ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE TECNOLOGÍA

CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE CONTROL PARA EQUIPOS DE RADIOCOMUNICACIÓN MOTOROLA PROPORCIONADOS POR RADCOMUNICACIONES

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

JIMMY MANUEL VIVANCO TORRES
jimmyvivanco@hotmail.com

DIRECTOR: ING. PATRICIO CARRASCO

Quito, Enero del 2009

DECLARACIÓN

Yo Jimmy Manuel Vivanco Torres, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según por lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional Vigente.

_____

Jimmy Manuel Vivanco Torres

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jimmy Manuel Vivanco Torres, bajo mi supervisión.

_____

ING. PATRICIO CARRASCO

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente a mi Familia por todo el apoyo y cariño brindado durante estos años de estudio. Gracias por su paciencia.

Una especial mención merece el profesor Patricio Carrasco por su ayuda y apoyo, permitiendo desarrollar y terminar con éxito este proyecto.

También agradezco la colaboración a tantas otras personas que me ayudaron e hicieron posible que esto se concretara. Entre ellos quiero mencionar a la empresa RADCOMUNICACIONES, por su apoyo y colaboración brindada.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, quienes con amor, trabajo y constancia me enseñaron el valor de seguir adelante, a pesar de los tropiezos que se puedan presentar en la vida.

CONTENIDO

DECLARACIÓN II
CERTIFICACIÓN III
AGRADECIMIENTOS IV
DEDICATORIA V
CONTENIDO VI
RESUMEN IX
INTRODUCCIÓN X

1. CAPITULO 1: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN 1
1.1.1. PROPAGACIÓN DE ONDAS DE RADIO 1
1.1.2. MECANISMOS DE PROPAGACIÓN 2

1.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN 4
1.2.1. ESTACIÓN TRANSMISORA 5
1.2.2. ESTACIÓN RECEPTORA 6
1.2.3. DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LA EMPRESA RADCOMUNICACIONES 8
1.2.4. COMUNICACIÓN DE RADIO DE DOS VÍAS 10
1.2.5. TRANSMISOR DE RADIO FM DE DOS VÍAS 11
1.2.6. RECEPTOR DE RADIO FM DE DOS VÍAS 13

1.3 RADIO MÓVIL DE DOS VÍAS MOTOROLA 14
1.3.1. PARTES CONSTITUTIVAS 15
1.3.2. DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO 16
1.3.2.1. SECCIÓN DEL CONTROLADOR 16
1.3.2.2. DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTACIÓN DEL RADIO 17
1.3.2.3. ETAPA DE ENTRADA DEL RECEPTOR DE UHF 18
1.3.2.4. CIRCUITOS DE AUDIO TRANSMISIÓN 20
1.3.2.5. AMPLIFICADOR DE POTENCIA PA 21
1.3.3. PANEL DE CONTROL FRONTAL MOTOROLA 23

1.3.3.1. FUENTES DE ALIMENTACIÓN....23
1.3.3.2. INTERFAZ SERIE SBEP....24
1.3.3.3. SEÑALES DEL CONECTOR DE MICRÓFONO....25
1.3.4. FUNCIONES DEL CONECTOR DE ACCESORIOS....26
1.3.5. PROGRAMACIÓN BÁSICA DEL RADIO MOTOROLA....28
1.3.5.1. PROGRAMACIÓN DEL CANAL DE FRECUENCIA Y SEÑALIZACIÓN....31

1.4 EL MICROCONTROLADOR....34

1.4.1. CARACTERÍSTICAS....34
1.4.1.1. EL PROCESADOR....34
1.4.1.2. MEMORIA DE PROGRAMA....35
1.4.1.3. MEMORIA DE DATOS....35
1.4.1.4. LÍNEAS DE ENTRADA/SALIDA....36
1.4.1.5. RECURSOS AUXILIARES....36
1.4.2. FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO. EL RELOJ....36
1.4.3. CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877A....37

2. CAPITULO II: DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL COMORAD.

2.1 IDENTIFICACIÓN ETAPAS....40
2.2 PROGRAMACIÓN ,DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ENCENDIDO Y APAGADO DEL RADIO....41
2.3 PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL CANAL DE FRECUENCIA....45
2.4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE SEÑALIZACIÓN....49
2.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE EMERGENCIA....54
2.6 AMPLIFICADOR DE AUDIO....59
2.7 CONSTRUCCIÓN DE COMORAD....60

2.8 FUNCIONAMIENTO DE COMORAD 70
2.9 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO 74
2.9.1. ANÁLISIS TÉCNICO 74
2.9.2. ANÁLISIS ECONÓMICO 78

CONCLUSIONES 80
RECOMENDACIONES 81

ANEXOS 82
ANEXO A. CARACTERÍSTICAS DEL RADIO MOTOROLA 83
ANEXO B. DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A 89
ANEXO C. PROGRAMA DE CONTROL PARA COMORAD UTILIZANDO EL PIC 16F877A 94
ANEXO D. FOTOGRAFÍAS DE COMORAD 100
ANEXO E. PROGRAMACIÓN DEL RADIO BASE 107
ANEXO F. MANUAL DE INSTALACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL COMORAD 111
ANEXO G. GLOSARIO DE TÉRMINOS 114

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 118

RESUMEN

Para la construcción del módulo de control “COMORAD”, para equipos de radiocomunicación Motorola, proporcionados por la empresa RADCOMUNICACIONES, fue necesario el desarrollo de dos capítulos.

En el primero se plantea la fundamentación teórica para el proyecto, en relación a los sistemas de comunicación, al radio móvil Motorola de la serie PRO/EM y el dispositivo que permitirá su control.

En el segundo capítulo se plantea el diseño y construcción de la tarjeta electrónica, que incluye el control de encendido, selección de canales de frecuencia, señalización y control de emergencia; así también el correspondiente análisis técnico – económico.

Además, se plantea una introducción para la realización del proyecto así como las respectivas conclusiones y recomendaciones.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la ciencia y tecnología han dejado su huella en el transcurso del tiempo. Su característica es la adquisición y transferencia de nuevos conocimiento para explicar y desarrollar nuevas tecnologías. En el campo de las telecomunicaciones, el cambio más evidente se puede observar en el tipo de comunicación usada, así hoy en día se tiene equipos que trabajan con radio frecuencia, cuya principal características es disminuir el tamaño de los productos; conservando y mejorando las características iniciales.

Dentro de estos productos de comunicación se encuentran los equipos de radiocomunicación, muy utilizados por: transportistas, empresas de seguridad, policías, bomberos, etc; cuya finalidad es la localización y reporte de novedades, que permitan tener el control logístico de alguna actividad, logrando disminuir los costos operativos de comunicación.

Estos equipos son del tipo móvil y portátil, utilizados de acuerdo a la actividad que se realice. Los radios móviles, son equipos recomendados para trabajar con empresas de transporte, debido a que esta actividad necesita mayor movilidad, para ello utilizan antenas de mayor ganancia y equipos de mayor potencia. Los radios portátiles son usados para estaciones fijas, en donde la comunicación lo pueden realizar a una radio base y está a la vez comunicar las novedades a la estación principal, lo utilizan principalmente empresas de seguridad, debido a que su personal se encuentra en movimiento en un sitio determinado.

En el mercado existen una gran variedad de equipos, utilizados para esta actividad, de diferentes marcas y modelos, siendo la más reconocida Motorola; que ha lanzado los radios de la serie Profesional y EM, equipos que poseen la característica de trabajar con un ancho de banda de 25 MHz o 12.5 MHz.

Las empresas de transporte público (taxis), utilizan radios móviles, con los cuáles se comunican a una central de radio, encargada de dirigir la flota las 24 horas del día; al recibir y enviar reportes. Estos equipos son instalados en el interior de los vehículos; sin embargo, son fácilmente sustraídos y vendidos a un valor despreciable, devaluando al equipo y creando desconfianza en los usuarios.

Por ello, la empresa RADCOMUNICACIONES, utilizando las características propias del radio Motorola, decidió construir un módulo de control frontal, similar al que posee el radio, pero controlado por un microcontrolador, que actúa como el cerebro del módulo de control frontal. Este módulo, será el encargado de controlar las funciones de: encendido/apagado del radio, control de volumen, cambio de canal de frecuencia, activación/desactivación de emergencia. Así mismo posee un circuito de señalización, para mostrar cuando el equipo se encuentra: encendido, apagado, transmitiendo, recibiendo, en emergencia; además, posee una pantalla de cristal líquido (LCD) que muestra el canal de frecuencia en el cuál se encuentra trabajando el radio. En el presente trabajo, se indica la manera de diseñar y construir este módulo de control, además en el anexo G se muestra un glosario de términos utilizados en el presente trabajo teórico.

CAPITULO I

1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Un sistema de comunicación constituye los diferentes componentes o subsistemas que permiten la transferencia o intercambio de información, desde una fuente transmisora hacia un destino receptor.

Existen una variedad de formas, que podemos utilizar para hacer llegar un mensaje, de una fuente transmisora (fuente) hacia un destino receptor (destino), así, por ejemplo se pueden utilizar las ondas de radio. A este mecanismo de transmisión de la señal se la denomina **RADIOCOMUNICACIÓN.**

Por tanto [1], podemos definir a la radiocomunicación como: toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, utilizando ondas radioeléctricas.

Un **Sistema de Telecomunicaciones** [2]**,** hace referencia a un sistema en donde la fuente (transmisor) y destino (receptor) están separados una gran distancia, en donde para establecer la comunicación entre varias estaciones, se las realiza utilizando las ondas de radio, como se observa en la figura 1.1.

1.1.1 PROPAGACION DE ONDAS DE RADIO

Las ondas radioeléctricas [1] se propagan a la velocidad de la luz, para ello utilizan tres formas diferentes de propagación de la onda, estas son: onda terrestre, cuando se propagan sobre la superficie del terreno; onda ionosférica, cuando la ionosfera refleja las ondas radioeléctricas, haciendo que estás retornen a la tierra y onda de espacio, cuando la ionosfera se hace transparente y los mecanismos de propagación se ven afectados por las influencias del suelo

[1] R. Bault, Las Antenas, Paraninfo, pg. 15
[2] Msc. María Jimenez, Folleto de Comunicaciones Digitales, pg. 4

(mediante reflexiones o difracciones) y por la troposfera (mediante los procesos de refracción, atenuación y dispersión).

