectiva de la antena de la planta transmisora	66
5.5.3.10	Altura efectiva de la antena receptora	66
5.5.3.11	Cálculo de la distancia a la cual se producen los contornos de campo eléctrico requerido	67
5.6	Gráfica del área de cobertura en una carta geográfica del IGN 1/100,000 para una radiación omnidireccional	68
5.7	Parámetros necesarios para iniciar los cálculos para un frente de radiación	69
5.8	Cálculo del área de cobertura para un frente de radiación	70
5.8.1	Parámetros asumidos	70
5.8.2	Parámetros a calcular	71
5.8.3	Cálculos	72
5.8.3.1	Longitud de onda	72
5.8.3.2	Atenuación total de la línea de transmisión más el distribuidor de potencia expresado en decibelios	72
5.8.3.3	Factor de atenuación en la línea de transmisión	72
5.8.3.4	Potencia que llega a la antena	72
5.8.3.5	Potencia efectiva radiada	72
5.8.3.6	Nivel medio del terreno	72
5.8.3.7	Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar	72
5.8.3.8	Cálculo de la distancia de cobertura	73
5.9	Gráfica del área de cobertura para un frente de radiación	74
5.10	Parámetros necesarios para iniciar los cálculos de varios frentes de radiación ya sean iguales o distintos	75

5.11	Cálculo del área de cobertura para frentes iguales	76
5.11.1	Parámetros asumidos	79
5.11.2	Parámetros a calcular	80
5.11.3	Cálculos	81
5.11.3.1	Longitud de onda	81
5.11.3.2	Atenuación total de la línea de transmisión	81
5.11.3.3	Factor de atenuación de la línea de transmisión	81
5.11.3.4	Potencia a la salida de la línea de transmisión	81
5.11.3.5	Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia	81
5.11.3.6	Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores de potencia	81
5.11.3.7	Potencia de un frente cualquiera	81
5.11.3.8	Potencia efectiva radiada por frente de radiación	82
5.11.3.9	Nivel medio del terreno	82
5.11.3.10	Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar	82
5.11.3.11	Cálculo de la distancia de cobertura de cualquier frente	82
5.12	Gráfica del área de cobertura para frentes iguales	84
CAPÍTULO VI: CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN EN TELEVISION EN VHF		85
6.1	Introducción	85
6.1.1	Fórmula básica para el cálculo de la distancia de cobertura en las transmisiones de televisión VHF	86
6.2	Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	87
6.3	Potencia efectiva radiada máxima según el plan de canalización del MTC	88
6.4	Cálculo del área de cobertura para frentes de radiación desiguales	88
6.4.1	Parámetros asumidos	88
6.4.2	Parámetros a calcular	90
6.4.3	Cálculos	90
6.4.3.1	Longitud de onda	90
6.4.3.2	Atenuación total de la línea de transmisión	90
6.4.3.3	Factor de atenuación en la línea de transmisión	90
6.4.3.4	Potencia a la salida de la línea de transmisión	90
6.4.3.5	Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia	90
6.4.3.6	Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores de potencia	91
6.4.3.7	Potencia de un frente cualquiera	91
6.4.3.7.1	Potencia en el frente N° 1	91
6.4.3.7.2	Potencia en el frente N° 2	91
6.4.3.7.3	Potencia en el frente N° 3	91
6.4.3.8	Potencia efectiva radiada por frente de radiación	91
6.4.3.8.1	Potencia efectiva radiada en el frente N° 1	91
6.4.3.8.2	Potencia efectiva radiada en el frente N° 2	92
6.4.3.8.3	Potencia efectiva radiada en el frente N° 3	92
6.4.3.9	Nivel medio del terreno	92
6.4.3.10	Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar	92
6.4.3.11	Cálculo de la distancia de cobertura de cualquier frente	92
6.4.3.11.1	Distancia de cobertura del frente N° 1	93
6.4.3.11.2	Distancia de cobertura del frente N° 2	94

6.4.3.11.3	Distancia de cobertura del frente N° 3	95
6.5	Gráfica del área de cobertura para frentes desiguales	96
CAPÍTULO VII: CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISION EN UHF		97
7.1	Introducción	97
7.1.1	El nomograma para cálculos de cobertura	98
7.2	Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones	98
7.3	Potencia efectiva radiada máxima según el plan de canalización del MTC	99
7.4	Cálculo del área de cobertura para un frente de radiación	100
7.4.1	Parámetros asumidos	100
7.4.2	Parámetros a calcular	101
7.4.2.1	Atenuación de la línea de transmisión	101
7.4.2.2	Factor de atenuación en la línea de transmisión	101
7.4.2.3	Potencia a la salida de la línea de transmisión	101
7.4.2.4	Potencia de entrada del distribuidor de potencia	101
7.4.2.5	Potencia en cualquier salida del distribuidor de potencia	101
7.4.2.6	Potencia del frente de transmisión	101
7.4.2.7	Potencia efectiva radiada por el frente	101
7.4.2.8	Nivel medio del terreno	102
7.4.2.9	Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar	102
7.4.2.10	Factor de corrección del campo eléctrico para emplear la curva (50,50)	102
7.4.2.11	Campo eléctrico normalizado a 1 KW para usar la curva (50,50)	102
7.4.2.12	Cálculo de la distancia de cobertura	102
7.5	Gráfica del área de cobertura	103
CONCLUSIONES		105
ANEXOS		106
REFERENCIAS		132
	Bibliografía	132
	Hemerografía	133
	Webgrafía	133

PRÓLOGO

La presente Tesis que alcanzo a los miembros del jurado y en especial a la comunidad universitaria de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería, de la cual soy su egresado desde muchos años, es la condensación de experiencias personales en el diseño de perfiles de proyecto técnicos que deben de presentar al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), cuando una persona ya sea natural o jurídica, solicita la autorización para instalar una estación de radio o de televisión, en cualquier lugar del territorio patrio.

Dichos perfiles de proyectos técnicos son los que determinan el área de cobertura de una planta transmisora, ya sea de radio o televisión, tomando en cuenta la máxima potencia efectiva radiada (ERP) que el MTC otorga a cada localidad geográfica del territorio nacional, por intermedio del plan de canalización y asignación de frecuencias de los servicios de radiodifusión.

Esta tesis pretende divulgar los procedimientos y cálculos que se tienen que efectuar, según la normatividad vigente para que se adecuen a las diversas situaciones de cobertura, las mismas que por lo general dependen de la orografía del lugar donde se pretende instalar la estación de radio o de televisión solicitada. Dichos procedimientos no se han realizado en base a un programa computacional en donde el procedimiento perdería su esencia, quedando para que otros tesisas puedan mecanizarlo con un programa de aplicación computacional o lenguaje de programación. En cuanto a la grafica de los planos está se realiza de acuerdo a lo exigido por el MTC, es decir mediante el estilógrafo; también aquí esta tesis puede ser el punto de partida para que otros tesisas puedan diseñar métodos computacionales que permitan la gráfica de dichos planos en el que se muestran las áreas de cobertura de las estaciones de radiodifusión, ya sean sonoras o televisivas.

La presente tesis empieza con el capítulo I denominado "generalidades" donde se menciona el objetivo general y los objetivos, luego están la justificación, los alcances y las

limitaciones de la tesis.

En el capítulo II denominado “componentes de toda estación de radiodifusión” se hace conocer las partes componentes de toda estación de radiodifusión, ya sea sonora o de televisión.

En el capítulo III denominado “el sistema irradiante de una planta transmisora” se hace conocer las partes componentes que hay en toda planta transmisora, como son, por ejemplo: la torre, la línea de transmisión, el distribuidor de potencia, la antena, la puesta a tierra y el pararrayos.

En el capítulo IV denominado “cálculo del área de cobertura de una estación de AM” se muestra los cálculos que se efectúan en las transmisiones radiales en onda media en donde se hace resaltar el uso del nomograma para efectuar dichos cálculos.

En el capítulo V denominado “cálculo del área de cobertura de una estación en FM” se presenta la fórmula recomendada por la unión internacional de telecomunicaciones para uniformizar los cálculos de cobertura en todos los países miembros; la misma que se usa para diferentes frentes de radiación, ya sean estos iguales o distintos.

Para el capítulo VI denominado “cálculo de cobertura de una estación de televisión en VHF” se utiliza la fórmula del anterior capítulo dado que la televisión de esta banda usa frecuencias similares a la FM y la misma que se aplica a un patrón de radiación general, es decir, varios frentes desiguales.

Por último en el capítulo VII denominado “cálculo del área de cobertura de una estación en televisión en UHF”, por motivos de simplicidad y porque se quiere resaltar el uso de un nomograma similar al de AM, sólo se ha realizado cálculos para un frente de radiación, lo cual no implica que no puedan efectuarse cálculos para más frentes de radiación como el capítulo anterior. Esto se ha hecho por motivos didácticos y no caer en repeticiones.

Adicionalmente, la presente tesis pretende demostrar las fórmulas más usadas en la elaboración de los perfiles mencionados y que no se encuentran fácilmente en cualquier texto de ingeniería que trata los temas referentes a la propagación y radiación de las ondas radioeléctricas; las cuales se deducirán a partir de fórmulas básicas que se pueden encontrar en cualquier texto de Teoría de campos electromagnéticos, o de radiación y propagación electromagnética.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Cuando se desea instalar una estación de radio o de televisión en algún lugar país lo primero que se debe de realizar, para que dicha estación cumpla con las normas legales que exige el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), es elaborar un perfil de proyecto técnico, el cual se exige en la solicitud de autorización que se tiene que presentar ante el MTC para que esta entidad pueda autorizar la instalación de la estación solicitada.

En este sentido, la presente tesis pretende sistematizar los cálculos que se deben de efectuar para las diferentes situaciones que se presentan en la instalación de una estación de radio, ya sea de AM o de FM, o en la instalación de una estación de televisión, ya sea de VHF o de UHF. Esta sistematización involucra que dada una situación particular, la cual depende fundamentalmente de la orografía del lugar donde se desea instalar la estación solicitada y/o del área geográfica que se quiere coberturar, se utilizarán diferentes arreglos de antenas las cuales son agrupadas por frentes de radiación, y por ende los cálculos varían según el número de frentes elegidos.

1.2 Antecedentes

En cuanto a los antecedentes que se pueden mencionar a la presente tesis debo de manifestar que se ha buscado referencias bibliográficas y/o hemerográficas con respecto al tema que va ha tratarse en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UNI y no se ha encontrado algún estudio al respecto; en esos avatares de búsqueda se halló una tesis con un tema que tiene una relación con lo tratado cuyo título es "proyecto de instalación de la estación de Radio Nacional del Perú filial Tacna", la cual toca el tema a tratarse en esta tesis en forma tangencial.

En cuanto se refiere a la normatividad técnica nacional que hay y que está relacionada

con el tema de la tesis debo de indicar que en el Perú hay leyes, reglamentos y normas técnicas, los cuales se indican a continuación:

- **Ley de Telecomunicaciones**, ley N° 26096, publicado el 6 de Mayo de 1993. Modificatoria de la ley de telecomunicaciones por ley N° 27010 denominada "**ley que establece la conformación de los consejos directivos del organismo supervisor de la inversión privada en telecomunicaciones**" publicada el 8 de Diciembre de 1998. Modificatoria de la ley de telecomunicaciones por Ley N° 28737 denominada "**ley que establece la concesión única para la prestación de servicios públicos de telecomunicaciones**" publicada el 18 de Mayo del 2006.
- **Reglamento de la ley de telecomunicaciones**, D.S. N° 027-2004 del 15 de Julio del 2,004. Modificadorias al reglamento de la ley de telecomunicaciones: D.S. N° 040-2004-MTC del 22 de Diciembre del 2004, D.S. N° 022-2005-MTC del 24 de Agosto del 2005, D.S. N° 030-2005-MTC del 31 de Diciembre del 2006, D.S. N° 031-2006-MTC del 15 de Septiembre del 2006 y D.S. N° 041-2006-MTC del 22 de Diciembre del 2006.
- **Ley de radio y televisión**, ley N° 28278, publicado el 16 de Julio del 2,004.
- **Reglamento de la ley de radio y televisión**, D.S. N° 05-2005-MTC, publicado el 15 de Febrero del 2,005.
- **Plan nacional de atribución de frecuencias "PNAF"**, R.M. N° 250-97-MTC/15.19, publicado el 30 de Junio de 1,997.
- **Normas técnicas del servicio de radiodifusión**, R.M. N° 358-2003-MTC/03, publicado el 16 de Mayo del 2,003. Modificatoria de las normas técnicas del servicio de radiodifusión R.S. N° 019-2009-MTC del 24 de Abril del 2009
- **Definición del perímetro urbano para efectos de aplicación de normas relacionadas al servicio de radiodifusión**, R.M. N° 411-2005-MTC/03.
- **Límites máximos permisibles de radiaciones no ionizantes**, D.S. N° 038-2003-MTC del 6 de Julio del 2,003.

1.3 Planteamiento de objetivos

1.3.1 Objetivo general

Sistematizar los cálculos de área de cobertura de las estaciones de radio y televisión, que se adecuen a los arreglos de antenas más usados en la práctica y que estén de acuerdo a lo exigido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos a tomarse en cuenta en la presente tesis, son:

- Describir los componentes básicos de una estación de radiodifusión sonora, ya sea AM o FM, o de una estación de radiodifusión por televisión, ya sea VHF o UHF.

- Describir los componentes de todo sistema irradiante de cualquier planta transmisora, ya sea de radio o televisión.
- Calcular el área de cobertura de una estación de radio en onda media.
- Calcular el área de cobertura de una estación de radio en FM con un frente de radiación o varios frentes ya sean iguales o distintos.
- Calcular el área de cobertura de una estación de televisión en VHF con un frente de radiación o varios frentes ya sean iguales o distintos.
- Calcular el área de cobertura de una estación de televisión en UHF para un sólo frente de radiación.

1.4 Justificación de la tesis

La causa que promueve la presente tesis está justificada en lo siguiente:

- Se elaborará diversos métodos de cálculo para calcular el área de cobertura de una estación de radiodifusión, ya sea radial o televisiva; cada uno de los cuales se adecua según al número de frentes de radiación que se usen.
- La comunidad universitaria de la facultad tendrá un método o modelo de cálculo a seguir, para elaborar Perfiles de Proyectos Técnicos, documentos que son exigidos por el MTC para otorgar autorizaciones de instalación de estaciones de radiodifusión, ya sea sonora o televisiva, a las personas naturales o jurídicas que las soliciten.
- La demostración de algunas fórmulas más usadas en los cálculos a partir de las expresiones básicas de la teoría de campos electromagnéticos y de propagación electromagnética para entender y dominar los procedimientos a exponerse en la tesis.

1.5 Alcances y limitaciones de la tesis

1.5.1 Alcances

Los aspectos que la tesis pretende abarcar son los siguientes:

- Una visión general de los componentes de los que consta toda estación de radiodifusión sonora, ya sea AM o de FM, o de una estación de radiodifusión por televisión.
- Descripción minuciosa del sistema irradiante de toda estación de radiodifusión, ya sea sonora o por televisión.
- El cálculo del área de cobertura de cualquier estación de radiodifusión, ya sea sonora o por televisión, se realizará de acuerdo al formato que exige el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para otorgar autorización de instalación de una estación de radiodifusión.
- Se sistematizará los distintos cálculos según los diferentes frentes de radiación que se utilicen en las estaciones.

- Las gráficas del área de cobertura se realizarán en los planos 1/100,000 elaborados por el Instituto Geográfico Nacional y que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones exige para otorgar autorización de instalación de una estación de radiodifusión, sin tener cuenta el fenómeno de difracción de las ondas electromagnéticas según la topografía del terreno.
- Se hará uso de las especificaciones técnicas, que diferentes fabricantes de equipos comercializan a nivel mundial, en cuanto a: transmisores, líneas de transmisión, distribuidores de potencia y antenas.

1.5.2 Limitaciones

Los aspectos que la tesis no pretende abarcar son:

- Cálculos del fenómeno de difracción asociados a la propagación de las ondas radioeléctricas, los cuales no son exigidos en el perfil de proyecto técnico que exige el MTC.
- Elaboración de programas computacionales, en base a lenguajes de programación o aplicaciones computacionales, que automaticen los cálculos del área de cobertura de cualquier estación porque el objetivo no es ahorrar tiempo sino la comprensión del procedimiento de cálculo.
- El uso de algún programa computacional para la gráfica del área de cobertura en las cartas geográficas 1/100,000 editado por el Instituto Geográfico Nacional "IGN" porque el MTC exige que la gráfica de dichas áreas de cobertura se efectúe en las cartas geográficas originales del IGN.
- Cálculos para las estaciones de radiodifusión sonora en onda corta (SW), ya sea tropical o internacional, pues en el MTC no piden cálculos para este tipo de estaciones y además que dichas bandas de radiodifusión están quedando obsoletas pues cada día las estaciones actuales, tanto nacionales como extranjeras, dejan de transmitir.

CAPITULO II

COMPONENTES DE TODA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN

2.1. Introducción

En lo que respecta a las estaciones de radiodifusión, según el lenguaje usado en la ingeniería de radiodifusión de la cual el tema de tesis está inmerso, debo de mencionar que el término radiodifusión implica las transmisiones que usan las ondas electromagnéticas para transportar información, ya sean sonoras o de imagen; por ello que el MTC utiliza los términos siguientes:

- Radiodifusión sonora en onda media, cuando se refiere a las estaciones radiales que comercialmente ahora son conocidas como AM.
- Radiodifusión sonora en frecuencia modulada, cuando se refiere a las estaciones radiales que comercialmente ahora son conocidas como FM.
- Radiodifusión por televisión en VHF, cuando se trata de las estaciones de televisión desde el canal 2 hasta el canal 13.
- Radiodifusión por televisión en UHF, cuando se trata de las estaciones de televisión desde el canal 14 hasta el canal 59.

Toda estación de radiodifusión, ya sea sonora o por televisión tiene tres elementos o componentes importantes. Ellos son:

- Estudios.
- Planta transmisora
- Enlace estudios-planta transmisora.

En la Fig. N° 2.1 se ilustra el diagrama de bloques de los componentes de toda estación de radiodifusión.



Fig. N° 2.1 Componentes de una estación radiodifusora sonora o televisiva
(Fuente: Elaboración propia)

2.2. Los estudios

Es el componente de toda estación de radiodifusión, ya sea sonora o por televisión, donde se genera el **PROGRAMA**, más conocido como “**PGM**”, que se va a irradiar de la planta transmisora hacia el área de cobertura.

En el caso de las estaciones radiales, tanto de AM como de FM, el PGM está formado por la señal audible, la cual puede contener música y/o voz humana. Desde el punto de vista de la ingeniería de radiodifusión o de las telecomunicaciones el PGM, viene a ser la señal moduladora que hará variar la amplitud, en el caso de una estación radial en AM; o hará variar la frecuencia en el caso de una estación radial en FM.

En las estaciones de televisión, tanto de VHF como de UHF, el PGM está formado por las señales de imagen, más conocido como video; y por las señales de audio. La señal de video del PGM es la señal moduladora del transmisor en amplitud modulada en banda residual que se usa para enviar la información de imagen de la señal de televisión; mientras que la señal de audio del PGM es la señal moduladora del transmisor en frecuencia modulada que se usa para enviar la información audible de la misma señal de televisión.

Por cuestiones funcionales a continuación se van a describir los estudios de las estaciones radiales aparte de las estaciones de televisión porque hay diferencias en los ambientes físicos que usan así como también en el equipamiento que hay en dichos ambientes.

2.2.1. Estudios de las estaciones radiales

En forma general, los estudios están conformados por diversos ambientes, los cuales pueden ser:

- Sala de locución.
- Sala de control de sonido.
- Sala de grabación.
- Discoteca y cintateca.

- Oficinas administrativas.
- Otros.

2.2.1.1. Sala de locución

En este ambiente se producen la parte del PGM referente a los sonidos de la voz humana los cuales son realizados por los locutores. Es común encontrar en la sala de locución los siguientes equipos:

- **Micrófonos:** Son los transductores de entrada que transforman las ondas sonoras producidas por el locutor o el entrevistado en señales de voltaje. Lo que se obtiene a la salida de un micrófono es más conocida como señal banda base.
- **Parlante monitor:** Este transductor de salida es el que transforma las señales de voltaje del PGM en ondas sonoras y que para el caso de las estaciones radiales siempre es colocado en una parte alta de la sala de locución para permitir, tanto a los locutores como a los entrevistados, que puedan escuchar la forma como el programa radial es emitido al aire. El nivel del volumen es bajo para no permitir la posibilidad de realimentación del sonido del PGM.
- **Audífonos:** Este aparato permite por intermedio de unos parlantes en miniatura y que se colocan sobre las dos orejas o a veces en el interior de una de ellas, para que los locutores puedan escuchar las órdenes del director del programa, por intermedio de un sistema intercomunicador, para que este puede desarrollarse convenientemente según lo planificado. También permite escuchar el programa tal como es emitido al aire, es decir haciendo la misma función que el parlante monitor eliminando así la posibilidad de realimentación en el sonido del PGM irradiado.
- **Teléfono:** Este aparato permite conectar a los estudios de la estación radiodifusora con el red telefónica conmutada pública (PSTN) para permitir que los radioyentes puedan mantener conversación con los locutores, el cual puede salir o no al aire.

2.2.1.2. Sala de control de sonido

En este ambiente se producen todos los sonidos provenientes de diferentes fuentes sonoras las mismas que se mezclan con el sonido proveniente de la sala de locución para conformar el PGM final, obteniéndose este en el equipo denominado consola mezcladora. Las fuentes sonoras pueden ser: tocadiscos o tornamesas, caseteras o reproductoras de cintas, reproductoras de disco compacto (CD), computadora personal (PC), etc.

La calidad de sonido del PGM depende de la destreza del operador de la sala de control de sonidos el cual debe manejar hábilmente todos los equipos que hay en dicha sala. Los equipos que hay en toda sala de control de sonidos de cualquier estación

radiodifusora sonora, son:

- **Tornamesa o tocadiscos:** Permite obtener el sonido a partir de surcos grabados en un disco de vinílico siendo obtenido una alta fidelidad (HF) en los disco de larga duración (LP) que se reproducían a una velocidad de 33 rpm y cuya comercialización se realizó a partir de 1,940¹.

En la actualidad su uso está siendo cada día menos, salvo si se quiere reproducir alguno de ellos con motivo especiales y porque dicha fuente sonora no se encuentran en otras fuentes alternativas. El sonido es grabado en forma analógica.

- **Casetera o reproductora de cinta:** Obtiene el sonido a partir de una cinta magnética el cual puede estar en casete o un carrete de cinta magnética. Todavía se sigue usando esta fuente sonora. El sonido es grabado en forma analógica en los casetes, más conocidos como casetes compactas de audio (CC) algo similar se realiza en las cintas de carrete; mientras que es grabado en forma digital y siendo su calidad de reproducción similar que los discos compactos, en varios sistemas destacándose entre ellos: el casete compacto digital (DCC)² y la cinta de audio digital (DAT)³, siendo grabados ambos sin compresión de la señal audio.
- **Reproductora de disco compacto:** Se obtiene el sonido a partir de un disco de un diámetro de 120 mm y de espesor 1.2 mm mediante un proceso de lectura óptica⁴ por intermedio de una luz laser que se envía de una cabeza óptica y que la misma recibe la reflexión de dicha luz de la superficie del disco, que está en rotación angular, recibándose la señal digital en la cual está codificado el sonido. Dicho sonido grabado, en sus primeras versiones originales es en forma digital sin compresión distinguiéndose por la denominación PCM, mientras que para el caso de sonido grabado con compresión existen dos formatos bien difundidos como el MP3 y el WMA.
- **Computadora personal:** La computadora personal (PC) ahora se usa mucho en los Estudios de una estación radial principalmente, no para la obtención de sonido como cualquier fuente sonora, sino para automatizar la producción musical de un programa radial. Existen muchos programas de aplicación computacional, ya sean propietarios o

¹ Egon STRAUSS. **Equipos de audio modernos.** Pág. 13

² Egon STRAUSS. **Equipos de audio modernos.** Pág. 14

³ Egon STRAUSS. **Ob. Cit.** Pág. 53

Egon STRAUSS. **Ob. Cit.** Pág. 45

libres, para la automatización de una estación radial, destacándose la aplicación libre y que se encuentra en castellano denominada ZARA STUDIO⁵, que es de amplio uso en muchas estaciones radiales nacionales, la cual funciona convenientemente con el sistema operativo "Windows XP" aunque lamentablemente no funciona en sistemas operativos últimos como el Windows Vista ni el Windows 7.

- **Consola mezcladora:** Es el equipo principal que hay toda sala de control de sonido de toda estación radiodifusora. A este equipo entran todas las señales provenientes de las diferentes fuentes sonoras e incluso las provenientes de los micrófonos que se encuentran en la sala de locución. También están conectados los teléfonos que para el caso de las consolas mezcladoras son conocidas como "híbridos", los cuales permiten las conversaciones entre los locutores y los radioyentes.

Una buena consola mezcladora tiene un sistema de intercomunicación para permitir la comunicación entre el director del programa con los locutores vía los audífonos. Además tienen una salida para un indicador luminoso que se usa para avisar, mediante un letrero luminoso, a la sala de locución cuando se está en el aire y cuando no.

- **Procesador de audio:** Este equipo se está usando últimamente en toda sala de control de sonido de cualquier estudio radial porque, a parte de ser una exigencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), permite que el PGM mejore en calidad de sonido.

Desde el punto de vista funcional un procesador de audio se puede indicar que es un ecualizador más un limitador. La sección ecualizadora permite que se puedan amplificar un rango de frecuencias de la banda audible (0 – 20 KHz) para resaltarlas sobre el resto de la misma banda. Mientras que la sección limitadora permite que el nivel de sonido de un rango de frecuencias de la banda audible o toda la banda no se pase de un cierto nivel prefijado. De esta manera se puede controlar que el índice de modulación, que se usa tanto en las estaciones de AM como de FM, no se sobrepase de un cierto nivel permitiendo así cumplir con los requisitos de transmisión que exige el MTC.

Para el caso de las estaciones en AM en la cual se hace variar la amplitud de la onda portadora según la señal moduladora (PGM) por lo cual el entonces el índice de modulación no debe ser mayor al 100% (que es el tope físico) porque si en caso así

⁵ <http://www.zarastudio.es>

fuera entonces en el lado de recepción no se podría recuperar la información transmitida (señal banda base) lo cual siempre se manifiesta como un entrecortado de la señal; aparte que el transmisor en estas circunstancias introduce en los canales adyacentes mucha interferencias perjudicando las transmisiones de las estaciones radiales adyacentes. Como la amplitud o nivel de la señal moduladora hace variar la amplitud de la portadora entonces con el procesador de audio se puede controlar el índice de modulación de la portadora si se mantiene la moduladora bajo un cierto nivel. Para tener un rango de seguridad en el índice de modulación en las transmisiones radiales en AM se sugiere trabajar con índices de modulación menores a 80%.

En las estaciones de FM en la cual se hace variar la frecuencia instantánea de la onda portadora según la señal moduladora (PGM) y como la frecuencia puede variar, teóricamente, hasta infinito entonces no tiene mucho sentido usar el término índice de modulación; pero como por normas internacionales no se puede otorgar amplios anchos de banda de transmisión para así permitir la mayor cantidad de estaciones de radio en una banda de radiodifusión, entonces se ha limitado la máxima desviación de frecuencia de la portadora de toda transmisión en FM en 75 KHz por lo cual a este valor se le ha denominado como 100% de índice de modulación. Como a mayor amplitud de la señal moduladora se aumenta la desviación de frecuencia entonces controlando el nivel de la señal moduladora se controla la desviación máxima permitida por lo cual el procesador de audio es usado en estas circunstancias.

2.2.1.3. Sala de grabación

En este ambiente se efectúan las grabaciones de comerciales, cuñas, promociones, apoyos. También en esta sala se graban programas que se transmitirán en diferido según la programación de la estación radial.

El equipamiento de esta sala es en menor escala a lo que hay tanto en la sala de locución como en la sala de control de sonido, es decir, se tienen micrófonos, consola mezcladora, reproductoras de disco compacto, caseteras, etc.

2.2.1.4. Discoteca y cintateca

En este ambiente se tendrá almacenado y ordenado adecuadamente todo el material como discos, casetes, cintas y discos compactos que se usarán en la producción de programas. También estarán almacenados los programas grabados.

2.2.1.5. Oficinas administrativas

Estos ambientes sirven para la instalación del personal que se encargará del control de la buena marcha de la estación radial y del personal de apoyo. Por lo general consta

de una gerencia y una secretaría como mínimo. En cambio otros añaden a lo mencionado, el área de comercialización y/o ventas.

2.2.1.6. Taller de mantenimiento

En este ambiente se da soporte al mantenimiento preventivo y correctivo de todo el equipamiento electrónico de la estación radial. Teniéndose a técnicos electrónicos e ingenieros electrónicos como personal de este ambiente, los cuales deben tener todas las herramientas y equipos que hay en todo taller de reparaciones.

2.2.1.7. Otros

Se refieren a los otros ambientes que también hay en cualquier estudio radial, como por ejemplo ambientes para guardianía, salón de estar, etc.

2.2.2. Estudios de las estaciones televisivas

En forma general, los estudios de una estación de televisión tienen diversos ambientes físicos*, los cuales pueden ser⁶:

- El plató (Set de Televisión)**
- Sala de control de realización.
- Sala de control de continuidad.
- Sala de mantenimiento.
- Sala de almacenamiento de equipos.
- Sala de almacenamiento de la decoración.
- Sala de archivo.
- Islas de edición.

⁶ Ministerio de Educación del gobierno de España. Disponible en <http://recursos.cnice.mec.es/media/television/bloque5/pag1.htm> Consultado el 15 de Diciembre del 2,009

* No hay uniformidad en los nombres que se le dan a los diversos ambientes que hay en toda estación de televisión, la cual varía según el idioma y país. La denominación usada es una propuesta del tesista y que está de acuerdo, en su gran parte, con la denominación usada en algunas estaciones de televisión del país.

** En el país más usan el término inglés de SET; pero el tesista cree que es necesario introducir el término PLATÓ muy usado en España.

grabadoras de casete y de carrete, etc.

- **Área de grabación y otros:** Es el lugar donde están los equipos de grabación de video, como las videocaseteras, grabadoras de disco compacto y ahora último las computadoras especializadas en grabación de video profesional. Cuando el plató se encuentra en un lugar distante de los estudios principales de la estación de televisión entonces en esta área se colocan los equipos de micro-ondas que permiten enlazar radioeléctricamente el plató distante con el estudio principal de la estación.

2.2.2.3. Sala de control de continuidad

Es el ambiente donde se selecciona las diferentes fuentes de imágenes que constituye la programación que se está enviando al aire, como puede ser un programa cualquiera, la publicidad, las cuñas televisivas, promociones televisivas, etc. Desde aquí se incorpora la voz en *off* cuando falla el sonido en una transmisión. En esta sala está el mezclador de video principal más conocido como “switcher”; también hay varios monitores que permiten observar las diversas señales de video a seleccionarse.

2.2.2.4. Sala de mantenimiento

En este ambiente se realiza el mantenimiento preventivo y correctivo de todo el equipamiento electrónico de los estudios del canal de televisión. Teniéndose a técnicos electrónicos e ingenieros electrónicos como personal de este ambiente, los cuales deben tener todas las herramientas y equipos que hay en todo taller de reparaciones electrónicas como: osciloscopios, generador de funciones, analizador de espectros, fuentes de alimentación, multímetros, vatímetros de RF, vectoroscopios, herramientas, etc.

2.2.2.5. Sala de almacenamiento de equipos

Este ambiente se destina para el almacenamiento de los equipos de uso corriente y de reserva como: cámaras, trípodes, micrófonos, equipos portátiles de radioenlace a micro-ondas, cables, etc.

2.2.2.6. Sala de almacenamiento de la decoración

Donde se almacena todos los decorados, fondos, forillos, y demás accesorios que se usan en el plató para los diferentes programas televisivos de la estación.

2.2.2.7. Sala de archivo

Es el ambiente donde se conservan todas las cintas de video o discos DVD de los programas de diversos géneros emitidos por la estación televisiva, así como también se almacenan las entrevistas y noticias sin editar. Este lugar cuenta con condiciones de temperatura y humedad especiales lo cual se consigue con equipamiento idóneo.

2.2.2.8. Islas de edición

En este ambiente se realizan, por lo general, los reportajes noticiosos así también como las promociones televisivas.

El equipamiento de una isla de edición está compuesto por : una consola mezcladora de video pequeña, una mezcladora de audio pequeña, reproductoras y grabadoras de cinta, reproductoras y grabadoras de DVD, reproductoras de casete, equipos de cómputo para edición no lineal, etc.

2.2.2.9. Oficinas administrativas

Estos ambientes sirven para la instalación del personal que se encargará del control de la buena marcha de la estación televisiva y del personal de apoyo. Por lo general constan de varias gerencias como: gerencia de programación, gerencia de comercialización, gerencia de administración, gerencia de proyectos, gerencia técnica, etc. Cada gerencia tiene su respectivo personal.

2.2.2.10. Otros

Se refieren a los otros ambientes que también hay en cualquier estudio de una estación de televisión, como por ejemplo ambientes para guardianía, salón de estar, etc.

2.3. La planta transmisora

Es un componente fundamental de toda estación de radio o de televisión la cual se encarga de irradiar a toda el área de cobertura deseada el PGM que llega de los estudios.

Normalmente el Ministerio de Transportes y comunicaciones exige que las áreas de cobertura deben tener un campo eléctrico mínimo en el contorno más alejado de la planta transmisora, para asegurar una calidad de recepción, tanto en los receptores de radio como en las receptores de televisión. Dichos valores de campo eléctrico, de acuerdo a las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) deben medirse en el lado de recepción para una altura de 10 metros sobre el nivel del terreno y deben expresarse en decibelios con respecto a un micro voltio/metro ($\text{dB}_{\mu\text{V/m}}$). En la tabla N° 2.1 se observan dichos valores.

Generalmente en toda planta transmisora se destaca los siguientes ambientes:

- Sala de transmisión.
- Guardianía.
- Sala de energía auxiliar.
- Area para el sistema irradiante.

Tabla N° 2.1 Campo eléctrico mínimo para las áreas de cobertura en los diversos sistemas de radiodifusión⁷ (Fuente: elaboración propia)

SERVICIO	BANDA	FRECUENCIAS	CANALES	CAMPO ELÉCTRICO
Radio	AM	(530 – 1,600)KHz	1 - 106	62 dB _{μV/m}
	FM	(88 -108) MHz	201 - 300	66 dB _{μV/m}
Televisión	I	(54 – 88) MHz	2 – 6	68 dB _{μV/m}
	III	(174 – 216) MHz	7 – 13	71 dB _{μV/m}
	IV	(470 – 584) MHz	14 - 32	74 dB _{μV/m}
	V	(584 – 746) MHz	33 - 59	74 dB _{μV/m}

2.3.1. Sala de transmisión

En este ambiente se coloca, fundamentalmente el transmisor de la estación. También se instala en este ambiente el receptor del enlace del estudio – planta transmisora (STL). Por último, en este ambiente se colocan el equipamiento mínimo que toda planta transmisora debe tener por exigencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones como: osciloscopio, monitor de modulación, procesador de audio, etc.

2.3.2. Guardianía

Este ambiente se destina para los vigilantes de la planta transmisora dado que la misma, por normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, debe estar fuera del radio urbano lo que siempre implica que las plantas se sitúen en los cerros o pequeñas elevaciones que circundan una ciudad; por ello para evitar robos toda planta transmisora debe tener por lo menos un vigilante.

2.3.3. Sala de energía auxiliar

Este ambiente es destinado en aquellas estaciones, tanto de radio como de televisión, que tienen un “sistema de alimentación ininterrumpida” (UPS) el cual le permite que la planta transmisora siga funcionando cuando se va la energía eléctrica proporcionada por la compañía eléctrica local. Generalmente tiene un generador eléctrico accionado por un motor de combustión a petróleo, el cual mientras se estabilice el voltaje requerido después del arranque del motor, hace uso de un banco de baterías para proporcionar la energía eléctrica por breves segundos, y después mediante un control electrónico hacer que el generador eléctrico sea el que proporcione la energía a toda la planta transmisora.

2.3.4. Área para el sistema irradiante

⁷ Normas técnicas del servicio de radiodifusión. RM N° 358-2003-MTC/03. Págs: 244181, 244182, 244203, 244206.

Es el espacio de área abierta destinada para situar la torre donde se instalará las antenas, si se trata de estaciones radiales de FM o de televisión; mientras la torre misma será la antena en las estaciones radiales de AM estando la misma aislada del terreno.

2.4. El enlace estudios planta transmisora (STL)

Este tercer componente de toda estación radial o televisiva es el que se encarga de llevar el PGM de los estudios hacia la planta transmisora. También es conocido como STL, anagrama que proviene de **S**tudios **T**ransmitter **L**ink; aunque en el argot a veces lo denominan como "link".

Por lo general, hay 3 tipos de STL:

- Línea física.
- Radioeléctrico.
- Satelital.

2.4.1. Línea física

Es cuando se usa una línea de transmisión, ya sea bifilar o coaxial, para llevar el PGM de los estudios hacia la planta transmisora. Se necesita izar postes por lo menos cada 50 metros para que el cable eléctrico pueda tenderse y sólo es más conveniente económicamente cuando la distancia de separación entre los estudios y la planta es menor a 1 Km. En las estaciones radiales, ya sea de AM o FM el cable más usado es el tipo telefónico, que es un cable bifilar plano de 600 Ω de impedancia característica, por lo que es común que se use en los estudios un amplificador de audio de 600 Ω de impedancia de salida para que exista máxima transferencia de la señal y permita enviar el PGM hacia la planta de la forma más eficiente. Para realizar aislamientos eléctricos es usual que se usen transformadores de aislamiento de 600 Ω de impedancia tanto a la entrada como a la salida de la línea de transmisión.

