

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA EMISORA COMUNITARIA EN
FRECUENCIA MODULADA DE LA ASOCIACIÓN DE PADRES DE FAMILIA DE
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA FELISA SUÁREZ DE ORTIZ EN
ALPUJARRA TOLIMA**

HECTOR JULIAN MELO VARGAS

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA EMISORA COMUNITARIA EN
FRECUENCIA MODULADA DE LA ASOCIACIÓN DE PADRES DE FAMILIA DE
LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA FELISA SUÁREZ DE ORTIZ EN
ALPUJARRA TOLIMA**

HECTOR JULIAN MELO VARGAS

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**Director
Ing. JESUS DAVID QUINTERO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
NEIVA - HUILA
2011**

Nota de aceptación

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Jesús David Quintero
Director

Neiva, Mayo de 2011

RESUMEN

Las comunicaciones desde su aparición han servido para darle solución a varias necesidades y han sido indispensables en el desarrollo de las comunidades. El avance tecnológico crece rápidamente y con él los medios de comunicación, llegando a convertirse en grandes medios o medios masivos de comunicación. Esto lleva a clasificar y filtrar la información, llegando a censurar detalles que sólo interesan a ciertas comunidades. Esta es la razón de existencia de medios de comunicación locales, donde toda una comunidad está implicada, son protagonistas e influyen en éstos. De ahí la necesidad de proponer soluciones viables para varias comunidades. Utilizando como recurso los profesionales que pertenezcan a la misma comunidad, volviéndose un ciclo de dar y recibir, que permite el crecimiento del sector económico, social y cultural. Estamos hablando acerca de las emisoras comunitarias como socio fundamental en el desarrollo de los municipios. Este proyecto es una solución viable para pequeñas comunidades que no han podido acceder a un medio de comunicación para utilizarlo como herramienta en sus diversos propósitos, esto es debido a que suponían que un proyecto de esta magnitud era económicamente inalcanzable. La implementación de la emisora comunitaria de la “Asociación de padres de familia de la institución educativa técnica Felisa Suárez de Ortiz en Alpujarra Tolima”, fue exitosa. El sistema completo cumplió con los requisitos técnicos, legales y de calidad, ejecutando un bajo presupuesto.

Palabras clave: Emisora comunitaria, medios locales de comunicación, equipos FM.

SUMMARY

Communications since its appearance have been used to give solution to multiple needs and have been indispensable in developing communities. Technological advance is growing faster and with it the media, becoming in mainstream media or massive media. It leads to classify and filter the information, coming to censure details that only concern to certain communities. That is why the local media exist; where a whole community is involved, they are actors and affect in them. From there the need to propose viable solutions too many communities, using as resource the professionals that belong to the same community, becoming a giving and receiving circle, which helps to the growth of economic, social and cultural sector. We are talking about the community radio as fundamental partner in develop of towns. This project is a viable solution for small communities who have not been able to access to the media to used them as tool in their different purposes, it is because they assumed that this kind of project is impossible afford it. The installation of the community radio of “La Asociación de Padres de Familia de la Institución educativa técnica Felisa Suárez de Ortiz en Alpujarra Tolima” was successful. The complete system satisfied all the technical requirements, legal and of quality, running a low budget.

Keywords: community radio station, local media, FM equipment.

A mis padres
Héctor L. Melo q.e.p.d e Inés Vargas
con todo mi amor, a mis hermanos y
familiares

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso que me dio fortaleza para no decaer y luchar para convertirme en un profesional.

A mi madre Inés Vargas Rojas por darme todo su apoyo incondicional, a quien debo toda mi formación y crecimiento personal, su lucha incansable por sacarme adelante me tienen hoy disfrutando de haber alcanzado esta meta. A mi padre Héctor Luciano Melo, q.e.p.d artífice de mi espíritu perseverante, me dio sabiduría y bases académicas para labrar el camino del éxito. A mi hermano Cristhian Melo Vargas por ser mi compañero irremplazable, quien estuvo a mi lado durante mi formación, niñez y adolescencia. A mis demás familiares por siempre estar ahí dándome fuerza para seguir adelante.

A mi director ingeniero Jesús David Quintero por brindarme su conocimiento, tiempo, dedicación y amistad para alcanzar exitosamente la realización de este proyecto.

Al ingeniero Carlos Pérez, ingeniero Edilberto Polanía y demás profesores del Programa de Ingeniería Electrónica por brindarme todo su apoyo, conocimientos y experiencias, que realmente se ven reflejados en los profesionales del programa.

A todos mis amigos, compañeros de clases y demás personas que estuvieron a mi alrededor, y de alguna u otra forma contribuyeron a mi formación.

INDICE

	Página
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	2
III. METODOLOGÍA	5
Etapa de diseño	5
Etapa de implementación	18
IV. CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFIA	32
ANEXOS	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Plan de distribución de canales por Departamento.	6
2.	Cotización ODC Electrónica.	11
3.	Cotización Inget Colombia.	13
4.	Cotización Final Emisora Comunitaria.	17
5.	Otros costos (Torre, SPT, caseta).	18
6.	Lecturas SWR en vatímetros Diamond.	23

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Onda de frecuencia modulada.	2
2.	Esquema general de un transmisor.	4
3.	Electrodos de puesta a tierra.	4
4.	Consola de audio Behringer.	7
5.	Compresor y limitador de audio Behringer.	8
6.	Excitador y amplificador FM.	9
7.	Combo para emisoras comunitarias Inget.	12
8.	Diagrama de bloques Emisora Alpujarra.	18
9.	Esquema general Emisora Alpujarra.	19
10.	Zona de cobertura.	19
11.	Antenas Yagui. Acoplador Gamma.	22
12.	Antena Dipolo de polarización circular.	24
13.	Logotipo ZaraRadio.	28

INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones siempre han acompañado la vida del ser humano, volviéndose herramienta indispensable para el desarrollo cultural, social y económico de las comunidades. Con el avance tecnológico se implementaron las telecomunicaciones, que usando diferentes medios de transmisión facilitaron el flujo de información entre comunidades de todo el mundo. Con el uso frecuente de medios de comunicación que a menudo se fortalecían y que ofrecían servicios a gran escala, también se hizo necesario la aparición de medios locales de comunicación para satisfacer ciertas necesidades propias de la zona, dando viabilidad al proyecto de emisoras comunitarias en todo el mundo.

Cuando recién comenzaba la era de las radios comunitarias en Colombia, no se contaba con suficiente personal calificado en el área, por lo que se aumentaban los costos y adicionando a esto que la producción de tecnología en este campo estaba limitado a grandes fábricas extranjeras, por lo que muchos proyectos se hicieron inviables y las comunidades desistían de hacerse a este medio.

Hoy día, con el auge de nuevas tecnologías y sistemas de producción más eficientes, se vuelve mucho más económico adquirir equipos para poner en marcha proyectos para radiodifusión sonora. A esto sumándole una mayor cobertura de educación, con la creación de programas de ingenierías, se hace palpable la oferta de especialistas, que vienen a solucionar la problemática existente alrededor del área de influencia de las universidades.