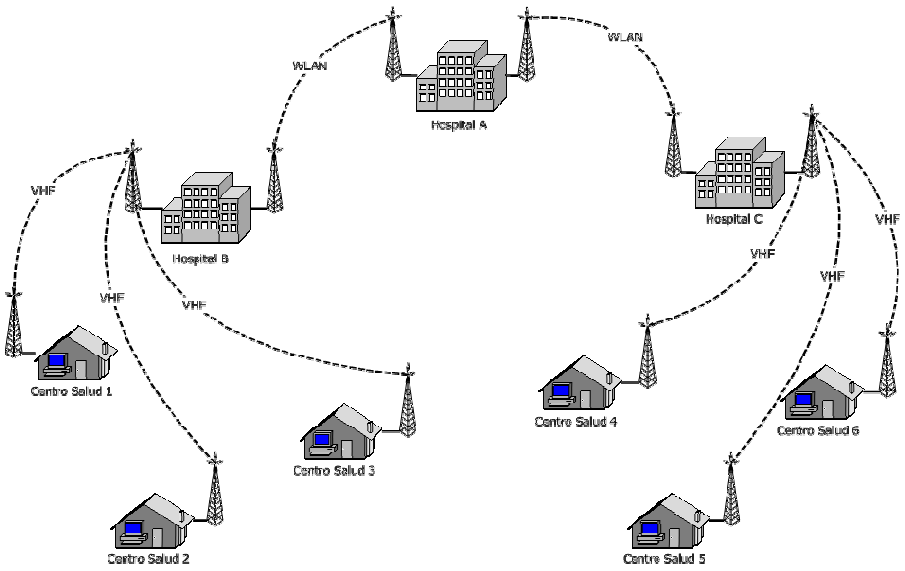


Figura 1.1 Sistema de Telecomunicaciones utilizando ondas de radio.

Estas ondas se comportan de diferente forma en un medio natural [4]. Así, la orografía del suelo y sus características morfológicas afectan sus características y propiedades eléctricas.

Por ejemplo, a bajas frecuencias, por debajo de MF (Medium Frecuency, frecuencias medias)[4], la tierra se comporta como un buen conductor, de tal forma que puede transportar los campos electromagnéticos más allá de la visibilidad directa. En más alta frecuencia la atenuación es un factor muy importante que influye en la comunicación, requiriendo elevar las antenas.

1.1.2 MECANISMOS DE PROPAGACIÓN

La banda de frecuencia en la cual este trabajando un sistema, va a definir el mecanismo de propagación de onda, que hay que considerar a la hora de analizar un canal de radio.

En la banda de muy bajas Frecuencias VLF (3Khz-30Khz), tanto el suelo como la ionosfera se comportan como buenos conductores. La distancia que

[4] www. Eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20%y%20Propagación/Propagación.pdf, pg 67

separa al suelo de la ionosfera (entre 60 y 100 Km) es comparable con la longitud de onda en dicha banda (entre 100Km y 10 Km a 30 Khz). La propagación de este tipo de ondas, se puede modelar como una guía esférica con pérdidas.

Las aplicaciones para las que se emplea este mecanismo de propagación [4] son: comunicaciones a larga distancia (naval y submarina) o aquellas que deseen cobertura global. Para este tipo de comunicación se utilizan antenas verticales, eléctricamente pequeñas, aunque de dimensiones físicas muy grandes.

A frecuencias de LF, 30-Khz-300Khz y MF, 300Khz-3Mhz [4], se utiliza la propagación mediante onda de tierra u onda de superficie que se propagan en la discontinuidad tierra-aire, debido a las corrientes inducidas en la tierra. El alcance que se obtiene con estas señales varía con la frecuencia, potencia transmitida y el tipo de suelo (tierra seca, húmeda, mar…). En LF se puede alcanzar hasta unos 2000 Km, en MF hasta unos 300 Km, mientras que en frecuencias más altas, HF apenas llega a unos 50 Km. Su principal aplicación se encuentra en sistemas de comunicación naval y radiodifusión de onda media AM.

En las bandas de MF, 300Khz-3Mhz y HF 3Mhz-30Mhz [4], la ionosfera refleja las ondas radioeléctricas, haciendo que estas retornen a la tierra. Este mecanismo se denomina refracción ionosférica. El alcance que se puede tener con estas ondas depende de la frecuencia, de la hora del día y de la dirección de apuntamiento de la antena. Este mecanismos de propagación lo utilizan los radioaficionados, comunicaciones navales y antes de que existiera los satélites, se utilizaban para comunicaciones de voz punto a punto a largas distancias.

Para las frecuencias de VHF, 30 Mhz-300Mhz y superiores [1], el mecanismo de propagación es el de **onda de espacio.** En estas frecuencias la ionosfera se hace transparente y los mecanismos de propagación se ven afectados por la influencia del suelo, mediante reflexiones o difracciones y por la tropósfera mediante los procesos de refracción, atenuación y dispersión. Para la propagación de estas ondas se considera la combinación del rayo directo

[1]R. Bault, Las Antenas, pg. 16,17
[4] www. Eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20%y%20Propagación/Propagación.pdf, pg 67-69

(propagación en espacio libre), del rayo reflejado en la superficie terrestre y el rayo difractado (onda celeste) por las irregularidades del terreno, o por la propia curvatura de la tierra, figura 1.2.

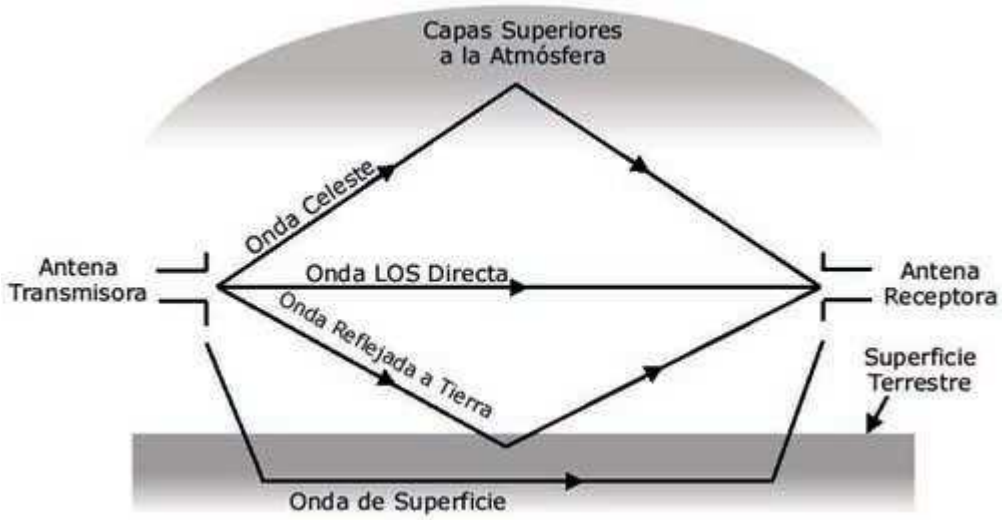


Figura 1.2 Propagación por onda de espacio.

El alcance de este mecanismo de propagación es muy variable [4]: En VHF (30 MHz- 300 MHz) y UHF (300 MHz- 3000 MHz) la difracción permite transmisiones más allá del horizonte, mientras que para frecuencias más altas, los radioenlaces necesitan visión directa, reduciendo su alcance a algunas decenas de Km.

La propagación por onda de espacio [4], es el mecanismos que utilizan la mayoría de sistemas de comunicación: radiodifusión FM y TV, telefonía móvil, radioenlaces fijos, radiocomunicación vía satélite, sistemas radar, radiocomunicación convencional, radiocomunicación troncalizada, etc.

1.2 ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Un sistema de comunicación está formado por tres componentes [2]: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor, como lo muestra el diagrama de la figura 1.3, en donde no se toma en cuenta a los transductores (antenas).

[2] Msc. María Jimenez, Folleto de Comunicaciones Digitales, pg. 5
[4] www. Eie.fceia.unr.edu.ar/ftp/Antenas%20%y%20Propagación/Propagación.pdf, pg68-69

Dentro del proceso de transmisión [2], un sistema de comunicación debe ser capaz de: tomar la señal a transmitir, adaptarla al canal y luego transmitir por un canal de transmisión de acuerdo a la frecuencia asignada, utilizando los diferentes métodos de propagación, para luego ser reconstruida en el receptor, tomando en cuenta las alteraciones o errores introducidos por el canal de transmisión y las estaciones conjuntas, de manera que pueda ser utilizada por el destinatario.

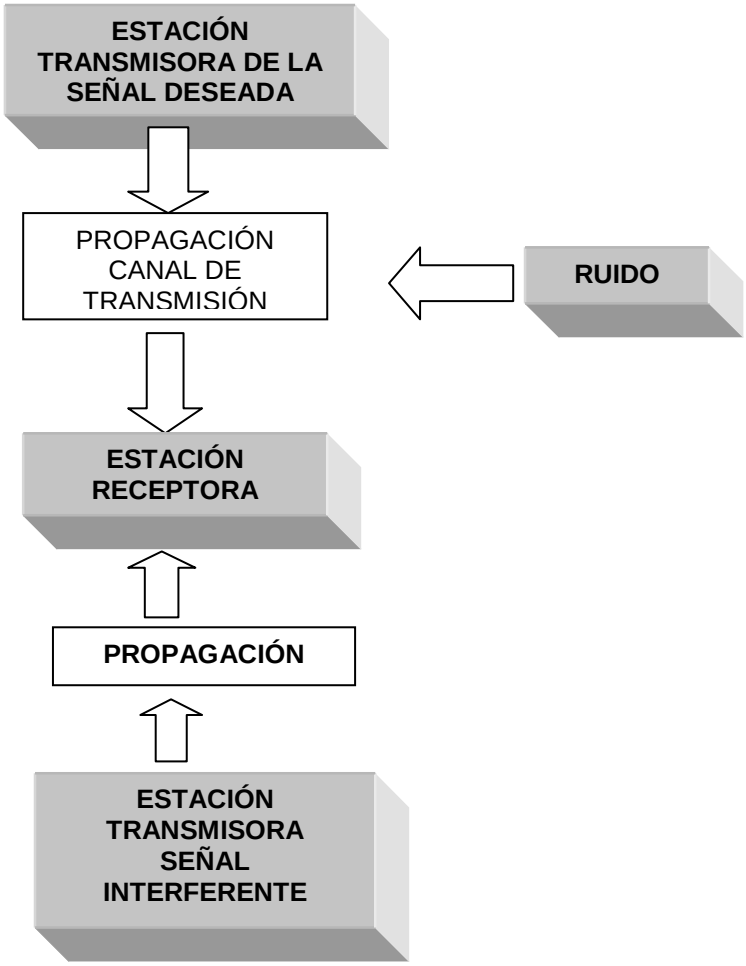


Fig. 1.3 Elementos de un sistema de radiocomunicación

1.2.1 ESTACIÓN TRANSMISORA

[3] www.monografias.com/trabajos26/radiocomunicaciones/radiocomunicaciones.shtml

El transmisor [3], es el encargado del proceso de modulación de la información, al cambiar la amplitud o frecuencia de una portadora de frecuencia relativamente

[3] www.monografias.com/trabajos26/radiocomunicaciones/radiocomunicaciones.shtml

alta, de acuerdo a la amplitud o frecuencia de una señal modulante (información).