La inversión económica para la implementación de este tipo de STL al inicio es fuerte por el uso de postes, la cual se ve recompensada por no pagar canon al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) por su uso.

2.4.2. Radioeléctrico

En este tipo de STL se usa un transmisor de radiofrecuencia con su respectiva antena direccional, por lo general Yagui en las estaciones radiales y una antena parabólica de micro-ondas en las estaciones de televisión, que se instala en los estudios y un receptor de radiofrecuencia con su respectiva antena que se instala en la planta transmisora. La frecuencia de trabajo, tanto del transmisor como del receptor, es la misma y es otorgada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de una solicitud.

Es usual que la potencia del transmisor STL cuando se trata de estaciones radiales

suele ser de 5 a 20 Vatios; mientras que en las estaciones televisivas, por usar microondas, la potencia del transmisor varía de 0.5 a 5 vatios.

Las bandas de radiofrecuencia destinados para ser usadas como STL, tanto de las estaciones radiales como televisivas, están indicadas en la tabla N° 2.2

Tabla N° 2.2 Bandas de frecuencias destinadas para el servicio STL radioeléctrico para estaciones radiales⁸ y televisivas⁹. (Fuente: elaboración propia)

SERVICIO	BANDA	FRECUENCIAS (MHZ)
Radio	AM	452.35 - 454.84 459.475 - 460 469.525 - 470
	FM	942 - 960
Televisión	VHF - UHF	7,100 - 7,250
		7,300 - 7,425
		10,550 - 10,700
		12,700 - 13,250

2.4.3. Satelital

Es un tipo STL radioeléctrico que usa una antena parabólica para receptionar el PGM proveniente de un satélite geoestacionario (a una altitud de 36,000 Km por encima de la línea ecuatorial) que a su vez retransmite, por intermedio de un transponedor, la señal PGM emitido en otra ciudad muy distante de la planta transmisora. Es muy usual que usen la banda C o la banda Ku para este tipo de STL. En estos enlaces la planta transmisora por lo general se comporta como una repetidora de la señal de una cadena, ya sea radial o televisiva, que transmite a nivel nacional para poder pagar el alto costo del alquiler del transponedor del satélite que usan.

El transponedor es una sección de un satélite geoestacionario que consta de una antena receptora, convertidores de bajada y convertidores de subida, amplificadores de onda progresiva (TWT) que permiten amplificar la señal a enviarse al área terrestre que se desea cubrir y por último consta de una antena transmisora. Todos estos bloques del satélite conforman el transponedor y es lo que la compañía satelital alquila a las empresas de radio o televisión para llevar sus señales a grandes distancias.

⁸ Normas técnicas del servicio de radiodifusión. RM N° 358-2003-MTC/03.
Págs: 244177, 244180.

⁹ Plan nacional de atribución de frecuencias. RM N° 250-97-MTC/15.19.
Pág.150513

CAPITULO III

EL SISTEMA IRRADIANTE DE UNA PLANTA TRANSMISORA

3.1 Introducción

El sistema irradiante es la parte fundamental de una planta transmisora junto al transmisor; mientras este último proporciona la energía radioeléctrica de alta frecuencia (mayor a 0.5 MHz) con una frecuencia fija en las estaciones de AM o una frecuencia variable en las estaciones de FM; el sistema irradiante permite conducir dicha energía hasta la antena y por medio de este último componente, irradiar dicha energía radioeléctrica al área de cobertura.

Para ello el sistema irradiante siempre consta de los siguientes elementos:

- La torre.
- La línea de transmisión.
- El distribuidor de potencia.
- La antena.
- La puesta a tierra.
- El pararrayos.

Algo adicional que se supone siempre debe haber en una planta transmisora es el sistema de energía eléctrica proporcionada por la compañía del servicio eléctrico local. Generalmente en las estaciones de radio y televisión de más de 5,000 vatios de potencia tienen que tener un transformador de distribución eléctrica de 10 KV a 220 V propio, ya sea trifásico o monofásico, pues el consumo de energía eléctrica es enorme.

También hay que indicar que en forma práctica se cumple la siguiente relación empírica: la energía eléctrica consumida por toda la planta transmisora es de 4 a 5 veces la potencia efectiva radiada (ERP) por la antena en los transmisores antiguos de tubos de vacíos; reduciéndose dicha relación con los transmisores a semiconductores a una relación de 2 a 3.

3.2 La torre

Es una estructura, siempre metálica, cuya única función es crear una elevación

respecto al terreno para que las antenas, que se usan en el arreglo de antenas de toda planta transmisora, no tengan la influencia eléctrica del terreno, esto cuando se trata del sistema irradiante de las estaciones radiales en FM o de las estaciones de televisión, ya sea de VHF o de UHF; mientras que si se trata de las estaciones en AM, la misma torre es la antena, pudiendo ser del tipo monopolo (está aislada del terreno) o medio dipolo (no está aislada del terreno).

Para el caso de las torres de radio en FM o estaciones de TV, es usual que la torre tenga una altura como mínimo de 30 metros. Así como también es bien usual, por lo económico de su costo que se usen torres ventadas, pues las torres autosoportadas sólo se usan cuando el inconveniente es que no hay área de terreno para instalarlas; pero que indudablemente son mucho más caras que las primeras.

Las torres ventadas son aquellas que usan vientos para mantener a la torre en forma vertical y estable. Dichos vientos son cable de acero o cable de alambre galvanizado cuyo diámetro mínimo debe ser 3/16 de pulgada, siendo usual que se usen vientos de 1/4 de pulgada de diámetro o vientos de 5/16 de pulgada o mejor si es de 3/8 de pulgada.

Normalmente las torres ventadas son confeccionadas en base al "tramo" (también conocido como "cuerpo"), el cual siempre tiene una longitud de 3 metros de longitud. El tramo de torre, que puede ser de forma triangular (la más usada) o cuadrada, está confeccionada en base a tubos de fierro galvanizado de un grosor mínimo de diámetro 3/4 de pulgada, las cuales conservan su distancia entre ellas por intermedio de platinas de un ancho de 1 ¼ de pulgada por un grosor de 1/8 de pulgada. La figura N° 3.1 muestra un ejemplo de tramo de torre.

Los vientos se colocan por lo general cada dos tramos (6 metros) y a veces cada 3 tramos (9 metros), siendo lo último más usado en las torres de AM. Dichos vientos se unen siempre a tres anclajes los cuales están distanciados de la base de la torre por lo menos a un 40% de la longitud de la altura de la torre, para que tenga buena estabilidad. Los anclajes están ubicados alrededor de una circunferencia, cuyo centro es la base de la torre, con una separación entre sí de 120°. La figura N° 3.2 da una muestra de disposición típica de los anclajes, que se muestran en rectángulos respecto de la base de la torre que también se muestra en triángulo en el centro de la circunferencia.

La base de la torre es un cimiento formado por hormigón, cemento y piedras medianas en la cual se incrusta la base del soporte metálico. Como es bien importante la horizontabilidad del soporte metálico, esto se realiza con nivel antes que frague la mezcla de hormigón con el cemento. Las dimensiones típicas de dicha base, en general dependen de la altura de la torre pues a mayor altura se tiene mayores dimensiones de

la base; pero es usual que para 30 m de altura, estas sean sus dimensiones: área cuadrada de 70 cm y una profundidad mínima de 60 cm.

En el caso de los cimientos de los anclajes se realiza en forma similar a la base de la torre, es decir, con hormigón y cemento en la cual se incrusta la estructura metálica del anclaje añadiéndose piedras medianas para darle solidez. Las dimensiones típicas de los cimientos de los anclajes para una torre de 30 m de altura son: área cuadrada de 70 cm y una profundidad mínima de 80 cm. En la figura N° 3.3 se puede observar la cimentación de la base y de los anclajes.

El montaje de una torre ventada o autosoportada es una técnica que requiere de personal idóneo y herramientas necesarias para dicha labor. La figura N° 3.4 da una vista de una torre ventada en la cual se nota en la parte superior las antenas instaladas.

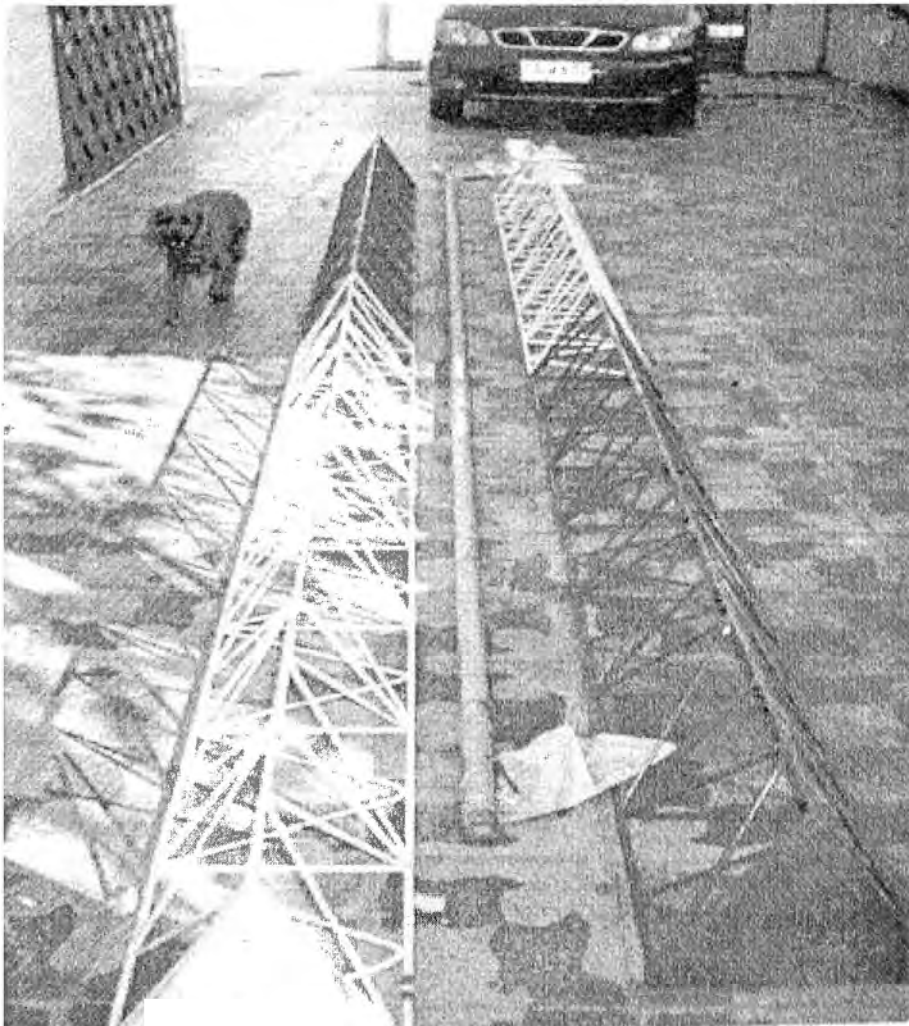


Fig. N° 3.1 Tramos o cuerpos de una torre
(Fuente: fotografía del archivo personal)

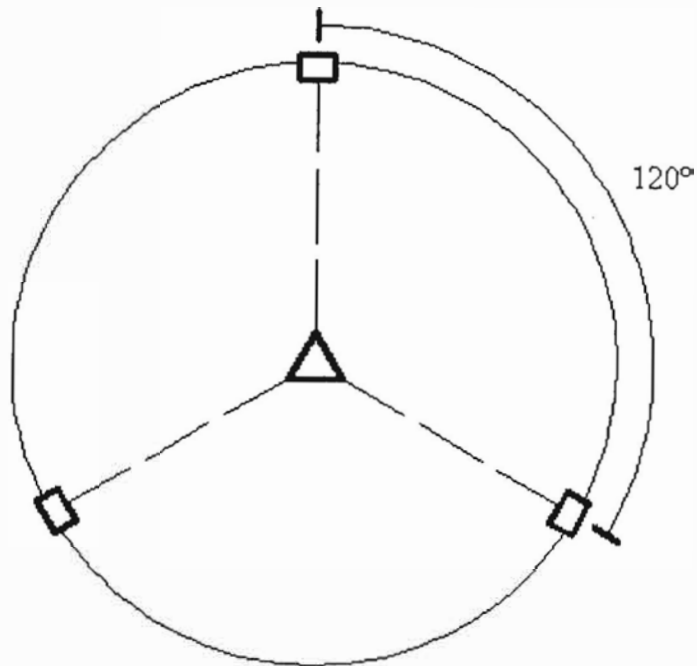


Fig. N° 3.2 Disposición de los anclajes respecto a la base.
(Fuente: elaboración propia)

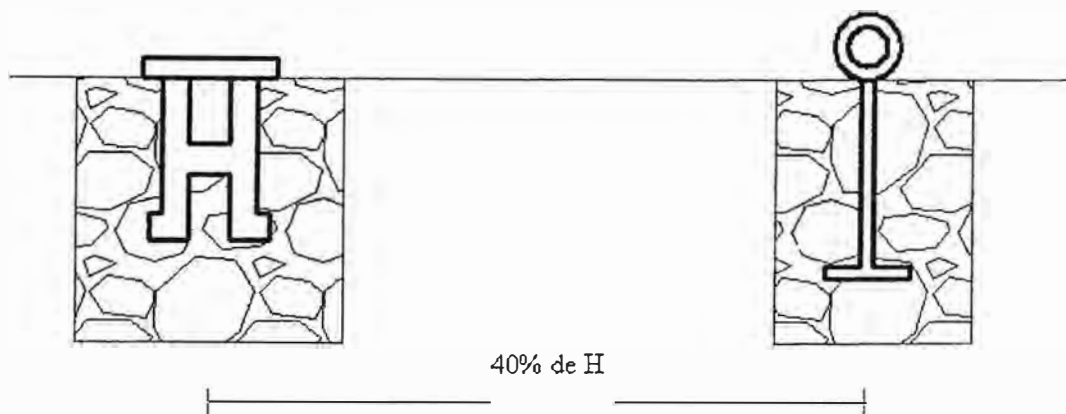


Fig. N° 3.3 Cimentación de la base (izquierda) y los anclajes (derecha).
(Fuente: elaboración propia)

3.3 La línea de transmisión

Es el cable eléctrico, ya sea bifilar o coaxial, que permite llevar la energía de radiofrecuencia que proporciona el transmisor hacia las antenas.

La línea más usada en todas las estaciones de radio o de televisión es la coaxial pues la bifilar presenta más pérdidas con respecto a la primera. No se usa como línea de transmisión las fibras ópticas pues estas no permiten llevar grandes potencias.

Uno de los parámetros que siempre se debe conocer de una línea de transmisión coaxial es su eficiencia la cual viene determinada por la diferencia que hay entre la potencia que se envía al principio de la línea y la que se recibe al final de la misma;

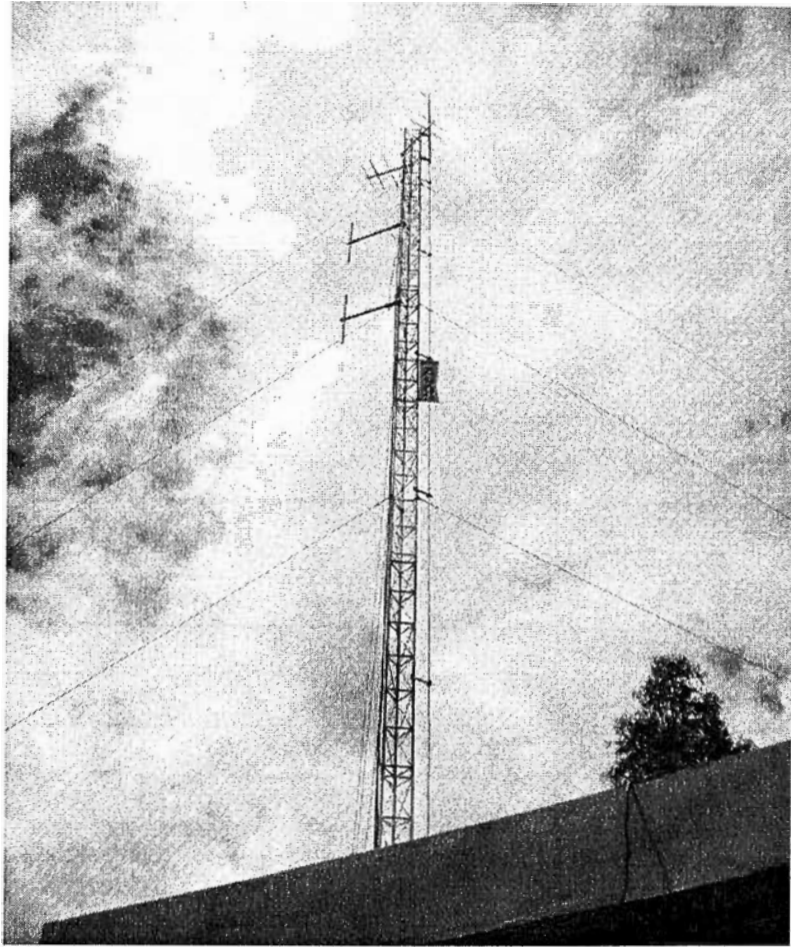


Fig. N° 3.4 Torre ventada típica.
(Fuente: fotografía de archivo personal)

siendo dicha diferencia expresada en decibelios de atenuación (dB) por unidad de longitud, tomando como unidad de longitud en la práctica 100 m; así por ejemplo la atenuación podría ser 5 dB/100m.

Otro parámetro es el factor de velocidad que viene a ser la relación existente entre la velocidad con que la señal de radiofrecuencia viaja por el interior de la línea de transmisión coaxial y la velocidad con que la misma señal viajaría en el espacio libre. En las líneas de transmisión este factor es menor que 1 y se usa para calcular la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia que viaja en el interior de la línea de transmisión; para ello se multiplica la longitud de onda en el espacio libre (similar a la del vacío) por el factor de velocidad.

Para transmisiones de potencias pequeñas es usual que se usen líneas de transmisión coaxiales flexibles que llevan la denominación RG/U seguida por un número para su identificación, que pueden doblarse en cualquier dirección sobre unos radios muy pequeños y permiten arrollamientos y enderezamientos, lo cual es muy conveniente para

alimentar antenas rotativas para permitir enlaces sin ninguna perturbación.

La serie RG/U es poco usada en la industria de la ingeniería de radiodifusión en la cual se usan líneas de transmisión coaxiales de radios más grandes, de varios tipos como: Heliax, Celflex, Flexwell o Radiaflex; siendo la impedancia característica típica de 50 Ω mientras que los diámetros de los mismos son diversos siendo uno de los más usados el cable coaxial de 7/8 de pulgada junto al cable de 1-5/8 de pulgada que también se usa

En la tabla N° 3.1 se puede observar algunos parámetros de los tipos cables coaxiales que la industria electrónica nos provee.

Tabla N° 3.1 Parámetros típicos de las líneas de transmisión más usadas en las estaciones radiales y televisivas¹⁰. (Fuente: extraído de libro)

TIPO	IMPEDANCIA Ω	FACTOR DE VELOCIDAD	POTENCIA A 100 MHZ	ATENUACION (dB/100m)
3/8"	50	0.82	2 KW	3.5
1/2"	50	0.82	3.4 KW	2.4
7/8"	50	0.82	6.8 KW	1.36
1 5/8"	50	0.82	14.3 KW	0.84
3"	50	0.82	38 KW	0.45

3.4. El distribuidor de potencia

Este componente del sistema irradiante permite repartir la potencia que se le inyecta en partes iguales para que a su vez puedan ser proporcionadas a un arreglo de antenas en particular. También se le conoce como divisor de potencia.

Para transmitir la señal en fase a todas las antenas que conforman el arreglo de antenas es necesario que los latiguillos de interconexión que unen las salidas del distribuidor con cada antena del arreglo (algunas veces conocidos como arneces) deben tener exactamente la misma longitud.

Los distribuidores de potencia se fabrican, por lo general para 2, 3, y 4 salidas, introduciendo pérdidas en la transmisión de la energía radioeléctrica que se conocen como pérdidas por inserción expresadas en dB.

Para un arreglo de antenas de más de 4 antenas entonces tienen que hacerse un arreglo de distribuidores de potencia. Por ejemplo, si se tiene un arreglo de 8 antenas entonces tiene que usarse primero un distribuidor de potencia 1x2 y luego a la salida de

¹⁰ Tomo 31 de la Biblioteca básica de electrónica. Antenas transmisoras y receptoras. Págs: 134, 135.

una de ellas se colocan un distribuidor de potencia 1x4, resultando entonces para dicho arreglo que se utilicen 3 distribuidores de potencia: dos de 1x4 y uno de 1x2.

En la figura N° 3.5 se muestra una fotografía de distribuidores de potencia.

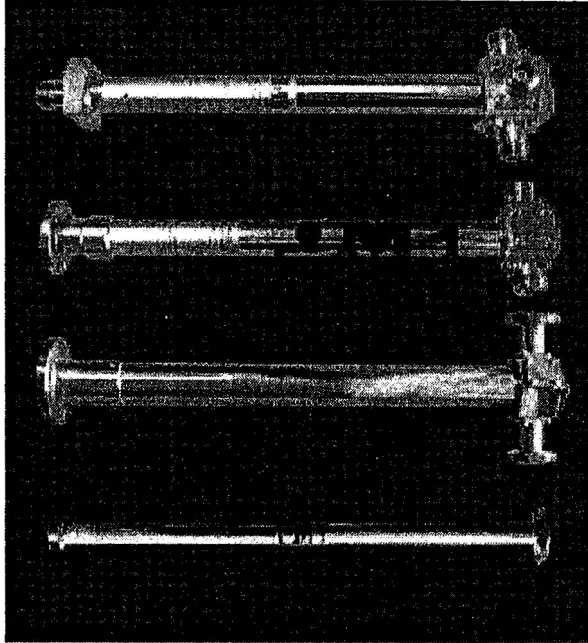


Fig. N° 3.5 Distribuidores de potencia comerciales.
(Fuente: foto del Internet)

Tabla N° 3.2 Características técnicas generales de los distribuidores de potencia¹¹
(Fuente: información del Internet)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES:	
RANGO DE FRECUENCIA	III, IV, V
IMPEDANCIA ENTRADA	50Ω
IMPEDANCIA SALIDA	50Ω
POTENCIA MÁXIMA	500 a 5000W (según modelos)
PÉRDIDAS POR INSERCIÓN	0,15dB
MONTAJE	Tubo de 1 a 3"
MATERIAL	Tubo exterior de Latón Cromado, interior de Aluminio o Latón Plateado (según modelos) y aislamientos de Teflón

En la tabla N° 3.2 se muestran las características técnicas generales que alguna empresa dedicada a la fabricación de distribuidores de potencia, proporciona¹¹, en la cual se resaltan las pérdidas por inserción. Mientras que en la tabla N° 3.3 se muestran una gama de distribuidores de potencia y en la que se resalta los tipos de conectores que se usan para los mismos.

¹¹ OMB. Disponible en <http://www.omb.com>. Consultado el 12/05/2010

Tabla N° 3.3 Gama de distribuidores de potencia con conectores que usan.
(Fuente: información del Internet)

MODELOS	SALIDAS	CONECTOR ENTRADA	CONECTOR SALIDA	POTENCIA MAXIMA	BANDA A USARSE
DT 2	2	N Hembra	N Hembra	500W	IV-V
DT 3	3	N Hembra	N Hembra	500W	IV-V
DT 4	4	DIN 7/16"	N Hembra	500W	IV-V
DTP 2	2	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2000W	IV-V
DTP 3	3	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2000W	IV-V
DTP 4	4	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2000W	IV-V
DTSP 2	2	EIA 1-5/8"	EIA 7/8"	5000W	IV-V
DTSP 3	3	EIA 1-5/8"	EIA 7/8"	5000W	IV-V
DTSP 4	4	EIA 1-5/8"	EIA 7/8"	5000W	IV-V
DTP 2 III	2	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2500W	III
DTP 3 III	3	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2500W	III
DTP 4 III	4	EIA 7/8"	DIN 7/16"	2500W	III

3.5. La antena

Una antena es un dispositivo fundamental de todo sistema irradiante de una estación radial o televisiva diseñada con el objetivo de emitir las ondas electromagnéticas hacia el espacio libre.

Una antena transmisora transforma los voltajes proporcionados por el transmisor en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

La antena está constituida por un conductor de dimensiones convenientes y formas diversas, en el cual coexisten una serie de parámetros inherentes a dichas dimensiones¹².

Existe una gran diversidad de tipos de antenas, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas (ejemplo: una emisora de radio comercial o una estación base de teléfonos móviles), otras veces deben serlo para canalizar la potencia en una dirección y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radioenlaces). También es una antena la que está integrada en la computadora portátil para conectarse a redes Wi-Fi.

Toda antena tiene varios parámetros pero los más importantes a tomar en cuenta en el diseño de áreas de cobertura en las estaciones de radio y televisión son los siguientes:

- Impedancia de entrada.
- Resistencia de radiación.

¹² Armando GARCIA DOMINGUEZ. Cálculos de antenas. Pág. 17

- Resistencia de pérdidas.
- Resistencia total de la antena
- Eficiencia.
- Directividad de la antena.
- Ganancia de Antena.

3.5.1. Impedancia de antena (Z_A)

Es la impedancia de la antena en sus terminales de alimentación y la cual es necesario conocer para conseguir un correcto acoplamiento con la impedancia de la línea de transmisión. En la práctica simplemente es conocida como impedancia de antena y a veces se le conoce como impedancia de entrada

Matemáticamente es la relación entre la tensión y la corriente en los terminales de entrada de la antena¹³. La impedancia de antena es un número complejo. La parte real de la impedancia se denomina resistencia de antena y la parte imaginaria es la reactancia de antena. La resistencia de antena es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas, mientras que la reactancia de antena está determinado por el hecho de que en la zona de inducción de la antena existen el campo eléctrico (**E**) y el campo magnético (**H**) desfasados en el tiempo en un equivalente a 90° sexagesimales¹⁴. Las antenas se denominan resonantes cuando se anula su reactancia de antena.

3.5.2. Resistencia de radiación (R_r)

Cuando se le suministra potencia a una antena, parte de ella se irradia y otra parte, se convierte en calor disipándose. Cuando se habla de resistencia de radiación se refiere a una resistencia "física" que disipa la misma energía electromagnética que irradia la antena. Este parámetro se mide en forma indirecta. La resistencia de radiación es función de la longitud del dipolo y de la frecuencia de trabajo¹⁵.

Si se reemplaza la antena por la resistencia de radiación, esta, haría su trabajo, es decir, disiparía la misma cantidad de potencia que la que irradiaría la antena. La resistencia de radiación es igual a la relación entre la potencia radiada por la antena dividido por el cuadrado de la corriente en su punto de alimentación.

3.5.3. Resistencia de pérdidas (R_p)

¹³ Belotserkovski. *Fundamentos de antenas*. Pág. 103

¹⁴ Belotserkovski. *Ob. Cit.* Pág. 112

¹⁵ Armando GARCIA DOMINGUEZ. *Cálculos de antenas*. Pág. 20

Es la resistencia que se asocia a la potencia que se pierde como calor en los conductores de la antena, en los aisladores, en la tierra y en los objetos situados cerca de la antena.

3.5.4. Resistencia total de la antena (R_A)

Es la suma de la resistencia de radiación y la resistencia de pérdidas de la antena. Matemáticamente:

$$R_A = R_r + R_p \quad (3.1)$$

3.5.5. Eficiencia de la antena (η_A)

Es la relación entre la potencia de radiación y la potencia total entregada a la antena. Matemáticamente se demuestra que la eficiencia de la antena es la relación entre la resistencia de radiación (R_r) y la resistencia total de la antena (R_A), es decir:

$$\eta_A = \frac{R_r}{R_r + R_p} \quad (3.2)$$

3.5.6. Directividad de la antena (D)

Es la relación entre la densidad de potencia emitida por una antena en una dirección y la densidad de potencia que emitiría una antena absolutamente no direccional (isotrópica) en cualquier dirección, siendo iguales la potencia total de radiación de ambas antenas y en el supuesto que la medición se realiza a igual distancia de cada una de ellas. A veces es conocido con el nombre de factor o índice de directividad.

3.5.7. Ganancia de antena (G)

Es el producto de la directividad por la eficiencia de la antena. Este parámetro es más usado que la directividad porque tiene en cuenta las pérdidas de potencia en la antena, concretamente en la resistencia de pérdidas. Matemáticamente:

$$G = D\eta_A \quad (3.3)$$

Se expresa generalmente en decibelios (dB) y muy rara vez en Neperios (Np) que es otra unidad de comparación muy poco usada.

3.5.8. Diagramas de radiación

También conocido con el nombre de Diagramas de Directividad o Patrones de radiación de una antena; la cual es la representación gráfica de las características de radiación de la antena en función de las coordenadas esféricas y encontrándose en el origen de dichas coordenadas la antena. La designación de los ángulos son: ángulo azimutal " φ " en el plano XY y el ángulo cenital " θ " es el que se forma con respecto al eje Z. Lo más habitual es representar la amplitud del campo eléctrico, aunque también se pueden en-

contrar diagramas de polarización o de fase; pero las de amplitud son las que más se usan.

Para simplificar los diagramas de radiación, que generalmente son espaciales, entonces estos se limitan a dos planos: el plano horizontal y el vertical¹⁶, los cuales se definen así:

Horizontal: $0^\circ < \varphi < 360^\circ$ y $\theta = 90^\circ$

Vertical: $0^\circ < \theta < 180^\circ$ y $\varphi = \text{cte. (cualquier valor)}$.

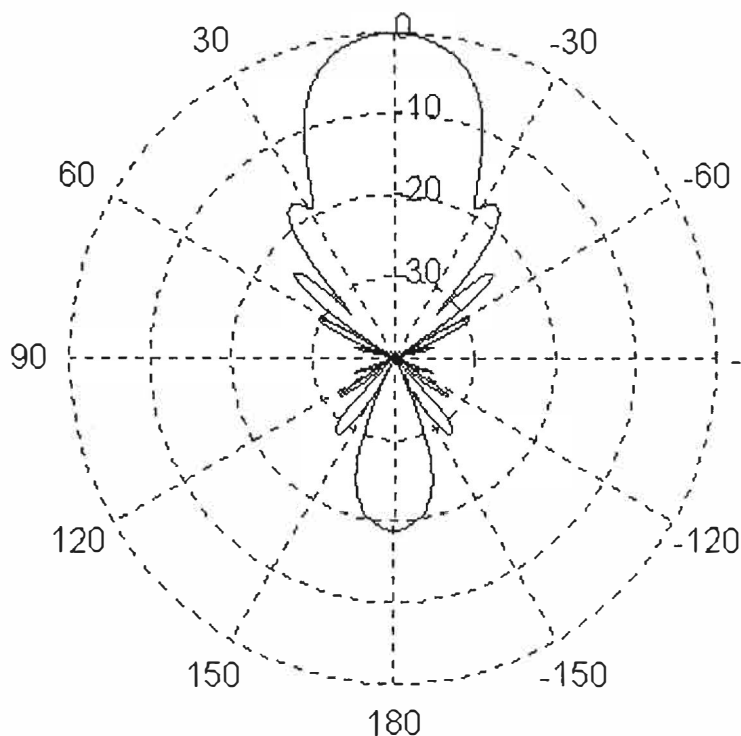


Fig. N° 3.6 Patrón de radiación de una antena.
(Fuente: imagen obtenida del Internet)¹⁷

En la figura N° 3.6 se observa un diagrama de radiación típico de una antena, pudiendo ser un patrón horizontal o vertical.

En las figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10 se muestran diversas antenas que se usan en las estaciones de radiodifusión de radio y televisión.

En los anexos N° A y B, se presentan unas hojas de datos que un fabricante proporciona para una antena, en cual se puede observar sus patrones de radiación, así como también otros parámetros como: el tipo de conector que usa la antena, la ganancia de un

¹⁶ Belotserkovski. **Fundamentos de antenas**. Pág. 36

¹⁷ <http://www.davidbayon.net>. Consultado el 18 de Mayo del 2,010

arreglo de antenas según el número de “elementos” o antenas (más conocido como Bay* en inglés) que se usan, dimensiones de la antena, ancho de banda, etc.

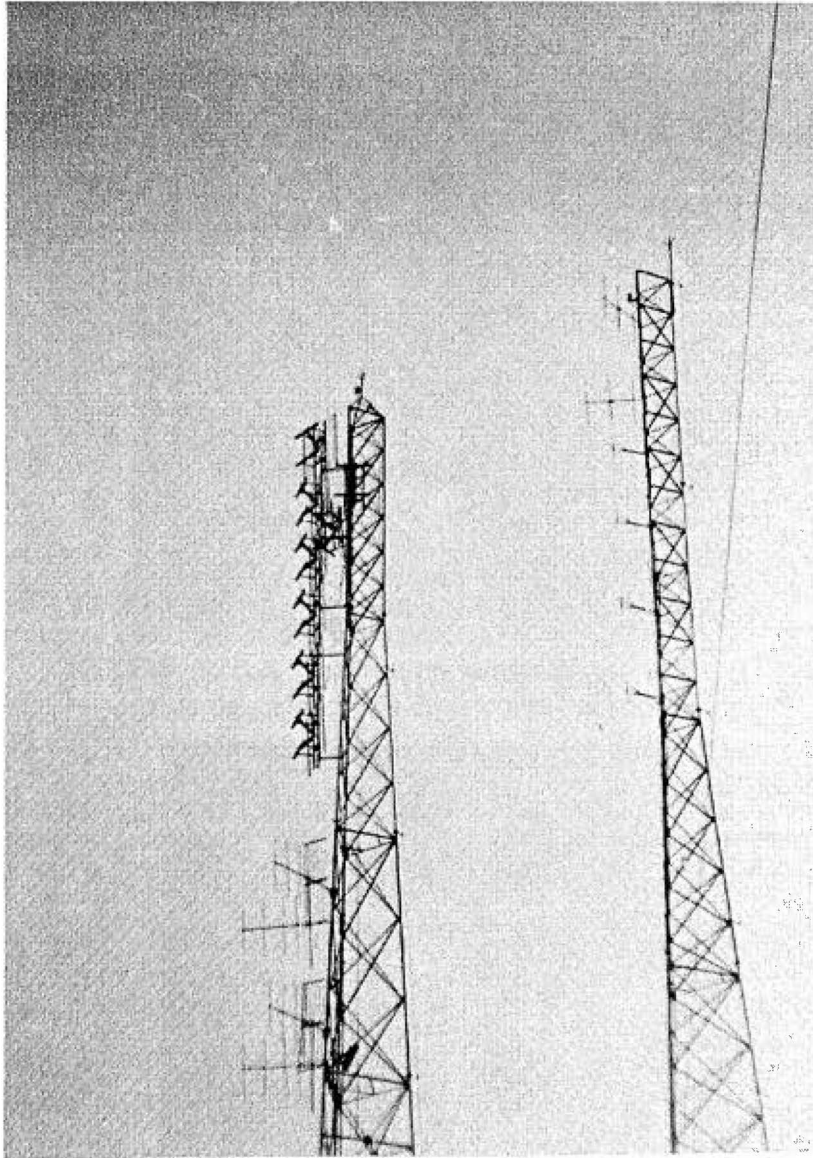


Fig. 3.7 Antena de televisión en VHF (izquierda) y antena de radio en FM (derecha).
(Fuente: fotografía de archivo personal)

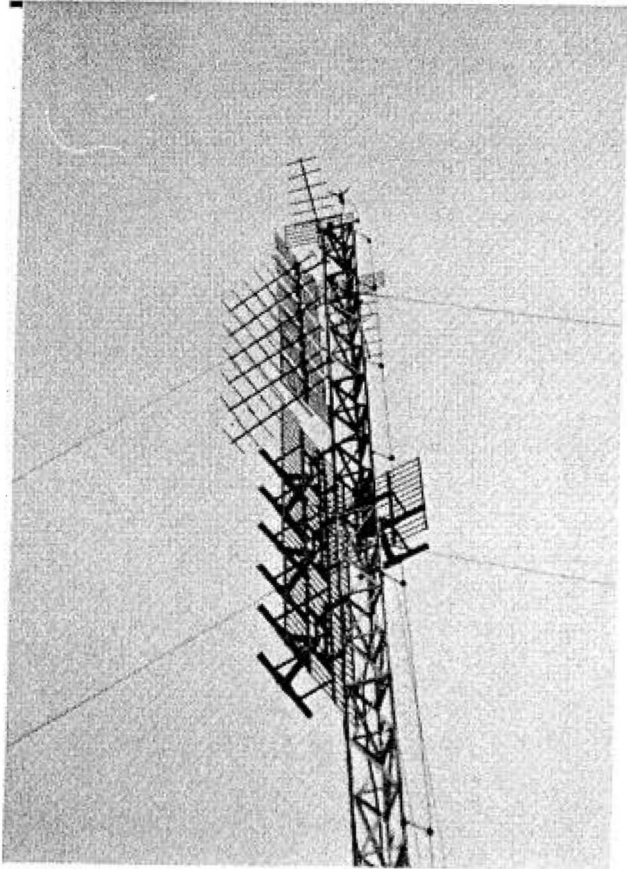


Fig. N° 3.8 Antenas de televisión en VHF
(Fuente: fotografía de archivo personal)

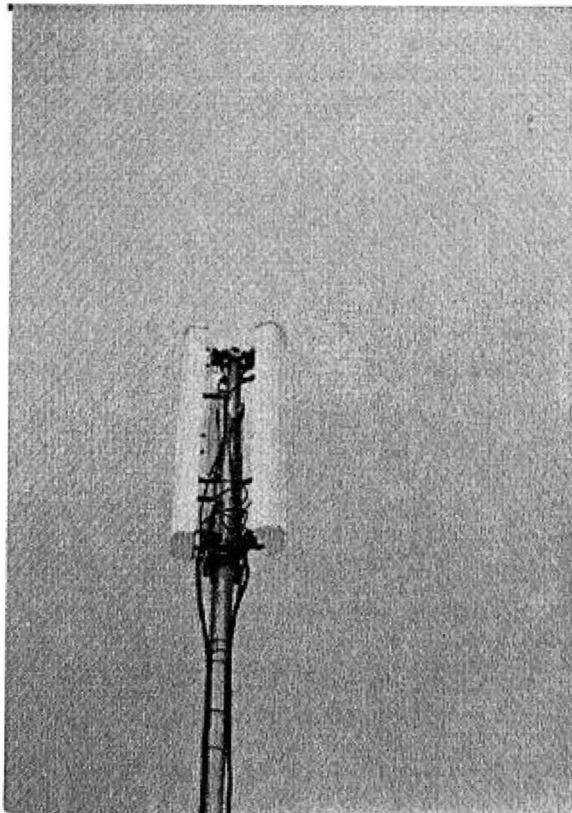


Fig. N° 3.9 Antena de una estación de televisión en VHF
(Fuente: fotografía del archivo personal)

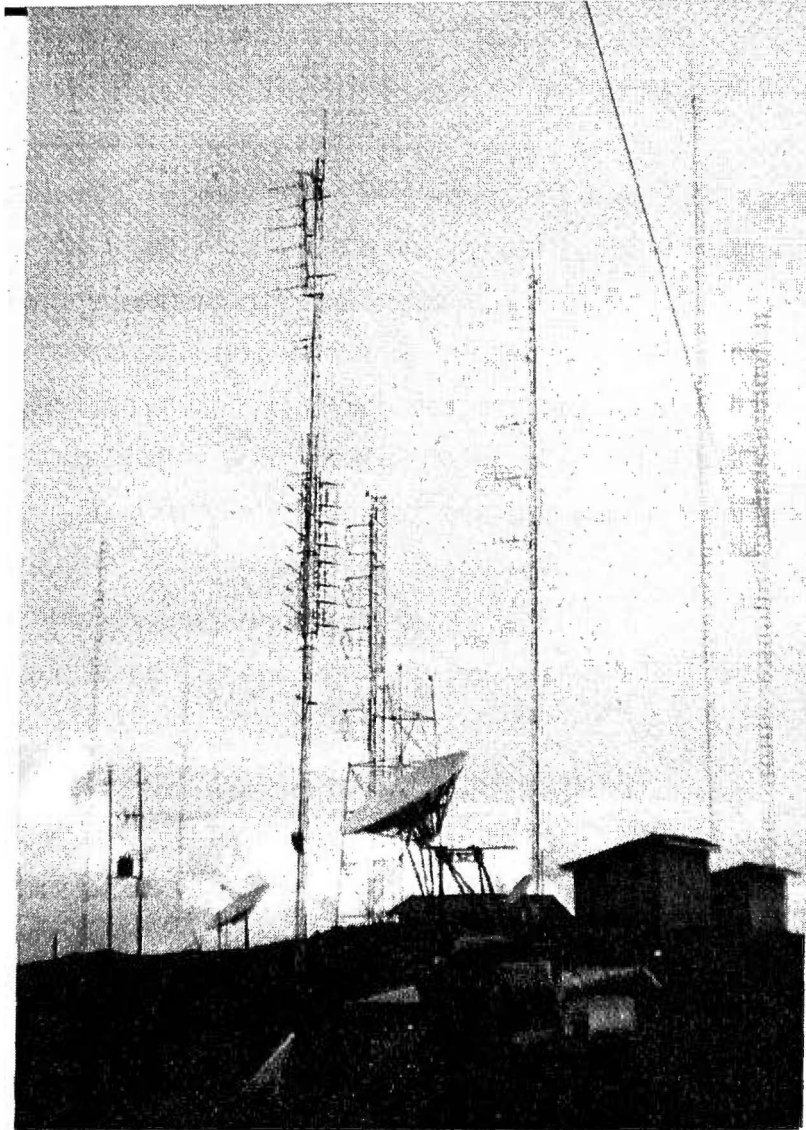


Fig. N° 3.10 Antenas de estaciones de radio y televisión en el cerro Picchu de la ciudad del Cusco. (Fuente: fotografía de archivo personal)

3.6 La puesta a tierra

Una puesta a tierra, es la conexión de una instalación eléctrica con uno o varios electrodo desnudos que están en contacto directo con el suelo por intermedio de unos cables eléctricos de sección suficiente, para permitir la conducción y dispersión de las corrientes eléctricas provenientes de fallas eléctricas y/o descargas atmosféricas, brindando así a las personas seguridad contra choques eléctricos y asegurar el correcto funcionamiento de los aparatos conectados a las instalaciones eléctricas.