Este proyecto pretende dar la mano a una comunidad organizada que pertenece al área de influencia de la Universidad Surcolombiana, diseñando y posteriormente poniendo en marcha el proyecto de una emisora comunitaria en el municipio de Alpujarra – Tolima.

II. MARCO TEORICO

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

- MODULACIÓN DE FRECUENCIA (FM)

La frecuencia modulada (FM) o modulación de frecuencia es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia. La frecuencia modulada es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla. El sonido de la televisión analógica también es difundido por medio de FM¹.



Figura 1. (Onda de frecuencia modulada).

Dentro de los avances más importantes que se presentan en las comunicaciones, el mejoramiento de un sistema de transmisión y recepción en características como la relación señal – ruido, sin duda es uno de los más importantes, pues permite una mayor seguridad en las mismas. Es así como el paso de Modulación en Amplitud (A.M.), a la Modulación en Frecuencia (F.M.), establece un importante avance no solo en el mejoramiento que presenta la relación señal ruido, sino también en la mayor resistencia al efecto del desvanecimiento y a la interferencia, tan comunes en A.M¹.

¹ http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

- RADIOENLACES

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características².

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía².

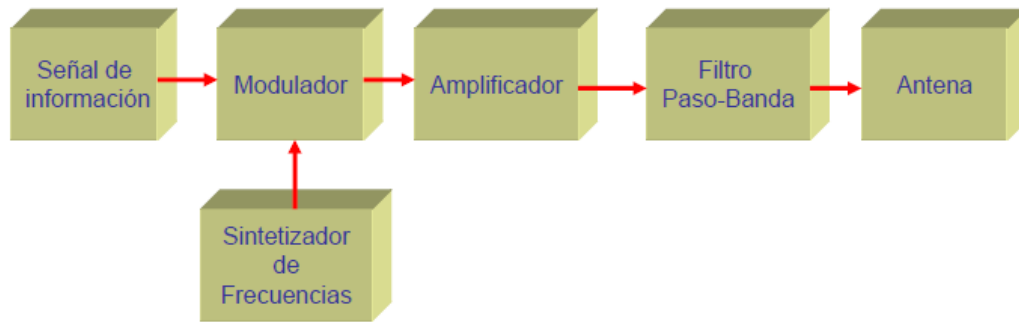
- TRANSMISORES.

Un transmisor en un sistema de comunicaciones es el sistema electrónico encargado de generar la señal portadora y en ella introducir la información a transmitir por medio de alguna técnica de modulación. Todo transmisor genera una señal portadora, modula dicha portadora con la señal que contiene la información, amplifica la señal portadora hasta el nivel de potencia requerido y por último filtra la señal antes de radiarla, para generar el menor nivel de interferencias posibles con otros servicios de telecomunicaciones que trabajen en bandas próximas³.

Los transmisores responden a un esquema general.

2 <http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

3 http://www.diac.upm.es/acceso_profesores/paginas_personales/miguel/Documentos/EAF/Transmisores.pdf

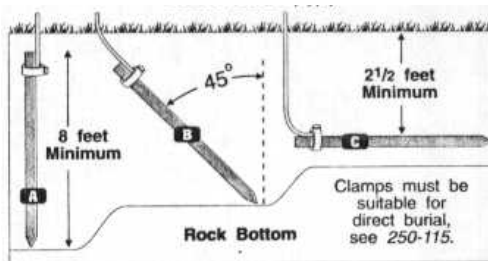


http://www.diac.upm.es/acceso_profesores/paginas_personales/miguel/Documentos/EAF/Transmisores.pdf
 Figura 2. Esquema General de un Transmisor

- SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y PUESTA A TIERRA

El sistema de puesta a tierra tiene como objetivo conducir todas las corrientes de fuga, producidas por una falla que haya energizado las carcasas de los equipos eléctricos. Esto evita poner en riesgo la vida humana. Los sistemas limitan sobre tensiones debidas a descargas atmosféricas y fenómenos transitorios⁴.

Para lograr que una puesta a tierra de protección cumpla con los objetivos previstos, es necesario establecer un medio a través del cual sea posible entrar en contacto con el terreno⁴.



<http://www.ruelsa.com/notas/tierras/pe80.html>
 Figura 3. Electrodos de puesta a tierra.

III. METODOLOGÍA

Siendo el objetivo principal el de diseño e implementación de la emisora comunitaria del municipio de Alpujarra Tolima, éste proyecto partió desde una base legal ya consolidada, que fue adelantada por la comunidad implicada “Asociación de Padres de Familia de la Institución Educativa Técnica Felisa Suárez de Ortiz”. Dicha comunidad participó en la licitación para emisoras comunitarias, mediante convocatoria pública nacional No 001 de 2006 del Ministerio de Comunicaciones de la República de Colombia, donde se le dio viabilidad al proyecto y se otorgó la concesión para la prestación del servicio comunitario de radiodifusión sonora en F.M.

ETAPA DE DISEÑO

Esta etapa se basó principalmente en la observación, como primera medida visitando las instalaciones de la emisora comunitaria del municipio del Agrado-Huila, que funciona desde 1997 y que ha estado técnicamente a cargo del señor Hernán Díaz Díaz, un radioaficionado muy respetado en la zona, empírico en la electrónica y bastante experimentado en radiodifusión sonora en F.M.

Visita a emisora comunitaria “La Mejor 107.8” Agrado – Huila.

La emisora comunitaria “La Mejor Stereo” está ubicada en el municipio del Agrado, en el centro del departamento del Huila, a 135Km de la ciudad de Neiva, a una altura de 907 msnm⁵. La concesión fue dada a la Cooperativa Multiactiva de

⁵ <http://elagrado-huila.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mx-1-&m=f>

Educación del Agrado Huila y pertenece a la Asociación de Emisoras Comunitarias del Huila (ASOMECO).

La emisora comunitaria de Alpujarra Tolima, tiene las mismas características técnicas que la emisora del Agrado-Huila, según lo contempla el Plan Técnico FM 2006 del Ministerio de Comunicaciones. Ambas pertenecen al Plan de Estaciones Clase D, las cuales están destinadas a cubrir con parámetros restringidos, a una ciudad o población.⁶

Cuadro 1. Plan de Distribución de Canales por Departamento

MUNICIPIO	FRECUENCIA MHz	POTENCIA kW	ALTURA m	ENLACE MHz	DISTINTIVO
ALPUJARRA - TOLIMA	102,5	0,2	30	307,5	HKM20
AGRADO - HUILA	107,8	0,25	30	308,1	HKH84

Fuente. Plan Técnico FM 2009

El Ministerio de Comunicaciones dispuso una diferencia de potencia entre los departamentos del Huila y Tolima, 250 vatios y 200 vatios respectivamente. Con este cuadro se fijan los parámetros a trabajar, los equipos se calibrarán a estos valores. La frecuencia de operación de nuestra emisora es 102,5MHz, con una potencia de 200 vatios. La altura en metros aquí referida, está definida según el numeral 3.23 del Plan Técnico FM como: “Diferencia entre la altura sobre el nivel del mar del centro de radiación de la antena y la altura media sobre el nivel del mar de la cabecera municipal del municipio o distrito respectivo, que se utiliza en los cálculos de propagación de las ondas métricas atribuidas a la Radiodifusión Sonora en F.M.”.⁶

⁶ Tomado del documento “Plan Técnico Nacional de Radiodifusión sonora en Frecuencia Modulada”, del Ministerio de Comunicaciones, Mayo de 2009.