El diagrama de la figura 1.4 muestra como está conformado un transmisor, en donde un modulador [3], es un mezclador de señales, una portadora y otra modulante (señal de información), de tal forma que la información se transforma de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión.

Este modulador, es el encargado del proceso de cambiar la amplitud (AM), fase (PM) o frecuencia (FM), de una portadora de frecuencia relativamente alta, de acuerdo con la señal modulante de entrada. La señal modulada, es luego multiplicada en frecuencia, para desplazar espectralmente la señal a la frecuencia de transmisión y amplificarla al nivel de potencia deseada. Luego la señal de RF (Radio Frecuencia) es enviada por la antena.

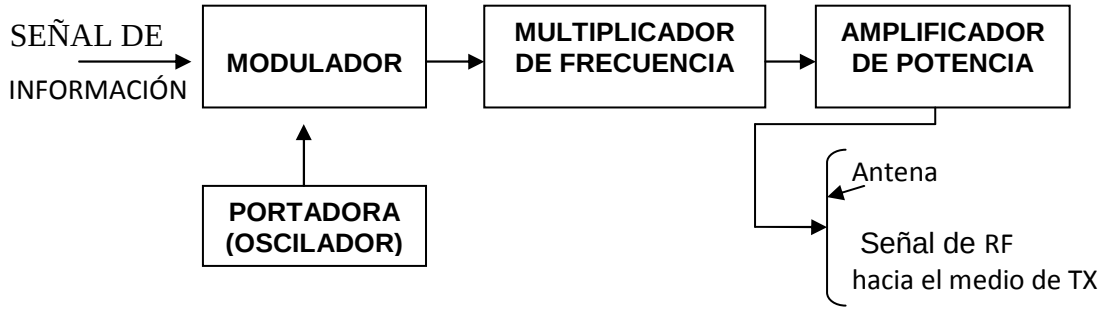


Figura 1.4 Diagrama de bloques de un transmisor

La topología del transmisor [3], depende del tipo de modulación usada y el nivel de potencia deseado. Existen transmisores de banda angosta, empleados en modulación de pulso, amplitud o frecuencia. Los transmisores de banda ancha utilizan modulación de Banda lateral única y son usados para aplicaciones militares, marítimas, aéreas y de aficionados.

1.2.2 ESTACIÓN RECEPTORA

La función de la estación receptora es [3]: extraer del canal la señal deseada y reconstruirla a partir de la señal recibida. Para ello necesita de un demodulador, que es un circuito electrónico, que permite devolver la señal de

[3] www.monografias.com/trabajos26/radiocomunicaciones/radiocomunicaciones.shtml

radiofrecuencia (RF) presente en la entrada, en una señal lo más parecida a la forma original que envió el transmisor.

Diferentes señales son transmitidas al mismo tiempo [3], por lo que en la entrada del receptor, también existen múltiples señales, debiendo este ser capaz de seleccionar una determinada señal. Esta selección es efectuada sobre la base de la frecuencia de la señal incidente, a esta característica de discriminar una frecuencia de tantas otras, se la denomina *selectividad*.

La otra función del receptor consiste en demodular (detectar) la información contenida en la señal, reconstruirla y amplificarla para obtener una onda lo más parecida a la original, que sufrió cambios debido al ruido introducido en el sistema. Los receptores varían según el tipo de aplicación, sean para telefonía, radio, televisión, radar, navegación o comunicaciones satelitales. Todos los receptores tienen problemas de: selectividad, rechazo de ruido a la entrada y detección de la señal deseada, que son mejoradas de acuerdo al receptor utilizado. El esquema básico del receptor se puede observar en el diagrama de la figura 1.5

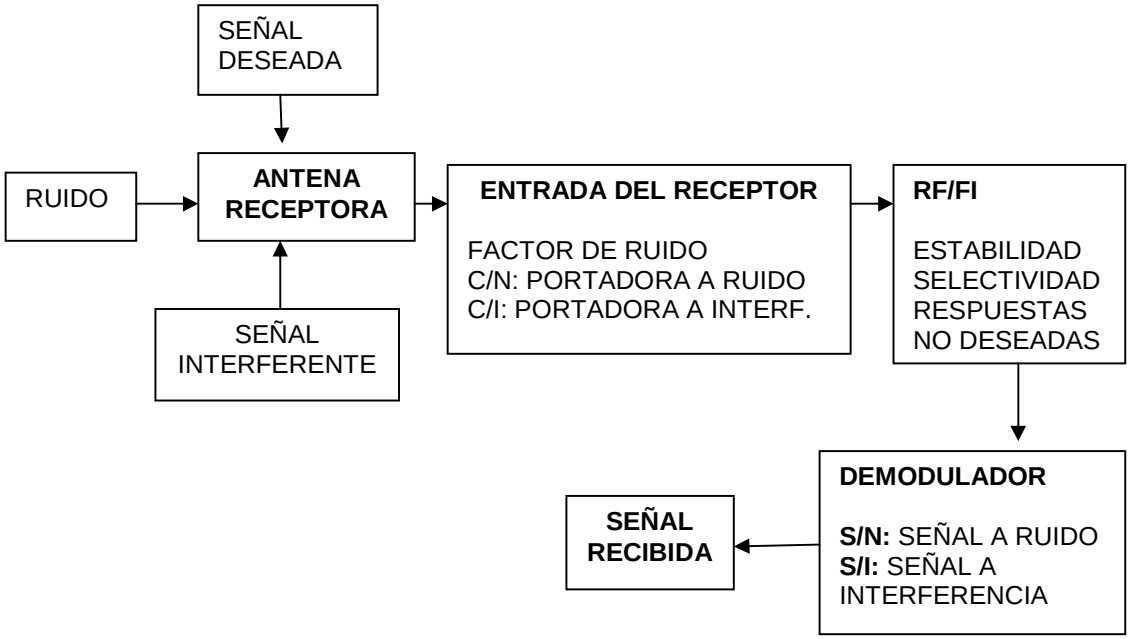


Figura 1.5 Diagrama de bloques de una estación Receptora.

1.2.3 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE LA EMPRESA RADCOMUNICACIONES

RADCOMUNICACIONES, es una empresa dedica a proveer los servicios de radiocomunicación, para empresa privadas o del sector público. Para ello tiene varias frecuencias asignadas para su explotación privada y comunal, en el rango de VHF y UHF, que son utilizadas para la comunicación en las provincias de: Pichincha, Guayas, Esmeraldas, Sucumbíos y Orellana.

Debido a su experiencia y años en el mercado nacional, la compañía de taxis “Rutas del Valle”, requirió los servicios de la empresa, para implementar un sistema de radiocomunicación de tipo privado, para la comunicación de voz en la ciudad de Quito y sus alrededores.

En primer lugar, se reunió la documentación necesaria para pedir a la SENATEL (Secretaria Nacional de Telecomunicaciones), el permiso de explotar un par de frecuencias. Una vez, obtenido el permiso se procede a instalar los equipos de comunicación.

La central de radio se encuentra en la ciudad de Quito, en el sector del Valle de los Chillos, San Rafael, y según la ruta de funcionamiento de los taxis, se eligió el cerro Puengasí, como punto de enlace para ubicar un estación de Repetidora.

Una estación de repetidora es el conjunto de elementos electromecánicos que cumplen la función de retransmitir toda la información que llega a su entrada. Está conformada por: repetidor, equipo de comunicación, cuya función es obtener una señal en una frecuencia de recepción (Rx) y enviarla por otra frecuencia de transmisión (Tx), para ello utiliza una antena como elemento transductor, encargada de emitir y recibir señales de RF, la conexión entre estos dos elementos se lo realiza mediante un duplexor, que consiste de cavidades resonantes, que por medio de un puente LC, se puede ajustar a la frecuencia de trabajo, básicamente es un filtro,

encargado de separar las frecuencias de transmisión y recepción, de tal forma que se utilice una sola antena en la estación de repetidora.

La estación de repetidora instalada para la compañía de taxis consta de: una antena de 8 dipolos, que posee una ganancia de 3db, cuya función es: receptar y enviar la señal de radio, la misma que se conecta hacia el duplexor utilizando un cable coaxial, que permita disminuir las pérdidas del sistema. El repetidor se conecta a las respectivas cavidades del duplexor, esto es transmisión (pasa bajos, frecuencia baja) y recepción (pasa altos, frecuencia alta), utilizando dos cables coaxiales cortadas a la frecuencia respectiva para su correcto acoplamiento. En la figura 1.6 podemos observar el sistema de comunicación instalada.

Fig.1.6 Sistema de Comunicación. Repetidor, Duplexor y Antena

Después de instalar la estación de repetición, se instaló la central de radio, para ello se utilizó un radio Motorola PRO5100, 1 antena de 8 dipolos, 1 fuente de polarización de 20 Amp a 13.8v y un Kit de cable coaxial RG-8. Para el funcionamiento del sistema, se programó a la base (radio de la central) y los móviles (radios de cada unidad) de la siguiente manera: frecuencia de Recepción, frecuencia baja y la frecuencia de transmisión, frecuencia alta; respetando el ancho de banda (12.5 Mhz), de tal forma que la estación repetidora obtenga las señales inversas, como se observa en la figura 1.7, logrando el funcionamiento del sistema de comunicación.