3.6.1. Finalidades de la puesta a tierra

Las funciones que cumple una puesta a tierra son¹⁸

- Limitar la diferencia de potencial o tensión que, en un momento dado, puede presentarse entre estructuras metálicas y tierra.
- Posibilitar la detección de defectos a tierra y asegurar la actuación y coordinación de las protecciones eléctricas, eliminando o disminuyendo, así el riesgo que supone una avería para el material utilizado y las personas.
- Evacuar y dispersar la corrientes eléctricas de falla con mínima resistencia. Evacuar y dispersar las descargas eléctricas atmosféricas con mínima resistencia.
- Proveer a las masas eléctricas el potencial de referencia cero, debido a que la Tierra se comporta como un conductor infinito de carga, que hace que su potencial eléctrico siempre sea cero.

3.6.2. Componentes de una puesta a tierra

Los componentes que siempre se encuentran en toda puesta a tierra son los siguientes:

- La tierra.
- La toma de tierra.
- Instalaciones de puesta a tierra.

3.6.2.1. La tierra

Es el área de terreno que se necesita para que sea capaz de disipar toda la energía eléctrica que la puesta a tierra pueda recibir.

3.6.2.2. La toma de tierra

Esta es la zona que queda enterrada en el terreno elegido, consta de las siguientes partes:

- **Electrodos o pica:** Parte metálica enterrada que en la mayoría de las instalaciones de estaciones de radio y televisión son varillas de 2.4 m de cobre puro y un diámetro de 5/8".
- **Punto de puesta a tierra:** Es un punto, situado generalmente fuera del terreno, que sirve de unión entre la línea principal de tierra y el electrodo o pica. Generalmente se le observa cuando se levanta la tapa de la caja de registro notándose el conector de cobre puro denominado conector Anderson.

¹⁸ Rogelio GARCIA MARQUEZ. La puesta a tierra de instalaciones eléctricas. Pág. 12

- **Línea de enlace a tierra:** Es el conductor que conecta el punto de puesta a tierra con el electrodo o pica cuando este último se encuentra muy profundo por eso que a veces no se usa.

3.6.2.3. Instalaciones de puesta a tierra.

Esta es la parte que se encarga de conectar todas las instalaciones eléctricas a los puntos de puesta a tierra, queda en la parte exterior del terreno y consta de las siguientes partes:

- **Línea principal de tierra:** Conductor principal que conecta toda la instalación eléctrica a la puesta a tierra y se une ella mediante el punto de puesta a tierra.
- **Derivaciones de la línea principal de tierra:** Conductor que junto a la línea principal de tierra conecta toda la instalación eléctrica.
- **Conductores de protección:** Conductores que se distribuyen por todos los puntos que son necesarios unir a tierra.

3.6.3. Puesta a tierra típica

Los valores típicos de resistencia que se exigen en las plantas transmisoras deben ser menores a 10Ω , los cuales se miden mediante un telurómetro. Pudiéndose recomendar que tengan un valor de 5Ω .

En las plantas transmisoras conviene tener dos puestas a tierra. Una para que se use con el pararrayos y otra segunda puesta a tierra para las instalaciones eléctricas de toda la planta transmisora, en especial el transmisor, el cual su chasis siempre debe colocarse a tierra.

En la figuras N° 3.11 y 3.12 se observan una puesta a tierra típica muy usada en las estaciones de radio y televisión, mientras que en la figura 3.13 se observa los componentes utilizados en una puesta tierra típica de la siguiente manera: Primero se cava un pozo de 1m^2 de área por una profundidad de 2.70 m; luego en el fondo se coloca una capa de sal industrial, luego otra capa de carbón vegetal después se coloca en forma vertical el electrodo y se rellena a su alrededor con tierra negra cernida combinada con bentonita y apisonada para después rociarle $\frac{1}{2}$ dosis de torgel, este proceso se repite después de la segunda capa de sal industrial y el carbón vegetal donde se rocea la otra dosis de torgel; se finaliza antes de llegar al conector Anderson (que une el electrodo con la línea principal de tierra) con una tercera capa de sal industrial y carbón vegetal. Después de coloca la caja de registro con su respectiva tapa. Esta puesta a tierra tiene valores típicos menores a 10Ω , siendo en la mayoría de casos de 5Ω . Muchas veces para disminuir la resistencia del terreno es usual colocarle alrededor del electrodo de cobre una espiral de cobre puro de 25mm^2 , tal como se observan en las figuras N° 3.11 y 3.12

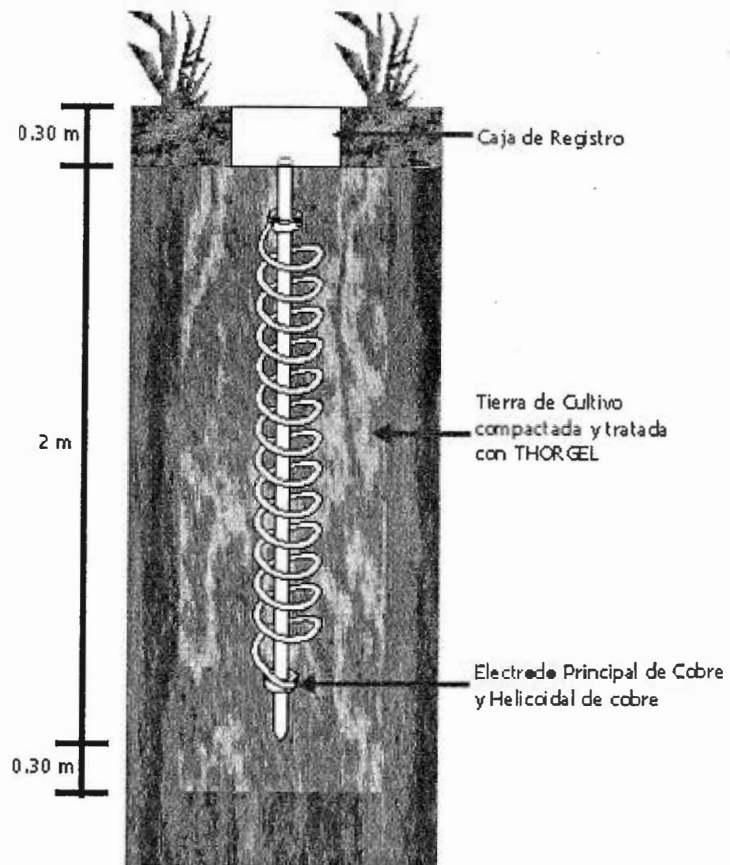


Fig. N° 3.11 Puesta a tierra típica
(Fuente: fotografía obtenida del Internet)

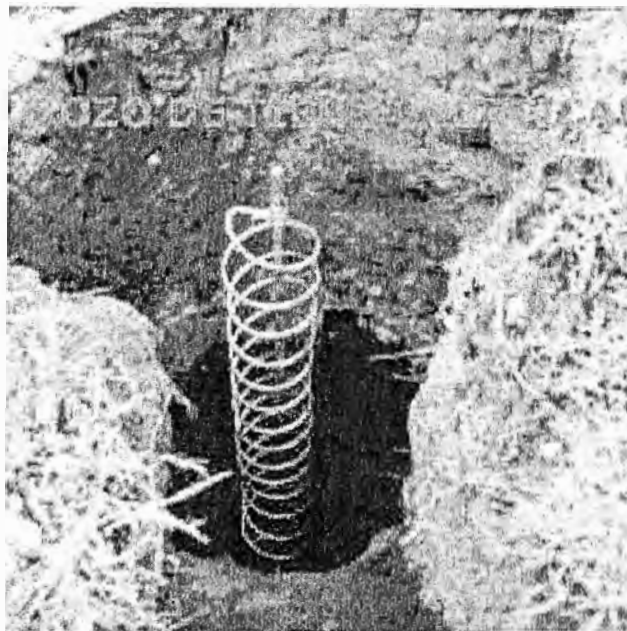


Fig. N° 3.12 El electrodo con el helicidad de cobre puro.
(Fuente: fotografía de archivo personal)

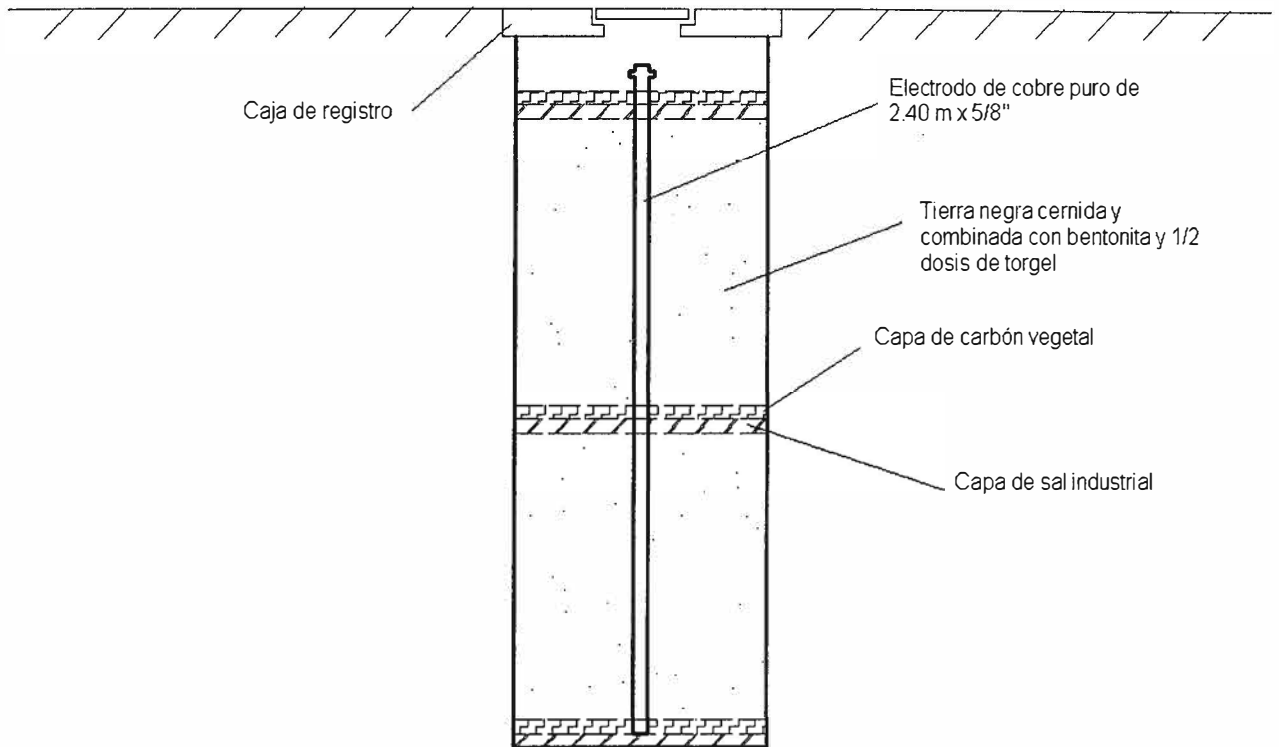


Fig. N° 3.13 Componentes que se colocan alrededor del electrodo.
(Fuente: elaboración propia)

3.7. El pararrayos

Un pararrayos es un componente de toda planta transmisora ya sea radial o televisiva, especialmente necesario en aquellas estaciones ubicadas en las zonas andinas y selváticas donde hay tormentas eléctricas atmosféricas.

La finalidad de todo pararrayos es atraer un rayo ionizando el aire para llamar y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a las construcciones de la planta transmisora o las personas que se encuentren en dicha planta.

Este artilugio fue inventado en 1753 por Benjamín Franklin. Este primer pararrayos se conoce como "pararrayos Franklin", en homenaje a su inventor.

Los componentes de todo pararrayo que se utiliza en toda planta transmisora son:

- El cabezal.
- El conductor de descarga.
- La puesta a tierra para el pararrayos.

3.7.1 El cabezal

Este componente se encuentra en la parte superior de la torre metálica. El cabezal tiene muchas formas físicas pudiendo ser: en punta, tetrapuntal, semiesférico o esférico. En la figura 3.14 se observan dos cabezales de pararrayos tetrapuntal.

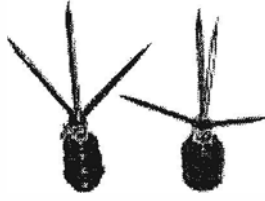


Fig. N° 3.14 Pararrayos tetrapuntal
(Fuente: fotografía obtenida del Internet)

3.7.2 El conductor de descarga

Es el conductor eléctrico que permite conducir la corriente proveniente de las tormentas eléctricas atmosféricas y que es captada por el cabezal, para llevarla hasta la puesta a tierra que se encuentra cerca a la torre de la planta transmisora

Generalmente es un conductor de cobre desnudo y como sección mínima debe tener el valor de 25 mm^2 . Este conductor está separado de la torre por lo menos 30 cm y para ello se hace uso de unos brazos que contienen unos aisladores de carrete y por los cuales pasa el conductor de descarga.

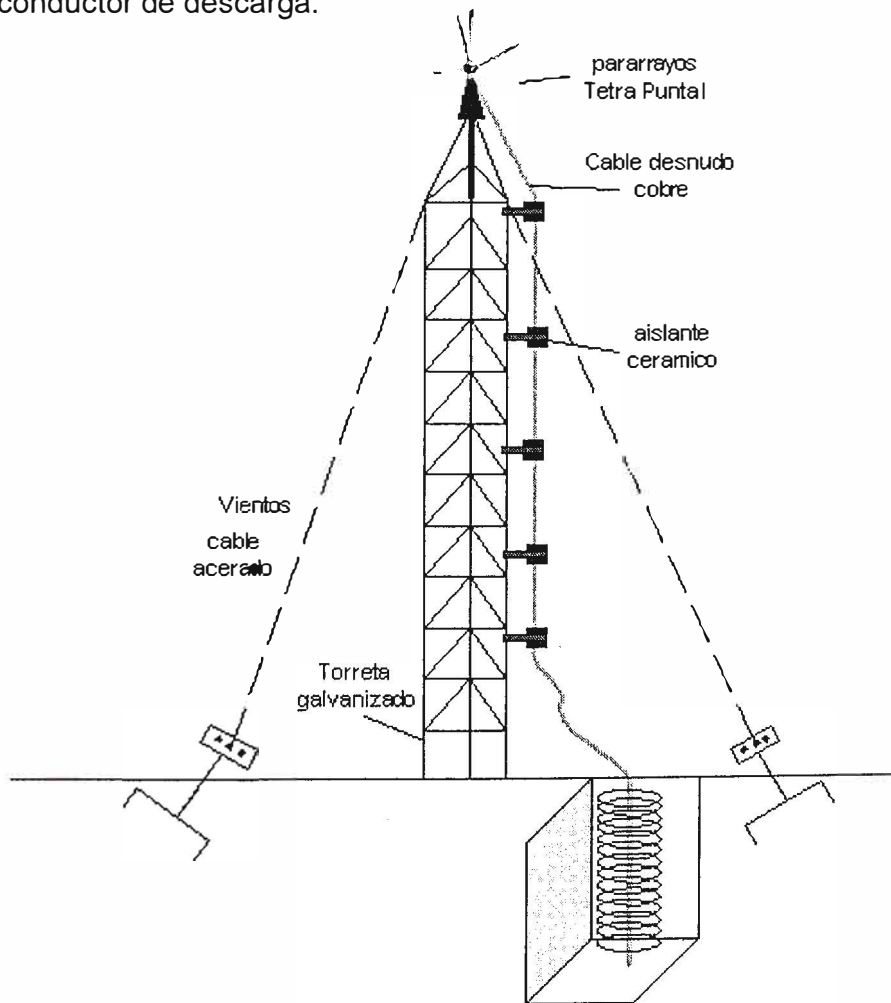


Fig. N° 3.15 El pararrayos típico de una estación radial o televisiva
(Fuente: elaboración propia)

Faltando un tramo para llegar a la superficie es necesario utilizar un tubo de plástico de 1" de diámetro para que pase por intermedio de ella el conductor y así evitar que pueda ser tocado por las personas.

Esto se observa en la figura 3.15.

3.7.3. La puesta a tierra para el pararrayos

Es la puesta a tierra que se describió antes y que está cercana a la torre.

.CAPITULO IV

CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN EN AM

4.1. Introducción

La banda de radiodifusión destinada para las transmisiones en modulación por amplitud, más conocida comercialmente como **Amplitud Modulada** y designada abreviadamente como **AM** y que antiguamente era conocida como Onda Media (**MW**), está conformada por el conjunto de frecuencias que comienzan en los 530 KHz y culminan en los 1,620 KHz.

El otorgamiento de las frecuencias portadoras tiene una separación entre ellas de por lo menos 20 KHz, ya que la frecuencia máxima contenida en la señal moduladora es 10 KHz; por lo mencionado entonces el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (**MTC**) fija la frecuencia 540 KHz como el canal 1 de la AM, mientras que el último canal de dicha banda es los 1,610 KHz designado como el canal 108. En el anexo N° C se muestran todos los canales de la AM así como las frecuencias portadoras.

Aunque hace varios años esta banda se ha sido ampliada hasta los 1,700 KHz¹⁹; pero que a conocimiento y experiencia personal no ha tenido acogida esta ampliación, fundamentalmente porque son pocos los receptores de amplitud modulada fabricados que incorporan dicha ampliación; dando motivo a que los radiodifusores no pidan dichas frecuencias por el motivo expuesto.

Las ondas radioeléctricas de la AM, cuando son emitidas por la antena, viajan fundamentalmente como ondas de superficie en la cual el campo eléctrico viaja en forma vertical a la superficie terrestre.

¹⁹ Normas técnicas del servicio de radiodifusión. Resolución ministerial N° 358-2003-MTC/03. Pag:244175

No se toma en cuenta para el diseño las ondas espacio que también es una forma de propagación y que fundamentalmente en la noche (a partir de las 18:00 Hrs) permite que las transmisiones alcancen grandes distancias por la reflexión de dichas ondas en las capas ionosféricas que se forman en dichas horas.

En el cálculo del área de cobertura de cualquier estación de radiodifusión en AM, se necesitan conocer algunas variables como la conductividad del terreno para poder usar los gráficos de cobertura para estaciones en AM y que se encuentran en las normas técnicas del servicio de radiodifusión²⁰ emitido por el MTC en la cual la conductividad en dichos gráficos se encuentra como parámetro. En dichos gráficos también se necesita conocer la potencia efectiva radiada para entrar como dato en el eje de las ordenadas y así determinar la distancia de cobertura que se encuentra en el eje de las abcisas del gráfico para una intensidad de campo eléctrico mínimo exigido por el MTC. El valor de la intensidad de campo eléctrico exigido, la mayor parte de las veces es de 62 dB_{μV/m}, aunque este valor puede variar.

También es necesario tener en cuenta que la frecuencia escogida para la estación transmisora influye notablemente en el área de cobertura, puesto que las frecuencias bajas de la banda de radiodifusión en AM son menos atenuadas por la superficie terrestre mientras que las frecuencias superiores son fuertemente atenuadas.

4.1.1. La conductividad del terreno

La conductividad del terreno es un elemento importante en la propagación de las ondas de superficie siendo este valor importante en el cálculo del área de cobertura de cualquier estación radial.

Los factores que influyen en la conductividad efectiva del terreno son:

- La naturaleza del suelo.
- Grado de humedad y temperatura.
- Estratificación geológica.

En la tabla N° 4.1 se muestra algunas conductividades típicas de los terrenos que usan en las transmisiones en AM.

²⁰ Normas técnicas del servicio de radiodifusión. Resolución ministerial N° 358-2003-MTC/03. Págs. del 244184 al 244202

Tabla N° 4.1 Conductividades de diversos terrenos.
(Fuente: elaboración propia)

TIPO DE TERRENO	σ (mS/m)
Agua de mar	5,000 – 4,500
Tierra fértil, campos húmedos	40 - 25
Zonas boscosas	15 - 25
Desiertos, zona rocosas, selva	4 - 10
Zonas urbanas,	0 - 4

4.1.2. El nomograma para cálculos de cobertura

En las normas técnicas del servicio de radiodifusión difundido por el MTC se encuentran varios nomogramas²¹ para calcular las distancias de cobertura de una estación radiodifusora en AM. Dichos nomogramas abarcan un rango de frecuencia razón por la cual dependiendo de la frecuencia de la estación, para la cual se desea calcular la distancia de cobertura, se tiene que escoger el nomograma respectivo.

En la figura 4.1 se muestra un nomograma típico para calcular la distancia de cobertura de una estación radiodifusora en AM. En ella, en el lado izquierdo y en el eje de las ordenadas se introduce el valor del campo eléctrico referenciado a un microvoltio por metro y expresado en dB, el cual se obtiene en base a la normalización de la potencia efectiva radiada (ERP) con respecto a una potencia de 1 kilovatio (KW), de ese valor de campo eléctrico se traza una línea horizontal hasta llegar a la curva de conductividad que representa el valor promedio del terreno por donde se propagará las ondas de superficie y luego se baja verticalmente hasta encontrar en el eje de las abcisas el valor de la distancia alcanzada en la cobertura. Se observa que las distancias están graficadas en una escala logarítmica mientras que el campo eléctrico, que está expresado en decibelios, está representado linealmente.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones como ente rector de las telecomunicaciones y en especial de las transmisiones de las estaciones de radiodifusión sonora como por televisión en todo el país, ha dividido el territorio nacional en varias localidades de radiodifusión. Esto es lo que ocurre con la banda de radiodifusión más conocida comercialmente como Amplitud Modulada y que el mismo ministerio más la

²¹ Normas técnicas del servicio de radiodifusión. Resolución ministerial N° 358-2003-MTC/03. Págs. del 244184 al 244202

denomina como ONDA MEDIA.

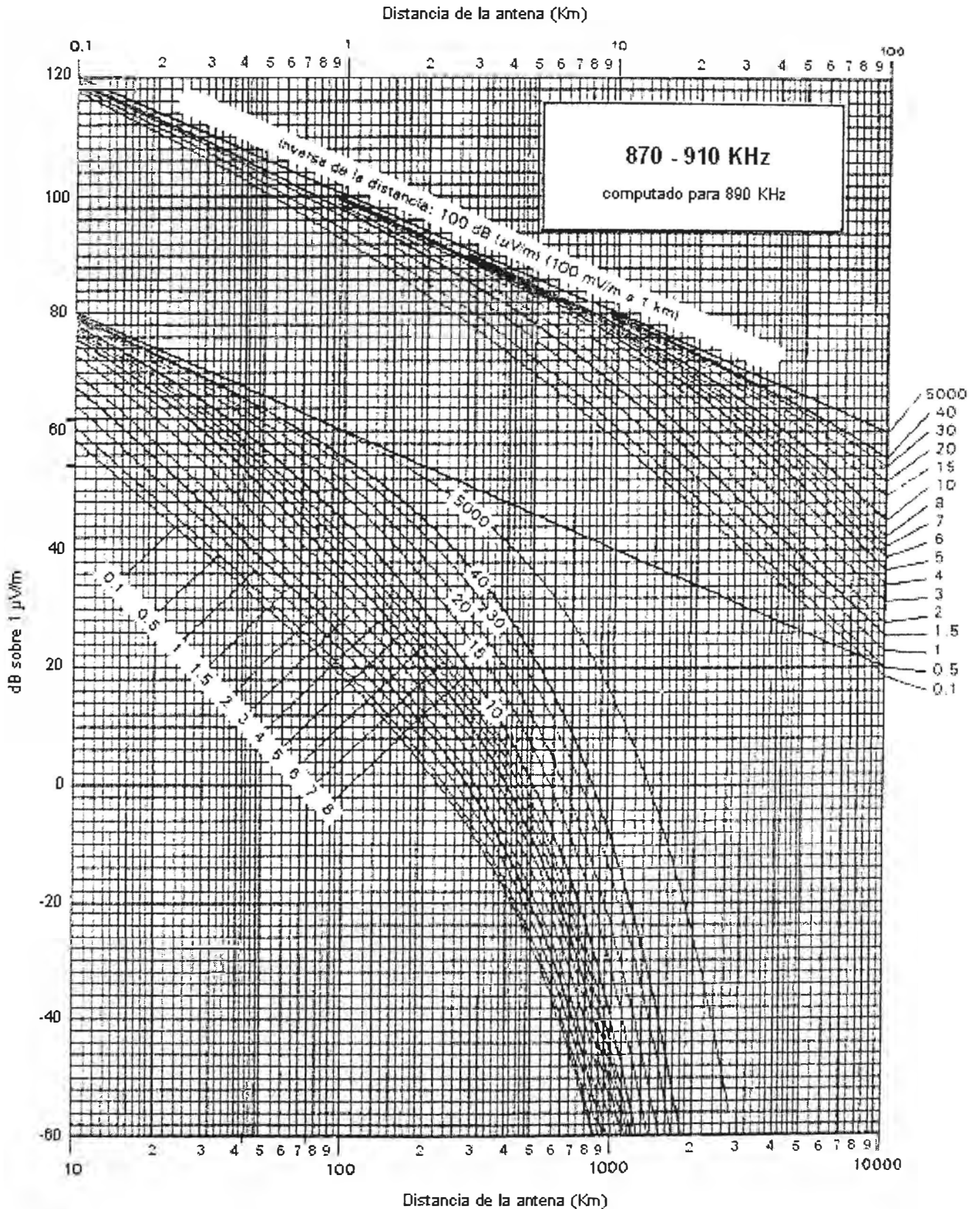


Fig. N° 4.1 Nomograma para el calculo de cobertura para estaciones en AM
(Fuente: Normas Técnicas de Radiodifusión del MTC)

4.2 Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Dependiendo del área geográfica y de la topografía de los lugares no siempre coinciden las localidades de radiodifusión con las localidades provenientes de la división política del país (distritos y en especial las provincias); vale decir que algunas veces una provincia viene a representar una localidad de radiodifusión como en otras veces, varias provincias cercanas representan una localidad de radiodifusión. Por ejemplo, la localidad de radiodifusión denominada **Cusco-Anta-Calca-Paruro-Urubamba-Piscac**²² involucra a las provincias cusqueñas de Cusco, Anta, Calca, Paruro y Urubamba incluyendo también al distrito de Pisac de la provincia de Calca. En cambio la localidad de radiodifusión denominada **Arequipa**²³ sólo involucra a la provincia de Arequipa del departamento de Arequipa.

Por lo tanto, para ubicar una estación radial en ONDA MEDIA en algún distrito o provincia del país entonces lo primero que tenemos que verificar es en que canalización se encuentra dicho distrito o provincia para tener en cuenta el área máxima de cobertura permitida en dicha canalización así como todos los canales de la banda destinados en dicha canalización. Toda esa información puede encontrarse en la página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones²⁴ o en el portal del diario oficial El Peruano²⁵.

4.3 Estimación de la potencia necesaria en un plan de canalización en onda media

Es usual que en toda canalización otorgada por el ministerio para una provincia o grupo de provincias cercanas se indique la potencia efectiva radiada “ERP” máxima otorgada a una emisora en particular; y esto ocurre en las transmisiones radiales en FM y por televisión, ya sea por VHF o por UHF; mientras que en las transmisiones radiales en ONDA MEDIA el Ministerio de Transportes y Comunicaciones no indica su valor en la respectiva canalización. Esto puede observarse en todas las canalizaciones, como por ejemplo la

²² Resolución viceministerial N° 233-2005-MTC/03, publicado en el diario oficial El Peruano el Sábado 14 de Mayo del 2,005.

²³ Resolución viceministerial N° 032-2005-MTC/03, publicado en el diario oficial El Peruano el Lunes 17 de Enero del 2,005.

²⁴ Dicha página se encuentra en <http://www.mtc.gob.pe>

²⁵ El Portal se encuentra en <http://www.elperuano.com.pe>

canalización para la localidad de radiodifusión de Lima²⁶ (en especial la provincia de Lima) en la cual se han destinado 43 canales para la radiodifusión en Onda Media (más conocida comercialmente como AM) pero que no indica el máximo valor ERP otorgado a cada canal.

Por lo que sólo la experiencia personal y el tamaño de la ciudad en donde se va a instalar la estación de radiodifusión sonora en Onda Media nos dan una idea de la ERP asumida lo que en la práctica está implícito en la potencia del transmisor pues casi la ganancia de antena típica usada en la Onda Media está alrededor de 1.3 dB. Por ejemplo, en las capitales de departamento como las ciudades de Arequipa o Trujillo es usual asumir valores de transmisores de 10 KW en algunas estaciones de gran potencia y los valores de 1 KW para estaciones pequeñas; mientras que en las provincias es usual que se instalen estaciones de 1 KW de potencia como estaciones típicas. Muy por el contrario en la ciudad de Lima es usual encontrar estaciones de 20 KW o 50 KW como estaciones de gran potencia.

4.4. Parámetros necesarios para iniciar los cálculos

Para calcular el área de cobertura de una estación de radiodifusión en Onda Media siempre debe tomarse como datos los siguientes valores:

- Potencia del transmisor expresado en Kilovatios (KW).
- Frecuencia de trabajo en KHz.
- El campo eléctrico en el cual se desea obtener el área de cobertura, que según normas del MTC debe ser de $62 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.
- El valor promedio de la conductividad del terreno del área de cobertura expresado en mS/m.
- Longitud de la línea de transmisión expresado en m.
- Atenuación de la línea de transmisión en dB/100 m.
- Ganancia de antena expresado en dB.

4.5. Cálculo del área de cobertura para una estación de radiodifusión sonora en onda media (AM)

En este subcapítulo se va a suponer que se va a instalar una planta transmisora de una estación de radiodifusión sonora en onda media, más conocida comercialmente como AM, en un distrito cualquiera del país; el cual se encontrará en la parte central de una

²⁶ Resolución viceministerial N° 028-2005-MTC/03, publicado en el diario oficial El Peruano el Domingo 10 de Enero del 2005.

carta geográfica publicada por el Instituto Geográfico Nacional con escala 1/100,000 para que la gráfica de dicha área de cobertura quepa completamente en dicha carta; aunque en la práctica no siempre la planta debe encontrarse en la parte central de la carta geográfica, lo cual implicará solamente que se deben adjuntar para trámites ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de más cartas geográficas adjuntas a la primera. Además se va a usar una potencia pequeña para que la distancia de cobertura pueda graficarse completamente en la carta geográfica. Y por último, se va a suponer una conductividad del terreno baja para que no se alcancen distancias de coberturas grandes; pues lo que se quiere resaltar en esta parte, más que la distancia ha alcanzarse, es el método de cálculo del mismo.

4.5.1 Parámetros asumidos

Para iniciar los cálculos de cobertura hay que tomar decisión en asumir algunos parámetros. Algunos de ellos tienen que tomar algún valor porque es una exigencia del Ministerio de Transportes y Comunicaciones como por ejemplo la intensidad de campo eléctrica requerida (E) y en base a la cual se calculará el contorno en la cual se cumple el valor del campo exigido, que para el caso real debe ser de 62 decibelios referidos a 1 microvoltio por cada metro, es decir, $62\text{dB}_{\mu\text{V/m}}$ que es el exigido para un servicio primario de las transmisiones en AM; mientras que otros están condicionados por otros factores, como por ejemplo, la longitud de la línea de transmisión está condicionada por la frecuencia asumida ya que dicha longitud es la distancia que debe de haber entre la base de la antena (torre) y la sala de transmisión y que por seguridad esta última debe estar fuera del área que ocupa los vientos que soportan a la antena y además debe estar colocada en la trinchera que une la sala de transmisión con la base de la antena; otro caso puede ser la conductividad promedio asumida, la cual depende del tipo de terreno que estará inmerso en el área de cobertura y que por facilidad se asume que es idéntico en todas las direcciones, lo cual no es del todo cierto y que para cálculos más exactos habría que tener en cuenta los mapas de conductividades, información que en su gran parte hace falta en el país. En cambio otros parámetros son datos del fabricante como por ejemplo la atenuación de la línea de transmisión. Y por último otros, que son valores que uno decide tomar dentro de algunas valores que se nos presentan, como por ejemplo la frecuencia a trabajar, la cual uno la obtiene en base a la canalización que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones fija para una localidad geográfica en particular.

Los siguientes son los parámetros asumidos para iniciar los cálculos del área de cobertura para una supuesta estación en Onda Media (AM):

- **P_T**: Potencia del transmisor = 500 W.
- **f**: Frecuencia asumida = 1,240 KHz.
- **G_{dB}**: Ganancia de antena $\lambda/4$ = 1.3 dB.
- **E_r**: Intensidad de campo eléctrico requerido = 62 dB _{μ V/m}
- **l**: Longitud de la línea de transmisión = 75 m.
- **A_{LT}**: Atenuación de la línea de transmisión = 3.41 dB/100m
- σ : Conductividad promedio del terreno = 15 mS/m
- Localidad de radiodifusión. = Sicuani
- Coordenadas geográficas en WGS 84
LONGITUD OESTE (LO): **71° 14' 32"**
LATITU SUR (LS): **14° 15' 27"**
- Altitud = 3,945 msnm

4.5.2 Parámetros a calcular

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- **A_T**: Atenuación total en toda la línea de transmisión expresado en dB.
- **f_{AT}**: Factor de atenuación de toda la línea de transmisión.
- **P_A**: Potencia que llega a la antena.
- **P_{ERP}**: Potencia efectiva radiada.
- **f_c**: Factor de corrección para emplear las curvas del MTC.
- **E**: Campo eléctrico en dB _{μ V/m} @ 1 KW para emplear las curvas.
- **d**: Distancia a la cual se producen los contornos del campo requerido de 62 dB _{μ V/m}.