Tecnología e infraestructura Emisora Agrado – Huila

La estación de radio cuenta con un bien inmueble dado en comodato, de unos 150m²; Una sala de atención al usuario, donde permanece la secretaria y el director de la emisora. El recinto de locución dividido en dos, uno para el control máster y otro para la locución en mesa redonda, separados por un gigantesco vidrio que aísla el ruido que se produce en la cabina de control.

Por otro lado encontramos la torre de transmisión ubicada en una zona rural del municipio de mayor altura, respetando la diferencia de altura permitida por el ministerio. Allí se paga arriendo por el terreno utilizado para izar la torre y el servicio de energía eléctrica al dueño del predio.

Los equipos utilizados por la emisora del Agrado, se enumeran a continuación:

1 Consola de audio.



<http://www.behringer.com/EN/Products/MX1804X.aspx>

Figura 4. Consola de Audio Behringer

Behringer Eurorack MX1804X

18 canales de audio. 6 entradas mono para micrófono, 4 entradas estéreo y 2 entradas estéreo adicionales para efectos.

Costo aproximado: \$ 800.000.00

4 Micrófonos + Audífonos

Micrófonos Shure C606 + Audífonos Takstare

Costo aproximado unidad: \$ 60.000.00 + \$ 30.000

1 Computador de escritorio

Procesador AMD 1700+

Disco Duro 320GB

Memoria RAM 1GB

Costo aproximado: \$ 600.000.00

1 Equipo de retorno

Equipo de sonido con sintonizador FM, y entrada de auxiliares para sonido interno en la cabina.

1 Compresor y limitador de audio



http://www.behringer.com/EN/images/products/MDX1600_P0177_FrontTop_web.jpg

Figura 5. Compresor y limitador de audio Behringer

Marca Behringer. 2 canales. Compresor, limitador independiente, un expansor, puerta de ruido y un limitador de crestas de audio. Ideal para mantener un nivel óptimo y regulado del volumen del audio, evitando sobre modulación.

Costo aproximado: \$ 410.000.00

1 Sistema de Radio Enlace

Marca Student, de 10 vatios. Cable utilizado: RG8. Antenas tipo Yagui.

Costo aproximado: \$ 10.000.000.00

1 Sistema de transmisión FM



http://www.mercadolibre.com.co/jm/ing?s=MCO&f=17406617_4006.jpg&v=0

Figura 6. Excitador y Amplificador FM 400W

Marca Student. Potencia máx 400W.

Costo aproximado: \$ 11.000.000.oo

1 Antena Dipolo

Antena Dipolo de fabricación artesanal.

Costo aproximado: \$ 50.000.oo

1 Torre de acero

Torre de 10 mts de altura, sostenida por sus respectivos vientos.

Costo aproximado: \$ 5.000.000.oo

Los equipos mencionados, son los utilizados por la emisora comunitaria “La Mejor Stereo” 107.8FM del Agrado Huila, de ellos podemos comentar ciertos aspectos.

- a. El equipo transmisor RF, tiene potencia excesiva 400W. Sobrepasa el umbral de máxima potencia permitido por el ministerio que en este caso serían 250W máx. El resto de potencia no utilizada, supone un gasto innecesario, ya que esto eleva los costos de los equipos. Un equipo transmisor de menor potencia no inferior a 250W, costará relativamente mucho menos.

- b. El sistema de Radio Enlaces utilizado es americano, lo que implica un sobre costo por su debida importación. En Colombia podemos encontrar algunos fabricantes semejantes en calidad y a menor precio. En la época de instalación de dicha emisora, no había mayor oferta de equipos.
- c. La consola de audio es adecuada. Se debe tener en cuenta que esta consola pueda estar descontinuada y existan en el mercado otra gama mejorada y de igual precio.
- d. Los micrófonos, audífonos y equipo de sonido de retorno, son adecuados y de bajo costo.
- e. El compresor/limitador de audio puede ser opcional, ya que no es indispensable para el funcionamiento de la emisora, aunque da un valor agregado a la calidad del audio.
- f. El computador es obsoleto. Los costos de estos equipos de cómputo han disminuido. Se tendrá que buscar uno con relación de precio/calidad aceptable.
- g. Las marcas utilizadas por esta emisora visitada, son reconocidas y muy confiables, por lo tanto cumplen las exigencias del Plan Técnico FM 2009 del Ministerio de Comunicaciones. La única excepción aquí encontrada, es la antena dipolo de fabricación casera, que no fue sometida a pruebas de laboratorio con el analizador de redes, pero que un su funcionamiento práctico permite una buena calibración, obteniendo un adecuado SWR.


Cotizaciones de equipos para la emisora de Alpujarra Tolima

Se logra cotizar con dos proveedores del país.

ODC Electrónica.

Cuadro 2. Cotización ODC Electrónica

	<p>1 - TX 250</p> <p>Transmisor FM de 88 a 108 MHz, potencia 250 watts, visor LCD, generador estéreo incorporado</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 7.500.000,00</p>
	<p>2 - ANT 2 B</p> <p>Antena en aluminio de 2 bahías circulares con cable Heliac y latiguillos</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 1'250.000,00</p> <p>Pareja</p>
	<p>1 - STAL 240</p> <p>Enlace FM digital en la banda de 300 MHz, potencia 10 watts con antenas tipo yagui, receptor y transmisor</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 7'500.000,00</p>
	<p>1- XENIX 1222</p> <p>Consola profesional con 6 entradas de micrófono y 4 estéreo, ecualización por canal de 4 bandas, procesador de efectos incorporado, conexión USB</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 850.000,00</p>
	<p>1 - MB 20</p> <p>Monitores de audio de estudio pre amplificados de alta fidelidad</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 550.000,00</p>
	<p>1 - PC MASTER</p> <p>Computador procesador AMD X2, memoria de 2 GB, disco duro de 320 GB, DVD -R, pantalla LCD de 17" Acer, tarjeta de audio, software manejo al aire, software edición de audio.</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 1'200.000,00</p>
	<p>3 - SHURE SM 58</p> <p>Micrófono profesional para voces con cable XLR</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 280.000,00</p>

	<p>1 - HY02 S</p> <p>Hibrido telefónico de 2 líneas para emisión de llamadas al aire</p>	<p>PRECIO</p> <p>\$ 300.000,00</p>
---	--	------------------------------------

Total

\$ 19'430.000.00

INGET COLOMBIA



http://www.ingetcolombia.com/images/detailed/combo_espectacular.jpg

Figura 7. Combo para emisoras comunitarias Inget

Cuadro 3. Cotización Inget Colombia.