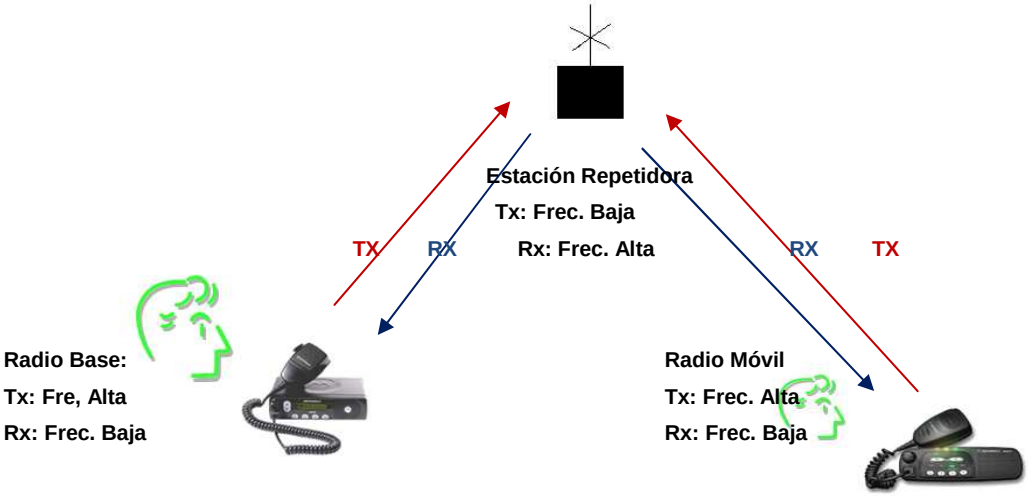


Figura 1.7 Funcionamiento de un sistema de Comunicación

Luego de instalar la estación de repetidora y la radio base se instaló los radios de comunicación móvil en cada unidad. Además de programar las frecuencias de transmisión y recepción, a cada unidad se designó y programó un número de unidad, que sé visualizará en la pantalla del radio de la central, para su identificación. Sin embargo, aunque los radios son instalados en lugares estratégicos, estos son sustraídos fácilmente y utilizados en forma inadecuada, creando desconfianza en los usuarios, razón por la cual se pide mejorar o proveer una mejor seguridad para evitar la sustracción del equipo.

Por está razón, RADCOMUNICACIONES, decidió dar una solución a este problema, utilizando las características del radio móvil Motorola, resolvió construir un módulo de control del radio, que mejore su seguridad.

1.2.4 COMUNICACIÓN DE RADIO DE DOS VÍAS

Las comunicaciones de radio de dos vías [5], se usan extensamente para las comunicaciones móviles de: *seguridad pública,* departamentos de policía, bomberos, así como en redes privadas. Se aplican tres bandas de frecuencias para las comunicaciones de dos vías FM, estas son: 132-174 MHz; para las comunicaciones de VHF, 440-510 para comunicaciones en UHF, y los sistemas troncalizados que trabajan en el rango de 806 a 946 MHz.

[5] Tomasi Wayne, Sistemas de comunicaciones Electrónicas, pg. 229-300.

Según las normas internacionales de la FCC [5], se establece que la máxima desviación de frecuencia para los transmisores de dos vías FM es 5 KHz, y la máxima frecuencia de señal modulante es 3 Khz. Estos valores dan una relación de 1.67 con un ancho de banda de 25 Khz. Sin embargo, actualmente en el Ecuador, debido a la saturación del espectro radioeléctrico, se están asignado pares de frecuencia con un ancho de banda de 12.5 MHz, por lo cual los valores de desviación y máxima frecuencia son tomados a la mitad, para poder adaptarla al ancho de banda.

La radio FM de dos vías es de modo half-duplex, es decir, las comunicaciones se realizan transmitiendo un lado a la vez. Estas transmisiones, inician cerrando un interruptor de oprima para hablar (PTT); el cuál enciende el transmisor y apaga el receptor. Durante condiciones de Stanby, el transmisor permanece apagado, mientras el receptor se halla encendido, monitoreando el canal de comunicación.

1.2.5 TRANSMISOR DE RADIO FM DE DOS VÍAS

El diagrama de la Figura 1.8 [5], muestra una unidad de cuatro canales que opera en la banda de frecuencia de 150-174 MHz. Consta de un interruptor selector de canales, el cual aplica potencia a cada uno de los cuatro módulos del oscilador de cristal (Xtal). Posee un modulador de fase (PM), que utiliza un diodo varactor para modular la señal de audio, que ingresa por el micrófono y que se halla limitada por un limitador de audio, el cual asegura que el transmisor este desviado; luego se amplificada y se obtiene la portadora de frecuencia intermedia modulada. Esta señal es multiplicada por 12 y amplificada, obteniendo la frecuencia de RF deseada. Finalmente pasa a un filtro de señales, para ser emitidas por la antena del equipo.

[5] Tomasi Wayne, Sistemas de comunicaciones Electrónicas, pg. 229-300.

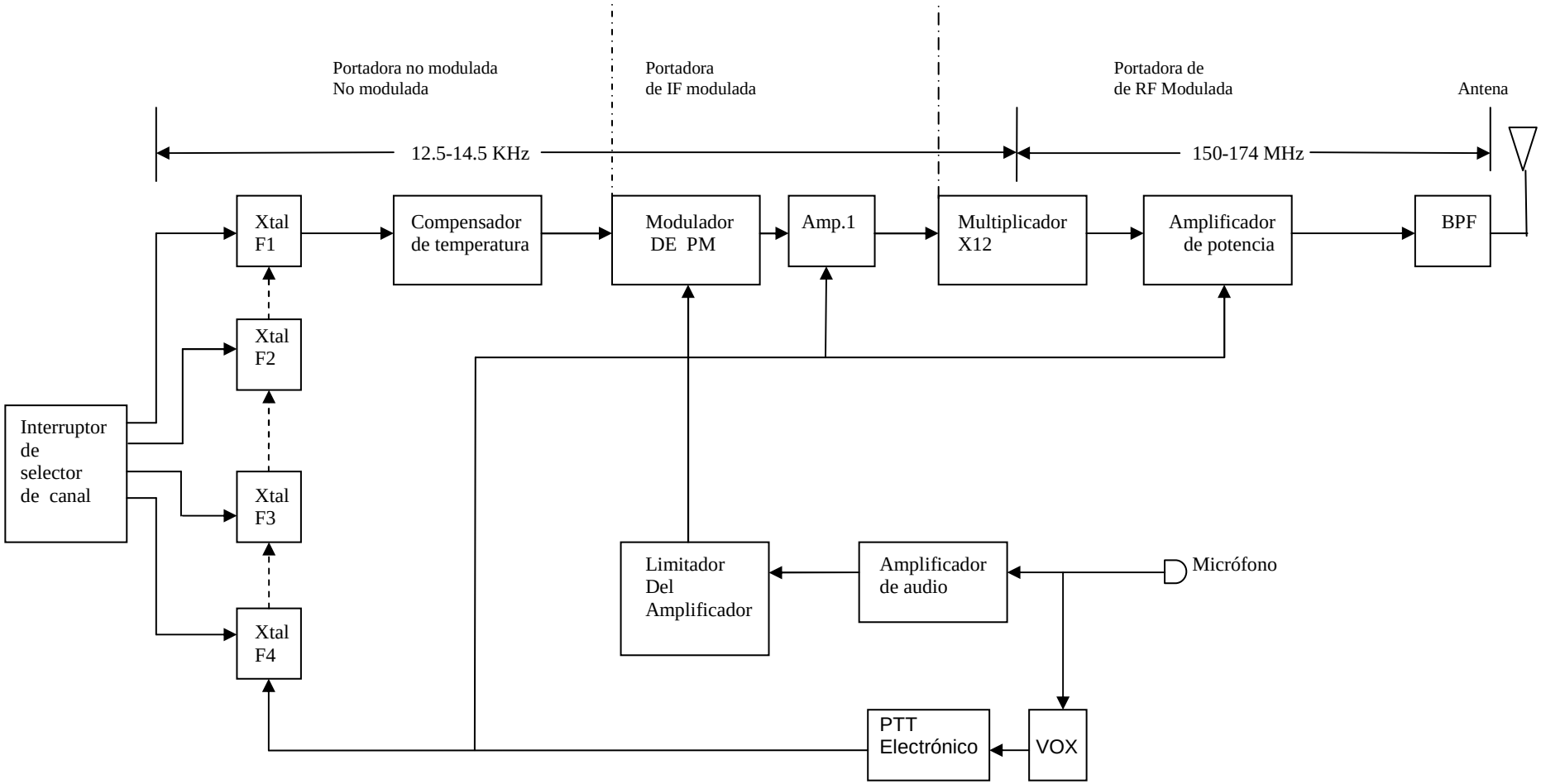


Figura 1.8 Diagrama de bloques de un transmisor FM de dos vías.

Para el funcionamiento del transmisor del radio de dos vías [5], se utiliza la función de PTT (Presione para hablar, del ingles Press To Talk), que aplica potencia DC a los amplificadores de potencia y al módulo oscilador de transmisión. Este se usa antes del interruptor simple, para reducir el ruido estático asociado con el rebote de contacto en los interruptores mecánicos.

Además, estos transmisores pueden venir equipados con VOX (transmisor operado por voz), que se activa automáticamente, cada vez que el operador hable por el micrófono, sin importar que el PTT este oprimido.

1.2.6 RECEPTOR DE RADIO FM DE DOS VÍAS

El diagrama de la figura 1.9 [5], muestra un receptor típico de radio FM de dos vías. El receptor mostrado es un receptor modular de circuito integrado, de cuatro canales, con cuatro módulos de oscilador de cristal separados, que se activan de acuerdo al canal en el que se ubique el selector de canales.

Siempre que el receptor este encendido [5], uno de los cuatro módulos se activa. La frecuencia del oscilador se compensa en temperatura y después se multiplica por 9. La salida del multiplicador se aplica al mezclador, en donde se heterodina con la señal de RF entrante, para producir una frecuencia intermedia de 20 MHz.

La señal de frecuencia intermedia se filtra, amplifica, limita y después se aplica al discriminador de frecuencia para la demodulación. El voltaje de salida del demodulador se amplifica y luego se aplica a la bocina.

El propósito del circuito de squelch (silenciador) [5], es silenciar un receptor, en la ausencia de la señal recibida. Sin señal de Radio frecuencia de recepción, el circuito de AGC (control automático de ganancia, Automatic Control Ganancy) ocasiona que la ganancia de los amplificadores de frecuencia intermedia (IF, Frecuency Intermedia) incremente al máximo. Siempre que este presente el ruido excesivo, el amplificador de audio se apaga y el receptor se silencia.

[5] Tomasi Wayne, Sistemas de comunicaciones Electrónicas, pg. 300-303.