4.5.3 Cálculos

A continuación se mostrarán los cálculos de cobertura para la referida estación radial a instalarse en la localidad de Sicuani.

4.5.3.1. Atenuación total expresada en decibelios en toda la línea de transmisión (A_T)

Para el cálculo de la atenuación total que ocurre a lo largo de toda la línea de transmisión que une el transmisor con la base de la antena (recordar que en AM la torre es la antena) se aplica una regla de tres simple con respecto a la atenuación por unidad de longitud de la línea de transmisión y que es un dato proporcionado por el fabricante de la línea, lo que implica que se utilice la siguiente fórmula:

$$A_T = lA_{LT} \quad (4.1)$$

Donde:

l : es la longitud total de la línea de transmisión.

A_{LT} : es el valor de atenuación en dB/100 metros proporcionado por el fabricante de la línea de transmisión a usarse.

A_T : es la atenuación total en toda la línea de transmisión.

Por lo tanto, reemplazando valores en (4.1) se tiene lo siguiente:

$$A_T = 75m \times 3.41 \frac{dB}{100m} = 2.56dB \quad \therefore \quad A_T = 2.56dB$$

4.5.3.2. Factor de atenuación de toda la línea de transmisión (f_{AT})

Como la atenuación de toda la línea de transmisión (A_T) se calcula directamente con sólo conocer la longitud de la línea de transmisión (l) y la atenuación por cada unidad de longitud (A_{LT}) de la línea de transmisión, siendo este último un dato proporcionado por el fabricante de la línea; entonces siempre se puede hallar un factor de atenuación asociado a toda la línea de transmisión, el cual se halla en función de la atenuación total de la línea expresada en decibelios (A_T). Hay que indicar que A_T tiene su signo internamente, el cual por lo general es negativo cuando se trata de una atenuación.

De la definición de un factor de atenuación expresado en decibelios y dado que el factor relaciona potencias entonces se tiene la siguiente expresión:

$$A_T = 10 \log(f_{AT}) \quad (4.2)$$

Despejando f_{AT} en función de A_T , se tiene:

$$f_{AT} = 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} \quad (4.3)$$

Reemplazando valores en (4.3) y teniendo en cuenta que A_T obtenido en 4.5.3.1. debe ser negativo por ser una atenuación, se tiene:

$$f_{AT} = 10^{\left(\frac{-2.56}{10}\right)} = 0.55$$

4.5.3.3. Potencia que llega a la antena (P_A)

De la definición de todo factor, que para el caso se trata de potencias; siendo una de ellas la que llega a la antena (P_A), es decir, la que sale por la línea de transmisión y evidentemente ha tenido unas pérdidas de atenuación en la línea y la otra, la enviada por el transmisor (P_T); entonces se tiene:

$$f_{AT} = \frac{P_A}{P_T} \quad (4.4)$$

Despejando P_A se tiene:

$$P_A = P_T f_{AT} \quad (4.5)$$

Reemplazando valores se tiene que la potencia que llega a la antena es:

$$P_A = 500 \times 0.55 = 277.31 \text{ W}$$

4.5.3.4. Potencia efectiva radiada (P_{ERP})

La definición de la potencia efectiva radiada (P_{ERP}) menciona que es el producto de la potencia que llega a la antena (P_A) por la ganancia de la antena (G). En otras palabras, es la potencia del transmisor a la cual se le han quitado las pérdidas en la línea de transmisión multiplicado por la ganancia de la antena. Matemáticamente se tiene:

$$P_{ERP} = P_A G \quad (4.6)$$

Además, es muy usual que la ganancia de la antena venga expresada en decibelios (G_{dB}), para lo cual dicho valor debe expresarse en su equivalente de factor. Por ello y usando en forma similar la expresión (4.2) y adecuándola para la ganancia de antena, se tiene:

$$G_{dB} = 10 \log(G) \quad (4.7)$$

Despejando G en función de G_{dB} , obtenemos:

$$G = 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} \quad (4.8)$$

Luego (4.8) en (4.6), se tiene:

$$P_{ERP} = P_A 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} \quad (4.9)$$

La fórmula (4.9) es la que usa frecuentemente para el cálculo de la potencia efectiva radiada de toda planta transmisora de una estación de AM.

Reemplazando el valor de P_A hallado en 4.5.3.3 y la ganancia de la antena expresada en decibelios (dB), el cual para antenas de AM del tipo de un cuarto de longitud de onda ($\lambda/4$) es de 1.3 dB, en la expresión de (4.9) se tiene:

$$P_{ERP} = 277.31 \times 10^{\left(\frac{1.3}{10}\right)} = 374.08 \text{ W}$$

4.5.3.5. Fórmula general para la potencia efectiva radiada

A continuación se va a obtener una fórmula general para calcular la potencia efectiva radiada (P_{ERP}) en base a datos básicos; la cual se obtiene combinando las ecuaciones (4.9), (4.5), (4.3) y (4.1) de la siguiente manera:

En la ecuación (4.9) se reemplaza la ecuación (4.5) y se obtiene:

$$P_{ERP} = P_T f_{AT} 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} \quad (4.10)$$

Luego en (4.10) reemplazamos (4.3)

$$P_{ERP} = P_T 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} \quad (4.11)$$

Simplificando las potencias de 10 y además poniendo el signo menos delante de A_T para que este valor solo sea positivo, ya que A_T siempre es negativo por ser atenuación, entonces queda así:

$$P_{ERP} = P_T 10^{\left(\frac{G_{dB}-A_T}{10}\right)} \quad (4.12)$$

Ahora, reemplazando en (4.12) la ecuación (4.1) se obtiene la ecuación general:

$$P_{ERP} = P_T 10^{\left(\frac{G_{dB}-lA_{LT}}{10}\right)} \quad (4.13)$$

La ecuación (4.13) es la generalización para obtener la potencia efectiva radiada en base a los 4 datos básicos que en toda planta transmisora deben conocerse: la longitud de la línea de transmisión (l), la atenuación por unidad de longitud de la línea (A_{LT}), la ganancia de la antena expresada en decibelios (G_{dB}) y la potencia del transmisor (P). Dicha ecuación si bien es genérica y solamente hay que reemplazar datos, se comporta como una caja negra donde, evidentemente, se pierde la visión del procedimiento de cálculo; sólo se coloca dicha fórmula con fines de generalización y que podría servir para otro trabajo de investigación en que se desea quiera usar dicha fórmula sin importarle la comprensión de lo que se está efectuando.

4.5.3.6. Factor de corrección para emplear las curvas del MTC (f_c)

El factor de corrección a calcularse a continuación es necesario para poder usarse los nomogramas para el cálculo de cobertura de las estaciones de AM, ya que dichas gráficas fueron elaboradas en base a un transmisor de un kilovatio de potencia efectiva radiada; por ello que para este caso en que la potencia efectiva radiada sale menor a un kilovatio o como cuando sea mayor a un kilovatio entonces tiene que hallarse el factor de corrección mencionado. Este se calcula así:

$$f_c = 10 \log\left(\frac{P_{ERP}}{1KW}\right) \text{ dB}_{\mu V/m} \quad (4.14)$$

Reemplazando el valor obtenido en 4.5.3.4 en (4.14)

$$f_c = 10 \log\left(\frac{0.37408 \text{ KW}}{1 \text{ KW}}\right) = -4.27 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$$

4.5.3.7. Cálculo del campo eléctrico para usar el nomograma

El valor del campo eléctrico requerido (E) para usar el nomograma tiene que tener en cuenta el factor de corrección. Para el servicio primario en la radiodifusión sonora por Onda Media el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) exige un valor de la intensidad del campo eléctrico (E_r), el cual para asegurar que las comunicaciones en esta banda sean óptimas el MTC lo fija en $62 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.

A este campo eléctrico requerido expresado en $\text{dB}_{\mu\text{V/m}}$ hay que restarle el factor de corrección, lo que implica que se use la siguiente expresión:

$$E = E_r - f_c \quad (4.15)$$

Ahora, reemplazando valores en (4.15) se tiene:

$$E = 62 - (-4.27) = 66.27 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$$

4.5.3.8. Cálculo de la distancia de cobertura

Con el valor del campo eléctrico calculado en 4.5.3.7 se va al nomograma de la Figura N° 4.2 y con el dato de que la conductividad (σ) promedio del terreno en la localidad de Sicuani es de 15 mS/m entonces en el eje de las ordenadas se traza una recta (mostrada en línea roja) que toca al valor de la conductividad asumida y bajando hasta las abscisas se observa que la distancia expresada en kilómetros tiene el valor de 26 Km .

4.6 Gráfica del área de cobertura en una carta geográfica del IGN 1/100,000

La gráfica de la distancia de 26 Km obtenida en 4.5.3.8 se realiza en la carta geográfica con escala $1/100,000$ y como la distancia obtenida es de 26 Km entonces se traza una circunferencia de un radio de 26 cm dado que en dicha carta cada centímetro equivale a un kilómetro. Se hace notar que es un circunferencia porque se asume que la conductividad es igual en cualquier dirección. En caso que la conductividad no fuera igual en todas las direcciones, que es el caso real, entonces la gráfica de la cobertura no sería una circunferencia; para lo cual se tendría que tomar en cuenta la conductividad en cada dirección requiriéndose para ella de cartas de conductividades del terreno y esa información es muy escasa, por eso que por facilidad se asume igual en todas las direcciones.

Para posicionar la planta transmisora sólo hay que tomar en cuenta los datos de las coordenadas geográficas expresadas en Longitud y Latitud. Correspondiendo para el ejemplo los valores de:

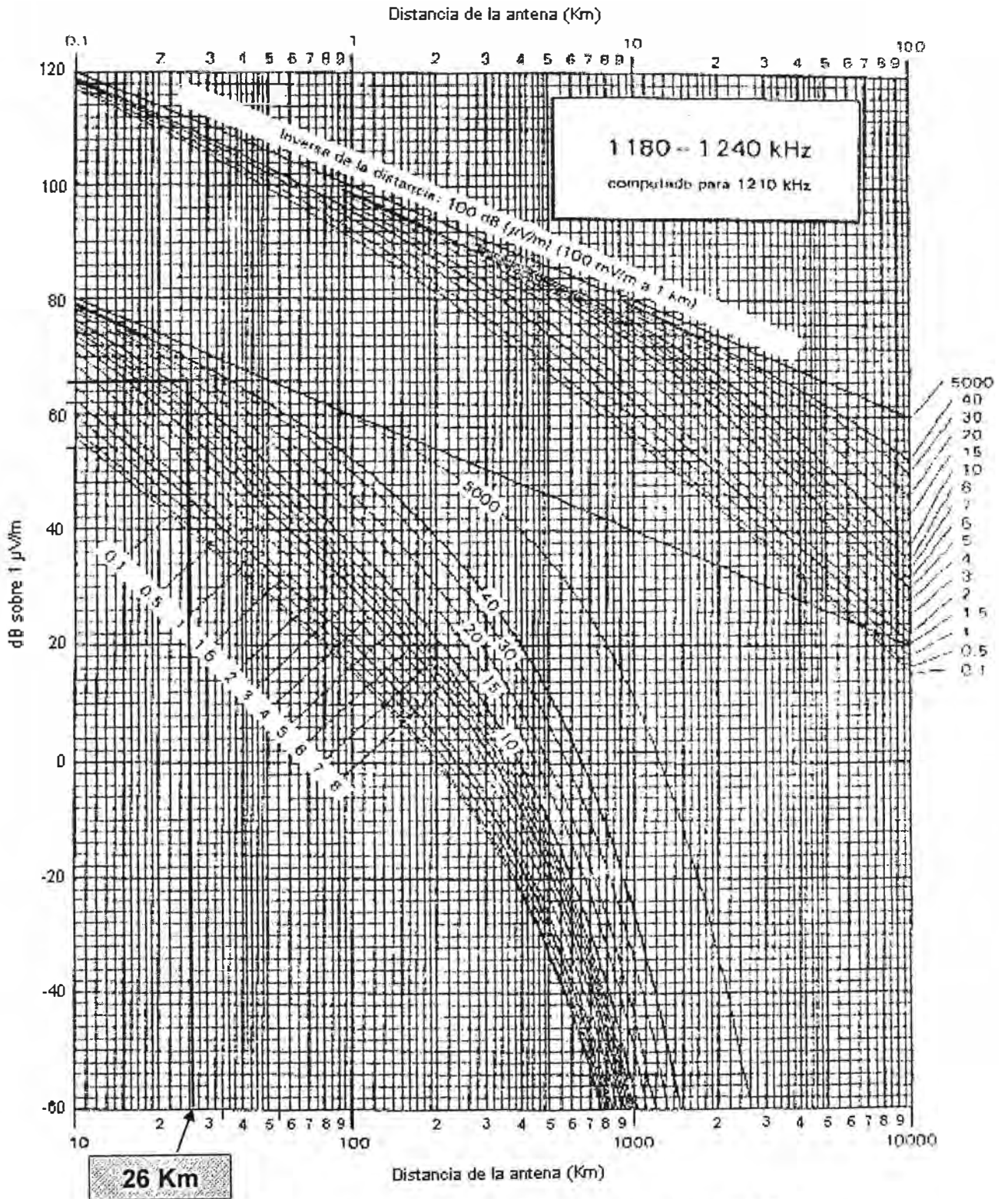


Fig. N° 4.2 Cálculo de la distancia de la estación AM: 1,240 KHz

LONGITUD OESTE (LO): **71° 14' 32"**

LATITU SUR (LS): **14° 15' 27"**

Muy poco se usa las coordenadas expresadas en UTM, aunque no sería ningún inconveniente usarlas dado que las cartas geográficas contemplan ambas coordenadas.

La ubicación de la planta transmisora en la carta geográfica N° 29-T, se realiza mediante una regla de tres simple para lo que resulta que la distancia a nivel horizontal, que corresponde a la Longitud Oeste, que se mide a partir del lado derecho de la carta y denominada "x", tiene el valor de 27.95 cm. Asimismo, la distancia a nivel vertical, que corresponde a la Latitud Sur, se mide a partir de la parte superior del plano y denominada "y" tiene el valor de 28.54 cm. El procedimiento de cálculo de dichos valores se muestran en la sección 5.6

Por último, la planta transmisora en el gráfico está acompañada de la letra P que es el símbolo de planta y además que dicho plano graficado se encuentra en el anexo.

Como a manera de complemento se muestra en el anexo N° D un Perfil de Proyecto Técnico que el MTC exige a cualquier persona, ya sea natural o jurídica, en su solicitud de autorización de instalación de una estación transmisora en AM en algún lugar del país. En dicho documento se destaca primordialmente el valor de la distancia alcanzada para el campo eléctrico deseado de $62 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.

CAPITULO V

CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN EN FM

5.1 Introducción

La banda de radiodifusión destinada para las transmisiones en modulación por frecuencia, más conocida comercialmente como **Frecuencia Modulada** y designada abreviadamente como **FM**, está conformada por el conjunto de frecuencias que comienzan en los 88 MHz y culminan en los 108 MHz.

El otorgamiento de las frecuencias portadoras, para las diversas estaciones transmisoras de una localidad de radiodifusión en FM, tiene una separación entre ellas de por lo menos 600 KHz (0.6 MHz). Se usa este valor para asegurar que entre las estaciones transmisoras no haya interferencias entre ellas a pesar que según la regla de Carlson²⁷ se obtiene un ancho de banda de transmisión en FM de 200 KHz (0.2 MHz); pero que la práctica ha demostrado que 0.6 MHz es un valor que asegura la minimización de interferencias entre las estaciones.

La máxima frecuencia contenida en la señal moduladora (f_{\max}), también conocida como información, es de 15 KHz y este es el motivo fundamental por la cual una transmisión en FM es de mejor calidad que una transmisión en AM, cuya f_{\max} es de 10 KHz.

La regla de Carlson matemáticamente se expresa así:

$$BW = 2 (\Delta f + f_{\max}) \quad (5.1)$$

Donde:

BW es el ancho de banda.

Δf es la desviación máxima permitida de la portadora de la FM cuyo valor se ha estandarizado a nivel mundial en 75 KHz.

f_{\max} es la máxima frecuencia contenida en la información (15 KHz).

²⁷ B.P. LATHI. **SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.** Pág. 293.

Por lo tanto, reemplazando valores en (5.1) se tiene:

$$BW = 2 (75\text{KHz} + 15\text{KHz}) = 180\text{KHz}$$

Tomando 10 KHz de resguardo, tanto en la parte inferior como en la superior del canal de transmisión, resulta el ancho de banda transmisión de 200 KHz para dicho canal.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) ha fijado 100 canales de transmisión en la banda de radiodifusión en FM, siendo los 88.1 MHz el primer canal denominado como canal 201 y el último canal denominado 300 corresponde a los 107.9 MHz. En el anexo N° E se muestran todos los canales de la FM así como las frecuencias portadoras de los mismos.

Las ondas radioeléctricas de la FM, cuando son emitidas por la antena transmisora, viajan fundamentalmente como ondas de espacio en la cual puede haber recepción en la antena receptora de ondas directas y ondas reflejadas. Las ondas directas son aquellas que llegan a la antena directamente, es decir, hay una línea recta que une la antena transmisora con la antena receptora. En cambio las ondas reflejadas son aquellas que antes de llegar a la antena receptora ha sufrido una reflexión en algún lugar de la trayectoria (a veces puede ser una refracción o difracción). Un peor caso resulta cuando, tanto la onda directa como la onda reflejada, llegan a la antena receptora con un desfase de 180° e igual amplitud, lo que se manifiesta en el receptor no recibiendo la señal transmitida pues ambas se anulan; esto último es poco probable ya que la onda reflejada tiene siempre menor amplitud que la onda directa por lo que siempre la señal receptionada, en estos casos, es de menor intensidad que en otros lugares de recepción del área de cobertura.

Por el valor de las frecuencias destinadas para esta banda de radiodifusión, las señales de la FM por lo general están limitadas a la línea de vista que une al transmisor con los receptores; ya que dichas frecuencias no tienen el poder de contorno que si tienen las transmisiones en Onda Media. Ese poder de contorno que se debe al fenómeno de refracción y en especial al fenómeno de difracción, es muy limitado.

Si bien el cálculo de la distancia de propagación de una señal en FM puede efectuarse con las fórmulas de radiocomunicación ideal²⁸; pero estas no toman en cuenta el ruido que se produce en la ciudad, el ruido producido por hombre y el ruido atmosférico los cuales, evidentemente influyen en la relación señal-ruido, más conocido como "S/N" y que se materializa como un factor atenuación más conocido como factor de ruido (f_N).

²⁸ Belotserkovski. **Fundamentos de antenas.** Pág. 101

También en la ciudad y/o campo, a donde se transmiten las señales de FM, se producen fenómenos de atenuación debidos a los obstáculos que presentan los edificios y/o obstáculos naturales como los cerros, al cual también se le añaden las trayectorias de reflexión de las señales que también llegan a la antena receptora y que se manifiestan netamente en una reducción de la amplitud de la señal recepcionada; por todo lo mencionado en este párrafo entonces todas las atenuaciones producidas pueden condensarse en un factor de atenuación denominado factor de ciudad (f_c).

Como la señal que se recepciona en la FM es, primordialmente, por medio de ondas espaciales entonces se ha convenido en que la altura a la cual deben de recepcionarse las señales de esta banda sean a 10 metros sobre la superficie terrestre. Evidentemente, este valor es referencial lo cual no implica que las señales no puedan recepcionarse a menos altura, lo que realmente así ocurre pero con menor valor de la intensidad del campo eléctrico requerido. Pero esta es la altura que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) exige en la recepción de las transmisiones en la banda de frecuencia modulada y en especial es la altura que hay que tener en cuenta en la elaboración de los Perfiles de Proyecto Técnico que exige el MTC a las personas naturales o jurídicas que solicitan autorización para instalación de un estación radial en frecuencia modulada en algún lugar del país.

5.1.1. Fórmula básica para el cálculo de la distancia de cobertura en las transmisiones en FM

En base a lo manifestado en los párrafos anteriores entonces las fórmulas de radiocomunicación ideal relacionan la intensidad de campo eléctrico con la potencia efectiva radiada por la planta transmisora de la estación de radiodifusión y que por ende permiten estimar el área de cobertura de la estación sin tomar en cuenta los factores de atenuación de ruido y de ciudad manifestado en los párrafos anteriores. Por ello que dichas fórmulas de radiocomunicación ideal son poco usadas para estimar en forma más exacta el área de cobertura de una estación de radiodifusión sonora en frecuencia modulada o por televisión.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones "UIT" (en inglés en más conocida como ITU²⁹), de la cual el Perú es parte de ella, ha propuesto una fórmula en la cual se pueden insertar las pérdidas por ruido y las pérdidas de ciudad, también se pueden insertar las

²⁹ El portal de la Unión Internacional de Telecomunicaciones se encuentra en el sitio <http://www.itu.int>

pérdidas en la línea de transmisión. Dicha fórmula fue propuesta para que todos los países integrantes de la UIT uniformicen sus procedimientos de cálculos de área de cobertura en las transmisiones de radiodifusión sonora por frecuencia modulada. La fórmula es la siguiente:

$$E = \frac{88 \times 10^6 H'_T H'_R \sqrt{P_T G}}{\lambda d^2} \quad (5.2)$$

Donde:

H'_T es la altura efectiva de la antena transmisora.

H'_R es la altura efectiva de la antena receptora.

P_T es la potencia del transmisor.

G es el factor de ganancia de antena.

λ es la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de la estación transmisora.

d es la distancia a la cual se cumple un valor del campo eléctrico requerido en el área de cobertura.

Aquí H'_T se calcula de la siguiente manera:

$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_0^2} \quad (5.3)$$

Donde:

h_{ef} es la altura efectiva de la antena transmisora cuyo cálculo se verá más adelante.

H_0 es un factor que a su vez se calcula de la siguiente manera:

$$H_0 = \frac{\lambda \times [(\epsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2]^{1/4}}{2 \times \pi} \quad (5.4)$$

Aquí:

λ es la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de la estación transmisora.

ϵ_r es la permitividad eléctrica relativa del terreno de propagación

σ es la conductividad promedio del terreno de propagación.

Mientras que H'_R se calcula de la siguiente manera

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_0^2} \quad (5.5)$$

Donde:

H_R es la altura de la antena receptora que por norma debe ser 10 m

H_0 es el mismo factor que se calcula en (5.4)

Como el valor de H_0 es casi pequeño entonces los valores de H'_T como H'_R son casi iguales a h_{ef} y H_R , respectivamente; por lo que algunos proyectistas en la elaboración de perfiles de proyectos técnicos, que se necesitan para la solicitud de autorización de instalación de una estación radiodifusión sonora o televisiva ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, para simplificar sus cálculos en la fórmula (5.2) ya no colocan H'_T ni H'_R sino, en su lugar colocan respectivamente h_{ef} y H_R .

5.1.1.1 Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar (h_{ef})

La altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar es un cálculo cuya finalidad es hallar una altura promedio de la antena transmisora con respecto al nivel del mar donde se estará irradiando la señal.

Su cálculo toma en cuenta la cota de la base de la torre en donde está ubicada la antena con respecto al nivel del mar (h_c); también toma en cuenta el centro de radiación de la antena con respecto a la base de la torre (h_{cr}); por último, toma en cuenta el nivel medio del terreno (h_n). Todo se relaciona en la siguiente fórmula que permite calcular la altura efectiva (h_{ef}):

$$h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n \quad (5.6)$$

A veces es posible que h_{ef} salga negativo y en estos casos la UIT sugiere que se tome como valor de h_{ef} el valor de 30 metros.

Por el contrario, si h_{ef} sale positivo pero menor de 30 metros también la UIT recomienda que h_{ef} se haga igual a 30 metros.

5.1.1.2. Nivel medio del terreno (h_n)

El nivel medio del terreno, como su nombre lo indica, es un valor de altura promedio con respecto al nivel del mar, del terreno a donde se irradiará la señal de la planta transmisora.

Según los procedimientos de cálculo que la UIT recomienda en sus normas para que todos los países integrantes de la organización uniformicen sus cálculos de cobertura de las estaciones de radiodifusión, ya sea sonora o por televisión; esta debe calcularse a partir de un radio de acción de 3 Km hasta un radio máximo de 16 Km, encontrándose en el origen del radio de acción la planta transmisora de la estación. Con respecto al norte geográfico, y rotando en sentido horario lo que da origen a los grados acimutales (φ), se deben calcular la altitud con respecto al nivel del mar de cada punto de terreno distanciados cada 500 metros. Se recomienda que los cálculos se hagan con respecto a 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° de acimut.

Necesariamente para el cálculo del h_n tiene que utilizarse las cartas geográficas en

escala 1/100,000 publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) en donde se ubica la planta transmisora de la estación y se trazan dos circunferencias de 3 Km (3 cm en el plano) y 16 Km (16 cm en el plano) con centro en la planta transmisora. Luego cada 45° acimutales se trazan radios y en cada radio se marcan distancias cada 500 m (0.5 cm en el plano). Luego se intersecta cada radial con las curvas de nivel de la carta geográfica para obtener la altura con respecto al nivel del mar de cada punto del terreno.

En la tabla N° 5.1 se muestra el registro de la altitud de cada punto del terreno, según las normas de UIT, con respecto al nivel del mar, el cual permite el cálculo fácil de h_n ; además en el anexo N° F se muestra la tabla llena con valores obtenidos de una carta geográfica.

5.2 Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Para solicitar la autorización de instalación de una estación radiodifusora sonora en frecuencia modulada (FM) en alguna localidad del país ante el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), una persona jurídica o natural, lo primero que debe tener en cuenta es, si la localidad donde se piensa instalar la estación radial, está canalizada. Caso contrario si no estuviera canalizada entonces el MTC no puede autorizar la instalación de la estación petitionada en dicha localidad³⁰ porque se lo prohíbe la normatividad vigente.

Los 24 departamentos del país han sido canalizados para la banda de radiodifusión en frecuencia modulada³¹ en la cual para cada departamento el propio MTC ha emitido resoluciones de canalización (concretamente son resoluciones vice ministeriales) ampliándose para más localidades con resoluciones de modificatoria. En el anexo G se muestra la canalización de radiodifusión en FM de todos los departamentos del país, que se encuentra publicada en la página web del MTC.

Cada canalización puede abarcar uno más distritos de la división política del país y eso depende de la orografía del lugar y las dimensiones del o los distritos que forman parte de la localidad canalizada.

³⁰ Artículo N° 7 del reglamento de la ley de radio y televisión. Decreto Supremo N° 05-2005-MTC. Publicado el Martes 15 de Febrero del 2,005 en el diario oficial El Peruano.

³¹http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/concesion/radiodifusion/canal_fm.htm Consultado el 13 de Julio del 2,010.

Tabla N° 5.1 Tabla que facilita el cálculo del nivel medio del terreno (h_n)
(Fuente: elaboración propia)

stancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3								
3.5								
4								
4.5								
5								
5.5								
6								
6.5								
7								
7.5								
8								
8.5								
9								
9.5								
10								
10.5								
11								
11.5								
12								
12.5								
13								
13.5								
14								
14.5								
15								
15.5								
16								
Promedio parcial								
Promedio Total (h_n) en msnm								

5.3 Potencia efectiva radiada según el plan de canalización del MTC

En toda canalización, que ha efectuado el MTC para la banda de radiodifusión en FM para todo el país, siempre se indica la cantidad de canales de la banda de FM asignados a dicha localidad localizada así como también la máxima potencia efectiva radiada (ERP) en la dirección de la máxima ganancia de antena. En cuanto se refiere al canal asignado este sirve para determinar la frecuencia con que trabajará el transmisor, mientras que la ERP máxima permite determinar la potencia aproximada del transmisor a usarse en la estación solicitada.

Por ejemplo, en la canalización de la localidad de Chulucanas del departamento de Piura³² se han fijado 28 canales de la banda de FM y la potencia efectiva radiada máxima a usarse en cualquier canal es de 1,000 vatios (1 KW). En el anexo H se muestran todos los canales de la banda de FM destinados para esta localidad donde el primer canal es el 202, cuya frecuencia es los 88.3 MHz y el último canal es el 299, cuya frecuencia es los 107.7 MHz; así como también se indica la máxima ERP.

5.4 Parámetros necesarios para iniciar los cálculos para una radiación omnidireccional

Entiéndase por una radiación omnidireccional a aquella que se irradia por igual a todas las partes; es decir, vista desde un plano horizontal la intensidad de campo eléctrico, para un valor dado de ella, forma una circunferencia alrededor de la antena (o en los casos reales casi una circunferencia). Debe usarse antenas como la mostrada en el anexo A.

Para calcular el área de cobertura de una estación de radiodifusión en frecuencia modulada con radiación omnidireccional, siempre debe tomarse como datos los siguientes valores:

- Potencia del transmisor expresado en vatios (W).
- Frecuencia de trabajo en MHz.
- El campo eléctrico en el cual se desea obtener el área de cobertura, que según normas del MTC debe ser de $66 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.
- El valor promedio de la conductividad del terreno del área de cobertura expresado en mS/m.
- El valor promedio de la permitividad eléctrica relativa del terreno del área de cobertura.
- Longitud de la línea de transmisión expresado en m.
- Atenuación de la línea de transmisión en dB/100 m.
- Altura de la antena transmisora en m.
- Altura de la antena receptora en m.
- Cota de la planta transmisora m.s.n.m.
- Ganancia de antena expresado en dB.
- Factor de ruido en dB.
- Factor de ciudad en dB.
- Polarización

5.5 Cálculo del área de cobertura

³² Resolución viceministerial N° 116-2004-MTC-03.

En este capítulo se supone que se va a instalar una estación radiodifusora en frecuencia modulada en una localidad cualquiera del país con una orografía casi igual alrededor de 360° de acimut donde se utiliza este tipo de radiación omnidireccional. Dicha igualdad orográfica es por lo general la parte plana del terreno, el cual es muy común en la Costa como la Selva peruana.

La localidad elegida por el tesista es la ciudad de Sicuani hacia donde se irradiará la señal en forma omnidireccional.

5.5.1 Parámetros asumidos

Como por norma toda planta transmisora debe ubicarse fuera del radio urbano de la localidad a donde debe irradiarse la señal³³ entonces la planta transmisora de la supuesta estación a instalarse con radiación omnidireccional estará ubicada en la cima del cerro Uraypampa, más conocido por los lugareños como cerro Lechemocco

Se asumirá los siguientes parámetros para la supuesta estación radial en FM:

➤ P_T :	Potencia del transmisor	= 500 W.
➤ f	Frecuencia asumida	= 93.3 MHz.
➤ n :	Número de antenas (Bays) o elementos	= 2
➤ G_{dB} :	Ganancia del arreglo de antenas	= 1.48 dB _d
➤ E :	Intensidad de campo eléctrico para calcular el área de cobertura	= 66 dB _{μV/m}
➤ H_T :	Altura de la antena transmisora	= 30 m.
➤ H_{cr} :	Altura del centro de radiación	= 28 m.
➤ H_R :	Altura de la antena receptora	= 10 m.
➤ l :	Longitud de la línea de transmisión	= 40 m.
➤ h_c :	Cota de la planta transmisora	= 3,945 msnm
➤ A_{LT}	Atenuación de la línea de transmisión Coaxial	= 3.41dB/100m
➤ A_{DIV}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 2	= 0.20 dB
➤ F_N :	Factor de ruido	= 1.5 dB.
➤ σ	Conductividad del terreno	= 3 mS/m.
➤ ϵ_r	Permitividad relativa del terreno	= 5.
➤ P	Polarización	= Vertical.
➤ F_C :	Factor de ciudad	= [35 – 8 log (d)]

³³ Artículo N° 87 del Reglamento de la Ley de Radio y Televisión. Decreto Supremo N° 05-2005-MTC

➤ Localidad de radiodifusión = Sicuani

➤ Coordenadas geográficas en WGS 84

LONGITUD OESTE (LO): 71° 14' 32"

LATITUD SUR (LS): 14° 15' 27"

5.5.2 Parámetros a calcular

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- λ : Longitud de Onda.
- A_T : Atenuación total de la línea de transmisión más el divisor de potencia expresado en decibelios.
- f_{AT} : Factor de atenuación.
- P_A : Potencia que llega a la antena.
- P_{ERP} : Potencia efectiva radiada.
- h_n : Nivel medio del terreno.
- h_{ef} : Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar.
- H'_T : Altura efectiva de la antena de la planta transmisora.
- H'_R : Altura efectiva de la antena receptora.
- d : Distancia a la cual se producen los contornos E requeridos.

5.5.3 Cálculos

A continuación se mostrarán los cálculos de cobertura para la estación radial en frecuencia modulada a instalarse en la ciudad de Sicuani.

5.5.3.1 Longitud de onda (λ)

Para el cálculo de la longitud de onda " λ " correspondiente a la frecuencia de trabajo del transmisor de la estación se usa la relación de Einstein que se expresa en la ecuación (5.7)

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (5.7)$$

Donde:

λ es la longitud de onda.

c es la velocidad de la luz cuyo valor es 3×10^8 m/s

f es la frecuencia de trabajo expresada en Hertzios (Hz)

Por lo tanto, reemplazando valores en (5.17), se tiene:

$$\lambda = \frac{3 \times 10^8}{93.3 \times 10^6} = 3.21 \text{ m}$$

5.5.3.2. Atenuación total de la línea de transmisión mas el divisor de potencia expresado en decibelios (A_T)

La ecuación a usarse es la siguiente

$$A_T = lA_{LT} + A_{DIV} \quad (5.8)$$

Donde:

l es la longitud de la línea de transmisión

A_{LT} es la atenuación de la línea de transmisión expresada en dB

A_{DIV} es la atenuación del distribuidor de potencia expresado en dB

Reemplazando valores

$$A_T = \frac{40 \times 3.41}{100} + 0.20 = 1.56 \text{ dB}$$

El valor de 1.56 dB para A_T debe ser negativo pues se trata de atenuación, por ende el correcto valor es:

$$A_T = -1.56 \text{ dB}$$

5.5.3.3. Factor de atenuación de toda la línea de transmisión (f_{AT})

La fórmula (4.3) nos expresa el factor de atenuación de toda línea de transmisión, ya sea usada para AM o FM, la cual su fórmula se demuestra a partir de la expresión (4.2); por lo cual su expresión matemática de nuevo se escribe así:

$$f_{AT} = 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} \quad (5.9)$$

Reemplazando valores $f_{AT} = 10^{\left(\frac{-1.56}{10}\right)} = 0.698$

5.5.3.4. Potencia que llega a la antena (P_A)

De nuevo a partir de la expresión (4.4) se demostró la expresión que se utiliza para el cálculo de potencia radioeléctrica que llega a la antena, ya sea en una transmisión de AM o de FM; es decir, es la potencia que sale del transmisor y a la cual se le quita las pérdidas que sufre la señal radioeléctrica en la línea de transmisión hasta llegar a la antena. Se utiliza la fórmula (4.5) que ahora se le denomina (5.10)

$$P_A = P_T f_{AT} \quad (5.10)$$

reemplazando valores

$$P_A = 500 \times 0.698 = 349 \text{ W}$$

5.5.3.5. Potencia efectiva radiada (P_{ERP})

Con la demostrada fórmula (4.9) usada para las transmisiones en amplitud modulada

se calcula, también, la potencia efectiva radiada en una transmisión en frecuencia modulada donde lo único que hay que conocer es la ganancia del arreglo de antenas expresado en decibelios (G_{dB}). Por ello que dicha fórmula se designa en este capítulo como (5.11), siendo su expresión la siguiente:

$$P_{ERP} = P_A 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} \quad (5.11)$$

reemplazando valores

$$P_{ERP} = 349 \times 10^{\left[\frac{1.48}{10}\right]} = 490.71 W$$

Este valor es menor que 1,000 W que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Sicuani para la radiodifusión sonora en frecuencia modulada, según la Resolución Viceministerial N° 108-2004-MTC/03. En el anexo N° I se muestra el extracto de dicha resolución en la cual se menciona que las localidades son Sicuani y Tinta; en otras palabras, muchas veces las canalizaciones abarcan varias localidades geográficas cercanas, como sucede en este caso. En la parte final de la misma se menciona la máxima potencia efectiva radiada permitida en esta localidad.

5.5.3.6. Nivel medio del terreno (h_n)

De acuerdo con la sección 5.1.1.2, en la cual se indica el procedimiento para el realizar el cálculo del nivel medio del terreno (h_n) en toda carta nacional 1/100,000; entonces procediendo para la carta nacional N° 29-T, elaborada por el IGN, en la cual se encuentra la localidad de Sicuani, se obtiene la tabla N° 5.2

De la tabla se observa que $h_n = 4,042.08m$.

