



**Universidad Autónoma
del Estado de Hidalgo**



INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR
UNA RADIODIFUSORA BILINGÜE EN FM PARA EL
PUEBLO DE HABLA NÁHUATL EN EL MUNICIPIO DE
HUEJUTLA DE REYES HIDALGO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO
DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

PRESENTA:

**LILIANA LÓPEZ TONIS
LAURA HERRERA CRUZ**

ASESOR:

ING. MARIANO ARUMIR RIVAS

Pachuca de Soto Hidalgo, México. Noviembre de 2007

Dedico éste pequeño pero importante logro de mi vida, a ti Dios Todopoderoso por ser mi luz y la razón de mi existir, gracias por llenarme de bendiciones, por concederme sabiduría y así terminar por fin este proyecto, por quitar las piedras de mi camino y permitirme regalarles ésta satisfacción a mis padres.

Dedicado a mis queridos padres Rogelio y Lupita, con todo mi amor y gran admiración, gracias por su enorme paciencia, por su fe y confianza, por sus sabios consejos, por sus oraciones y sacrificios, gracias por todo su amor, por existir, y por ser la ilusión de mi vida. Los llevo siempre en el corazón y los amo profundamente.

Dedicado a mi hermano Rogelio, por todas las vivencias que nos hicieron crecer y aprender juntos. A mis seres queridos y a todos mis amigos que los llevo presentes en mi mente. A mi amigo Edisan, por hacerme reconsiderar y darme el valor para cambiar de tema. A mis siempre amigas Prima, Lau, Fa, Tania, Qk, por alentarme con sus palabras, por los momentos que nos hicieron reír y llorar, y por las experiencias que nos enseñaron tanto y fortalecieron nuestra amistad.

A todos ustedes gracias por motivar mis días y llenar mi vida de armonía.

Dedicado también al Ing. Mariano Arumir Rivas, al Ing. Victor Bojorges Castillo, Subdirector de Transmisión de Hidalgo Radio, y al Ing. Juan Manuel Cerezo Ortega, por ser ejemplos de profesionalismo. Gracias por todo su apoyo desinteresado, por su solidaria ayuda, por su valioso tiempo, por su voluntad y disposición para asesorarnos, por sus conocimientos, ideas y aportaciones que hicieron posible la realización de éste proyecto.

*Con cariño,
Lik ♡*

En primer lugar agradezco de todo corazón a Dios por darme la oportunidad de vivir y de concluir una etapa más en mi vida y sobre todo por su bondad y amor.

Agradezco y dedico de todo corazón este proyecto a mis padres Toña y Nacho por haber confiado en mí, haberme apoyado en todos los momentos de mi vida, por darme una carrera para mi futuro se los agradezco infinitamente.

A mis hermanos Vicente, Samuel y Ricardo por el apoyo moral y económico, porque siempre tuvieron la voluntad y la oportunidad de ayudarme y por haber depositado en mi toda su confianza, los extraño y los quiero mucho.

A mis hermanas Leonor, Irma y Elvia por haberme apoyado de todas las maneras que les fue posible porque no sólo son mis hermanas sino también mis amigas, las quiero mucho.

A mis cuñadas Gaby y Miry por haber permitido que mis hermanos me apoyaran y a mis cuñados Lucio, Marco y Adán por su apoyo y confianza.

A mis sobrinos Carlos, Yarely, Maricruz, Jared, Taly, Jacqueline, Margie y Adair por llenar de alegría nuestras vidas.

A mis abuelos Juan, Sofía y Tereso por su confianza y su cariño. Los quiero mucho.

A mis tíos Pedro y Anastasia por haberme dado posada casi cinco años sin recibir nada a cambio, por haberme tratado como una hija más.

A mi prima Itzel por haber compartido conmigo sus ideas e ilusiones porque para mi eres como una hermana más. Te quiero.

A mi amiga Lik porque gracias a su apoyo y entusiasmo se llegó al final de este trabajo por su gran fuerza de voluntad y sobre todo por ser mi amiga.

A mis amigas Lore, Tania, Diana, QK, Faby y a mi amigo kokol por su apoyo incondicional y por todos los momentos que pasamos juntos.

Al Ingeniero Mariano Arumir Rivas por su enseñanza durante la carrera y por encomendarnos un gran tema y de gran importancia y sobre todo por la confianza que nos brindó.

Al Ingeniero Víctor Bojorges Castillo de Radio y Televisión de Hidalgo por su valioso tiempo que nos dedicó para sacar adelante este proyecto y por compartir con nosotras sus conocimientos.

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo y en especial al Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Lauris

OBJETIVO GENERAL

Realizar un proyecto de investigación con el propósito de conocer la viabilidad para implementar una radiodifusora bilingüe en FM con recepción de audio digital vía satélite en una comunidad de habla indígena ubicada en una de las zonas más accidentadas, abruptas e inaccesibles del Estado de Hidalgo como lo es la sierra madre oriental, con el objetivo de establecer un vínculo informativo con el pueblo Náhuatl de Huejutla de Reyes y sus alrededores y al mismo tiempo reiterarles nuestro profundo interés para integrarlos a la sociedad, ya que son parte importante de la cultura hidalguense.

JUSTIFICACIÓN

Es conocido que las áreas donde se concentra la población indígena se encuentran en las zonas más montañosas del país, de más difícil acceso y con deficiencias en los sistemas de comunicación, lo que ha propiciado junto con otros factores que se registren los mayores atrasos económicos y los índices de marginación más altos en el país. Por ésta razón, el estado de Hidalgo debe reiterar la necesidad de modificar su situación a partir de diversos modelos de desarrollo.

Es preciso estudiar nuestras comunidades indígenas, para poder distinguir las carencias o cualidades que presentan cada una de ellas. La propuesta de éste proyecto es sólo un eslabón más, ya que se tratará de mejorar la calidad de vida de uno de los municipios más marginados y con el mayor número de hablantes de lengua Náhuatl en Hidalgo, como lo es, Huejutla de Reyes y algunos municipios aledaños. Mediante un medio de comunicación tan básico como lo es la radio, se podrá fomentar no sólo el uso de su lengua materna, que es el portador de su cultura, sino que se difundirán programas informativos, culturales, de prevención y de entretenimiento en castellano y en Náhuatl, permitiendo de ésta forma impulsar su desarrollo integral y el ejercicio pleno de sus derechos.

En Hidalgo existe ya una radiodifusora indígena como la que se propone, ubicada en el municipio de Cardonal y la cual está consagrada al pueblo Hñahñu. También existen algunas otras radiodifusoras vecinas del SRCI (Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas) pertenecientes a San Luis Potosí o Veracruz, sin embargo, ninguna de ellas satisfacen en su totalidad las expectativas de nuestras comunidades en Huejutla, además hay zonas en las que su señal llega muy débil, con mucha interferencia o definitivamente no llega, debido a los altos relieves de la zona.

De esta forma, una señal de radio en FM pretende no sólo erradicar todas éstas carencias, sino también hacer llegar a cada uno de sus hogares una señal de alta fidelidad. Pero es preciso realizar un estudio para después poder analizar las ventajas y desventajas que conllevarían al implementar este tipo de radiodifusora en una de las zonas más accidentadas del estado de Hidalgo, como lo es la sierra madre oriental, ya que los altos relieves podrían obstaculizar la propagación de la señal modulada en frecuencia.

Introducción

A pesar de que México se ha reconocido como una nación pluricultural, la sociedad nacional en general no conoce cabalmente a sus diversos integrantes que hablan más de 60 lenguas originarias y desconoce las condiciones de vida en que viven.

Las localidades indígenas concentran las mayores expresiones de pobreza que se registran en el país, el 82 % de los municipios indígenas tienen un nivel de marginación alto o muy alto. La mayoría de los habitantes de esas localidades no disponen de los servicios básicos que les permitan tener condiciones de vida satisfactorias y además les provean de las condiciones materiales indispensables para emprender sus propios procesos de desarrollo.

La falta de estos servicios crea una brecha de atención que también se suma a otras barreras, como las étnicas y geográficas, que conducen a las situaciones de exclusión que padece la gran mayoría de los indígenas del país. Este factor merece nuestra atención y debe tomarse en cuenta para la realización de planes y programas de desarrollo en donde en éste sector de la población se difundan campañas diversas en sus lenguas maternas.

Para atender y mejorar la situación de los pueblos y comunidades indígenas, en el 2003 el Poder Legislativo sentó las bases jurídicas para la consolidación de un nuevo modelo institucional para la atención a los indígenas, al aprobar la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas, mediante la cual se creó el Instituto

Nacional de Lenguas Indígenas (INALI) el 13 de marzo y la Ley de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, que entró en vigor el 5 de julio de 2003.

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), Institución del Gobierno Federal, tiene como una de sus prioridades promover y respetar los Derechos de los pueblos indígenas e impulsar su desarrollo integral.

Esta tarea, por sus dimensiones, necesita del concurso de todos los mexicanos. No es únicamente una tarea del gobierno, ni de los pueblos indígenas, sino de todos los integrantes de la nación mexicana.

Uno de estos avances se ve reflejado en la democracia, ya que actualmente la constitución política mandata que se tomen en cuenta a los pueblos indígenas en la división distrital uninominal para las elecciones de diputados federales.

La CDI, para dar cumplimiento a sus propósitos, tiene a su cargo programas, proyectos y acciones institucionales que se vinculan directamente con la línea estratégica “Atender los rezagos sociodemográficos que afectan a los pueblos indígenas”. En ella se destaca el Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas (SRCI), el cual tiene la finalidad de fortalecer los procesos de comunicación de los pueblos indígenas.

Las acciones de comunicación integral benefician a las comunidades y pueblos indígenas, al aportar los medios e instrumentos para la expresión de los contenidos y significados del mundo indígena, en un marco de relaciones de intercambio multicultural.

Actualmente durante los periodos de transmisión de las radiodifusoras culturales y radios experimentales se logran acciones de difusión y promoción institucional, acciones de difusión transversal en temas de salud, educación, equidad de género, prevención y combate a la corrupción, acceso a la procuración de justicia, desarrollo sustentable, entre otros, además de acciones de difusión con participación comunitaria.

Un claro ejemplo de ello, es la XECARH “La voz del pueblo Hñahñu”, que se ha dado a la tarea de fomentar la lengua en el Valle del Mezquital a través de este importante medio de comunicación, considerando que hay muchos indígenas que están en el afán de preservar e impulsar su cultura expresada a través de la lengua.

Existe un largo camino por recorrer, el reconocimiento y la aceptación implica que todos los ciudadanos reconozcan la diversidad, y que ésta aceptación se convierta en nuevas acciones, que fomenten el respeto a todos los derechos de los pueblos indígenas y sus integrantes. Por ello, debemos pensar que si bien, no podemos cambiar repentinamente la situación en que viven, podemos contribuir a mejorar su calidad de vida.

De ésta forma nació la idea de formar una nueva radiodifusora bilingue indígena en una zona donde la cobertura de alguna otra no los alcanza o la señal llega muy débil o con mucha interferencia.

El Capítulo I está dirigido a los diferentes pueblos hablantes de alguna lengua materna en el estado de Hidalgo, entre las que predominan: la Náhuatl, la Hñahñu y la Tepehua. Se identifican las zonas rurales y abruptas donde ellos habitan, los municipios con más hablantes de lengua indígena, también se analizan algunas otras estadísticas importantes y por último se aborda el tema de la Comisión Nacional para el desarrollo de los pueblos indígenas (CNDI), que es el organismo que fomenta, promueve y da seguimiento a programas y proyectos en beneficio de las comunidades indígenas.

El Capítulo II se enfoca al Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas (SRCI), se describe su estructura, funciones, proyectos e inclusive a una de sus radiodifusoras integrantes: la XECARH, la Voz del pueblo Hña-hñu, ubicada en el municipio de Cardonal Hidalgo, se puede visualizar su cobertura, programación, etc.

En el Capítulo III están referidos los elementos esenciales para la radiodifusión de una señal en FM, se estudia la modulación angular y muy en especial la modulación de frecuencia, también se describe el sistema de antena dipolo, los cálculos elementales como lo son la potencia, la ganancia, alturas del sistema radiador y métodos para la predicción de áreas de servicio.

En el Capítulo IV se hace una síntesis sobre la composición de un Sistema Satelital y se analizan los parámetros, nociones y estructura básica de una estación terrena receptora. Es importante mencionar, que con la ayuda de ésta tecnología se podrá recibir en nuestra comunidad de la sierra, (donde es casi imposible que una señal se extienda por toda la zona debido a su orografía) una señal de audio emitida desde cualquier otra radiodifusora perteneciente al SRCI.

El Capítulo V está encauzado a describir de forma detallada la implementación de lo que sería la radiodifusora en FM con recepción de audio digital vía satélite en el municipio con más hablantes de lengua Náhuatl en Hidalgo. Se desarrollan los cálculos necesarios para la recepción de la señal de audio del satélite, el montaje de la antena parabólica y el equipo a utilizar. De igual forma se desarrollan los cálculos para la difusión de la señal en FM, como lo son: la instalación de la torre, composición de la antena dipolo, equipo, marcas y especificaciones que se propondrán y el estudio de propagación y alcance de nuestra señal de FM.

Una vez realizado un análisis minucioso de carácter técnico, podremos reflexionar sobre las ventajas y desventajas para instalar una radiodifusora en FM en una de las zonas pertenecientes a la Sierra Madre Oriental.

Nuestra meta es hacer llegar una señal de audio de alta fidelidad a aquella comunidad marginada de habla Náhuatl, y nuestra motivación, el pueblo indígena del Estado de Hidalgo.

Índice general

Introducción	i
1. Los pueblos indígenas del Estado de Hidalgo	1
1.1. Los pueblos indígenas de México	1
1.2. Los pueblos indígenas de Hidalgo	2
1.3. Lenguas maternas del Estado de Hidalgo.	3
1.4. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas	8
1.4.1. Funciones	9
1.4.2. Programas	10
1.4.3. Estructura de la CDI	10
2. Radiodifusoras bilingües con recepción digital vía satélite	11
2.1. Cadena de radio de la comunidad latina	11
2.2. Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas (SRCI)	13
2.2.1. Antecedentes	16
2.2.2. Políticas institucionales de comunicación	17
2.2.3. El SRCI como modelo de comunicación	18
2.2.4. Principios	19
2.2.5. Tras el micrófono	19
2.2.6. Modelos de participación comunitaria	20
2.2.7. Proyectos experimentales	22
2.3. XECARH La Voz del Pueblo N̄ha-n̄hu	24
2.3.1. Áreas de la radiodifusora	26

2.3.2.	Cobertura de la radiodifusora	27
2.3.3.	Programación	29
3.	Sistema de Radiodifusión	31
3.1.	Sistemas de radiocomunicación	31
3.2.	Ventajas de la FM	35
3.3.	Transmisores de modulación angular	36
3.3.1.	Modulador básico de FM	39
3.3.2.	Relación entre modulación de frecuencia y modulación de fase	42
3.3.3.	Espectro de portadoras con modulación angular	42
3.3.4.	FM de banda ancha y de banda angosta	43
3.3.5.	Potencia promedio de una onda de modulación angular	45
3.3.6.	Robustez de la modulación angular contra ruido y oscilaciones interferentes	46
3.3.7.	Moduladores de Frecuencia	47
3.3.8.	Transmisores de frecuencia	48
3.4.	Sistema de antena de dipolo	49
3.4.1.	Resistencia de radiación	50
3.4.2.	Eficiencia de la antena	50
3.4.3.	Ganancia	50
3.4.4.	Polarización	51
3.4.5.	Patrón de radiación	51
3.4.6.	P.R.A.	51
3.4.7.	Altura del sistema radiador	51
3.4.8.	Cálculo de áreas de servicio	51
3.4.9.	Métodos de predicción de áreas de servicio	52
4.	Recepción Satelital	55
4.1.	Composición de un Sistema Satelital	55
4.1.1.	Enlace de subida	55
4.1.2.	Transpondedor	56
4.1.3.	Enlace de bajada	57
4.2.	Bandas de frecuencias satelital	58
4.3.	El enlace satelital	59
4.3.1.	Nociones Básicas	59
4.3.2.	Pérdidas	62
4.3.3.	Balance de potencia	62

4.3.4. Ruido	65
4.3.5. Balance total del enlace	67
4.4. Estación terrena	69
4.4.1. Sistema de antena	69
4.4.2. El transmisor.	75
4.4.3. El Receptor	75
4.4.4. Los procesadores en banda de base.	78
5. Implementación de la radiodifusora	79
5.1. Punto de ubicación de la Estación de Radio	79
5.2. Cálculos para el montaje de la antena satelital receptora	82
5.3. Cálculos del enlace satelital	83
5.4. Cálculos para la radiodifusión de la señal de audio en FM	91
5.4.1. Equipo transmisor de radio en FM	91
5.4.2. Antena transmisora de la señal de FM	95
5.4.3. Torre	98
5.5. Cobertura de nuestra Radiodifusora	100
Conclusiones	113
Apéndice	117
Glosario	135
Bibliografía	139

Índice de figuras

1.1. Municipios de habitantes de lengua indígena con migración internacional. .	3
1.2. Lenguas maternas habladas en el estado de Hidalgo.	4
1.3. Municipios con población hablante de lengua indígena.	5
1.4. Municipios con población hablante de lengua indígena.	5
1.5. Municipios con mayor población hablante de lengua Náhuatl.	6
1.6. Municipios con población hablante de lengua indígena.	6
1.7. Municipios con mayor población hablante de lengua Hñahñu.	7
1.8. Municipios con población hablante de lengua indígena.	7
1.9. Municipios con mayor población hablante de lengua tepehua.	8
2.1. Ubicación de las Radiodifusoras del INI en la República Mexicana.	15
2.2. Municipios cubiertos por la XECARH.	27
2.3. Número de habitantes en los municipios con cobertura de la radiodifusora del Cardonal	28
3.1. Diagrama simplificado de un enlace de radiocomunicación punto a punto. .	32
3.2. (a) Portadora no modulada, (b) Señal moduladora, (c) Onda con frecuencia modulada, (d) Onda con fase modulada.	38
3.3. Oscilador controlado de voltaje como modulador de frecuencia.	40
3.4. Oscilador controlado por voltaje como modulador de frecuencia.	40
3.5. Representación de la multiplicación de frecuencia por medio de un circuito no lineal y un filtro resonante.	41

3.6. Multiplicador de frecuencia por medio de un amplificador clase C y un filtro resonante.	41
3.7. Multiplicador de frecuencia por M.	42
3.8. Funciones de Bessel de primera clase, $J_n(m)$	44
3.9. Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada.	49
3.10. Tabla 1: Ejemplo de la tabulación de las alturas.	53
3.11. Tabla 2: Tabulación de las predicciones para los contornos de intensidad de campo.	54
4.1. Transmisor de la Estación Terrena.	56
4.2. Diagrama de un Transpondedor Satelital.	57
4.3. Receptor de la Estación Terrena.	57
4.4. Directividad de una antena mostrando un modelo o diagrama de radiación simétrico alrededor de su eje, en representación polar logarítmica.	60
4.5. Limitaciones a la radiación de lóbulos laterales para relaciones de D/λ iguales o superiores a 100.	61
4.6. Parámetros que modican la potencia del enlace en un trayecto.	64
4.7. Diagrama de una antena con alimentación frontal y reflector parabólico único.	70
4.8. Antena parabólica offset con reflector parabólico único.	71
4.9. Diagrama de una antena cassegrain con alimentador centrado.	71
4.10. Diagrama de una antena gregoriana con alimentador centrado.	72
4.11. Ángulos de azimut (Az) y elevación (θ) de la antena de una estación terrena.	74
4.12. Amplificador paramétrico (Banda L).	76
4.13. Amplificador basado en FET (AsGa).	76
4.14. Aspecto de un LNB utilizado normalmente para la recepción de TV por satélite.	77
5.1. Cabecera municipal.	80
5.2. Ubicación geográfica de Huejutla de Reyes.	80
5.3. Localidades con mayor número de hablantes de lengua indígena.	81
5.4. Estación transmisora.	84
5.5. Antena ORBMET modelo MA180-S.	85
5.6. Ejemplo de un LNB marca NORSAT modelo 1208HA.	85
5.7. Ejemplo de un Digital Audio Receiver	85
5.8. Ejemplo de un Digital Audio Receiver	86
5.9. Estación receptora	86
5.10. Foto de dos transmisores de enlace, derecho e izquierdo respectivamente.	91

5.11. Antenas Yaguis, una para el canal derecho y otra para el izquierdo.	92
5.12. Transmisor de frecuencia agil.	93
5.13. Transmisor de frecuencia fija.	94
5.14. a)Vista frontal, b)Vista posterior, 1)Excitador, fuente, sumador... 2)Con- trolador 3)Amplificadores	95
5.15. Características técnicas.	95
5.16. Especificaciones técnicas para apilar los elementos de la antena transmisora.	96
5.17. Foto de una antena dipolo con polarización circular.	96
5.18. Ejemplo de los lóbulos de radiación de una antena compuesta por 6 elementos.	97
5.19. Ejemplo de los lóbulos de radiación de una antena compuesta por 6 elementos.	98
5.20. Ejemplo de una torre arriostrada triangular.	99
5.21. Tabulación de alturas	101
5.22. Perfil topográfico 0°	102
5.23. Perfil topográfico 45°	102
5.24. Perfil topográfico 90°	103
5.25. Perfil topográfico 135°	103
5.26. Perfil topográfico 180°	104
5.27. Perfil topográfico 225°	104
5.28. Perfil topográfico 270°	105
5.29. Perfil topográfico 315°	105
5.30. Tabla de predicciones.	107
5.31. Tabla de predicciones con valores más reales del alcance de la señal de FM.	108
5.32. Perfil Topográfico a 70°	109
5.33. Posible cobertura de la señal de radio.	110
5.34. Diseño de la estación de radiodifusión FM y su ubicación geográfica. . . .	111

CAPÍTULO 1

Los pueblos indígenas del Estado de Hidalgo

1.1. Los pueblos indígenas de México

La nación mexicana, presenta un panorama social altamente diversificado. Los pueblos indígenas son quienes más contribuyen con su patrimonio a la riqueza de la nación. Estos pueblos están integrados por más de 12 millones de personas, que constituyen más de la décima parte de la población mexicana, distribuidos en cerca de 20 mil localidades, representan la mayor riqueza de la nación y son los que más aportan en recursos humanos, naturales, territoriales y culturales, a pesar de ser los más pobres de los mexicanos.

- En 12 entidades se concentran 5.4 millones de Hablantes de Lengua Indígena (HLI), los restantes 678 000 están diseminados en el resto de los estados.
- 803 son los municipios indígenas en México.
- México ocupa el octavo lugar en el mundo, entre los países con la mayor cantidad de pueblos indígenas.
- En México se hablan más de 100 lenguas, de las cuales los pueblos indígenas aportan a esta riqueza cuando menos 60.
- Nuestro país tiene una superficie de casi 2 millones de kilómetros cuadrados. Los mexicanos indígenas poseen, en las regiones en las que viven, una superficie que abarca la quinta parte del territorio nacional.

- El 70 % de los recursos petroleros en el país se extrae de yacimientos marinos y terrestres del trópico mexicano. Los más importantes corresponden a los estados de Campeche, Tabasco y Chiapas, en municipios con una fuerte presencia indígena.
- Principales presas hidroeléctricas del país: La Angostura, Malpaso, Chicoasén, Aguamilpa y Presidente Alemán se ubican y abastecen de agua de los territorios indígenas.
- Los ejidos y comunidades agrarias en municipios indígenas tienen en propiedad el 60 % de la vegetación arbolada, principalmente de bosques templados y selvas húmedas y subhúmedas.
- Los pueblos indígenas aportan el 67 % de su población ocupada a las actividades agrícolas, mientras que el resto de la nación sólo colabora con menos del 22
- Las principales áreas naturales protegidas se encuentran en municipios indígenas. Muchas de ellas, son territorios sagrados y ceremoniales, con zonas arqueológicas que los pueblos indígenas reclaman como suyas.[10]

1.2. Los pueblos indígenas de Hidalgo

Sin duda, el gran rasgo común de los municipios con menor índice de desarrollo humano de Hidalgo es su condición indígena. La problemática más apremiante en ellos es la ausencia de una estructura productiva sólida que garantice fuentes de ingreso estables para la población.

La migración se ha convertido en una estrategia fundamental para la subsistencia. Los flujos migratorios adquieren un cariz distinto según la región de que se trate: pueden ser temporales o permanentes, internos de cada región, hacia otros puntos de la República Mexicana o hacia Estados Unidos; para dedicarse a labores agrícolas, o bien a actividades tan diversas como la construcción, los servicios o el comercio ambulante.

Otro rasgo común de estos municipios es la riqueza natural de los territorios que habitan. Todos ellos albergan una diversidad biológica de gran importancia para el país; sin embargo, en muchos casos estos ecosistemas han sido sometidos a una explotación intensiva o a una excesiva presión demográfica. [9]

Según el conteo INEGI 2005, la población total en Hidalgo fue de 2' 345,514 habitantes. La población total indígena según INEGI Hidalgo 2005 asciende a las 374 000 personas, distribuidos en varios municipios del estado. 320 000 personas hablan una lengua indígena, equivalente al 15.4 % de la población total de cinco años o más.

Del 100 % de la población total migrante del estado de Hidalgo, 82.48 % son hombres y el 17.52 % son mujeres. La figura 1.1 nos muestra los municipios de migración indígena.

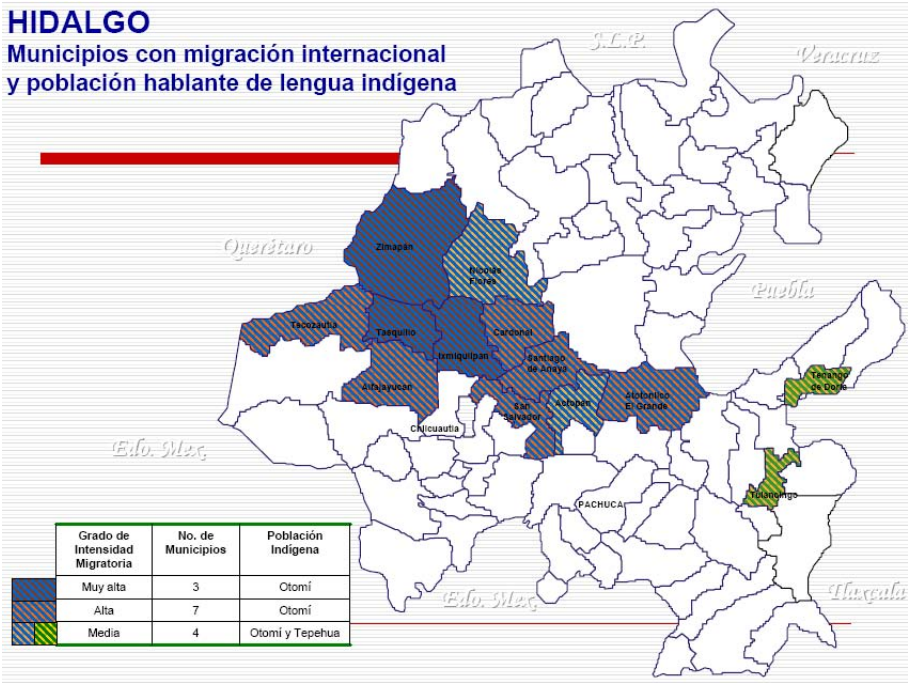


Figura 1.1: Municipios de habitantes de lengua indígena con migración internacional.

1.3. Lenguas maternas del Estado de Hidalgo.

Como se mencionó según el censo, hasta el 17 de octubre del 2005, la población de 5 y más años asciende a 2 millones 79 mil personas, de las cuales poco más de 320 mil hablan alguna lengua indígena como se muestra en la figura 1.2, y donde además podemos observar estadísticamente el número de lenguas maternas que se hablan en Hidalgo.

**POBLACIÓN DE 5 AÑOS Y MÁS QUE HABLA ALGUNA LENGUA INDÍGENA POR MUNICIPIO
Y LENGUA INDÍGENA SEGÚN CONDICIÓN DE HABLA ESPAÑOLA Y SEXO**

Municipio y lengua indígena	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena			Condición de habla española								
				Habla español			No habla español			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
13 Hidalgo	320 029	157 056	162 973	274 694	140 857	133 837	40 045	14 477	25 568	5 290	1 722	3 568
Amuzgo ¹	4	1	3	4	1	3	0	0	0	0	0	0
Amuzgo de Guerrero	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Amuzgo de Oaxaca	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cakchiquel	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Chatino	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Chol	8	5	3	8	5	3	0	0	0	0	0	0
Chontal ¹	2	2	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0
Chontal de Oaxaca	4	1	3	4	1	3	0	0	0	0	0	0
Chontal de Tabasco	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cuicateco	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Huasteco	112	52	60	108	51	57	1	0	1	3	1	2
Huave	5	3	2	5	3	2	0	0	0	0	0	0
Huichol	21	11	10	20	10	10	0	0	0	1	1	0
Ixil	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Lenguas chinantecas ²	37	15	22	36	15	21	0	0	0	1	0	1
Lenguas mixtecas ³	244	109	135	214	100	114	4	1	3	26	8	18
Lenguas zapotecas ⁴	364	189	175	358	186	172	0	0	0	6	3	3
Mame	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Matlatzinca	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Maya	61	33	28	59	33	26	0	0	0	2	0	2
Mayo	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Mazahua	133	66	67	126	66	60	0	0	0	7	0	7
Mazateco	65	21	44	61	20	41	2	1	1	2	0	2
Mixe	33	15	18	32	15	17	0	0	0	1	0	1
Náhuatl	217 853	107 533	110 320	180 079	93 536	86 543	35 087	13 077	22 010	2 687	920	1 767
Otomí	95 057	46 017	49 040	88 044	44 024	44 020	4 861	1 372	3 489	2 152	621	1 531
Pame	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Popoloca	5	4	1	4	3	1	0	0	0	1	1	0
Popoluca ¹	5	2	3	5	2	3	0	0	0	0	0	0
Purépecha	24	13	11	22	12	10	0	0	0	2	1	1
Tarahumara	9	1	8	9	1	8	0	0	0	0	0	0
Tepehua	1 583	732	851	1 562	729	833	11	1	10	10	2	8
Tlapaneco	37	18	19	35	18	17	0	0	0	2	0	2
Tojolabal	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
Totonaca	272	136	136	259	132	127	2	1	1	11	3	8
Tnqui	3	1	2	3	1	2	0	0	0	0	0	0
Tzeltal	32	17	15	31	16	15	0	0	0	1	1	0
Tzotzil	5	2	3	5	2	3	0	0	0	0	0	0
Yaqui	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Zoque	12	4	8	12	4	8	0	0	0	0	0	0
Otras lenguas indígenas de América	10	6	4	10	6	4	0	0	0	0	0	0
No especificado	4 010	2 040	1 970	3 558	1 856	1 702	77	24	53	375	160	215

Figura 1.2: Lenguas maternas habladas en el estado de Hidalgo.

También se ha registrado durante el quinquenio un decremento absoluto de 19 mil 800 hablantes de lengua indígena, que representan un decremento promedio anual de 1.05 %. De esta población, más de 40 mil personas no hablan español.

Finalmente, si a la población hablante de lengua indígena de 5 años y más, se le agregan los niños y niñas de 0 a 4 años que residen en hogares cuyo jefe o cónyuge habla lengua indígena, el tamaño de lo que podría denominarse población indígena asciende a 374 mil personas, los cuales se encuentran establecidos en diferentes municipios a lo largo y ancho del estado, sin embargo, como vimos en la figura 1.2, existen tres lenguas maternas predominantes: la Náhuatl, la Hñahñu y la Tepehua, y cuyos hablantes se encuentran distribuidos en tres grandes zonas como se muestra en la figura 1.3.

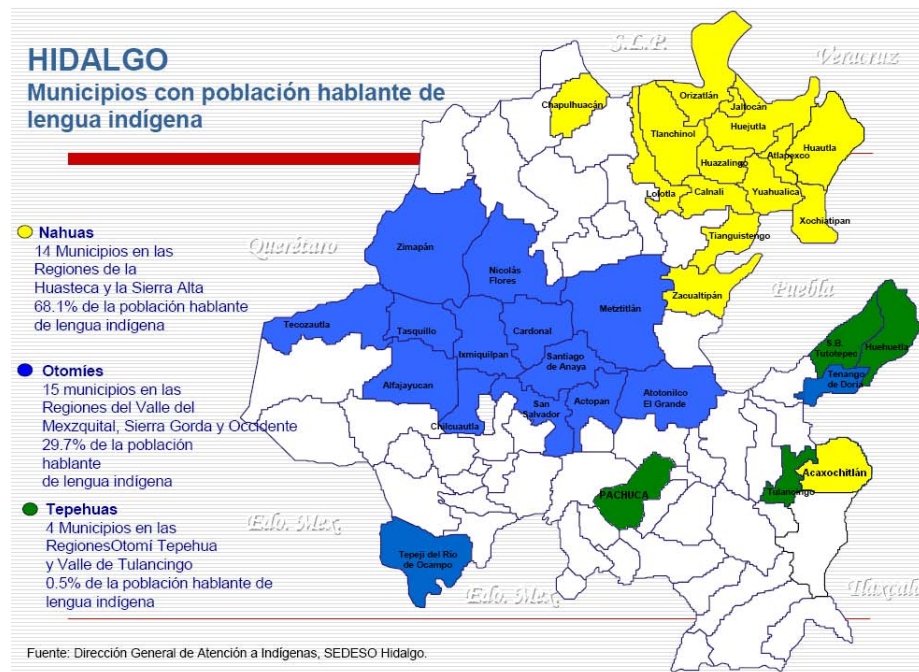


Figura 1.3: Municipios con población hablante de lengua indígena.

De la población hablante de lengua indígena en el estado, 65.6% reside en 10 municipios; destacan entre éstos, Huejutla con 65 mil hablantes, Ixmiquilpan con 24 mil y San Felipe Orizatlán con 20 mil. Entre los 320 mil hablantes de lengua indígena, el Censo registra más de 40 lenguas de México y América; 7 de las cuales son habladas por 98.6% de ellos; la Náhuatl es la de mayor frecuencia con el 68.1% de los hablantes y están ubicados en la zona de la Huasteca como se muestra en la figura 1.4.

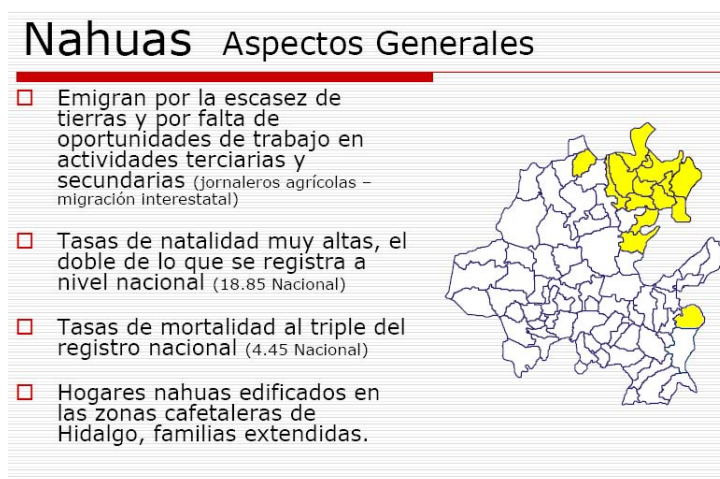


Figura 1.4: Municipios con población hablante de lengua indígena.

De entre estos municipios, los que más registran población hablante de lengua náhuatl son los que se observan en el cuadro de la figura 1.5.

POBLACIÓN DE 5 AÑOS Y MÁS QUE HABLA ALGUNA LENGUA INDÍGENA POR MUNICIPIO Y LENGUA INDÍGENA SEGÚN CONDICIÓN DE HABLA ESPAÑOLA Y SEXO

Municipio y lengua indígena	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena			Condición de habla española								
				Habla español			No habla español			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
028 Huejutla de Reyes	65 451	32 626	32 825	54 492	28 370	26 122	10 472	4 097	6 375	487	159	328
Huasteco	23	10	13	23	10	13	0	0	0	0	0	0
Lenguas zapotecas ⁴	7	7	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0
Mazahua	7	3	4	7	3	4	0	0	0	0	0	0
Mazateco	7	3	4	6	3	3	1	0	1	0	0	0
Náhuatl	65 250	32 525	32 725	54 315	28 275	26 040	10 457	4 094	6 363	478	156	322
Otomí	13	6	7	13	6	7	0	0	0	0	0	0
Tepehua	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Totonaca	4	3	1	4	3	1	0	0	0	0	0	0
046 San Felipe Orizatlán	20 334	10 164	10 170	17 438	9 082	8 356	2 571	952	1 619	325	130	195
Huasteco	4	0	4	4	0	4	0	0	0	0	0	0
Lenguas mixtecas ³	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Lenguas zapotecas ⁴	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Náhuatl	20 230	10 116	10 114	17 344	9 040	8 304	2 568	951	1 617	318	125	193
025 Huautla	16 652	7 934	8 718	14 456	7 331	7 125	2 088	567	1 521	108	36	72
Náhuatl	16 626	7 925	8 701	14 435	7 324	7 111	2 087	567	1 520	104	34	70
Otomí	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0
080 Yahualica	16 353	7 940	8 413	11 751	6 195	5 556	4 526	1 721	2 805	76	24	52
Náhuatl	16 325	7 927	8 398	11 728	6 183	5 545	4 521	1 720	2 801	76	24	52
Otomí	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0
078 Xochiatipan	15 300	7 506	7 794	10 493	5 722	4 771	4 715	1 752	2 963	92	32	60
Náhuatl	15 292	7 504	7 788	10 487	5 720	4 767	4 713	1 752	2 961	92	32	60
Totonaca	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
No especificado	7	2	5	5	2	3	2	0	2	0	0	0
073 Tlanchinol	14 572	7 241	7 331	12 689	6 541	6 148	1 684	634	1 050	199	66	133
Mazateco	3	0	3	2	0	2	0	0	0	1	0	1
Mixe	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Náhuatl	14 395	7 167	7 228	12 545	6 482	6 063	1 659	622	1 037	191	63	128
Otomí	7	0	7	6	0	6	0	0	0	1	0	1
011 Atlapexco	13 699	6 567	7 132	11 025	5 600	5 425	2 569	933	1 636	105	34	71
Náhuatl	13 673	6 556	7 117	11 002	5 589	5 413	2 567	933	1 634	104	34	70
Otomí	6	3	3	6	3	3	0	0	0	0	0	0
Tepehua	4	1	3	4	1	3	0	0	0	0	0	0

Figura 1.5: Municipios con mayor población hablante de lengua Náhuatl.

Luego sigue la Otomí con el 29.7 % que habitan en los municipios de la fig 1.6.

Otomíes Aspectos Generales

- Segundo grupo indígena de mayor importancia en el Estado de Hidalgo
- Comunidades localizadas en el Valle del Mezquital y Tenango de Doria
- Sus principales actividades económicas son la agricultura y el comercio (principalmente artesanías y productos agropecuarios)
- Cuentan con mayor acceso a los servicios de salud y educación
- Tradiciones altamente arraigadas



Figura 1.6: Municipios con población hablante de lengua indígena.

Entre ellos, los que presentan mayor porcentaje de hablantes son los que se muestran en la figura 1.7.

POBLACIÓN DE 5 AÑOS Y MÁS QUE HABLA ALGUNA LENGUA INDÍGENA POR MUNICIPIO Y LENGUA INDÍGENA SEGÚN CONDICIÓN DE HABLA ESPAÑOLA Y SEXO

Municipio y lengua indígena	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena			Condición de habla española								
				Habla español			No habla español			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
030 Ixmiquilpan	24 341	11 563	12 778	23 049	11 280	11 769	847	158	689	445	125	320
Huasteco	8	3	5	8	3	5	0	0	0	0	0	0
Lenguas mixtecas ¹	33	16	17	29	15	14	1	0	1	3	1	2
Mazahua	10	5	5	10	5	5	0	0	0	0	0	0
Náhuatl	489	248	241	418	230	188	59	11	48	12	7	5
Otomí	23 261	11 033	12 228	22 089	10 782	11 307	782	147	635	390	104	286
027 Huehuetla	12 042	5 780	6 262	9 643	4 962	4 681	2 273	780	1 493	126	38	88
Mazateco	3	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0
Náhuatl	23	14	9	21	13	8	1	0	1	1	1	0
Otomí	10 465	5 042	5 423	8 097	4 232	3 865	2 255	776	1 479	113	34	79
Tepehua	1 470	685	785	1 451	682	769	11	1	10	8	2	6
Totonaca	25	11	14	22	10	12	2	1	1	1	0	1
015 Cardonal	7 771	3 770	4 001	7 320	3 650	3 670	438	117	321	13	3	10
Huasteco	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Lenguas mixtecas ¹	3	2	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0
Náhuatl	16	5	11	15	5	10	0	0	0	1	0	1
Otomí	7 683	3 730	3 953	7 236	3 611	3 625	438	117	321	9	2	7

Figura 1.7: Municipios con mayor población hablante de lengua Hñahñu.