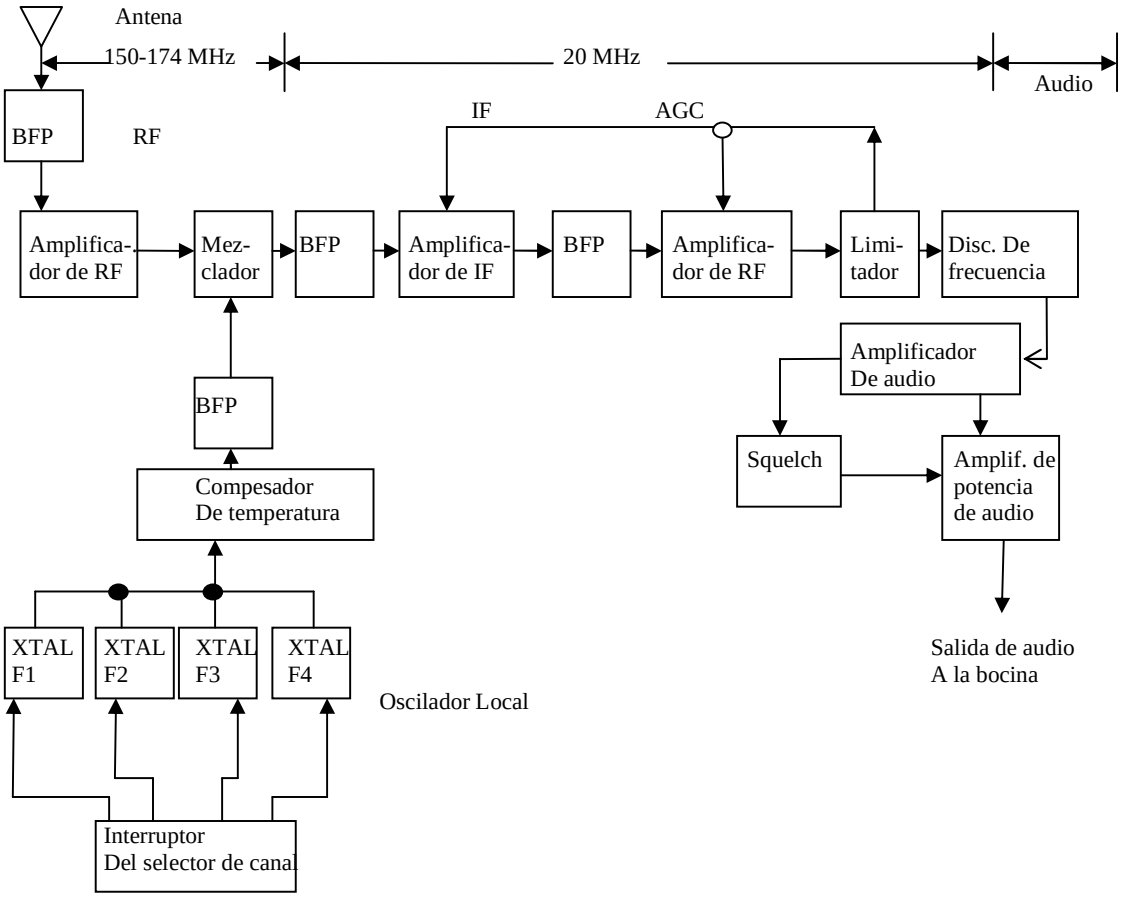


Figura 1.9 Diagrama de bloques de un receptor FM de dos vías

1.3 RADIO MÓVIL DE DOS VÍAS MOTOROLA

El radio móvil **MOTOROLA** de la serie PRO y EM [7], figura 1.10, es un equipo de comunicación de dos vías, que permite una comunicación de voz en modo half-duplex. El número de modelo y serie están impresos en un rótulo que está ubicado en la parte posterior del radio, que permiten determinar la potencia de salida, banda de frecuencia y empaque físico del radio. En el anexo A se incluyen algunas características del radio de la serie PRO y EM de acuerdo al modelo y serie del equipo.

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales, pg 4-1

Figura 1.10 Radio MOTOROLA PRO 7100

1.3.1 PARTES CONSTITUTIVAS

El radio es un diseño de una sola tarjeta [7], Figura 1.11, que consta de: unidad de control, transmisión, potencia, recepción, señalización, alimentación y circuitos controladores.

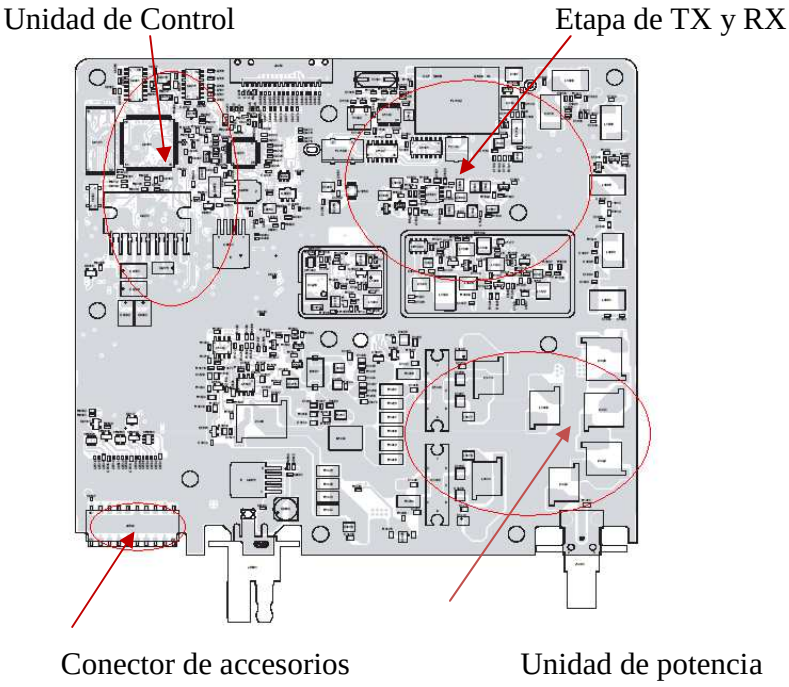


Figura 1.11 Tarjeta Electrónica del Radio Motorola

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales, pg. 4-1

Además de la tarjeta principal, acepta tarjetas de opciones adicionales, que pueden proporcionar funciones de voz/datos, seguridad, almacenamiento de voz o un decodificador de señalización DTMF. Para la comunicación con el usuario, posee un panel frontal, con varios botones para su operación, que varían de acuerdo al modelo del equipo. Finalmente, se puede enchufar un cable de accesorios, ubicado en la parte posterior del radio. Este permite conectar accesorios al radio, como por ejemplo: un parlante externo, un conmutador de emergencia, un botón PTT, un detector de ignición, etc.

1.3.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

1.3.2.1 SECCIÓN DEL CONTROLADOR

La sección del controlador del radio Motorola de la serie PRO o EM [7], es la encargada de realizar las funciones de: control digital y procesamiento de audio, como lo podemos observar en la figura 1.12.

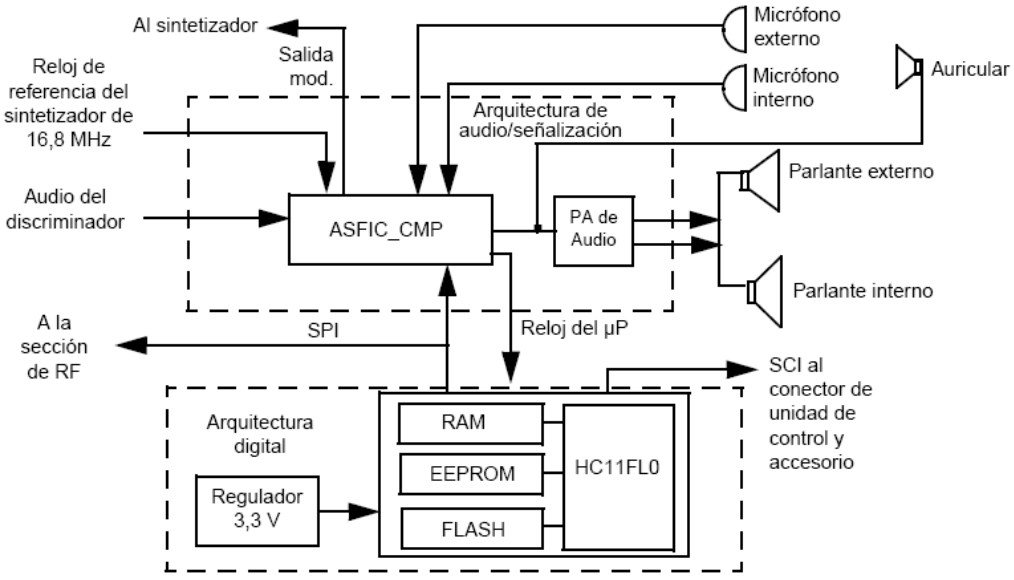


Figura 1.12 Diagrama de bloques del controlador.

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales, pg. 2-1

La sección de control digital consta de un microprocesador, memoria de respaldo, lógica de respaldo, Circuitos integrados MUX de señales, circuitos de encendido/apagado y circuitos de entrada/salida para fines generales. El procesamiento de audio, se encarga de tomar el audio del micrófono y prepararla para su transmisión o tomar la señal de antena y recuperar el audio de la señal recibida.

1.3.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN DEL RADIO

El equipo Motorola se alimenta con un voltaje de 13.2v de corriente continua (CC) [7], que pueden provenir de una batería o una fuente de alimentación de 13.2v /10 Amp. Este voltaje de CC (Figura 1.13), aplicado al conector de entrada (J0601), proporciona alimentación directa a los siguientes elementos:

- Control de encendido/apagado electrónico.
- Amplificador de alimentación de RF.
- Regulador de 12v.
- Regulador de 9.3v.
- PA de audio (Amplificador).
- Circuito de estabilización de 5.6v

Por lo tanto [7] [9], la tarjeta electrónica entregará 4 voltajes diferentes y un voltaje adicional producido por una combinación de una resistencia y un diodo denominado VSTBY. Estos niveles de voltaje son:

- 9.3v para la serie PRO y EM, generados para alimentar algunos circuitos de audio, los circuitos de alimentación de RF y los circuitos de control de potencia.
- 5V para radios PRO y 3.3V para la serie EM, que son requeridos para la alimentación de los circuitos digitales, proveniente del voltaje de 9.3v.

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales, pg. 2-2
[9] MOTOROLA, Manual de Servicio del Radio EM200 / Em400, pg. 2-9 – 2-10

- 5V para equipos de la serie PRO y 3.3V para radios EM, voltaje utilizado para la alimentación de la sección de RF.
- La señal VSTBY, derivada directamente del voltaje de alimentación mediante una resistencia y un diodo zener, se utiliza principalmente para almacenar temporalmente la memoria RAM.