5.5.3.7. Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar (h_{ef})

De acuerdo con la fórmula (5.6) que nos indica la manera de calcular h_{ef} entonces se procede, sabiendo que h_c y h_{cr} son datos asumidos en la sección 5.5.1. Así tenemos:

$$h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n = 28 + 3,945 - 4,042.08 = -69.08 m$$

Como el resultado es negativo y de acuerdo con el tercer párrafo de la sección 5.1.1.1 entonces procedemos asumir como $h_{ef} = 30 m$

5.5.3.8. Cálculo de H_0

La fórmula (5.4) es la que nos permite calcular este parámetro auxiliar H_0 ; entonces procediendo se obtiene su valor así:

$$H_0 = \frac{\lambda \times \left[(\epsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2 \right]^{1/4}}{2 \times \pi}$$

Reemplazando valores, dado que λ se calculó en la sección 5.5.3.1 y ϵ_r , σ son valores

asumidos en la sección 5.5.1; por lo cual se tiene lo siguiente

Tabla N° 5.2 Obtención del nivel medio del terreno (h_n)
(Fuente: elaboración propia)

Distancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3	3600	3530	3620	3530	3540	3600	3560	3580
3,5	3750	3500	3700	3500	3650	3600	3600	3580
4	3860	3550	3800	3500	3800	3750	3700	3590
4,5	3800	3600	4050	3500	3750	3650	3850	3590
5	3800	3800	3900	3500	3900	3650	3650	3600
5,5	3900	3900	3700	3450	3800	3800	3600	3600
6	3950	4100	3700	3450	3850	3900	3600	3600
6,5	4000	4250	3700	3450	4000	4000	3600	3600
7	4000	4400	3850	3450	4200	3950	3750	3600
7,5	4000	4350	3900	3450	4150	4000	4000	3640
8	7050	4200	3900	3450	4200	4050	4100	3700
8,5	4100	4300	3900	3550	4300	4050	4200	3750
9	4150	4350	4100	3500	4100	4200	4400	3900
9,5	4200	4350	4150	3500	3950	4050	4400	3950
10	4400	4300	4250	3450	3750	4100	4400	3950
10,5	4350	4200	4250	3550	3850	4200	4500	3950
11	4250	4100	4350	3550	3950	4200	4450	3950
11,5	4400	4950	4200	3550	4100	4200	4390	3800
12	4400	4100	4000	3450	4200	4250	4440	4000
12,5	4350	4250	4050	3500	4380	4300	4390	3950
13	4300	4150	4100	3650	4450	4200	4340	3800
13,5	4150	4010	4300	3550	4350	4200	4350	3850
14	4150	4050	4500	3500	4200	4150	4450	3950
14,5	4150	4200	4450	3600	4080	4050	4390	3950
15	4100	4250	4300	3550	3990	4050	4350	3900
15,5	4100	4450	4250	3600	4000	4000	4350	3850
16	4100	4500	4050	3600	3990	4000	4300	3850
Promedio parcial	4199	4137	4570	3514	4018	4006	4115	3779
Promedio Total (h_n) en msnm								4042,08

$$H_o = \frac{3.21 \times \left[(5+1)^2 + 60 \times 3.21 \times 0.003^2 \right]^{1/4}}{2 \times \pi} = 1.25 \text{ m}$$

5.5.3.9. Altura efectiva de la antena de la planta transmisora (H'_T)

La fórmula (5.3) es la usada para dicho cálculo por lo que procediendo, tenemos:

$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_o^2} = \sqrt{30^2 + 1.25^2} = 30.02 \text{ m}$$

5.5.3.10. Altura efectiva de la antena receptora (H'_R)

Con la fórmula (5.5) de la sección 5.1.1 calculamos H'_R y como H_R es un dato que por

normas del MTC debe ser 10 m, entonces se tiene:

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_O^2} = \sqrt{10^2 + 1.25^2} = 10.07 \text{ m}$$

5.5.3.11. Cálculo de la distancia a la cual se producen los contornos de campo eléctrico requerido (d)

La fórmula (5.2) de la sección 5.1.1 es la que usa para calcular la distancia de cobertura a la cual se producen los contornos de campo eléctrico requerido. Así dicha fórmula re-escrita en esta sección, es:

$$E(\mu V / m) = \frac{88 \times 10^6 \times H'_T \times H'_R \times \sqrt{P_T \times G}}{\lambda \times d^2} \quad (5.2)$$

De (5.2) hay que despejar d y como el factor de ciudad (F_C) está expresado en decibelios en la expresión "35-8log(d)"; el factor de ruido (F_N) también está expresado en decibelios y por último otros factores están en decibelios; entonces antes de despejar dicha fórmula hay que convertirla en su equivalente en decibelios con referencia a $\mu V/m$ por lo cual tomando logaritmos decimales a ambos lados de (5.2), se tiene

$$\log(E) = \log\left(\frac{88 \times 10^6 \times H'_T \times H'_R \times \sqrt{P_T \times G}}{\lambda \times d^2}\right)$$

Multiplicando por 20 ambos miembros de la igualdad

$$20 \log(E) = 20 \log\left(\frac{88 \times 10^6 \times H'_T \times H'_R \times \sqrt{P_T \times G}}{\lambda \times d^2}\right)$$

Desarrollando el lado derecho de la igualdad, aplicando propiedades de logaritmos.

$$20 \log(E) = 20 \log\left(\frac{88 \times 10^6 \times H'_T \times H'_R \times \sqrt{P_T \times G}}{\lambda \times d^2}\right)$$

$$20 \log(E) = 20 \log(88 \times 10^6) + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 20 \log(\sqrt{P_T G}) - 20 \log(d^2)$$

$$20 \log(E) = 20 \log(88 \times 10^6) + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 20 \log(P_T G)^{\frac{1}{2}} - 40 \log(d)$$

$$20 \log(E) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + 10 \log(G) - 40 \log(d)$$

El miembro izquierdo de la igualdad es la definición del campo eléctrico expresado en decibelios con referencia a $\mu V/m$, es decir, $E(dB_{\mu V/m})$; además el cuarto sumando es la definición de la ganancia de antena expresado en decibelios, es decir, $10 \log(G) = G_{dB}$. Por lo cual la expresión se convierte así:

$$E(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + G_{dB} - 40 \log(d) \quad (5.12)$$

En la fórmula (5.12) y en el miembro derecho de la igualdad se añaden (restan) las pérdidas expresadas en dB de la atenuación total en la línea de transmisión más el distribuidor de potencia (A_T), las pérdidas del factor de Ruido (F_N) expresadas en dB y las pérdidas por el factor de ciudad expresadas en dB. O sea:

$$E(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + G_{dB} - 40 \log(d) - A_T - F_N - (35 - 8 \log(d))$$

Simplificando se tiene:

$$E(dB_{\mu V/m}) = 123.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + G_{dB} - 32 \log(d) - A_T - F_N \quad (5.13)$$

La fórmula (5.13) es la expresión general que relaciona el campo eléctrico expresado en dB requerido con la distancia "d". Normalmente en un cálculo de cobertura E es un valor exigido, y todos los valores a excepción de "d" son conocidos por lo cual mediante un despeje en la ecuación (5.13) se obtiene una relación entre el E y la distancia d.

Reemplazando valores en (5.13) se tiene

$$E(dB_{\mu V/m}) = 123.89 + 20 \log\left(\frac{30.02 \times 10.07}{3.21}\right) + 10 \log(500) + 1.48 - 32 \log(d) - 1.56 - 1.5$$

Efectuando operaciones se obtiene

$$E(dB_{\mu V/m}) = 188.79 - 32 \log(d) \quad (5.14)$$

En (5.14) sabiendo que E exigido por el MTC para las estaciones en Frecuencia Modulada es de 66 dB, entonces despejando d, se tiene

$$d = 10^{\left(\frac{188.79 - 66}{32}\right)} = 6,873.65 \text{ m} = 6.87 \text{ Km}$$

Por lo cual la distancia a la cual se cumplen los contornos solicitados es

$$d = 6.87 \text{ Km. @ } E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

5.6. Gráfica del área de cobertura en una carta geográfica del IGN 1/100,000 para una radiación omnidireccional

La distancia obtenida de 6.87 Km en la sección anterior denominada 5.5.3.11 se grafica en la carta geográfica con escala 1/100,000 designada N° 29-T en la que se encuentra la ciudad de Sicuani. Para lo cual las coordenadas geográficas de Longitud Oeste (LO) $71^\circ 14' 32''$ y Latitud Sur (LS) $14^\circ 15' 27''$ se grafican mediante una regla de tres. Es decir, para el caso de la longitud en la carta a nivel horizontal se muestra para un máximo de 30', por lo cual habría que convertir los 32 segundos (32'') en minutos y sumarlos a los 14 minutos (14') obteniéndose el valor de 14.53' y como a nivel horizontal los 30' equiva-

len, según la carta, 54 cm; entonces se realiza la siguiente regla de tres

$$\frac{30'}{14.53'} = \frac{54\text{cm}}{x}$$

Despejando se tiene que la distancia en centímetros a la que se encuentra la longitud oeste de la planta transmisora, medidos a partir del lado derecho de la carta geográfica es de $x = 27.95$ cm

Procediendo para la latitud sur en forma similar y sabiendo que 30' equivalen, según la carta, 55.42 cm; entonces la regla de tres será

$$\frac{30'}{15.45'} = \frac{55.42\text{cm}}{y}$$

Por lo que la distancia a la que encuentra la planta medida de la parte superior hacia abajo es de $y = 28.54$ cm

En la posición de la planta transmisora ubicada en la carta, según los valores de x , y calculados anteriormente; se dibuja una circunferencia de radio 6.87 cm, puesto que en dicha carta cada km equivale un cm.

Por último, la planta transmisora en el gráfico está acompañada de la letra P que es el símbolo de planta.

Como a manera de complemento se muestra en el anexo N° J un Perfil de Proyecto Técnico que el MTC exige a cualquier persona, ya sea natural o jurídica, en su solicitud de autorización de instalación de una estación transmisora en FM en algún lugar del país. En dicho documento se destaca primordialmente el valor de la distancia alcanzada para el campo eléctrico deseado de $66 \text{ dB}_{\mu\text{V}/\text{m}}$.

5.7. Parámetros necesarios para iniciar los cálculos para un frente de radiación

Para el caso de un patrón de radiación con un frente el procedimiento de cálculo es similar al patrón omnidireccional, con la única salvedad que el área de cobertura está determinado por el patrón de radiación de la antena y de la cantidad de antenas de las que consta el arreglo que se usa en la planta transmisora. En este caso se usan antenas direccionales que por lo general pueden ser antenas yaguis o antenas doble dipolo con parrilla reflectora y que su ganancia es muy grande en comparación con las antenas de polarización circular que se usan en los patrones de radiación omnidireccionales. En el anexo N° B se muestra el tipo de antena a usarse para un patrón con un frente de radiación.

Asimismo los parámetros necesarios para iniciar los cálculos son los mismos que el de una radiación omnidireccional al que sólo hay que añadirle la dirección del frente de ra-

diación expresado en grados de azimuth (con referencia al norte geográfico) y el número de antenas de las que consta el frente, que en el argot técnico es conocido como Bays cuya correcta traducción castellana sería “elementos de antena”. Así:

- Potencia del transmisor expresado en vatios (W).
- Frecuencia de trabajo en MHz.
- Azimuth del frente de radiación.
- El campo eléctrico en el cual se desea obtener el área de cobertura, que según normas del MTC debe ser de $66 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.
- El valor promedio de la conductividad del terreno del área de cobertura expresado en mS/m.
- El valor promedio de la permitividad eléctrica relativa del terreno del área de cobertura.
- Longitud de la línea de transmisión expresado en m.
- Atenuación de la línea de transmisión en dB/100 m.
- Altura de la antena transmisora en m.
- Altura de la antena receptora en m.
- Cota de la planta transmisora m.s.n.m.
- Ganancia de antena expresado en dB.
- Numero de antenas o elementos por frente
- Factor de ruido en dB.
- Factor de ciudad en dB.
- Polarización

5.8. Cálculo del área de cobertura para un frente de radiación

En este capítulo se supone que se va a instalar una estación radiodifusora en frecuencia modulada en una localidad en la cual sólo se desea un patrón de radiación que tenga una dirección y dicha dirección coincida con la dirección de máxima ganancia del arreglo de antenas. Este tipo de radiación se utiliza en aquellas localidades que forman parte de una quebrada o que si son localidades que están situados en una llanura están flanqueados por cerros elevados a ambos lados de la dirección hacia la que se dirige el patrón.

La localidad elegida por el tesista es Quiquijana que es un distrito de la provincia Quispicanchi del departamento del Cusco y la misma que está en la carta geográfica N° 2543 (28-s).

5.8.1 Parámetros asumidos

Se asumirá los siguientes parámetros para la supuesta estación radial en FM:

- P_T : Potencia del transmisor = 100 W.

➤ f	Frecuencia asumida	= 93.3 MHz.
➤ Φ :	Azimuth del frente de radiación	= 152°
➤ n :	Número de antenas (Bays) o elementos	= 2
➤ G_{dB} :	Ganancia del arreglo de antenas	= 10.5 dB _d
➤ E :	Intensidad de campo eléctrico para calcular el área de cobertura	= 66 dB _{μV/m}
➤ H_T :	Altura de la antena transmisora	= 30 m.
➤ H_{cr} :	Altura del centro de radiación	= 28 m.
➤ H_R :	Altura de la antena receptora	= 10 m.
➤ l :	Longitud de la línea de transmisión	= 40 m.
➤ h_c :	Cota de la planta transmisora	= 3,320 msnm
➤ A_{LT}	Atenuación de la línea de transmisión Coaxial	= 3.41dB/100m
➤ A_{DIV}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 2	= 0.20 dB
➤ F_N :	Factor de ruido	= 1.5 dB.
➤ σ	Conductividad del terreno	= 3 mS/m.
➤ ϵ_r	Permitividad relativa del terreno	= 5.
➤ P	Polarización	= Vertical.
➤ F_C :	Factor de ciudad	= [35 – 8 log (d)]
➤	Localidad de radiodifusión	= Quiquijana
➤	Coordenadas geográficas en WGS 84	
	LONGITUD OESTE (LO):	71° 32' 28.6"
	LATITUD SUR (LS):	13° 48' 39"

5.8.2. Parámetros a calcular

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- λ : Longitud de Onda.
- A_T : Atenuación total de la línea de transmisión más el distribuidor de potencia expresado en decibelios.
- f_{AT} : Factor de atenuación.
- P_A : Potencia que llega a la antena.
- P_{ERP} : Potencia efectiva radiada.
- h_n : Nivel medio del terreno.
- h_{ef} : Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar.
- H'_T : Altura efectiva de la antena de la planta transmisora.
- H'_R : Altura efectiva de la antena receptora.

➤ **d:** Distancia a la cual se producen los contornos E requeridos.

5.8.3. Cálculos

A continuación se mostrarán los cálculos de cobertura para la estación radial en frecuencia modulada a instalarse en la ciudad de Quiquijana.

5.8.3.1 Longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{93.3 \times 10^6} = 3.21 \text{ m}$$

5.8.3.2. Atenuación total de la línea de transmisión más el distribuidor de potencia expresado en decibelios

Usando la fórmula (5.8) y reemplazando valores

$$A_T = LA_{LT} + A_{DIV} = \frac{40 \times 3.41}{100} + 0.20 = 1.56 \text{ dB}$$

5.8.3.3. Factor de atenuación en la línea de transmisión

En la fórmula (5.9) se tiene $f_{AT} = 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} = 10^{\left(\frac{-1.56}{10}\right)} = 0.698$

5.8.3.4. Potencia que llega a la antena

En la fórmula (5.10) se tiene $P_A = P_T f_{AT} = 100 \times 0.698 = 69.8 \text{ W}$

5.8.3.5. Potencia efectiva radiada

En la fórmula (5.11) reemplazando valores se tiene

$$P_{ERP} = P_A 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} = 69.8 \text{ W} \times 10^{\left(\frac{10.5}{10}\right)} = 783.17 \text{ W}$$

Este valor es menor que 1,000 W que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Quiquijana para la radiodifusión sonora en frecuencia modulada.

5.8.3.6. Nivel medio del terreno

Con los niveles de altitud de la carta geográfica N° 2543 (28-s) en la cual se encuentra la localidad de Quiquijana y teniendo en cuenta el procedimiento de la sección 5.1.1.2 se obtiene la tabla N° 5.3 para calcular el nivel medio del terreno h_n .

De lo que se obtiene $h_n = 4,009.42 \text{ m}$

5.8.3.7. Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar

Aplicando la fórmula (56) se tiene

$$h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n = 28 + 3,320 - 4,009.42 = -661.42 \text{ m}$$

Como el resultado es negativo y de acuerdo con el tercer párrafo de la sección 5.1.1.1 entonces procedemos asumir como $h_{ef} = 30 \text{ m}$

Tabla N° 5.3 Obtención h_n para la localidad de Quiquijana
(Fuente: elaboración propia)

Distancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3	3,550	4,100	3,300	3,900	3,500	3,800	4,100	3,250
3.5	3,750	4,080	3,390	4,150	3,570	4,010	4,250	3,240
4	4,050	4,050	3,650	3,900	3,590	4,100	4,300	3,210
4.5	4,200	4,100	3,700	3,700	3,610	3,900	4,300	3,200
5	4,125	4,190	3,800	3,650	3,400	4,200	4,350	3,190
5.5	4,010	4,195	3,900	3,770	4,600	4,405	4,200	3,250
6	3,850	4,200	3,800	3,790	4,000	4,400	4,100	3,200
6.5	3,700	4,100	3,900	3,800	4,270	4,350	4,130	3,300
7	3,500	4,000	4,000	3,900	4,250	4,300	4,150	3,390
7.5	3,680	3,900	3,900	4,000	4,040	4,270	4,170	3,395
8	3,760	3,800	3,800	4,100	4,050	4,250	4,200	3,400
8.5	3,850	3,900	3,850	4,200	4,010	4,200	4,150	3,800
9	3,900	4,000	3,900	4,300	4,200	4,150	4,100	3,850
9.5	4,150	4,100	3,950	4,400	4,390	4,100	4,050	3,600
10	4,200	4,200	4,000	4,350	4,450	4,000	4,000	3,800
10.5	4,330	4,300	4,100	4,200	4,400	4,050	4,000	3,850
11	4,250	4,400	4,200	4,150	4,350	4,100	4,000	3,800
11.5	4,400	4,500	4,150	4,080	4,300	4,110	4,000	3,700
12	4,300	4,600	4,100	4,050	4,270	4,120	4,390	3,650
12.5	4,400	4,200	4,090	4,000	4,250	4,150	4,400	3,660
13	4,325	4,400	3,800	4,000	4,19*0	4,200	4,300	3,780
13.5	4,300	4,200	3,600	3,900	4,300	4,150	4,200	3,600
14	4,150	4,000	3,700	3,800	4,390	4,100	4,300	3,800
14.5	4,100	4,150	3,800	3,850	4,300	4,050	4,350	3,900
15	4,050	4,200	3,700	3,900	4,400	4,000	4,400	4,000
15.5	4,070	4,100	3,600	3,950	4,300	4,050	4,450	4,100
16	4,050	4,000	3,610	4,000	4,190	4,100	4,410	4,200
Promedio parcial	4,037	4,147	3,826	3,992	4,130	4,134	4,213	3,597
Promedio Total (h_n) en msnm	4009.42							

5.8.3.8. Cálculo de la distancia de cobertura

Para el cálculo de la distancia de cobertura "d" se tienen que calcular, primero otros valores como H_0 , H'_T , H'_R ; los cuales se calculan a continuación:

$$H_0 = \frac{\lambda \times [(\varepsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2]^{1/4}}{2 \times \pi} = \frac{3.2 \text{lx} [(5+1)^2 + 60 \times 3.2 \text{lx} 0.003^2]^{1/4}}{2 \times 3.1416} = 1.25 \text{ m}$$

Ahora calculando H'_T

$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_0^2} = \sqrt{30^2 + 1.25^2} = 30.02 \text{ m}$$

Por último calculando H'_R

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_O^2} = \sqrt{10^2 + 1.25^2} = 10.07 \text{ m}$$

Con todos estos valores calculados previamente se usa la fórmula (5.12)

$$E(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + G_{dB} - 40 \log(d)$$

Reemplazando valores

$$E(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{30.02 \times 10.07}{3.21}\right) + 10 \log(100) + 10.5 - 40 \log(d)$$

Efectuando operaciones

$$E(dB_{\mu V/m}) = 228.87 - 40 \log(d)$$

A lo obtenido se le añaden las pérdidas siguientes expresadas en decibelios (se restan): Factor de ciudad (F_C), el factor de ruido (F_N), el factor de atenuación total en la línea de transmisión más el distribuidor de potencia (A_T). O sea:

$$E(dB_{\mu V/m}) = 228.87 - 40 \log(d) - A_T - F_N - F_C$$

reemplazando valores

$$E(dB_{\mu V/m}) = 228.87 - 40 \log(d) - 1.56 - 1.5 - [35 - 8 \log(d)]$$

simplificando se tiene

$$E(dB_{\mu V/m}) = 190.81 - 32 \log(d)$$

Como el campo eléctrico exigido es de 66 dB entonces despejando d, se tiene

$$d = 10^{\left(\frac{190.81 - 66}{32}\right)} = 7,949 \text{ m} = 7.95 \text{ Km}$$

Como se puede observar la distancia, para este caso de un frente de radiación es mayor que en una radiación omnidireccional conservando todos los demás parámetros, a excepción de la potencia que en este caso es cinco veces menor (100 W) que en el caso omnidireccional (500 W). Por ello que este tipo de radiación es útil y eficiente para aquellas localidades cuya geografía y desarrollo de la ciudad es a lo largo de una dirección primordialmente. Resumiendo

$$d = 7.95 \text{ Km.} @ E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

5.9. Gráfica del área de cobertura para un frente de radiación

En la carta geográfica N° 2543 (28-S) y con las coordenadas de Longitud Oeste (LO): **71° 32' 28.6"** y Latitud Sur (LS): **13° 48' 39"** y procediendo de la forma explicada en la sección 5.6 entonces se obtiene la grafica respectiva la cual se muestra en el anexo.

5.10. Parámetros necesarios para iniciar los cálculos de varios frentes de radiación ya sean iguales o distintos

Para el caso de un patrón de radiación con varios frentes, los cuales pueden ser iguales o distintos, y dado que el procedimiento es similar en una transmisión en frecuencia modulada como en la televisión en VHF, entonces se elegirá para este capítulo un patrón de radiación con tres frentes iguales, dejando el caso más general de un patrón de radiación con frentes desiguales para la televisión.

Se deja para la televisión esa situación, no porque en la radiodifusión en FM no se use; sino por motivos netamente de distribución de situaciones y para que el capítulo siguiente de la televisión no sea repetitivo en cuanto a los patrones ya tratados en la FM.

En cuanto al número de frentes de radiación, es usual que se usen uno, dos, tres y cuatro frentes. En la práctica no se encuentran más de cuatro frentes y además que entre frentes es usual que el desplazamiento respecto al azimuth sea de 90° y todo esto debido a que las dimensiones físicas de las antenas de las estaciones de FM o de TV no permiten que hayan más frentes, es decir, cinco o más.

El procedimiento de cálculo no difiere mucho si se trata de dos, tres o cuatro frentes, pues es el mismo; ya que toda la potencia que llega al final de la línea de transmisión y a la cual deben quitarse las pérdidas de atenuación de la línea más las pérdidas de inserción de los divisores de potencia que se utilicen, sirve para que en conjunto al final toda la potencia que queda, se divide entre dos (2 frentes), o entre tres (3 frentes), o entre cuatro (4 frentes); y el valor de potencia que resulte de la división mencionada es la que se usará para un frente.

Dado que todos los frentes son iguales, la potencia del frente obtenido en el párrafo anterior es el que sirve para proceder como si se tratara de un sólo frente de radiación, como el caso tratado en la sección 5.7. La distancia de cobertura obtenida para este frente es el mismo para los otros frentes, ya sean estos dos, tres o cuatro frentes de radiación.

Por lo mencionado entonces los parámetros necesarios para este capítulo son casi los mismos que el de un frente de radiación añadiéndose solamente la información de cuantos frentes de radiación se usarán y que direcciones tienen y de cuantas antenas está conformado un frente cualquiera.

Los siguientes son los parámetros que se necesitan para el caso de un patrón de radiación de tres frentes iguales:

- Potencia del transmisor expresado en vatios (W).

- Frecuencia de trabajo en MHz.
- Frentes de radiación.
- Dirección de cada frente.
- El campo eléctrico en el cual se desea obtener el área de cobertura, que según normas del MTC debe ser de $66 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$.
- El valor promedio de la conductividad del terreno del área de cobertura expresado en mS/m.
- El valor promedio de la permitividad eléctrica relativa del terreno del área de cobertura.
- Longitud de la línea de transmisión expresado en m.
- Atenuación de la línea de transmisión en dB/100 m.
- Pérdidas de inserción del distribuidor de potencia en dB.
- Altura de la antena transmisora en m.
- Altura de la antena receptora en m.
- Cota de la planta transmisora m.s.n.m.
- Ganancia de antena expresado en dB.
- Numero de antenas o elementos por frente
- Factor de ruido en dB.
- Factor de ciudad en dB.
- Polarización

5.11. Cálculo del área de cobertura para frentes iguales

En este subcapítulo se va a suponer un patrón de radiación de tres frentes como el que ocurre por lo general en todas las ciudades costeras del Perú, en los cuales el único frente que no se desea que se irradie es el frente donde se encuentra el mar y además la planta transmisora está cerca de la orilla del mar; porque si la planta está en forma contraria entonces ya no se da esta situación.

También en la ciudades de la Sierra o Selva se dan estas situaciones porque quien determina el número de frentes a usarse es la ubicación de la planta transmisora con respecto a la forma que tiene la localidad donde desea irradiarse.

Como se van a usarse dos antenas por frente y además habrá tres frentes entonces se usarán 6 antenas idénticas por lo cual se tienen que utilizarse tres distribuidores de potencia: un distribuidor de uno a dos (1x2) y dos distribuidores de uno a tres (1x3) con los cuales se satisfacen los requerimientos de distribuidores para las 6 antenas. También hay otra forma de utilizar distribuidores de potencia pero se necesitan más distribuidores (tres distribuidores 1x2 y un distribuidor 1x3) por lo cual esta alternativa no se utiliza por ser más costosa que la anterior.

Según los datos del fabricante las pérdidas por inserción de los distribuidores a utilizarse son iguales, ya sean de 1x2 o de 1x3.

A continuación vamos a demostrar una fórmula que permita calcular la potencia que se obtiene en una de las salidas de un distribuidor de potencia cuando se conoce de este las pérdidas de inserción dato que es proporcionado por el fabricante.

De la expresión (4.2) mencionada en la página 48 que es la definición de un factor de atenuación de una línea de transmisión expresado en decibelios:

$$A_T = 10 \log(f_{AT})$$

Despejando f_{AT} en función de A_T se obtuvo la expresión (4.3) siguiente:

$$f_{AT} = 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)}$$

De la expresión (4.4) en la misma página 48 que es la definición de todo factor de potencias, se tiene:

$$f_{AT} = \frac{P_A}{P_T}$$

En este caso P_A viene a ser la potencia de salida de la línea de transmisión y que se aplica a la antena mientras que P_T es la potencia de entrada de la línea de transmisión y es la que proporciona el transmisor. La expresión (4.4) se obtuvo al aplicarla a una línea de transmisión; pero como se desea una expresión similar para un distribuidor de potencia entonces usaremos la misma expresión pero cambiando el símbolo para la potencia de entrada como " P_i " y asimismo para la potencia de salida la denotaremos como " P_o ". Así se obtiene la siguiente expresión (5.15)

$$f_{AT} = \frac{P_o}{P_i} \quad (5.15)$$

Igualando (5.15) con (4.3) se obtiene:

$$10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} = \frac{P_o}{P_i} \quad (5.16)$$

Despejando P_o se tiene

$$P_o = P_i 10^{\left(\frac{A_T}{10}\right)} \quad (5.17)$$

Ahora A_T se había definido como la atenuación expresada en decibelios para una línea de transmisión pero como queremos hallar una expresión para un distribuidor de potencia entonces cambiaremos dicho símbolo por las pérdidas que hay en el distribuidor

y que es más conocido como pérdidas de inserción (A_{DIV}), por lo cual (5.17) se convierte así:

$$P_o = P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV}}{10}\right)} \quad (5.18)$$

P_o para un distribuidor de potencia viene a ser la suma de todas las potencias que hay en las salidas del mismo y como siempre dichas salidas son iguales en potencia entonces si el número de salidas del distribuidor es "s" podemos obtener la potencia en cualquier salida del distribuidor " P_s ", así:

$$P_s = \frac{P_o}{s} \quad (5.19)$$

Reemplazando (5.18) en (5.19) da como resultado la fórmula siguiente para obtener la potencia en una salida cualquiera del distribuidor con S salidas.

$$P_s = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV}}{10}\right)}}{s} \quad (5.20)$$

Cuando en un arreglo de antenas se colocan dos o más distribuidores de potencia, como es el caso que vamos a tratar en este capítulo para las seis antenas a usarse para conformar tres frentes iguales de radiación de dos antenas por cada frente, entonces se aplica la fórmula (5.20) dos veces en una conexión en cascada para obtener la potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores, la cual a su vez se convertirá en la potencia que se aplicará a una antena cualquiera.

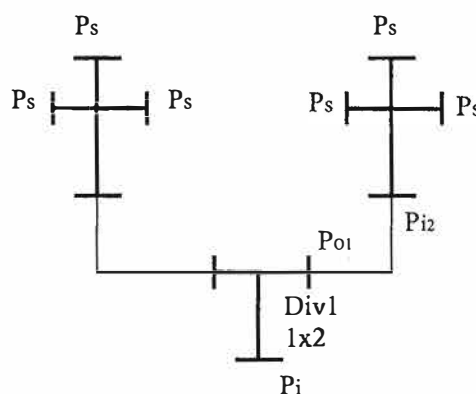


Fig. N° 5.1 Arreglo de 3 distribuidores de potencia para 6 antenas

En cualquier salida del distribuidor 1 de "1x2" y sabiendo que el número de salidas es S_1 entonces aplicamos la expresión (5.20) por lo cual resulta:

$$P_{01} = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1}}{10}\right)}}{S_1} \quad (5.21)$$

Aplicando de nuevo (5.20) al distribuidor 2 de "1x3" cuyo número de salidas se denominará S_2 , entonces se tiene:

$$P_s = \frac{P_{i2} 10^{\left(\frac{A_{DIV2}}{10}\right)}}{S_2} \quad (5.22)$$

Ahora, como $P_{i2} = P_{01}$ entonces reemplazando (5.21) en (5.22) resulta en

$$P_s = \frac{\left[\frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1}}{10}\right)}}{S_1} \right] 10^{\left(\frac{A_{DIV2}}{10}\right)}}{S_2} = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1}}{10}\right)} 10^{\left(\frac{A_{DIV2}}{10}\right)}}{S_1 S_2}$$

Agrupando las potencias de 10 resulta en

$$P_s = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1} + A_{DIV2}}{10}\right)}}{S_1 S_2} \quad (5.23)$$

Donde A_{DIV1} y A_{DIV2} son las atenuaciones de ambos distribuidores más conocidos como pérdidas de inserción y S_1 y S_2 son sus respectivas salidas. Además por ser pérdidas A_{DIV1} y A_{DIV2} son negativos.

La localidad elegida por el tesista es la ciudad de Urubamba que es la capital del distrito y provincia de Urubamba y la misma que se encuentra en la carta geográfica N° 2444 (27-r) y la planta se ubicará en un cerro aledaño denominado Tarapata cuya ubicación del mismo permite el uso de tres frentes de radiación para una cobertura óptima de la localidad.

5.11.1 Parámetros asumidos

Se asumirá los siguientes parámetros para la supuesta estación radial en FM ubicada en la localidad de Urubamba

- P_T : Potencia del transmisor = 200 W.
- f : Frecuencia asumida = 93.3 MHz.
- C : Número de frentes de radiación = 3
- Φ_1 : Azimuth del frente de radiación N° 1 = 20°
- Φ_2 : Azimuth del frente de radiación N° 2 = 110°
- Φ_3 : Azimuth del frente de radiación N° 3 = 200°

➤ n :	Número de antenas (Bays) por frente	= 2
➤ G_{dB} :	Ganancia del arreglo de 2 antenas	= 10.5 dB _d
➤ E :	Intensidad de campo eléctrico para calcular el área de cobertura	= 66 dB _{μV/m}
➤ H_T :	Altura de la antena transmisora	= 30 m.
➤ H_{cr} :	Altura del centro de radiación	= 28 m.
➤ H_R :	Altura de la antena receptora	= 10 m.
➤ l :	Longitud de la línea de transmisión	= 40 m.
➤ h_c :	Cota de la planta transmisora	= 3,184 msnm
➤ A_{LT}	Atenuación de la línea de transmisión coaxial	= 3.41dB/100m
➤ A_{DIV1}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 2	= 0.20 dB
➤ A_{DIV2}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 3	= 0.20 dB
➤ F_N :	Factor de ruido	= 1.5 dB.
➤ σ	Conductividad del terreno	= 3 mS/m.
➤ ϵ_r	Permitividad relativa del terreno	= 5.
➤ P	Polarización	= Vertical.
➤ F_C :	Factor de ciudad	= [35 – 8 log (d)]
➤ Localidad de radiodifusión		= Urubamba
➤ Coordenadas geográficas en WGS 84		
	LONGITUD OESTE (LO):	71° 7' 4.2"
	LATITUD SUR (LS):	13° 18' 38.2"

5.11.2 Parámetros a calcular

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- λ : Longitud de Onda.
- A_T : Atenuación total de la línea de transmisión.
- F_{AT} : Factor de atenuación.
- P_o : Potencia a la salida de la línea de transmisión
- P_i : Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia.
- P_s : Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores.
- P_C : Potencia de un frente cualquiera.
- P_{ERP} : Potencia efectiva radiada por frente de radiación
- h_n : Nivel medio del terreno sobre el nivel del mar.
- h_{ef} : Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar.
- H_T : Altura efectiva de la antena de la planta transmisora.

- **H_R**: Altura efectiva de la antena receptora.
- **d**: Distancia a la cual se producen los contornos E requeridos.

5.11.3 Cálculos

A continuación se mostrarán los cálculos de cobertura para la estación radial en frecuencia modulada a instalarse en la ciudad de Urubamba.

5.11.3.1 Longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{93.3 \times 10^6} = 3.21 \text{ m}$$

5.11.3.2 Atenuación total de la línea de transmisión

Usando la fórmula (5.8) y en la cual no se incluye la atenuación del divisor de potencia más conocida como pérdidas por inserción entonces se tiene

$$A_T = lA_{LT} = \frac{40 \times 3.41}{100} = 1.364 \text{ dB}$$

5.11.3.3 Factor de atenuación de la línea de transmisión

De la fórmula (5.9) se tiene $f_{AT} = 10^{\frac{A_T}{10}} = 10^{\left(\frac{-1.364}{10}\right)} = 0.7305$

5.11.3.4 Potencia a la salida de la línea de transmisión

En la fórmula (5.15) despejando P_o y además sabiendo que la potencia del transmisor P_T es la potencia de entrada a la línea de transmisión. Procediendo:

$$P_o = P_T f_{AT} = 200 \times 0.7305 = 146.1 \text{ W}$$

5.11.3.5 Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia (P_i)

Por lógica y sentido común la potencia a la salida de la línea de transmisión será introducida a la entrada del arreglo de divisores de potencia por lo cual

$$P_i = 146.1 \text{ W}$$

5.11.3.6 Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores de potencia (P_s)

Usando (5.23) y reemplazando valores:

$$P_s = \frac{P_i 10^{\left(\frac{ADIV_1 + ADIV_2}{10}\right)}}{S_1 S_2} = \frac{146.1 \times 10^{\left(\frac{(-0.2) + (-0.2)}{10}\right)}}{2 \times 3} = 22.21 \text{ W}$$

5.11.3.7 Potencia de un frente cualquiera (P_c)

Se usa la fórmula siguiente

$$P_c = n P_s \tag{5.24}$$

Donde n es el número de antenas que forman el frente de radiación por lo cual reem-

plazando valores en (5.24) y efectuando operaciones se tiene:

$$P_C = nP_S = 2 \times 22.21 = 44.42 \text{ W}$$

5.11.3.8 Potencia efectiva radiada por frente de radiación

En la fórmula (5.11) se tiene que la potencia P_A , que es la potencia que llega al arreglo de antenas ahora debe reemplazarse por la potencia que llega al frente de radiación, es decir, por P_C , además la ganancia del frente, que está compuesto por dos antenas es G_{dB} . Así, reemplazando valores se tiene

$$P_{ERP} = P_C 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} = 44.42 \times 10^{\frac{10.5}{10}} = 498.4 \text{ W}$$

Este valor es menor que 500 W que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Urubamba para la radiodifusión sonora en frecuencia modulada.

5.11.3.9 Nivel medio del terreno

Con los niveles de altitud de la carta geográfica N° 2444 (27-r) en la cual se encuentra la localidad de Urubamba y teniendo en cuenta el procedimiento de la sección 5.1.1.2 se obtiene la tabla N° 5.4 para calcular el nivel medio del terreno h_n .