Finalmente la Tepehua registra los menores índices de población con el 0.5 % que habitan en los municipios de la figura 1.8. Y estadísticamente los de mayor porcentaje son los que se muestran en la figura 1.9.

Tepehuas Aspectos Generales



- Población indígena carente de tierras, ello ha causado migración interna (Pachuca, Tulancingo, Ciudad de México)
- Tienen un fuerte sentido de identidad comunitaria
- Su principal actividad económica es la agricultura – jornaleros agrícolas
- Organización en unidades familiares nucleares

Figura 1.8: Municipios con población hablante de lengua indígena.

**POBLACIÓN DE 5 AÑOS Y MÁS QUE HABLA ALGUNA LENGUA INDÍGENA POR MUNICIPIO
Y LENGUA INDÍGENA SEGÚN CONDICIÓN DE HABLA ESPAÑOLA Y SEXO**

Municipio y lengua indígena	Población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena			Condición de habla española								
				Habla español			No habla español			No especificado		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
027 Huehuetla	12 042	5 780	6 262	9 643	4 962	4 681	2 273	780	1 493	126	38	88
Mazateco	3	2	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0
Náhuatl	23	14	9	21	13	8	1	0	1	1	1	0
Otomí	10 465	5 042	5 423	8 097	4 232	3 865	2 255	776	1 479	113	34	79
Tepehua	1 470	685	785	1 451	682	769	11	1	10	8	2	6
Totonaca	25	11	14	22	10	12	2	1	1	1	0	1
Tzeltal	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
048 Pachuca de Soto	6 033	2 960	3 073	5 697	2 862	2 835	27	6	21	309	92	217
Huasteco	22	12	10	22	12	10	0	0	0	0	0	0
Lenguas mixtecas ³	43	24	19	37	22	15	0	0	0	6	2	4
Lenguas zapotecas ⁴	63	24	39	63	24	39	0	0	0	0	0	0
Maya	14	8	6	13	8	5	0	0	0	1	0	1
Mazahua	19	8	11	18	8	10	0	0	0	1	0	1
Náhuatl	4 093	1 986	2 107	3 878	1 928	1 950	23	6	17	192	52	140
Otomí	1 172	585	587	1 090	559	531	4	0	4	78	26	52
Tepehua	43	19	24	42	19	23	0	0	0	1	0	1
Tiapaneco	4	1	3	4	1	3	0	0	0	0	0	0
Totonaca	58	30	28	55	29	26	0	0	0	3	1	2
077 Tulancingo de Bravo	3 973	1 858	2 115	3 747	1 791	1 956	19	1	18	207	66	141
Huasteco	5	1	4	5	1	4	0	0	0	0	0	0
Lenguas mixtecas ³	7	3	4	7	3	4	0	0	0	0	0	0
Lenguas zapotecas ⁴	11	6	5	11	6	5	0	0	0	0	0	0
Náhuatl	937	471	466	867	444	423	4	1	3	66	26	40
Otomí	2 756	1 253	1 503	2 623	1 220	1 403	15	0	15	118	33	85
Tepehua	21	8	13	21	8	13	0	0	0	0	0	0
Totonaca	36	15	21	34	15	19	0	0	0	2	0	2

Figura 1.9: Municipios con mayor población hablante de lengua tepehua.

1.4. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas

Anteriormente la atención a las necesidades de los pueblos y comunidades indígenas recaía en el Instituto Nacional Indigenista (INI), el cual a lo largo de su historia asumió diferentes funciones de promoción, orientación y operación; destacando entre otras, acciones en materia de procuración de justicia, capacitación, cultura, infraestructura social básica, desarrollo de opciones productivas, comunicación, investigación, apoyo a la educación y atención a la salud.

Posteriormente fue reforzada con la creación de la Oficina de Representación para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, como área de la Presidencia de la República, con el objetivo de coordinar las acciones del Gobierno Federal dirigidas a la atención de las demandas de los pueblos indígenas y a coadyuvar en su desarrollo, así como para concertar y convenir con los otros órdenes de gobierno una atención integral.

Para atender y mejorar la situación de los pueblos y comunidades indígenas, desde fines del año 2000 el Poder Ejecutivo impulsó una reforma institucional que se concretó en 2003, cuando el Poder Legislativo, en el ámbito de su competencia,

sentó las bases jurídicas para la consolidación de un nuevo modelo institucional para la atención a los indígenas, al aprobar la Ley General de Derechos Lingüísticos de los Pueblos Indígenas, mediante la cual se creó el Instituto Nacional de Lenguas Indígenas (INALI) el 13 de marzo y posteriormente la Ley de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, que entró en vigor el 5 de julio de 2003.

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), tiene como objetivos orientar, coordinar, promover, apoyar, fomentar, dar seguimiento y evaluar los programas, proyectos, y acciones públicas dirigidas al desarrollo integral de los pueblos y comunidades indígenas, de conformidad con el artículo 2º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Asimismo, está facultada para impulsar la integridad y transversalidad de las políticas, programas y acciones de la Administración Pública Federal para el desarrollo de los pueblos y comunidades indígenas y para evaluar los avances e impacto de las acciones de las dependencias y entidades del Gobierno Federal, estatal y municipal en esta materia.

Para dar cumplimiento a estos propósitos, la CDI tiene a su cargo programas, proyectos y acciones institucionales que se vinculan directamente con la línea estratégica “Atender los rezagos sociodemográficos que afectan a los pueblos indígenas”; así como a las líneas de acción y acciones del Programa Nacional de Población 2001-2006.

La Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, no sectorizado, y además con personalidad jurídica, patrimonio propio y autonomía operativa, técnica, presupuestal y administrativa.

1.4.1. Funciones

- Ser instancia de consulta para la formulación, ejecución y evaluación de los planes, programas y proyectos que las dependencias y demás entidades de la Administración Pública Federal desarrollen en la materia;
- Realizar tareas de colaboración con dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, las cuales deberán consultar a la Comisión en las políticas y acciones vinculadas con el desarrollo de los pueblos y comunidades indígenas; de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y de

los municipios; de interlocución con los pueblos y comunidades indígenas, y de concertación con los sectores social y privado;

- Coadyuvar y, en su caso, asistir a los indígenas que se lo soliciten en asuntos y ante autoridades federales, estatales y municipales;
- Establecer acuerdos y convenios de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas, con la participación que corresponda a sus municipios, para llevar a cabo programas, proyectos y acciones conjuntas en favor de los pueblos y comunidades indígenas;
- Las demás que establezcan las disposiciones legales aplicables. [8]

1.4.2. Programas

Albergues escolares indígenas, Infraestructura para la atención de los pueblos indígenas, Fomento y desarrollo de las culturas indígenas, Fondos regionales indígenas, Organización productiva para mujeres indígenas, Promoción de convenios en materia de justicia, Programa de Desarrollo de las Comunidades Mayas de la Península de Yucatán.

1.4.3. Estructura de la CDI

Delegaciones estatales

La CDI opera en 24 estados de la República Mexicana a través de: 110 Centros Coordinadores del Desarrollo Indígena. Un Centro de Investigación, Información y Documentación de los Pueblos Indígenas de México, 28 Centros Regionales (CRID) y 1,085 albergues escolares.

Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas (SRCI)

Existen 20 emisoras en AM y 4 en FM que operan en 15 estados de la República Mexicana cubriendo a más de 5,5 millones de hablantes de lenguas indígenas y a aproximadamente 21 millones de personas en 954 municipios.

Radiodifusoras bilingües con recepción digital vía satélite

2.1. Cadena de radio de la comunidad latina

Esta red de satélite fue creada para ofrecer a radio emisoras noticias, información y series culturales en español, además de programas musicales con formatos variados, principalmente de folklore mexicano y ritmos afro-caribeños. Satélite Radio Bilingüe continúa la vieja tradición iniciada desde hace una década por Radio Bilingüe, gracias a la cual se han distribuido programas de interés público, cobertura de eventos especiales y el destacado servicio informativo, Noticiero Latino, en radio emisoras de Estados Unidos y México.

Durante casi quince años, Radio Bilingüe ha trabajado conjuntamente con Radio Educación en México y otras radiodifusoras públicas mexicanas para difundir noticias y perspectivas de lo que ocurre en territorio mexicano a las audiencias de Estados Unidos. En sociedad con la estación WRTU - FM/Radio Universidad, enlazada desde San Juan de Puerto Rico, se dispone de una mayor cantidad de programación cultural caribeña así como de cuatro noticiarios cada mañana. Fondos de la Corporación para la Difusión Pública, la Fundación Robert Wood Johnson y la Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información ayudan a construir la red que incluye dos antenas parabólicas para subir la señal, una de ellas ubicada en Fresno, California y la otra en San Juan de Puerto Rico, en las instalaciones de la estación asociada al proyecto, WRTU-FM.

Radio Bilingüe también busca fomentar el entendimiento y la cooperación entre los diversos grupos raciales, étnicos, nacionales y culturales. Incluye el establecimiento de vínculos entre los latinos así como con la comunidad en general y entre las naciones.

Las estaciones de radio cuya licencia de la Comisión Federal de Comunicaciones las califique como educacionales, o sin fines de lucro, recibirán preferencia de los servicios del Satélite Radio Bilingüe. Las estaciones que no sean públicas pero cuya programación diaria se oriente a servir a la comunidad con información, educación y entretenimiento cultural también podrán recibir el servicio de programación.

Para recibir programas del Satélite Radio Bilingüe, una estación requiere estar interconectada al sistema de radio pública. La estación debe operar una terminal de satélite capaz de recibir señales del transponder en el satélite Galaxy VI. La estación usuaria debe pagar una cuota anual de distribución e interconexión al sistema de radio pública.

La otra opción es tomar la señal de Satélite Radio Bilingüe en la banda KU, del satélite Sat-com K-1. Las estaciones deben estar equipadas con tecnología de la banda KU para poder bajar la señal (downlink). La frecuencia de recepción es 11715.5 GHz, transponder 1, network 6, canal 1. El formato de transmisión es sistema de compresión Musicam, 128 Kbps, modulación QPSK, Comstream FEC coding.

Una tercera opción para las estaciones interesadas sólo en Noticiero Latino es recibir la señal vía telefónica. Las secciones de noticias de 5 minutos están disponibles en el teléfono (209) 455-5797 y (209) 455-5798. La Edición Semanaria de 14 minutos está disponible en el teléfono (209) 455-5799.

El transpondedor de satélite que usa la radio pública se divide en doce canales dedicados a la distribución de programas. Además, el sistema renta canales de servicio de “tiempo completo”, fuera de los básicos 1-12, a radios públicas y a clientes comerciales. Estos canales no cuentan con ningún servicio de apoyo. El Satélite Radio Bilingüe ha rentado cuatro canales “de tiempo completo” dentro de ese sistema.

XEATL	⇒	Atacomulco, Mex.
XECM	⇒	Valle de Toluca
XEGLO	⇒	Guelatao, Oaxaca
XEJAM	⇒	Jamiltepec, Oaxaca
XEJB-AM	⇒	Guadalajara, JAL
XEJLV	⇒	Puerto Vallarta, JAL
XEOJN	⇒	San Lucas Ojitlán, Oaxaca
XEQIN	⇒	San Quintin, BC
XERF	⇒	Cd. Acuña, COAH
XERU-AM	⇒	Chihuahua, Ch
XETEJ	⇒	Tejupilco, Mex.
XETLA	⇒	Tlaxiaco, Oaxaca
XETUL	⇒	Tultitlan, Mex.
XEZV	⇒	Tlapa, Guerrero
XHCGJ	⇒	Zapotlan el Grande, JAL
XHITT	⇒	Tijuana, BC
XHSCO	⇒	Salina Cruz, OAX
XHUAN	⇒	Tijuana, BC
XHUAR	⇒	Cd. Juárez, CHIH

2.2. Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas (SRCI)



El SRCI ha ido creciendo paulatinamente hasta sumar en la actualidad 24 Radiodifusoras Culturales Indigenistas en todo el país, 4 de las cuales son emisoras de baja potencia que operan los niños y niñas de los albergues en Yucatán. Las emisoras

transmiten en distintas frecuencias de amplitud modulada (AM), con potencias que van de 2,500 a 10,000 Watts.

Tal como lo establece el artículo 4º constitucional, a través de las estaciones de Radio que integran el SRCI, se fortalece el carácter pluricultural de la nación mexicana promoviendo el uso de 31 lenguas indígenas diferentes. Diariamente los locutores bilingües atienden la problemática de las comunidades con avisos comunitarios y personales, programas que abordan temas diversos, cápsulas informativas y promocionales de diferentes campañas.

La música tradicional ocupa un lugar destacado en la programación diaria. Las emisoras resguardan en sus fonotecas acervos invaluables, de grabaciones fonográficas realizadas en estudio y en campo, así como programas de apoyo a la producción, salud, educación, promoción y difusión de los derechos humanos y de los pueblos indígenas, entre otros temas. Año con año las Radiodifusoras Culturales Indigenistas son actualizadas con equipo moderno que mejora la calidad del trabajo radiofónico, a la vez que se realizan periódicamente tareas de mantenimiento por parte de personal técnico especializado.

Estos son algunos datos que esbozan el trabajo de las Emisoras Culturales Indigenistas que integran el SRCI, un Sistema que desde hace más de dos décadas ha generado un importante arraigo en cientos de comunidades indígenas del país, estableciéndose como un modelo de comunicación diferente, frente a la radio universitaria y comercial.

El Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas:

- Está integrado por 20 Radiodifusoras y 4 Emisoras de Baja Potencia
- Opera en 15 estados de la República
- Cubre 928 municipios
- Utiliza 31 lenguas indígenas, además del castellano
- Atiende a un público potencial de 22,336,906 de personas
- El público indígena potencial es de 5,000,000 de personas

En la figura 2.1 se muestran los puntos alrededor de la república en donde se encuentran las diferentes radiodifusoras que integran la SRCI.



Figura 2.1: Ubicación de las Radiodifusoras del INI en la República Mexicana.

1 XEZV La Voz de la Montaña
Tlapa de Comonfort Gro.

2 XETLA La Voz de la Mixteca
Tlaxiaco, Oax.

3 XETAR La voz de la Sierra Tarahumara
Guachochi, Chih.

4 XEPET La Voz de los Mayas
Peto, Yuc.

5 XEPUR La Voz de los Purépechas
Cherán Mich.

6 XEVFS La Voz de la Frontera Sur
Las Margaritas, Chis.

7 XEGLO La Voz de la Sierra de Juárez
Guelatao de Juárez, Oax.

8 XEANT La Voz de las Huastecas
Tancanhuitz de Santos S.L.P.

9 XEOJN La Voz de la Chinantla
Sn. Lucas Ojitlán, Oax.

10 XEZON La Voz de la Sierra de Zongolica
Zongolica, Ver.

11 XEJMN La Voz de los Cuatro Pueblos
Jesús María, Nayarit

12 XEQIN La Voz del Valle
Sn. Quintín B. C.

13 XECTZ La Voz de la Sierra Norte
Cuetzalan, Pue

14 XEJAM La Voz de la Costa Chica
Jamiltepec, Oax.

15 XEXPUJ La Voz del Corazón de la Selva
X'pujil, Camp.

16 XEETCH La Voz de los Tres Ríos
Etchojoa, Son.

17 XECOPA La voz de los Vientos
Copainalá, Chis.

18 XETUMI "La Voz de Oriente
Tuxpan, Mich.

19 XECARH La Voz del Pueblo Ñahñú
Cardonal, Hgo.

20 XENKA La Voz del Gran Pueblo
Felipe Carrillo Puerto, Q. Roo

2.2.1. Antecedentes

11 Marzo 1979	Inicia transmisiones la XEZV “La Voz de la Montaña”, con frecuencia de 800 kilohertz, en banda AM. Inicialmente con 1000 watts de potencia, la XEZV comenzó con su propósito de dar servicio a la población de la zona en sus propias lenguas: náhuatl, mixteco y tlapaneco, además del español. En el marco de la política indigenista de aquel entonces el proyecto del Instituto Nacional Indigenista (INI) surgió con una clara vocación de servicio educativo-cultural. La emisora se asumía principalmente como una herramienta que debía coordinar esfuerzos con otras instituciones para la difusión de mensajes gubernamentales, así como establecer mecanismos para mantener informada del acontecer local, estatal y nacional a la población bajo el área de cobertura.
1982	El INI contaba con 6 emisoras instaladas, producto de la demanda de los pueblos indígenas, éstas eran la XETLA “La Voz de la Mixteca”, en Tlaxiaco, Oaxaca; XETAR “La Voz de los Tarahumaras”, en Guachochi, Chihuahua; XEPUR “La Voz de los Purépechas”, en Cherán, Michoacán; y XEPET “La Voz de los Mayas”, en Peto, Yucatán.
1984	Las radiodifusoras se definieron como un instrumento para promover el fortalecimiento de la identidad cultural de los pueblos indígenas, además de ser un medio importante para el rescate de la cultura.
1987	Se inauguró la emisora XEVFS “La Voz de la Frontera Sur”, en las Margaritas, Chiapas.
1988	Marcó una nueva etapa para las políticas públicas de atención a la población indígena, la orientación fue la transferencia de funciones a las organizaciones y las comunidades de aquellas ejecutadas por el Estado y susceptibles de ser delegadas en ellas.
1989	Entraron en operación las radiodifusoras XEGLO “La Voz de Sierra Juárez”, en Guelatao, Oaxaca; y XEANT “La Voz de las Huastecas”, en Tancanhuitz de Santos, San Luis Potosí.
1991	Inició el funcionamiento de la emisora XEOJN “La Voz de la Chinantla”, en San Lucas Ojitlán, Oaxaca; y XEZON “La Voz de la Sierra de Zongolica”, en Zongolica, Veracruz; mientras que la emisora XEJMN “La Voz de los Cuatro Pueblos”, fue inaugurada en Jesús María, Nayarit, en 1992.
1994	Fueron instaladas XEQIN “La Voz del Valle” en San Quintín, Baja California; XECTZ “La Voz de la Sierra Norte”, en Cuetzalan, Puebla; y XEJAM “La Voz de la Costa Chica”, en Jamiltepec, Oaxaca.
1996	Fueron instaladas XEXPUJ “La Voz del Corazón de la Selva”, en X’pujil, Campeche; y XEETCH “La Voz de los Tres Ríos”, en Etchojoa, Sonora.
1997	Se instalaron las emisoras XECOPA “La Voz de los Vientos”, en Copainalá, Chiapas; y XETUMI “La Voz de la Sierra Oriente”, en Tuxpan de las Flores, Michoacán. Ese año también entraron en operación las radiodifusoras de baja potencia, XHCHX en Chemax, XHSAZ en San Antonio Zozzil, XHSMH en Samahil y XHYAX en Yaxcopoil, las cuatro fueron ubicadas en albergues indígenas del estado de Yucatán y son operadas por niños indígenas.
1999	Se inauguraron la radiodifusoras XECARH “La Voz del Pueblo Hñahñu”, en Cardonal, Hidalgo y XENKA “La Voz del Gran Pueblo”, en Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.
2003	El INI se transformó en la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI), a partir de entonces el SRCI es parte de su patrimonio. En marzo de 2003 la SCT otorgó tres permisos más a la CDI para operar tres radios de baja potencia en las comunidades de Zacán, Tingambato y Huecorio en el estado de Michoacán.

2.2.2. Políticas institucionales de comunicación

El Programa Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas 2001-2006, en materia de comunicación indígena, establece los siguientes objetivos:

- Generar una plataforma de comunicación integral para los pueblos indígenas que, basada en el uso de medios impresos, electrónicos y digitales (publicaciones, radio, televisión, video, informática y tecnología satelital) desarrolle estrategias de información, comunicación y capacitación con la finalidad de impulsar la difusión de conocimientos, el acceso a la información y la creación de espacios de intercambio entre las comunidades indígenas y la sociedad.
- Formular e instrumentar acciones de comunicación que promuevan la defensa de los derechos, el desarrollo integral y la participación social de los pueblos indígenas, en el marco del reconocimiento a la naturaleza pluricultural de México, así como la justa valoración de las culturas indígenas en el conjunto de la sociedad nacional.
- Promover el acceso de los pueblos indígenas a espacios en los medios de información existentes, así como la posibilidad de operar y desarrollar sus propios medios de comunicación.

Con base en lo anterior, la CDI ha definido las siguientes políticas que rigen tanto el quehacer del SRCI como de otras acciones tendientes a promover la comunicación intercultural:

1. Promover la tolerancia y respeto a la diversidad cultural reconociendo la composición pluricultural y pluriétnica de la nación
2. Respetar la pluralidad política, religiosa e ideológica
3. Promover y respetar el derecho a la práctica de las lenguas indígenas
4. Promover y respetar el derecho a la información. Los medios de comunicación indigenista tienen la responsabilidad de informar a las comunidades y servirles con base en lo establecido en los artículos 6 y 7 constitucionales y con relación a la Ley Federal de Radio y Televisión que marcan las garantías y los límites de la acción de informar
5. Promover y respetar la libertad de expresión

6. Promover la democratización de los medios (acceso y socialización, participación comunitaria)
7. Propiciar el conocimiento, el reconocimiento y el entendimiento de otras culturas a través de información a sectores de la población no indígena
8. Promover la formación y profesionalización de comunicadores indígenas
9. Fomentar el uso educativo de los medios de comunicación
10. Proponer modificaciones legislativas necesarias (producto de foros, consultas, diálogos y encuentros estatales de comunicación) que contemplen a la población indígena

2.2.3. El SRCI como modelo de comunicación

Personalidad

Las emisoras que conforman el Sistema de Radios Culturales Indigenistas tienen un perfil único en el mundo. Son emisoras culturales, oficiales y permisionadas. Es un sistema orgánico de radiodifusoras pertenecientes al Poder Ejecutivo Federal que presta un servicio de interés público, donde los problemas que enfrente cualquiera de sus miembros afectan a las demás, donde cada una de sus partes retroalimenta a las otras en materia de experiencias, producciones, perspectivas, etcétera. Se trata de un sistema de carácter federal cuyos miembros comparten objetivos, estrategias y normatividad. No son oficialistas ni voceras del Gobierno federal ni de los Gobiernos Estatales.

Objetivos Generales

- Contribuir al libre desarrollo de los pueblos indígenas de México, mediante acciones radiofónicas y de comunicación que involucren la participación de la comunidad.
- Promover el pleno reconocimiento de los derechos indígenas, para consolidar el carácter plural y diverso de la nación.
- Promover y difundir el conocimiento de las culturas indígenas entre la población no indígena en una campaña permanente de respeto a la diversidad cultural.

Objetivos Específicos

- Brindar a las comunidades indígenas un servicio integral y moderno de comunicación e información integrando al Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (TIC).
- Desarrollar e impulsar mecanismos que faciliten el acceso, la producción y participación indígena en el Sistema: consejos consultivos, corresponsales comunitarios, centros de producción radiofónica en las comunidades, productores independientes, entre otros.
- Ser mecanismo de interlocución entre las comunidades y la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI).
- Promover y difundir el conocimiento de las culturas indígenas entre la población no indígena en una campaña permanente de respeto a la diversidad cultural.

2.2.4. Principios

Como medio público las emisoras del Sistema de Radios Culturales suscriben principios que rigen a la radiodifusión de servicio público en México como: Independencia de Gestión, Independencia editorial, Universalidad, Corresponsabilidad, Claridad jurídica, Pluralidad Cultural, Fomento a la cultura política democrática, Compromiso con la educación y Compromiso con las ciencias y las artes. Estos se describen ampliamente en la página oficial en Internet del SRCI

2.2.5. Tras el micrófono

Diariamente los locutores bilingües atienden la problemática de las comunidades con avisos comunitarios y personales, programas que abordan temas diversos, cápsulas informativas y promocionales de diferentes campañas.

Si bien cada radiodifusora tiene la libertad para definir qué información transmite, qué recursos radiofónicos emplea, el tiempo que se destina a cada producción, entre otros factores, el Sistema ha establecido lineamientos generales que se deben observar en la construcción de las barras programáticas:

1. Considerar las necesidades y condiciones específicas de los pueblos indígenas de la región, para distribuir los tiempos de transmisión de manera equitativa.

2. Difundir temas de salud, educación, derechos humanos, así como la promoción de servicios, productos, oportunidades y apoyos brindados por instituciones públicas y civiles.
3. Coadyuvar a la promoción de la cultura democrática, la equidad de género, los derechos de los niños y niñas, los discapacitados y las personas adultas en plenitud.
4. Contribuir a la tolerancia de las diferentes expresiones religiosas y políticas entre los pueblos y comunidades.

Se ha trabajado también en la definición del tipo de programas y series radiofónicas insertos en la barra de programación, de acuerdo con su propósito:

Entretenimiento. Su objetivo principal es ser un espacio lúdico y de esparcimiento para los radioescuchas.

Informativo. Su fin último es dotar de información clara y oportuna al radioescucha sobre cuestiones de interés general.

Cultural. Dedicados a preservar y difundir las culturas, a partir de una investigación y un cuidadoso contenido, su objetivo es dejar en el radioescucha un aprendizaje o reflexión sobre su cultura o la de otras personas con las que convive.

Educativo. Son programas cuyo contenido pretende generar un bienestar en el radioescucha, a partir de un proceso de enseñanza-aprendizaje y la modificación de pautas de conducta.

Servicio comunitario. A través de ellos, se vinculan los radioescuchas para solventar necesidades de comunicación o información directa .

Actividad destacada es la grabación de música indígena, en campo, durante las fiestas de las comunidades; o en el estudio. El registro de esta actividad cultural y artística se acompaña de la respectiva investigación y alimenta las fonotecas de las emisoras.

2.2.6. Modelos de participación comunitaria

Quienes no entienden el castellano o simplemente prefieren escuchar su lengua materna, pueden ejercer su derecho a estar informados en su propio idioma.

La música tradicional ocupa un lugar destacado en la programación diaria. Las emisoras son promotoras de las manifestaciones musicales de la localidad y de la región. La red de fonotecas Henrietta Yurchenco, resguarda la voz de más de 30 pueblos, con cerca de 25 años de grabación de la tradición oral y de la música indígena.

La radio se convierte también en un medio de convivencia interétnica, posibilita el conocimiento de otras formas de vida y de otras formas de conocimiento e invita a la revaloración de la identidad étnica propia.

A través de sus programas de salud, educación, derechos humanos, equidad de género y economía, entre otros temas, contribuyen a la promoción del desarrollo sustentable de las comunidades.

Son la voz de los migrantes que utilizan el medio para avisar a los suyos que cruzaron la frontera, que ya encontraron trabajo, que esperen la remesa, o que pronto van a regresar. Con su servicio de avisos se convierten en el medio más eficiente para convocar a la asamblea, para enviar avisos de una comunidad a otra, o simplemente para saludar a los familiares, vecinos y paisanos.

Centros de Producción Radiofónica (CPR): Éste es un proyecto que se gestó hace ya varios años. Se trata de pequeñas cabinas dotadas con equipos de grabación básicos, resguardadas, en principio, por una organización productiva, artesanal o cultural avalada por la comunidad. Estos Centros se ubicaron, por lo general, en comunidades lejanas a las instalaciones de las radios, para producir programas que posteriormente se enviarían a la emisora para su difusión. En la actualidad subsisten pocos proyectos y se está buscando revitalizarlos en términos de promover la participación comunitaria. Uno de estos proyectos exitosos es un CPR ubicado en la cárcel de Tlaxiaco, Oaxaca, en el cual se produce un programa que se transmite semanalmente.

Consejos Consultivos: Integrados por autoridades indígenas y por representantes de organizaciones que se encuentran dentro de la cobertura de las radiodifusoras. Sus integrantes se reúnen periódicamente para sugerir y participar en la definición de la barra programática de la emisora. Entre las estaciones de radio que cuentan con consejos consultivos consolidados sobresalen la XECTZ La voz de la Sierra Norte en Cuetzalan, Puebla; la XEETCH La Voz de los Tres Ríos en Etchojoa, Sonora; la XEPET La Voz de los Mayas en Peto, Yucatán; y la XEANT La Voz de las Huaste-

cas en Tancanhuitz, San Luis Potosí. Otras radios están trabajando con la figura de comités de radio en diversas comunidades.

Colaboraciones externas: Se cuenta con colaboradores voluntarios para cubrir diferentes funciones. Estos modelos posibilitan la participación comunitaria en los contenidos de la programación radiofónica y son parte medular del modelo de comunicación que se pretende impulsar.

2.2.7. Proyectos experimentales

Radiodifusoras de baja potencia en albergues escolares indígenas

En 1995 se inició el proyecto de radiodifusoras en albergues escolares, con la instalación de un transmisor de 1 watt fabricado en la radiodifusora XEPET con componentes electrónicos de uso doméstico en el albergue “Alfonso Caso” de Chemax. Posteriormente, en 1996, se reproduce el proyecto en los albergues de Samahil, Yaxcopoil y San Antonio Sodzil. En 1997, el Instituto Nacional Indigenista obtiene los permisos de transmisión para las cuatro emisoras, como radiodifusoras experimentales, y adquiere transmisores de 10 watts para cada una de ellas. Actualmente, la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas es la permissionaria de las radios.

Con el equipo de transmisión actual, el área cobertura de cada emisora es cercana a los 15 kilómetros a la redonda, lo que se traduce en un promedio de entre 10 y 15 localidades por radiodifusora. Su ubicación en el cuadrante es en la banda de frecuencia modulada.

Desde sus inicios, el proyecto considera la participación de los becarios del albergue en la operación de las emisoras, quienes realizan las actividades de locución, programación y producción. Uno de los aspectos relevantes del proyecto es que cada año se renueva el personal que opera las emisoras, pues al terminar el ciclo escolar algunos niños egresados de primaria dejan el albergue y son sustituidos por otros de nuevo ingreso, lo que les permite que tengan la inquietud incursionar en el medio radiofónico. A fines de 2005 los cuatro albergues contarán con centros digitales de información indígena (CDII), con la intención de vincularlos con las radiodifusoras y ampliar el acceso de las comunidades mayas a las tecnologías de información y comunicación (TIC's).

Objetivo General. Contribuir con los procesos educativos y de formación de los becarios de los albergues mediante la capacitación en el uso del medio radiofónico y otras tecnologías de información y comunicación, para que ellos adquieran la capacidad de generar sus propios procesos comunicativos desde una perspectiva de autoafirmación de su identidad cultural maya.

Objetivos específicos. Contribuir a la afirmación de la identidad maya en los becarios. Fomentar el desarrollo de habilidades, actitudes y conocimientos en los becarios que les permitan la operación de las radiodifusoras. Introducir a los becarios en el uso de las TIC's. Vincular a los CDII's con las radiodifusoras, para la generación de contenidos.

Radios con participación indígena comunitaria

En marzo de 2004, la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas obtuvo tres permisos adicionales para operar tres radios con participación indígena comunitaria en las localidades de Zacán, Huecorio y Tingambato. Estas radios son de baja potencia, en FM y representan el antecedente inmediato de los permisos que posteriormente se entregaron a radios comunitarias.

Estas radios son operadas por la propia comunidad, pero supervisadas, asesoradas y apoyadas directamente por la CDI. Es importante señalar que el proceso de instalación de estas radios ha sido lento, por lo que prácticamente un año después de la entrega del permiso iniciaron su operación. En la actualidad, la CDI se encuentra evaluando la viabilidad de este proyecto.

Acceso a nuevas tecnologías (TIC'S)

A partir de 2005, gracias al proyecto e-méxico, 10 radiodifusoras en AM del SRCI y las 4 estaciones experimentales en los albergues de Yucatán cuentan con el acceso a la red, vía antenas satelitales. Actualmente se encuentran en proceso de construcción los Centros Digitales de Información Indígena (CDII) con dos objetivos fundamentales:

- Brindar la posibilidad a la comunidad indígena de las regiones de diseñar y elaborar sus contenidos locales (tanto para radio como sus propias páginas web), a fin de dar a conocer su cultura, su lengua e, incluso, como vehículo para la difusión de sus productos o para el acceso a diversos servicios públicos que ya se encuentran en la red.

- Fortalecer la producción radiofónica de contenidos locales producidos por los corresponsales comunitarios y los Centros de Producción Radiofónica, mismos que con la cobertura de las TIC podrán insertarse en el contexto nacional e internacional.

El acceso a la red vía antenas satelitales permitirá realizar varios proyectos nuevos o recién empezados para mejorar el servicio de y para los pueblos indígenas y abrir nuevos caminos al Sistema de Radiodifusoras Indigenistas. [7]

Estos proyectos son los siguientes:

- Noticiero Nacional “Aquí estamos”, el cual se transmite vía satélite y además está disponible en real audio en la página web de la CDI
- Radio por Internet, la cual ya se encuentra en su fase de prueba.

2.3. XECARH La Voz del Pueblo Ñha-ñhu

Dirección: Col. Buenos Aires, s/n, C.P. 42370, Cardonal, Hidalgo.

Teléfono: 01 (759) 727 01 13, 01 (759) 727 01 14

Horario de transmisión: Diurno de 7:00 a 19:00 horas

Cobertura: Hidalgo, Querétaro, Veracruz, San Luis Potosí

Lenguas en que transmite: Ñha-ñhu, náhuatl y español



La XECARH “La voz del pueblo Ñhañhu”, es una estación radiofónica de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Transmite con 5000 watts de potencia, en el 1480 kHz de la banda de amplitud modulada, desde la cabecera Municipal de Cardonal, Hidalgo. La radio transmite en las lenguas Ñhañhu, náhuatl y español, durante 12 horas diarias todos los días del año. Inició pruebas de transmisión el 16 de julio de 1998 después de un mes, el 1 de agosto de 1998,

se dio a conocer como emisora del Instituto Nacional Indigenista en la región del Valle del Mezquital. Tras un proceso de investigación y consulta que corrió paralelo a las actividades de la instalación, selección de personal y capacitación; la radio fue inaugurada formalmente el 12 de enero de 1999.

La XECARH ocupa el décimo noveno lugar en la fase de expansión del Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas. El impulso de la radiodifusión cultural indigenista, ha permitido la instalación de radiodifusoras de largo y corto alcance en regiones indígenas, donde la demanda se justifica por carecer de medios de comunicación que favorezcan el desarrollo de los Pueblos Indígenas.

Objetivos

- Investigar, documentar, difundir y revalorar el patrimonio cultural y lingüístico de los habitantes de la región.
- La de promover la lengua, la cultura, las tradiciones y la música
- La de contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población.
- Promover y fortalecer la presencia de las organizaciones indígenas como vehículo para el desarrollo libre de los pueblos indígenas en los municipios que abarca la señal del 1480 am.

“La Voz del Pueblo Hñahñu” transmite en las lenguas indígenas Náhuatl y Hñahñu de acuerdo a la parte del Estado de Hidalgo que esta cubriendo, cabe mencionar que en la región del Valle del Mezquital la mayoría de los habitantes son hablantes de la lengua indígena Hñahñu, y en la región huasteca la mayor concentración son hablantes indígenas Náhuatl, pues congrega a cerca de 57 mil practicantes de la lengua. De acuerdo a la importancia el municipio de Iximiquilpan (integrado al Valle del Mezquital) en cuyo perímetro se acogen un poco más de 30 mil otomíes o hñahñus, como ellos prefieren autodenominarse.

Otro municipio con densidad étnica sobresaliente es San Felipe Orizatlán, cuyo conjunto indígena rebasa los 20 mil hablantes de la lengua Náhuatl. En un nivel menor, pero importante, se localizan los municipios de Acaxochitlán, Cardonal y Tlanchinol, todos estos con representación indígena entre 10 mil y 18 mil hablantes de la lengua Hñahñu y Náhuatl.

Existen un buen número de municipios cuya población se compone de importantes núcleos indígenas, variando entre 500 y más de 6 mil habitantes. En este caso destacan: Actopan, Alfajayucan, Chilcuautla, San Salvador, Santiago de Anaya, Tasquillo, Tecozautla, Tepeji del Río y Zimapán, todos ellos integrantes del Valle del Mezquital.

El Náhuatl en su oportunidad, es por supuesto, la lengua indígena más relevante de la entidad, pues hacen uso de ella más de 200 mil personas, especialmente (como ocurre con los otomíes) niños, jóvenes y adultos mayores. En este caso, la zona reconocida como la huasteca hidalguense es en sí, un espacio esencialmente nahuatlato o de hablantes del Náhuatl, en cuyas múltiples comunidades (un poco más de 550) se lleva a efecto un estilo de vida lleno de rasgos peculiares, centrado en las actividades agropecuarias, que generan productos como el maíz, frijol y café, cítricos, chile y lácteos, utilizando para ello, los ejidos o tierras ejidales pertenecientes a cada localidad.

2.3.1. Áreas de la radiodifusora

Vinculación comunitaria. Motiva a toda la población Indígena en actividades culturales así como proponer actividades en las cuales se involucren los pueblos del Valle del Mezquital.

Fonoteca. Las fonotecas pertenecientes a las Radiodifusoras de la CNDI, poseen uno de los acervos sonoros sobre cultura indígenas, más importantes de América Latina.

Biblioteca. Se cuenta con más de 500 libros de acuerdo al inventario realizado en el año 2003. El material es utilizado para que el personal que labora en la emisora realice investigaciones de algunos temas que se transmiten en programas especiales.

Producción radiofónica. Área que se encarga de realizar las grabaciones de todos los programas que se transmiten al aire, el responsable de esta área realiza la redacción, revisión y grabación de guiones en promocionales, identificaciones, rúbricas y cápsulas además de hacer propuestas para los cambios que se realizan en la barra de programación.

Mantenimiento técnico. Área que se encarga de administrar los materiales técnicos y recibir las visitas de inspección por la SCT.

MUNICIPIO	TOTAL	POBLACIÓN INDÍGENA ESTIMADA
1. Agua Blanca.	8,515	7,469
2. Acaxochitlán	36,978	31,707
3. Actopán.	46,010	40,861
4. Alfajayucan	17,018	15,248
5. Ajacuba.	14,507	12,918
6. Arenal	14,223	12,531
7. Atotonilco el grande	25,423	22,441
8. Apan.	39,513	35,026
9. Calnali	16,381	14,443
10. Cardonal	16,943	14,926
11. Chapantongo	11,257	10,077
12. Chapulhuacan.	20,362	17,732
13. Chilcuaula	15,069	13,251
14. Eloxochitlán	3,044	2,739
15. Emiliano Zapata	12,281	10,881
16. Francisco I. Madero	28,492	25,276
17. Ixmiquilpan.	75,833	66,607
18. Jacala.	12,895	77,441
19. Juárez Hidalgo	3,207	2,904
20. Lolotla	9,867	8,710
21. Metztitlán	20,599	18,426
22. San Agustín Metzquititlán	8,803	7,965
23. Mineral del Chico	7,013	6,187
24. Misión, La	11,051	9,700
25. Mixquiahuala de Juárez	35,065	31,100
26. Molango de Escamilla.	10,769	9,516
27. Nicolás Flores.	6,838	6,061
28. Nopala de Villagrán.	14,762	13,170
29. Pacula	5,583	4,889
30. Pisaflores	16,530	13,829
31. Progreso de Obregón.	19,041	17,006
32. San Agustín Tlaxiaca.	24,248	21,448
33. San Felipe Orizatlán.	37,685	32,829
34. San Salvador	28,980	25,741
35. Santiago de Anaya.	13,582	12,081
36. Tasquillo.	16,648	14,774
37. Tlanchinol.	32,265	27,839
38. Tecozautla.	30,970	27,122
39. Tezontepec de Aldama.	38,718	34,180
40. Tetepango	8,935	7,981
41. Tepehuacan de Guerrero	25,880	22,066
42. Tepetitlán	8,498	7,614
43. Tepeji del Río.	67,858	59,532
44. Tianguistengo	13,590	11,962
45. Tula de Allende	86,840	77,763
46. Tlahuelilpan	13,936	12,271
47. Tlahuiltepa	10,425	9,293
48. Tlaxcoapan	22,641	19,990
49. Villa de Tezontepec	8,982	7,875
50. Xochicoatlán	7,519	6,706
51. Zacualtipan	24,933	21,994
52. Zimapán	37,435	33,035
TOTAL	1,144,440	1,075,133
* Cabe mencionar que la señal radiofónica además alcanza parte de los Estados de Veracruz, Querétaro, Puebla, San Luis Potosí, y Estado de México.		

Figura 2.3: Número de habitantes en los municipios con cobertura de la radiodifusora del Cardonal .