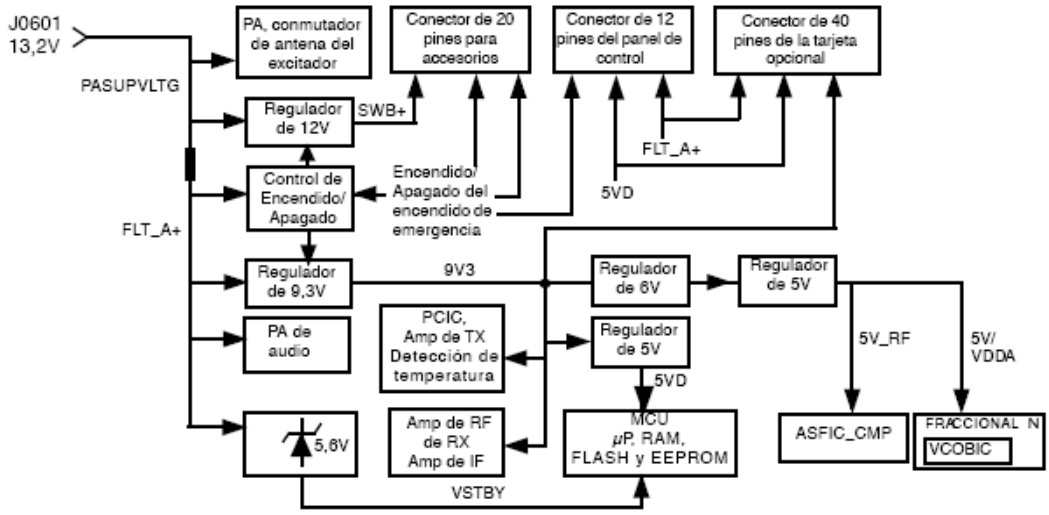


Figura 1.13 Diagrama de bloques de la distribución de alimentación de CC.

Además, al encender el equipo, se genera una salida de voltaje conmutado (SWB+) en el pin 13 del conector de accesorios, que funciona como un conmutador con límite de corriente y de voltaje.

1.3.2.3 ETAPA DE ENTRADA DEL RECEPTOR DE UHF

Para conocer el funcionamiento de la recepción del equipo móvil Motorola, utilizaremos la descripción de un equipo de UHF, para el rango de 450-520MHz. Debemos tomar en cuenta que la aplicación es similar para todos los equipos, su cambio se afectado por el tipo de oscilador usado.

El receptor de UHF [10], que se muestra en la Figura 1.14, consta de cuatro bloques principales: los filtros pasabanda de la sección de entrada y el preamplificador; el primer mezclador; la etapa de alta y baja frecuencia intermedia (IF) y la etapa de salida del receptor.

Dos filtros pasabanda sintonizados por varactor [7], realizan una preselección de señales de antena. Luego de ser detectada, la señal pasa a un amplificador de RF, para ser nuevamente filtrado por un filtro pasa banda, para llegar al primer mezclador de IF a 44,85 MHz.

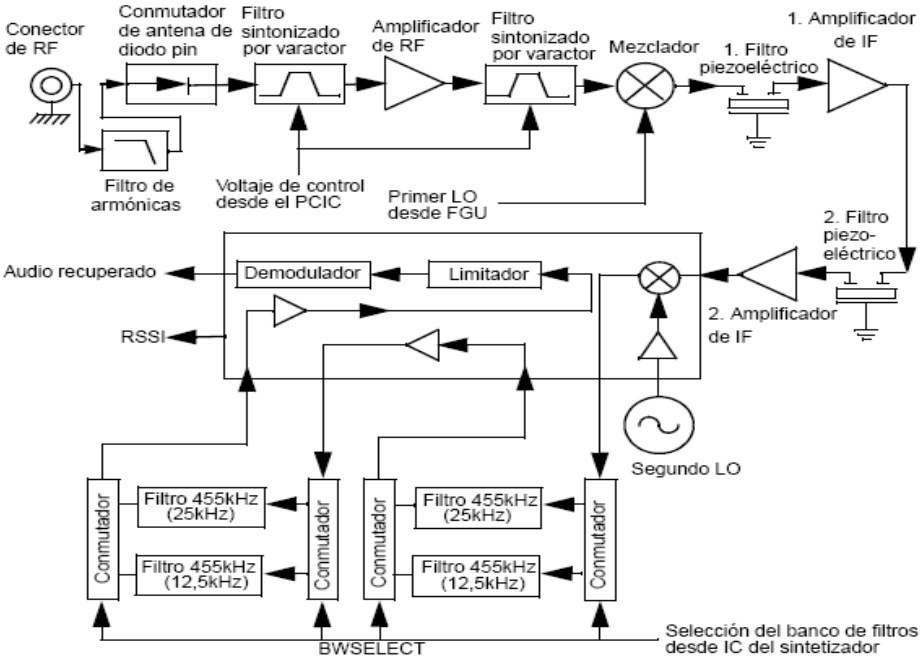


Figura 1.14 Diagrama de bloques del receptor de UHF.

Un filtro piezoeléctrico de dos polos de 44,85 MHz [7], filtran nuevamente la señal y mediante un primer amplificador de IF la señal es amplificada. Luego la señal ingresa hacia el segundo filtro piezoeléctrico, cuya función es eliminar cualquier tipo de ruido, que se pueda introducir en la señal, para ser nuevamente amplificada por un

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales, pg. 2-7

segundo amplificador de IF, obteniendo una primera etapa de IF. El proceso inmediato se realiza mediante un circuito integrado de IF, de donde saldrá la segunda IF de 455 KHz, hacia filtros cerámicos, que obtendrán un filtraje de acuerdo a la separación de canal: 12.5 o 25 KHZ, que será seleccionado mediante la línea de control BWSELECT, para llegar a un limitador de señal y proceder a demodular, es decir, obtener nuestra señal enviada por RF, la misma que saldrá hacia un circuito amplificador de audio. Este proceso de demodulación es similar en todos los equipos móviles de la serie PRO o EM, su cambio se ve afectado en los osciladores y cristales que se usan para formar cada una de las etapas de FI.

1.3.2.4 CIRCUITOS DE AUDIO TRANSMISIÓN

El audio a transmitir [7], sigue un proceso de adaptación para ser transmitida correctamente, Figura 1.15. El equipo posee dos entradas de micrófono, una que se encuentra en la parte frontal del equipo y la otra que se halla en el conector de accesorios. Estás señales de audio son activadas cuando el PTT de la parte frontal o el PTT del conector de accesorios tienen una conexión a tierra, lo que provoca que el microprocesador reconozca está señal y active la etapa de transmisión.

Una vez activada la etapa de transmisión [7], las señales provenientes del micrófono del equipo, se encaminan hacia el ASFIC, en donde se filtran para eliminar los componentes que se encuentran fuera de la banda de voz (300-3000 Hz), posteriormente se limita la señal para evitar que el transmisor se desvíe en exceso. El audio limitado del micrófono se encamina a través de un sumador, que se utiliza para agregar datos de señalización: tonos subaudibles PL/DPL/tonos de conexión, que se suman con la voz o la señalización, tonos DTMF para comunicaciones telefónicas en sistemas troncalizados o convencionales; y tonos de señalización MDC, propia de MOTOROLA, para luego pasar hacia un filtro de ruido. El audio se encamina hacia un atenuador, que se ajusta en fábrica o en campo, para

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-9

establecer la cantidad de desviación de FM apropiada. El audio de transmisión se encamina hacia la sección de RF o sintetizador. El sintetizador [7], es el encargado de cerrar el bucle de transmisión, para ello utiliza una serie de circuitos integrados, cuya función es desarrollar la frecuencia programada en el radio, mezclar con la señal de audio proveniente de la entrada modulada y prepararla para su transmisión. Al mismo instante envía una señal al BIOS del radio, el cual activa la etapa del amplificador de potencia, el mismo que se encarga de amplificar la señal proveniente del sintetizador y alistarla por medio de filtros hacia el conector de antena para su emisión.

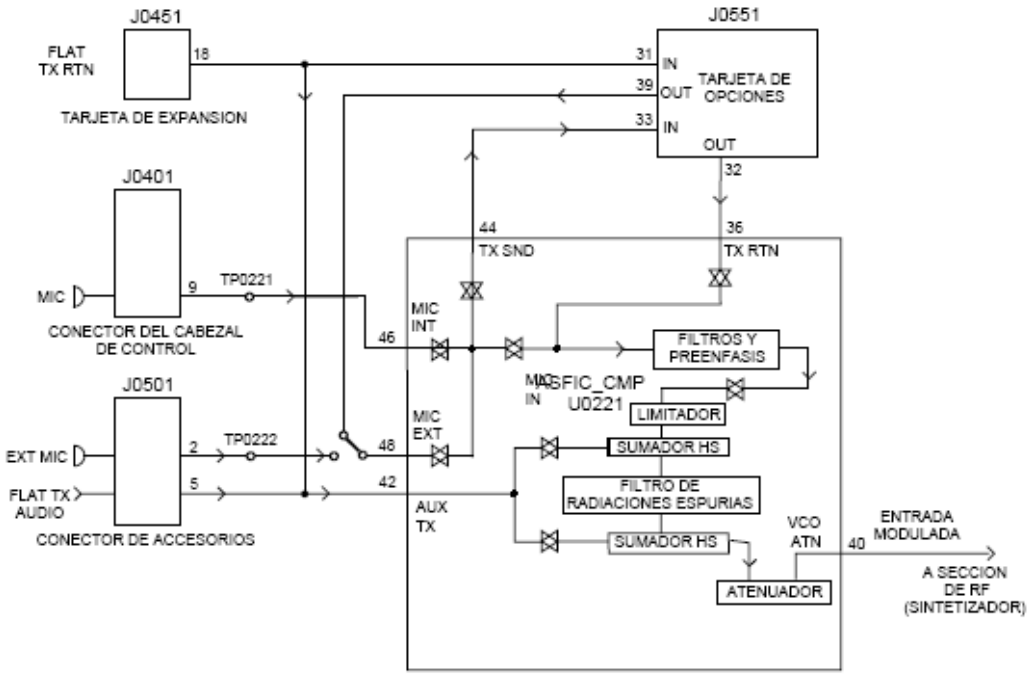


Figura 1.15 Diagrama de bloques de los circuitos de audio Transmisión

1.3.2.5 AMPLIFICADOR DE POTENCIA (PA)

Una vez que la señal de salida del sintetizador llega al BIOS [10], los circuitos de control activan automáticamente el proceso de amplificación de la señal de RF. Este

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-9
[10] MOTOROLA, Revisión de Servicio Detallado para radios profesionales 6889C75-0, pg 3

equipo posee diferentes etapas de potencia, de acuerdo al modelo o tipo de radio, pueden tener amplificadores de cuatro etapas que utilizan transistores de tipo TBJ o FET, obteniendo potencia de 30 w a 40 w de salida.