De lo que se obtiene $h_n = 3,399.41 \text{ m}$

5.11.3.10 Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar

Aplicando la fórmula (56) se tiene

$$h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n = 28 + 3,184 - 3,399.41 = -187.41 \text{ m}$$

Como el resultado es negativo y de acuerdo con el tercer párrafo de la sección 5.1.1.1 entonces procedemos asumir como $h_{ef} = 30 \text{ m}$

5.11.3.11 Cálculo de la distancia de cobertura de cualquier frente

Para el cálculo de la distancia de cobertura "d" de cualquier frente se tienen que calcular, primero otros valores como H_0 , H'_T , H'_R ; los cuales se calculan a continuación:

$$H_0 = \frac{\lambda \times \left[(\epsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2 \right]^{1/4}}{2 \times \pi} = \frac{3.2 \text{ lx} \left[(5+1)^2 + 60 \times 3.2 \text{ lx} \times 0.003^2 \right]^{1/4}}{2 \times 3.1416} = 1.25 \text{ m}$$

Ahora calculando H'_T

$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_0^2} = \sqrt{30^2 + 1.25^2} = 30.02 \text{ m}$$

Por último calculando H'_R

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_0^2} = \sqrt{10^2 + 1.25^2} = 10.07 \text{ m}$$

Con todos estos valores calculados previamente se usa la fórmula (5.12) el cual me

dará el valor del campo eléctrico expresado en dB con respecto a un $\mu\text{V/m}$ en cualquier frente de radiación, en la cual se ha cambiado P_T por la potencia del frente P_C con el adicional que esta potencia ya incluye las pérdidas tanto en la línea como en el arreglo de

Tabla N° 5.4 Obtención h_n para la localidad de Urubamba
(Fuente: elaboración propia)

Distancia (km)	Azimuth (φ)								
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	
3	3,000	3150	2940	3050	3050	2900	2890	3600	
3.5	3,400	3100	3000	3080	3060	2950	2895	3500	
4	3,230	3150	3050	3200	3070	2930	2900	3600	
4.5	3100	3170	3100	3300	3080	2900	2950	3500	
5	3530	3180	3400	3350	3050	2950	3000	3400	
5.5	3580	3190	3550	3325	3060	2980	3010	3500	
6	3750	3200	3700	3350	3040	2990	3020	3600	
6.5	3900	3100	3800	3370	3050	2950	3030	3300	
7	4050	3400	3820	3400	3060	2940	3040	3400	
7.5	4150	3500	3820	3410	3060	3000	3050	3200	
8	4100	3600	3850	3420	3070	3005	3040	2950	
8.5	3850	3700	3950	3410	3070	3000	3040	2945	
9	3750	3850	3940	3400	3090	3000	3040	2940	
9.5	3640	3900	3920	3600	3100	3050	3040	2935	
10	3700	4000	3930	3800	3100	3060	3040	2930	
10.5	3750	3950	3940	3900	3110	3080	3060	2970	
11	3700	3900	3950	3910	3110	3100	3070	3000	
11.5	3600	3970	3900	3890	3120	3300	3060	2970	
12	3,650	3,990	3900	3850	3130	3500	3050	2950	
12.5	3600	3950	3750	3820	3200	3700	3040	2980	
13	3500	3940	3580	3800	3300	3950	3030	3000	
13.5	3700	3940	3500	3820	3400	3960	3020	3030	
14	3900	3930	3650	3800	3500	3950	3010	3050	
14.5	3800	3920	3680	3900	3530	3940	3000	3080	
15	3788	3900	3700	3850	3500	3920	3000	3100	
15.5	3750	3800	3750	3830	3450	3900	2950	3150	
16	3600	3700	3780	3800	3430	3920	2970	3200	
Promedio parcial	3669	3633	3661	3579	3177	3290	3009	3177	
Promedio Total (hn) en msnm	3399.412037								

los distribuidores de potencia:

$$E(dB_{\mu\text{V/m}}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_C) + G_{dB} - 40 \log(d)$$

Reemplazando valores

$$E(dB_{\mu\text{V/m}}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{30.02 \times 10.07}{3.21}\right) + 10 \log(44.42) + 10.5 - 40 \log(d)$$

Efectuando operaciones

$$E(dB_{\mu V/m}) = 225.34 - 40 \log(d)$$

A lo obtenido se le añaden las pérdidas siguientes expresadas en decibelios (se restan): Factor de ciudad (F_C), el factor de ruido (F_N):

$$E(dB_{\mu V/m}) = 225.34 - 40 \log(d) - F_N - F_C$$

reemplazando valores

$$E(dB_{\mu V/m}) = 225.34 - 40 \log(d) - 1.5 - [35 - 8 \log(d)]$$

simplificando se tiene

$$E(dB_{\mu V/m}) = 188.84 - 32 \log(d)$$

Como el campo eléctrico exigido es de 66 dB entonces despejando d, se tiene

$$d = 10^{\left(\frac{188.84 - 66}{32}\right)} = 6,898.43 \text{ m} = 6.89 \text{ Km}$$

Como se puede observar la distancia, para este caso de tres frentes de radiación iguales es un poquito menor que en el caso de un solo frente de radiación, a pesar que la potencia del transmisor es el doble, y se conservan los demás parámetros. Adicionalmente en este caso se usa un arreglo de distribuidores de potencia para poder conectar 6 antenas, sabiendo además que las pérdidas de inserción de dichos distribuidores son muy pequeñas. Resumiendo se tiene:

$$d = 6.89 \text{ Km. @ } E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

5.12 Gráfica del área de cobertura para frentes iguales

En la carta geográfica N° 2444 (27-r) y con las coordenadas de Longitud Oeste (LO): **71° 7' 4.2"** y Latitud Sur (LS): **13° 18' 38.2"** y procediendo de la forma explicada en la sección 5.6 entonces se obtiene la grafica respectiva la cual se muestra en el anexo. En dicha gráfica es muy importante el patrón de radiación de una antena el cual sirve como molde para cada frente de radiación y se muestra en líneas discontinuas, mientras que en líneas continuas gruesas se muestra es el patrón de radiación total de los 3 frentes de radiación.

CAPITULO VI

CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISION EN VHF

6.1 Introducción

La banda de radiodifusión destinada para las transmisiones de televisión, ya sea en blanco y negro (B/N) o en colores, en la banda de "Muy Altas Frecuencias", más conocida como VHF (**V**ery **H**igh **F**recuency), está conformada por el conjunto de frecuencias que comienzan en los 54 MHz y culminan en los 216 MHz.

En dicha banda hay disponibles 12 canales de televisión con un ancho de banda para cada canal de 6 MHz donde se encuentran las portadoras de Video y Audio; de las cuales la primera transporta la información de imagen por intermedio de una modulación en amplitud residual y la segunda transporta la información de sonido por intermedio de una modulación en frecuencia. En el anexo N° K se muestran todos los canales de la banda de televisión VHF en la cual figuran las respectivas frecuencias de las portadoras de video (P_V) y audio (P_A).

El primer canal comienza en el 2 y termina en el canal 13. En los inicios de la televisión había el canal 1 que comenzaba en los 48 MHz y terminaba en los 54 MHz; pero como dicho canal recibía interferencias de las señales de Onda Corta que se usaban mucho por esos años entonces se suprimió.

Estos canales pueden trabajar tanto en transmisiones analógicas (NTSC, PAL, SECAM) como en las transmisiones digitales (ATSC, DVB, ISDB).

La asignación de los canales en forma analógica para la banda VHF es en el segundo canal adyacente del que existe. Por lo que según las frecuencias de la banda VHF que contienen una separación en la frecuencia entre el canal 4 y el canal 5 de 4 MHz, permiten una excepción a la regla mencionada, por lo cual se pueden otorgar estos dos canales en una localidad. También hay una separación de 86 MHz entre el canal 6 y el canal 7, los cuales se usan para diferentes aplicaciones como la FM, la

radiocomunicación privada en VHF, y los servicios para la aeronavegación; por lo cual estos canales podrían asignarse en una misma localidad; pero que la conveniencia de asignación³⁴ no lo permite, mostrándose a continuación, las asignaciones de canales más usadas. Así:

- Asignación PAR: 2,4, 6,8, 10, 12
- Asignación HIBRIDA: 2,4,5,7,9, 11, 13

En cuanto a la asignación de canales digitales en esta banda simplemente se puede indicar que según la decisión de la norma ISDB-T adoptado por el país, esta banda no está considerada para la transmisión de la televisión digital, lo que traería en consecuencia, que cuando se implante totalmente dicho sistema en el país, esta banda ya no se usaría. Esto no significa que la banda no sirva para televisión digital sino es por conveniencia del sistema adoptado, ya que en el sistema ATSC se usa.

En cuanto a lo relacionado a la propagación de las ondas de la televisión por ser similares sus frecuencias a las utilizadas en la FM entonces se cumple para la televisión VHF, todo lo indicado en la parte concerniente a la propagación de las ondas en FM. Todo se cumple ya sea para transmisiones analógicas o digitales.

Por último, a diferencia de la FM, en la televisión VHF el campo eléctrico exigido por el MTC es de 68 dB para calcular la distancia de cobertura para la banda VHF BAJA (del 2 al 6), mientras que se exige 71 dB para la VHF ALTA (del 7 al 13).

6.1.1 Fórmula básica para el cálculo de la distancia de cobertura en las transmisiones de televisión VHF

Como las frecuencias que se usan en la televisión VHF son similares a las frecuencias utilizadas en la FM entonces la fórmula (5.2) también se usa para el cálculo de la distancia de cobertura en las transmisiones de televisión en la banda de VHF, por lo que re-denominando dicha fórmula se tiene:

$$E = \frac{88 \times 10^6 H_T H_R \sqrt{P_T G}}{\lambda d^2} \quad (6.1)$$

Donde:

H_T es la altura efectiva de la antena transmisora.

³⁴ Sección 3.5 "Normas de asignación" de las Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión RM N° 358-2003-MTC/03, página 244182, publicada en el diario oficial El Peruano el Viernes 16 de Mayo del 2003.

H'_R es la altura efectiva de la antena receptora.

P_T es la potencia del transmisor.

G es el factor de ganancia de antena.

λ es la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de la estación transmisora.

d es la distancia a la cual se cumple un valor del campo eléctrico requerido en el área de cobertura.

Aquí H'_T se calcula así:
$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_0^2} \quad (6.2)$$

Siendo h_{ef} la altura efectiva de la antena transmisora que se calcula en la misma forma como en la FM, es decir, así:

$$h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n \quad (6.3)$$

Para lo cual se tiene que:

h_{cr} es el centro de radiación de la antena con respecto a la base de la torre de la antena.

h_c es la cota de la base de la torre en donde está ubicada la antena con respecto al nivel del mar.

h_n es el nivel medio del terreno y que se calcula en la forma indicada en la sección 5.1.1.2

Como el factor H_0 interviene en la (6.2) este se calcula así:

$$H_0 = \frac{\lambda \times [(\epsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2]^{1/4}}{2 \times \pi} \quad (6.4)$$

En donde el significado de los parámetros son:

λ es la longitud de onda de la frecuencia a usarse

ϵ_r es la permitividad eléctrica relativa del terreno de propagación

σ es la conductividad promedio del terreno de propagación.

Mientras que H'_R se calcula de la siguiente manera

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_0^2} \quad (6.5)$$

Donde:

H_R es la altura de la antena receptora que por norma debe ser 10 m

H_0 es el mismo factor que se calcula en (6.3)

6.2 Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Al igual que la banda de frecuencia modulada, la banda de radiodifusión por televisión en VHF ha sido canalizada para los 24 departamentos del país emitiéndose para los

mismos resoluciones viceministeriales y ampliándose con sus respectivas resoluciones de modificatoria. En el anexo L se muestra la canalización para la televisión VHF de todos los departamentos y que figura en la página Web del MTC³⁵.

Cada canalización en televisión VHF puede abarcar uno más distritos de la división política del país y eso depende de la orografía del lugar y las dimensiones del o los distritos que forman parte de la localidad canalizada.

6.3 Potencia efectiva radiada máxima según el plan de canalización del MTC

Como ya se conoce en cada localidad canalizada se indica los canales asignados así como la potencia efectiva radiada (ERP) máxima permitida en la dirección de máxima ganancia de la antena.

En cuanto se refiere al canal asignado este sirve para determinar la frecuencia con que trabajará el transmisor, mientras que la ERP máxima permite determinar la potencia aproximada del transmisor a usarse en la estación solicitada.

6.4 Cálculo del área de cobertura para frentes de radiación desiguales

En este subcapítulo se va a suponer un patrón de radiación con tres frentes de radiación desiguales. Vendría a ser la generalización de todos los casos que pueden haber, tanto en la transmisiones en FM como en la televisión, ya sea VHF o UHF.

En este caso se van a suponer 6 antenas, aunque pueden ser más o a veces menos antenas. Por lo tanto, se usarán tres divisores de potencia: 2 divisores de potencia de 1x3 y 1 divisor de potencia 1x2. De los cuales se conectan así: la línea de transmisión alimenta al divisor 1x2 y a las salidas de este divisor se conectan los 2 divisores 1x3; con lo cual se tienen 6 salidas que se conectan a las 6 antenas que se van utilizar en el sistema irradiante.

Se usarán tres frentes de radiación en la cual en un frente habrá 1 antena, en otro frente 3 antenas y en el tercer frente 2 antenas.

6.4.1 Parámetros asumidos

Se asumirá los siguientes parámetros para una supuesta estación radial ubicada en la ciudad del Cusco, la misma que estará ubicada en el cerro Picchu, donde en el frente principal se ubicarán 3 antenas alineadas con la dirección longitudinal de crecimiento de la ciudad (Av. De la Cultura).

35

➤ P_T :	Potencia del transmisor	= 500 W.
➤ Ch:	Canal	= 4
➤ f	Frecuencia promedio del canal	= 69 MHz.
➤ C:	Número de frentes de radiación	= 3
➤ Φ_1 :	Azimuth del frente de radiación N° 1	= 92°
➤ Φ_2 :	Azimuth del frente de radiación N° 2	= 105°
➤ Φ_3 :	Azimuth del frente de radiación N° 3	= 152°
➤ n_1 :	Número de antenas (Bays) en el frente N° 1	= 1
➤ N_2 :	Número de antenas (Bays) en el frente N° 2	= 3
➤ N_3 :	Número de antenas (Bays) en el frente N° 3	= 2
➤ G_{dB1} :	Ganancia de una antena	= 7.5 dB _d
➤ G_{dB2} :	Ganancia del arreglo de 3 antenas	= 12 dB _d
➤ G_{dB3} :	Ganancia del arreglo de 2 antenas	= 10.5 dB _d
➤ E:	Intensidad de campo eléctrico para calcular el área de cobertura	= 68 dB _{μV/m}
➤ H_T :	Altura de la antena transmisora	= 30 m.
➤ H_{Cr} :	Altura del centro de radiación	= 28 m.
➤ H_R :	Altura de la antena receptora	= 10 m.
➤ l:	Longitud de la línea de transmisión	= 40 m.
➤ h_c :	Cota de la planta transmisora	= 3,765 msnm
➤ A_{LT}	Atenuación de la línea de transmisión coaxial	= 3.41dB/100m
➤ A_{DIV1}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 2	= 0.20 dB
➤ A_{DIV2}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 3	= 0.20 dB
➤ A_{DIV3} :	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 3	= 0.20 dB
➤ F_N :	Factor de ruido	= 1.5 dB.
➤ σ	Conductividad del terreno	= 3 mS/m.
➤ ϵ_r	Permitividad relativa del terreno	= 5.
➤ P	Polarización	= Horizontal
➤ F_C :	Factor de ciudad	= [35 – 8 log (d)]
➤	Localidad de radiodifusión	= Cusco
➤	Coordenadas geográficas en WGS 84	
	LONGITUD OESTE (LO):	71° 59' 50"
	LATITUD SUR (LS):	13° 30' 26.08"

6.4.2 Parámetros a calcular

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- λ : Longitud de Onda.
- A_T : Atenuación total de la línea de transmisión.
- F_{AT} : Factor de atenuación.
- P_o : Potencia a la salida de la línea de transmisión
- P_i : Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia.
- P_s : Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores.
- P_C : Potencia de un frente cualquiera.
- P_{ERP} : Potencia efectiva radiada por frente de radiación
- h_n : Nivel medio del terreno.
- h_{ef} : Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar.
- H'_T : Altura efectiva de la antena de la planta transmisora.
- H'_R : Altura efectiva de la antena receptora.
- d : Distancia a la cual se producen los contornos E requeridos.

6.4.3 Cálculos

A continuación se muestran los cálculos de cobertura para la estación televisiva a instalarse en la ciudad del Cusco.

6.4.3.1 Longitud de onda

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{93.3 \times 10^6} = 3.21 \text{ m}$$

6.4.3.2 Atenuación total de la línea de transmisión

Usando la fórmula (5.8) y en la cual no se incluye la atenuación de los divisores de potencia

$$A_T = lA_{LT} = \frac{40 \times 3.41}{100} = 1.364 \text{ dB}$$

6.4.3.3 Factor de atenuación en la línea de transmisión

De la fórmula (5.9) se tiene $f_{AT} = 10^{\frac{A_T}{10}} = 10^{\left(\frac{-1.364}{10}\right)} = 0.7305$

6.4.3.4 Potencia a la salida de la línea de transmisión

En la fórmula (5.15) despejando P_o y además sabiendo que la potencia del transmisor P_T es la potencia de entrada a la línea de transmisión, procedemos a su cálculo, así:

$$P_o = P_T f_{AT} = 500 \times 0.7305 = 365.25 \text{ W}$$

6.4.3.5 Potencia a la entrada del arreglo de distribuidores de potencia (P_i)

Por lógica y sentido común la potencia a la salida de la línea de transmisión es la misma que a la entrada del arreglo de divisores de potencia por lo cual

$$P_i = P_o = 365.25 \text{ W}$$

6.4.3.6 Potencia en cualquier salida del arreglo de distribuidores de potencia (P_s)

Teniendo en cuenta que los dos distribuidores de potencia 1 x 3 se colocan a las 2 salidas del distribuidor 1 x 2, entonces usando (5.23):

$$P_s = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1} + A_{DIV2}}{10}\right)}}{S_1 S_2} = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV1} + A_{DIV3}}{10}\right)}}{S_1 S_3} = \frac{365.25 \times 10^{\left(\frac{(-0.2) + (-0.2)}{10}\right)}}{2 \times 3} = 55.52 \text{ W}$$

6.4.3.7 Potencia de un frente cualquiera (P_c)

Se usa la fórmula siguiente $P_c = n P_s$ que se aplicará a cada frente donde el valor n depende del número de antenas que se coloca en cada frente.

6.4.3.7.1 Potencia en el frente N° 1 (1 Antena)

Para este caso $n = 1$. Entonces $P_{c1} = 1 \times 55.52 \text{ W} = 55.52 \text{ W}$

6.4.3.7.2 Potencia en el frente N° 2 (3 Antenas)

Aquí $n = 3$. Por lo cual $P_{c2} = 3 \times 55.52 \text{ W} = 166.56 \text{ W}$

6.4.3.7.3 Potencia en el frente N° 3 (2 Antenas)

Se tiene $n = 2$. Así: $P_{c3} = 2 \times 55.52 \text{ W} = 111.04 \text{ W}$

6.4.3.8 Potencia efectiva radiada por frente de radiación

Se aplica la fórmula $P_{ERP} = P_c 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)}$ que también se aplicó en la sección 5.11.3.8 para el cálculo de patrones de radiación iguales en FM; solamente que aquí P_c tendrá diferentes valores y también G_{dB} tendrá diferentes valores según de las antenas que hay en cada frente. Por lo cual se aplicará tres veces la fórmula mencionada para obtener la potencia efectiva radiada (ERP) en cada uno de los frentes.

6.4.3.8.1 Potencia de efectiva radiada en el frente N° 1

Aquí $P_{c1} = 55.52 \text{ W}$ y $G_{dB1} = 7.5 \text{ dB}$. En la fórmula se tiene:

$$P_{ERP} = P_{c1} 10^{\left(\frac{G_{dB1}}{10}\right)} = 55.52 \times 10^{\frac{7.5}{10}} = 312.21 \text{ W}$$

Este valor es menor que 8,000 W (8 KW) que es el valor máximo otorgado de acuerdo

a la canalización de la localidad de Cusco en la banda de televisión VHF³⁶.

6.4.3.8.2 Potencia de efectiva radiada en el frente N° 2

Aquí $P_{C2} = 166.56 \text{ W}$ y $G_{dB2} = 12 \text{ dB}$. Por lo cual tenemos:

$$P_{ERP} = P_{C2} 10^{\left(\frac{G_{dB2}}{10}\right)} = 16656 \times 10^{\frac{12}{10}} = 2,639.80 \text{ W}$$

Este valor es menor que 8,000 W (8 KW) que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Cusco en la banda de televisión VHF. Por lo cual se cumple con la normatividad vigente.

6.4.3.8.3 Potencia de efectiva radiada en el frente N° 3

Aquí $P_{C3} = 111.04 \text{ W}$ y $G_{dB3} = 10.5 \text{ dB}$. En la fórmula se tiene:

$$P_{ERP} = P_{C3} 10^{\left(\frac{G_{dB3}}{10}\right)} = 11104 \times 10^{\frac{10.5}{10}} = 1,245.89 \text{ W}$$

Este valor es menor que 8,000 W (8 KW) que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Cusco en la banda de televisión VHF según la Resolución Viceministerial N° 333-205-MTC/03.

6.4.3.9 Nivel medio del terreno

Teniendo en cuenta los niveles de altitud de la carta geográfica N° 2543 (28-s) en la cual se encuentra la localidad del Cusco y siguiendo el procedimiento de la sección 5.1.1.2 se obtiene la tabla siguiente N° 6.1 para calcular el nivel medio del terreno h_n .

De lo que se obtiene $h_n = 3,756.23 \text{ m}$

6.4.3.10 Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar

Aplicando $h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n = 28 + 3,756.23 - 3,765 = 19.23 \text{ m}$

Como el resultado es mayor que 0 m pero menor de 30 m entonces y de acuerdo con el tercer párrafo de la sección 5.1.1.1 se asume como $h_{ef} = 30 \text{ m}$

6.4.3.11 Cálculo de la distancia de cobertura de cualquier frente

Para el cálculo de la distancia de cobertura "d" de cualquier frente se tienen que calcular, primero otros valores como H_0 , H'_T , H'_R ; los cuales se calculan a continuación:

$$H_0 = \frac{\lambda \times \left[(\epsilon_r + 1)^2 + 60 \times \lambda \times \sigma^2 \right]^{1/4}}{2 \times \pi} = \frac{4.34 \times \left[(5+1)^2 + 60 \times 4.34 \times 0.003^2 \right]^{1/4}}{2 \times 3.1416} = 1.69 \text{ m}$$

³⁶ Resolución Viceministerial N° 333-2005 MTC/03

Tabla N° 6.1 Obtención h_n para la localidad de Cusco
(Fuente: elaboración propia)

Distancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3	3000	3150	2940	3050	3850	4350	4220	3600
3,5	3400	3100	3000	3050	3900	4250	4350	3500
4	3230	3150	3050	3200	4000	4200	4400	3600
4,5	3100	3170	3100	3300	4000	4150	4400	3500
5	3530	3180	3400	3350	4100	4200	4580	3400
5,5	3580	3190	3550	3325	4230	4150	4300	3500
6	3750	3200	3700	3350	4240	4150	4350	3600
6,5	3900	3100	4200	3370	4050	4200	4000	3300
7	4050	3400	4230	3400	3900	4180	3950	3400
7,5	4150	3500	4170	3410	3800	4160	4000	3200
8	4100	3600	4080	3420	3680	4150	4050	2950
8,5	3850	3700	3950	3410	3650	4180	4030	2945
9	3750	3850	4050	3400	3680	4180	4050	2940
9,5	3640	3900	4200	3600	3700	4190	4100	2935
10	3700	4000	4210	3800	3710	4190	4110	2930
10,5	3750	3950	4020	3900	3750	4180	4150	2970
11	3700	3900	3950	4000	3780	4000	4200	3000
11,5	3600	3970	3900	4050	3800	4050	4250	2970
12	3650	3990	3900	4150	3830	4100	4230	2950
12,5	3600	4000	3750	4000	3650	4000	4200	2980
13	3580	4050	3580	4050	3630	3950	4190	3000
13,5	3700	4060	3500	4000	3600	3960	4150	3030
14	3900	4070	3650	3950	3550	3950	4100	3050
14,5	4200	4100	3680	3900	3530	3940	4050	3080
15	4370	4150	3700	3850	3500	3920	4030	3100
15,5	4620	4100	3750	3830	3450	3900	4000	3150
16	4550	4050	3780	3800	3430	3920	3950	3200
Promedio parcial	3776	3688	3740	3626	3777	4102	4163	3177
Promedio Total (hn) en msnm					3756,23			

Ahora calculando H'_T

$$H'_T = \sqrt{h_{ef}^2 + H_o^2} = \sqrt{30^2 + 1.69^2} = 30.05 \text{ m}$$

Por último calculando H'_R

$$H'_R = \sqrt{H_R^2 + H_o^2} = \sqrt{10^2 + 1.69} = 10.14 \text{ m}$$

6.4.3.11.1 Distancia de cobertura del frente N° 1

Se usará la fórmula (5.12) para obtener la distancia de cobertura, razón por la cual se re-escribe la misma así:

$$E(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_T) + G_{dB} - 40 \log(d) \quad (6.6)$$

En (6.6) se cambiará P_T por P_{C_i} y al mismo tiempo se pone la ganancia de de antena de cada frente G_{dB_i} ; por lo cual la fórmula a utilizar será:

$$E_i(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_{C_i}) + G_{dB_i} - 40 \log(d_i) \quad (6.7)$$

Procediendo:

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_{C_1}) + G_{dB_1} - 40 \log(d_1)$$

Reemplazando valores

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{30.05 \times 10.14}{4.34}\right) + 10 \log(55.52) + 7.5 - 40 \log(d_1)$$

Efectuando operaciones

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 220.76 - 40 \log(d_1)$$

A lo obtenido se le añaden las pérdidas siguientes expresadas en decibelios (se restan): Factor de ciudad (F_C), el factor de ruido (F_N):

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 220.76 - 40 \log(d_1) - F_N - F_C$$

Reemplazando valores

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 220.76 - 40 \log(d) - 1.5 - [35 - 8 \log(d_1)]$$

Simplificando se tiene

$$E_1(dB_{\mu V/m}) = 184.26 - 32 \log(d_1)$$

Como el campo eléctrico exigido es de 68 dB entonces despejando d_1 , se tiene

$$d_1 = 10^{\left(\frac{184.26 - 68}{32}\right)} = 4,296.6 \text{ m} = 4.29 \text{ Km}$$

Resumiendo se tiene:

$$d_1 = 4.29 \text{ Km. @ } E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

6.4.3.11.2 Distancia de cobertura del frente N° 2

Usando (6.7) para los datos del frente N° 2, se tiene

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_{C_2}) + G_{dB_2} - 40 \log(d_2)$$

Reemplazando valores

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{30.05 \times 10.14}{4.34}\right) + 10 \log(166.56) + 12 - 40 \log(d_2)$$

Efectuando operaciones

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 203.03 - 40 \log(d_2)$$

A lo obtenido se le añaden las pérdidas siguientes expresadas en decibelios (se restan): Factor de ciudad (F_C), el factor de ruido (F_N):

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 230.03 - 40 \log(d_2) - F_N - F_C$$

Reemplazando valores

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 230.03 - 40 \log(d) - 1.5 - [35 - 8 \log(d_2)]$$

Simplificando se tiene

$$E_2(dB_{\mu V/m}) = 193.53 - 32 \log(d_2)$$

Como el campo eléctrico exigido es de 68 dB entonces despejando d_2 , se tiene

$$d_2 = 10^{\left(\frac{193.53 - 68}{32}\right)} = 8,371.01 \text{ m} = 8,37 \text{ Km}$$

Resumiendo se tiene:

$$d_2 = 8.37 \text{ Km. @ } E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

6.4.3.11.3 Distancia de cobertura del frente N° 3

Usando (6.7) para los datos del frente N° 3, se tiene

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{H'_T H'_R}{\lambda}\right) + 10 \log(P_{C3}) + G_{dB3} - 40 \log(d_3)$$

Reemplazando valores

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 158.89 + 20 \log\left(\frac{30.05 \times 10.14}{4.34}\right) + 10 \log(111.04) + 10.5 - 40 \log(d_3)$$

Efectuando operaciones

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 226.77 - 40 \log(d_3)$$

A lo obtenido se le añaden las pérdidas siguientes expresadas en decibelios (se restan): Factor de ciudad (F_C), el factor de ruido (F_N):

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 226.77 - 40 \log(d_3) - F_N - F_C$$

Reemplazando valores

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 226.77 - 40 \log(d) - 1.5 - [35 - 8 \log(d_3)]$$

Simplificando se tiene

$$E_3(dB_{\mu V/m}) = 190.27 - 32 \log(d_3)$$

Como el campo eléctrico exigido es de 68 dB entonces despejando d_3 , se tiene

$$d_3 = 10^{\left(\frac{190.27 - 68}{32}\right)} = 6,621.21 \text{ m} = 6.62 \text{ Km}$$

Resumiendo se tiene:

$$d_3 = 6.62 \text{ Km. @ } E = 66 \text{ dB}_{\mu V/m}$$

6.5 Gráfica del área de cobertura para frentes desiguales

En la carta geográfica N° 2543 (28-s) y con las coordenadas de Longitud Oeste (LO): **71° 59' 50"** y Latitud Sur (LS): **13° 30' 26.08"** y procediendo de la forma explicada en la sección 5.6 para cada uno de los frentes de radiación entonces se obtiene la grafica respectiva la cual se muestra en el anexo. Hay que hacer notar que esta gráfica no toma en cuenta el fenómeno de difracción que en forma real amplia la distancia de cobertura. Además se hace notar que los patrones de cada frente se superponen para dar como resultado final el patrón obtenido.

En dicha gráfica es muy importante el patrón de radiación de una antena el cual sirve como molde para cada frente de radiación y se muestra en líneas discontinuas, mientras que en líneas continuas gruesas se muestra es el patrón de radiación total de los 3 frentes de radiación.

CAPITULO VII

CÁLCULO DEL ÁREA DE COBERTURA DE UNA ESTACIÓN DE TELEVISIÓN EN UHF

7.1 Introducción

La banda de radiodifusión en UHF, cuyas siglas provienen de **Ultra High Frequency** que en buen castellano significa “Frecuencias Ultra Elevadas”, es una banda que comienza en los 470 MHz (canal 14) y termina en los 746 MHz (canal 59), esto para el Perú; mientras que a nivel de la zona 2, en la que está inmersa todo el continente americano, esta banda abarca hasta el canal 69 (806 MHz).

En la banda UHF adoptada por el Perú hay 46 canales de televisión con un ancho de banda de 6 MHz, donde evidentemente al igual que la banda VHF se encuentran las portadoras de Video y Audio; de las cuales la primera transporta la información de imagen por intermedio de una modulación en amplitud residual y la segunda transporta la información de sonido por intermedio de una modulación en frecuencia. En el anexo N° M se muestran todos los canales de la banda UHF del Perú.

Esta banda UHF está subdividida en dos sub-bandas, más conocidas como bandas simplemente por el común de las personas. La banda IV comienza con el canal 14 y termina en el canal 32; mientras que la banda V comienza en el canal 33 y termina en el canal 59.

Esta banda de televisión UHF, ya sea en la banda IV o V, se ha destinado para las transmisiones de la televisión digital ISDB-T.

La asignación de los canales para la televisión analógica, es en el segundo canal adyacente del que existe. Mientras que para la televisión digital se espera asignar en los canales adyacentes, por lo cual cuando todo el país esté inmerso en las transmisiones digitales entonces se tendrán más canales de televisión que los que hay actualmente en las transmisiones analógicas.

La propagación de las ondas de esta banda UHF es en algo parecido a la televisión VHF sólo que son más atenuadas en su trayectoria por la atmósfera y es muy reducido el

fenómeno de reflexión de las ondas como así también es casi nulo el fenómeno de difracción, en especial esto ocurre más en la banda V.

Por ello que para dos transmisores de igual potencia, uno en VHF y el otro en UHF, y ambos contando con el mismo sistema irradiante; se tiene que la estación en VHF siempre tiene más distancia de cobertura que la estación en UHF. Todo esto se cumple porque la UHF trabaja con señales de mayor frecuencia en donde ocurren más pérdidas que reducen su distancia de cobertura.

Por último, una diferencia importante es que con respecto a los cálculos de la televisión en VHF, es que en UHF la intensidad de campo eléctrica exigida es de 74 dB.

7.1.1 El nomograma para cálculos de cobertura

Por lo mencionado en los párrafos anteriores se tiene que la forma de calcular el área de cobertura de una determinada estación en UHF es distinta de la VHF. Aquí no se utiliza una fórmula sino que se utiliza un nomograma similar al usado en la Onda Media (AM) porque en dicho gráfico propuesto por Unión Internacional de Telecomunicaciones "ITU", de la cual el Perú es su miembro activo, se resumen en forma práctica las diversas pérdidas que sufren las señales de la UHF en sus trayectorias de una ciudad urbana y/o rural, así como también están insertadas las pérdidas por ciudad y las pérdidas por ruido. Dicho nomograma es una propuesta de la ITU para uniformizar los cálculos de cobertura en la televisión por UHF. En la Fig. N° 7.1 se muestra dicho nomograma.

En ella, en el lado izquierdo y en el eje de las ordenadas se introduce el valor del campo eléctrico referenciado a un microvoltio por metro y expresado en dB, el cual se obtiene en base a la normalización de la potencia efectiva radiada (ERP) con respecto a una potencia de 1 kilovatio (KW); de ese valor de campo eléctrico se traza una línea horizontal hasta llegar a la curva de altura efectiva " h_{ef} ", que se calcula previamente y en la misma forma como se hizo para la FM y la televisión VHF; y luego se baja verticalmente hasta encontrar en el eje de las abcisas el valor de la distancia alcanzada en la cobertura, la misma que está expresada en Km. Se observa que las distancias están graficadas en una escala logarítmica mientras que el campo eléctrico, que está expresado en decibelios, está representado linealmente.

7.2 Planes de canalización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Al igual que la banda de frecuencia modulada y la televisión en VHF, la banda de radiodifusión por televisión en UHF ha sido canalizada para los 24 departamentos del país emitiéndose para los mismos resoluciones viceministeriales y ampliándose con sus respectivas resoluciones de modificatoria. En el anexo N se muestra la canalización para la televisión UHF de todos los departamentos y que figura en la página Web del MTC.

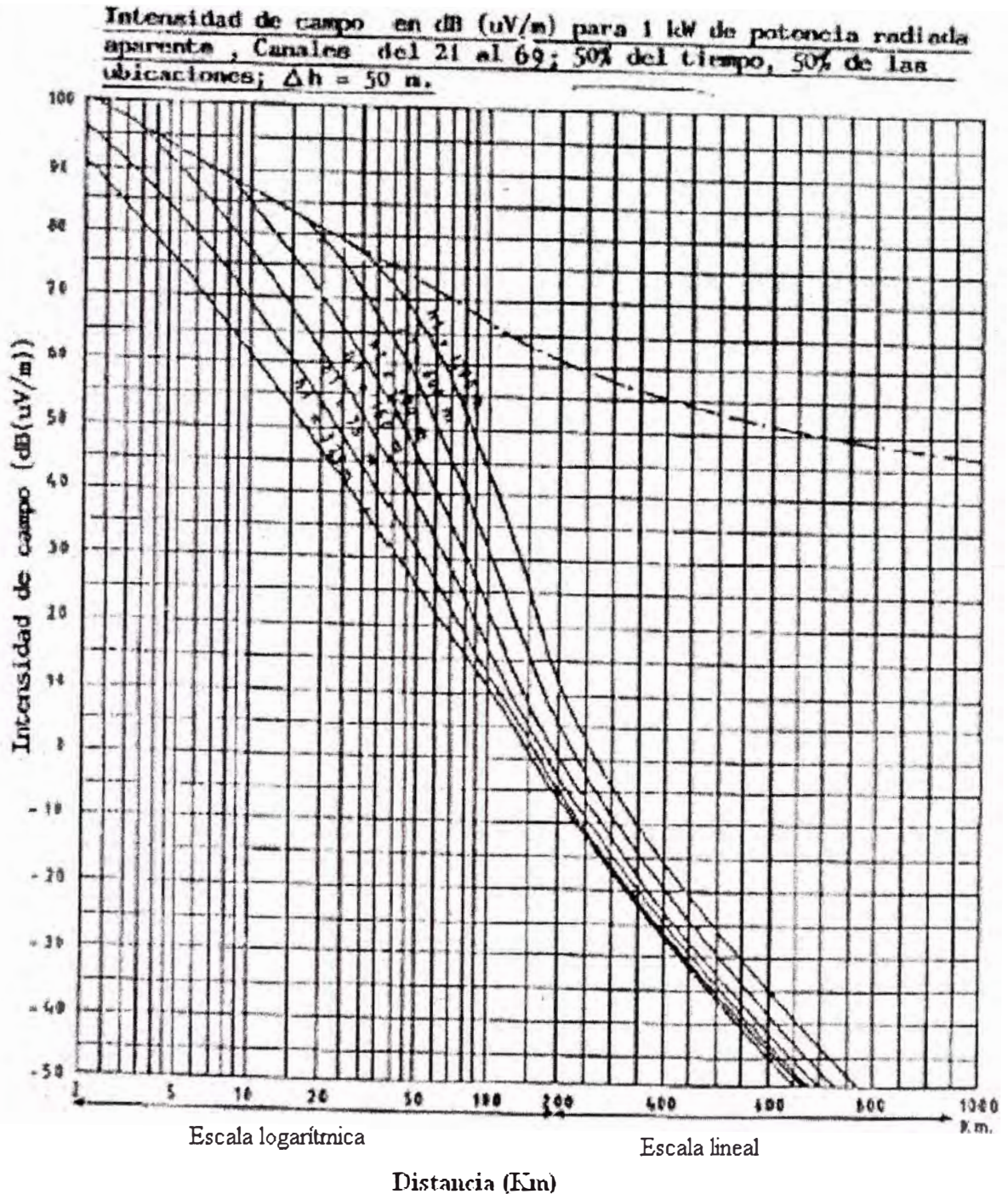


Fig. Nº 7.1 Nomograma para el cálculo de cobertura en televisión UHF
(Fuente: Normas Técnicas de Radiodifusión del MTC)

7.3 Potencia efectiva radiada máxima según el plan de canalización del MTC

Como ya se conoce, en cada localidad canalizada se indica los canales asignados así como la potencia efectiva radiada (ERP) máxima permitida en la dirección de máxima ganancia de la antena.