2.3.3. Programación

HORA	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7:00-7:30	Himno Nacional, identificación, mañanitas y rancheras					Mañanitas, Rancheras, Cumbias y Huapangos.	
7:30-8:00	El Varista, el vocal de las comunidades Hñahñu.						
8:00-8:30	Boleros, Cumbias, rancheras, Corridos con tríos.					El Varista, el vocal de las comunid.	
8:30-9:00						Ra yo mfeni	
9:00-9:30	Mus. Indígena	Mus. Indígena	Mus. Indígena	Programa. Mus. Indígena	Mus. Indígena	Mariachis	Norteñas en Gral.
9:30-10:00	Hidalgo		Michoacán		Com. Y avance		
10:00-10:30	Mus. Chiapas	Mus. Oaxaca	Son Jarocho	Mus. Guerrero	Mus. Clásica	El niño y su cultura	
10:30-11:00	Poesía	Varios	Canto Nuevo	Trov. Yucateca	Mus. Ranchera		
11:00-11:30	CRUZANDO VEREDAS					Mus. Tropical	Bandas de la Sierra
11:30-12:00	Tríos románticos	Instrumental	Varios	Interpretes de Hgo.	Mus. Michoacán	En el principio	
12:00-12:30	Bandas-Tamboras	Mus. Clásica	Mus. Hñahñu	Vinnuettes	Bandas-Tamboras	Mus .Grupera	La visión del águila
12:30-13:00	El Varista, el vocal de las comunidades Hñahñu.						
13:00-13:30	Aquí Estamos					Interpretes de Hgo.	
13:30-14:00	Sonoras-Daanz.	Norteñas	Polkas	Tríos Huastecos	Varios		
14:00-14:30	Son Cubano	Corridos en gral.	Marimbas	Mariachis	Por Interprete	Vinnuettes	Dos Voces
14:30-15:00	Son Jarocho	Varios	Salsa	Sonoras	Vive y deja vivir	Norteña	
15:00-15:30	Programa de Complacencias"AL RITMO DE ESTE SON"						Mus. Indígena
15:30-16:00							
16:00-16:30	Varios	Duetos	Esta tierra mía	Mus. Latinoam.	Espinas Rodantes	Mus. Latinoam.	Por los Caminos de Nicolás Flores
16:30-17:00			Mus. Popular Urbana	Rock y algo más	Mus. Hñahñu		
17:00-17:30	Programa de Complacencias "VIBRANDO CORAZONES"					Gpos. Electrónicos	Yo se que te acordarás
17:30-18:00							
18:00-18:30	El Varista, el vocal de las comunidades Hñahñu.						
18:30-19:00	Música Variada						

3.1. Sistemas de radiocomunicación

Los sistemas de radiocomunicación emplean el espacio como medio de transmisión, y por lo tanto requieren de transductores para acoplar al transmisor y al receptor con el canal de transmisión. Esto es debido a que en el espacio la información está contenida en ondas electromagnéticas no guiadas. Por lo tanto la función de la antena transmisora es transformar ondas electromagnéticas guiadas en ondas electromagnéticas no guiadas y la antena receptora tiene la función de transformar ondas electromagnéticas no guiadas en ondas electromagnéticas guiadas. Para hacer un buen acoplamiento entre el medio de transmisión con el transmisor y el receptor, se requiere que la señal útil sea introducida en una oscilación senoidal de alta frecuencia.

El proceso de introducir la señal útil en una oscilación senoidal de alta frecuencia se denomina modulación, la señal se nombra moduladora, la oscilación senoidal se denomina portadora y a su frecuencia, frecuencia de la portadora. Este proceso tiene lugar en el transmisor y en el receptor; para recuperar la señal útil o de banda base se requiere realizar una operación contraria, osea extraer la señal de la oscilación de alta frecuencia: A este proceso se le denomina detección o demodulación. Considerando los procesos de modulación y demodulación, el diagrama a bloques de un enlace de radiocomunicación punto a punto se muestra en la figura 5.5.

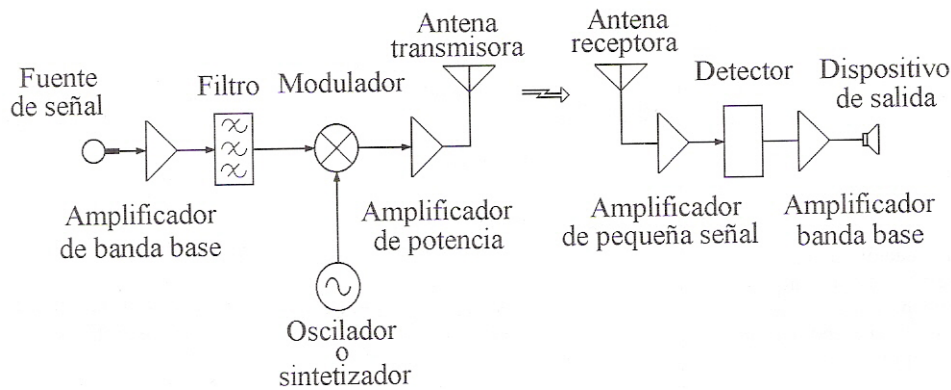


Figura 3.1: Diagrama simplificado de un enlace de radiocomunicación punto a punto.

El bloque de entrada de todo transmisor es la fuente de información, la cual debe proporcionar una señal eléctrica que corresponde a la información que se desea transmitir. La fuente de información puede entregar directamente una señal eléctrica o un fenómeno físico que requiere de un transductor que transforme dicha manifestación en una señal eléctrica. Toda información corresponde a una señal aleatoria, de acuerdo con la teoría de Fourier, en principio, una señal aleatoria tiene un espectro continuo y contiene un número infinito de componentes. En función de la fidelidad con que se requiera recuperar a la información, se puede limitar el ancho de banda de la señal a transmitir: Por ejemplo una señal de audio tiene componentes significativos en la banda de 20 Hz a 20 kHz, pero en función del servicio (fidelidad) se puede limitar el ancho de banda a 3, 5, 15 kHz, si éste es telefónico, de difusión calidad AM o difusión calidad FM respectivamente. Lo anterior implica que en la salida del amplificador de audio se conecte un filtro que limita el ancho de banda de la señal de banda base. El amplificador de banda base (algunas veces denominado incorrectamente de audiofrecuencia) en el transmisor cumple las funciones de acoplamiento de impedancias entre la fuente de señal y el transmisor, y proporciona al modulador los niveles requeridos de la señal moduladora.

La señal con su ancho de banda limitado de acuerdo a la cantidad de distorsión lineal tolerable se introduce al modulador, ya que será la que module a la portadora proporcionada por el oscilador local. Si el transmisor requiere transmitir a una sola frecuencia, el oscilador es de frecuencia constante de alta estabilidad, generalmente controlado con cristal de cuarzo. Cuando el transmisor debe de tener la capacidad de transmitir una portadora en un determinado intervalo del espectro radioeléctrico, el oscilador tiene que ser de frecuencia variable. Debido a que los osciladores

de frecuencia variable son de pobre estabilidad de frecuencia y no pueden satisfacer los requerimientos impuestos por las administraciones del espectro radioeléctrico (la SCT), en la actualidad se emplea un sintetizador de frecuencias en calidad de oscilador de frecuencia variable y de alta estabilidad. La salida del modulador se puede aplicar directamente a la antena transmisora o a través de un amplificador de RF de potencia, para darle el nivel requerido y cubrir el área de servicio.

La antena transmisora se diseña para que sea eficiente radiadora y lo puede hacer en todas direcciones (antenas omnidireccionales) o en una dirección principalmente (antenas direccionales). Ejemplos de sistemas que emplean antenas transmisoras omnidireccionales son los sistemas de difusión y los sistemas móviles terrestres; los sistemas que usan antenas transmisoras direccionales son los sistemas de microondas terrestres y los sistemas de microondas vía satélite. Las antenas omnidireccionales son de baja ganancia ($\approx 3dB$) y las direccionales son de ganancia media (5-15dB) o de alta ganancia ($> 15dB$). El nivel de la potencia acoplado a la antena es función de la longitud del enlace, frecuencia, ancho de banda, sensibilidad del receptor, ganancias de las antenas transmisora y receptora, etc.

La antena receptora se elige para que sea eficiente captadora de la energía electromagnética presente en el punto de colocación de ésta, puede ser omnidireccional o direccional. Ejemplos de un sistema que emplea antenas receptoras omnidireccionales son los sistemas móviles de comunicaciones, ejemplos de sistemas que emplean antenas receptoras direccionales son sistemas de microondas terrestres, sistemas de difusión de televisión y FM, etc.

Una antena receptora no sólo transformará la componente del campo electromagnético incidente, proveniente del transmisor útil en ondas de voltaje y corriente, sino también (puede ser con diferente eficiencia) todas las demás componentes provenientes de otros transmisores y de equipo eléctrico, por lo tanto todo receptor es altamente susceptible a ser interferido.

El amplificador en la entrada del receptor es de pequeña señal, de bajo nivel de ruido y de alta linealidad, y determina varias características importantes del receptor, entre ellas la sensibilidad (capacidad de recibir señales pequeñas) y la robustez contra oscilaciones interferentes. Frecuentemente entre la antena y el amplificador se introduce un circuito para acoplar impedancias y hacer un prefiltrado, con el obje-

to de atenuar a las oscilaciones interferentes con frecuencias alejadas de la portadora.

El objetivo fundamental de todo radiotransmisor es emitir energía electromagnética al medio ambiente, y el de todo radioreceptor es captar parte de la energía electromagnética emitida por el transmisor deseado e incidente en la antena receptora. Por esta razón todos los transmisores de otros sistemas de radiocomunicación son fuentes potenciales de oscilaciones interferentes, y todo radioreceptor es altamente susceptible a ser interferido por oscilaciones interferentes tanto provenientes de transmisores de otros sistemas de radiocomunicación, como por algunas oscilaciones interferentes emitidas por todo dispositivo, equipo o sistema que emplea energía eléctrica para su funcionamiento. A las oscilaciones interferentes provenientes de otros sistemas de radiocomunicación se les denomina intencionales y a las oscilaciones interferentes provenientes de equipo eléctrico y electrónico se denomina no intencionales.

Los sistemas de radiocomunicación se pueden clasificar usando un conjunto de parámetros:

1. **Por la portadora.** Puesto que todos los sistemas de radiocomunicación emplean una portadora para llevar la información a través del medio de transmisión, estos se pueden clasificar de acuerdo a la frecuencia de la portadora.
2. **Por su posición o colocación.**
 - Fijos
 - Móvil
3. **Por el tipo de señal de banda base.** La señal que entrega la fuente de información puede ser analógica o digital. Existe una gran multitud de fuentes de información que proporcionan una señal eléctrica de tipo analógica como microfonos, cámaras de tv, termómetros, medidores de humedad, presión, etc., los que comúnmente son llamados transductores. La señal de banda base puede ser analógica o digital.
4. **Por el tipo de modulación.** Todos los sistemas de radiocomunicación transmiten la información sobre una portadora senoidal, por lo que a éstos se les puede clasificar por la modulación. La oscilación senoidal tiene tres parámetros: amplitud, frecuencia y fase, y en cada uno de ellos se puede introducir la señal de banda base o moduladora. De aquí que existen tres tipos de modulación básicos como:

- Modulación de Amplitud.
- Modulación de Frecuencia.
- Modulación de Fase.

La señal útil que modula a la portadora puede contener una sola información o varias. En el primer caso se tiene un sistema monocanal y en el segundo multicanal. Si las señales son analógicas y el sistema de comunicaciones es también analógico, se requiere emplear dos o más procesos de modulación para transmitir simultáneamente a las diferentes informaciones por un solo transmisor.

3.2. Ventajas de la FM

En general se considera que la FM es superior a la AM, sin embargo, ambas señales pueden transmitir información de un lugar a otro; la FM por lo común ofrece algunas ventajas sobre la AM.

Inmunidad al ruido. La ventaja principal de la FM sobre la AM es su inmunidad superior al ruido, posible por los circuitos recortador y limitador del receptor, que en efecto quitan todas las variaciones del ruido u dejan una señal de amplitud constante de FM. Aún cuando del recorte no resulta una total recuperación en todos los casos, la FM tolera mayor nivel de ruido que la AM para determinada amplitud de portadora. Esto también es cierto para la distorción por corrimiento de fase inducido.

Efecto de Captura. Otra ventaja en la FM es que las señales interferentes en la misma señal se rechazan con eficacia. La acción de los amplificadores limitadores y los métodos de demodulación utilizados en los receptores de FM desarrolla un fenómeno conocido como efecto de captura, que se manifiesta cuando dos o más señales de FM se presentan en forma simultánea en la misma frecuencia. Si una señal es de más del doble en amplitud que la otra, la señal más fuerte captura el canal, eliminando en su totalidad la señal más débil. Por ejemplo, si un conductor viaja en una autopista y escucha con claridad una estación, en determinado lugar, si captura otra estación, pierde por completo la primera. En contraste cuando dos señales de AM ocupan la misma frecuencia, por lo común se escuchan ambas señales, sin considerar su intensidad.

Eficiencia del Transmisor Una de las diferencias entre FM y AM estriba en el uso de los amplificadores. en FM existe un mejor aprovechamiento de la potencia disponible debido al alto nivel de eficiencia de los amplificadores clase C.

Transmisión estereofónica. La transmisión del audio lo realiza a través de dos canales, izquierdo y derecho, lo que permite una mejor calidad auditiva.

3.3. Transmisores de modulación angular

La diferencia fundamental entre transmisores está dada en el modulador, el cual puede ser de amplitud, de frecuencia o de fase.

Una portadora senoidal se puede modificar para transmitir información de un sitio a otro variando su amplitud, frecuencia o corrimiento de fase. La ecuación básica de una onda senoidal es:

$$v = V_p \text{sen}(2\pi ft \pm \theta) \quad (3.1)$$

donde:

V_p = Amplitud máxima de la portadora (volts)

f = Frecuencia de la portadora

θ = Ángulo de fase

Al variar la amplitud de la señal de la portadora, de acuerdo con nuestra señal moduladora se produce AM. Si en una portadora se imprime una señal de información que cambie su frecuencia, se produce FM. Se conoce como modulación de fase, el cambio de corrimiento de fase de una portadora ocasionado por la impresión de la información en ella.

En consecuencia al variar el corrimiento de fase de una portadora también se produce FM, y por lo tanto, FM y PM están muy relacionados. En conjunto se les conoce como *modulación angular*. Como la FM por lo general es superior en rendimiento a la AM, se utiliza con amplitud en muchas áreas de las comunicaciones electrónicas.

En FM la amplitud de la portadora permanece constante mientras que la frecuencia de la portadora cambia por acción de la señal moduladora. Como la amplitud de

la señal de información varía, produce corrimientos proporcionales en la frecuencia de la portadora.

A medida que se incrementa la amplitud de la señal moduladora, aumenta la señal de la portadora. Si la amplitud de la primera decrece, también disminuye la frecuencia de la portadora.

Asimismo puede implementarse la relación inversa. Una disminución de la amplitud de la señal moduladora aumenta la frecuencia de la portadora arriba de su valor central, mientras que un decremento en la amplitud de la moduladora disminuye la frecuencia de la portadora por abajo de su valor central.

A medida que la señal moduladora varía su amplitud, la frecuencia de la portadora varía su valor arriba y abajo de su valor normal o de reposo cuando no hay modulación.

El aumento que la señal moduladora produce en la frecuencia de la portadora se conoce como desviación de frecuencia. La desviación máxima de la frecuencia ocurre en los máximos de la amplitud de la señal moduladora.

La frecuencia de la señal moduladora determina la relación de desviación de frecuencia, o sea, cuántas veces por segundo la frecuencia de la portadora se desvía arriba y abajo de su frecuencia central.

Si la señal moduladora es una onda senoidal de 500 Hz, la frecuencia de la portadora se desvía arriba y abajo de su frecuencia central 500 veces por segundo.

La figura 3.2 c) muestra una señal de FM. Sin señal moduladora, la frecuencia de la portadora es una onda senoidal de amplitud constante en su frecuencia normal de reposo. La señal moduladora de información (figura 3.2 b)) es una onda senoidal de frecuencia baja. [1]

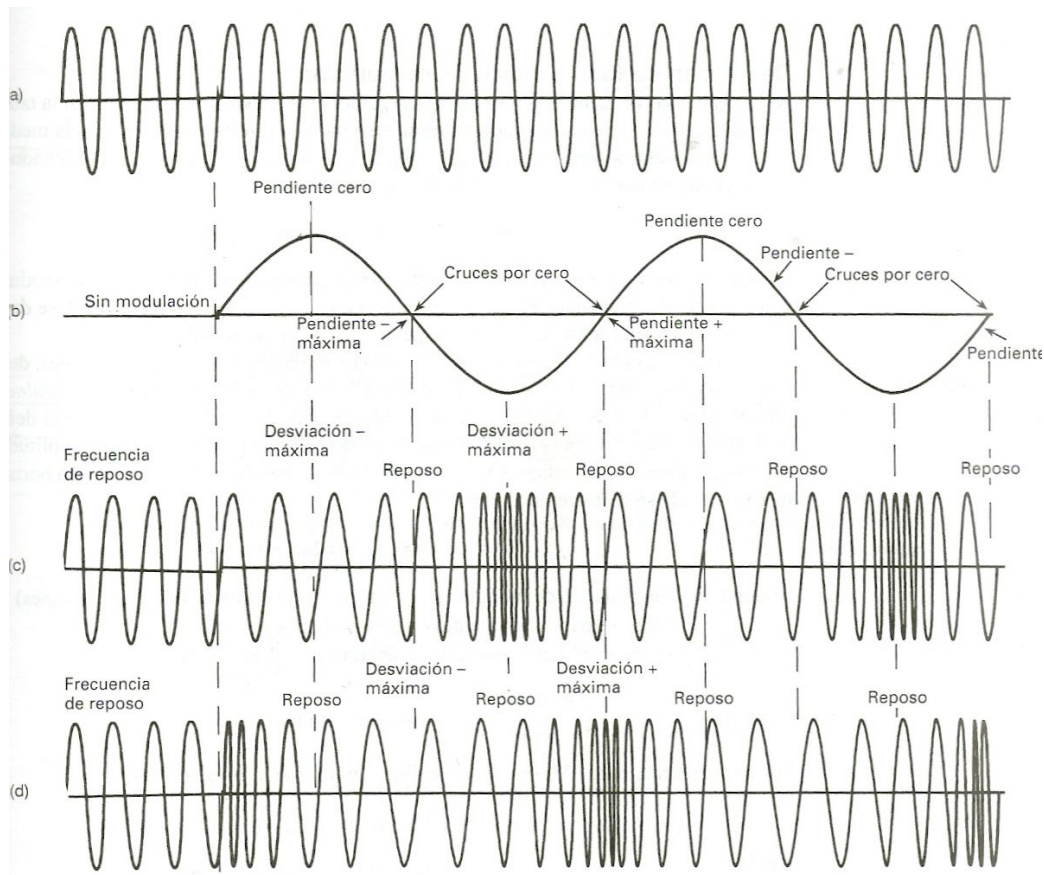


Figura 3.2: (a) Portadora no modulada, (b) Señal moduladora, (c) Onda con frecuencia modulada, (d) Onda con fase modulada.

Sensibilidad a la desviación

Las sensibilidades a la desviación son las funciones de transferencia de salida en función de la entrada de los moduladores, que producen la relación entre qué parámetro de salida cambia con respecto a los cambios especificados a la señal de entrada. Para un modulador de frecuencia, los cambios serían en la señal de salida con respecto en cambios en la amplitud de voltaje de entrada. Para un modulador de frecuencia la sensibilidad a la desviación es representada por $k(Hz/V)$.

Desviación de frecuencia e índice de modulación

La desviación de frecuencia es el cambio de frecuencia que sucede en la portadora cuando sobre ella actúa la frecuencia de la señal moduladora. Se expresa normalmente como un desplazamiento máximo de frecuencia, δ , en hertz. Con FM, la desviación máxima de frecuencia (cambio de frecuencia de la portadora) se efectúa

mediante los picos máximos positivos y negativos de la señal moduladora; es decir, la desviación de frecuencia es proporcional a la amplitud de la señal moduladora. Con la PM, la desviación máxima de frecuencia se efectúa mediante los cruces de la señal moduladora por cero. En ambos casos la rapidez con la que cambia la frecuencia es igual a la frecuencia de la señal moduladora.

Para una FM, la sensibilidad a la desviación se suele expresar en hertz por volt. Por consiguiente, la desviación máxima de frecuencia no es más que el producto de la sensibilidad a la desviación y el voltaje máximo de la señal moduladora y se expresa como sigue

$$\delta = KV_m(Hz) \quad (3.2)$$

Para una portadora con frecuencia modulada, el índice de modulación es directamente proporcional a la amplitud de la señal moduladora, e inversamente proporcional a la frecuencia de la señal moduladora. Así el índice de modulación para FM es

$$m = \frac{KV_m}{f_m}(\text{adimencional}) \quad (3.3)$$

donde

m = índice de modulación (adimencional)

K = sensibilidad a la desviación (rad por seg por volt)

V_m = amplitud máxima de la señal moduladora (volts)

$f_m = \omega_m$ = frecuencia en radianes (radianes por segundo)

Sustituyendo la ecuación 3.3 en 3.2 queda

$$m = \frac{\delta(Hz)}{f_m(Hz)}(\text{adimencional}) \quad (3.4)$$

3.3.1. Modulador básico de FM

Los moduladores de FM pueden verse como osciladores controlados por voltaje, donde el voltaje de control corresponde a la señal útil que modula a la portadora. Como en la salida del modulador se tendrán componentes que no están presentes en la entrada, el modulador de frecuencia tiene que ser un circuito no lineal o lineal

paramétrico. Una representación básica de un VCO como modulador de frecuencia se muestra en la figura 3.3. Un ejemplo podría ser un Modulador de FM con base en un oscilador Colpitts el cual se muestra en la figura 3.4. [6]

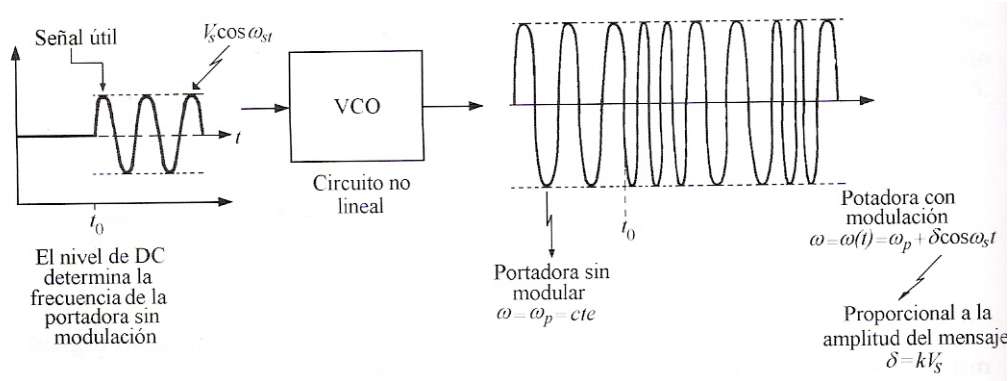


Figura 3.3: Oscilador controlado de voltaje como modulador de frecuencia.

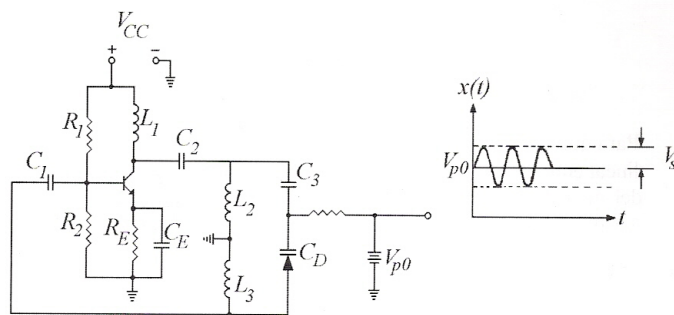


Figura 3.4: Oscilador controlado por voltaje como modulador de frecuencia.

Para satisfacer la relación lineal entre la desviación de frecuencia y la amplitud de la señal modulante, es indispensable que δ sea pequeña. Si por condiciones de robustez contra oscilaciones interferentes se requiere que δ sea grande, es muy indispensable que en el transmisor se introduzca una o varias etapas de multiplicación de frecuencia. En los transmisores de FM y PM suele ser necesario elevar la frecuencia de la portadora modulada, después de haber hecho la modulación, para llegar a la frecuencia deseada de transmisión. [2]

La multiplicación de frecuencia puede lograrse por medio de un circuito no lineal y un filtro cuya frecuencia de resonancia sea igual a la armónica deseada como se ilustra en la figura 3.5.

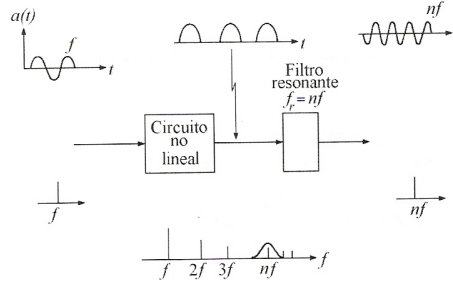


Figura 3.5: Representación de la multiplicación de frecuencia por medio de un circuito no lineal y un filtro resonante.

El valor de N debe de estar entre el intervalo $2 \leq N \leq 10$ debido a que conforme crece el orden de la armónica su amplitud disminuye y a medida que crece N , el factor de calidad requerido del filtro resonante también aumenta. Un ejemplo práctico de un multiplicador es un amplificador resonante clase B o C, donde la frecuencia de resonancia es igual a la armónica deseada como se muestra en la figura 3.6.

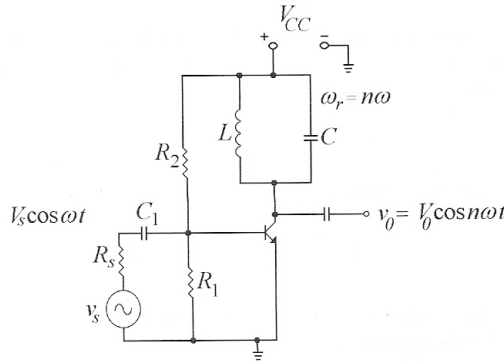


Figura 3.6: Multiplicador de frecuencia por medio de un amplificador clase C y un filtro resonante.

Por la razones anteriores es común encontrar en los transmisores de FM varias etapas de multiplicación para obtener el valor deseado de la desviación de frecuencia.

Otra forma de obtener la amplificación de la desviación de frecuencia, pero que esté libre de las limitaciones del multiplicador armónico (que solo usa múltiplos enteros), es por medio del empleo de un circuito de amarre de fase y un divisor de frecuencia en la red de retroalimentación, como se muestra en la figura 3.7.

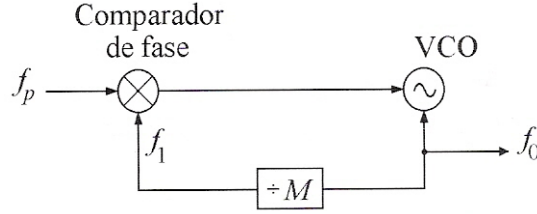


Figura 3.7: Multiplicador de frecuencia por M .

El circuito mostrado en la figura 3.7 se amarra cuando $f_P = f_1$ y la frecuencia de salida es

$$f_0 = M f_1 \quad (3.5)$$

Si la frecuencia f_P cambia al valor f'_P el circuito se amarrará cuando f_1 cambia hasta un valor f'_1 tal que

$$f'_P = f'_1 \quad (3.6)$$

Si $f'_P - f_P$ es δ entonces la frecuencia de salida cambia de f_P a $f_P + M\delta$, o sea la desviación de frecuencia se ve multiplicada por el factor de división del divisor introducido en la red de retroalimentación.

3.3.2. Relación entre modulación de frecuencia y modulación de fase

La fase y la frecuencia están relacionadas por una operación lineal ya sea una integral o una derivada. Por lo que se puede afirmar que si se introduce una modulación de fase a una portadora, ésta sufrirá de manera indirecta modulación de frecuencia, por ello se pueden tratar como una modulación angular. La frecuencia angular es la velocidad de cambio de la fase de la oscilación. [6]

Para hacer compatible PM con FM debe compensarse la desviación que producen por las variaciones de frecuencia de la señal moduladora. Esto puede lograrse al pasar la señal de inteligencia a través de una red RC pasobajas. Ese filtro provoca la atenuación de frecuencias moduladoras más altas. [1]

3.3.3. Espectro de portadoras con modulación angular

Se puede decir que el espectro de una portadora modulada angularmente es más complejo que el espectro de una modulada en amplitud, y por lo tanto, requerirá en general, mayor ancho de banda para transmitir el mismo volumen de información. El

ancho de banda es función del índice de modulación, ya que entre mayor sea éste más no lineal será la operación sobre la señal moduladora, y en consecuencia, la amplitud de las armónicas crecen.

Para encontrar el espectro de la portadora modulada en frecuencia es suficiente determinar el espectro de las amplitudes de las componentes en fase y en cuadratura, después desplazar el espectro de cada una de éstas componentes alrededor de ω_P y finalmente restarlos.

3.3.4. FM de banda ancha y de banda angosta

En la modulación de ángulo se producen varios conjuntos de bandas laterales y, en consecuencia, el ancho de banda puede ser bastante mayor que el de una onda de amplitud modulada con la misma señal moduladora, ya que sólo produce dos bandas laterales.

Al variar la amplitud de la señal moduladora, cambia la desviación de la frecuencia. El número de banda laterales producidas, su amplitud y espaciamiento depende de la desviación de la frecuencia y de la frecuencia moduladora. Como la señal de FM resulta de las frecuencias de las bandas laterales, las amplitudes de éstas bandas deben variar con la desviación de la frecuencia y la frecuencia moduladora si su suma produce una señal de amplitud constante, pero de frecuencia variable FM.

En general, las formas de onda con modulación angular se clasifican como de índice bajo, medio o alto. Para el caso del primero el índice de modulación es menor que 1 y se les llama FM de banda angosta.

La diferencia fundamental entre el espectro de una portadora con modulación de frecuencia de banda angosta y el de una con modulación de amplitud es que la componente lateral inferior está desfasado 180° .

J. R. Carson estableció una regla general para estimar el ancho de banda de todos los sistemas con modulación angular, independiente del índice de modulación, esta regla sólo reconoce la potencia de las bandas laterales más significativas con amplitudes mayores del 2% de la portadora.

Mientras más alto sea el índice de modulación en FM, más grande será el número de bandas laterales significativas u mayor el ancho de banda de la señal.

Regla de Carlson: Si se tiene una portadora modulada en frecuencia, a la cual la señal útil o moduladora le induce una cierta desviación máxima de frecuencia δ_{max} y la frecuencia máxima de la señal útil es f_{smax} , el ancho de banda de la portadora es

$$BW = 2(\delta_{max} + f_{smax})$$

La regla de Carson es una aproximación que da como resultado anchos de banda un poco menores que los determinados con la tabla de funciones de Bessel que se muestra en la figura 3.8. Se verá que un índice de modulación de cero (sin modulación) produce cero frecuencias laterales, y mientras mayor sea el índice de modulación, se producirán más conjuntos de frecuencias laterales.

Índice de modulación	Portadora	Pares laterales de frecuencia													
m	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	J_7	J_8	J_9	J_{10}	J_{11}	J_{12}	J_{13}	J_{14}
0.00	1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.25	0.98	0.12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.5	0.94	0.24	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.0	0.77	0.44	0.11	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.5	0.51	0.56	0.23	0.06	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.0	0.22	0.58	0.35	0.13	0.03	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.4	0	0.52	0.43	0.20	0.06	0.02	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.5	-0.05	0.50	0.45	0.22	0.07	0.02	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—
3.0	-0.26	0.34	0.49	0.31	0.13	0.04	0.01	—	—	—	—	—	—	—	—
4.0	-0.40	-0.07	0.36	0.43	0.28	0.13	0.05	0.02	—	—	—	—	—	—	—
5.0	-0.18	-0.33	0.05	0.36	0.39	0.26	0.13	0.05	0.02	—	—	—	—	—	—
5.45	0	-0.34	-0.12	0.26	0.40	0.32	0.19	0.09	0.03	0.01	—	—	—	—	—
6.0	0.15	-0.28	-0.24	0.11	0.36	0.36	0.25	0.13	0.06	0.02	—	—	—	—	—
7.0	0.30	0.00	-0.30	-0.17	0.16	0.35	0.34	0.23	0.13	0.06	0.02	—	—	—	—
8.0	0.17	0.23	-0.11	-0.29	-0.10	0.19	0.34	0.32	0.22	0.13	0.06	0.03	—	—	—
8.65	0	0.27	0.06	-0.24	-0.23	0.03	0.26	0.34	0.28	0.18	0.10	0.05	0.02	—	—
9.0	-0.09	0.25	0.14	-0.18	-0.27	-0.06	0.20	0.33	0.31	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01	—
10.0	-0.25	0.05	0.25	0.06	-0.22	-0.23	-0.01	0.22	0.32	0.29	0.21	0.12	0.06	0.03	0.01

Figura 3.8: Funciones de Bessel de primera clase, $J_n(m)$

La FCC junto con otros organismos como la SCT en México han asignado una banda de frecuencias de 20 MHz al servicio de emisiones de FM, que va de los 88 a los 108 MHz. Esta banda de 20 MHz se divide en canales de 100 y 200 KHz de ancho que comienzan en 88.1 MHz; es decir 88.3 MHz, 88.5 MHz y así sucesivamente. Para obtener una música de alta calidad y confiable, la desviación máxima de frecuencia permitida es 75 KHz con una frecuencia máxima de señal moduladora de 15 KHz.

3.3.5. Potencia promedio de una onda de modulación angular

La potencia total en la onda con modulación angular es igual a la potencia de la portadora no modulada, es decir las bandas laterales no agregan potencia a la señal modulada compuesta. Por consiguiente, la potencia que habia en la portadora no modulada se redistribuye entre la portadora y sus bandas laterales.

La potencia promedio es independiente de la señal moduladora, del índice de modulación y de la desviación de frecuencia. La ecuación de la potencia promedio en la portadora no modulada es

$$P_c = P_t = \frac{V_c^2}{2R} W \quad (3.7)$$

donde

P_c = Potencia de la portadora (Watts)

P_t = Potencia promedio de la onda modulada

V_c = Voltaje máximo de portadora no modulada (Volts)

R = Resistencia de carga (Ohms)

La potencia de la portadora modulada es la suma de las potencias de la portadora y de los componentes de frecuencias de banda lateral. Por consiguiente, la potencia total de la onda modulada es

$$P_t = P_0 + P_1 + P_2 + P_n \quad (3.8)$$

$$P_t = \frac{V_c^2}{2R} + \frac{2V_1^2}{2R} + \frac{2V_2^2}{2R} + \frac{2V_n^2}{2R} \quad (3.9)$$

donde

P_t = Potencia total (watts)

P_0 = Potencia de la portadora modulada (watts)

P_1 = Potencia en el primer conjunto de bandas laterales (watts)

P_2 = Potencia en el segundo conjunto de bandas laterales (watts)

P_n = Potencia en el n-ésimo conjunto de bandas laterales (watts)

3.3.6. Robustez de la modulación angular contra ruido y oscilaciones interferentes

Las ventajas de emplear modulación angular en lugar de usar modulación de amplitud son: mayor robustez a oscilaciones interferentes de carácter pulsante al ruido y a las distorsiones no lineales.

Efecto de oscilaciones interferentes pulsantes

Supongase que en un lugar dado se tienen 2 sistemas de recepción, uno es de FM y el otro de AM y que en la señal además de la portadora se tiene una oscilación interferente con carácter pulsante, la cual se añade a la portadora en amplitud. Cuando en el receptor de AM se tiene un control automático de ganancia el valor medio de la portadora es casi constante y sólo se puede reducir la amplitud de la oscilación interferente (y no eliminar) si se conoce el valor pico a pico de la portadora modulada. Como la información está contenida en la envolvente ésta sufrirá una distorsión. En el caso de la portadora con modulación angular, la información está contenida en el ángulo y no en la amplitud por lo que se puede emplear un limitador de amplitud y eliminar por completo de la oscilación interferente en la señal en banda base.

Efecto del ruido blanco en portadoras con modulación angular

Entre mayor sea el ancho de banda para transmitir una señal con un determinado intervalo de frecuencias, mayor será la desviación de frecuencia introducida por la señal moduladora y más se reducirá el efecto del ruido. La FM de banda ancha es más robusta contra el ruido que la FM de banda angosta.

Preénfasis y Deénfasis

En sistemas de modulación angular la relación señal a ruido a la salida del receptor se puede mejorar si el nivel de la modulación (en el transmisor) se amplifica en el extremo superior del espectro (por ejemplo audio) esto se llama preénfasis, y se atenúa a altas frecuencias a la salida del receptor, lo cual se conoce como deénfasis. La preénfasis - deénfasis mejora la relación de señal a ruido a la salida del receptor. [6]

Una red de preénfasis es un filtro pasaaltas, es decir un diferenciador, y una red de deénfasis es un filtro pasa bajas, o sea un integrador. [2]

3.3.7. Moduladores de Frecuencia

La diferencia principal entre los moduladores de frecuencia y los de fase estriba en si cambia la frecuencia o la fase de la portadora, en forma directa, debido a la señal moduladora, y de cuál propiedad cambia en forma indirecta. Cuando la señal de información modifica la frecuencia del oscilador de portadora, resulta la FM directa (PM indirecta). Cuando la señal de información modula la fase de la señal portadora, resulta la PM directa (FM indirecta).

La desventaja primaria de la FM directa es que se deben sintonizar osciladores LC, relativamente inestables, para producir la frecuencia de portadora, lo cual excluye el uso de osciladores de cristal. Por lo anterior, la FM directa requiere la adición de algún tipo de circuito de control automático de Frecuencia para mantener la frecuencia de la portadora dentro de los estrictos límites de estabilidad de frecuencia de la FCC. La ventaja obvia de la FM directa es que se obtienen desviaciones relativamente altas de frecuencia e índice de modulación debido a que los osciladores son inherentemente inestables.

Moduladores directos de FM

Hay tres métodos comunes para producir modulación directa de frecuencia:

1. **Con moduladores de diodo varactor.** Los circuitos de mayor importancia actual son varactores, osciladores a cristal controlados por varactor y los moduladores de fase por transistor o varactor. También son muy populares porque son sencillos de usar, son confiables y tienen la estabilidad de un oscilador a cristal, sin embargo, ya que se usa un cristal, la desviación máxima de frecuencia se limita a valores relativamente bajos. En consecuencia, se usan principalmente en aplicaciones de bajo índice.
2. **Con moduladores de reactancia de FM.** A los moduladores de FM que emplean un capacitor fijo y un transistor para simular a una capacitancia variable se denominan moduladores de reactancia. Su objetivo es hacer que un elemento activo se comporte como una reactancia ya sea capacitiva o inductiva. Utilizan un JFET como dispositivo activo, ya que el JFET se ve como una carga de reactancia variable desde el circuito tanque LC. Su limitación principal es su pobre estabilidad de frecuencia y no se puede emplear en los transmisores de FM de sistemas de Telecomunicaciones.

3. **Con moduladores de FM directa en circuito integrado.** Los osciladores controlados por voltaje en circuito integrado lineal y los generadores de función pueden generar una forma de onda de salida de FM directa que es relativamente estable, exacta y directamente proporcional a la señal moduladora de entrada. La desventaja principal de usar VCO y generadores de función en circuito integrado lineal para modulación directa de FM es su baja potencia de salida y la necesidad de otros componentes externos más para que funcionen.

3.3.8. Transmisores de frecuencia

El transmisor es la unidad electrónica que acepta la señal de información que se transmitirá y la convierte en una señal de radiofrecuencia capaz de transmitirse a muy grandes distancias. Utilizan circuitos como osciladores, amplificadores, multiplicadores de frecuencia, redes de acoplamientos de impedancias y circuitos de procesamiento de voz.

Para los sistemas de índice intermedio y alto, el oscilador no puede ser de cristal, porque la frecuencia a la que oscila un cristal no se puede variar mucho. Como resultado, la estabilidad de los osciladores en los transmisores directos de FM no cumplen, a menudo, con las especificaciones de la FCC. Para resolver éste problema se usa el control automático de frecuencia AFC, el cual compara la frecuencia del oscilador de la portadora (no de cristal) con un oscilador de cristal de referencia y produce un voltaje de corrección proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias. El voltaje de corrección se retroalimenta al oscilador de la portadora para compensar en forma automática cualquier error que se pueda presentar.

1. **Transmisor directo de FM de Crosby.** Una forma de superar la limitación de la pobre estabilidad de la portadora cuando se emplean moduladores de reactancia es usar un oscilador de referencia. El modulador de frecuencia puede ser uno de reactancia o un oscilador controlado por voltaje seguido de un circuito de seguimiento de frecuencia.
2. **Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada.** Un ejemplo es un transmisor de FM de banda amplia que usa un lazo de fase cerrada para lograr una estabilidad como de cristal con un oscilador maestro de VCO y, al mismo tiempo, generar una señal de salida de FM de banda ancha e índice alto. La frecuencia de salida del VCO se divide entre N y se retroalimenta

al comparador de fase PLL (lazo de fase cerrada) donde se compara con una frecuencia estable de referencia de un cristal. El comparador de fases genera un voltaje de corrección que es proporcional a la diferencia entre las dos frecuencias. Este voltaje de corrección se suma a la señal moduladora y se aplica a la entrada del VCO. El voltaje de corrección ajusta la frecuencia central a su valor correcto. De nuevo, el filtro pasabajas evita que los cambios en la frecuencia de salida del VCO, debidos a la señal moduladora se conviertan en un voltaje, se retroalimenten al VCO y borren la modulación. El filtro tambien evita que se cierre el lazo a una frecuencia lateral. En la figura 3.9 se muestra éste tipo de transmisor.