Código	Referencia ó Modelo	Descripción	Cant.	Precio	Dcto.	Total
010017IG	IGTE-20WD	TRANSMISOR EXCITADOR FM DIGITAL 88-108 MHZ DE 20 VATIOS	1	2.300.000,00	0,00	2.300.000,00
010016IG	IGAP-250W	Amplificador RF FM de 250 vatios -- (SOLO) "SIN EXCITADOR"	1	3.000.000,00	0,00	3.000.000,00
0101690IG	IGAR-4B	Antena Radiante para FM de 4 bahias circulares en cobre + distribuidor en COBRE latiguillos en cable RG-8 Beldem y Conectores Amphenol	1	3.000.000,00	0,00	3.000.000,00
010020IG	IGTE-M15W+IGRE-51	SISTEMA DE Radioenlaces en Banda 300 a 330 MHZ Compuesto Por: Un Transmisor Y un Receptor mas 2 antenas Direccionales.	1	4.900.000,00	0,00	4.900.000,00
010165IG	HELIAX DE 1/2	CABLE TIPO HELIAX DE 1/2 PULGADA PARA RF	30	16.500,00	0,00	495.000,00
010166IG	N MACHO	CONECTOR TIPO N MACHO PARA CABLE HELIAX DE 1/2 ANDREW	2	90.000,00	0,00	180.000,00
0102376678IG	PRO1B-PROF	Procesador de audio TODO en UNO (Profesional) BASADO EN TECNOLOGIA DSP	1	2.500.000,00	0,00	2.500.000,00
0102375IG	ITEM	Elaboracion de estudio tecnico Y gestiosn aeronautica civil/al comprar este paquete de equipos	1	850.000,00	0,00	850.000,00
0102375IG	ITEM	Instalacion de equipos Fuera de Gastos de Transporte Y alimentacion los dias necesarios	1	1.000.000,00	0,00	1.000.000,00
Sub Total			18.225.000,00			
Descuento 1			0,00	0,00 %		
Descuento 2			0,00	0,00 %		
Flete			0,00	0,00 %		
				Total Cotizacion: \$ 18.225.000,00		

Notas:

Cotizacion solicitada por el Sr: HECTOR JULIAN MELO VARGAS

Con estas cotizaciones se arma el paquete básico para operar la emisora.

Comparación de cotizaciones, ventajas y desventajas.

ODC VS INGET

TX 250 (ODC)

Ventajas.

- Excitador y amplificador en un solo equipo, ahorra espacio físico.

Desventajas.

- Más costoso. \$ 7'500.000.00
- La fotografía es un diseño 3D. No se conoce personalmente el equipo.
- El gerente de ODC, manifiesta telefónicamente no tener existencia en el momento del equipo, por lo que reemplazará por dos equipos; excitador y amplificador, en gabinete individual.
- Se desconocen los parámetros técnicos, el proveedor no los suministra.

IGTE 20WD + IGAP 250W (INGET)

Ventajas.

- Combo de 250W a menor costo comparado con ODC. \$5'300.000.00
- Buenos antecedentes de ésta empresa. Años atrás se había negociado un excitador, que cumplió con los parámetros técnicos especificados por el fabricante.
- Dos equipos individuales que facilitan reparación o cambios en ellos de forma más económica, e incluso la estación de radio no sale del aire, siempre y cuando el equipo afectado no sea el excitador.
- En la página oficial de la empresa, el proveedor suministra los parámetros técnicos y especificaciones del equipo.

Desventajas.

- El amplificador no incluye medición de potencia reflejada como si lo indica el excitador.
- Se desconoce el tipo de filtro de salida del amplificador, y su eficacia.

Bahías circulares

ODC ofrece las 4 bahías a un precio más cómodo. La diferencia radica en el material de las antenas, ODC las ofrece en aluminio e INGET en cobre, siendo más eficientes las de cobre. Pero además ODC incluye por el mismo precio el cable Heliac de ½ pulgada, mientras INGET lo ofrece por \$495.000.00. La diferencia de costos es de aproximadamente \$1'000.000.00

RADIOENLACES

ODC. El proveedor no ofrece las características técnicas, tampoco se especifica la marca o el fabricante, ya que en la foto se ve que no son fabricados por ODC. Estos radioenlaces son digitales de mayor costo.

INGET. El proveedor especifica sus características técnicas, ya que es de fabricación propia. De tecnología análoga, con un costo de aproximadamente 2'500.000.00 por debajo del precio del enlace ofrecido por ODC.

CONSOLA DE AUDIO.

La empresa INGET no ofrece en su cotización este ítem, aunque en su página web tiene disponibles consola profesionales de alto costo. La consola citada por ODC, es sencilla de bajo costo y suficiente para ser utilizada en la radio comunitaria.

MONITORES DE AUDIO, COMPUTADOR, MICROFONOS E HÍBRIDO TELEFÓNICO

Estos ítems solo los ofrece ODC. Los monitores están a buen precio, aunque no se da información clara. El computador tiene una buena capacidad, suficiente para trabajar en la estación de radio. Los micrófonos serán sustituidos por otros SHURE pero más económicos que están disponibles en el mercado local. El híbrido telefónico se acepta porque es necesario para la recepción de llamadas telefónicas y ponerlas en vivo.

OTROS ÍTEMS

INGET ofrece otros ítems como el cable Helix, que ya no será necesario porque está incluido en las antenas ofrecidas por ODC. Esto también excluye los conectores para Helix.

El procesador de audio Todo en uno ofrecido, es un gran equipo que mejora la calidad de audio, además de procesar su nivel, pero que genera un costo bastante alto, por lo tanto no será incluido ya que no es indispensable.

La elaboración del estudio Técnico y gestión ante la aeronáutica, no es necesaria ya que la Asociación interesada, tenía adelantados estos trámites.

COTIZACIÓN FINAL

Cuadro 4. Cotización Final Emisora Comunitaria

Referencia	Descripción	Cant.	Precio	Total
IGTE-20WD	Transmisor excitador FM digital 88-108 MHz de 20 vatios (INGET)	1	\$ 2.300.000	\$ 2.300.000
IGAP-250W	Amplificador RF FM de 250 vatios (INGET)	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
2 - ANT 4 B	Antena en aluminio de 2 bahías circulares con cable Heliac, latigillos y distribuidor (ODC)	2	\$ 1.250.000	\$ 2.500.000
IGTE-M15W+IGRE-51	Sistema de Radioenlaces en Banda 300 a 330 MHZ Compuesto Por: Un Transmisor Y un Receptor mas 2 antenas Direccionales. (INGET)	1	\$ 4.900.000	\$ 4.900.000
ITEM	UPS 500VA marca CDP ¹³	1	\$ 94.000	\$ 94.000
ITEM	Estabilizador 2kVA marca CDP	1	\$ 80.000	\$ 80.000
PC CLON	AMD X2, 2GB RAM DDRII, DD 320GB, monitor LCD 17". DVD-R. Tarjeta sonido integrada + tarjeta de sonido. (ODC)	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
XENYX 1222FX	Premium 16-Input, British EQs, 24-Bit Multi-FX Processor and USB/Audio Interface (ODC)	1	\$ 850.000	\$ 850.000
MIC SHURE	Microfonos Shure unidireccionales	4	\$ 60.000	\$ 240.000
1 - MB 20	Monitores de audio de estudio pre amplificados de alta fidelidad (ODC)	1	\$ 550.000	\$ 550.000
1 - HY02 S	Hibrido telefónico de 2 líneas para emisión de llamadas al aire (ODC)	1	\$ 300.000	\$ 300.000
ITEM	Mano de obra calificada.	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
			TOTAL	\$ 19.014.000

Otros costos ligados al proyecto, pero que fueron contratados directamente con la Administración Municipal. Ver anexo A.