El amplificador de potencia (PA) de 40W del radio, que se muestra en la Figura 1.16, es un amplificador de cuatro etapas que se utiliza para amplificar la salida del VCOBIC al nivel de transmisión del radio.

La primera etapa es un pre-excitador LDMOS (etapa de control) [7], controlado por el PCIC, que es un circuito de control, encargado de entregar los voltajes de control y polarización de la etapa de potencia. Está señal pasa hacia el excitador, que es un dispositivo de montaje en superficie, que excitará al transistor tipo FET o TBJ, en corriente o voltaje, de acuerdo a los valores programados en el radio, obteniendo la potencia deseada. Luego la señal ingresa a un detector de potencia, cuya función será realimentar al PCIC; formando un lazo cerrado de control de potencia. Finalmente la señal pasa hacia un filtro de armónicos, que filtran los armónicos fuera de banda, obteniendo una señal de RF adecuada, que será emitida por una antena, previamente calibrada a la frecuencia de TX.

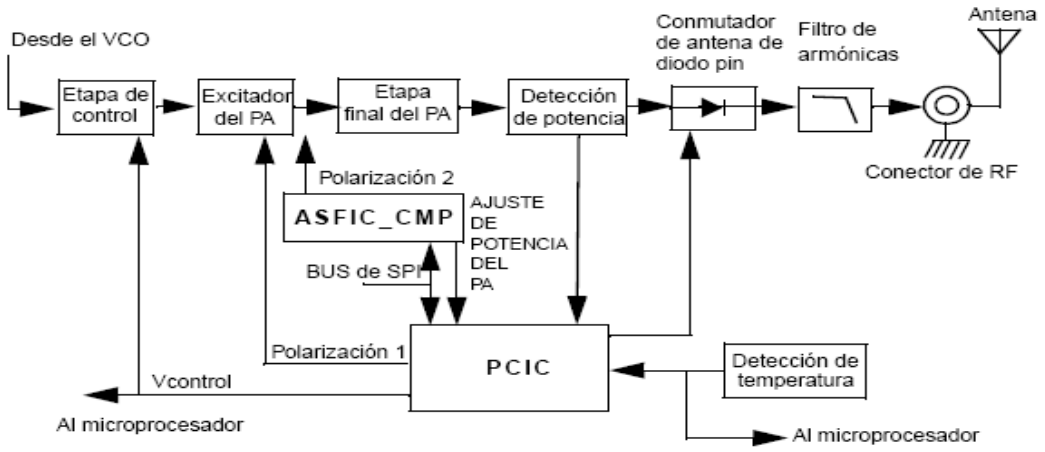


Figura 1.16 Diagrama de bloques de la Etapa de Potencia

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-34

1.3.3 PANEL DE CONTROL FRONTAL MOTOROLA

El equipo posee un panel frontal [7], figura 1.17, el mismo que contiene: parlante interno, perilla de encendido/apagado/volumen, conector de micrófono, varios botones para operar el radio, una pantalla de cristal Líquido (LCD) de 14 caracteres (PRO5100/EM400) y varios diodos emisores de luz (LED).

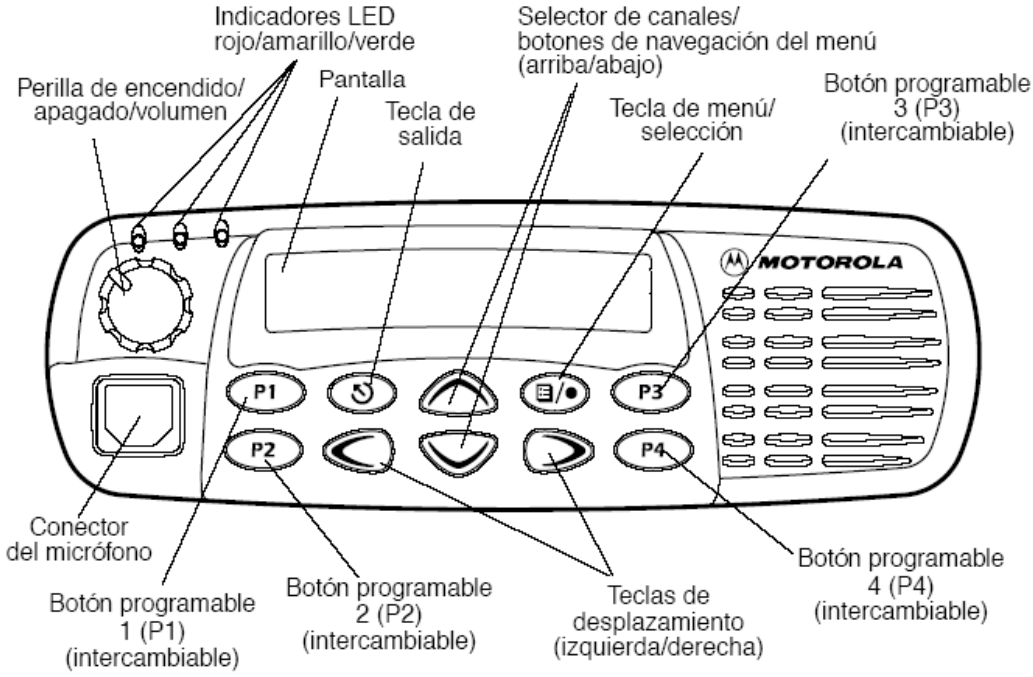


Figura 1.17 Cabezal de control Frontal del radio PRO 7100

1.3.3.1 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

El panel de control [7] recibe energía del voltaje FLT A+, el mismo que se halla al mismo nivel de la batería y se utiliza para los leds, la luz de fondo y para encender el radio por medio de la perilla de encendido/apagado y volumen. Además posee un voltaje estabilizada de +5v, utilizados para el microprocesador y teclado.

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-34

El encendido/apagado del radio está controlado por la perilla de encendido/apagado, al presionar, activa los reguladores de voltaje del radio, mediante la línea de control ON OFF CONTROL. Además el microprocesador informa al radio, cuando el panel frontal desea enviar datos.

El panel de control utiliza el microprocesador (uP) 68HC11E9 de Motorola, para controlar los Led y la comunicación con el radio. Además contiene memorias RAM, ROM y un circuito oscilador de 8 MHz.

La RAM del microprocesador, permite para mantener los parámetros de operación del equipo. El uP tiene ocho puertos convertidores análogo/digital, que oscila entre 0v y 5v, que convierten ese nivel a un número entre 0 y 255, que el software puede leer para tomar las acciones apropiadas.

1.3.3.2 INTERFAZ EN SERIE SBEP (SERIAL BUS ENABLE PERIPHERAL)

La interfaz serie SBEP [7], permite al radio comunicarse con el Software de Programación (CPS) o con el Sintonizador Universal (Universal Tuner), ya sea a través de la caja de interfaz del radio (RIB) o del cable con RIB interna. Esta interfaz se conecta con la SCI (Serial Control Input) a través del conector de la unidad de control, con el conector de accesorio PIN-6 y contiene BUS+. La línea es bidireccional, lo que significa que tanto el radio como la RIB pueden manejar la línea. El µP (microprocesador) envía datos serie y recibe datos serie a través del pin 97. Cuando el µP detecta actividad en la línea BUS+, comienza la comunicación.

Cualquier transición en esta línea genera una interrupción y el µP inicia la comunicación. El radio puede enviar datos como el estado de los LED y de la luz de fondo o puede solicitar el ID del panel o el ID del teclado. El µP del panel supervisa todos los mensajes enviados a través de BUS+, pero ignora cualquier comunicación de datos entre el radio y el CPS o sintonizador universal.

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-36

Todos los indicadores LED (rojo, amarillo, verde) son controlados por fuentes de corriente. Para cambiar el estado del LED, el radio envía un mensaje de datos a través del bus SBEP al µP del panel, el cual determina el estado del LED.

1.3.3.3 SEÑALES DEL CONECTOR DE MICRÓFONO

En el conector de micrófono del panel frontal [7], encontramos las señales: BUS+, PTT, HOOK, MIC, HANDSET AUDIO, FLT A+, +5V y dos entradas del convertidor A/D.

La señal BUS+, se conecta al bus SBEP para la comunicación con el CPS o el sintonizador universal. La línea MIC alimenta el audio desde el micrófono al controlador del radio. La línea HANDSET AUDIO, alimenta el audio del receptor, desde el controlador al aparato telefónico conectado. FLT A+, esta a nivel del voltaje de alimentación y +5V se utilizan para alimentar cualquier accesorio que se conecte, como un micrófono o un aparato telefónico, figura 1.18

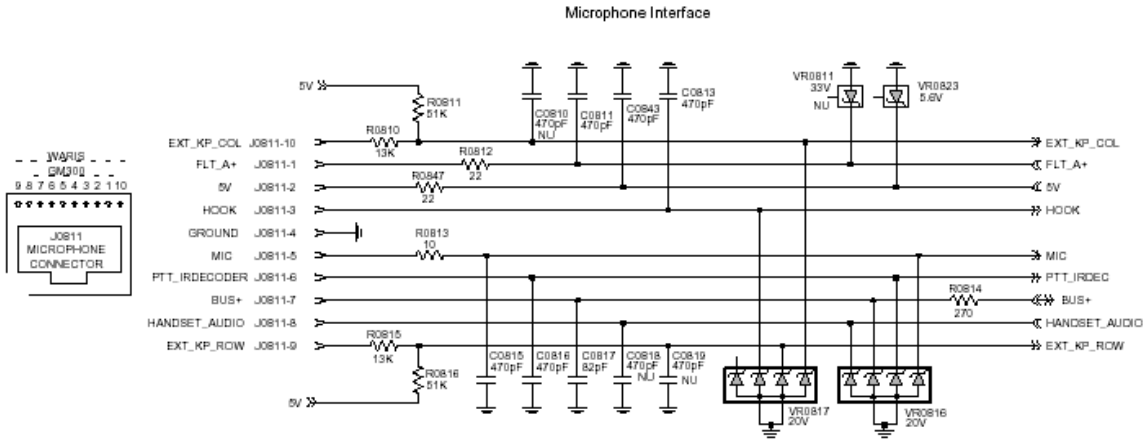


Figura 1.18 Conector de Micrófono Motorola

[7] MOTOROLA, Manual de Servicio Detallado para radios profesionales , pg. 2-36

Las dos entradas del convertidor A/D se utilizan para un micrófono con teclado. Cuando se presiona una tecla, el voltaje de c.c cambia en ambas líneas. Los voltajes dependen de la tecla que se presione. El µP determina, basándose en el voltaje presente en estas líneas, cuál tecla es presionada y envía la información al radio. La línea PTT se utiliza para activar el transmisor del radio, es decir es llevada al nivel de tierra, cuando se desea transmitir una señal de audio. La entrada HOOK se utiliza para indicar al µP que se ha accionado el gancho conmutador del micrófono.