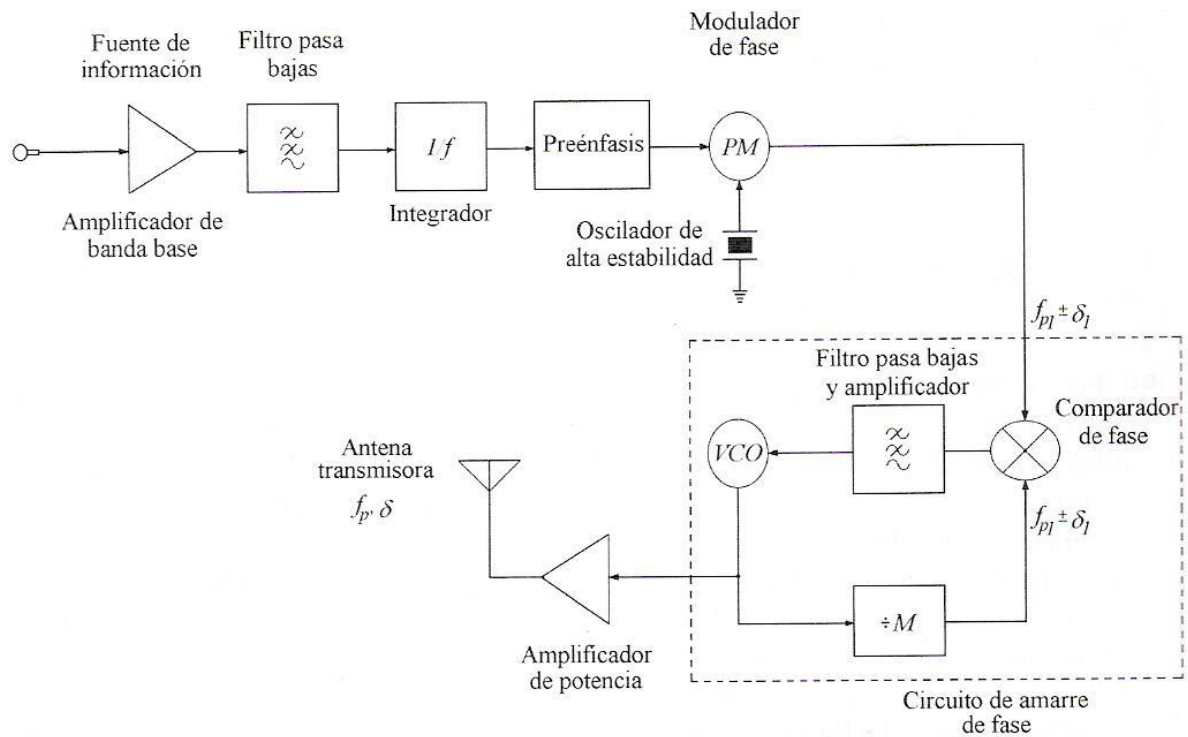


Figura 3.9: Transmisor directo de FM con lazo de fase cerrada.

3.4. Sistema de antena de dipolo

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y capturar ondas electromagnéticas. La energía radiada se propaga alejándose de la antena en forma de ondas electromagnéticas transversales. Para irradiar más energía tan solo se apartan los conductores, con lo cual se obtiene un dipolo.

3.4.1. Resistencia de radiación

La línea de transmisión se conecta en el centro, ahí el dipolo tiene una impedancia de 73Ω , la cual representa la resistencia de radiación. En la frecuencia de resonancia la antena aparece como resistencia pura de 73Ω . Para una transferencia máxima de potencia es importante que la impedancia de la línea de transmisión sea igual a la de la carga. Un cable coaxial de 73Ω como el RJ-59/u es una línea de transmisión perfecta para una antena dipolo.

3.4.2. Eficiencia de la antena

La *eficiencia de la antena* nos indica cuánto de buena es ésta emitiendo la señal y cuánto de bien está adaptada a una línea de transmisión, o bien, es la relación de la potencia irradiada por ella entre la suma de la potencia irradiada y la potencia disipada, o la relación de la potencia irradiada por la antena entre la potencia total de entrada. En terminos de resistencia y de corriente, la eficiencia de la antena es:

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{ent}} * 100 \quad (3.10)$$

donde

$$\begin{aligned} \eta &= \text{eficiencia de la antena (porcentaje)} \\ P_{rad} &= \text{Potencia irradiada (watts)} \\ P_{ent} &= \text{Potencia de entrada (watts)} \end{aligned}$$

3.4.3. Ganancia

La ganancia de una antena es su capacidad para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección y se expresa como la relación de la salida efectiva radiada, P_{sal} , con la potencia de entrada, P_{ent} . La potencia efectiva radiada es la potencia actual que tendría que radiar una antena de referencia (en general una antena no direccional o dipolo), para producir la misma intensidad de señal en el receptor que produce la antena actual. La ganancia de la antena se expresa en dB.

$$dB = 10 \log \frac{P_{sal}}{P_{ent}} \quad (3.11)$$

3.4.4. Polarización

Una de las formas de montaje de la antena dipolo puede ser en forma vertical en cuyo caso el campo eléctrico será perpendicular a la tierra lo cual hace que su polarización sea vertical. Este montaje es común en frecuencias más altas (VHF y UHF), donde las antenas son más cortas y fabricadas de tubos autosoportados.

3.4.5. Patrón de radiación

El patrón de radiación de cualquier antena es la forma de energía electromagnética radiada de o recibida por la antena. En el caso de una antena dipolo tiene forma de dona y el dipolo se localiza en el centro. Para un observador que mira hacia abajo en la parte de arriba del dipolo, el patrón de radiación aparecería en forma de ocho.

3.4.6. P.R.A.

Potencia Radiada Aparente en Watts. Es el resultado del producto de la potencia suministrada a la antena transmisora por la ganancia en potencia de la misma, en una dirección dada, relativa a un dipolo de media onda. También se puede expresar en dB y considerando las pérdidas en la línea de transmisión quedaría de la siguiente forma:

$$P.R.A. = P_{equipo} - Perdidas + G(dBd) \quad (3.12)$$

3.4.7. Altura del sistema radiador

La altura adecuada para el sistema radiador nos ayudará a resolver correctamente el problema según el propósito de la estación. Es preferible usar antenas altas que una potencia muy elevada. Además se procurará que alrededor del sitio elegido no existan edificios o colinas que su altura provoquen efectos de sombra en el área de servicio de la estación o reduzcan considerablemente la intensidad de la señal en una dirección particular, por lo que es necesario comprobar que haya línea de vista.

3.4.8. Cálculo de áreas de servicio

Las áreas de servicio están delimitadas por los contornos de intensidad del campo de 60 dBu ($1000\mu V/m$) y 54 dBu ($500\mu V/m$). Los contornos se denominan contornos A y B respectivamente.

El contorno de 60 dBu indica solamente la extensión aproximada de cobertura sobre terreno promedio en ausencia de interferencia y el de 54 dBu, la extensión aproximada del área rural que podría servirse. Bajo condiciones reales, la verdadera cobertura puede variar considerablemente de los valores estimados, ya que el terreno sobre cualquier trayectoria regularmente difiere del terreno promedio.

3.4.9. Métodos de predicción de áreas de servicio

Todos los métodos de predicción para determinar los contornos de áreas de servicio de un estación de radiodifusión modulada en frecuencia toman en consideración las características topográficas del terreno que rodea el lugar de instalación de la antena transmisora.

Existen formas de predicción que se pueden obtener mediante el empleo de curvas experimentales publicadas mundialmente. Dos de éstos métodos son el CCIR Rec. 370 (50,50) y el Longley-Rice. El primero por ejemplo se describe a continuación:

ALCANCE DE UNA ESTACIÓN DE F.M.

La Norma señala como mínimo nivel de intensidad de campo eléctrico el de 500 μ V/m. Los receptores de los vehículos automotrices captan hasta 5 μ V/m.

La intensidad de campo eléctrico es la unidad de medida que se utiliza en Radiodifusión para determinar la Potencia Radiada y el alcance de la estación de radio.

Para efecto de realizar el Procedimiento para Pronosticar la Áreas de servicio, se utilizan las Normas Oficiales Mexicanas para Estaciones de Radiodifusión Sonora Moduladas en Frecuencia, NOM-02-SCT1-93, según publicación del Diario Oficial del 1 Febrero de 2000 y 22 de Mayo de 2000, Apéndice A, Curvas de Propagación F(50,50) canales de FM, que se refiere a la Intensidad de Campo para canales de FM preponderante en un 50 % de localizaciones potenciales del receptor en al menos 50 % del tiempo para una altura de la antena receptora de 30 pies (9.14 mts).

Los pasos que se siguen para éste procedimiento son los siguientes:

1. Obtener las alturas del terreno cada 500 m en un radio de 16 km y considerando 8 vectores a 45°, empezando por el 0° como norte y siguiendo las manecillas del reloj. Basarse en las cartas topográficas regionales del INEGI.

2. Tabular los resultados de las alturas, como se muestra en la figura 3.10

VECTOR(")	0	45	90	135	180	225	270	315
DIST(KM)								
0.5								
1								
1.5								
-								
-								
16.00								
SUMA								
PROMEDIO								

Figura 3.10: Tabla 1: Ejemplo de la tabulación de las alturas.

3. Dibujar los perfiles de cada uno de los 8 vectores, para después trazar las líneas de vista que nos indicarán las zonas de sombra.
4. Elaborar una segunda tabla llamada “Tabla de Predicciones” como la que se muestra en la figura 3.11, y considerando el llenado de las columnas de la siguiente manera:

P.A.R. = Potencia Radiada Aparente = (Pot Tx)(Gan Ant)(Efic. lin Tx)

F1 = altura del terreno promedio = $\frac{\Sigma PROMEDIOS}{8}$ (m)

F2 = altura sobre el nivel del mar del lugar de la instalación (m)

F3 = altura del centro de radiación de la antena y el lugar de la instalación

F4 = altura del centro de radiación de la antena con respecto a el terreno

promedio entre 3 y 16 km de los radiales considerados = F2 + F3 - F1

F5 = centro eléctrico = F2 + F3.

Columna 1: Vector.

Columna 2: Transcribir los datos de la última fila de la tabla 1 de la figura 3.10, Fila: Promedio.

Columna 3: Para cada columna restar el valor del centro eléctrico (F5) - el *PROMEDIO* de cada columna, de la Tabla 1.

Columna 4: Anotar el resultado de la fórmula de la Potencia Aparente Radiada en los 8 espacios.

Columnas 5 y 6: Utilizar las Curvas de Propagación F(50,50) Canales FM del apendice C, de la NOM-02-SCT1-93, junto con la reglilla deslizable del apendice D.

Para cada Fila, buscar en el eje X de la figura que se encuentra en el apéndice C, el numeral 3 de la Tabla 2. Colocar verticalmente el filo de la reglilla en el valor indicado en el eje X. Hacer coincidir la marca horizontal de $40 \mu \text{ V/m}$ (valor normalizado para 1 kw), correspondiente al eje Y, con el valor de la reglilla de la P.A.R. utilizada (numeral 4 de la Tabla 2).

En esta posición, leer en las curvas, los valores correspondientes a las distancias según los contornos de 1 m V/m y $500 \mu \text{ V/m}$, numerales 5 y 6, respectivamente, de la Tabla 2, los cuales están tabulados en millas y deberán de convertirse a km. De esta forma llenar el resto de la tabla. Por último en la figura del apéndice E podremos ver la relación de la altura de la antena sobre el nivel promedio de terreno contra la potencia de nuestra señal.

1 RADIAL (°)	2 altura promedio (m)	3 altura promedio del centro de Radiación de la antena (m)	4 Potencia Radiada (kw)	5 Alcance al contorno de 1 mV/m (Km)	6 Alcance al contorno de 0.5 mV/m (Km)
0					
45					
90					
135					
180					
225					
270					
315					

Figura 3.11: Tabla 2: Tabulación de las predicciones para los contornos de intensidad de campo.

CAPÍTULO 4

Recepción Satelital

Los satélites de comunicación pueden recibir y enviar desde el espacio ondas de radio en cualquier dirección. Un sistema satelital se comporta como una estación repetidora situada en el espacio, al que se conectan estaciones terrestres por medio de enlaces de microondas.

4.1. Composición de un Sistema Satelital

El actual tema nos dará una perspectiva sintetizada de la composición de un sistema satelital. Para su mejor comprensión, se estudiará en tres secciones básicas: el enlace de subida, el transpondedor y el enlace de bajada.

4.1.1. Enlace de subida

El principal componente de la sección de enlace de subida de un sistema satelital es la estación terrestre transmisora. Una estación transmisora terrestre suele consistir de un modulador de FI, un convertidor elevador de frecuencia de FI a microondas RF, un amplificador de alta potencia (HPA, de high-power amplifier) y algún medio de limitar la banda del espectro final de salida (es decir, un filtro pasabandas de salida). La figura 4.1 muestra el diagrama de bloques de un transmisor de estación terrestre. El modulador de FI convierte las señales de banda base que entran a una

frecuencia intermedia modulada FM, PSK o QAM. El convertidor elevador, que es un mezclador y filtro pasabandas, convierte la FI a una RF adecuada de portadora. El HPA proporciona la sensibilidad adecuada de entrada y la potencia de salida para propagar la señal hasta el satélite transpondedor. Los HPA que se suelen usar son klystrones y tubos de onda viajera.

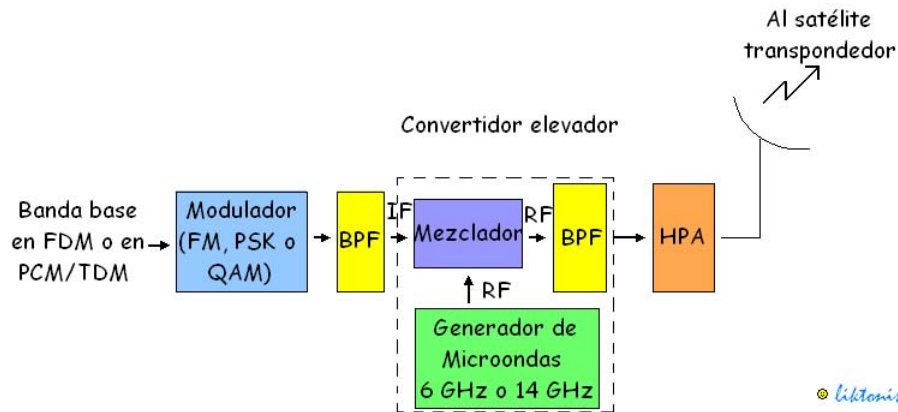


Figura 4.1: Transmisor de la Estación Terrena.

4.1.2. Transpondedor

Un *transpondedor* satelital consiste es un dispositivo limitador de banda de entrada (filtro pasabandas), un amplificador de bajo ruido (LNA, de low-noise amplifier) de entrada, un desplazador de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasabandas de salida. La figura 4.2 muestra un diagrama de bloques simplificado de un transpondedor satelital. Este transpondedor es una repetidora RF a RF. Otras configuraciones del transpondedor son repetidoras de FI y de banda base, parecidas a las que se usan en las repetidoras de microondas. En la figura 4.2, el BPF de entrada limita el ruido total aplicado a la entrada del LNA. Un dispositivo que se usa con frecuencia como LNA es un **diodo túnel**. La salida de LNA se alimenta a un desplazador de frecuencias, que es un oscilador de desplazamiento y un BPF, que convierte la frecuencia de banda alta del enlace de subida, en frecuencia de banda baja del enlace de bajada. El amplificador de potencia de bajo nivel, que suele ser el tubo de onda viajera, amplifica la señal de RF para su transmisión por el enlace de bajada, hacia las estaciones receptoras terrestres. Cada canal satelital de RF requiere un transpondedor por separado.

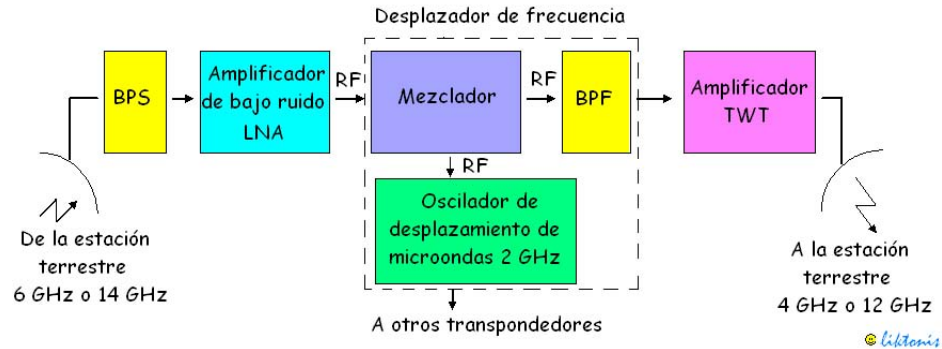


Figura 4.2: Diagrama de un Transpondedor Satelital.

4.1.3. Enlace de bajada

Un receptor en la estación terrestre comprende un BPF de entrada, un LNA y un convertidor descendente de RF a FI. La fig. 4.3 muestra un diagrama de bloques de un receptor típico de estación terrestre. También aquí, el BPF limita la potencia de entrada de ruido al LNA. Este es un dispositivo de gran sensibilidad y bajo ruido, como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor descendente de RF a FI es una combinación de mezclador y filtro pasabandas, que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia FI.[2]

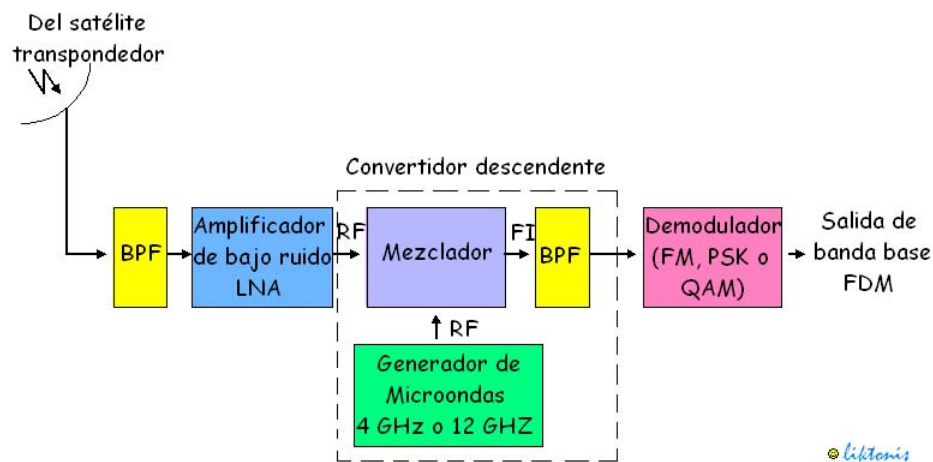


Figura 4.3: Receptor de la Estación Terrena.

El enlace de bajada es parte clave del proyecto, por ello en lo sucesivo sólo éste tema se analizará detalladamente.

4.2. Bandas de frecuencias satelital

Este conocimiento nos dá la oportunidad de determinar sobre que bandas de frecuencias se transmite o se recibirá la información, ya que para evitar interferencias entre los dos haces, las frecuencias de ambos son distintas. Las frecuencias del haz ascendente son mayores que las del haz descendente, debido a que cuanto mayor sea la frecuencia se produce mayor atenuación en el recorrido de la señal, y por tanto es preferible transmitir con más potencia desde la tierra, donde la disponibilidad energética es mayor.

Concretamente, las *bandas de frecuencia* más utilizadas en los sistemas de satélites son:

- **Banda P.** 200-400 MHz
- **Banda L.** 1530-2700 MHz. (Comunicaciones Móviles) Ventajas: Las grandes longitudes de onda pueden penetrar a través de las estructuras terrestres; precisan transmisores de menor potencia. Inconvenientes: poca capacidad de transmisión de datos.
- **Banda S.** 2700-3500 MHz. (Móviles/Reservada)
- **Banda C.** 3700-4200 MHz, 4400-4700 MHz, 5725-6425MH. (Comercial)
- **Banda X.** 7900-8400 MHz. (Reservada)
- **Banda Ku.** En recepción 11,7-12,7 GHz, y en transmisión 14-17,8 GHz. Ventajas: longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos. Inconvenientes: la mayoría de las ubicaciones están adjudicadas. (Comercial)
 - **Banda Ku1.** 10.7-11.75 GHz (Banda PSS)
 - **Banda Ku2.** 11.75-12.5 GHz (Banda DBS)
 - **Banda Ku3.** 12.5-12.75 GHz (Banda Telecom).
- **Banda Ka.** 17.7-21.2 GHz. Ventajas: amplio espectro de ubicaciones disponible; las longitudes de onda transportan grandes cantidades de datos. Inconvenientes: son necesarios transmisores muy potentes; sensible a interferencias ambientales.
- **Banda K.** 27.5-31 GHz. (Radioenlaces/Microondas) [11]

4.3. El enlace satelital

El actual tema nos permite entender cómo se puede transmitir y recibir la señal exitosamente, pero especialmente la de recepción es causa de estudio de nuestro proyecto.

4.3.1. Nociones Básicas

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después de que son procesadas en el satélite, las transmiten de regreso a la tierra, concentradas en un haz de potencia. Las antenas que se utilizan son de reflector parabólico porque proporcionan ganancias y directividades extremadamente altas.

La *eficiencia* de una antena nos indica cuánto de buena es ésta emitiendo la señal y cuánto de bien está adaptada a una línea de transmisión. La eficiencia total de una antena se puede representar por

$$\eta = \eta_{ap}\eta_{sp}\eta_{\Omega}\eta_b\eta_{\varepsilon}\eta_{po} \quad (4.1)$$

Donde

η_{ap} = factor de gradiente de iluminación o eficiencia de abertura

η_{sp} = factor de desbordamiento de reflector.

η_{Ω} = factor por pérdidas óhmicas y ondas estacionarias.

η_b = factor de obstrucción causada al reflector por el alimentador y su soporte

η_{ε} = factor de irregularidades de la superficie del reflector.

η_{po} = factor de polarización cruzada por acoplamiento a la polarización ortogonal.

Los valores típicos de la eficiencia de la antena están entre 0.6 y 0.75 para las antenas más grandes y perfeccionadas y entre 0.5 y 0.6 para las aplicaciones menos críticas.

La *ganancia* de una antena es su capacidad para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección o es la relación entre la potencia que tendría que

generar una antena isotrópica y la que genera la antena en consideración para que ambas produjeran la misma densidad de flujo de potencia en la misma dirección y distancia y está representada en su fórmula universal como:

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi\eta A_i}{\lambda^2} \quad (4.2)$$

Donde

$\lambda = c/f$ = Longitud de onda a la frecuencia central de la portadora considerada

$A_e = A_i\eta$ = Área efectiva o apertura efectiva

A_i = Área de intercepción equifase

η = Factor de eficiencia que generalmente tiene un valor entre 0.5 y 0.7

En el caso de un reflector parabólico con abertura circular de diámetro D y por tanto $A_i = \pi D^2/4$

$$G = \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (4.3)$$

o bien

$$G = 10 \log \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \rightsquigarrow (dB) \quad (4.4)$$

Las antenas tienen un haz principal con un lóbulo de radiación con máxima ganancia y muchos lóbulos de radiación menores que producen radiación indeseable capaz de causar interferencias a otros sistemas y de recibir ruido e interferencias. La figura 4.4 muestra gráficamente la ganancia relativa que tendría una antena hipotética en todas las direcciones de un plano virtual que contenga a su eje.

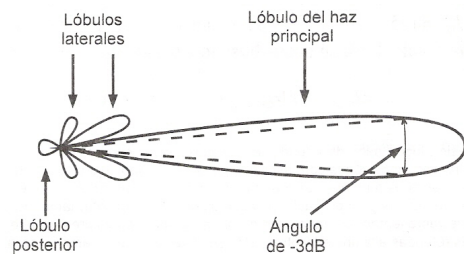


Figura 4.4: Directividad de una antena mostrando un modelo o diagrama de radiación simétrico alrededor de su eje, en representación polar logarítmica.

El *ancho del haz principal* se define como el ángulo existente entre los 2 puntos del haz en que la potencia se ha reducido a la mitad o cuyos niveles son de -3dB debajo del pico del mismo.[14]

Para una antena parabólica, éste ángulo se puede calcular por medio de:

$$\theta_{1/2} = k \frac{\lambda}{D} \rightsquigarrow (\text{grados}) \quad (4.5)$$

Donde

D = Diámetro del reflector

λ = Longitud de onda

k = Generalmente 70 para antenas pequeñas

La directividad del lóbulo principal junto con la de los lóbulos laterales completa los aspectos de *directividad* de la antena que pueden representarse por medio de diagramas de radiación. En transmisión es mayor la proporción de la potencia que se encuentra en el lóbulo principal que en todos los laterales juntos y en recepción la posibilidad de captar energía presenta la misma distribución.

La UIT en su recomendación 580-2 señala las limitaciones, que deben tener como objetivo de diseño los diagramas de radiación de las nuevas antenas de las estaciones terrenas que funcionen con satélites geoestacionarios, representados en la figura 4.5.

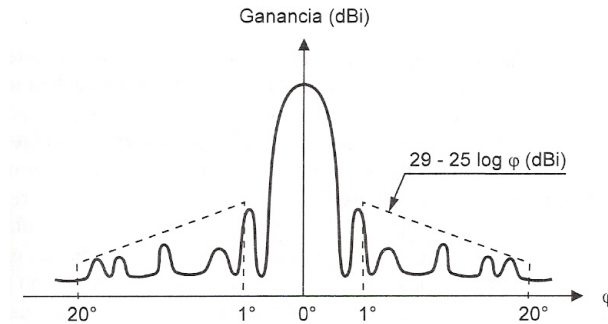


Figura 4.5: Limitaciones a la radiación de lóbulos laterales para relaciones de D/λ iguales o superiores a 100.

En este establece como objetivo de diseño que para antenas con relación D/λ igual o mayor de 100 la ganancia de las crestas de por lo menos el 90 % de los lóbulos laterales no exceda de $29 - 25 \log \varphi \text{ (dBi)}$, siendo φ el ángulo respecto del eje de la antena en la dirección de la órbita. Este requisito debe cumplirse para $1^\circ \leq \varphi \leq 20^\circ$ y para cualquier ángulo en dirección perpendicular a la órbita igual o menor a 3° . Para D/λ entre 35 y 100, la ganancia de cuando menos el 90 % de las crestas no

exceda de $49 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \varphi$ (dBi) dentro de los límites $1^\circ \leq \varphi \leq 7^\circ$ y los mismos 3° en dirección perpendicular a la órbita. La intención de esto es permitir el mayor número de satélites geoestacionarios con el menor espaciado entre ellos sin causarse interferencias.

Ahora bien, comparando las ecuaciones 4.3 y 4.5 se aprecia que mientras mayor es D/λ mayor es la ganancia de la antena y menor la anchura del haz. Por tanto, de ésta forma concluimos que cuanto más grandes son las antenas, mayor es su ganancia, irradian con niveles muy altos de densidad de potencia y concentran la energía en un haz electromagnético muy angosto, el cual es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas, ya que las eléctricas es igual a la dimensión física (diámetro del reflector) dividida entre la longitud de onda a la frecuencia de operación. Es decir, cuanto más alta sea la frecuencia, la longitud de onda es más corta y mayor es su capacidad de concentración de energía o el tamaño eléctrico de antena aumenta.

4.3.2. Pérdidas

Para lograr que los enlaces satelitales cumplan con los requisitos de una determinada red de comunicación deben considerarse las características de las unidades de equipo para las estaciones terrenas y los transpondedores que forman parte de la misma, los efectos de radiaciones no deseadas de origen externo y las del medio de propagación como por ejemplo: la absorción, la refracción y centelleo, la atenuación por lluvia, los obstáculos y las variaciones adicionales de potencia.

4.3.3. Balance de potencia

En muchos casos es deseable que las antenas no sean isótropas y que concentren la potencia disponible alrededor de una dirección determinada que para los satélites corresponde a la zona de servicio y para las estaciones terrenas a la ubicación del satélite. Entonces, la potencia en el punto de recepción es:

$$P_r = P_t G_t \frac{A_e}{4\pi d^2} \quad (4.6)$$

Y por tanto la densidad de flujo de potencia o potencia por unidad de área es

$$\frac{P_t G_t}{4\pi d^2} \rightsquigarrow (W/m^2)$$

Donde

P_r = Fracción de potencia captada

P_t = Potencia total generada

G_t = Ganancia de la antena transmisora

$A_e = A_i \eta$ = Área efectiva o apertura efectiva

$4\pi d^2$ = Área que se describe desde la antena transmisora hasta la distancia d

El producto $P_t G_t$ representa la potencia isótropa radiada efectiva (P.I.R.E.), el cual es función de la dirección, es decir, que se define como una potencia equivalente de transmisión.

Un transpondedor de un satélite puede radiar simultáneamente potencia distribuida por diversas portadoras, pero para un enlace específico solo interesa una de ellas por lo que a la potencia recibida correspondiente podemos llamarla C en sustitución de P_r . También, A_e puede representarse en función de la ganancia de la antena receptora por medio de la fórmula universal de antena de la ecuación 4.2

$$A_e = \frac{G\lambda^2}{4\pi} \quad (4.7)$$

Sustituyendo en base a la ecuación 4.6, tenemos que la potencia recibida en un enlace puede representarse en función de los parámetros de potencia transmitida, ganancia de las antenas transmisora y receptora, y distancia entre el transmisor y receptor

$$C = \frac{pire}{4\pi d^2} \frac{G_r \lambda^2}{4\pi} \quad (4.8)$$

De ésta ecuación extraeremos una parte a la que ahora llamaremos l_{sp} que son las pérdidas en el espacio libre

$$l_{sp} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (4.9)$$

Por lo tanto la potencia recibida es

$$C_{(Watts)} = \left(\frac{pire}{l_{sp}} \right) G_r \quad (4.10)$$

o bien,

$$C_{(dBW)} = 10 \log pire - 10 \log l_{sp} + 10 \log G_r \quad (4.11)$$

o

$$C_{(dBW)} = 10 \log C_{(Watts)} \quad (4.12)$$

La potencia que provee el amplificador de potencia de una estación terrena o de un transpondedor de satélites está sujeta a pérdidas en los circuitos eléctricos y a pérdidas de propagación como las que se mencionaron anteriormente, por lo que la potencia recibida en el punto de recepción es de acuerdo con la ecuación 4.11

$$C_{R(dBW)} = C_{T(dBW)} - L_{T(dB)} + G_{T(dB)} - L_{p(dB)} + G_{R(dB)} - L_{R(dB)} \quad (4.13)$$

Donde

C_R = Potencia recibida en el punto de recepción

C_T = Potencia para una portadora que genera el amplificador de potencia

L_T = Pérdidas en la guía de onda, polarizador u otra entre el amplificador y la antena

G_T = Ganancia de la antena transmisora

L_p = Pérdidas por propagación

G_R = Ganancia de la antena receptora

L_R = Pérdidas en la guía de onda u otro elemento entre la antena y el amplificador

La fórmula 4.13 se muestra gráficamente en la figura 4.6 para su mejor comprensión.

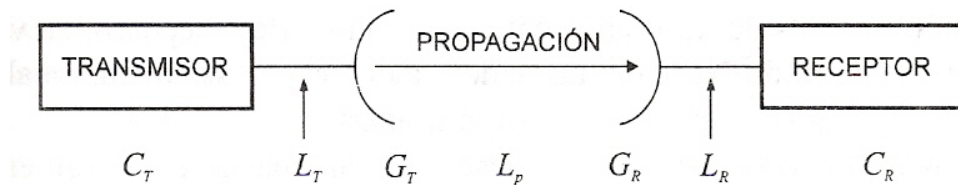


Figura 4.6: Parámetros que modican la potencia del enlace en un trayecto.

4.3.4. Ruido

Ahora bien, como ya se indicó, la señal emitida por la estación transmisora debe llegar a la receptora con la potencia suficiente para garantizar la calidad de la comunicación, muy a pesar de las pérdidas mencionadas y de otro nuevo factor del que ahora hablaremos, el cual es el ruido introducido en la propagación y recepción de la señal.

El ruido electromagnético que puede degradar la operación de las redes por satélite se introduce por las antenas receptoras, en las unidades de equipo por fugas en otra, y se genera internamente con efecto significativo en las etapas más sensibles, por lo que es necesario estimar el valor del mismo para poder calcular la relación C/N de cada enlace.

La relación C/N del enlace se define como la relación de la potencia de la portadora al ruido acumulado, aunque es muy frecuente emplear C/N_o que es la relación de la potencia promedio de portadora de banda ancha (potencia combinada de la portadora y sus bandas laterales asociadas) a densidad de ruido (ruido térmico presente en un ancho de banda normalizado de 1 Hz) o en el caso de señales digitales es E_b/N_o (energía por Bit de información transmitido entre la densidad de ruido).

El ruido proveniente del espacio introducido por una antena a un receptor puede considerarse equivalente al originado por una resistencia a una temperatura T tal que produzca la misma potencia en la misma anchura de banda, debido a que en ambos casos está constituido por energía incoherente estadísticamente distribuida.

La potencia de ruido térmico generado en una resistencia, debido a las fluctuaciones de la corriente eléctrica es

$$N = kTB \rightsquigarrow (W) \quad (4.14)$$

Donde

k = Constante de Boltzman ($1,38054 \times 10^{-23} \text{ Julios}/^\circ \text{ Kelvin}$)

T = Temperatura absoluta o del ambiente (Kelvin)

B = Ancho de banda en que se mide el ruido (hertz).

Una antena se ve afectada por factores como el ruido cósmico en RF, ruido galáctico, precipitaciones, ruido solar, presencia de la tierra, contribución de objetos cercanos, temperatura de bloqueo (alimentadores, etc.), los cuales determinarán la *temperatura de ruido de la antena*.

Si

$$N_o = \frac{N}{B} = kT \quad (4.15)$$

Entonces la temperatura de ruido es

$$T = \frac{N}{kB} \quad (4.16)$$

Y la temperatura del sistema es, por definición

$$T_s = T_a + T_e \quad (4.17)$$

Donde

T_a = Potencia de ruido presente en la entrada a un dispositivo o receptor.

T_e = Ruido interno de ese dispositivo o algún otro elemento

El ruido de un amplificador por ejemplo, suele representarse por un factor de ruido térmico F . [3]

$$T_e = (F - 1)T_o \quad (4.18)$$

Donde

F = Factor de ruido

T_o = Temperatura del ambiente (*°kelvin*)

Las temperaturas de ruido características de los receptores que se usan en los transpondedores de satélite son de unos 1000 K. Para los receptores de estación terrestre, sus valores son de 20 a 1000 K. La temperatura de ruido es más útil cuando se expresa en forma logarítmica, referida a 1 K, en unidades dBK como sigue

$$T_{s(dBK)} = 10 \log T_s$$

La temperatura de ruido de la antena de una estación terrena se integra a partir de la temperatura de ruido proveniente de cada dirección del espacio y de la Tierra, ya que además de captar ruido en el lóbulo principal recibe ruido por los lóbulos laterales y el posterior. [2]

4.3.5. Balance total del enlace

Incluyendo en la ecuación 4.10 todas las pérdidas de propagación y dividiendo entre N se obtiene para un trayecto la relación de portadora a ruido térmico.[3]

$$\frac{C}{N} = \frac{pire G_r}{kBl_p T_s} \quad (4.19)$$

Donde

$$\begin{aligned} l_p &= \text{Es el producto de las relaciones de atenuación por pérdidas de propagación} \\ N &= kBT_s \\ \frac{G_r}{T_s} &= \frac{G}{T} = \text{Factor de calidad de un receptor de satélite o estación terrestre} \end{aligned}$$

También puede representarse en dB y dividiendo entre N_o en lugar de N , considerando la ecuación 4.15 y separando las pérdidas, quedando de la siguiente forma:

Ecuación de enlace de subida

$$\begin{aligned} \frac{C}{N_o} &= 10 \log P_{ent} G_t - 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{G}{T_s} \right) - 10 \log L_u - 10 \log K \\ \frac{C}{N_o} &= pire_{(dBW)} - L_{p(dB)} + \left(\frac{G}{T_s} \right)_{(dB^\circ K^{-1})} - L_{u(dB)} - K_{(dBWK)} \end{aligned} \quad (4.20)$$

Donde

$$\begin{aligned} pire &= \text{Pire de la estación terrestre} \\ L_p &= \text{Pérdidas en la trayectoria por espacio libre} \\ G/T_s &= \text{Relación de ganancia a temperatura de ruido de satélite} \\ L_u &= \text{Pérdidas atmosféricas adicionales} \\ K &= \text{Constante de Boltzmann } (1,38054 \times 10^{-23} \text{ Joules}/^\circ \text{ Kelvin}) \end{aligned}$$

Ecuación de enlace de bajada

$$\frac{C}{N_o} = 10 \log P_{ent} G_t - 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{G}{T_s} \right) - 10 \log L_d - 10 \log K$$

$$\frac{C}{N_o} = \text{pire}_{(dBW)} - L_{p(dB)} + \left(\frac{G}{T_s} \right)_{(dB^\circ K^{-1})} - L_{d(dB)} - K_{(dBWK)} \quad (4.21)$$

Donde

pire = Pire del satélite

L_p = Pérdidas en la trayectoria por espacio libre

G/T_s = Relación de ganancia a temperatura de ruido de estación terrestre

L_d = Pérdidas atmosféricas adicionales

K = Constante de Boltzmann ($1,38054 \times 10^{-23} \text{ Joules}/^\circ \text{ Kelvin}$)

Para obtener la relación Eb/N_o y C/N tenemos que

$$\frac{Eb}{N_o} = \frac{C}{N_o} - 10 \log f_b \text{bps} \quad (4.22)$$

$$\frac{C}{N} = \frac{Eb}{N_o} - 10 \log \frac{B}{f_b} \quad (4.23)$$

Donde f_b = Velocidad de propagación o frec. de bits

La relación C/N total del enlace depende de las correspondientes al enlace ascendente, al enlace descendente, a la introducida por la intermodulación C/N_{im} y a la interferencia de otros sistemas y representada como C/I . Los enlaces en que se emplean antenas receptoras más pequeñas y por tanto con una relación G/T menor, requieren una menor retención de potencia del transpondedor para optimizar el enlace que los correspondientes a los de estaciones con antenas grandes. La ganancia de la antena es su característica más importante en transmisión en tanto que en recepción lo es la relación G/T .

El proceso de diseño de los enlaces de estación terrena a satélite y a estación terrena subdivididos en el tramo ascendente y el descendente puede partir de las características esenciales deseadas de una red, como la capacidad de las portadoras, el tamaño y la ganancia tentativos de las antenas y los parámetros de un transpondedor seleccionado por el tipo de servicio al que está destinado.

Los valores de los parámetros del enlace suelen presentarse en una lista denominada Balance del enlace, debido a que muestra el proceso de cálculo como una serie de conceptos cuyos valores en su mayoría se suman o restan hasta obtener el resultado final del mismo.

4.4. Estación terrena

En los temas anteriores se estudiaron las antenas y las ecuaciones del enlace, por lo que a pesar de que se aplicarán durante el transcurso del actual tema, no se entrará en detalle. Asimismo, se estudiará sólo la composición de una estación receptora que es la que se aplicará en el proyecto de este documento.

4.4.1. Sistema de antena

En el diseño de una antena se deben considerar los siguientes parámetros principales que ya fueron estudiados anteriormente:

- Ganancia y Eficiencia.
- Directividad.
- Temperatura de ruido (es un parámetro principal en las antenas en la modalidad de recepción).

4.4.1.1. Configuración de las antenas.

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas en un punto común llamado foco, asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. De acuerdo a su estructura geométrica, pueden ser:

- Simétricas
- Asimétricas (antenas tipo offset).

En el foco donde se concentran las señales se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta. Los tipos de alimentación más usados son:

- **Alimentación Frontal.** Utiliza un solo reflector parabólico y el alimentador se encuentra centrado, es decir, el eje del alimentador o corneta coincide con el eje de la antena y la apertura por la que radia está orientada hacia el suelo.
- **Alimentación Descentrada.** En ellas sólo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella, es decir, los ejes de la corneta y del paraboloide no coinciden.

De acuerdo a éstas dos clases de alimentación existen antenas como:

- **Foco Primario.** Es un tipo de antena cuya alimentación es centrada. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal, se reflejan y van a parar al Foco que está centrado en el paraboloide. Tiene un rendimiento máximo del 60 % aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60 % llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde. Se suelen ver de tamaño grande, aproximadamente de 1,5 m de diámetro. Ver figura 4.7.