Cuadro 5. Otros costos (Torre, SPT, caseta)

ITEM	Torre, SPT, caseta	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
			\$	
TOTAL			34.014.000	

ETAPA DE IMPLEMENTACIÓN

DIAGRAMA DE BLOQUES DEL DISEÑO A IMPLEMENTAR

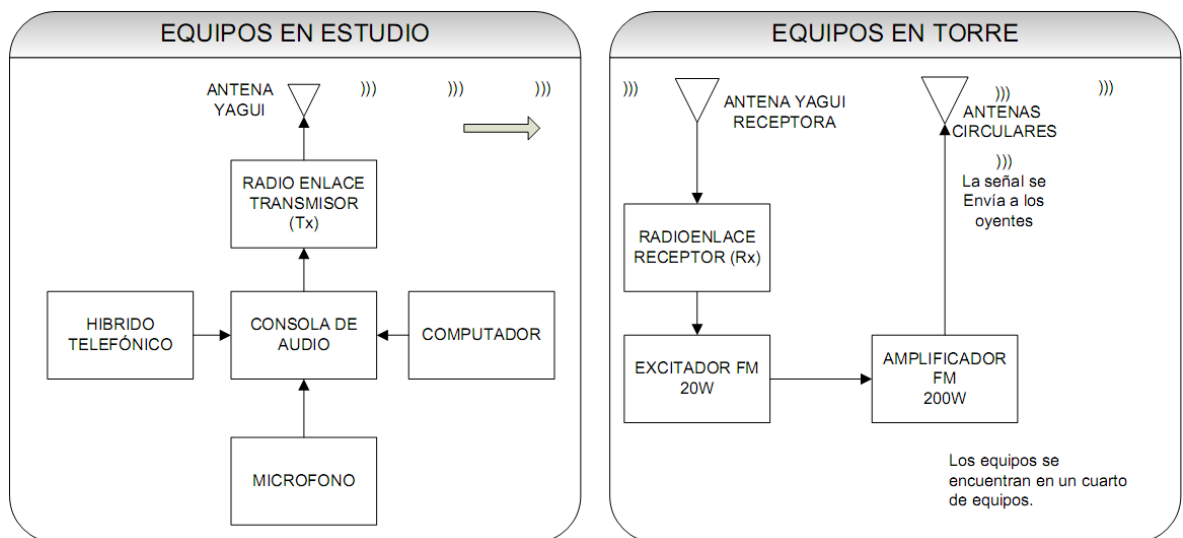


Figura 8. Diagrama de bloques Emisora Alpujarra.

La zona de cobertura se proyecta hacia el sur del municipio de Alpujarra y hacia el departamento del Huila. Las montañas al norte de la cabecera municipal impiden que la señal llegue a la mitad de las veredas del municipio de Alpujarra. La diferencia de altura entre la cabecera municipal y estas montañas sobrepasa los 30 metros autorizados por el Ministerio, por lo tanto la torre de transmisión se instaló en la parte baja, haciendo que la señal solo pueda ser irradiada hacia el sur.

Acondicionamiento del lugar

Se dispone de una habitación de 30mts². La Asociación cuenta todos los elementos necesarios, como mesas y sillas, para ubicar el computador de escritorio, la consola de audio y el radio enlace transmisor.

Como protección a los equipos electrónicos se utiliza una UPS marca CDP de 500VA, suficiente para respaldar el computador, y proteger la consola de audio y el radio enlace transmisor. Se tuvo que colocar un sistema de puesta a tierra.

La habitación mencionada está ubicada en el segundo piso de una edificación de dos plantas, donde funcionaba la Alcaldía municipal de Alpujarra. En el techo existe una terraza que soporta dos tanques de almacenamiento de agua y una torre metálica de 2mts donde estaba ubicada una antena de radio UHF.

El otro lugar, destinado para ubicar la antena de radiación principal, está ubicado en el límite del perímetro urbano, a 200mts de la Institución Educativa Felisa Suarez de Ortiz. El punto donde se ubicará la torre tiene despejados al menos unos 50mts a la redonda, suficientes para asegurar los vientos. Se construyen las bases para la estructura, a cargo de un maestro de obra del mismo municipio.

La torre metálica riendada de 20mts de altura, construida en Alpujarra, es izada un mes después, asegurando la torre por secciones y usando andamios para alzar cada sección y poniendo en su lugar los diferentes vientos o riendas. Luego se construyó a un metro de distancia de la torre, una habitación de 2x2mts, con un mesón para los equipos de transmisión, y con una placa de cemento como techo. Igualmente se instaló el sistema eléctrico con su respectiva puesta a tierra. Esta obra fue realizada por obreros del municipio.

Se instaló un sistema de protección contra rayos cumpliendo las especificaciones técnicas del Reglamento RETIE, y las respectivas balizas luminosas exigidas por la Aeronáutica Civil.

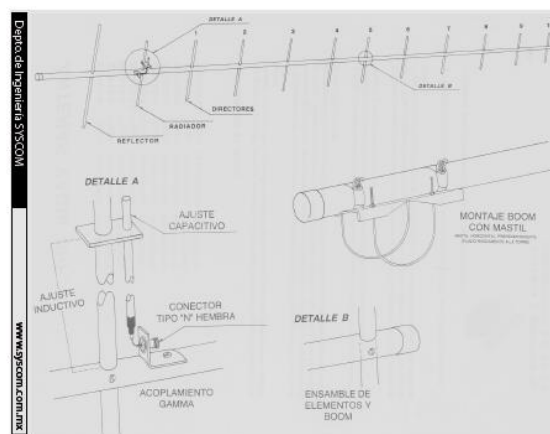
Con esto quedan acondicionados los lugares para la instalación de la emisora.
Ver fotografías en Anexo B.

Ajustes y pruebas

Ya con todo en orden, se trasladan los equipos de la emisora desde la ciudad de Neiva hasta el municipio de Alpujarra. Se procede de lo más sencillo a lo más complejo, comenzando por instalar el computador de escritorio en su respectiva mesa, estando la UPS en su lugar. En la misma mesa se instala la consola de Audio adquirida marca Behringer, se conectan los 3 micrófonos, el audífono y los cables de audio desde el PC hasta la consola.