En cuanto se refiere al canal asignado este sirve para determinar la frecuencia con que trabajará el transmisor, mientras que la ERP máxima permite determinar la potencia

aproximada del transmisor a usarse en la estación solicitada en las transmisiones televisivas por la banda UHF.

7.4 Cálculo de área de cobertura para un frente de radiación

En este subcapítulo se va a suponer un patrón de radiación con un frente de radiación no porque no se pueda realizar más frentes, sino que ya se sabe que para más frentes es repetitivo el procedimiento aplicado para un frente. Lo que se quiere resaltar es el uso del nomograma para los cálculos de cobertura en la banda de UHF.

El frente propuesto estará compuesto por dos antenas tipo panel que por lo general cada antena tiene una alta ganancia en esta banda de televisión. Por ende se usará un divisor de potencia 1x2 en la cual se conectarán las dos antenas alineadas a una dirección cualquiera.

7.4.1 Parámetros asumidos

Se asumirá los siguientes parámetros para una supuesta estación radial ubicada en la ciudad del Cusco, la misma que estará ubicada en el cerro Picchu, donde en el frente se ubicarán dos antenas UHF tipo panel alineados a la longitud de crecimiento de la ciudad.

➤ P_T :	Potencia del transmisor	= 500 W.
➤ Ch:	Canal	= 21
➤ f	Frecuencia promedio del canal	= 515 MHz.
➤ C:	Número de frentes de radiación	= 1
➤ Φ :	Azimuth del frente de radiación	= 105°
➤ n:	Número de antenas (Bays) en el frente	= 2
➤ G_{dB} :	Ganancia del arreglo de 2 antenas	= 14 dB _d
➤ E_r :	Intensidad de campo eléctrico para calcular el área de cobertura	= 74 dB _{μV/m}
➤ H_T :	Altura de la antena transmisora	= 30 m.
➤ H_{cr} :	Altura del centro de radiación	= 28 m.
➤ H_R :	Altura de la antena receptora	= 10 m.
➤ l:	Longitud de la línea de transmisión	= 40 m.
➤ h_c :	Cota de la planta transmisora	= 3,765 msnm
➤ A_{LT}	Atenuación de la línea de transmisión coaxial	= 8 dB/100m
➤ A_{DIV}	Atenuación del distribuidor de potencia 1 x 2	= 0.30 dB
➤	Localidad de radiodifusión	= Cusco
➤	Coordenadas geográficas en WGS 84	
	LONGITUD OESTE (LO):	71° 59' 50"
	LATITUD SUR (LS):	13° 30' 26.08"

7.4.2 PARAMETROS A CALCULAR

Los valores de los parámetros a calcular son los siguientes:

- A_T Atenuación de línea de transmisión.
- F_{AT} Factor de atenuación de la línea de transmisión.
- P_o Potencia a la salida de la línea de transmisión.
- P_i Potencia de entrada del distribuidor de potencia.
- P_s Potencia en cualquier salida del distribuidor de potencia.
- P_C Potencia del frente de transmisión.
- P_{erp} Potencia efectiva radiada por el frente.
- h_n Nivel medio del terreno.
- h_{ef} Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar.
- f_c Factor de corrección en dB del campo eléctrico para emplear la curva (50,50).
- E Campo eléctrico normalizado a 1 KW para usar la curva (50,50)
- d Distancia de cobertura

7.4.2.1 Atenuación de la línea de transmisión

Usando la fórmula (5.8) se tiene $A_T = LA_{LT} = \frac{40 \times 8}{100} = 3.2 \text{ dB}$

7.4.2.2 Factor de atenuación en la línea de transmisión

De la fórmula (5.9) se tiene $f_{AT} = 10^{\frac{A_T}{10}} = 10^{\left(\frac{-3.2}{10}\right)} = 0.4786$

7.4.2.3 Potencia a la salida de la línea de transmisión (P_o)

En la fórmula $P_o = P_T f_{AT} = 500 \times 0.4786 = 239.3 \text{ W}$

7.4.2.4 Potencia de entrada del distribuidor de potencia (P_i)

Siempre se tiene $P_i = P_o = 239.3 \text{ W}$

7.4.2.5 Potencia en cualquier salida del distribuidor de potencia (P_s)

Teniendo en cuenta la fórmula (5.20) se aplica así:

$$P_s = \frac{P_i 10^{\left(\frac{A_{DIV}}{10}\right)}}{S} = \frac{239.3 \times 10^{\left(\frac{-0.3}{10}\right)}}{2} = 111.66 \text{ W}$$

7.4.2.6 Potencia del frente de transmisión (P_C)

Se usa $P_C = n P_s$ y como $n = 2$ se tiene $P_C = 2 \times 111.66 = 223.32 \text{ W}$

7.4.2.7 Potencia efectiva radiada por el frente (P_{ERP})

Como sólo hay un frente de radiación entonces el divisor de potencia sólo sirve para repartir toda la potencia del transmisor a las antenas por lo cual las dos antenas forman un arreglo de antenas con una ganancia de antena de 14 dB_d. Toda la potencia del

transmisor a la cual se le han quitado las pérdidas, tanto de la línea de transmisión como del distribuidor de potencia, es la que se usa para este frente.

Se aplica la fórmula $P_{ERP} = P_C 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)}$ de la sección 5.11.3.8 por lo cual:

$$P_{ERP} = P_C 10^{\left(\frac{G_{dB}}{10}\right)} = 22332 \times 10^{\left(\frac{14}{10}\right)} = 5,609.54 W$$

Este valor es menor que 8,000 W que es el valor máximo otorgado de acuerdo a la canalización de la localidad de Cusco para la televisión en UHF, según la Resolución Viceministerial N° 178-2004-MTC/03.

7.4.2.8 Nivel medio del terreno

Teniendo en cuenta los niveles de altitud de la carta geográfica N° 2543 (28-s) en la cual se encuentra la localidad del Cusco y siguiendo el procedimiento de la sección 5.1.1.2 se obtiene la tabla N° 7.1 para calcular el nivel medio del terreno h_n .

De lo que se obtiene $h_n = 3,756.23$ m

7.4.2.9 Altura efectiva de la antena sobre el nivel del mar

Aplicando $h_{ef} = h_{cr} + h_c - h_n = 28 + 3,756.23 - 3,765 = 19.23$ m

Como el resultado es mayor que 0 m pero menor de 30 m entonces y de acuerdo con el tercer párrafo de la sección 5.1.1.1 se asume como $h_{ef} = 30$ m

7.4.2.10 Factor de corrección del campo eléctrico para emplear la curva (50,50)

Se usa la fórmula $f_c = 10 \log\left(\frac{P_{ERP}}{1KW}\right)$ (7.1)

que es idéntica a la fórmula (4.14) que se utilizó en la amplitud modulada porque en ambos métodos de cálculo se utilizan curvas similares propuestos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones "ITU".

Reemplazando valores en la fórmula y expresando la potencia efectiva radiada por el frente P_{ERP} en KW, se tiene: $f_c = 10 \log\left(\frac{P_{ERP}}{1KW}\right) = 10 \log\left(\frac{5.609}{1}\right) = 7.49$ dB

7.4.2.11 Campo eléctrico normalizado a 1 kw para usar la curva (50,50)

Se hace uso de la siguiente fórmula: $E = E_r - f_c$ (7.2)

Por lo cual reemplazando valores se obtiene $E = 74 - 7.49 = 66.51$ dB

7.4.2.12 Cálculo de la distancia de cobertura

Con el valor obtenido de $E = 66.51$ dB y con el dato calculado anteriormente de $h_{ef} = 30$ m se usa el nomograma de la figura N° 5.2. Aquí, en el eje de las ordenadas se traza una recta (mostrada en línea roja) que toca al valor de $h_{ef} = 30$ m y bajando hasta las abscisas se observa que la distancia, expresada en kilómetros, tiene el valor de 8 Km

Tabla N° 7.1 Obtención h_n para la localidad de Cusco
(Fuente: elaboración propia)

Distancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3	3000	3150	2940	3050	3850	4350	4220	3600
3,5	3400	3100	3000	3050	3900	4250	4350	3500
4	3230	3150	3050	3200	4000	4200	4400	3600
4,5	3100	3170	3100	3300	4000	4150	4400	3500
5	3530	3180	3400	3350	4100	4200	4580	3400
5,5	3580	3190	3550	3325	4230	4150	4300	3500
6	3750	3200	3700	3350	4240	4150	4350	3600
6,5	3900	3100	4200	3370	4050	4200	4000	3300
7	4050	3400	4230	3400	3900	4180	3950	3400
7,5	4150	3500	4170	3410	3800	4160	4000	3200
8	4100	3600	4080	3420	3680	4150	4050	2950
8,5	3850	3700	3950	3410	3650	4180	4030	2945
9	3750	3850	4050	3400	3680	4180	4050	2940
9,5	3640	3900	4200	3600	3700	4190	4100	2935
10	3700	4000	4210	3800	3710	4190	4110	2930
10,5	3750	3950	4020	3900	3750	4180	4150	2970
11	3700	3900	3950	4000	3780	4000	4200	3000
11,5	3600	3970	3900	4050	3800	4050	4250	2970
12	3650	3990	3900	4150	3830	4100	4230	2950
12,5	3600	4000	3750	4000	3650	4000	4200	2980
13	3580	4050	3580	4050	3630	3950	4190	3000
13,5	3700	4060	3500	4000	3600	3960	4150	3030
14	3900	4070	3650	3950	3550	3950	4100	3050
14,5	4200	4100	3680	3900	3530	3940	4050	3080
15	4370	4150	3700	3850	3500	3920	4030	3100
15,5	4620	4100	3750	3830	3450	3900	4000	3150
16	4550	4050	3780	3800	3430	3920	3950	3200
Promedio parcial	3776	3688	3740	3626	3777	4102	4163	3177
Promedio Total (h_n) en msnm					3756,23			

Por lo tanto, resumiendo:

$$d = 8 \text{ Km. } @ \quad E_r = 74 \text{ dB}_{\mu\text{V/m}}$$

7.5 Gráfica del área de cobertura

En la carta geográfica N° 2543 (28-s) y con las coordenadas de Longitud Oeste (LO): **71° 59' 50"** y Latitud Sur (LS): **13° 30' 26.08"** y procediendo de la forma explicada en la sección 5.6 para el único frente de radiación entonces se obtiene la grafica respectiva la cual se muestra en el anexo. Hay que hacer notar que esta gráfica no toma en cuenta el fenómeno de difracción que en forma real amplia la distancia de cobertura.

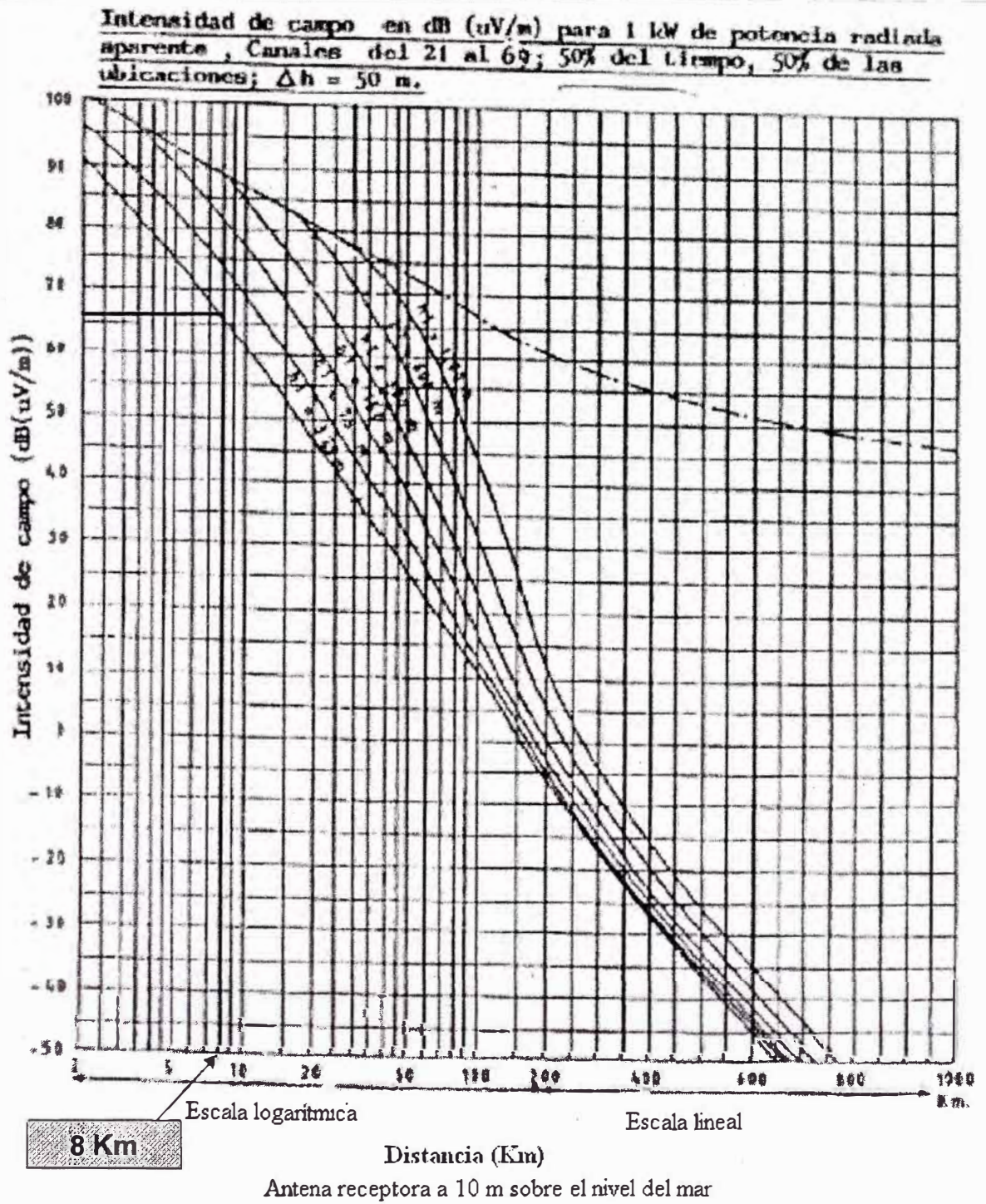


Fig. N° 7.2 Cálculo de la distancia de la estación de Televisión en UHF

CONCLUSIONES

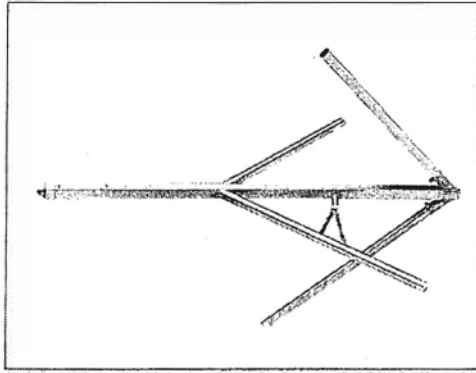
Las siguientes son las conclusiones que se obtienen de la presente tesis:

- No son iguales los cálculos de cobertura para las diferentes bandas de radiodifusión, ya sean sonoras o televisivas.
- La distancia de cobertura se obtiene en base a muchos parámetros que se tienen que asumir, resaltándose en ellos el valor del campo eléctrico exigido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) según la banda a utilizarse, con la cual se asegura una buena calidad de recepción.
- La potencia efectiva radiada máxima permitida a cada estación, ya sea sonora (OM o FM) o televisiva (VHF o UHF) , es fijada por el MTC según los planes de canalización de las diferentes bandas en el territorio nacional.
- Según la Orografía del lugar y de la ubicación de la planta transmisora en el lugar, donde se desea instalar una estación sonora (OM o FM) o televisiva (VHF o UHF), se escogen uno, dos, tres o cuatro frentes de radiación, los cuales a su vez puede estar conformadas por una o varias antenas.

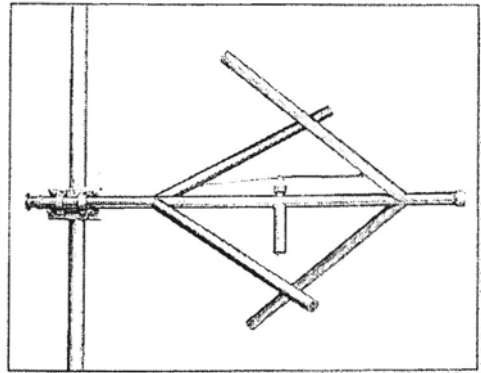
ANEXOS

ANEXO A:**Hoja de datos de una antena Omnidireccional (polarización circular)**

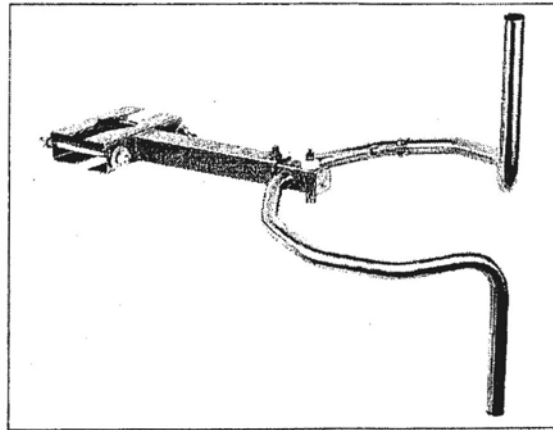
— CIRCULAR POLARIZATION ANTENNAS

Mod. PLC 4

Demountable and packed with reduced sizes for freight saving.
(standard version)

Mod. PLC 4/H

Demountable and packed with reduced sizes for freight saving.
(standard version)

Mod. PLC 5

These stainless steel antennas are particularly recommended for low and medium output power transmitters. The PLC5 antenna is factory tuned at any channel within 87.5-108 MHz.

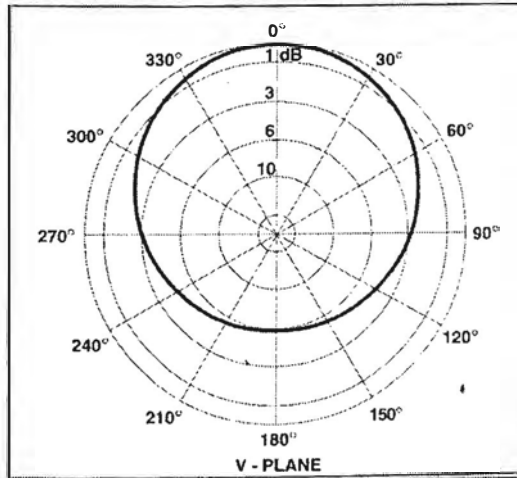
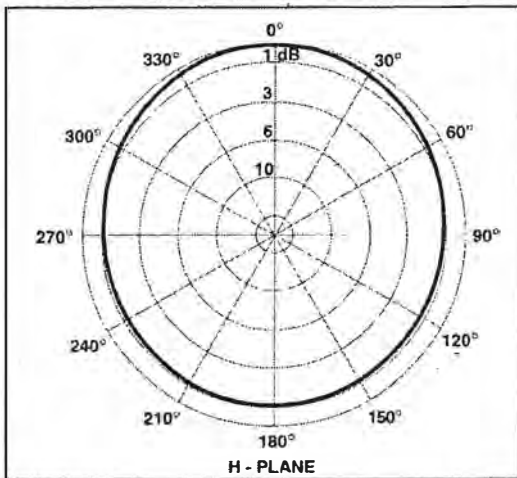
**PLC 4 - PLC 4/H - PLC 5
CIRCULAR POLARIZATION ANTENNA**

TECHNICAL DATA

ELECTRICAL AND MECHANICAL DATA			
MODEL	PLC 4 - PLC 4/H	MODEL	PLC 5
ANTENNA TYPE	OMNIDIRECTIONAL	ANTENNA TYPE	OMNIDIRECTIONAL
FREQUENCY RANGE	87.5-108 MHz	FREQUENCY RANGE	87.5-108 MHz
BANDWIDTH	REFER TO APPENDIX A	BANDWIDTH	200 KHz
IMPEDANCE	50Ω	IMPEDANCE	50Ω
CONNECTOR	REFER TO APPENDIX A	CONNECTOR	N
POWER RATING	REFER TO APPENDIX A	POWER RATING	900w
VSWR	≤ 1.4	VSWR	≤ 1.4
POLARIZATION	CIRCULAR	POLARIZATION	CIRCULAR
GAIN	MINUS 1.5dB (REFERRED TO HALF-WAVEDIPOLE)	GAIN	MINUS 1.5dB (REFERRED TO HALF WAVE DIPOLE)
H PLANE	OMNIDIRECTIONAL ±1.5 dB(WITH 100mm MAST Ø)	H PLANE	270°
V PLANE	OMNIDIRECTIONAL ±3 dB(WITH 100mm MAST Ø)	V PLANE	330°
LIGHTNING PROTECTION	ALL METAL PARTS DC GROUNDED	LIGHTNING PROTECTION	ALL METAL PARTS DC GROUNDED
MAX WIND VELOCITY	150 Km/h	MAX WIND VELOCITY	220 Km/h
WIND LOAD	45 Kgs (WITH SPEED AT 150 Km/h)	WIND LOAD	25 Kgs (WITH SPEED AT 150 Km/h)
WIND SURFACE	0.1 sqm	WIND SURFACE	0.09 sqm
MATERIALS			
INTERNAL PARTS	SILVER-PLATED BRASS AND PIPE	INTERNAL PARTS	SILVER-PLATED BRASS AND PIPE
EXTERNAL PARTS	STAINLESS STEEL	EXTERNAL PARTS	STAINLESS STEEL
MOUNTING	FROM 60 TO 120 mm Ø	MOUNTING	FROM 60 TO 120 mm. Ø
WEIGHT	10 KG. APPROX. (PLC 4)+7KG. APPROX (PLC 4/H)	WEIGHT	3.5 KG.
DIMENSION	REFER TO APPENDIX A	DIMENSION	580x350x850 mm.
PACKING	REFER TO APPENDIX A	PACKING	740x460x530 mm.

APPENDIX A		
MODEL	PLC 4	PLC 4/H
BANDWIDTH	87.5-108MHz	87.5-108MHz
CONNECTORS AND POWER RATING	7/16-1.5KV ⁴	7/8" EIA FLANGE-2.5KW
DIMENSIONS (mm)	1440x800x800	7/8" EIA FLANGE-1.5KW(PRESSURIZED)
PACKING (mm)	1800x1500x150	1500x800x800
		1800x2000x200

PLC4 - PLC 4/H CIRCULAR ANTENNA						
BAYS n.rs	DIPOLE PER BAYS	DB GAIN	POWER GAIN	ANTENNA APERTURE	WEIGHT Kgs.	WIND LOAD (v=150Km/h)
1	1	MINUS 1.5	0.7	1.9 mt.s	10	45
2	1	1.48	1.40	4.6 mt.s	20	90
4	1	4.44	2.77	9.2mt.s	40	180
6	1	5.88	3.87	13.8 mt.s	60	270
8	1	7.36	5.44	18.4 mt.s	80	360
PLC 5 CIRCULAR ANTENNA						
BAYS n.rs	DIPOLE PER BAYS	DB GAIN	POWER GAIN	ANTENNA APERTURE	WEIGHT Kgs.	WIND LOAD (v=150Km/h)
1	1	MINUS 1.5	0.7	1.9 mt.s	3.5	25
2	1	1.48	1.40	4.6 mt.s	11	50
4	1	4.44	2.77	9.2mt.s	20	100
6	1	5.88	3.87	13.8 mt.s	30	150
8	1	7.36	5.44	18.4 mt.s	45	200



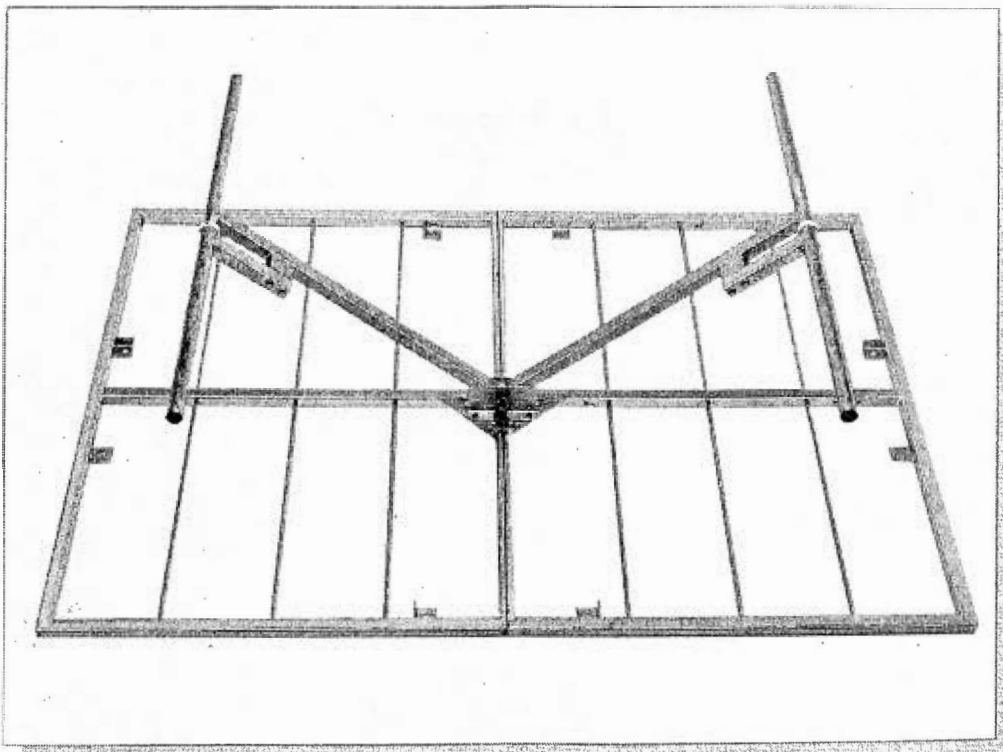
ANEXO B:

Hoja de datos de una antena direccional

FM DIRECTIONAL ANTENNA

87,5÷108MHz

Mod. APL 5



The highly strong design and the hot galvanized steel used for the construction of this panel, make it suitable for high power systems.

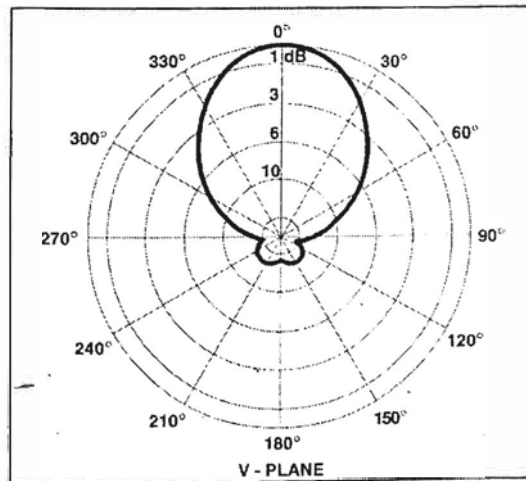
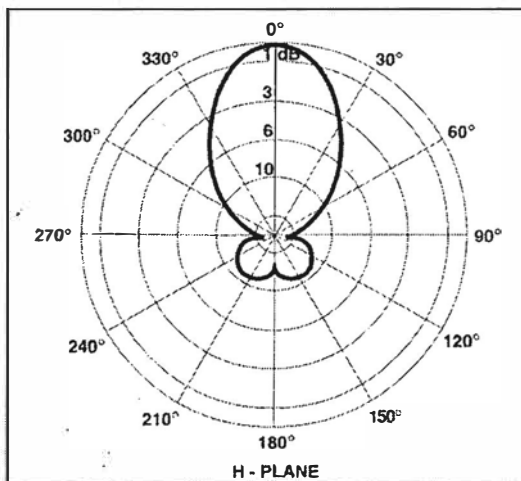
As a matter of fact, each unit can bear up to 2.5 Kw power .

APL 5 - FM DIRECTIONAL ANTENNA

TECHNICAL DATA

ELECTRICAL AND MECHANICAL DATA	
MODEL	APL 5
ANTENNA TYPE	DOUBLE DIPOLE PANEL
FREQUENCY RANGE	87.5+108 MHz
BANDWIDTH	87.5+108 MHz
IMPEDANCE	50Ω
CONNECTOR	7/16 or 7/8" EIA FLANGE
POWER RATING	1,5 KW (7/16) -2,5KW (7/8" EIA FLANGE)
VSWR	≤ 1,35
POLARIZATION	VERTICAL or (HORIZONTAL)
GAIN	7,5dB (REFERRED TO HALF-WAVE DIPOLE)
H PLANE	57°
V PLANE	73°
LIGHTNING PROTECTION	ALL METAL PARTS ARE DC GROUNDED
MAX WIND VELOCITY	225 Km/h
WIND LOAD	140 Kgs.(WITH SPEED AT 150 Km/h)
WIND SURFACE	0,65 sqm.
MATERIALS	
INTERNAL PARTS	SILVER-PLATED BRASS AND PTFE
EXTERNAL PARTS	REFER TO APPENDIX A
MOUNTING	FROM 60 TO 120 mmxØ
WEIGHT	53Kg
DIMENSIONS	2500x1700x770 mm.
PACKING	1400x1800x800 mm.

APL 5 - DOUBLE DIPOLE PANEL						
BAYS n.rs	DIPOLE PER BAYS	DB GAIN	POWER GAIN	ANTENNA APERTURE	WEIGHT Kgs.	WIND LOAD (v=150Km/h)
1	1	7,5	5,6	2 m.x.s	53	140
2	1	10,5	11,20	4,7 m.x.s	106	280
4	1	13,5	22,3	10,1 m.x.s	212	560
6	1	15,2	32,1	15,5 m.x.s	318	840
8	1	16,5	44,6	20,9 m.x.s	424	1184



ANEXO C:**Canales y frecuencias portadoras de la banda de radiodifusión sonora en ONDA MEDIA (AM).**

Frecuencia (KHz)	Canal
540	1
550	2
560	3
570	4
580	5
590	6
600	7
610	8
620	9
630	10
640	11
650	12
660	13
670	14
680	15
690	16
700	17
710	18
720	19
730	20
740	21
750	22
760	23
770	24
780	25
790	26
800	27
810	28
820	29
830	30
840	31
850	32
860	33
870	34
880	35
890	36
900	37
910	38
920	39
930	40

940	41
950	42
960	43
970	44
980	45
990	46
1,000	47
1,010	48
1,020	49
1,030	50
1,040	51
1,050	52
1,060	53
1,070	54
1,080	55
1,090	56
1,100	57
1,110	58
1,120	59
1,130	60
1,140	61
1,150	62
1,160	63
1,170	64
1,180	65
1,190	66
1,200	67
1,210	68
1,220	69
1,230	70
1,240	71
1,250	72
1,260	73
1,270	74
1,280	75
1,290	76
1,300	77
1,310	78
1,320	79
1,330	80
1,340	81
1,350	82
1,360	83
1,370	84
1,380	85
1,390	86

1,400	87
1,410	88
1,420	89
1,430	90
1,440	91
1,450	92
1,460	93
1,470	94
1,480	95
1,490	96
1,500	97
1,510	98
1,520	99
1,530	100
1,540	101
1,550	102
1,560	103
1,570	104
1,580	105
1,590	106
1,600	107
1,610	108

ANEXO D:

Perfil de Proyecto Técnico exigido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la solicitud de instalación de una estación en AM.

DIRECCION GENERAL DE AUTORIZACIONES EN
TELECOMUNICACIONES

USO MESA DE PARTES

PERFIL DE PROYECTO TECNICO
SERVICIO DE RADIODIFUSION

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

Miguel Angel BRAVO MIRANDA

II. SOLICITA AUTORIZACION PARA ESTACION DE RADIODIFUSION EN:

SONORA ONDA MEDIA (OM)

UBICACIÓN DE LA ESTACION

La planta deberá ubicarse fuera del perímetro urbano, teniendo en cuenta la definición de perímetro urbano aprobado por RM N° 411-2005-MTC/03 y de las zonas de restricción indicadas en el artículo 84° del Reglamento de la Ley de Radio y Televisión (D.S. 005-2005-MTC).

ESTUDIOS

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
San Sebastian	Cusco	Cusco

DIRECCION

Prolongación Av. De la Cultura N° 1505

Coordenadas Geográficas en WGS84:

L.O.: **71° 56' 01"** L.S.: **13° 31' 45"**

PLANTA

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Cusco	Cusco	Cusco

DIRECCION

Cima del cerro Picchu

Coordenadas Geográficas en WGS84:

L.O.: **72° 00' 00"** L.S.: **13° 30' 39.24"**

RADIODIFUSION SONORA EN ONDA MEDIA:

Adjuntar cálculo de propagación de la onda terrestre para intensidades de campo mínimas utilizables de 500 $\mu\text{V/m}$ y 1,250 $\mu\text{V/m}$ respectivamente.

Enlace Estudio – Planta:

Radioeléctrico

TIPO DEL SISTEMA IRRADIANTE PROYECTADO

El sistema irradiante será del tipo MONOPOLO VERTICAL aislado de su base, compuesta por tramos de torre metálica triangular equilátera de 40 cm de lado y sujeta por vientos de cable de acero de 3/8" de diámetro unidos a dos grupos de tres anclajes cada uno. El primero de los anclajes situados a 25 m de la base con separación entre si de 120° ; mientras que el segundo grupo a 40 m de la base. Los vientos serán seccionados 1/3 de su longitud con aisladores tipo nuez para evitar acoplamiento de la RF. El sistema de plano de tierra empleará 60 radiales de una longitud de 0.15λ colocados cada 6° . Se utilizará un balizaje tipo continuo que se fijará en la punta de la torre mientras que en la parte más baja de la misma se utilizarán chisperos tipo bola como pararrayos.

ALTURA DE LA ANTENA

1/2 de longitud de onda

1/4 de longitud de onda

RESULTADOS

E ($\mu\text{V/m}$) E (dBu)

1,250 62

DISTANCIA EN Km

42

Parámetros:

Potencia del
transmisor

5

KW

Frecuencia

1,130

KHz

Conductividad
en mS/m

10

PROYECTO DEL PERFIL TÉCNICO ELABORADO POR:

ANEXO E:

Canales y frecuencias portadoras de la banda de radiodifusión sonora en FRECUENCIA MODULADA (FM).

Frecuencia (MHz)	Canal
88.1	201
88.3	202
88.5	203
88.7	204
88.9	205
89.1	206
89.3	207
89.5	208
89.7	209
89.9	210
90.1	211
90.3	212
90.5	213
90.7	214
90.9	215
91.1	216
91.3	217
91.5	218
91.7	219
91.9	220
92.1	221
92.3	222
92.5	223
92.7	224
92.9	225
93.1	226
93.3	227
93.5	228
93.7	229
93.9	230
94.1	231
94.3	232
94.5	233
94.7	234
94.9	235
95.1	236
95.3	237
95.5	238
95.7	239
95.9	240

96.1	241
96.3	242
96.5	243
96.7	244
96.9	245
97.1	246
97.3	247
97.5	248
97.7	249
97.9	250
98.1	251
98.3	252
98.5	253
98.7	254
98.9	255
99.1	256
99.3	257
99.5	258
99.7	259
99.9	260
100.1	261
100.3	262
100.5	263
100.7	264
100.9	265
101.1	266
101.3	267
101.5	268
101.7	269
101.9	270
102.1	271
102.3	272
102.5	273
102.7	274
102.9	275
103.1	276
103.3	277
103.5	278
103.7	279
103.9	280
104.1	281
104.3	282
104.5	283
104.7	284
104.9	285
105.1	286

105.3	287
105.5	288
105.7	289
105.9	290
106.1	291
106.3	292
106.5	293
106.7	294
106.9	295
107.1	296
107.3	297
107.5	298
107.7	299
107.9	300

ANEXO F:

Tabla que permite calcular el nivel medio del terreno (h_n) de una planta transmisora de una estación radiodifusora.