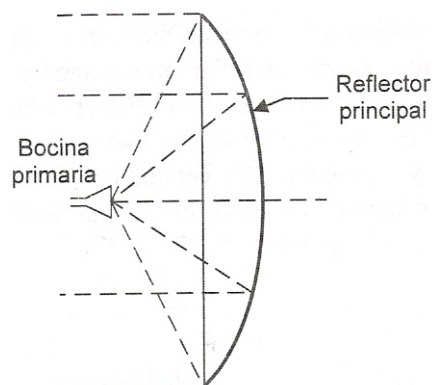


Figura 4.7: Diagrama de una antena con alimentación frontal y reflector parabólico único.

- **Offset.** El tipo de alimentación de ésta antena es descentrada ya que se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica. Tienen el Foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que en la de Foco primario, y llega a ser de un 70 % o algo más. El diagrama de directividad tiene forma de óvalo. Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde. Pueden utilizar un solo reflector parabólico o dos, como se visualiza en la figura 4.8.

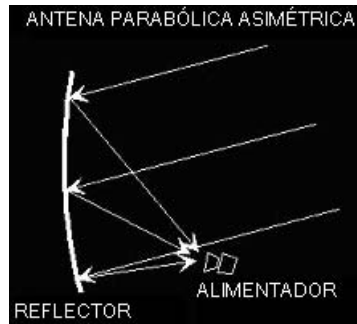


Figura 4.8: Antena parabólica offset con reflector parabólico único.

- **Cassegrain.** Éste tipo de antenas pueden ser centradas o descentradas y utilizan un sub-reflector con superficie hiperbólica. En el caso de las centradas (figura 4.9), los ejes de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden, por lo que la parábola equivalente captura mejor la energía radiada por la corneta y el desborde se reduce significativamente.

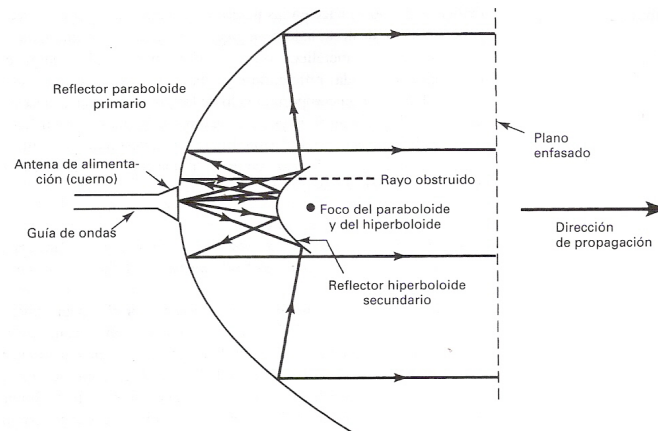


Figura 4.9: Diagrama de una antena cassegrain con alimentador centrado.

- **Gregoriana.** Éste tipo de antenas también utilizan dos reflectores. El sub-reflector es elíptico como el de la figura 4.10.
- **Antena planas.** Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS). Este tipo de antena no requiere un apuntamiento al satélite tan preciso, aunque lógicamente hay que orientarlas hacia el satélite determinado.

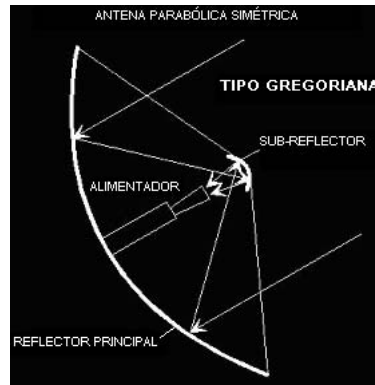


Figura 4.10: Diagrama de una antena gregoriana con alimentador centrado.

4.4.1.2. Alimentadores.

Es el componente encargado de recoger y enviar hacia el guía-ondas las señales de radiofrecuencia reflejadas en la antena parabólica y va colocado en el foco de la parábola. Los principales elementos que participan en alimentación de energía a los reflectores son los radiadores primarios y los transductores de modo ortogonal (OMT) que separan las señales polarizadas ortogonalmente cuando existen. También pueden considerarse como parte de los alimentadores los polarizadores y los acopladores de modo de seguimiento (TMC). Un radiador primario realiza el acoplamiento electromagnético con el medio de propagación de modo que la energía pueda propagarse eficientemente en una dirección sin que se refleje en una proporción importante en sentido contrario. La forma abocinada permite lograr el acoplamiento mencionado y sus dimensiones determinan la ganancia respecto de un radiador isótropo, así como la anchura del haz en lóbulo principal. [3]

Una vez que se recibe la señal del foco del reflector, la transmite hasta la entrada del amplificador de bajo ruido LNA (Low Noise Amplifier). El alimentador nos permite recibir todas las polaridades que llegan a la antena, las cuales serán separadas más adelante por un polarizador. Para pasar de polarización vertical a horizontal y viceversa, basta girar 90° el conjunto alimentador-polarización-conversor y para poder realizar esta operación existen dos tipos de dispositivos:

- **Polarrotor (discriminador):** En algunas instalaciones se puede disponer de este servomecanismo que realiza el giro de 90° a distancia (desde la unidad de sintonía), mediante un selector de polaridad horizontal/vertical, que permite cambiar de posición la polaridad del alimentador. Permite la recepción de las

dos polaridades utilizando un solo conversor LNB. Como se pierde los canales de la otra polaridad no puede utilizarse en instalaciones colectivas.

- **Ortomodo (doble polaridad):** Permite la recepción simultánea de señales con polarización vertical y horizontal mediante la utilización de un repartidor de guías de onda del tamaño requerido, perpendiculares entre sí; una transmite la polaridad horizontal y la otra la polaridad vertical. Se utilizan dos conversores LNB para cada una de estas señales recibidas.

4.4.1.3. Polarización.

La polarización de las ondas radiadas o recibidas por una estación corresponde a la orientación de su vector eléctrico que siempre es perpendicular a la dirección de propagación, el cual oscila en intensidad a la frecuencia de la onda radiada f y puede conservar su orientación o girar alrededor del eje de propagación a la velocidad angular ω , es decir, la polarización se refiere a la dirección de traslado del campo eléctrico E de la onda electromagnética. Una antena puede polarizarse en forma lineal (horizontal o vertical), en forma elíptica o circular.

4.4.1.4. Montaje, orientación y seguimiento.

Normalmente existen tres tipos de montaje, en azimuth-elevación, X-Y, y polar. Los ejes principales que no cambian de posición son respectivamente el Az, el X y el polar.

El montaje más flexible para las antenas con movimiento casi hacia cualquier dirección es el de azimuth-elevación ($Az-\theta$). Girando sobre el eje vertical se orienta el azimuth y sobre el eje horizontal la elevación. El polar se utiliza cuando se desea apuntar frecuentemente a distintos satélites en la órbita geoestacionaria, especialmente con antenas medianas y pequeñas solo de recepción. El X-Y es usado para antenas con necesidades de orientación limitada.

La orientación para apuntamiento fijo o para su apuntamiento inicial se basa en el cálculo de los ángulos de elevación y azimuth derivado de parámetros de la posición del satélite y de la estación terrena. La forma de medirlo se muestra en la figura 4.11. Una de las formas de calcular estos ángulos para operar con satélites en la órbita geoestacionaria son:

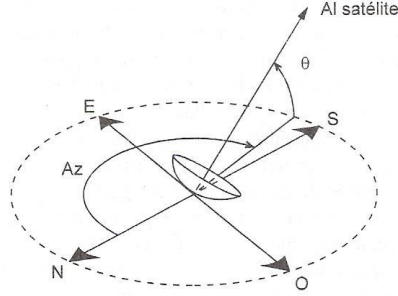


Figura 4.11: Ángulos de azimut (Az) y elevación (θ) de la antena de una estación terrena.

Para el ángulo de elevación:

$$\theta = \text{angtan} \frac{c - \frac{Re}{h}}{\text{sen } \theta'} \quad (4.24)$$

$$c = \cos l \cos \Delta L$$

$$\theta' = \text{angcos } c$$

$$l = \text{Latitud de la estación terrena.}$$

$$\Delta L = \text{Longitud del satélite - Longitud de la estación terrena.}$$

$$Re = \text{Radio de la tierra} = 6378 \text{ km}$$

$$h = \text{Radio de la órbita} = 42164 \text{ km}$$

Para el ángulo de azimut:

$$Az' = \text{angtan} \frac{\tan \Delta L}{\text{sen } l} \quad (4.25)$$

Dependiendo de la localización de la estación terrena con relación al satélite el ángulo de azimut es

$$\text{Noreste} \Rightarrow Az = 180 + Az'$$

$$\text{Noroeste} \Rightarrow Az = 180 - Az'$$

$$\text{Sureste} \Rightarrow Az = 360 - Az'$$

$$\text{Suroeste} \Rightarrow Az = Az'$$

Para obtener la distancia de la estación terrena al satélite se emplea la fórmula 4.26.

$$d = 35786\sqrt{1,4199 - 0,4199\cos\theta'} \rightsquigarrow (km) \quad (4.26)$$

En cuanto a los sistemas de seguimiento, para antenas pequeñas y medianas en orbita inclinada, se emplean medios electromecánicos o algunos utilizan microprocesadores sencillos para el control de la orientación.

En las estaciones grandes se requiere precisión en el seguimiento, por lo que se deben utilizar métodos que eviten pérdidas que excedan de 0.2 o 0.3 dB como máximo. Los métodos más usados son el movimiento por pasos, el monoimpulso y el método de cuatro bocinas.

4.4.2. El transmisor.

Debido a que el Transmisor como tema no es parte importante de éste documento, no se analizará profundamente. En general se encuentra compuesto por tres módulos, los que a continuación se mencionan:

- El modulador.
- Convertidor/Elevador.
- Amplificador de Alta Potencia.
 - Amplificador de estado sólido.
 - Tubo de ondas progresivas (TWT).
 - Amplificador Klystron.

4.4.3. El Receptor

La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite. La estación, después de capturar y amplificar toda la información debe separar solo aquella que sea de su interés. Las etapas de recepción incluyen uno o más amplificadores de bajo ruido, un divisor de potencia para separar las cadenas de recepción por si es necesario canalizar las señales después del amplificador, en forma de encaminarlas a uno o más convertidores reductores de frecuencia para pasar de radiofrecuencia a la frecuencia intermedia ie usualmente es de 70 o de 140 MHz según la anchura de banda de la señal.

4.4.3.1. Amplificador de Bajo Ruido.

A su llegada, la señal tiene una intensidad muy baja y es muy vulnerable a cualquier ruido, por lo que se utiliza un Amplificador de Bajo Nivel de Ruido o LNA (Low Noise Amplifier) que debe ser muy sensible y el nivel de ruido que genere debe ser mínimo. Los LNA son **amplificadores paramétricos** refrigerados criogénicamente, más ampliamente utilizados en las grandes estaciones terrenas, como el que se muestra en la figura 4.12. Para las estaciones de mediano y pequeño tamaño como las receptoras de TV se prefieren los amplificadores de GaAsFET con refrigeración electrotérmica como el de la figura 4.13. También existen dispositivos que se usan con frecuencia como LNA como un **diodo túnel**. Los LNA utilizados en las estaciones terrenas cubren usualmente un rango de frecuencias de unos 500 MHz de anchura a 4 GHz, o bien de 750 MHz a 11 GHz. Dichos dispositivos están normalmente duplicados en las grandes estaciones (redundancia uno a uno), de manera que un fallo en el LNA activo produce inmediatamente la activación del LNA secundario. En las estaciones terrenas que utilizan técnicas de duplicado de ancho de banda usando polarización dual la redundancia es del tipo uno a dos. [33]



Figura 4.12: Amplificador paramétrico (Banda L).

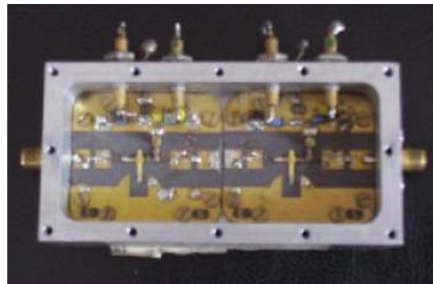


Figura 4.13: Amplificador basado en FET (AsGa).

4.4.3.2. Convertidor/Reductor.

Como ya se dijo, la señal captada por la antena es muy débil, debido a la gran atenuación que sufre en el espacio desde el satélite hasta el punto de recepción y, además, por tener una frecuencia muy elevada, debe ser cambiada para enviar al receptor (sintonizador de satélite) a una frecuencia mucho más baja y que se propague por el cable coaxial sin una gran atenuación. El dispositivo encargado de ello se denomina Conversor y al ser de bajo nivel de ruido se denomina Conversor de Bajo Nivel de Ruido o LNC, que unido a un Amplificador de Bajo Nivel de Ruido o LNA y a un oscilador local, forma lo que se llama el LNB (Low Noise Block) o Bloque de Bajo Nivel de Ruido, que se visualiza en la figura 4.14. [11]

$$LNB = LNA + Up/Down Converter.$$



Figura 4.14: Aspecto de un LNB utilizado normalmente para la recepción de TV por satélite.

La posición exacta del LNB depende del tipo de la antena, en el caso de las denominadas de Foco Primario se encuentra en el foco, en el caso de las Offset se encuentra ligeramente desplazado y para una tipo Cassegrain entre el vértice y el foco de la parábola.

Para su mejor comprensión, el LNB consta de dos etapas, en la primera la señal procedente del satélite se introduce en el LNA. Una vez amplificada, la señal de salida del LNA en el rango de los gigahercios (GHz), se convierte a una banda de radiofrecuencia inferior. Este proceso se efectúa mediante la heterodinación, en un mezclador, de la señal con la frecuencia generada en un oscilador local seguida de un filtro paso banda que selecciona la frecuencia intermedia, situada en la banda inferior deseada, como por ejemplo la banda L (950-1750 MHz). A esta etapa reductora de la frecuencia se le llama Block Down Converter. Con esta reducción de la gama de

frecuencias se consigue que la atenuación ofrecida por el cable de bajada desde la antena al receptor sea menor y por tanto no sea necesario amplificar excesivamente, lo que conllevaría un deterioro de la relación señal/ruido.

El factor principal para determinar los parámetros de rendimiento y la calidad de la señal en un LNB es la temperatura de ruido, medida en Kelvin. A igualdad de amplificación, el nivel de calidad de la señal de los LNB depende de este parámetro, a menor temperatura de ruido mayor será la calidad de señal. Estos dispositivos tienen una elevada ganancia alrededor de 40 a 60 dB.

Existen varios tipos de LNB que pueden tratar las hiperfrecuencias como: full banda, triple banda, Marconi, Universal. Generalmente los LNB han de ser Universales o Digitales, para poder recibir todo el ancho de banda, desde 10,7 a 12,75 GHz, conocida como banda Ku.

Existen tres tipos de LNB universales: el sencillo y el doble para la recepción individual (DTH) y Cuatro para múltiples IRD's y recepción comunitaria. La alimentación del conversor se realiza por medio del propio cable de señal con sus correspondientes filtros de baja frecuencia en 15 ó 20 V de tensión continua. [32]

Conjuntamente el sistema de antena, los transmisores y los receptores, que en algunos casos forman la totalidad de los equipos de la estación, constituyendo la Terminal de radiofrecuencia.

4.4.3.3. Demodulador.

Éste proceso implica la conversión de frecuencia intermedia a banda base. En las estaciones que tienen capacidad para transmitir y recibir cada modulador puede estar separado o encontrarse en la misma unidad de equipo que el demodulador correspondiente constituyendo un módem.

4.4.4. Los procesadores en banda de base.

Hay una diversidad de equipos en esta categoría, pero si existen, en una estación grande pueden limitarse a los que realizan las funciones de multiplexar y demultiplexar.

Implementación de la radiodifusora

5.1. Punto de ubicación de la Estación de Radio

Como se estudio previamente en el capítulo 1, en el estado de Hidalgo predominan tres lenguas indígenas, la Náhuatl, la Hñá-hñu y la Tepehua como lo muestra la figura 1.2, y de las cuales la Náhuatl es la que presenta el mayor número de hablantes. En la figura 1.5 se puede observar que el municipio con más hablantes de lengua náhuatl es Huejutla de Reyes, ya que son 65 250 indígenas y de los cuales 10 457 no hablan español.

Por ésta razón, se eligió a Huejutla de Reyes como el lugar perfecto para implementar nuestra radiodifusora indígena. Cabe señalar que su superficie territorial es casi semiplana, lo que resulta favorable para la propagación de la señal en FM. Esto permitirá también la cobertura hacia otras localidades de municipios colindantes, con las mismas características territoriales y condiciones étnicas que Huejutla.

El Municipio de Huejutla deriva su nombre de las raíces nahoas, huexotl, “sauz” y tlan, “lugar”, que significa “lugar donde abundan los sauces”. Se localiza al norte del estado y geográficamente su cabecera municipal (ver figura 5.1) se encuentra entre los paralelos 21°08'24" de latitud norte y 98°25'10" de longitud oeste, a una altitud de 140 metros sobre el nivel del mar.



Figura 5.1: Cabecera municipal.

Como se visualiza en la figura 5.2 el municipio colinda al norte con el Estado de Veracruz; al sur con los municipios de Atlapexco y Huazalingo; al este con Jaltocán, Tlanchinol y Orizatlán; y al oeste con Huautla. Sus principales comunidades del municipio son: Ixcatlán, Cuacuilco, Santa Catarina, Santa Cruz, Tehuetlán, Mecuxpetla y los Otates.



Figura 5.2: Ubicación geográfica de Huejutla de Reyes.

El municipio cuenta con una extensión territorial de 377.8 kilómetros cuadrados, lo cual significa el 1.80 % de la superficie del estado. Tiene una superficie semiplana, cuenta con una parte de Sierra Oriental, además contiene un valle y varias mesetas. Se registra un clima cálido-húmedo debido a la altitud en que se encuentra, y una temperatura media anual de 31.1°C. La precipitación pluvial es de 1,500 milímetros por año.

De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, en el municipio habitan un total de 65,451 personas que hablan alguna lengua indígena, de los 115,786 habitantes de la población total. En el cuadro de la figura 5.3 se pueden observar las localidades con mayor número de hablantes de lengua indígena en el municipio.

Localidad	Pob. Total	Pob. Indígena
Huejutla cabecera	36305	7384
Chililico	3068	2414
Oxtomal I	2450	2019
Coacuilco	3628	1801
Santa Cruz	2059	1790
Pahuatlán	2206	1780
Xiquila	1989	1749
Ixcatlán	1577	1354
Teacal	1540	1296
Acuapa	1254	1050
Las Chacas	1196	1015
Tepeixtitla	1218	1009

Figura 5.3: Localidades con mayor número de hablantes de lengua indígena.

El municipio en general cuenta con agua potable, electrificación, drenaje y alcantarillado. También cuenta con carretera federal de 45 kilómetros, carretera estatal de 26.10 kilómetros y camino rural de 97.70 kilómetros. Esta constituido además por red ferroviaria, central camionera, paradero de autobuses, cuenta con líneas intraurbanas e interurbanas de camiones para pasajeros. En materia de telecomunicaciones el municipio cuenta con oficinas de red telegráfica de enlace de radio, además cuenta con oficinas postales ubicadas dentro de la región.

5.2. Cálculos para el montaje de la antena satelital receptora

$$\begin{aligned}\text{Huejutla de Reyes} &\Rightarrow \text{Latitud} : 21^{\circ}08'24''\text{Norte} \\ &\Rightarrow \text{Longitud} : 98^{\circ}25'10''\text{Oeste} \\ \text{Satelite Galaxy 11} &\Rightarrow \text{Longitud} : 91^{\circ}\text{Oeste}\end{aligned}$$

Usando las ecuaciones 4.24 tenemos que el ángulo de elevación es:

$$\begin{aligned}\Delta L &= 91^{\circ} - 98^{\circ}25'10'' \\ &= -7,42^{\circ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}c &= \cos(21^{\circ}08'24'') \cos(-7,42^{\circ}) \\ &= (0,9327)(0,9916) \\ &= 0,92489 \\ \theta' &= \text{ang} \cos c \\ &= 22,34^{\circ}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\theta &= \text{angtan} \frac{0,92489 - 0,15127}{\text{sen } 22,34^{\circ}} \\ &= \frac{0,77362}{0,3801} \\ &= 2,0353 \\ \text{angtan} &= 63,83^{\circ} \\ &= 63^{\circ}50'1,75''\end{aligned}$$

Para el ángulo de azimut:

$$\begin{aligned}Az' &= \text{angtan} \frac{\tan -7,42^{\circ}}{\text{sen } 21^{\circ}08'24''} \\ &= \frac{-0,1302}{0,3606} \\ &= -0,3611 \\ \text{angtan } Az' &= -19,85^{\circ}\end{aligned}$$

Como la localización de la estación terrena está al norte y al oeste con relación al satélite, el ángulo de azimut es

$$\begin{aligned} Az &= 180^\circ - (-19,85^\circ) \\ &= 199^\circ 51' 17,9'' \end{aligned}$$

Para obtener la distancia de la estación terrena al satélite ocupamos la fórmula 4.26

$$\begin{aligned} d &= 35786\sqrt{1,4199 - 0,4199\cos 22,34^\circ} \\ &= 35786\sqrt{1,4199 - 0,3883} \\ &= 35786\sqrt{1,0315} \\ &= 35786(1,01563) \\ &= 36345,53km \end{aligned}$$

5.3. Cálculos del enlace satelital

La red satelital de nuestro proyecto, con topología punto multipunto unidireccional, pretende incorporarse a la red satelital existente de la CNDI, que hace uso del satélite GALAXY 11 ubicado en la posición orbital de 91°W , a través de un transponder angosto, con cobertura en la región norteamérica que incluye la zona geográfica de México. La señal analógica de audio, que es previamente editada, es comprimida y codificada digitalmente, en formato ISO/EMPEG Layer II, preservando una calidad CD en el audio. La señal digital será distribuida a través de la red satelital a la estación terrena remota mediante el empleo de una portadora satelital de acceso SCPC/FDMA. En la estación receptora, la señal de audio previamente demodulada será transmitida por la estación de radiodifusión local autorizada.

Nuestra red estará integrada por una estación terrena únicamente transmisora ubicada actualmente en la población de Tlaxiaco, y una estación terrena remota únicamente receptora que se ubicará en el municipio de Huejutla de Reyes Hidalgo.

La estación terrena transmisora visualizada en la figura 5.4, está equipada con una antena parabólica de la marca PRODELIN de 3.8 m de diámetro, alimentador tipo foco primario, descentrada (offset) que opera en bandas de frecuencias Ku. La cadena de transmisión en configuración 1+0 lo constituye un modulador digital

de rango variable de la marca Radyne/ComStream, modelo CM701, PSK Digital satellite modem, un transreceptor de 8 Watts de potencia, marca AnaCom, Inc., modelo AnaSat 8 Ku.

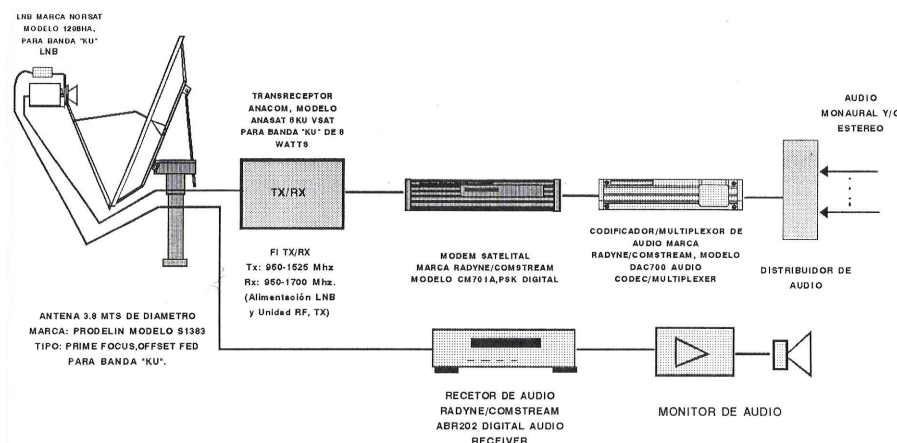


Figura 5.4: Estación transmisora.

La compresión y codificación de la señal de audio monoaural o estéreo se lleva a cabo en un codificador/multiplexor de la marca Radyne/ComStream, modelo Dac700 y la señal digital resultante a una velocidad de 256 Kbits por segundo es enviada al equipo de modulación para obtener una señal de frecuencia intermedia, de 70 Mhz con modulación QPSK y FEC de 5/6.

Finalmente la señal de FI es convertida a la frecuencia de RF de transmisión de banda Ku amplificada en el equipo transreceptor para su transmisión a satélite.

La estación remota receptora estará equipada con una antena de la marca OR-BIMET, modelo MA180-S de 1.8 m de diámetro, alimentador lineal para operar en la banda de frecuencias Ku, y alimentador tipo foco primario como se muestra en la figura 5.5.

El equipo complementario consiste de amplificador convertidor de bajo nivel de ruido, LNB, marca NORSAT, modelo 1208HA, de temperatura de 58.65°K como el de la figura 5.6, que además de amplificar la señal de RF la convierte al rango de frecuencia de banda L (950-1450 Mhz) y cuyas especificaciones técnicas se visualizan en el apéndice G.

	
Diámetro	1.80 mts
Material del plato	Acero
Tipo de Alimentación	Foco primario
No. de secciones	6
Ganancia banda C 4.2 GHz	35.89 dB
Ganancia banda Ku 12.2 GHz	45.54 dB
Eficiencia	70 %
F/D	.375
Acabado	Pintura en polvo poliester
Montaje	AZ - EL / POLAR
Base (Suport)	Poste y Universal
Viento de operación	25 m/s
Viento de sobrevivencia	40 m/s
Peso empacada	40 Kg

Figura 5.5: Antena ORBMET modelo MA180-S.



Figura 5.6: Ejemplo de un LNB marca NORSAT modelo 1208HA.

Para la recuperación de señal de audio, la estación estará equipada con un Receptor Decodificador integrado marca Radyne/ComStream modelo ABR202 Digital Audio Receiver como el de la figura 5.7.



Figura 5.7: Ejemplo de un Digital Audio Receiver

Este receptor también incluye la etapa de demodulación en banda L y su funcionamiento esquemático lo muestra la figura 5.8. Sus especificaciones técnicas también se encuentran en el apéndice H.

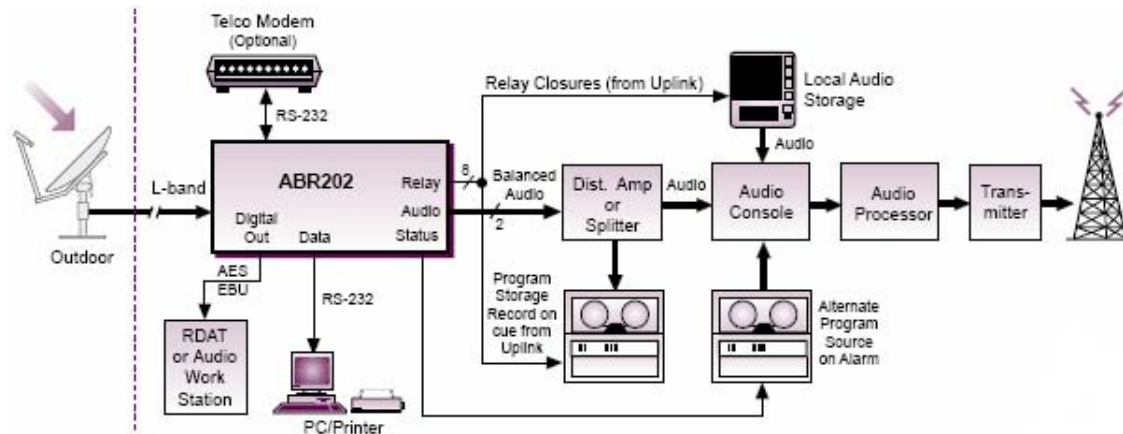


Figura 5.8: Ejemplo de un Digital Audio Receiver

En general el diseño de la estación receptora se visualiza en la figura 5.9.

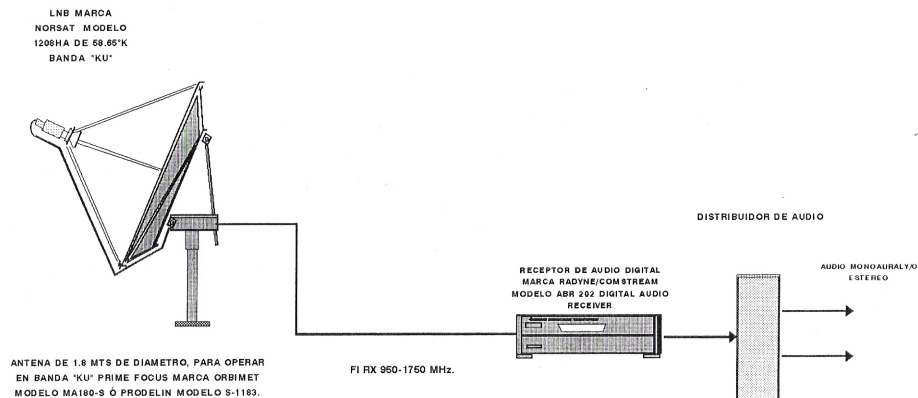


Figura 5.9: Estación receptora

Para obtener el balance total del enlace necesitamos algunos cálculos del enlace de bajada, para lo cual utilizaremos las fórmulas del capítulo 4 y consideraremos los siguientes datos.

f = frec. enlace de bajada = 12 GHz

$\lambda = c/f = 0.025$

D = Diámetro de la antena = 1.8m

T = Temperatura total del sistema = 20.8 dB°K

Pire del satélite = 18.64 dBW

L_d = Pérdidas atmosféricas adicionales = 3.2 dB

K = Constante de Boltzmann: -228.6 dBJ/°K

d = dist. de la E/T al satélite = 36345530 m

f_b = Frec. de bits = 256 Kbps

Para obtener la ganancia de la antena receptora ocuparemos la fórmula 4.4

$$\begin{aligned}
 G_{dB} &= 10 \log \eta \left(\frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \\
 &= 10 \log 0,7 \left(\frac{\pi 1,8}{0,025} \right)^2 \\
 &= 10 \log 0,7(51164,029) \\
 &= 10 \log 35814,82 \\
 &= 45,54dB
 \end{aligned}$$

Para obtener el Factor de calidad de la estación terrena receptora tenemos que

$$\begin{aligned}
 \frac{G}{T} &= G_{dB} - T_{dB} \\
 &= 45,5_{dB} - 20,8_{dB} \\
 &= 24,7dB^\circ K^{-1}
 \end{aligned}$$

Para obtener las pérdidas en el espacio libre utilizaremos la fórmula 4.9

$$\begin{aligned}
 L_p &= \left(\frac{4\pi D}{\lambda} \right)^2 \\
 L_{p(dB)} &= 20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \\
 &= 20 \log \left(\frac{4\pi(36345530)}{0,025} \right) \\
 &= 205,23dB
 \end{aligned}$$

Para obtener la relación C/N_o del enlace de bajada utilizaremos la fórmula 4.21

$$\begin{aligned}
 \frac{C}{N_o} &= \text{pire}_{(dBW)} - L_{p(dB)} + \left(\frac{G}{T_s} \right)_{(dB^\circ K^{-1})} - L_{d(dB)} - K_{(dBWK)} \\
 &= 18,64dBW - 205,23dB + 24,7dB/^\circ K - 3,2dB - (-228,6dBJ/^\circ K) \\
 &= 63,51dBHz
 \end{aligned}$$

Para obtener la relación Eb/No utilizamos las ecuaciones 4.22 y 4.23

$$\begin{aligned}
 \frac{Eb}{No} &= \frac{C}{No} - 10 \log 256kbps \\
 &= 63,51dB - 54,08dB \\
 &= 9,427dB
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{C}{N} &= \frac{Eb}{No} - 10 \log \frac{B}{f_b} \\
&= 9,427 - 10 \log \frac{175,48 Kbps}{256 Kbps} \\
&= 9,427 - (-1,64) \\
&= 11,06 dB
\end{aligned}$$

OPERADOR SATELITAL

Nombre → PANAMSAT
 Satélite utilizado → GALAXY 11, síncrono
 Posición orbital → 91°W
 Tipo de transpondedor → Angosto, 36 MHz, banda Ku, TR 10
 Polarización → Lineal V/H
 Figura de mérito G/T → Del satélite: 2.5 dB/°K, E/T TX: 30.9 dB/°K
 P.I.R.E. máx. E/T TX → 53.67 dBw
 Banda de frecuencia Ku → TX: 14.00-14.50 GHz, RX: 11.70-12.20 GHz

ENLACE DIGITAL EN BANDA Ku

ESTACIÓN TRANSMISORA

Nombre de la estación transmisora: Tlaxiaco
 Diámetro de la antena de E/T Tx: 3.8m
 Frecuencia de operación: 14,100 MHz
 Ganancia de la antena emisión: 53.2 dBi
 Ganancia de la antena recepción: 51.7 dBi
 Temperatura total del sistema: 20.8 dB°K
 Factor de calidad (G/T) de E/T: 30.9 dB/°K
 Densidad de flujo para saturación: -96 dBw/m²
 Ajuste de ganancia: 20 dB
 Factor de calidad del satélite: 2.5 dB/°K
 Back off de entrada: 8.5 dB

ENLACE ASCENDENTE

Pérdidas por dispersión: 162.1 dB/m²

Pérdidas por absorción atmosférica: 0.5 dB

Back off entrada transpondedor: 8.5 dB

PIRE/portadora desde la E/T: 53.67 dBW

Pérdidas en el espacio libre: 206.53 dB

Pérdidas por apuntamineto: 0.3 dB

Pérdidas por polarización: 0.2 dB

Constante de Boltzmann: -228.6 dBJ/°K

Margen de precipitación: 4.2 dB

Relación G/T del transpondedor: 2.5 dB/°K

Relación C/No ascendente: 73.4 dB-Hz

C/N ascendente: 20.59 dB

C/intermodulación en HPA: 20.69 dB

C/X polarización cruzada: 27.29 dB

C/X satélites adyacentes: 34.69 dB Relación C/N ascendente del sistema: 17.11 dB

POTENCIA NOMINAL REQUERIDA EN HPA

Marca HPA: ANACOM.INC

Modelo: ANASAT Ku Tx/Rx S.

Potencia: 8 W

PIRE/portadora en E/T: 53.67 dBW

Pérdidas en guía de onda: 0.5 dB

Back off de salida: 0 dB

Ganancia de la antena en Tx: 53.2 dB

Pérdidas de eficiencia por edad: 0 dB

Potencia nominal requerida/port: 0.97 dB

Potencia nominal requerida/port: 1.25 W

Margen por precipitación: 4.2 dB

Condiciones de precipitación: 3.29 W

ESTACIÓN RECEPTORA

Nombre de la estación transmisora: Huejutla de Reyes

Diámetro de la antena de E/T Tx: 1.8m

Frecuencia de operación: 12 GHz

Ganancia de la antena recepción: 45.54 dBi
Temperatura total del sistema: 20.8 dB°K
Factor de calidad (G/T) de E/T: 24.7 dB/°K
Densidad de flujo para saturación: -96 dBw/m²
Ajuste de ganancia: 20 dB
Factor de calidad del satélite: 2.5 dB/°K
Back off de entrada: 8.5 dB
Frecuencia en bits: 256 kbps

ENLACE DESCENDENTE

Pérdidas por absorción atmosférica: 0.5 dB
Pire en saturación del TP: 47 dBW
Back off de salida: 4 dB
PIRE/portadora en el satélite: 18.64 dBW
Pérdidas en el espacio libre: 205.23 dB
Pérdidas por apuntamiento: 0.3 dB
Pérdidas por polarizador: 0.2 dB
Margen por precipitación: 2.2 dB
Constante de Boltzmann: -228.6 dBJ/°K
Factor de calidad (G/T) de E/T: 24.7 dB/°K
Relación C/No descendente: 63.51 dB-Hz
Relación Eb/No descendente: 9.427 dB
Relación C/N descendente: 11.06 dB
C/intermodulación en TP: 14.5 dB
C/X por satélites adyacentes: 23.69 dB
C/interferencia por TPs ady: 29.19 dB
C/N descendente del sistema: 9.3 dB
C/X polarización cruzada: 25.69 dB

CALIDAD DEL ENLACE GLOBAL

Relación Eb/No: 6 dB
Relación C/N total del sistema: 8.63 dB
Balance (C/N total contra C/N requerido): 1 dB
FEC (Forward Error Correction): 0.83

5.4. Cálculos para la radiodifusión de la señal de audio en FM

5.4.1. Equipo transmisor de radio en FM

Para poder difundir nuestra señal de radio se ocupará el siguiente equipo:

Para transmitir desde nuestra estación de radio al sitio donde se encuentran las antenas de transmisión ubicadas en la parte alta del cerro, se ocuparán dos enlaces transmisores marca Marti, uno para el canal derecho y otro para el izquierdo como los mostrados en la figura 5.10.



Figura 5.10: Foto de dos transmisores de enlace, derecho e izquierdo respectivamente.

Estos enlaces estarán conectados a dos antenas yaguis marca Marti respectivamente, como se ilustra en la figura 5.11.

Las antenas yaguis transmitirán a una frecuencia de 113.8 KHz para el canal izquierdo y a 363.8 KHz para el derecho y con una potencia de 8 W hacia las antenas yaguis receptoras ubicadas en la torre transmisora del cerro, las cuales estarán conectadas a dos enlaces receptores, un procesador de audio y un equipo transmisor que consta de:



Figura 5.11: Antenas Yaguis, una para el canal derecho y otra para el izquierdo.

- La fuente
- El excitador (Modulador, Oscilador, Amplificador...)
- Un divisor
- Los amplificadores
- Un Sumador
- Un filtro
- Un control

Existen dos clases de transmisores que se pueden utilizar. Uno de ellos es el Transmisor de frecuencia agil como el que se muestra en la figura 5.12, los cuales son conocidos como emergentes ya que tienen la ventaja de ser sintonizados a cualquier frecuencia de la banda de FM que va de los 88 MHz a los 108 MHz.

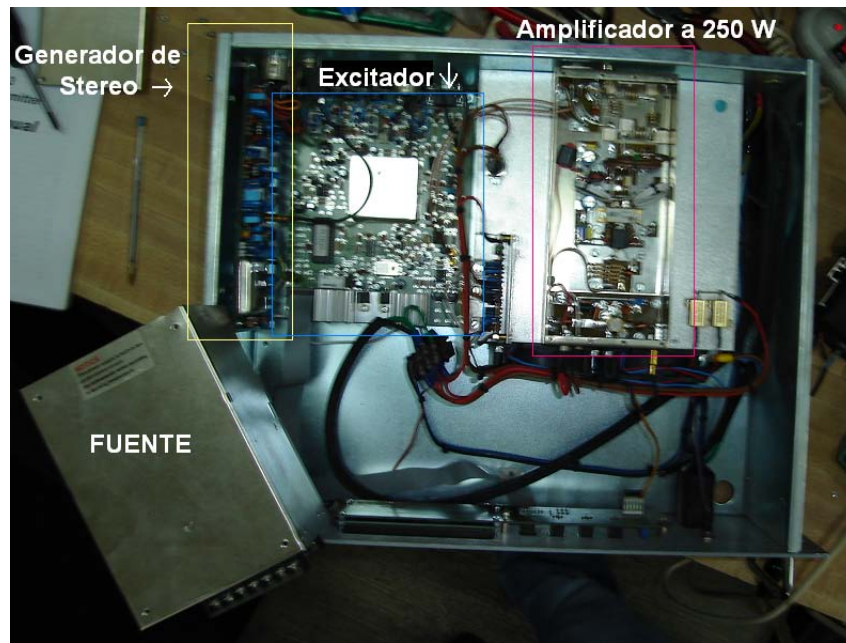


Figura 5.12: Transmisor de frecuencia agil.

Se trata de un Transmisor de frecuencia agil marca ORBAN modelo PLL/CST-3 el cual se describe a continuación:

Es un transmisor para radio comunicación en la banda de FM de 87.6 a 107.9 MHz. Está compuesto por cuatro entradas: una entrada Monoaural con pre-énfasis siempre habilitado, una entrada compuesta para señales de audio multiplexadas y dos entradas SCA para señales digitales adicionales.

La entrada de audio contiene una serie de filtros pasabajas capaz de atenuar más de 30 dB de todas las frecuencias incluidas entre 20 KHz hasta 100 KHz, comparados para el nivel de 15 KHz.

Un circuito limitador, actúa en todas las señales de entrada, para evitar que la modulación sea más alta de $\pm 75\text{Hz}$. Utiliza un microcontrolador, un amplificador con tecnología MOSFET para RF con 250 W de salida en la parte final. Todo esto alimentado por una fuente conmutada que trabaja con 110 o 220 V. El diagrama completo del Transmisor se muestra en el apéndice I, J y K.

Generalmente en la mayoría de las radiodifusoras son utilizados Transmisores de frecuencia fija, que por fábrica son sintonizados a la frecuencia requerida.