Se acomoda el cable RG8 (50 Ohm) desde la pequeña torre en la terraza (ver Anexo B) de la edificación hasta la sala de estudio de la estación de radio. Se instala la antena tipo yagui incluida con los radio enlaces, en la torre y se procede a conectar el cable. En el estudio se instala el radio enlace transmisor y se

procede con la calibración de la antena yagui. Mediante comunicación vía radio, se ajusta la antena gracias al acoplamiento gamma (figura 8) y se miden las ondas reflejadas con un vatímetro Diamond SX200. Aquí tenemos un inconveniente ya que el vatímetro está marcando menos de 1 vatio de potencia, cuando debería marcar 10 vatios. Luego de revisar las conexiones y una conversación telefónica con el proveedor Inget, se concluye que hay un problema en el transistor de salida del radio enlace y por lo tanto el equipo se envía por garantía hasta Barranquilla.



<http://www.syscom.com.mx/PDF/Productos/SD400-450-470-490-500.pdf>

Figura 11. Antenas yagui. Acoplador Gamma

Por otro lado, se calibran las antenas circulares, encargadas de radiar la señal hasta los radioescuchas. Este trabajo dispendioso se lleva a cabo en la torre principal. Se instala el transmisor excitador de 20 vatios en la sala de equipos al lado de la torre, se conecta mediante cable Heliacx de $\frac{1}{2}$ " de 30mts de largo (50 Ohm), a una antena circular, ubicada a unos 3mts de altura sobre la torre. Este cable es el que se va a utilizar, por lo tanto la calibración se hace sobre éste. Se deben ajustar las antenas circulares una por una, sin incluir el distribuidor de cobre, ya que se supone el distribuidor está calibrado para conectar cuatro antenas en la frecuencia 102,5 MHz, de acuerdo a la solicitud hecha durante la compra.

El **IGTE-20WD** es un transmisor excitador de banda ancha, que comprende la banda FM comercial 88 a 108MHz, con 20 vatios de potencia y equipado con un panel LCD que indica frecuencia de operación, potencia emitida y reflejada.⁷ Dicho indicador de potencia reflejada es suficiente para llevar a cabo el ajuste de las antenas, lo importante es mantener la potencia reflejada en 0. Aunque el indicador solo marca números enteros, esta lectura puede fluctuar entre 0 y 1. Una lectura de potencia reflejada entre 0 y 4, es aceptable, según lo indica la figura (9).

Cuadro 6. Lecturas SWR en vatímetros Diamond.

SWR	1.0	1.1	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0
Reflected RF power (%)	0	0.22	0.8	4.0	11.1	18.4	25.0

Fuente: <http://www.qsl.net/4/4x6on/RADIO%20MANUALS/DIAMOND/DIAMOND--SX-200-SWR-POWER-METER.pdf>

Este equipo soporta máximo hasta 5 vatios de potencia reflejados, según lo indica el fabricante Inget en su página web.

El excitador tiene un pequeño tornillo de ajuste en su parte frontal, donde se recurrió a girarlo en sentido anti horario hasta su tope, para poner la potencia de operación en 0. Inspeccionando las conexiones de antena y estando todo en orden, se enciende el transmisor excitador. Mediante un sencillo mando de cuatro botones se puede ingresar a la configuración del equipo y ajustar la frecuencia de operación. En este caso, según lo especificado por el ministerio se ajusta a 102.5 MHz, y dejando el indicador en modo de potencia emitida y reflejada, se comienza a aumentar la potencia con un destornillador y revisando que la potencia reflejada no aumente. Mientras tanto en torre, con comunicación vía radio, se informa de la potencia reflejada y se procede a ajustar los acopladores de la antena circular. El excitador logra una potencia máxima de 40 vatios y una potencia reflejada que varía entre 0 y 1.

⁷ <http://www.ingetcolombia.com/transmisores-fm-88-108-mhz/excitadores-fm-88-108-mhz/transmisor-excitador-fm-digital-de-20-vatios-banda-ancha-88-108-mhz.html>

Se ajustan las otras tres antenas, de igual manera, obteniendo los mismos valores de potencia. En seguida, las antenas son aseguradas a la torre en lo más alto de esta. Con una separación de $\frac{3}{4} \lambda$ entre ellas como se indica en la figura (10).

$$\lambda = c/f ;$$

c es la velocidad de la luz en el vacío aprox 300.000 Km/s

f es la frecuencia de la onda: 102500 Hz

$$\lambda = c/f$$

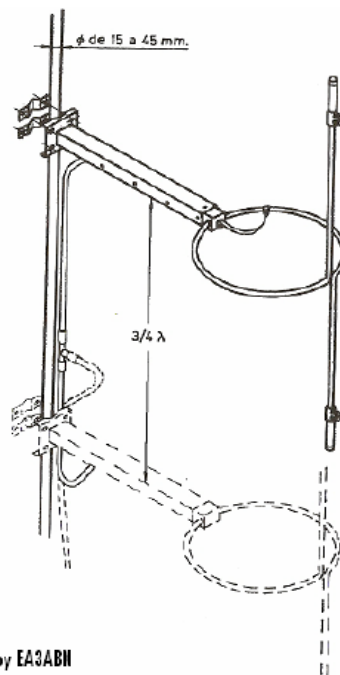
$$\lambda = 300/102.5$$

$$\lambda = 2,93 \text{ mts aprox.}$$

$$\text{Separación} = \frac{3}{4} \lambda$$

$$\text{Separación} = \frac{3}{4} (2,93\text{mts})$$

$$\text{Separación} = 2,2 \text{ mts}$$



by EA3ABN

Fuente: <http://www.ea3abn.com/antenas%20FM%20EA3ABN.pdf>

Figura 12. Antena Dipolo de polarización circular

Las cuatro antenas se unen al distribuidor de cobre, que irá en el medio de las cuatro antenas, es decir, las dos antenas más lejanas están a un máximo de 4,4mts de distancia. Se usan 4 cables RG8 de 5mts cada uno, para conectar las antenas, y el distribuidor se conecta directamente al cable Heliac de ½ pulgada. La diferencia entre usar 1 antena o 4 radica en su ganancia.

1 Antena de polarización circular da una ganancia de -3,1dB

2 Antenas dan una ganancia de 0,3 dB

4 Antenas dan una ganancia de 3,45 dB

Se procede a instalar el amplificador de 250 vatios que trabajará a un máximo de 200 vatios estipulado por el Ministerio de Comunicaciones. Ahora la salida de antena del excitador de 20 vatios se conecta a la entrada del amplificador mediante una cola de RG8 de $\lambda/2$ de longitud. Con el ajuste a cero vatios en el excitador y revisión de todas las conexiones, se enciende el amplificador. Enseguida el amplificador marca una alarma y se cancela la operación. Esta alarma indica que el voltaje de operación está excediendo el valor esperado. Se comprobó el voltaje de línea con una medida de 125VAC y el fabricante recomienda 110VAC. Se instala el estabilizador marca CDP, y se procede a medir, arrojando una lectura de 110VAC. Se continúa con la operación, el amplificador ya no marca ninguna alarma. En el excitador se aumenta la potencia hasta un máximo de 6 vatios, y el amplificador marca 200 vatios. La etapa de operación de transmisión en FM se completa, faltando la operación de los radioenlaces.