Distancia (km)	Azimuth (φ)							
	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
3	3600	3530	3620	3530	3540	3600	3560	3580
3,5	3750	3500	3700	3500	3650	3600	3600	3580
4	3860	3550	3800	3500	3800	3750	3700	3590
4,5	3800	3600	4050	3500	3750	3650	3850	3590
5	3800	3800	3900	3500	3900	3650	3650	3600
5,5	3900	3900	3700	3450	3800	3800	3600	3600
6	3950	4100	3700	3450	3850	3900	3600	3600
6,5	4000	4250	3700	3450	4000	4000	3600	3600
7	4000	4400	3850	3450	4200	3950	3750	3600
7,5	4000	4350	3900	3450	4150	4000	4000	3640
8	7050	4200	3900	3450	4200	4050	4100	3700
8,5	4100	4300	3900	3550	4300	4050	4200	3750
9	4150	4350	4100	3500	4100	4200	4400	3900
9,5	4200	4350	4150	3500	3950	4050	4400	3950
10	4400	4300	4250	3450	3750	4100	4400	3950
10,5	4350	4200	4250	3550	3850	4200	4500	3950
11	4250	4100	4350	3550	3950	4200	4450	3950
11,5	4400	4950	4200	3550	4100	4200	4390	3800
12	4400	4100	4000	3450	4200	4250	4440	4000
12,5	4350	4250	4050	3500	4380	4300	4390	3950
13	4300	4150	4100	3650	4450	4200	4340	3800
13,5	4150	4010	4300	3550	4350	4200	4350	3850
14	4150	4050	4500	3500	4200	4150	4450	3950
14,5	4150	4200	4450	3600	4080	4050	4390	3950
15	4100	4250	4300	3550	3990	4050	4350	3900
15,5	4100	4450	4250	3600	4000	4000	4350	3850
16	4100	4500	4050	3600	3990	4000	4300	3850
Promedio parcial	4199	4137	4570	3514	4018	4006	4115	3779
Promedio Total (h_n) en msnm					4042,08			

ANEXO G:**Canalización de los 24 departamentos del país para la banda de radiodifusión en frecuencia modulada**

Departamento	Resolución de Canalización	Resolución Modificatoria
Amazonas	RVM 078-2004-MTC/03*	RVM 070-2009-MTC/03 RVM 203-2009-MTC/03 RVM 459-2009-MTC/03 RVM 231-2010-MTC/03
Ancash	RVM 092-2004-MTC/03*	RVM 478-2006-MTC/03 RVM 137-2009-MTC/03 RVM 458-2009-MTC/03 RVM 178-2010-MTC/03
Apurímac	RVM 091-2004-MTC/03	RVM 886-2007-MTC/03 RVM 064-2008-MTC/03 RVM 163-2008-MTC/03 RVM 164-2009-MTC/03
Arequipa	RVM 106-2004-MTC/03	RVM 246-2006-MTC/03 RVM 164-2008-MTC/03 RVM 746-2008-MTC/03 RVM 144-2009-MTC/03 RVM 235-2010-MTC/03
Ayacucho	RVM 086-2004-MTC/03	RVM 069-2009-MTC/03 RVM 457-2009-MTC/03
Cajamarca	RVM 101-2004-MTC/03	RVM 486-2006-MTC/03
Cusco	RVM 108-2004-MTC/03	RVM 604-2007-MTC/03 RVM 020-2008-MTC/03 RVM 368-2009-MTC/03
Huánuco	RVM 096-2004-MTC/03	RVM 145-2009-MTC/03
Huancavelica	RVM 079-2004-MTC/03	RVM 040-2006-MTC/03 RVM 746-2008-MTC/03
Ica	RVM 082-2004-MTC/03	RVM 147-2009-MTC/03
Junín	RVM 109-2004-MTC/03	RVM 189-2009-MTC/03 RVM 440-2009-MTC/03 RVM 215-2010-MTC/03
La Libertad	RVM 098-2004-MTC/03	RVM 070-2006-MTC/03 RVM 421-2007-MTC/03
Lambayeque	RVM 350-2005-MTC/03	RVM165-2008-MTC/03 RVM157-2009-MTC/03
Lima	RVM 251-2004-MTC/03	RVM 234-2010-MTC/03 RVM 485-2005-MTC/03 RVM 509-2006-MTC/03 RVM 746-2008-MTC/03 RVM 166-2009-MTC/03 RVM 460-2009-MTC/03
Loreto	RVM 107-2004-MTC/03	RVM 1086-2007-MTC/03
Madre de Dios	RVM 095-2004-MTC/03	RVM 490-2007-MTC/03
Moquegua	RVM 083-2004-MTC/03	RVM 264-2009-MTC/03
Pasco	RVM 093-2004-MTC/03	RVM 800-2007-MTC/03 RVM 139-2009-MTC/03 RVM 435-2009-MTC/03
Piura	RVM 116-2004-MTC/03	RVM 1085-2007-MTC/03 RVM 204-2009-MTC/03 RVM 032-2010-MTC/03

Puno	RVM 080-2004-MTC/03	RVM 765-2007-MTC/03 RVM 877-2007-MTC/03 RVM 071-2009-MTC/03
San Martín	RVM 120-2004-MTC/03	RVM 878-2007-MTC/03
Tacna	RVM 084-2004-MTC/03	RVM 233-2010-MTC/03 RVM 084-2008-MTC/03 RVM 120-2009-MTC/03
Tumbes	RVM 085-2004-MTC/03	RVM 219-2010-MTC/03
Ucayali	RVM 081-2004-MTC/03	RVM 484-2005-MTC/03 RVM 142-2009-MTC/03

ANEXO H:

Extracto de la resolución de canalización para la localidad de Chulucanas en el departamento de Piura.

Localidad: CHULUCANAS**Plan de Canalización y Plan de Asignación de Frecuencias****Canales Frecuencia (MHz)**

202	88.3
206	89.1
210	89.9
213	90.5
216	91.1
220	91.9
223	92.5
227	93.3
231	94.1
234	94.7
237	95.3
240	95.9
245	96.9
249	97.7
252	98.3
256	99.1
260	99.9
264	100.7
268	101.5
271	102.1
275	102.9
278	103.5
281	104.1
284	104.7
287	105.3
291	106.1
295	106.9
299	107.7

Total de canales: 28

La máxima potencia efectiva radiada (ERP) en la dirección de máxima ganancia de antena a ser autorizada en esta localidad será: **1 KW**

ANEXO I:

Extracto de la resolución de canalización para la localidad de Sicuani - Tinta en el departamento de Cusco.

Localidad: **SICUANI –TINTA**

Plan de Canalización Plan de Asignación de Frecuencias

Canales Frecuencia (MHz)

203	88.5
206	89.1
210	89.9
213	90.5
217	91.3
220	91.9
224	92.7
227	93.3
231	94.1
234	94.7
238	95.5
241	96.1
245	96.9
249	97.7
252	98.3
256	99.1
259	99.7
262	100.3
266	101.1
270	101.9
274	102.7
277	103.3
281	104.1
285	104.9
289	105.7
292	106.3
295	106.9
299	107.7

Total de canales : **28**

La máxima potencia efectiva radiada (ERP) en la dirección de máxima ganancia de antena a ser autorizada en esta localidad será: **1 KW**

ANEXO J:

Perfil de Proyecto Técnico exigido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la solicitud de instalación de una estación en FM.

DIRECCION GENERAL DE AUTORIZACIONES EN
TELECOMUNICACIONES

USO MESA DE PARTES

**PERFIL DEL PROYECTO TECNICO
SERVICIO DE RADIODIFUSION**

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

Miguel Ángel BAVO MIRANDA

II. SOLICITA AUTORIZACION PARA ESTACION DE RADIODIFUSION EN:

FRECUENCIA MODULADA (FM)

UBICACIÓN DE LA ESTACION

La planta deberá ubicarse fuera del perímetro urbano, teniendo en cuenta la definición de perímetro urbano aprobado por RM N° 411-2005-MTC/03 y de las zonas de restricción indicadas en el artículo 84° del Reglamento de la Ley de Radio y Televisión (D.S. 005-2005-MTC).

ESTUDIOS

PLANTA

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Sicuani	Canchis	Cusco

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Sicuani	Canchis	Cusco

DIRECCION

Av. Arequipa N° 219

DIRECCION

Cima del Cerro Uraypampa (Lecchemocco)

Coordenadas Geográficas en WGS84:

LS.: **71° 13' 46"** **14° 16' 36"**

Coordenadas Geográficas en WGS84:

LO.: **71° 14' 32"** LS.: **14° 15' 27"**

RADIODIFUSION SONORA EN FRECUENCIA MODULADA:

Adjuntar cálculo de propagación indicando el alcance en km., para el nivel de intensidad de campo que corresponda.

Enlace Estudio – Planta: Radioeléctrico

Cálculo de la Zona de Cobertura:

<i>Potencia RMS del Transmisor (w)</i>	1000	<i>Cota (hc) de la Planta Tx. (m)</i>	3,945
<i>Frecuencia (MHz)</i>	93.3	<i>Altura de torre (m)</i>	30
<i>Altura efectiva de antena (hef) (m)</i>	30	<i>Altura del centro de radiación (m)</i>	28
<i>Nivel medio del terreno (hn) (m)</i>	4042	<i>Altura de la antena receptora (m)</i>	10

1.5 dB (Ciudades Medianas y/o áreas rurales)

FACTOR DE RUIDO:

2.5 dB (Grandes Ciudades)

35-log(d)

(Ciudades Medianas y/o áreas rurales)

FACTOR DE CIUDAD:

40-log(d) (Grandes Ciudades)

Tipo de Sistema Irradiante Proyectoado:

El sistema irradiante constará de 2 ANTENAS de polarización circular marca CTE International modelo PLC 5 colocadas a lo largo de una línea vertical; el sistema irradiante estará fijada a partir de 2 m. de la parte superior de una torre metálica de 28 m. de altura sobre el nivel del piso. Dicha torre tendrá vientos a 120° los cuales serán anclados a 12 m. de la base de la torre. En la parte superior de la torre se instalará un pararrayos pasivo tetrapuntal el cual estará unido a una puesta a tierra de 5 Ω , como máximo, a través de un cable de cobre desnudo de 25 mm² de sección, aislada este último de la torre con aisladores tipo carrete.

Patrón de Radiación Direccional Omnidireccional

Polarización Vertical Horizontal Circular

Patrón Horizontal Omnidireccional

Número de elementos (bays)	2
Potencia (W)	1000
Ganancia (dB)	1.48
Pérdidas (Conectores, cables y distribuidor) (dB)	1.56
Potencia efectiva radiada (e.r.p.) (w)	981.42
Alcance a 66 dB _{μV/m} , en Km (FM Banda II)	8.517

PROYECTO DEL PERFIL TÉCNICO ELABORADO POR:

ANEXO K:

Canales y frecuencias portadoras de la banda de radiodifusión por televisión en VHF.

CANAL	BANDA (MHz)	P_V (MHz)	P_A (MHz)
2	54- 60	55.25	59.75
3	60 – 66	61.25	65.75
4	66 – 72	67.25	71.75
5	76 – 82	77.25	81.75
6	82 – 88	83.25	87.75
7	174 – 180	175.25	179.75
8	180 – 186	181.25	185.75
9	186 – 192	187.25	191.75
10	192 – 198	193.25	197.75
11	198 – 204	199.25	204.75
12	204 - 210	205.25	209.75
13	210 – 216	211.25	215.75

ANEXO L:**Canalización de los 24 departamentos del país para la banda de radiodifusión por televisión en VHF**

Departamento	Resolución de Canalización	Resolución Modificatoria
Madre de Dios	RVM 269-2004-MTC/03	RVM 923-2007-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Loreto	RVM 270-2004-MTC/03	RVM 518-2007-MTC/03 RVM 472-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03 RVM 335-2011-MTC/03
Pasco	RVM 271-2004-MTC/03	RVM 146-2009-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Ica	RVM 272-2004-MTC/03	RVM 277-2009-MTC/03
Ayacucho	RVM 273-2004-MTC/03	RVM 134-2009-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Huánuco	RVM 329-2005-MTC/03	RVM 140-2009-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Lima	RVM 330-2005-MTC/03	RVM 525-2007-MTC/03 RVM 122-2009-MTC/03 RVM 028-2011-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Ancash	RVM 331-2005-MTC/03	RVM 422-2007-MTC/03 RVM 081-2009-MTC/03 RVM 185-2009-MTC/03 RVM 369-2009-MTC/03 RVM 151-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Junin	RVM 332-2005-MTC/03	RVM 1006-2007-MTC/03 RVM 085-2008-MTC/03 RVM 232-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Cusco	RVM 333-2005-MTC/03	RVM 796-2007-MTC/03 RVM 134-2009-MTC/03 RVM 380-2009-MTC/03 RVM 056-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Arequipa	RVM 334-2005-MTC/03	RVM 1007-2007-MTC/03 RVM 160-2009-MTC/03
Apurimac	RVM 335-2005-MTC/03	RVM 613-2007-MTC/03 RVM 158-2009-MTC/03
Amazonas	RVM 336-2005-MTC/03	RVM 614-2007-MTC/03 RVM 122-2009-MTC/03 RVM 362-2009-MTC/03 RVM 432-2009-MTC/03
La Libertad	RVM 342-2005-MTC/03	RVM 163-2006-MTC/03 RVM 524-2007-MTC/03 RVM 184-2009-MTC/03

		RVM 221-2011-MTC/03
Lambayeque	RVM 343-2005-MTC/03	
Piura	RVM 344-2005-MTC/03	RVM 035-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Puno	RVM 345-2005-MTC/03	RVM 132-2009-MTC/03 RVM 209-2010-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Ucayali	RVM 362-2005-MTC/03	RVM 885-2007-MTC/03 RVM 175-2008-MTC/03
San Martin	RVM 363-2005-MTC/03	RVM 511-2007-MTC/03 RVM 019-2008-MTC/03 RVM 279-2009-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Huancavelica	RVM 364-2005-MTC/03	RVM 484-2006-MTC/03
Tumbes	RVM 365-2005-MTC/03	RVM 165-2009-MTC/03
Tacna	RVM 366-2005-MTC/03	RVM 781-2007-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Cajamarca	RVM 367-2005-MTC/03	RVM 088-2009-MTC/03 RVM 188-2009-MTC/03 RVM 221-2011-MTC/03
Moquegua	RVM 368-2005-MTC/03	

ANEXO M:

Canales y frecuencias portadoras de la banda de radiodifusión por televisión en UHF.

CANAL	BANDA (MHz)	P_V (MHz)	P_A (MHz)
14	470 - 476	471.25	475.75
15	476 - 482	477.25	481.75
16	482 - 488	483.25	487.75
17	488 - 494	489.25	493.75
18	494 - 500	495.25	499.75
19	500 - 506	501.25	505.75
20	506 - 512	507.25	511.75
21	512 - 518	513.25	517.75
22	518 - 524	519.25	523.75
23	524 - 530	525.25	529.75
24	530 - 536	531.25	535.75
25	536 - 542	537.25	541.75
26	542 - 548	543.25	543.75
27	548 - 554	549.25	553.75
28	554 - 560	555.25	559.75
29	560 - 566	561.25	565.75
30	566 - 572	567.25	571.75
31	572 - 578	573.25	577.75
32	578 - 584	579.25	583.75
33	584 - 590	585.25	589.75
34	590 - 596	591.25	595.75
35	596 - 602	597.25	601.75
36	602 - 608	603.25	607.75
37	608 - 614	609.25	613.75
38	614 - 620	615.25	619.75
39	620 - 626	621.25	625.75
40	626 - 632	627.25	631.75
41	632 - 638	633.25	637.75
42	638 - 644	639.25	645.75
43	644 - 650	645.25	649.75
44	650 - 656	651.25	655.75
45	656 - 662	663.25	661.75
46	662 - 668	663.25	667.75
47	668 - 674	669.25	673.75
48	674 - 680	675.25	679.75
49	680 - 686	681.25	685.75
50	686 - 692	687.25	691.75
51	692 - 698	693.25	697.75
52	698 - 704	699.25	703.75
53	704 - 710	705.25	709.75

54	710 – 716	711.25	715.75
55	716 – 722	717.25	721.75
56	722 – 728	723.25	727.75
57	728 – 734	729.25	733.75
58	734 – 740	735.25	739.75
59	740 – 746	741.25	745.75

ANEXO N:**Canalización de los 24 departamentos del país para la banda de radiodifusión por televisión en UHF**

Departamento	Resolución de Canalización	Resolución Modificatoria
Ancash	RVM 204-2004-MTC/03	
Amazonas	RVM 205-2004-MTC/03	
Apurímac	RVM 207-2004-MTC/03	
Arequipa	RVM 208-2004-MTC/03	RVM 0285-2011-MTC/03
Ayacucho	RVM 206-2004-MTC/03	
Cajamarca	RVM 209-2004-MTC/03	
Cusco	RVM 178-2004-MTC/03	RVM 1037-2011-MTC/03
Huancavelica	RVM 177-2004-MTC/03	
Huánuco	RVM 176-2004-MTC/03	
Ica	RVM 175-2004-MTC/03	
Junín	RVM 174-2004-MTC/03	RVM 0189-2011-MTC/03
La Libertad	RVM 173-2004-MTC/03	RVM 0271-2011-MTC/03
Lambayeque	RVM 184-2004-MTC/03	RVM 0051-2011-MTC/03
Lima	RVM 182-2004-MTC/03	RVM 265-2010-MTC/03 RVM 482-2010-MTC/03 RVM 183-2011-MTC/03
Loreto	RVM 183-2004-MTC/03	
Madre de Dios	RVM 185-2004-MTC/03	
Moquegua	RVM 186-2004-MTC/03	
Pasco	RVM 239-2004-MTC/03	
Piura	RVM 172-2004-MTC/03	RVM 0270-2011-MTC/03
Puno	RVM 187-2004-MTC/03	
San Martín	RVM 201-2004-MTC/03	
Tacna	RVM 202-2004-MTC/03	RVM 120-2009-MTC/03
Tumbes	RVM 203-2004-MTC/03	
Ucayali	RVM 210-2004-MTC/03	RVM 173-2008-MTC/03

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFIA

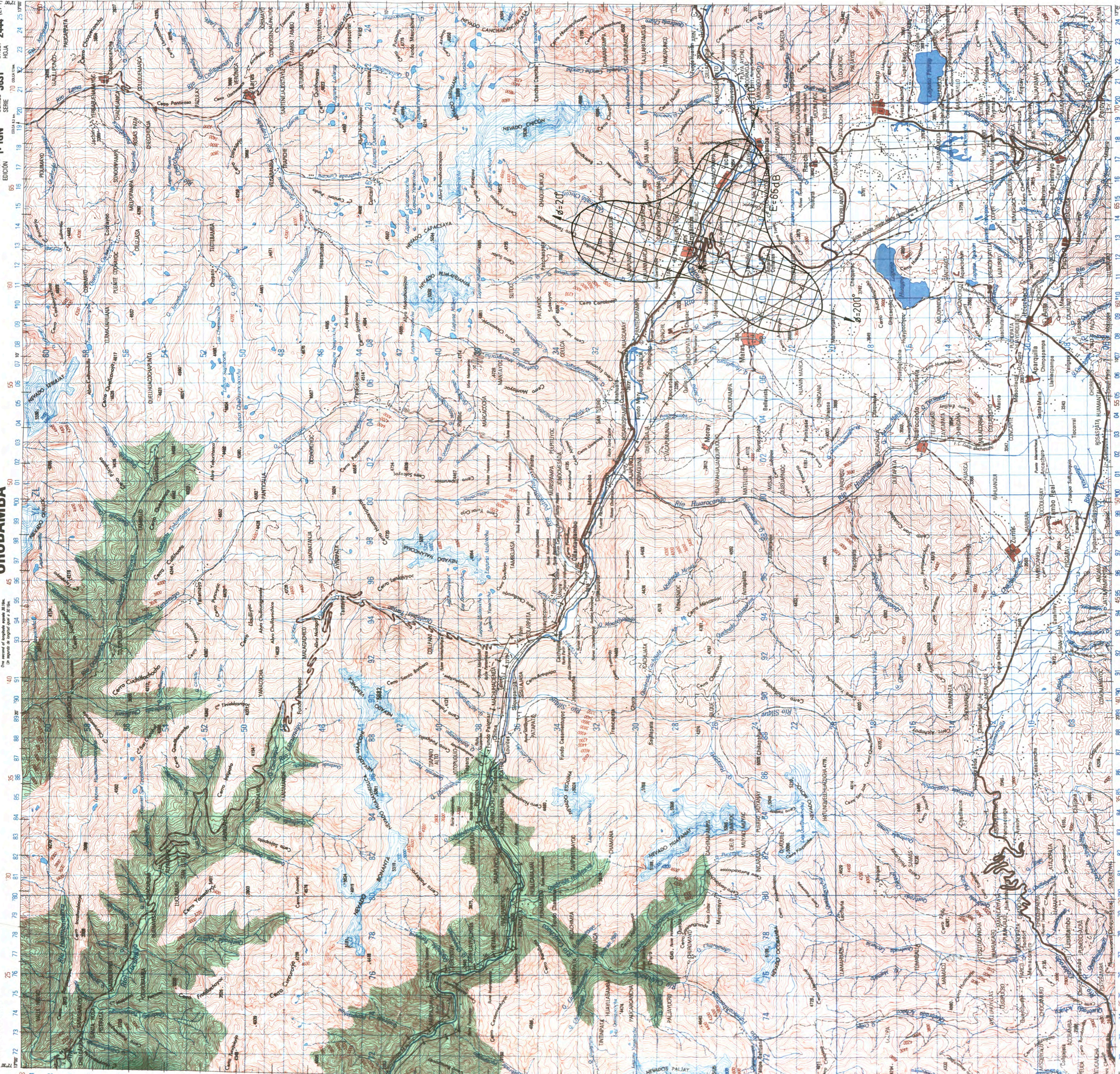
1. FREEMAN, Roger. **Ingeniería de sistemas de telecomunicaciones**. México, Edit. Alfaomega, 2da. Edición, 1992, 125 pp.
2. REITZ, Jhon – MILFORD, Frederick. **Foundations of electromagnetic theory**. New York – USA, Edit. Addison-Wesley, 2da. Edición, 1967, 435 pp.
3. JOHNSON, Walter. **Transmission lines and networks**. New York – USA, Edit. McGraw Hill, 4ta. Edición, 1950, 361 pp.
4. Unión Internacional de Telecomunicaciones. **Seminario sobre la planificación de sistemas de radiodifusión**. Sao Paulo, 11-22 de Junio de 1,973, II parte. Pag: 337 – 777
5. STRAUSS, Egon. **Equipos de audio modernos**. México, Edit. Televisa (Revista Saber Electrónica), 1ra. Edición, 1999, 128 pp.
6. URIARTE MORA, Felipe. **Técnicas para estudiar** (Metodología del trabajo intelectual). Lima – Perú, Edit. Librería Studium, 5ta. Edición, 1986, 190 pp.
7. Biblioteca básica de Electrónica, Tomo 31. **Antenas emisoras y receptoras**. Chile, Edit. Nueva lente ediciones S. A., 1987, 143 pp.
8. GARCIA DOMINGUEZ, Armando. **Cálculo de antenas**. México, Edit. Alfa y Omega, 2da. Edición, 1,991, 125 pp.
9. Belotserkovski. **Fundamentos de antenas**. Barcelona-España, Edit. Marcombo, 10ma edición, 1977, 375 pp.
10. **Oxford Advanced learner's dictionary**. New York – USA, Edit. Oxford University Press, 6ta. Edición, 2,000, 1,540 pp.
11. GARCIA MARQUEZ, Rogelio. **La puesta a tierra en instalaciones eléctricas**. Bogotá – Colombia, Edit. Alfaomega grupo edirtor, 1ra. Edición, 2001, 155 pp.
12. LATHI, B. P. **Sistemas de comunicación**. México, Edit Interamericana, 1ra. Edición, 1986, 703 pp.

HEMEROGRAFIA

1. **Radio World.** Imas Publishing Group. USA, edición mensual.
2. **TV Technology.** New Bay Media. USA, edición bimensual
3. **Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Resolución Ministerial N° 358-2003-MTC/03. Publicado en el diario El Peruano el 16 de Mayo del 2,003.
4. **Plan Nacional de Atribución de Frecuencias.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Resolución Ministerial N° 250-97-MTC/15.19. Publicado en el diario El Peruano el 30 de Junio de 1,997.
5. **Reglamento de la Ley de Radio y Televisión.** Decreto supremo N° 05-2005-MTC. Publicado en el diario El Peruano el 15 de Febrero del 2,005.

WEBGRAFIA

1. Página Web del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Disponible en <http://www.mtc.gob.pe> .Consultado el 8 de Septiembre del 2,009.
2. Sitio en el Internet de ZaraStudio “Automatización de Radio”. Disponible en <http://www.zarastudio.es> .Consultado el 8 de Noviembre del 2,009.
3. Ministerio de Educación del gobierno de España. Serie MEDIA. Disponible en <http://recursos.cnice.mec.es/media/television/bloque5/pag1.htm> .Consultado el 15 de Diciembre del 2,009.
4. Sitio en el Internet de la empresa española de telecomunicaciones OMB. Disponible en <http://www.omb.com> . Consultado el 12 de Mayo del 2,010.
5. Enciclopedia libre **WIKIPEDIA.** Disponible en <http://www.wikipedia.org> . Consultado el 13 de Mayo del 2,010
6. Sitio Web sobre electrónica. Disponible en <http://www.davidbayon.net>. Consultado el 18 de Mayo del 2,010
7. Sitio en el Internet del diario oficial EL PERUANO, disponible en <http://www.elperuano.com.pe>. Consultado el 4 de Junio del 2,010



Prepared by the Instituto Geográfico Nacional (IGN), Lima, Peru. / Preparado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), Lima, Perú.

NOTAS / NOTES: POPULATED AREAS AND POLITICAL STATUS ARE SHOWN IN BLUE. AREAS OF HIGH ALTITUDE ARE CLASSIFIED AS 'SIERRA' OR 'NEVADO'.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for roads, rivers, railways, and other features. Includes a scale bar and north arrow.

NOTAS / NOTES: THE MAP IS A LINE ON THE MAP IS CONSIDERED TO BE AT LEAST 7.5 METERS WIDE.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for various geographical features and infrastructure.

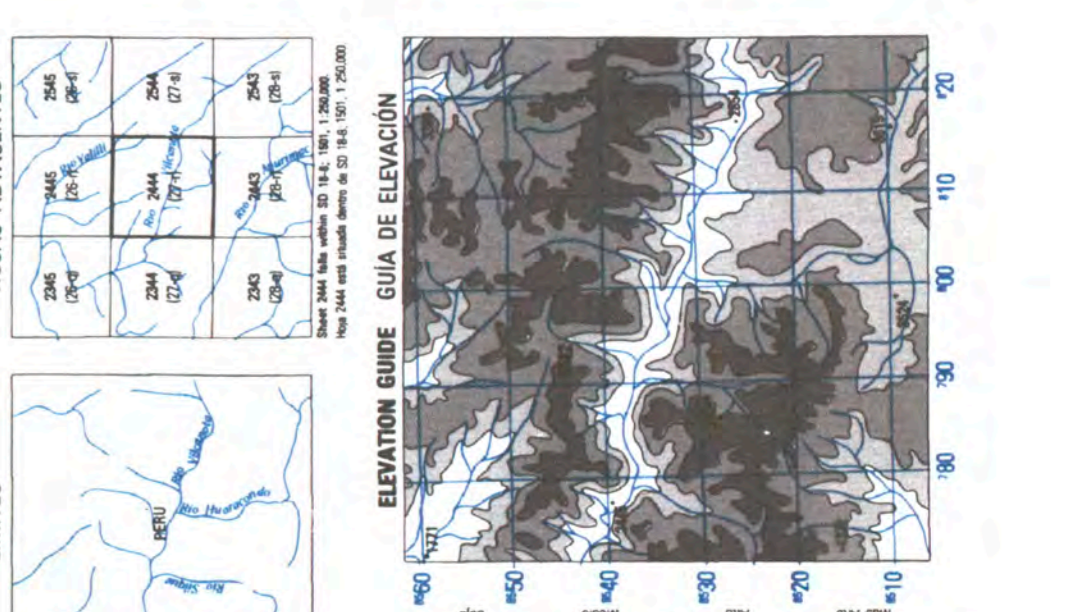
NOTAS / NOTES: THIS MAP IS RED-LIGHT READABLE. / ESTE MAPA ES LEGIBLE A LA LUZ ROJA.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for elevation contours and other features.

NOTAS / NOTES: ELEVATIONS IN METERS. / ELEVACIONES EN METROS.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for contour lines and other features.

NOTAS / NOTES: ELEVATIONS IN METERS. / ELEVACIONES EN METROS.



ADJOINING SHEETS / HOJAS ADYACENTES: Grid of adjacent map sheets.

ELEVATIONS IN METERS / ELEVACIONES EN METROS: Scale and contour interval information.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for contour lines and other features.

NOTAS / NOTES: ELEVATIONS IN METERS. / ELEVACIONES EN METROS.

LEGENDA / LEGEND: Symbols for contour lines and other features.

NOTAS / NOTES: ELEVATIONS IN METERS. / ELEVACIONES EN METROS.



IGM 1631
PRIMERA EDICION
 LEVANTADO POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR LIMA-PERU, A PARTIR DE FOTOGRAFIAS AERIAS, EN UN SISTEMA COORDENADO VERTICAL POR EL IGM EN COORDINACION CON EL IAGS
 CLASIFICACION DE CAMPO EN 1970 Y EN ESCALA DE COMPLICACION 1:25,000

SIGNOS CONVENCIONALES
 En esta mapa se consideran como: **LINEAS DE 3 METROS**, los muros, escaleras, estribos y otras construcciones que se elevan por encima de la superficie del terreno.
 El trazado de las carreteras se representa en el campo por el tipo de pavimento que poseen en su estado de conservación.

	Caminos
	Calle de adoquinado, Calle de tierra, Calle de adoquinado y tierra, Calle de tierra y adoquinado, Calle de adoquinado y tierra, Calle de adoquinado y tierra
	Pavimento
	Fierrocarriles
	Línea telefónica
	Línea eléctrica
	Línea de fuerza eléctrica
	Fuerza eléctrica
	Cerro
	Montaña
	Cumbre
	Fuente
	Banco de arena
	Banco de lodo
	Banco de grava
	Banco de guijeros
	Banco de pedregales
	Banco de piedras
	Banco de cascadas
	Banco de cascadas
	Banco de cascadas

PROYECCION: TRANSVERSAL MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: PROVISIONAL LA CAJON 1986 (VENUEZUELA)
DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR (MBARECADO)
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM CADA 4 KILOMETROS, ZONA 19
EXTENSIÓN: INTERNACIONAL

LOS TIRADOS Y NÚMEROS DE SEPA EN LA LINEA MARGINAL CORRESPONDEN A LA CUADRÍCULA UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR ZONA 19. LOS TIRADOS Y NÚMEROS DE SEPA EN EL BASTIDOR SON PARA SU IDENTIFICACIÓN Y SE ENCUENTRAN EN EL BASTIDOR DE LA HOJA ADYACENTE.

AREA LEVANTADA: 2.996,27 Km²

ABREVIATURAS

A	Asentado	C	Cerro
Az	Azufrado	Ca	Cabaña
B	Banco	Ch	Chaca
Ba	Banco de arena	Co	Coba
Bd	Banco de lodo	Cp	Cerro
Bg	Banco de grava	Ep	Estación
Bp	Banco de guijeros	Et	Estación
Bpe	Banco de pedregales	Ep	Estación
Bpd	Banco de piedras	Ep	Estación
Bpc	Banco de cascadas	Ep	Estación
Bca	Banco de cascadas	Ep	Estación
Bca	Banco de cascadas	Ep	Estación

Patrón de radiación de 3 frentes desiguales de una estación de TV-VHF

Tesisista

Félix Elard CASTILLO HERRERA

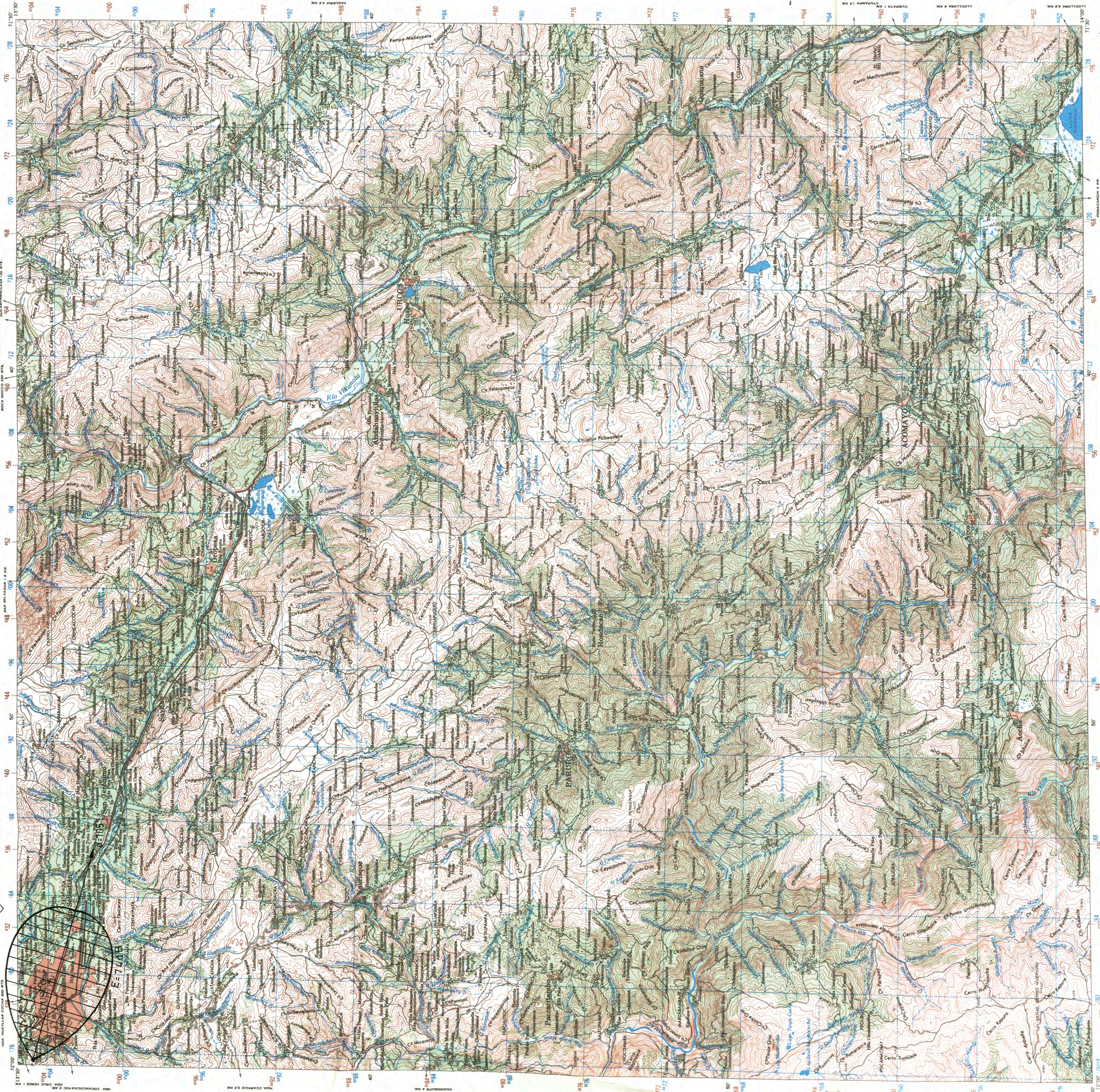
HOJAS ADYACENTES

Ara	271	271
Ch	274	274
Cob	281	281
Co	281	281
Uta	284	284

REIMPRESO EN EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL LIMA-PERU 2001

ESCALA: 1:100 000

3 Kilómetros



ICM 1631

PRIMERA EDICION

LEVANTADO POR EL INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL LIMA-PERU, 1973, POR METODOS ESTEREOFOTOMETRICOS (A-B, B-B) DE FOTOGRAFIAS AERIAS TOMADAS EN 1962-63 CONTROL, HORIZONTAL Y VERTICAL, POR EL IGM EN COLABORACION CON EL IIMS CLASIFICACION DE CAMPO EN 1970-71 ESCALA DE COMPLICACION 1:25.000

SIGNOS CONVENCIONALES

La esta mapa se completa con una vez lea y un arco minimo de 3 metros.
El linea negro represente zonas señaladas en las cajas solo en muestre ediciones impresas

	Capital de departamento
	Capital de provincia
	Capital de distrito
	Poblado
	Acantilado, barranco, escarpado
	Depresión
	Pico, Frente, Jaguar
	Acueducto Superficial, elevado
	Zona inundada, Duna, arena seca
	Bosque ralo, Bosque espeso
	Terreno cultivado, Arrozal
	Calle, de Acción, Tabera
	No solo una parte del alto
	Sombra de fondo plano y oneroso
	Laguna, Laguna seca una parte del alto
	Río importante, Pantano
	Honra de tradición, Honra de tradición
	Riachuelo, arroyo, quebrada
	Funicular, Ferris, teleférico
	Fábrica, Matamoros y curvas sueltas
	Cercos (madera o bambú)
	Señal prohibida, P-10 (Derecho, Prohibido)
	Calle Comunalizada Fotogramétrica
	Marca de calle sin

ICA

CHOTA

CHOTA

Provincia

Districto



Escala 1:100 000

EQUIDISTANCIA 50 METROS CON CURVAS SUPLEMENTARIAS CADA 25 METROS

PROYECCION: TRANSVERSAL MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: PROVISIONAL LA CAJADA 1966 (VENEZUELA)
DATUM VERTICAL: NIVEL MEDIO DEL MAR (MEDIOCENAL)
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM CADA 4 KILOMETROS. ZONA 19
ESFEROIDE INTERNACIONAL

LOS TRAMOS Y NUMEROS EN SEÑAS EN LA LINEA MARGINAL CORRESPONDEN A LA CUADRICULA UNIVERSAL TRANSVERSAL MERCATOR ZONA 19

LOS TRAMOS Y NUMEROS DE LAS CURVAS EN ESTO CADA 25 METROS SEÑALADOS EN LA TABLA, SE REFIEREN AL SISTEMA COORDINADO UNIVERSAL CADA 4 KILOMETROS. A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO EN EL TITULO

AREA LEVANTADA 2.995,27 Km²

Patrón de radiación de un frente
de una estación TV-UHF

Tesisista

Félix Elard CASTILLO HERRERA

HOJAS ADYACENTES

Mis	27	28	29
Norte	27	28	29
Oeste	28	29	30
Este	28	29	30
Sureste	29	30	31

PARA CONVERTIR UN AZIMUT MAGNETICO AL ANGULO ACIMUTARIO UTILIZAR EL ANGULO ACIMUTARIO. **EXEMPLE**

PARA CONVERTIR UN AZIMUT MAGNETICO AL ANGULO ACIMUTARIO UTILIZAR EL ANGULO ACIMUTARIO. **EXEMPLE**

PARA CONVERTIR UN AZIMUT MAGNETICO AL ANGULO ACIMUTARIO UTILIZAR EL ANGULO ACIMUTARIO. **EXEMPLE**

ABREVIATURAS

Acueducto	Agua	Alto	Arroyo	Bosque
Canal de irrigación	Carretera	Cerro	Cerro nevado	Cañón
Estación	Esperanza	Estero	Fuente	Huasi
Granja	Huasi	Lugar	Mina	Nuevo
Parque	Puerto	Quebrada	Quinta	Segundo
Urbanización	Vista	Vista	Vista	Vista