La figura 5.13 muestra un ejemplo de un transmisor marca Harris modelo HT 1FM. Éste se encuentra compuesto igualmente por su parte excitadora, su fuente, su controlador, amplificadores, etc. como se puede apreciar en la figura 5.14 y cuyas especificaciones técnicas se describen más ampliamente en el apéndice L, M y N.



Figura 5.13: Transmisor de frecuencia fija.

Para poder elegir la frecuencia a la que se iba a transmitir, se estudiaron las frecuencias adyacentes de FM que existían a la redonda y que podrían interferir con nuestra señal. En los cuadros del apéndice O, se pueden observar las frecuencias de algunas radiodifusoras pertenecientes a Hidalgo, San Luis Potosí y Veracruz.

Después de analizar las características de las demás señales incluyendo la nuestra, se optó por transmitir con una frecuencia de 105.1 MHz y utilizando el transmisor marca Harris operando a una potencia transmisora de 1000 W.

NOTA: Las frecuencias y potencias a transmitir serán propuestas a la SCT para que otorguen la debida concesión.

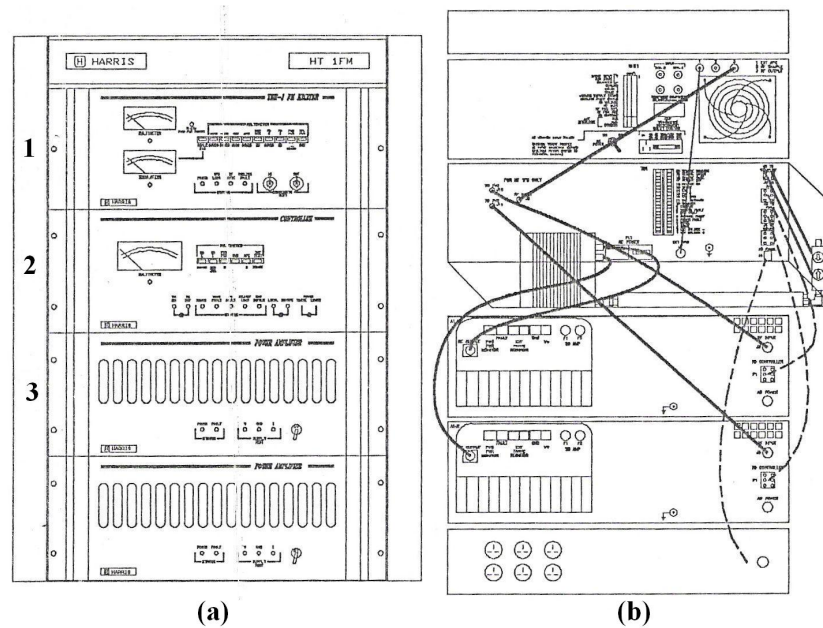


Figura 5.14: a)Vista frontal, b)Vista posterior, 1)Excitador, fuente, sumador... 2)Controlador 3)Amplificadores

5.4.2. Antena transmisora de la señal de FM

Se utilizará una arreglo de antenas tipo dipolo de polarización circular OMB-MP. Sus características técnicas son las que aparecen en la figura 5.15.

Banda de Frecuencia	87 – 108 MHz
Impedancia	50 Ω
Potencia máxima	600 W
Potencia recomendada	500 W
Polarización	Circular ($E_v = E_h \pm 1$ dB)
Influencia de la torre	De 1 a 2 dB
Dimensiones	950 x 300 mm
Peso	3.8 Kg.
Velocidad máxima del viento	200 Km/h
Resistencia al viento	5 kg @ 120 km/h.
Protección contra descargas atmosféricas	Mediante puesta a tierra
Montaje	Para tubos de 25 a 70 mm de $\varnothing$
Opción	Calefacción para alta montaña
Elemento radiador	Acero inoxidable tratado con baño especial de alta conductividad, latón y teflón
R.O.E.	<1.1:1 ajustando su impedancia en la torre
Conector de entrada	Tipo N

Figura 5.15: Características técnicas.

De acuerdo a las especificaciones de fábrica de la antena, los elementos unitarios OMB-MP pueden apilarse verticalmente tantos como sea necesario, a una distancia de 0.75λ , para tener alcances superiores. En la figura 5.16 se incluyen las características más importantes de los apilamientos.

Nº Elementos	Ganancia dB respecto dipolo $\lambda/2$	Ganancia sobre el vector rotante	Conector del Distribuidor (Ent. y Sal.)	Cables en los latiguillos	Peso de los elementos y su distribuidor	Potencia máxima KW
MP-2	0	3	N-N	Heliac 1/2"	9 kg.	0.8
MP-4	3	6	N-N	RG	16.6 kg.	0.8
MP-4R	3	6	7/8"-N	Heliac 1/2"	16.6 kg.	2.4
MP-6R	4.8	7.8	7/8"-N	Heliac 1/2"	24.2 kg.	3.5

Figura 5.16: Especificaciones técnicas para apilar los elementos de la antena transmisora.

Ésta antena como la que se ilustra en la figura 5.17 está compuesta por la unión de dos antenas espira dipolo para formar un radiador de polarización circular.

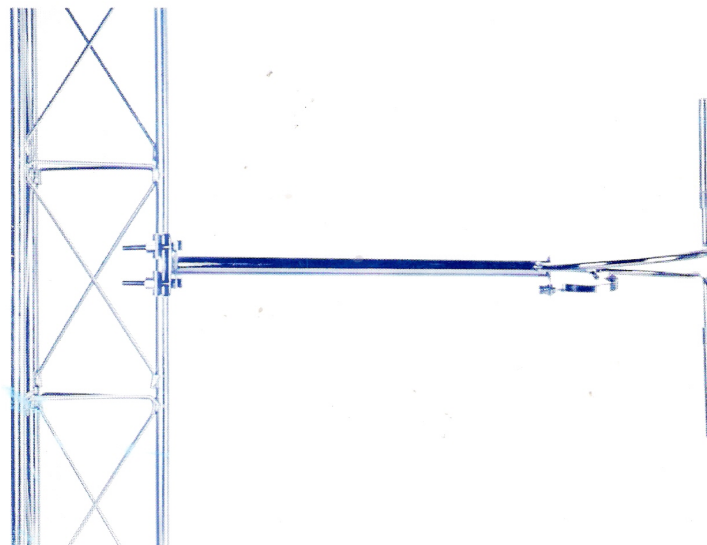


Figura 5.17: Foto de una antena dipolo con polarización circular.

Está especialmente diseñada para su uso en banda ancha y destinada para su uso individual en emisores de mediana potencia y en batería para cualquier potencia. Es de construcción ligera y soportar cualquier inclemencia meteorológica. Es de acero inoxidable con baño de alta conductividad hacen de ella una antena de nulo mantenimiento. Radiando polarización circular es especialmente aconsejable en zonas accidentadas o grandes ciudades. Compensa adecuadamente las pérdidas producidas por reflexiones y sus trayectos multicamino. Adquiriendo su mayor eficacia en emisiones de FM acompañadas de subportadoras y cuando se tenga especial interés en cuidar la recepción estereofónica.

Considerando la orografía del municipio, es suficiente la utilización de 6 elementos de antena instalados sobre la torre. Un ejemplo aproximado de los lóbulos de radiación para un arreglo de antena de 6 elementos se muestra en la figura 5.18.

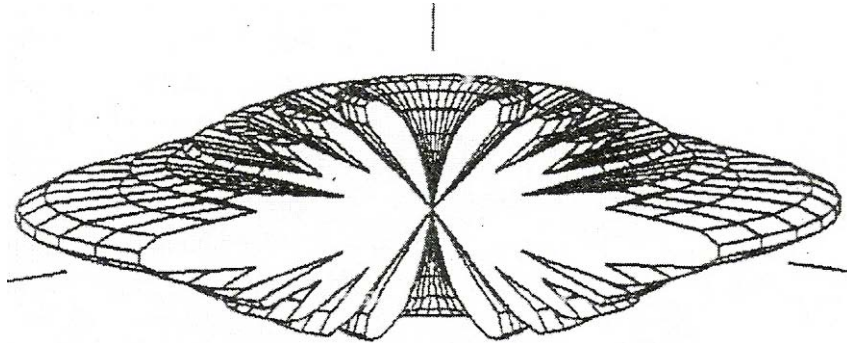


Figura 5.18: Ejemplo de los lóbulos de radiación de una antena compuesta por 6 elementos.

El primer paso a seguir para apilar los elementos es determinar la distancia a la cual deben ir las antenas o elementos unos de otros, en base a la fórmula 5.1 o bien, un cálculo aproximado se encuentra en la tabla auxiliar del apéndice P.

$$D = 0,75 \frac{3 \times 10^8}{frec.tx(MHz)} \quad (5.1)$$

Para el caso de nuestro proyecto, la distancia entre los elementos de antena quedaría de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} D &= 0,75 \frac{3 \times 10^8}{105,1MHz} \\ &= 0,75(2,8544) \\ &= 2,14m \end{aligned}$$

Como podemos apreciar en el gráfico 5.19, el divisor de potencia se encuentra en la parte posterior de la torre, en el sentido inverso al que apuntan las antenas, también se puede apreciar que el cabezal del divisor donde están los conestores de salida está en el centro de la antena para que así nos alcancen todos los cables de interconexión.

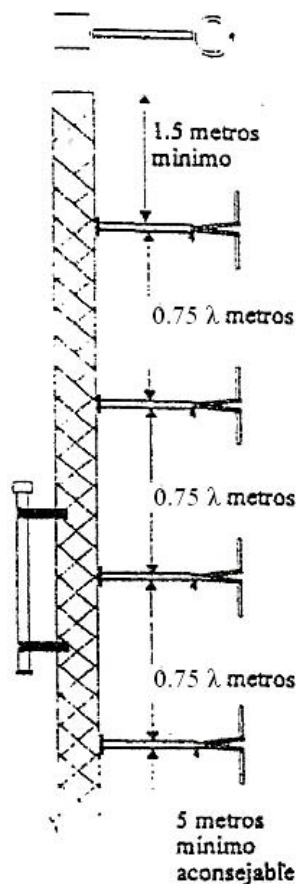


Figura 5.19: Ejemplo de los lóbulos de radiación de una antena compuesta por 6 elementos.

Es aconsejable dirigir las antenas al punto donde se quiere obtener más radiación. Como se observa, todas las antenas deben estar alineadas y en posición vertical con el conector hacia abajo y con todas las chapas que salen del conector hacia un mismo lado.

Cuando se conecte el cable de entrada al divisor de potencia se debe recordar que se debe amarrar firmemente a la torre con grapas plásticas para que el conector no sujete el peso del cable. El divisor de potencia lleva unos agujeros en la parte inferior, bajo ningún concepto debe de ser obstruídos cuando sea sellado.

5.4.3. Torre

Debido a que representa un menor gasto y cumple con las necesidades del proyecto, se optó por la utilización de torres arriostradas triangulares, como la que se muestra en la figura 5.20.



Figura 5.20: Ejemplo de una torre arriostrada triangular.

Para poder transmitir desde nuestra estación de radio ubicada en la cabecera municipal de Huejutla de Reyes hacia nuestro transmisor, se utilizará una torre de aproximadamente 10 m de altura, la cual soportará dos antenas yaguis para transmitir el canal izquierdo y derecho respectivamente.

Para el caso de nuestro transmisor la altura propuesta de la torre sería de 30 m aproximadamente sobre el cerro Zihuapiltepec ubicado a 1260 m sobre el nivel del mar y localizado a 13 km de la cabecera municipal, en la localidad de Ixcatlán, entre los paralelos $21^{\circ}05'$ latitud norte y $98^{\circ}32'25''$ longitud oeste.

Ésta torre soportará dos antenas yaguis receptoras del canal izquierdo y derecho y un arreglo de antenas tipo dipolo, las cuales transmitirán la señal de audio en FM.

Con esta altura propuesta es suficiente para dar cobertura a todo el municipio de Huejutla de Reyes y algunas otras localidades de municipios colindantes de habla Náhuatl. Cabe señalar que ambos puntos de transmisión cuentan con carretera y terracería para acceder.

Las torres contarán con un balizaje diurno que se realizará mediante pintura de franjas en blanco y rojo, en disposición alternativa y de igual longitud.

Además contarán con un balizaje nocturno que estará formado por balizas omnidireccionales con zócalo de aluminio y vidrio de color rojo. Las balizas se equiparan con lámparas de 24 V tipo automovil, alimentadas a través del transformador.

También podrán ser bombillas de 220 V alimentadas con 125 V, lo que prolonga su vida útil. El cable que las alimentará será antihumedad. Los arriostres se tensarán al 10 % de su resistencia.

5.5. Cobertura de nuestra Radiodifusora

Para poder pronosticar la cobertura de nuestra estación radiodifusora, es necesario recurrir a la ayuda de algunos métodos de predicción basados en curvas experimentales publicadas mundialmente para determinar los contornos de áreas de servicio.

Para el caso del proyecto se utilizó el método descrito en el Capítulo 3, el cual hace uso de las Normas Oficiales Mexicanas para Estaciones de Radiodifusión Sonora Moduladas en Frecuencia, NOM-02-SCT1-93, según publicación del Diario Oficial del 1 Febrero de 2000 y 22 de Mayo de 2000, Apéndice A, Curvas de Propagación F(50,50) canales de FM, que se refiere a la Intensidad de Campo para canales de FM preponderante en un 50 % de localizaciones potenciales del receptor en al menos 50 % del tiempo para una altura de la antena receptora de 30 pies (9.14 mts).

Éste procedimiento se llevó a cabo de la siguiente manera:

1. Se obtuvieron las alturas del terreno cada 500 m en un radio de 16 km y considerando 8 vectores a 45°, empezando por el 0° como norte y siguiendo las manecillas del reloj. Para ello utilizamos las cartas topográficas regionales del INEGI.
2. Posteriormente se tabularon los resultados como se muestra en la figura 5.21.

Vector Dist (km)	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
0.5	1000	920	860	900	960	1200	900	880
1	820	840	720	820	900	1200	800	800
1.5	400	700	600	780	760	1000	720	700
2	520	600	480	600	600	1100	660	620
2.5	400	400	500	560	580	1220	640	540
3	300	420	420	460	520	1260	580	440
3.5	340	360	400	500	500	1300	540	360
4	220	300	500	600	460	1200	500	400
4.5	240	340	480	500	400	1100	480	420
5	200	400	400	340	420	1100	400	300
5.5	240	280	460	300	500	1100	380	260
6	260	360	280	400	500	1020	480	260
6.5	180	400	380	400	600	980	600	260
7	200	340	380	400	600	800	600	240
7.5	200	400	300	500	680	720	500	260
8	160	600	360	660	720	740	720	260
8.5	180	440	280	720	720	800	720	280
9	180	480	280	700	720	700	720	260
9.5	160	400	260	600	680	800	700	260
10	160	420	220	620	660	1000	500	240
10.5	180	280	220	620	760	1000	440	200
11	160	280	260	500	700	1100	420	200
11.5	140	240	300	500	740	1100	500	200
12	120	240	280	400	680	1100	500	200
12.5	120	200	280	360	800	1200	700	180
13	160	220	260	420	1000	1200	780	180
13.5	160	240	260	380	1000	1200	700	200
14	160	200	200	500	800	1300	600	180
14.5	180	200	180	640	700	1300	600	160
15	200	200	180	500	600	1400	500	160
15.5	180	280	180	600	500	1400	500	140
16	160	300	180	600	500	1300	400	160
SUMA	8280	12280	11340	17380	21260	34940	18780	10200
PROMEDIO	258.75	383.75	354.375	543.125	664.375	1091.875	586.875	318.75

Figura 5.21: Tabulación de alturas

- Después se dibujaron los perfiles de cada uno de los 8 vectores y se pudieron trazar las líneas de vista que nos indicaron las zonas de sombra de nuestra señal, como se muestra en las figuras 5.22 a la 5.29

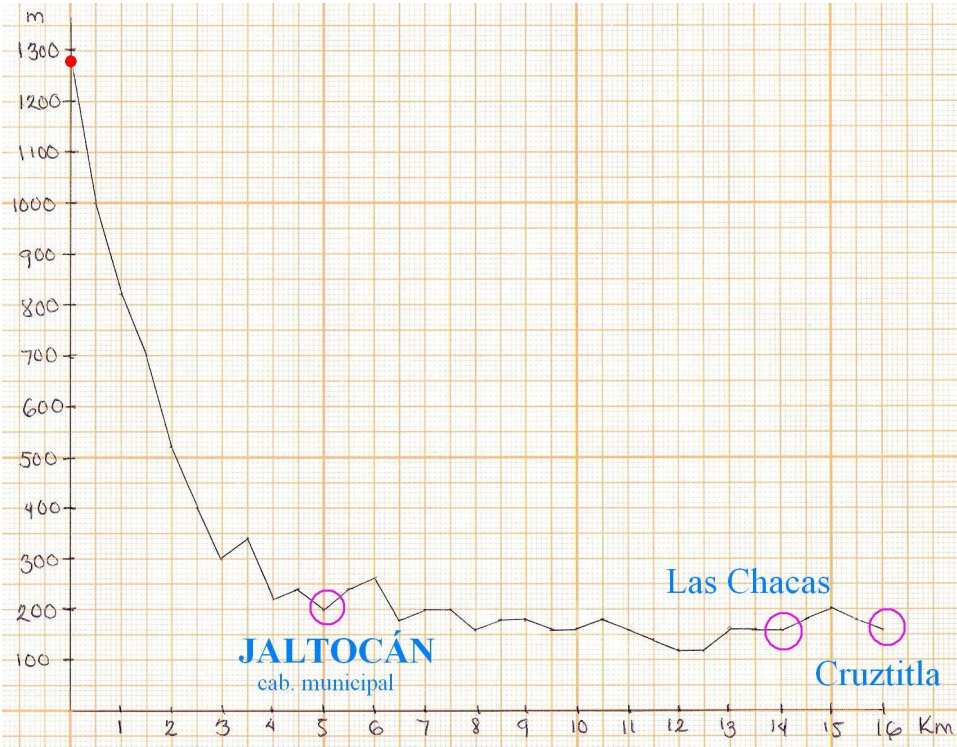


Figura 5.22: Perfil topográfico 0°

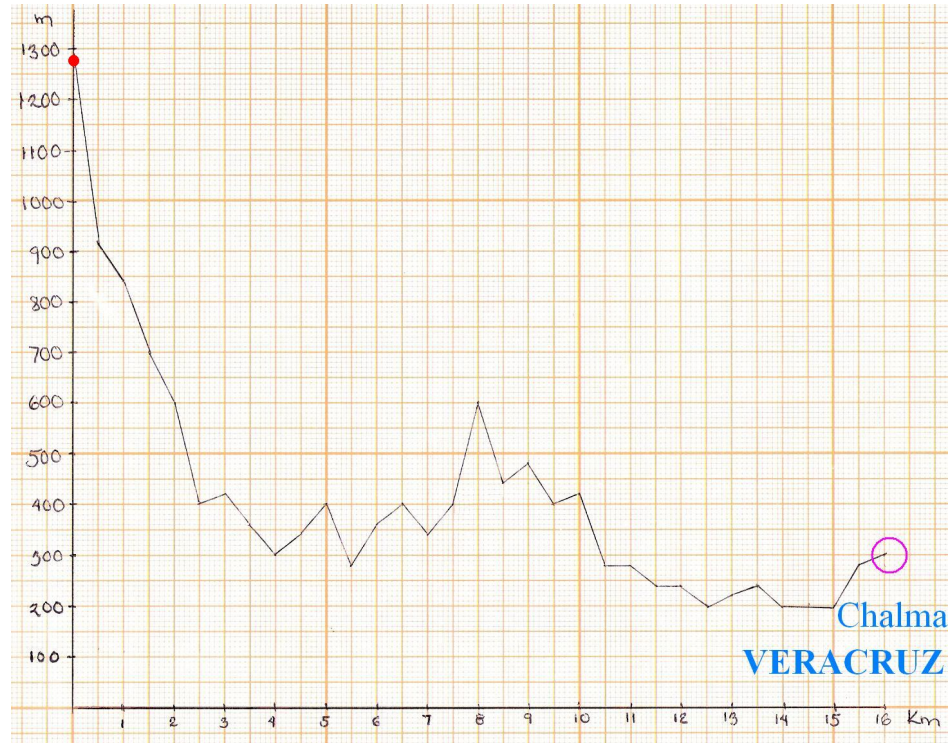


Figura 5.23: Perfil topográfico 45°

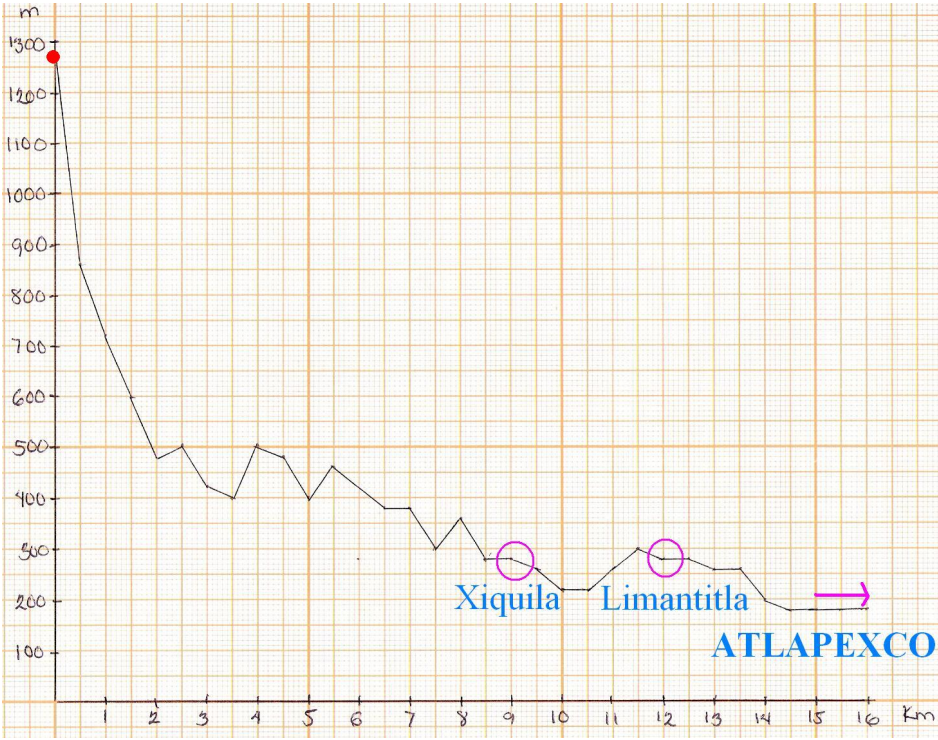


Figura 5.24: Perfil topográfico 90°

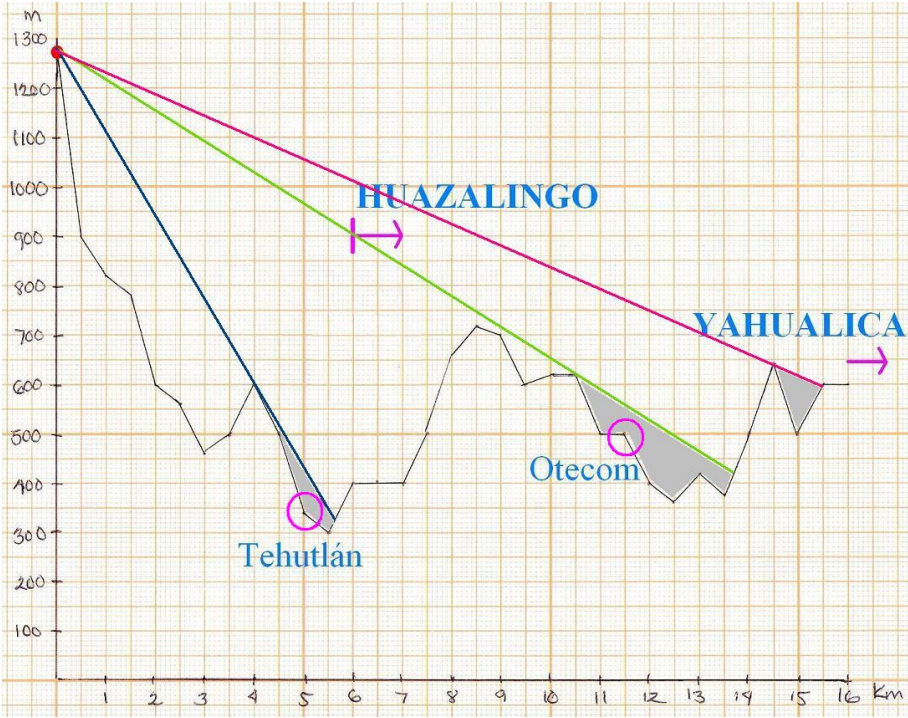


Figura 5.25: Perfil topográfico 135°

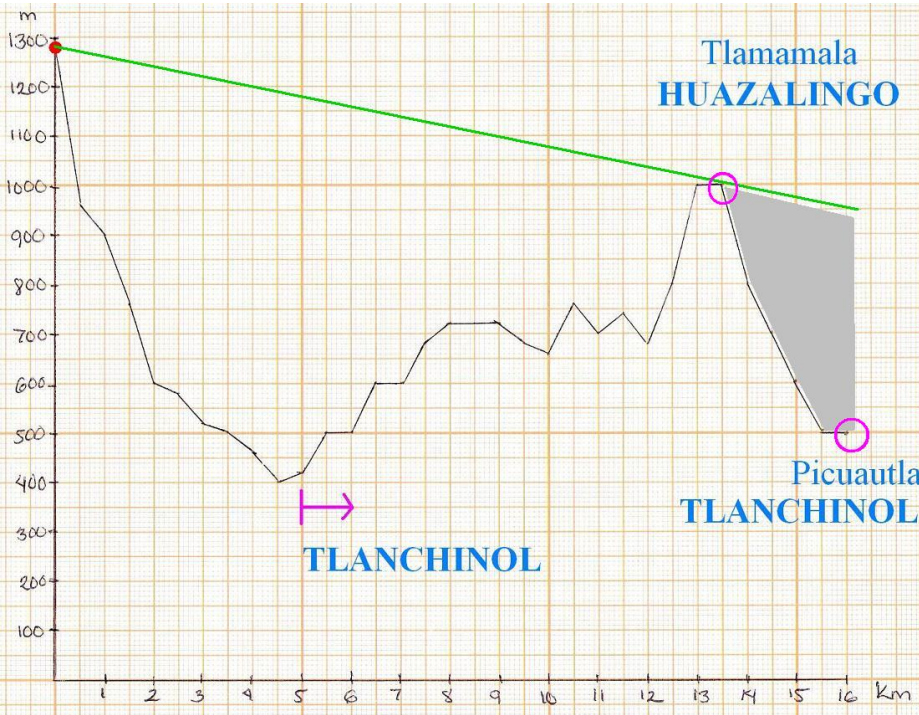


Figura 5.26: Perfil topográfico 180°

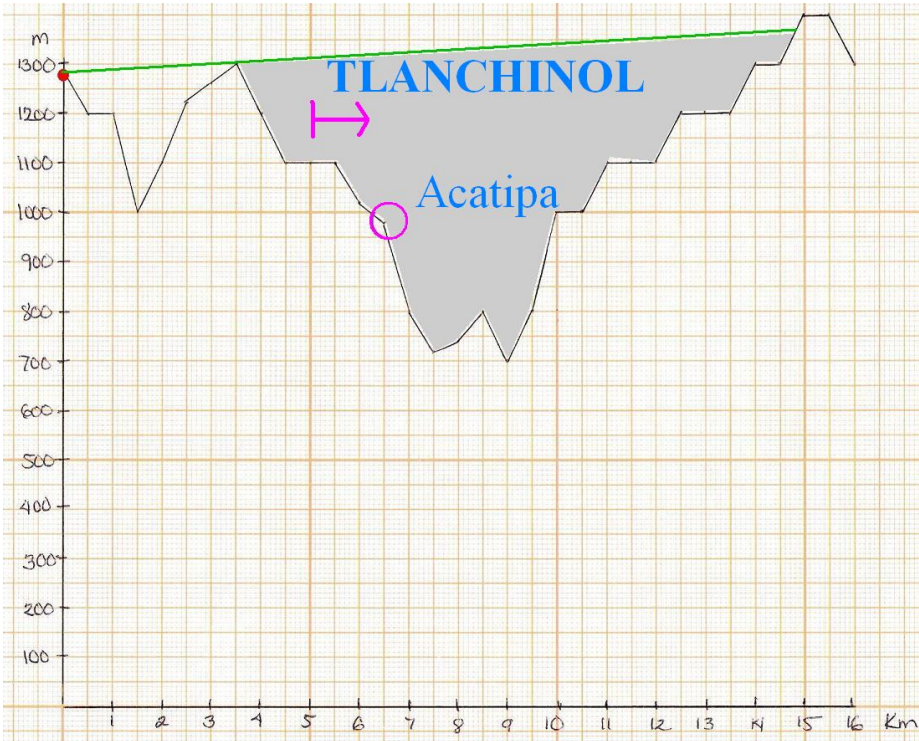


Figura 5.27: Perfil topográfico 225°

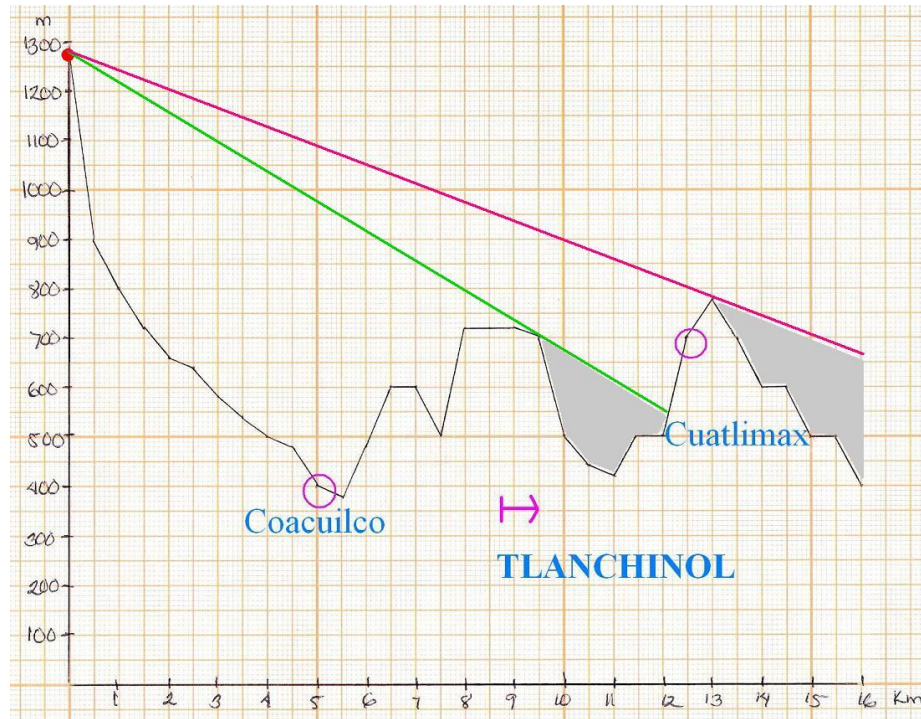


Figura 5.28: Perfil topográfico 270°

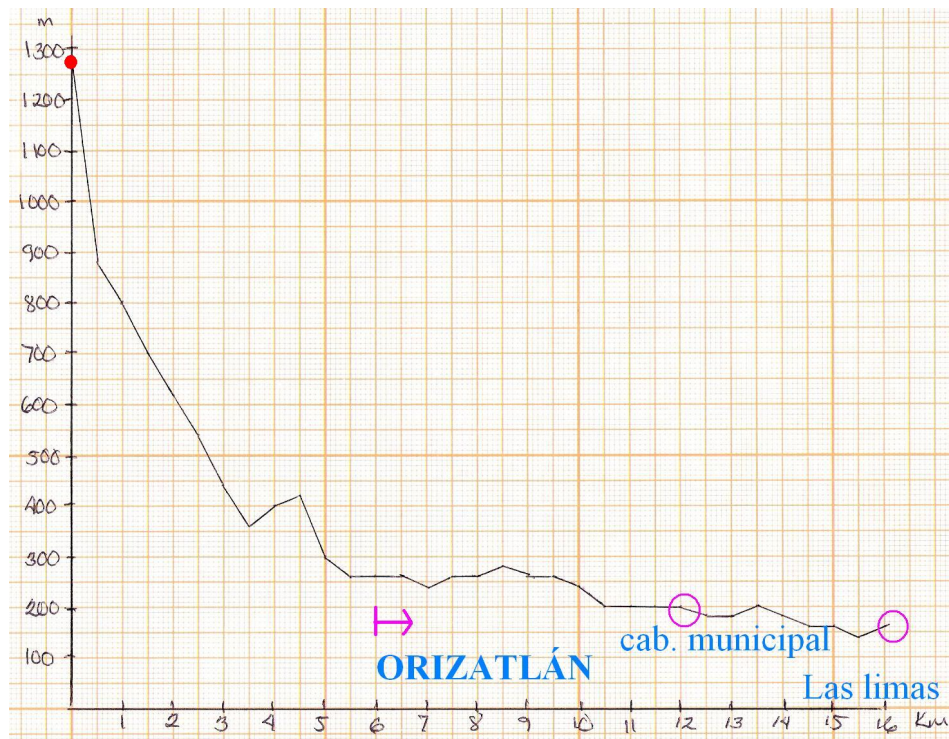


Figura 5.29: Perfil topográfico 315°

4. Posteriormente se elaborará la “Tabla de Predicciones” siguiendo los pasos y ecuaciones descritos en el Capítulo 3.

$$\begin{aligned}
 P.A.R. &= (PotTx)(GanAnt)(Efic.linTx) \\
 &= (1000W)(3,02)(0,87) \\
 &= 2627,4W \\
 F1 &= \frac{\Sigma PROMEDIOS}{8}(m) \\
 &= 525,23438m \\
 F2 &= 1260m \\
 F3 &= 22,65m \\
 F4 &= F2 + F3 - F1 \\
 &= 1260m + 22,65m - 525,23438m \\
 &= 757,41562 \\
 F5 &= F2 + F3 \\
 &= 1260m + 22,65m \\
 &= 1282,65
 \end{aligned}$$

Para el llenado de las últimas dos columnas, es decir, para obtener el alcance al contorno de 1 mV/m y 0.5 mV/m, se utilizaron las Curvas de Propagación F(50,50) Canales FM del apéndice C, de la NOM-02-SCT1-93, junto con la reglilla deslizable de apéndice D.

Para cada Fila, se buscó en el eje X de la figura del apéndice C, el numeral de la columna 3 de la misma Tabla de predicciones. Se colocó verticalmente el filo de la reglilla en el valor indicado en el eje X.

Luego se hizo coincidir la marca horizontal de $40 \mu V/m$ (valor normalizado para 1 kw), correspondiente al eje Y, con el valor de la reglilla de la P.A.R. utilizada (2627.4 W).

En esta posición, se leyó en las curvas, los valores correspondientes a las distancias según los contornos de 1 m V/m y 500 $\mu V/m$.

Éstos datos están graficados en millas y para su mayor exactitud fueron convertidos a km, apoyados en la tabla del Apéndice F. De esta forma se llenó el resto de la tabla, la cual se muestra en la figura 5.30.

Vector (°)	Altura promedio (m)	Altura promedio del centro de radiación de la antena (m)	Potencia radiada (W)	Alcance al contorno de 1 mV/m (km)	Alcance al contorno de 0.5 m V/m (km)
0°	258.75	1023.9	2627.4	80.45	98.149
45°	383.75	898.9	2627.4	72.405	90.104
90°	354.375	928.275	2627.4	74.014	91.713
135°	543.125	739.525	2627.4	65.969	82.059
180°	664.375	618.275	2627.4	61.142	78.841
225°	1091.875	190.775	2627.4	33.789	45.052
270°	586.875	695.775	2627.4	65.1645	82.059
315°	318.75	963.9	2627.4	78.841	96.54

Figura 5.30: Tabla de predicciones.

Los valores arrojados de éstas últimas dos columnas de la Tabla de Predicciones indican el nivel de intensidad de campo eléctrico, el cual como ya vimos, es la unidad de medida que se utiliza en radiodifusión para determinar la Potencia Radiada y el alcance de la estación de radio.

El contorno de 60 dBu (1 mV/m) indica solamente la extensión aproximada de cobertura sobre terreno promedio en ausencia de interferencia y el de 54 dBu (500 μ V/m), la extensión aproximada del área rural que podría servirse.

Al analizar los puntos interferentes en cada uno de los perfiles topográficos de los ocho vectores, junto con la tabla de la figura 5.30, podemos obtener una segunda tabla con datos más exactos que nos señalará teóricamente y de forma gráfica, la zona de cobertura real de nuestra señal de FM. Ésta tabla se visualiza en la figura 5.31.

La figura del apéndice E nos permite ver la relación de la altura de la antena sobre el nivel promedio de terreno contra la potencia que tendría nuestra señal.

Vector (°)	Altura promedio (m)	Altura promedio del centro de radiación de la antena (m)	Potencia radiada (W)	Alcance al contorno de 1 mV/m (km)	Alcance al contorno de 0.5 m V/m (km)
0°	258.75	1023.9	2627.4	80.45	98.149
45°	383.75	898.9	2627.4	72.405	90.104
90°	354.375	928.275	2627.4	74.014	91.713
135°	543.125	739.525	2627.4	14.5	14.5
180°	664.375	618.275	2627.4	13.5	13.5
225°	1091.875	190.775	2627.4	3.5	3.5
270°	586.875	695.775	2627.4	13	13
315°	318.75	963.9	2627.4	78.841	96.54

Figura 5.31: Tabla de predicciones con valores más reales del alcance de la señal de FM.

Los perfiles topográficos de las figuras 5.22, 5.23, 5.24, 5.25, 5.26, 5.27, 5.28 y 5.29 nos permiten suponer la posible cobertura y zonas de sombra que tendría nuestra señal.

El trazo de un nuevo perfil topográfico a 70° mostrado en la figura 5.32, nos ayudó a visualizar el relieve del terreno desde la torre transmisora hasta la estación de radio ubicada en la cabecera municipal de Huejutla.

Como se puede observar, la señal estaría llegando a los lugares planteados en nuestros objetivos. El primero de ellos, el municipio de Huejutla de Reyes, sobre todo, como lo muestra la figura 5.32, cubriríamos las principales localidades con más hablantes de lengua Náhuatl, según el cuadro de la figura 5.3, y que más adelante podemos visualizar geográficamente su ubicación en la figura 5.34.

También, gracias a la superficie semiplana del terreno, la señal estaría llegando a las localidades de los municipios colindantes con las mismas cuestiones étnicas que padece Huejutla, como lo son, San Felipe Orizatlán, Huautla, Atlapexco, Jaltocán, e incluso, a algunas otras pertenecientes a Veracruz y San Luis Potosí.

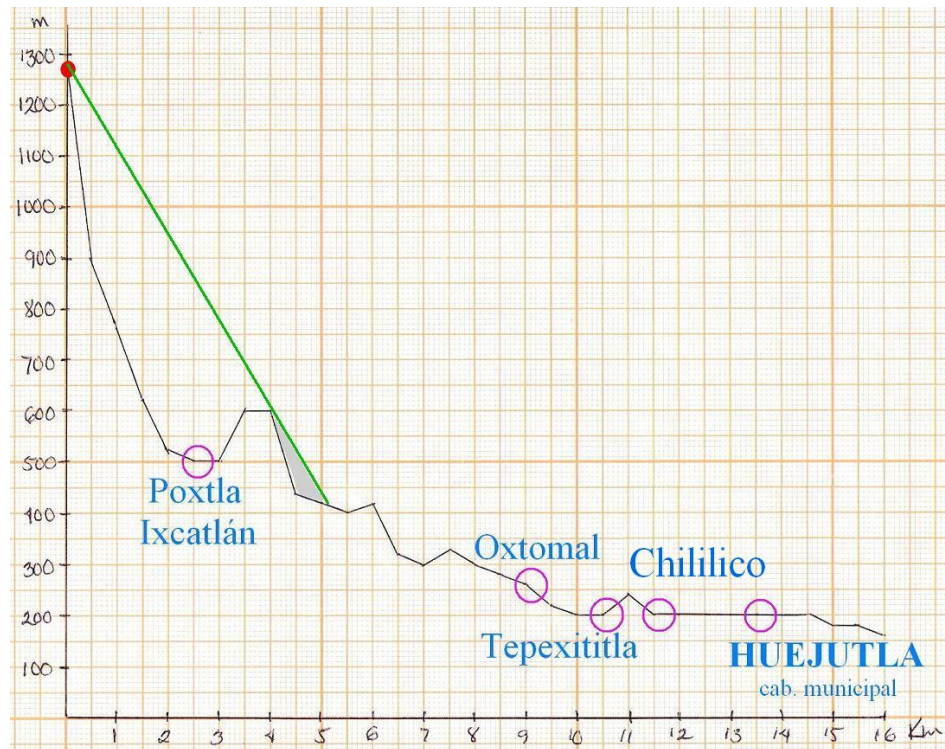


Figura 5.32: Perfil Topográfico a 70°

Desafortunadamente, por las características de la radiodifusión en FM, la señal podría verse obstruída por altos relieves, es decir que, llegaría sin interferencias sólo a algunas de las localidades pertenecientes a Yahualica, Xochiatipán o Tlanchinol, quizá algunas otras, se verían favorecidas únicamente por el rebote de la señal sobre los cerros cercanos. Sin embargo, según fuentes de información dictaminan que la señal de la radiodifusora del municipio de Cardonal, tiene cobertura en éstos municipios.