Tres semanas después llega el radio enlace transmisor reparado. La falla de este equipo estuvo en el transporte inadecuado, provocando un desajuste y finalmente cuando se encendió, un daño irreparable en el transistor de potencia. Finalmente se pudo instalar el radio enlace transmisor en el estudio de la estación de radio. Se ajustó la antena yagui, dirigida hacia la torre principal a menos de 1km de

separación. Se instala la antena receptora en la torre principal a media altura, aproximadamente 10mts. Se instala el radio enlace receptor y se procede a ajustar la antena receptora para obtener una óptima recepción. El sistema de enlace implementado, tiene un indicador analógico, que mide el nivel de recepción, siendo este óptimo a partir de 100, según el fabricante. En la prueba se leyó un valor por encima de 100dB, sin exactitud porque el medidor carece de valor después de 100dB. Aunque la señal es optima sin mayor problema, porque el sistema de enlaces se encuentra distanciado a menos de 1km y sin obstrucciones de consideración, se escucha una señal de ruido que interfiere con la señal principal. Esto es notado debido a que el equipo receptor cuenta también con un altavoz y su respectivo control de volumen, con el que se puede monitorear la calidad del audio.

Se ajuste el nivel de audio en el estudio, mediante unos leds luminosos en el radio enlace emisor, que indica la modulación. La interferencia sigue en el radio enlace receptor.

La prueba fue hecha, emitiendo audio desde el estudio, con conexión monofónica entre la consola de audio y el radio enlace emisor. Mientras que en el cuarto de equipos en la torre principal, se tenía conectado el radio enlace receptor, mediante cable de audio monofónico, al transmisor excitador, quien mostraba una modulación correcta en su panel LCD. Se tenían todos los equipos en funcionamiento.

Hasta el momento no se había tenido en cuenta que la tercera armónica de 102,5MHz es 307,5MHz. Es exactamente lo estipulado en el cuadro 1, como frecuencia de operación 102,5 MHz y frecuencia de radio enlaces 307,5MHz. Al trabajar los equipos tan cerca, puesto que el amplificador de 200 vatios y el radio enlace receptor se encuentran en la misma habitación, el primero amplifica

también las armónicas y produce una interferencia en la recepción del enlace.

Durante los días que el equipo estuvo en barranquilla por garantía, mediante conversaciones con el fabricante, se determinó que se mejoraría el filtro en el receptor del enlace. El fabricante omitió los detalles del filtro, y se entiende que no es lo suficientemente óptimo para rechazar la interferencia ya que viene en la misma frecuencia en la que se recibe la señal. También se pensó en cambiar la frecuencia del enlace mediante permiso emitido por el Ministerio, pero con el retraso que había tenido el proyecto no se podía esperar más tiempo. El amplificador de 200 vatios tiene un filtro pasa-bajo a su salida que atenúa las armónicas, pero no es suficiente para eliminarlas. Al apagar el amplificador y el excitador, es decir, al eliminar el origen de la señal armónica, se obtuvieron resultados favorables que ratifica lo anteriormente dicho.

En términos generales, el sistema quedo funcionando muy bien. La interferencia fue superada con un buen ajuste de antenas de enlaces, haciéndola imperceptible al oído humano. Para llegar a un 100% en calidad sonora, se deja como opción, una solicitud de cambio de frecuencia de enlace al Ministerio de Comunicaciones, generando esto un costo adicional para la Asociación encargada.

Puesta a punto de la programación

Lo primero era dotar el computador del software necesario. El computador llegó con su software por defecto, sistema operativo Windows 7 básicamente. Se procedió a hacer una partición del disco duro de 320 GB, dejando solo 20GB para el sistema operativo y el resto para los archivos musicales, debido a que necesitamos bastante capacidad de almacenamiento y en cambio, solo unos pocos programas instalados para su funcionamiento.

El software principal instalado, básico y fundamental para el funcionamiento de la radio estación:



Figura 13. Logotipo ZaraRadio

ZaraRadio.

Versión 1.6.2 Free edition

© ZaraSoft 2008. Todos los derechos reservados.

La versión de Zara Radio desde hace muchos años viene siendo libre, cabe recordar que la versión 1.6.2 fue la última versión libre, que durante años se fue mejorando gracias a la participación de sus clientes quienes mediante foros, fueron proponiendo nuevas opciones y funcionalidades que lo hacen hoy en día el preferido por las radio estaciones de todo el mundo. Actualmente existe la versión ZaraStudio 2.2 de Kero Systems S.L versión de paga, que se puede adquirir en su página oficial.

Los archivos de audio, generalmente en formato mp3, fueron organizados de acuerdo a su género musical, y fueron renombrados como Artista – Nombre – MMAA; MM mes de lanzamiento, AA año de lanzamiento del tema. De esta forma será fácil ubicar cualquier tema buscando sencillamente por su Artista, nombre o fecha. Se clasificaron en géneros como: Bachata, Merengue, Vallenato, Tropical, Rancheras, Reggaetón, Electrónica, Salsa, entre otros. Se deja una base de datos de aproximadamente 20mil canciones en formato mp3, de todos los géneros.

El software permite la automatización, por lo tanto se dejan programados varios

listados musicales, que corresponden a una parrilla de programación hecha a medida para la comunidad de Alpujarra y que fue aprobada por el Ministerio. El software es capaz de operar las 24 horas automáticamente luego de haber hecho la programación correcta. Se capacitó de forma personalizada al Director de la emisora, dos locutores, uno de los cuales es estudiante de Comunicación Social en la Surcolombiana, en aspectos como el manejo del hardware, consola de audio, micrófonos, monitorización de audio, etc. En el manejo del software, como ZaraRadio (fundamental), grabación de audio para comercialización de cuñas, jingles, y software para emitir en internet en la dirección:

<http://es.justin.tv/saman102>

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las emisoras comunitarias son un medio necesario para el desarrollo de las comunidades, porque en ellas convergen la cultura y la política del municipio, genera opiniones y mantiene interrelacionadas a las personas. Aun se encuentran varios municipios sin este medio de comunicación, lo que supone una participación activa durante mucho tiempo en este medio, por parte de Ingenieros, técnicos y obreros, para desarrollar todos estos proyectos, teniendo ya un precedente con el presente proyecto de grado.
- Futuros proyectos como este pueden tener una base sólida de toda la operación a ejecutar en el desarrollo de proyectos de ésta índole. Se citaron algunas opciones de mejoramiento a tener en cuenta.
- Para mejorar la calidad de audio, la Asociación citada, debe pedir al Ministerio de Comunicaciones el cambio de la frecuencia de radioenlaces de 307,5MHz a otro canal asignado y autorizado para el Tolima, con el fin de evitar la interferencia generada por las armónicas del excitador.
- Otra mejora en audio se da agregando un procesador de audio, que tenga generador estéreo, ya que se está emitiendo en modo monofónico. El procesador también debe tener un compresor limitador de audio, que mantiene un nivel óptimo de volumen. Estos equipos también se vende por separado, lo que puede resultar o no más costoso, y que demanda un conocimiento previo para ajustar el compresor limitador que resulta bastante complejo.