Finalmente, utilizando el mapa del apéndice B y en base a la tabla de la figura 5.31, podemos obtener lo que sería de forma teórica la cobertura de nuestra señal de radio, la cual se visualiza en la figura 5.33. La curva interna de color rojo muestra el nivel de intensidad de campo eléctrico a 1 m V/m y la de color azul el nivel a 500 m V/m.

Y en la figura 5.34, podemos observar el diseño de la radiodifusora y su ubicación geográfica sobre el municipio de Huejutla de Reyes.

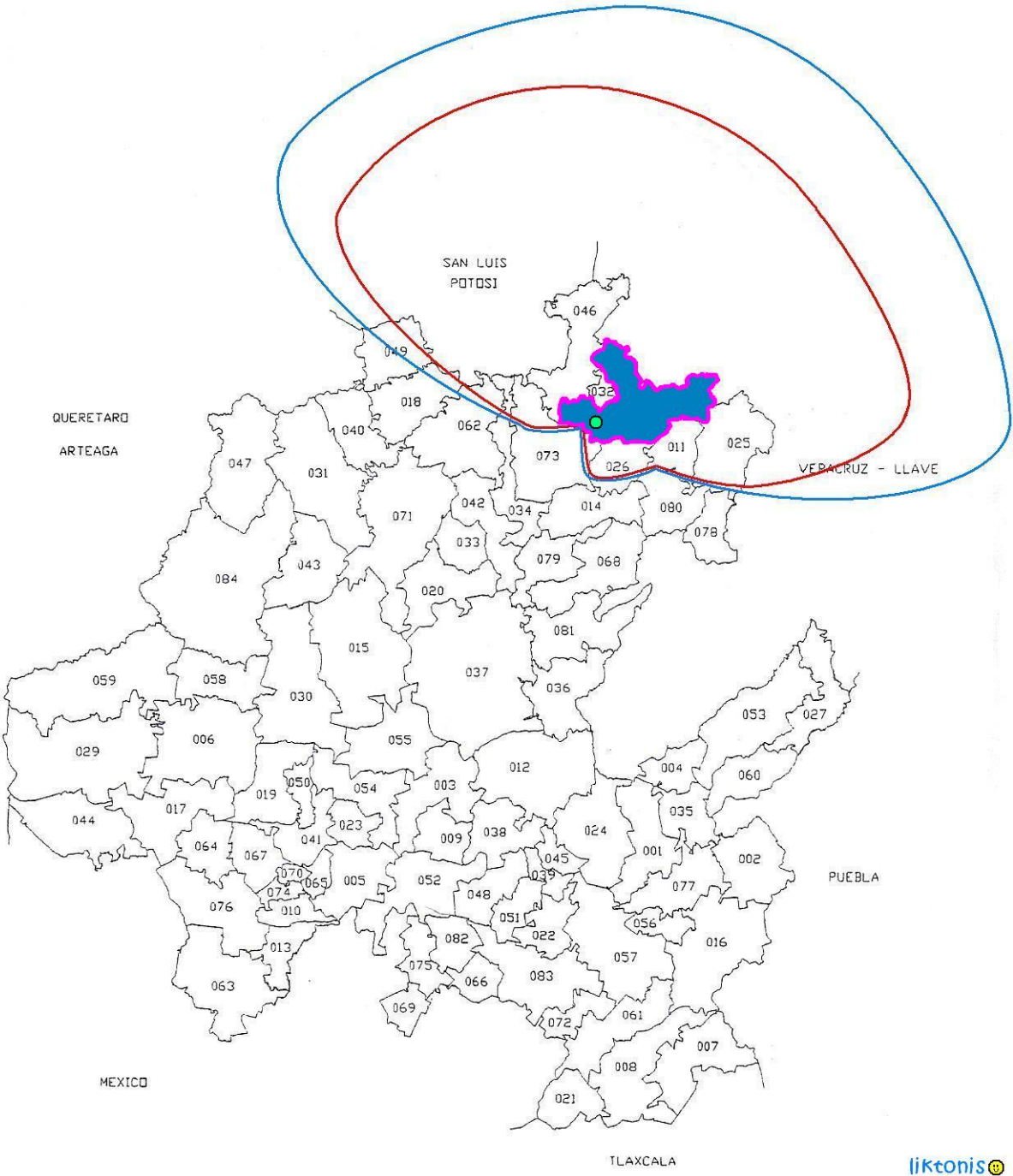


Figura 5.33: Posible cobertura de la señal de radio.

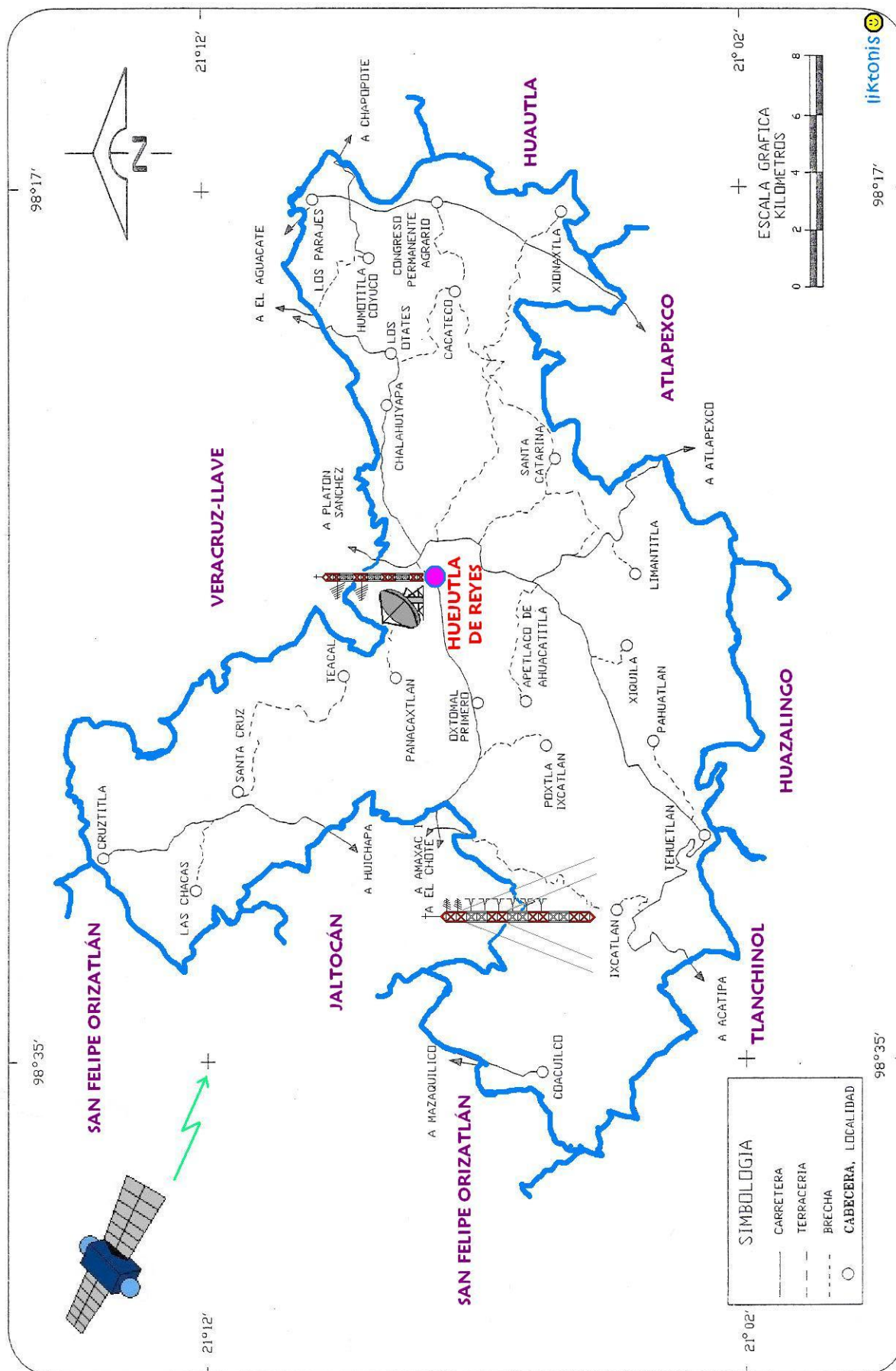


Figura 5.34: Diseño de la estación de radiodifusión FM y su ubicación geográfica.

Conclusiones

Las culturas indígenas enriquecen a la nación con su música, artesanías, ceremonias, rituales, medicina tradicional, formas de vida, lenguas, valores, etc.

Atender las carencias y rezagos para mejorar las condiciones de vida y apoyar el desarrollo económico de las comunidades y pueblos indígenas es un mandato constitucional y debe ser un compromiso de toda la sociedad en general, porque mientras permanezcan los rezagos en las regiones indígenas no solamente crecerá la desigualdad social y de ingresos, sino que el objetivo de erradicar la pobreza no será alcanzable.

Para garantizar el respeto a los derechos de los pueblos indígenas, acrecentar su desarrollo armónico y abatir sus deficiencias, se deben adoptar las medidas necesarias. Por su parte, la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas ha instrumentado una serie de programas enfocados a la atención integral de las comunidades indígenas, considerando que la mayoría de ellas se ubican geográficamente en lugares dispersos y de difícil acceso.

Por nuestra parte, creemos que la lengua es el principal vehículo de conservación de las culturas, por ello es preciso usarla en la vida diaria, tanto familiar como comunitaria y pública, para que pueda ser transmitida así de generación en generación.

Aunado a ello, en nuestras comunidades indígenas se debe impulsar la difusión de conocimientos, el acceso a la información y la creación de espacios de intercambio entre los indígenas y la sociedad. Por éstas razones, es imprescindible brindarles

esa plataforma a todas las comunidades indígenas que carecen de ella. Quienes no entienden el castellano o simplemente prefieren escuchar su lengua materna, deben ejercer su derecho a estar informados en su propio idioma.

Una estación de radio ubicada en Huejutla de Reyes satisfacería expectativas diversas a sus 65 250 hablantes de lengua Náhuatl, se difundirían programas informativos, culturales, de prevención, coberturas de eventos especiales, programas musicales en formatos variados y se fomentarían actividades de recreación y de esparcimiento en su idioma materno y en castellano.

Gracias a su superficie semiplana, se estaría dando cobertura a casi todo el municipio de Huejutla, además su señal también favorecerá a las localidades de otros municipios con las mismas características como es el caso de San Felipe Orizatlán, Huautla, Atlapexco, Jaltocán, a algunas otras de Tlanchinol e inclusive se podrá extender hasta algunas comunidades indígenas de San Luis Potosí y Veracruz.

La estación de radio también pretende ser un miembro más del SRCI, y gozará de sus beneficios, ya que tendrá acceso a la red, vía antenas satelitales y contará con su centro digital de información indígena (CDII), con la intención de vincularlos con las demás radiodifusoras bilingües y que puedan disponer de las tecnologías de información y comunicación (TIC's).

Cabe señalar, que en Hidalgo existen 320 029 hablantes de alguna lengua materna, de los cuales 40 045 no hablan el español, por lo que es de vital importancia fomentar el uso de su lengua y que mejor que a través de la difusión de una señal de radio ya sea en FM o AM.

En el caso de que fuera en FM, estarían recibiendo una señal estereofónica y por lo tanto de alta fidelidad, lo que es sinónimo de calidad. Hay que mencionar que en la actualidad existe una mejor aceptación de la radiodifusión en FM, debido a su gran calidad estereofónica, lo que provoca una mayor demanda en receptores de FM y a su vez, que éstos se produzcan en mayor cantidad, calidad y a menor precio. Sin embargo, las posibilidades de llegar a todas las localidades de todos los municipios es casi nula debido a la topografía del terreno en que viven.

En este caso una señal en AM sería idónea ya que teóricamente se trata de una señal cuyas propiedades le permiten arrastrarse hasta zonas más lejanas y abruptas. De ésta manera se puede proponer la implantación de otras radiodifusoras destinadas a los diferentes hablantes de lengua indígena ubicados a lo largo y ancho del estado de Hidalgo con el fin de promover la conservación de su idioma.

Es necesario que de alguna forma nos intereseamos más por la situación de los pueblos indígenas y nos comprometamos cada uno en su ámbito a aportar soluciones que puedan beneficiarlos. Debemos preocuparnos en tratar de hacerlos parte de nuestra sociedad si es que deseamos un estado armonioso y fortalecido, encaminado siempre hacia la prosperidad.

APENDICE A. Espectro Electromagnético.

Nombre	Frecuencia	Longitud de onda
Extremadamente baja frecuencia (ELF)	30–300 Hz	10^7 – 10^6 m
Frecuencia de voz (VF)	300–3 000 Hz	10^6 – 10^5 m
Muy baja frecuencia (VLF)	3–30 kHz	10^5 – 10^4 m
Baja frecuencia (LF)	30–300 kHz	10^4 – 10^3 m
Frecuencia media (MF)	300 kHz–3 MHz	10^3 – 10^2 m
Alta frecuencia (HF)	3–30 MHz	10^2 – 10^1 m
Muy alta frecuencia (VHF)	30–300 MHz	10^1 –1 m
Ultra alta frecuencia (UHF)	300 MHz–3 GHz	1 – 10^{-1} m
Super alta frecuencia (SHF)	3–30 GHz	10^{-1} – 10^{-2} m
Extremadamente alta frecuencia (EHF)	30–300 GHz	10^{-2} – 10^{-3} m
Infrarrojo	—	0.7 – 10^{-6} m
El espectro visible (luz)	—	0.4×10^{-6} – 0.8×10^{-6} m

Unidades de medida y abreviaturas

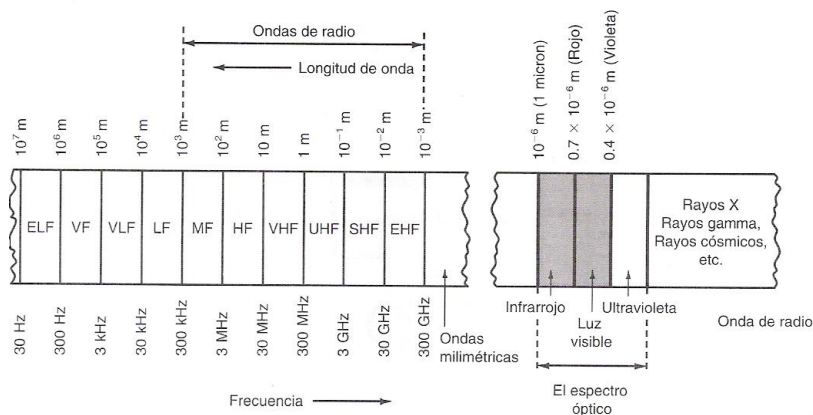
kHz = 1 000 Hz

MHz = 1 000 kHz = 1×10^6 = 1 000 000 Hz

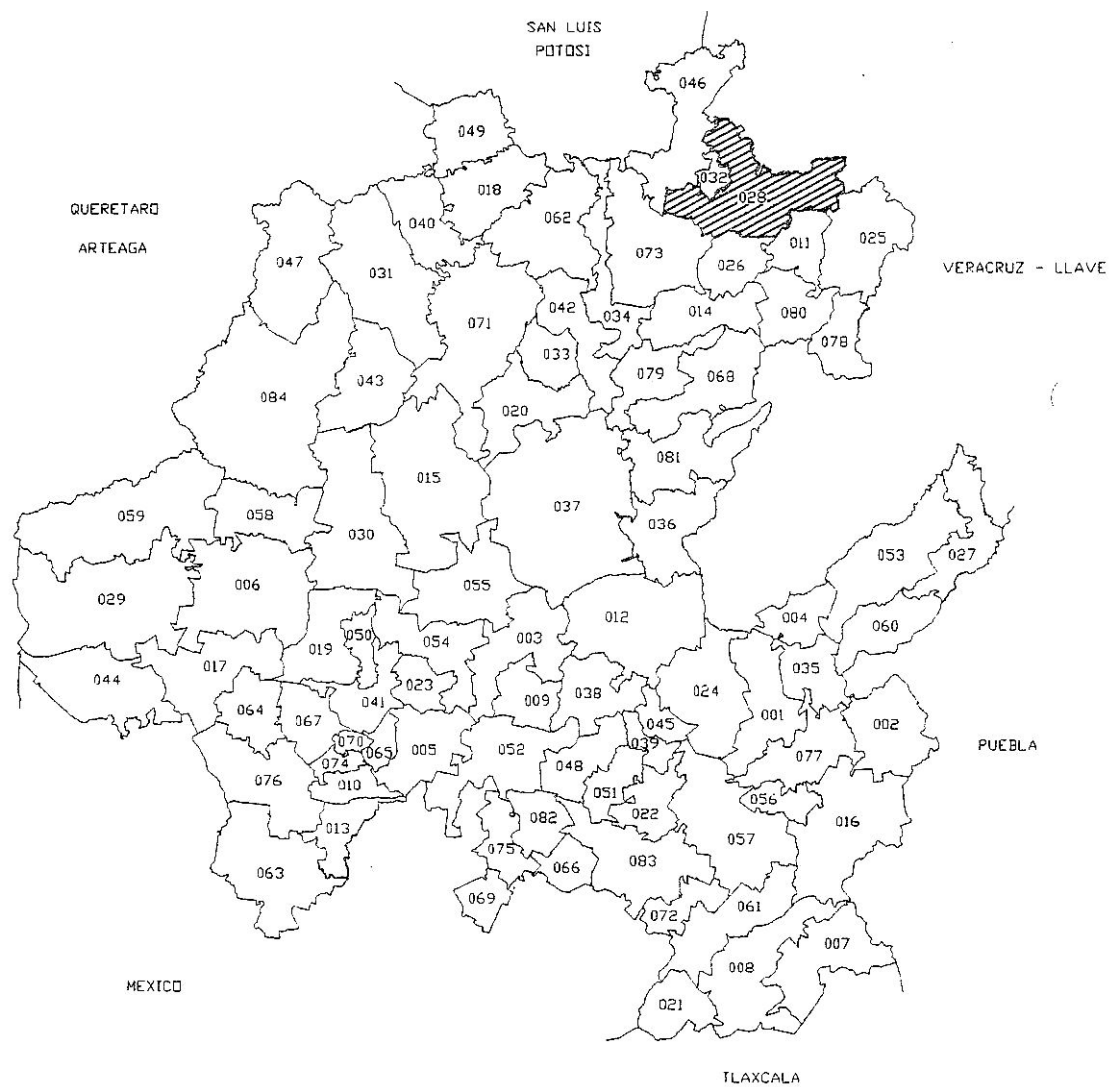
GHz = 1 000 MHz = 1×10^9 = 1 000 000 kHz = 1×10^9 = 1 000 000 000 Hz

m = metro

μm = micro = $\frac{1}{1\,000\,000}$ m = 1×10^{-6} m



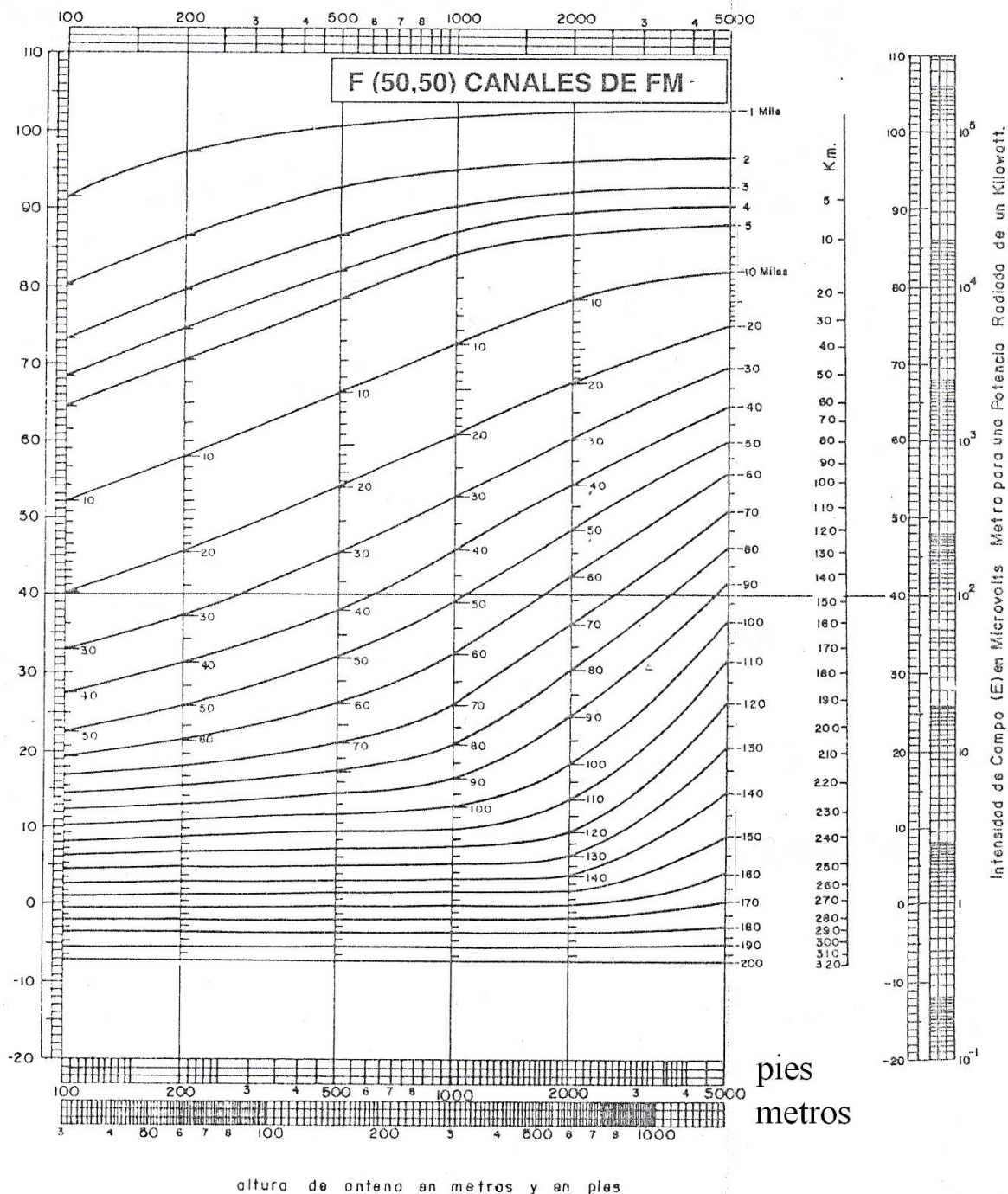
APENDICE B. División geoestadística municipal de Hidalgo



001	Acatlán
002	Acaxochitlán
003	Actopan
004	Agua Blanca de Iturbide
005	Ajacuba
006	Alfajayucan
007	Almoleza
008	Apan
009	Arenal, El
010	Atitalaquia
011	Atlapexco
012	Atotonilco el Grande
013	Atotonilco de Tula
014	Calnali
015	Cardonal
016	Cuautepec de Hinojosa
017	Chapantongo
018	Chapulhuacán
019	Chilcuautla
020	Eloxochitlán
021	Emiliano Zapata
022	Epazoyucan
023	Francisco I. Madero
024	Huasca de Ocampo
025	Huautla
026	Huazalingo
027	Huehuetla
028	Huejutla de Reyes
029	Huichapan
030	Ixmiquilpan
031	Jacala de Ledezma
032	Jaltocán
033	Juárez de Hidalgo
034	Lolotla
035	Metepc
036	San Agustín Metzquitlán
037	Metztitlán
038	Mineral del Chico
039	Mineral del Monte
040	Misión, La
041	Mixquiahuala de Juárez
042	Molango de Escamilla

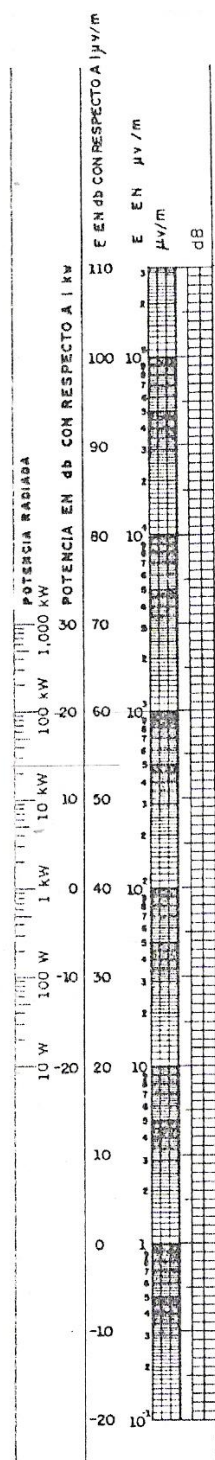
043	Nicolás Flores
044	Nopaia de Villagrán
045	Omitlán de Juárez
046	San Felipe Orizatlán
047	Pacula
048	Pachuca de Soto
049	Pisaflores
050	Progreso de Obregón
051	Mineral de la Reforma
052	San Agustín Tlaxiaca
053	San Bartolo Tutotepec
054	San Salvador
055	Santiago de Anaya
056	Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero
057	Singuilucan
058	Tasquillo
059	Tecoautla
060	Tenango de Doria
061	Tepeapulco
062	Tepehuacán de Guerrero
063	Tepeji del Río de Ocampo
064	Tepetitlán
065	Tetepango
066	Villa de Tezontepec
067	Tezontepec de Aldama
068	Tlanguistengo
069	Tizayuca
070	Tlahuelilpan
071	Tlahuilepa
072	Tlanalapa
073	Tlanchinol
074	Tlaxcoapan
075	Tolcayuca
076	Tula de Allende
077	Tulancingo de Bravo
078	Xochiatipan
079	Xochicoatlán
080	Yahualica
081	Zacuaitipán de Angeles
082	Zapotlán de Juárez
083	Zempoala
084	Zimapán

APENDICE C. Curvas de propagación F(50,50) canales de FM



INTENSIDAD DE CAMPO PARA CANALES DE FM
PREPONDERANTE EN UN 50% DE LOCALIZACIONES POTENCIALES
DEL RECEPTOR EN AL MENOS 50 PORCIENTO DEL TIEMPO
PARA UNA ALTURA DE LA ANTENA RECEPTORA DE: 30 PIES
(9.14 metros)

APENDICE D. Reglilla deslizable

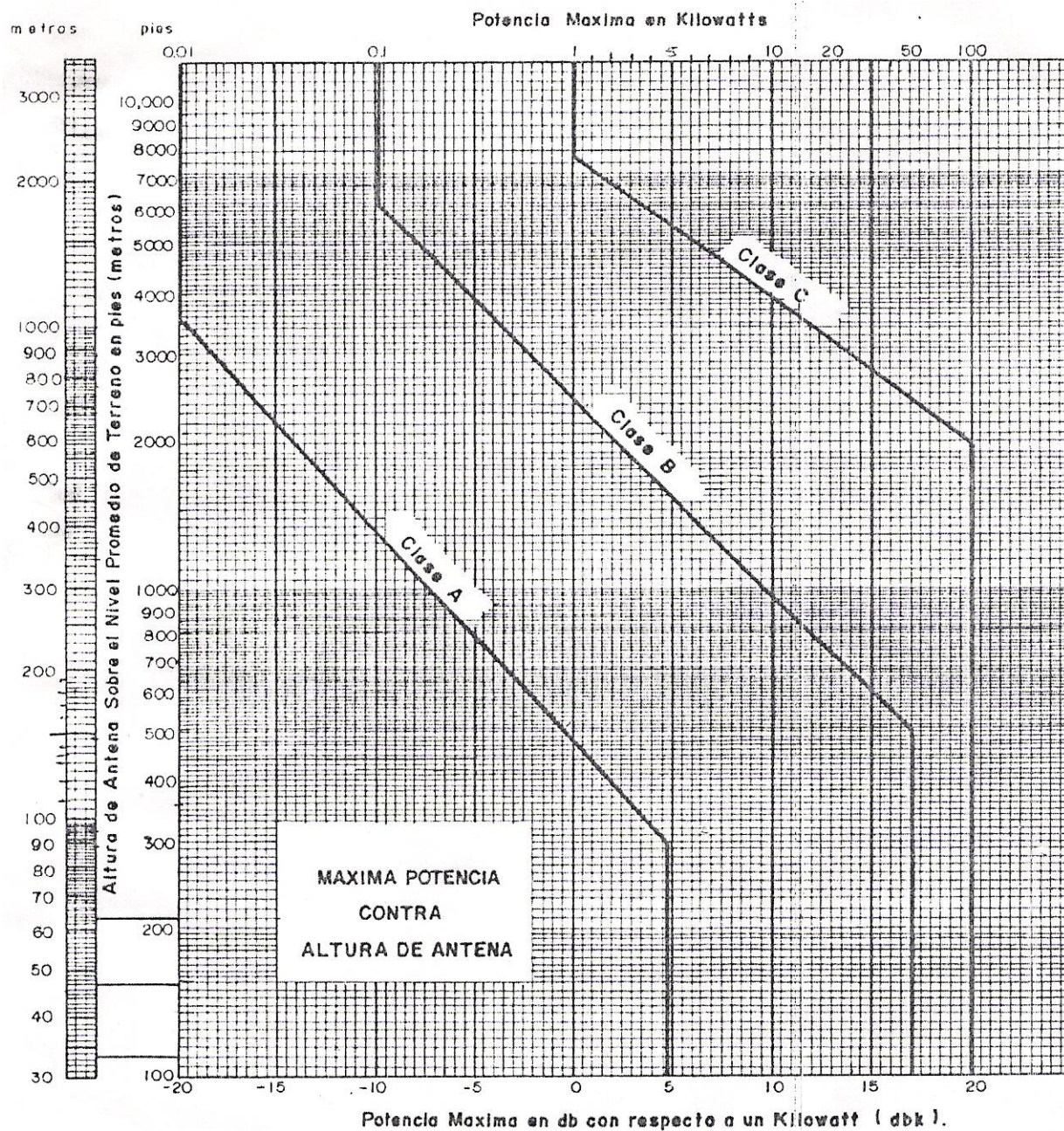


← 60 dBu (1 m V/m)

← 54 dBu (500 μ V/m)

Escala deslizable para
usarse con el anexo 4

APENDICE E. Gráfica de altura contra potencia



APENDICE F. Tabla auxiliar de conversiones millas/km

mil	Km	mil	Km	mil	Km	mil	Km	mil	Km
1	1.609	41	65.969	81	130.329	121	194.689	161	259.049
2	3.218	42	67.578	82	131.938	122	196.298	162	260.658
3	4.827	43	69.187	83	133.547	123	197.907	163	262.267
4	6.436	44	70.796	84	135.156	124	199.516	164	263.876
5	8.045	45	72.405	85	136.765	125	201.125	165	265.485
6	9.654	46	74.014	86	138.374	126	202.734	166	267.094
7	11.263	47	75.623	87	139.983	127	204.343	167	268.703
8	12.872	48	77.232	88	141.592	128	205.952	168	270.312
9	14.481	49	78.841	89	143.201	129	207.561	169	271.921
10	16.09	50	80.45	90	144.81	130	209.17	170	273.53
11	17.699	51	82.059	91	146.419	131	210.779	171	275.139
12	19.308	52	83.668	92	148.028	132	212.388	172	276.748
13	20.917	53	85.277	93	149.637	133	213.997	173	278.357
14	22.526	54	86.886	94	151.246	134	215.606	174	279.966
15	24.135	55	88.495	95	152.855	135	217.215	175	281.575
16	25.744	56	90.104	96	154.464	136	218.824	176	283.184
17	27.353	57	91.713	97	156.073	137	220.433	177	284.793
18	28.962	58	93.322	98	157.682	138	222.042	178	286.402
19	30.571	59	94.931	99	159.291	139	223.651	179	288.011
20	32.18	60	96.54	100	160.9	140	225.26	180	289.62
21	33.789	61	98.149	101	162.509	141	226.869	181	291.229
22	35.398	62	99.758	102	164.118	142	228.478	182	292.838
23	37.007	63	101.367	103	165.727	143	230.087	183	294.447
24	38.616	64	102.976	104	167.336	144	231.696	184	296.056
25	40.225	65	104.585	105	168.945	145	233.305	185	297.665
26	41.834	66	106.194	106	170.554	146	234.914	186	299.274
27	43.443	67	107.803	107	172.163	147	236.523	187	300.883
28	45.052	68	109.412	108	173.772	148	238.132	188	302.492
29	46.661	69	111.021	109	175.381	149	239.741	189	304.101
30	48.27	70	112.63	110	176.99	150	241.35	190	305.71
31	49.879	71	114.239	111	178.599	151	242.959	191	307.319
32	51.488	72	115.848	112	180.208	152	244.568	192	308.928
33	53.097	73	117.457	113	181.817	153	246.177	193	310.537
34	54.706	74	119.066	114	183.426	154	247.786	194	312.146
35	56.315	75	120.675	115	185.035	155	249.395	195	313.755
36	57.924	76	122.284	116	186.644	156	251.004	196	315.364
37	59.533	77	123.893	117	188.253	157	252.613	197	316.973
38	61.142	78	125.502	118	189.862	158	254.222	198	318.582
39	62.751	79	127.111	119	191.471	159	255.831	199	320.191
40	64.36	80	128.72	120	193.08	160	257.44	200	321.8

APENDICE G. Especificaciones LNB NORSAT

How to Order a 1000H Series LNB

1

1

0

8

H

A

N

Connector.....

Frequency.....

Noise Figure.....

LO Stability.....

LNB Series #.....

F - 75 Ohm
N - 50 Ohm

A - 11.70 to 12.20 GHz
B - 12.25 to 12.75 GHz
C - 10.95 to 11.70 GHz

07 - 0.7 dB
08 - 0.8 dB
09 - 0.9 dB

1 - ± 10 kHz
2 - ± 25 kHz
5 - ± 5 kHz

Ku PLL Series

Best ● 1000X

Better ● 1000H

Good ● 1000L

Norsat Advantages

- Norsat LNBs are graded by Stability and Noise Figure to provide the perfect balance between performance and cost
- Compact to fit in smaller enclosures, reducing wind profile
- Proven reliability for lower lifetime costs
- Better PLL LO stability to control receiver drift and employ lower bit rates or a narrower space segment
- Excellent Phase Noise to lower Carrier to Signal Noise margins, improving BER
- Built-in transmitter interference filter for compact installations and lower costs

Norsat Ku-Band PLL LNB Product Line:

	1000L	1000H	1000X
Noise Figure	0.8dB to 1.0 dB	0.7dB to 0.9 dB	0.9dB to 1.2 dB
Input VSWR	2.2:1	2.2:1	2.2:1
LO Stability	± 75 to ± 100 kHz	± 5 to ± 25 kHz	External reference
Phase Noise	-75dBc/Hz @ 1kHz	-75dBc/Hz @ 1kHz	-75dBc/Hz @ 1kHz
Output Connector	F or N	F or N	For N

Norsat 1000H Series Specifications

Electrical Specifications

RF Input Frequency

- 1000HA: 11.70 to 12.20 GHz
- 1000HB: 12.25 to 12.75 GHz
- 1000HC: 10.95 to 11.70 GHz

Input VSWR

- 2.2 : 1 max

IF Output Frequency

- 1000HA: 950 to 1450 MHz
- 1000HB: 950 to 1450 MHz
- 1000HC: 950 to 1700 MHz

Output VSWR

- N-Connector: 2.2 : 1 maximum, 50 Ohms
- F-Connector: 2.2 : 1 maximum, 75 Ohms

Gain

- 55 dB minimum
- 70 dB maximum, 60 dB typical

Gain Stability

- 6 dB p-p maximum, 3 dB typical over temperature and frequency

Gain Flatness

- 1.5 dB p-p maximum per 27 MHz segment

1 dB Gain Compression Point

- +7 dBm minimum

Noise Figure

- 0.7 to 0.9 dB depending on model number

Image Rejection

- 45 dB minimum, 60 dB typical

Local Oscillator Frequency

- 1000HA: 10.75 GHz
- 1000HB: 11.30 GHz
- 1000HC: 10.00 GHz

Local Oscillator Stability

- ± 5 kHz to ± 25 kHz depending on model number

Local Oscillator Leakage

- -45 dBm maximum measured at waveguide input

Mechanical Specifications

Input Interface

- WR-75 Waterproof (Mated with matching flange and O-ring)

Output Interface

- F-Type, 75 Ohm, Female Waterproof
- N-Type, 50 Ohm, Female Waterproof

Size

- 100 (L) x 42 (W) x 42 (H) mm
- 3.9 x 1.7 x 1.7 in

Weight

- 300g / 10.6 oz maximum

Paint / Color

- White, Plastic Shell

Environmental Specifications

Operating Temperature

- -40 to +60 degrees Celsius

Thermal Gradient

- -40 degrees Celsius/Hour

Relative Humidity

- 15% to 100% condensation and frost

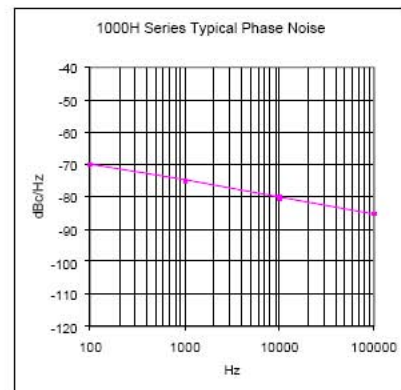
Power Requirements

Input DC Voltage

- +15 to +24 V supplied through center conductor of IF cable

Current Drain

- 200 mA maximum, 150 mA typical



APENDICE H. Especificaciones ABR202

HIGHLIGHTS

- ▶ Digital audio satellite receiver for SCPC broadcast of audio, data, relay signals
- ▶ CD-quality, 20 kHz audio bandwidth at 96, 112, 128, 192, 256, or 384 kbps
- ▶ Select from multiple rates and modes through the network or at the downlink
- ▶ Configure for BPSK or QPSK and use worldwide on Ku- or C-band satellites
- ▶ Functionally compatible with industry standard Radyne ComStream ABR200

OVERVIEW

The Radyne ComStream ABR202 digital audio receiver is your solution for broadcasting audio by satellite. Applications include radio program and news distribution, point-of-purchase audio with advertising insertion, and data broadcast distribution.

The ABR202 continues the worldwide standard for digital audio transmission via satellite. Compared to alternative distribution networks, the ABR202 achieves satellite efficiency savings of 35 to 65%. These savings are realized through a combination of Radyne ComStream state-of-the-art digital satellite modem and receiver technologies utilizing ISO/MPEG audio compression.

Users can take advantage of the multiple operating rates and modes described under "Key Features" to optimize the network for maximum audio and data quality and space segment savings.

Along with CD-quality audio, each ABR202 outputs RS-232 or RS-422 asynchronous data, receiver control signals, and cue signals (relay closures).

ISO/MPEG COMPRESSION

The ABR202 receiver uses the ISO/MPEG Layer II compression algorithm, an industry standard with international support and ongoing research for continuous improvements.