- Una idea generalizada y muy popular en nuestro departamento, es pensar que proyectos como este tienen un alto costo de por lo menos 100 millones de pesos, haciéndolo inviable para poblaciones relativamente pobres. Queda demostrado que con una inversión inferior a los 50 millones, se cubren todos los aspectos técnicos que permiten la normal operación de una emisora comunitaria.
- El proyecto tuvo varias ventajas respecto de las torres de comunicación. La torre principal de 21,5mts fue reciclada de una vieja estructura caída hace muchos años y que era de propiedad del municipio. Solo se tuvo que reparar, reflejándose en un menor costo. La torre de aproximadamente 2mts en el techo de la estación de radio, había sido instalada hace muchos años y estaba en perfecto estado, evitando la compra de una torre para este propósito.

BIBLIOGRAFÍA

ASOMEDIOS. Asociación Nacional de Medios de Comunicación. Clasificación del Servicio de radiodifusión sonora. <<http://www.asomedios.com/>> [Consulta: Febrero de 2008].

ASOMEDIOS. Asociación Nacional de Medios de Comunicación. Reseña histórica Radio. <<http://www.asomedios.com/>> [Consulta: Abril de 2010].

MINCOMUNICACIONES. Ministerio de Comunicaciones. Concesionarios comunitarias. <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=2952> [Consulta: Mayo de 2010]

COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Ministerio de Cultura. Documento Conpes 3506. Lineamientos de política para el fortalecimiento del Servicio comunitario de radiodifusión sonora.

COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Documento. Radio y Pluralismo – Política de Radiodifusión Sonora Comunitaria.(Noviembre de 2007).

COLOMBIA. Ministerio de Comunicaciones. Plan Técnico Nacional de Radiodifusión Sonora en Frecuencia Modulada. (Actualizado 17 de Mayo de 2009).

COLOMBIA. Presidencia de la República. Decreto 1447 de 1995, Por el cual se reglamenta la concesión del servicio de radiodifusión sonora.

RADIOENLACES. Documentos Radiocomunicaciones.net. <<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>> [Consulta: Mayo 2010]

PAGINAS WEB.

http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada

<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

http://www.diac.upm.es/acceso_profesores/paginas_personales/miguel/Documentos/EAF/Transmisores.pdf

<http://www.electricistas.cl/images/Puestaatierra.pdf>

<http://elagrado-huila.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mlxx-1-&m=f>

<http://www.ingetcolombia.com/transmisores-fm-88-108-mhz/excitadores-fm-88-108-mhz/transmisor-excitador-fm-digital-de-20-vatios-banda-ancha-88-108-mhz.html>

ANEXOS

ANEXO A.

Adecuación de torre, instalación y sistemas de protección.

- Reparación y mejoramiento de la torre metálica de 21,5mts de longitud.
- La torre está dividida en 9 secciones. 7 secciones de 2,50mts c/u. Y 2 secciones de 2mts c/u. Es una torre triangular.
- Cada sección fue reparada, pintada y acondicionada para volver a operar como parte de la estructura completa.

Base e instalación de la torre.

- La base en concreto y acero tiene un área de 1,50 x 1,50 mts.
- La base tiene 2mts de profundidad.
- Se hicieron 3 anclajes en un radio de 7mts de la base de la torre, para asegurar los vientos o riendas.
- Se instaló la torre sin contratiempos.
- Se instalaron los 12 vientos. 3 vientos por cada lado. Se aseguraron a la torre cada 4 metros.
- Se instaló un pararrayos (punta captadora) tipo Franklin.
- Se instaló una baliza luminosa, con foto celda.
- Sistema de puesta a tierra con electrodos de cobre tipo varilla, 2,4mts.
- Bajante de 24mts en cable de cobre No. 1/0 AWG.

Caseta de equipos

- La caseta está ubicada a un metro de la torre.
- Tiene un área de 1,50mts x 1,50mts.

- Tiene una altura de 2mts.
- El techo es una placa en concreto.
- Tiene en el interior una repisa para los equipos, en concreto.
- Cuenta con servicio de energía eléctrica independiente, con su propio contador, sistema de puesta a tierra.

COSTO TOTAL DE LAS OBRAS

\$15'000.000.oo

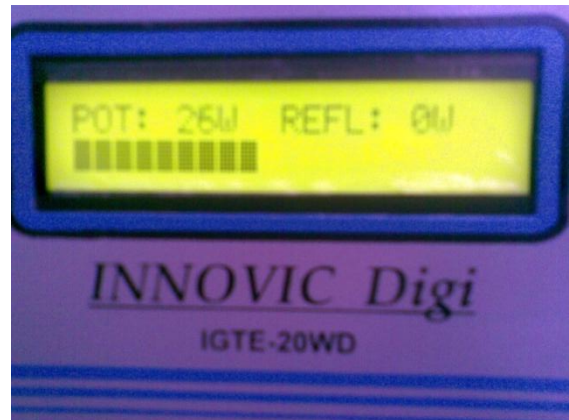
Nota: Contrato a todo costo, pactado con el señor Elías Galeano.

ANEXO B.

Fotografías Excitador IGTE 20WD



Monitor de Frecuencia y Modulación.
Foto: Héctor Melo.



Potencia Emitida y Reflejada.
Foto: Héctor Melo.



Conexión Monofónica, MPX y SCA.
Foto. Héctor Melo.

Fotografías Instalación



Torre Principal, caseta equipos.

Foto. Oscar Olaya



Torre en estudio. Yagui enlace.

Foto. Héctor Melo.



Primer ajuste de antenas. Prueba de equipos.

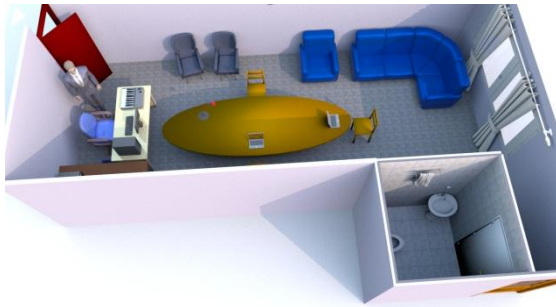
Foto. Héctor Melo.



Estudio Emisora Samán Stereo

Alpujarra Tolima

Foto. Oscar Olaya.



Estudio Saman Stereo. Virtual.
Autor. Héctor Melo



Base Torre principal. (Fecha errada)
Foto. Cristhian Melo



Anclajes de las riendas. (Fecha errada)
Foto. Cristhian Melo



Cuarto de equipos.
Foto. Cristhian Melo