KEY FEATURES

- BPSK or QPSK operation at user-selectable data rates of 64, 96, 112, 128, 192, 256, or 384 kbps
- Mono, dual-mono (stereo) or joint stereo modes using industry standard ISO/MPEG Layer II compression
- Quick channel access using SCPC/FDM allows quick, nearly transparent audio channel changes for receiving multiple channels
- Addressable for complete configuration and operation either from uplink via an in-band control channel or through the M&C port
- Control channel and remote control ports are 100% compatible with all Radyne ComStream audio network products
- Relay control port with eight contact closures for control of downlink equipment, each relay independently controlled at the uplink
- Seven TTL inputs for local channel changes and auxiliary equipment monitoring
- Asynchronous RS-232 data port operating at speeds of 300 to 9600 baud, providing simultaneous audio and background data
- Receiver operating software can be upgraded over the satellite link
- Built-in performance monitoring and automatic fault reporting with optional external telco modem
- Built-in audio, relay control, and data port diagnostics

ABR202 Digital Audio Receiver

SPECIFICATIONS

AUDIO PERFORMANCE

Frequency response	20 Hz to 20.0 kHz max, based on data rate
Audio output channels	One or two
Compression technique	ISO/MPEG Layer II
Compression factor	12:1, 8:1, 6:1
MPEG data rates	64, 96, 112, 128, 192, 256, 384 kbps
Symbol Rate Flexibility	Variable rate (1-sps resolution)
Modes	mono, dual mono (stereo), joint stereo
Total harmonic distortion	< 0.2% at 1 kHz
Dynamic range	> 83 dB
Analog sampling rate	48 kHz
Stereo phase deviation	< 1.0° for 0 to 10 kHz; < 3.0° for 10 to 20 kHz max, based on data rate
Audio output impedance	510 ohms, directly coupled
Audio output levels	0 dB throughput gain into 100 K ohm load nominal, adjustable to provide 0 dB throughput gain for 600 ohm load
Maximum audio level	+18 dBu
Connector	DB-9 male, L and R analog audio

PORTS

Audio Port

Function	L and R stereo pair, balanced + and – outputs each
Connector	DB-9 male

User Data Port

Interface	Asynchronous RS-232
Data rates	300, 1200, 2400, 4800, and 9600 baud
Connector	DB-9 female

Monitor and Control Port

Interface	Asynchronous RS-232 and RS-485 Radyne ComStream Packet Protocol or ASCII
Connector	DB-9 female

Printer Data Port

Interface	Asynchronous RS-232 and RS-422
Data rates	300, 1200, 2400, 4800, and 9600 baud
Connector	DB-25 female

Relay/Control Port

Contact closures	Eight, Form A, individually controlled
Connector	DB-25 male
Status inputs	7 TTL

Auxiliary Port

Connector	DB-15 female
Functions	Fault alarm relay contacts output, AGC voltage output RS-422 Composite Synchronous Data Monitor and Control reset

AES/EBU Port

Connector	DB-15 female
-----------	--------------

L-BAND DEMODULATOR (INDOOR UNIT)

Input frequency	950 to 1700 MHz, F connector, 75 ohm
Demodulation type	BPSK or QPSK
FEC decoding	Sequential rate 1/2, 3/4 Viterbi 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, or 7/8 or concatenated Viterbi/Reed-Solomon rate 187/204
Audio threshold	5 dB E_b/N_0 (BPSK); 5.5 dB E_b/N_0 (QPSK) for Sequential 1/2 FEC

LNB (OUTDOOR UNIT)

Input frequency range	10.95-11.7, 11.7-12.2, 12.25-12.75, 3.7-4.2, 4.5-4.8 GHz
Output frequency range	950 to 1700 MHz
Local oscillator	DRO (BPSK) or PLL (QPSK)

AVAILABLE AUDIO RATES AND BANDWIDTHS

Rate (kbps)	Audio Mode	Bandwidth (kHz)	Audio Quality	Recommended User Data Rate*
64	Mono	8	AM	2400
96	Mono	20	CD	4800
112	Mono	20	CD	4800
112	Dual mono (stereo)	10	AM	4800
112	Joint stereo	20	CD	4800
128	Mono	20	CD	4800
128	Dual mono (stereo)	10	AM	4800
128	Joint stereo	20	CD	4800
192	Mono	20	CD	9600
192	Dual mono (stereo)	20	CD	9600
192	Joint stereo	20	CD	9600
256	Mono	20	CD	9600
256	Dual mono (stereo)	20	CD	9600
256	Joint stereo	20	CD	9600
384	Mono	20	CD	9600
384	Dual mono (stereo)	20	CD	9600
384	Joint stereo	20	CD	9600

* Maximum user data rate is 9600 baud for all audio rates, but lower data rates should be used with audio rates less than 192 kbps to prevent audio quality degradation.

DIMENSIONS/WEIGHT (INDOOR UNIT)

Size	7.5 cm (3 in) h, 41 cm (16 in) W, 24.5 cm (9.75 in) D
Weight	< 5.5 kg (12.1 lbs.)
Rack Mount	2RU brackets provided

POWER (INDOOR UNIT)

Input voltage	85 to 265 VAC autosensing
Frequency	47 to 63 Hz
Consumption	45 watts true RMS power (typical)

ENVIRONMENTAL

Temperature	0 to +50°C (IDU, operating) -30 to +50°C (ODU, operating)
Humidity (Indoor Unit)	5 to 95% noncondensing (operating) 0 to 99% condensing (ODU, operating)
Safety/emissions	CE compliant; UL 1950, CSA 950, EN60950 / FCC Part 15B Class A, EN55022 Class B

Product and options subject to availability. Please consult your nearest Radyne ComStream representative or authorized Radyne ComStream distributor.

APENDICE I. Características del tx de frecuencia agil

1.2 TECHNICAL CHARACTERISTICS

RF

Frequency range	87.6 - 107.9MHz
Output power	250W
RF Output connector / impedance	N Female / 50 Ω
Frequency programmability	From panel
Frequency stability	2,5ppm (option 0,05ppm)
Spurious & Harmonic suppression	Meets or exceeds all FCC and CCIR requirements
Modulation capability	Meets or exceeds all FCC and CCIR requirements
Asynchronous AM S/N ratio	60dB
Synchronous AM S/N ratio	50dB

SOUND SECTION

MPX Operation

Audio input	2Vpp, BNC Connector
Frequency amplitude response	$\pm 0,1$ dB, 30Hz - 100kHz
Harmonic distortion	< 0,15%, 30Hz - 100kHz
S/N Ratio with CCIR unweighted	80dB
S/N Ratio with CCIR weighted	78dB
S/N Ratio with RMS Detector	86dB

MONO Operation

Audio input	2Vpp, XLR Connector
Frequency amplitude	0,5dB, 30Hz - 15kHz
Harmonic distortion	< 0,15%, 30Hz - 15kHz
Pre-emphasis	Flat, 50 μ s, 75 μ s
S/N Ratio with CCIR unweighted	80dB
S/N Ratio with CCIR weighted	78dB

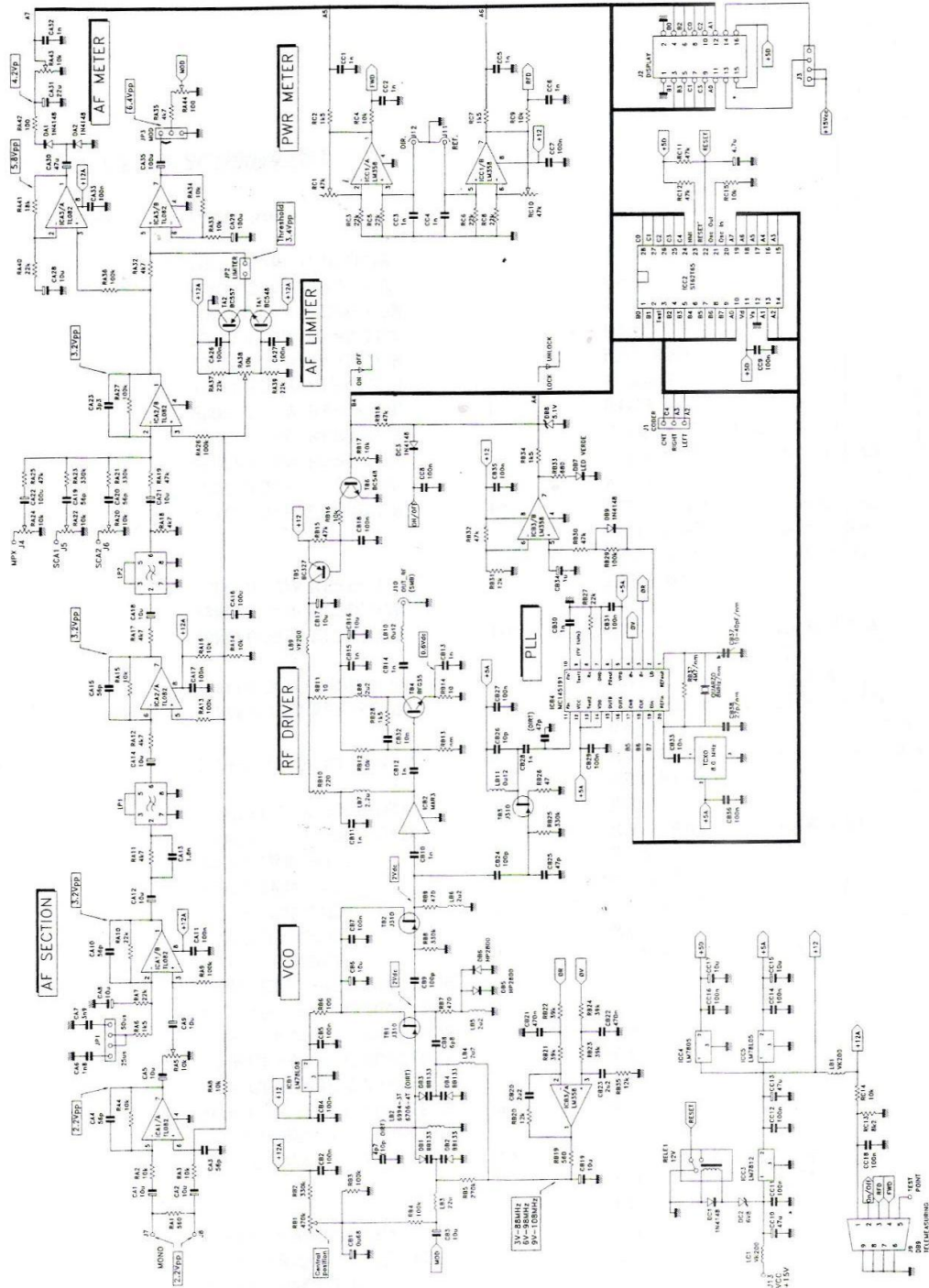
Internal Coder

Audio input	2Vpp, XLR Connector
Frequency amplitude	$\pm 0,5$ dB, 30Hz - 15kHz
Harmonic distortion	< 0,15%, 30Hz - 15kHz
Pre-emphasis	Flat, 50 μ s, 75 μ s
Stereo separation	> 45dB (Tip. 55dB)
S/N Ratio with CCIR unweighted	74dB
S/N Ratio with CCIR weighted	70dB

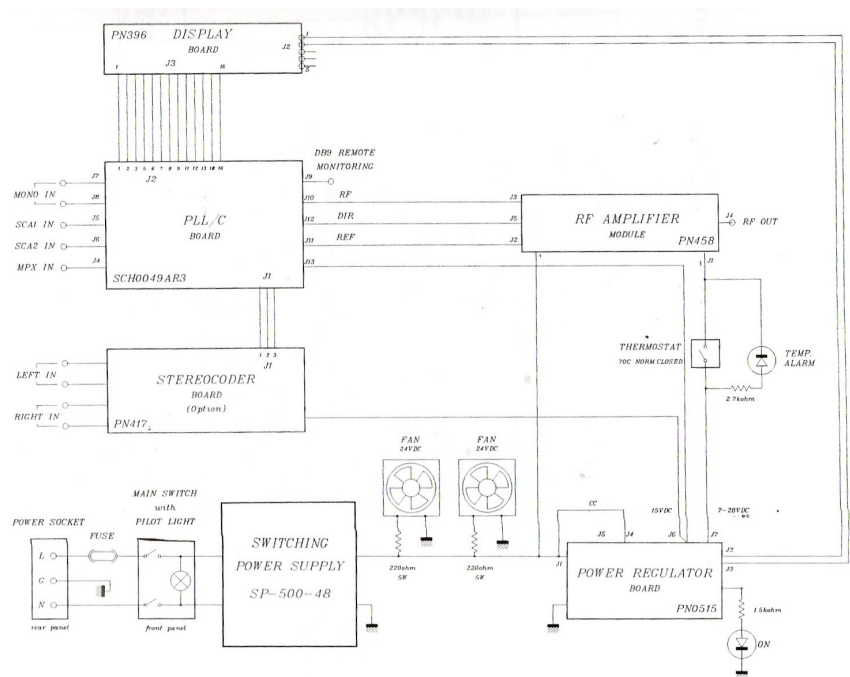
SCA Operation

Audio input	2Vpp, BNC Connector
Frequency amplitude response	$\pm 0,1$ dB, 40Hz - 100kHz

APENDICE J. Diagrama del tx de frecuencia agil



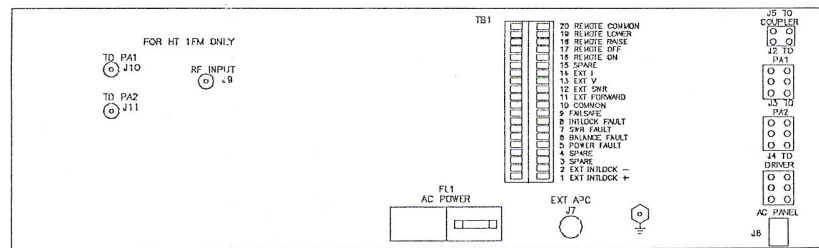
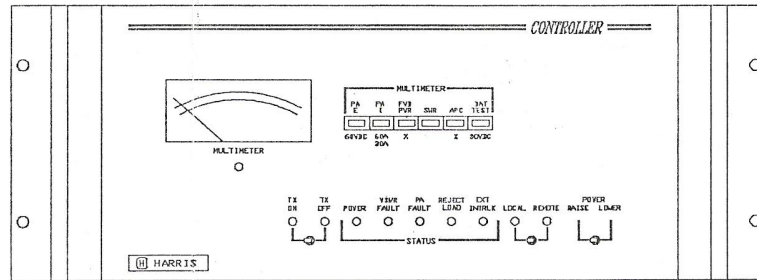
APENDICE K. Diagrama a bloques del tx de frecuencia agil



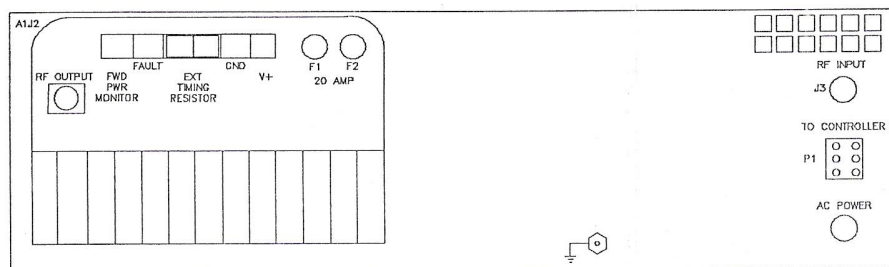
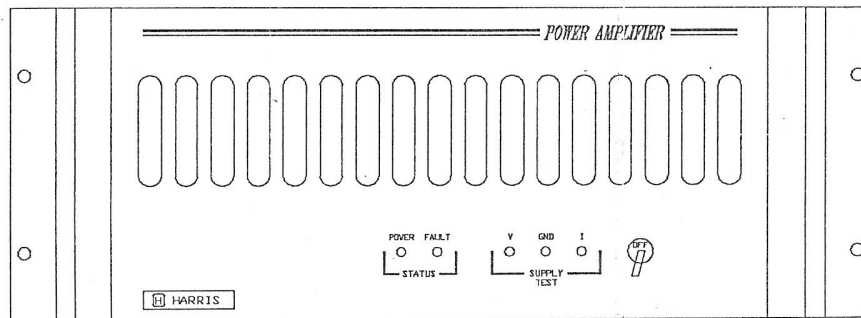
APENDICE L. Especificaciones del tx de frecuencia fija

GENERAL		
POWER OUTPUT RANGE		
HT 250FM		55 to 265 watts
HT 500FM		235 to 525 watts
HT 1FM		300 to 1050 watts
FREQUENCY RANGE		
87.5 to 108 MHz in 50 kHz steps		
EXCITATION		
Harris THE-1 High Power FM Exciter or equivalent		
TYPE OF MODULATION		
Direct carrier frequency modulation (DCFM)		
MODULATION CAPABILITY		
±200 kHz		
LOAD IMPEDANCE		
50 ohms		
OUTPUT TERMINATION		
N female (HT 1FM: 7/8" EIA flange, female)		
MAXIMUM LOAD VSWR		
1.5:1 VSWR, maximum for full output power; automatic power reduction into high VSWR's.		
RF HARMONIC/SPURIOUS OUTPUT		
Suppression meets or exceeds FCC/DOC/CCIR specifications		
AC INPUT POWER		
197-250 Vac, 50 or 60 Hz, single phase, 2-wire		
POWER CONSUMPTION		
HT 250FM		500 watts
HT 500FM		1000 watts
HT 1FM		2000 watts
AMBIENT TEMPERATURE RANGE		
0 to +45°C at sea level; derated 2°C/1000 ft altitude		
MAXIMUM ALTITUDE		
10,000 ft (50 or 60 Hz)		
MAXIMUM HUMIDITY		
To 95% non-condensing		
CABINET SIZE		
22-1/8"W (56.2 cm) x 25-1/2"D (64.8 cm) x 72"W (182.9 cm)		
WEIGHT		
HT 250FM		185 lbs
HT 500FM		275 lbs
HT 1FM		400 lbs

APENDICE M. Controlador Harris, vista frontal/posterior



APENDICE N. Amplificador Harris, vista frontal/posterior



APENDICE O. Estaciones de radio

Ubicación	Notas	Concesionario/Permisionario	Distintivo	Frecuencia MHz	P.R.A. kW	Vigencia	
						Inicio	Vencimiento
HIDALGO							
ACTOPAN		GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO	XHACT-FM	91.7	3.000	30-Nov-00	29-Nov-05
XMIQUILPAN		GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO	XHD-FM	96.5	5.060	30-Nov-00	29-Nov-05
PACHUCA		GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO	XHBCD-FM	98.1	2.415	30-Nov-00	29-Nov-05
PACHUCA	**	LA NUEVA AMOR	XHMY-FM	95.7	2.750	03-May-89	R
PACHUCA	**	EXA-FM	XHPCA-FM	106.1	5,000	25-May-91	25-May-06
PACHUCA		UAEH	XHUAH-FM	99.7	3.000	9-Mar-00	8-Mar-05
PACHUCA		RADIO LOBO	XERD-FM	104.5	10.000		
TULA	**	SUPER STEREO DE TULA, S.A. DE C.V.	XHIDO-FM	100.5	30.000	06-Ago-93	05-Ago-08
TULA		GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO	XHLLV-FM	89.3	1.000	30-Nov-00	29-Nov-05
TULANCINGO	**	ARTURO EMILIO ZORRILLA IBARRA	XHTNO-FM	96.3	25.000	22-Jul-92	21-Jul-07
SAN LUIS POTOSI							
SAN LUIS POTOSI	**	RADIO INTEGRAL, S.A. DE C.V.	XHNB-FM	95.3	31.581	12-Ene-99	11-Ene-09
SAN LUIS POTOSI	**	RADIOCOMUNICACION ENFOCADA, S.A. DE.C.V.	XHOB-FM	96.1	15.360	20-Sep-91	19-Sep-06
SAN LUIS POTOSI	**	CENTRO DE FRECUENCIA MODULADA, S. A. DE C.V.	XHOD-FM	96.9	20.100	22-Sep-01	21-Sep-13
SAN LUIS POTOSI	**	CENTRO DE FRECUENCIA MODULADA, S. A. DE C.V.	XHPM-FM	100.1	41.890	26-Jul-98	25-Jul-08
SAN LUIS POTOSI	**	RADIO INTEGRAL, S.A. DE C.V.	XHOK-FM	98.5	31.614	08-Oct-97	07-Oct-07
SAN LUIS POTOSI	**	MULTIMEDIOS RADIO S.A. DE C.V.	XHSNP-FM	97.7	50.000	01-Sep-92	31-Ago-07
SAN LUIS POTOSI	**	VOZ Y MUSICA, S. A.	XHSS-FM	91.9	13.420	28-Nov-03	27-Nov-15
SAN LUIS POTOSI	**	ESTEREO SAN LUIS, S.A. DE C.V.	XHTL-FM	99.3	1.886	16-Feb-03	15-Feb-15
SAN LUIS POTOSI		UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI	XHUSP-FM	88.5	3.000	7-Dic-89	N.D.
SAN LUIS POTOSI	*	FUNDACION NIKOLA TESLA, A.C.	XHAWD-FM	107.1	5.000	29-Sep-04	28-Sep-09
VERACRUZ							
AGUA DULCE (C. MATAMOROS)	*	GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHCOA-FM	91.5	25.000	4-May-00	3-May-05
C. EL CALVARIO ALAMO-TEMAPACHE	**	ALEJANDRO SOLIS BARRERA	XHCRA-FM	93.1	40.000	12-Nov-93	11-Nov-08
CERRO AZUL (C. CRUSTEPEC)	*	GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHZUL-FM	106.5	5.000	4-May-00	3-May-05
COATZACOALCOS	**	RADIO INTEGRAL, S.A. DE C.V.	XHNE-FM	100.1	52.470	06-Oct-99	05-Oct-09

Ubicación	Notas	Concesionario/Permisionario	Distintivo	Frecuencia MHz	P.R.A. kW	Vigencia	
						Inicio	Vencimiento
VERACRUZ							
COATZACOALCOS	**	RADIO INTEGRAL, S.A. DE C.V.	XHOM-FM	107.5	52.195	20-Nov-99	19-Nov-09
COATZACOALCOS	**	FRECUENCIA MODULADA DE COATZACOALCOS, S.A.	XHTD-FM	101.7	61.520	28-Sep-99	27-Sep-09
CORDOBA	**	XHPG-FM, S.A. DE C.V.	XHPG-FM	92.1	49.950	27-Ago-00	26-Ago-10
CORDOBA	**	CARLOS JULIO SUASTEGUI FENTANES	XHPT-FM	91.3	3.00	23-Ene-73	R
FORTIN DE LAS FLORES	**	FRECUENCIA MODULADA DE FORTIN, S.A. DE C.V.	XHFTI-FM	89.5	15.12	31-Ene-94	30-Ene-09
HUAYACOCOTLA (C. VERDE)		GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHTAN-FM	101.3	4.940	4-May-00	3-May-05
XHUATLAN DE MADERO		GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHIXH-FM	107.3	0.400	4-May-00	3-May-05
JALAPA	**	LA MAQUINA TROPICAL, S.A. DE C.V.	XHOT-FM	97.7	50.000	14-Abr-02	13-Abr-14
JALAPA	**	XHTZ-FM, S.A.	XHTZ-FM	96.9	14.330	08-Feb-94	R
JALAPA	**	GLORIA ALICIA INIGUEZ TORRES	XHWA-FM	98.5	22.126	14-Abr-02	13-Abr-14
JALAPA (C. LAS LAJAS)		GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHXAL-FM	107.7	30.000	4-May-00	3-May-05
MARTINEZ DE LA TORRE	**	PEDRO, MARIA, ELISA, MARIA TERESA, JOSE MANUEL Y LUIS MIGUEL MANTEROLA SAINZ	XEHU-FM	104.5	14.500	30-Jun-02	29-Jun-14
MECAYAPAN (C. OCOZOTEPEC)		GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHOTE-FM	95.7	50.000	4-May-00	3-May-05
ORIZABA	**	ANA CRISTINA PELAEZ DOMINGUEZ	XHORA-FM	99.3	15.012	07-Jul-93	07-Jul-08
ORIZABA (C. MACUILACATL)		GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHOBA-FM	105.5	4.970	4-May-00	3-May-05
PANUCO	**	XHPP-FM, S.A. DE C.V.	XHPP-FM	93.5	20.390	31-May-90	30-May-05
POZA RICA	**	ESTUDIO 101.9, S.A. DE C.V.	XHRIC-FM	101.9	46.300	02-Jul-93	01-Jul-08
SAN ANDRES TUXTLA	**	LA PRIMERISIMA, S.A. DE C.V.	XHSAV-FM	92.7	49.980	13-Jun-91	12-Jun-06
SAN ANDRES TUXTLA (C. EL VIGIA)	*	GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ	XHSTX-FM	89.7	5.000	4-May-00	3-May-05
TUXPAN	**	MENSAJE RADIOFONICO, S.A.	XHTU-FM	92.3	20.680	25-Ago-93	24-Ago-08
TUXPAN	**	FRECUENCIA MODULADA DE TUXPAM, S.A. DE C.V.	XHTXA-FM	93.9	14.490	03-Jun-94	03-Jun-09
VERACRUZ	**	RADIO MIL DEL PUERTO, S.A. DE C.V.	XHCS-FM	103.7	30.000	30-Sep-00	29-Sep-10
VERACRUZ	**	FRECUENCIA MODULADA DE OCCIDENTE, S.A.	XHPS-FM	93.3	30.937	10-Nov-97	09-Nov-07
VERACRUZ	**	FRECUENCIA MODULADA DE VERACRUZ, S.A.	XHPB-FM	99.7	49.503	11-Mar-90	10-Mar-05
VERACRUZ	**	MARIA AGUSTINA VALVERDE ELIAS	XHPR-FM	101.3	80.640	26-Ene-03	25-Ene-15
VERACRUZ	**	FRECUENCIA MODULADA TROPICAL, S.A. DE C.V.	XHRN-FM	96.5	39.330	21-Jul-96	20-Jul-06
VERACRUZ	**	RADIO TIPO, S.A.	XHTS-FM	102.9	50.000	13-Jun-02	12-Jun-14
VERACRUZ	**	FRECUENCIA MODULADA DE OCCIDENTE, S.A.	XHVE-FM	100.5	92.070	15-Jun-93	14-Jun-08

APENDICE P. Cuadro auxiliar para obtener 0.75λ

Frec. Mhz	λ mts	0.75λ mts	Frec. Mhz	λ mts	0.75λ mts	Frec. Mhz	λ mts	0.75λ mts	Frec. Mhz	λ mts	0.75λ mts
87.5	3.426	2.570	92.7	3.234	2.425	97.9	3.062	2.297	102.9	2.913	2.185
87.6	3.422	2.567	92.8	3.231	2.423	98.0	3.059	2.294	103.0	2.911	2.183
87.7	3.418	2.564	92.9	3.227	2.420	98.1	3.056	2.292	103.1	2.908	2.181
87.8	3.414	2.561	93.0	3.224	2.418	98.2	3.053	2.290	103.2	2.905	2.179
87.9	3.411	2.558	93.1	3.220	2.415	98.3	3.050	2.287	103.3	2.902	2.177
88.0	3.407	2.555	93.2	3.217	2.412	98.4	3.047	2.285	103.4	2.899	2.175
88.1	3.403	2.552	93.3	3.213	2.410	98.5	3.044	2.283	103.5	2.897	2.172
88.2	3.399	2.549	93.4	3.210	2.407	98.6	3.040	2.280	103.6	2.894	2.170
88.5	3.387	2.541	93.5	3.206	2.405	98.7	3.037	2.278	103.7	2.891	2.168
88.6	3.384	2.538	93.6	3.203	2.402	98.8	3.034	2.276	103.8	2.888	2.166
88.7	3.380	2.535	93.9	3.193	2.395	98.9	3.031	2.273	103.9	2.885	2.164
88.8	3.376	2.532	94.0	3.189	2.392	99.0	3.028	2.271	104.0	2.883	2.162
88.9	3.372	2.529	94.1	3.186	2.389	99.1	3.025	2.269	104.1	2.880	2.160
89.0	3.368	2.526	94.2	3.183	2.387	99.2	3.022	2.267	104.2	2.877	2.158
89.2	3.361	2.521	94.3	3.179	2.384	99.3	3.019	2.264	104.3	2.874	2.156
89.3	3.357	2.518	94.4	3.176	2.382	99.4	3.016	2.262	104.4	2.872	2.154
89.4	3.353	2.515	94.6	3.169	2.377	99.5	3.013	2.260	104.5	2.869	2.152
89.5	3.350	2.512	94.7	3.166	2.374	99.6	3.010	2.257	104.6	2.866	2.150
89.6	3.346	2.509	94.8	3.162	2.372	99.8	3.004	2.253	104.7	2.863	2.148
89.7	3.342	2.507	94.9	3.159	2.369	99.9	3.001	2.251	104.8	2.861	2.145
89.8	3.338	2.504	95.0	3.156	2.367	100	2.998	2.248	104.9	2.858	2.143
89.9	3.335	2.501	95.1	3.152	2.364	100.1	2.995	2.246	105.0	2.855	2.141
90.0	3.331	2.498	95.2	3.149	2.362	100.2	2.992	2.244	105.1	2.852	2.139
90.1	3.327	2.495	95.3	3.146	2.359	100.3	2.989	2.242	105.2	2.850	2.137
90.2	3.324	2.493	95.4	3.142	2.357	100.4	2.986	2.239	105.3	2.847	2.135
90.3	3.320	2.490	95.5	3.139	2.354	100.5	2.983	2.237	105.4	2.844	2.133
90.4	3.316	2.487	95.6	3.136	2.352	100.6	2.980	2.235	105.5	2.842	2.131
90.5	3.313	2.484	95.7	3.133	2.349	100.7	2.977	2.233	105.6	2.839	2.129
90.6	3.309	2.482	95.8	3.129	2.347	100.8	2.974	2.231	105.9	2.831	2.123
90.7	3.305	2.479	95.9	3.126	2.345	100.9	2.971	2.228	106.0	2.828	2.121
90.8	3.302	2.476	96.0	3.123	2.342	101.0	2.968	2.226	106.1	2.826	2.119
90.9	3.298	2.474	96.1	3.120	2.340	101.1	2.965	2.224	106.2	2.823	2.117
91.0	3.294	2.471	96.2	3.116	2.337	101.2	2.962	2.222	106.3	2.820	2.115
91.1	3.291	2.468	96.3	3.113	2.335	101.3	2.959	2.220	106.4	2.818	2.113
91.2	3.287	2.465	96.4	3.110	2.332	101.4	2.957	2.217	106.5	2.815	2.111
91.3	3.284	2.463	96.5	3.107	2.330	101.5	2.954	2.215	106.6	2.812	2.109
91.4	3.280	2.460	96.6	3.103	2.328	101.6	2.951	2.213	106.7	2.810	2.107
91.5	3.276	2.457	96.7	3.100	2.325	101.7	2.948	2.211	106.8	2.807	2.105
91.6	3.273	2.455	96.8	3.097	2.323	101.8	2.945	2.209	106.9	2.804	2.103
91.7	3.269	2.452	96.9	3.094	2.320	101.9	2.942	2.207	107.0	2.802	2.101
91.8	3.266	2.449	97.0	3.091	2.318	102.0	2.939	2.204	107.1	2.799	2.099
91.9	3.262	2.447	97.1	3.087	2.316	102.1	2.936	2.202	107.2	2.797	2.097
92.0	3.259	2.444	97.2	3.084	2.313	102.2	2.933	2.200	107.3	2.794	2.095
92.1	3.255	2.441	97.3	3.081	2.311	102.3	2.931	2.198	107.4	2.791	2.094
92.2	3.252	2.439	97.4	3.078	2.308	102.4	2.928	2.196	107.5	2.789	2.092
92.3	3.248	2.436	97.5	3.075	2.306	102.5	2.925	2.194	107.6	2.786	2.090
92.4	3.245	2.433	97.6	3.072	2.304	102.6	2.922	2.191	107.7	2.784	2.088
92.5	3.241	2.431	97.7	3.069	2.301	102.7	2.919	2.189	107.8	2.781	2.086
92.6	3.238	2.428	97.8	3.065	2.299	102.8	2.916	2.187	107.9	2.778	2.084
									108.0	2.776	2.082

Amplificador paramétrico. Casi obsoleto, superado por la nueva generación de amplificadores FET. Existen sistemas que se utilizan en las frecuencias entre 50 y 100 GHz, donde todavía no hay amplificadores FET. El amplificador paramétrico (“Paramp”) usa un capacitador dependiente del voltaje: un diodo varactor. Un “oscilador bombeador” a una frecuencia mucho más alta que cambia rápidamente la capacidad. Su problema es la falta de estabilidad del oscilador, que suele ser uno de tipo “Gunn” que sufre fluctuaciones a causa de los cambios de temperatura. [34]

Ancho de banda. Rango de frecuencias requerida para propagar información a través de un sistema. El ancho de banda de un sistema de comunicación debe ser lo suficientemente ancho para que pasen todas las frecuencias significativas de la información. De la misma manera que las tuberías pueden llevar más agua al aumentar su diámetro, la cantidad de información que puede transportar una señal depende del ancho de banda.

Antena isótropa. Un radiador isótropo emite ondas electromagnéticas que en espacio libre se propagan en todas direcciones, de tal manera que a cualquier distancia d de su centro por el área total $A = 4\pi d^2$ de la esfera virtual que describe d fluye la potencia total generada P_T distribuida en toda su superficie.

Back off. Nivel de reducción de potencia a la entrada de un amplificador para asegurar su operación en la región lineal, logrando con esto reducir al mínimo posible el ruido por intermodulación.

Cariz. Aspecto, apariencia.

CDI/CNDI. Comisión Nacional para el Desarrollo de los pueblos Indígenas.

CDII. Centros Digitales de Información Indígena.

Diodo Túnel. Diodo semiconductor que tiene una unión pn, en la cual se produce el efecto túnel que da origen a una conductancia diferencial negativa en un cierto intervalo de la característica corriente-tensión. Cuando la resistencia es negativa, la corriente disminuye al aumentar el voltaje. En consecuencia, el diodo túnel puede funcionar como amplificador o como oscilador. Este diodo es un dispositivo de baja potencia para aplicaciones que involucran microondas y que están relativamente libres de los efectos de la radiación. [36]

Filtro pasabanda. Un filtro paso banda es un tipo de filtro electrónico que deja pasar un determinado rango de frecuencias de una señal y atenúa el paso del resto.

HLI. Hablantes de Lengua Indígena.

INI. Instituto Nacional Indigenista.

INALI. Instituto Nacional de Lenguas Indígenas.

Intermodulación. El ruido de intermodulación se produce al operar en modo no lineal. Lo que ocurre es que la potencia de salida del transpondedor se reparte no sólo entre las portadoras, sino también entre los productos de intermodulación. Este fenómeno es especialmente importante cuando se trabaja cerca de la zona de saturación ($IBO=0$ dB). Existen curvas que dan la relación portadora-densidad espectral de ruido de intermodulación a la entrada del receptor de la estación terrena como función del IBO total del amplificador del transpondedor, asumiendo n portadoras de igual potencia. Estas curvas pueden ser aproximadas por una fórmula. [35]

Isótropa. Vease Antena Isótropa.

Modulación. Es el proceso de implantar la información original en una señal pasabanda con una frecuencia portadora mediante la introducción de perturbaciones de amplitud o fase. Esta señal pasaban se llama señal modulada y la señal original de banda base se llama señal moduladora.

No. Densidad de ruido o potencia de ruido presente en un ancho de banda de 1 Hz.

P.R.A. Potencia Radiada Aparente.

Rain fade. Pérdida de la señal del satélite en la banda de frecuencias Ku o Ka durante una fuerte tormenta debido a la absorción e incremento de la temperatura de ruido. Esto pasa mas o menos en todos los sistemas DBS.

SCT. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SRCI. Sistema de Radiodifusoras Culturales Indigenistas.

TIC's. Tecnologías de Información y Comunicación.

VCO. Oscilador Controlado por Voltaje.

Bibliografía

- [1] Louis E. Frenzel, “*Sistemas electrónicos de comunicaciones*”, Alfaomega, 2003.
- [2] Wayne Tomasi, “*Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*”, Prentice Hall, cuarta edición 2003.
- [3] Carlos Rosado, “*Comunicaciones por satélite*”, Limusa, Noriega Editores, primera edición 1999.
- [4] José M. Huidobro, “*Manual de Telecomunicaciones*”, RA-MA, Alfaomega grupo editor, 2004.
- [5] Leon W. Couch II, “*Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos*”, Pearson Educación, 5a. edición, 1998.
- [6] Hildeberto Jardón Aguilar, “*Fundamentos de los sistemas modernos de comunicación*”, Alfaomega, 2002.
- [7] http://www.cdi.gob.mx/index.php?id_seccion=822
- [8] http://www.cdi.gob.mx/index.php?id_seccion=5
- [9] http://www.cdi.gob.mx/index.php?id_seccion=978
- [10] http://www.cdi.gob.mx/index.php?id_seccion=3
- [11] http://es.wikipedia.org/wiki/Internet_por_sat%C3%A9lite
- [12] <http://www.monografias.com/trabajos11/caracsat/caracsat.shtml>

- [13] http://www.temassa.com/temas/_private/satelite.htm
- [14] <http://66.102.7.104/search?q=cache:mCILSDgqNcJ:www.monografias.com/trabajos5/tvsa/tvsa.shtml+ganancia+de+una+antena&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=3>
- [15] <http://recursos.cnice.mec.es/media/television/bloque4/pag1.htm>
- [16] www.wikipedia.org/wiki/Audio
- [17] <http://www.cybercollege.com/span/tvp009.htm>
- [18] <http://es.wikipedia.org/wiki/PAL>
- [19] http://es.wikipedia.org/wiki/Conversi%C3%B3n_anal%C3%B3gica_digital
- [20] http://es.wikipedia.org/wiki/Modulaci%C3%B3n_por_impulsos_codificados
- [21] <http://www.monografias.com/trabajos14/modulacfrequencia/modulac-frequencia.shtml>
- [22] <http://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Transda.html>
- [23] <http://www.isa.cie.uva.es/proyectos/codec/teoria1.html>
- [24] <http://www.sateliteinfos.com/satelites/>
- [25] <http://www.iec.uia.mx/proy/titulacion/pr04/proy17/SenalDeVideo.htm>
- [26] <http://www.monografias.com/trabajos14/modulacfrequencia/modulac-frequencia.shtml>
- [27] <http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/modulacion.htm>
- [28] <http://es.wikipedia.org/wiki/MPEG>
- [29] <http://bips.bi.ehu.es/inma/psc/tema3.pdf>
- [30] http://66.102.7.104/search?q=cache:cPEZulD1zmMJ:www.3gamericas.org/spanish/technology_center/QA/umtsqa_sp.cfm+acceso+múltiple,+wcdma&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=6
- [31] <http://66.102.7.104/search?q=cache:LbXBP8hEhwJ:www.tecnowimax.com/category/wimaxmovil/+acceso+múltiple,+wcdma,+ofdma&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=10>

- [32] http://es.wikipedia.org/wiki/Low_Noise_Block
- [33] http://72.14.203.104/search?q=cache:e1UVaB7F52sJ:www.upv.es/satelite/trabajos/Grupo5_b99.00/ESTACIONES.htm+amplificador+gaAsFET+para+receptor+de+satelite&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=1
- [34] http://72.14.203.104/search?q=cache:nDNwaY_gWiQJ:www.jcoppens.com/sat/gaasfet/fotos.php+amplificador+gaAsFET&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=6
- [35] http://72.14.205.104/search?q=cache:YbGB4QfOHJAJ:www.upv.es/satelite/trabajos/pract_4/radio/intermod.htm+Intermodulaci%C3%B3n&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=2
- [36] http://72.14.205.104/search?q=cache:k52vgd1JzcJ:es.wikipedia.org/wiki/Diodo_t%C3%B3nel+diodo+tunel&hl=es&gl=mx&ct=clnk&cd=1
- [37] www.satisfiedmind.com/directv/glossary.htm
- [38] www.gamarod.com.ar/recursos/glosario/b.asp
- [39] <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/ElectronicaAplicadaIII/Aplicada/Cap06FM1-2.pdf>
- [40] <http://www.e-local.gob.mx>

Índice alfabético

- Amplificador
 - de bajo ruido, 76
- Ancho del haz, 60
- Antena
 - directividad de la, 61
 - eficiencia de la, 50, 59
 - ganancia de la, 50, 59
 - lóbulos de radiación, 60
 - polarización, 51
 - resistencia de radiación, 50
 - temperatura de ruido de la, 66
- Antena dipolo, 49
- Antena parabólica
 - alimentador de una, 72
 - de foco primario, 70
 - tipo cassegrain, 71
 - tipo gregoriana, 71
 - tipo offset, 70
- Azimut y Elevación, 73
- Bandas de frecuencia, 58
- Bandas laterales, 43
- C/N, 65, 68
- C/No, 65, 68
- CDII, 22, 23
- CNDI o CDI, 9
- Convertidor/reductor
 - LNA, LNC, LNB, 77
- Deénfasis, 46
- Desviación de frecuencia, 38
- Eb/No, 65, 68
- Estación de radio
 - áreas de servicio, 52
- FM
 - antena de, 95
 - de banda ancha, 43
 - de banda angosta, 43
 - Modulador de, 39
 - moduladores de, 47
 - transmisores de, 48
- Funciones de Bessel, 44
- Huejutla de Reyes, 79
- Lengua
 - Náhuatl, 5
 - Otomí, 6
 - Tepehua, 7
- LNA, 76
- LNB, 77
- Modulación, 31

- índice de, 38

- angular, 36

- de amplitud, 36

- de fase, 42

- de frecuencia, 36, 37, 42

Multiplicador de frecuencia, 40

PIRE, 63

Polarización, 73

PRA, 51

Preénfasis, 46

Radio Bilingüe, 11

Radiodifusora del Cardenal, 24

- cobertura, 27

Regla de Carlson, 44

Satélites, 55

- enlace de bajada, 57

- enlace de subida, 55

- transpondedor, 56, 63

Señal

- de banda base, 34

Sensibilidad a la desviación, 38

SRCI, 10, 13

TIC's, 22, 23

Transmisor

- de frecuencia ágil, 92

- de frecuencia fija, 93

VCO, 40