1.3.4 FUNCIONES DEL CONECTOR DE ACCESORIOS

El conector de accesorios del radio [8], proporciona 20 líneas de comunicación con el equipo, cada uno de los cuales proporcionan una función diferente, además 7 de estas líneas se pueden programar desde el software del equipo. En el cuadro 1.1 se puede observar la función de cada pin.

CUADRO 1.1
FUNCIONES DE LOS PINES DE ACCESORIOS DEL RADIO MOTOROLA.

PIN	FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
1	ALTAVOZ EXTERNO -	Los pines para altavoz – y altavoz + (pin 16) se utilizan para conectar un parlante externo. El PA de audio es un amplificador en puente, con una resistencia mínima de carga de 3.2 ohmios (Ω) (3/4). El altavoz interno se puede desactivar retirando el cabezal de control. Desconecte el altavoz interno y vuelva a instalar el cabezal de control en el radio.
2	AUDIO DEL MICRÓFONO EXTERNO	El micrófono externo o de emergencia depende de la programación del equipo. Está señal de micrófono es independiente de la señal de micrófono que está disponible en el conector de micrófono. El valor de entrada nominal es de 80mv para una desviación de 60%. La impedancia de CC es de 660Ω y la impedancia de CA es de 560Ω

[8] MOTOROLA, Manual de Instalación, pg. 16

CUADRO 1.1 Continuación

3	ENTRADA DIGITAL 1	Este pin es para entrada digital solamente. El uso principal de este pin es el PTT externo. Si se requiere de PTT de datos rápidos , se debe utilizar este pin (véase nota 1)
4	SALIDA DIGITAL 2	Este pin es para salida digital solamente. El uso principal de este pin es como una salida de alarma externa (véase nota 3)
5	FLAT_TX_AUDIO (NPD DATA OUT)	Está entrada tiene como propósito la inyección, en la trayectoria de transmisión, de señales que no deben filtrarse, por ejemplo, la salida analógica de un MODEM. El nivel de entrada nominal es de 150mv rms para una desviación de 60%. La impedancia es mayor que 25K ohmios.
6	Entrada digital 3	Este pin es para entrada digital solamente. La función depende de la programación del CPS (véase nota 4)
7	TIERRA	Utilizado como tierra para señales analógicas y digitales.
8	ENTRADA SALIDA DIGITAL 4	Esta es una entrada/salida digital cuya función depende de la programación del CPS.
9	ENTRADA DIGITAL 5 CON ACTIVACIÓN DE EMERGENCIA	Este pin es para entrada digital solamente. La emergencia se puede activar mediante el CPS. Para activarla, está línea debe estar conectada a tierra; esto encenderá el radio. El CPS detalla cuáles funciones se pueden asignar a este pin utilizando codeplug.
10	DETECCION DE ENCENDIDO	La conexión de está línea a la línea de encendido del vehículo encenderá automáticamente el radio cuando se encienda el vehículo.
11	AUDIO DEL RECEPTOR	Existen dos salidas posibles: (1) Audio del discriminador, y (2) Audio de Recepción continúo filtrado. El nivel de salida nominal para el audio del discriminador es de 330mv rms a una desviación de 60% y para el audio filtrado es de 600mv rms a una desviación del 60% a 1 Khz. La función depende de la programación del CPS.
12	ENTRADA/SALIDA DIGITAL 7	Está entrada-salida digital depende de la programación del CPS
13	CONMUTADOR DE VOLTAJE DE LA BATERÍA	Este voltaje está disponible cuando se enciende el radio. La corriente máxima es de 1 Amp.
14	ENTRADA/SALIDA DIGITAL 8	Está es una entrada salida digital que depende de la programación del CPS (véase nota 1, 2)
15	RSSI	Esta es una salida analógica que indica la intensidad de la señal recibida.
16	ALTAVOZ EXTERNO +	Salida positiva del PA de audio del radio.
17	BUS +	Este pin se utiliza para la reprogramación de la memoria y la programación del radio.
18	CONTROL DE INICIALIZACIÓN	Para ingresar al modo inicialización, está línea debe estar conectada a tierra cuando se encienda el radio.

CUADRO 1.1 CONTINUACIÓN

19	RESERVADO	RESERVADO
20	RESERVADO	RESERVADO

FUENTE: MOTOROLA, MANUAL DE INSTALACIÓN

Nota 1: **Entrada Digital**
Resistencia de limitación de corriente interna de 4.7 KΩ a +5v
Voltaje de entrada máximo aceptado como nivel bajo =0.6v
Voltaje de entrada mínimo aceptado como nivel alto=3.0v

Nota 2: **Salida Digital**
Resistencia de limitación de corriente interna de 4.7 KΩ a +5v
Corriente máxima cuando el nivel de salida es bajo=5 mA
Voltaje máximo cuando el nivel de salida es bajo=0.5v@5ma

Nota 3: **Salida Digital de Corriente Alta**
Resistencia de limitación de corriente interna de 4.7 KΩ a B+
Corriente máxima cuando el nivel de salida es bajo=200mA
Voltaje máximo cuando el nivel de salida es bajo=1.7v@200mA

Nota 4: **Entrada Digital**
Resistencia de limitación de corriente interna de 10 KΩ a +5v
Voltaje de entrada máximo aceptado como nivel bajo =0.6v
Voltaje de entrada mínimo aceptado como nivel alto=3.0v

1.3.5 PROGRAMACIÓN BÁSICA DEL RADIO MOTOROLA

Para programar un equipo convencional Motorola necesitamos [6]: RIB; unidad de comunicación entre PC y radio, para ello utiliza la comunicación serial RS-232, en donde se tiene un conector DB-9 hacia el computador y DB-15 hacia el RIB. De acuerdo al modelo de radio Motorola a programar, utilizamos varios cables de programación, para nuestro caso utilizamos el cable de programación Motorola para móviles, que es un conector RJ45 hacia el radio y DB-25 hacia el RIBB, que en conjunto con el RIB, conforman el interfaz de comunicación. La figura 1.19 muestra la conexión utilizada para programar estos equipos.

[6] MOTOROLA, Manual Básico, pg 4-1, 4-2

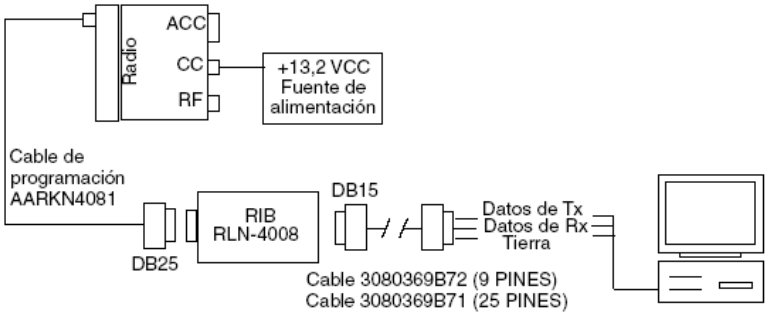


Figura 1.19 Diagrama de conexión del RIBB de programación

Además, necesitamos el software de programación de cliente (CPS), instalado en un computador, con sistema operativo: Windows 95/98/2000 o XP, software proporcionado por MOTOROLA.

Una vez instalada el CPS y conectado el interfaz de comunicación, encendemos el radio y procedemos a abrir el programa. Para ingresar al software, lo realizaremos desde la barra de inicio de Windows, en **todos los programas** ubicamos la carpeta denominada **Motorola**. En está carpeta se halla una subcarpeta denominada **Profesional Radio** y dentro de está se halla la aplicación: **Profesional radio CPS R06.02.05,** que nos indica la versión del software, en donde ingresamos al software del radio.

La programación que se indica en el presente texto, corresponde al radio Profesional, por está razón, sea VHF o UHF, los equipos poseen las mismas características de programación, su diferencia se encuentra en el modelo de radio, debido a que entre uno y otro poseen características opcionales. Para el radio EM, la programación es similar, su cambio se ve afectado en el software, que utiliza el programa: **comercial series**.

Una vez ingresado en el software del equipo, se muestra la pantalla de la figura 1.20, en ella se encuentra una barra de herramientas, en donde podemos realizar: lectura/ escritura de datos, guardar el CPS, abrir, cortar, copiar, imprimir y ayuda.

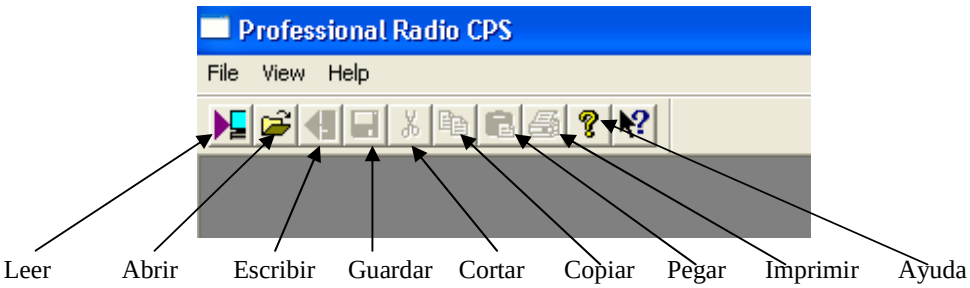


Figura 1.20 Barra de herramientas del CPS

Leemos los datos iníciales del radio, para ello iniciamos con un click izquierdo en **READ** e inmediatamente se cargaran los datos del radio al computador, apareciendo una pantalla como la mostrada en la figura 1.21, en la que podemos destacar:

- Información del radio: Modelo, serie, Firmware
  Versión del Codeplug
  Datos de programación: Fecha y hora de la primera y última programación realizada en el equipo.
  Rango de Frecuencias
  Potencia del equipo.

- Configuración del radio: En donde podemos programar: potencia, pines de accesorios, tipo de señal de audio, clave de ingreso al software, otros.

- Controles y Menús: Dependiendo del modelo del equipo podemos: Programar botones para realizar llamadas selectivas, botón de emergencia, otras.

- Canal de frecuencia (Conventional Personality)

- Señalización que envía o recibe el equipo, Programación de Llamadas Selectivas, Listas de Monitoreo (Scan), Zona de asignación.

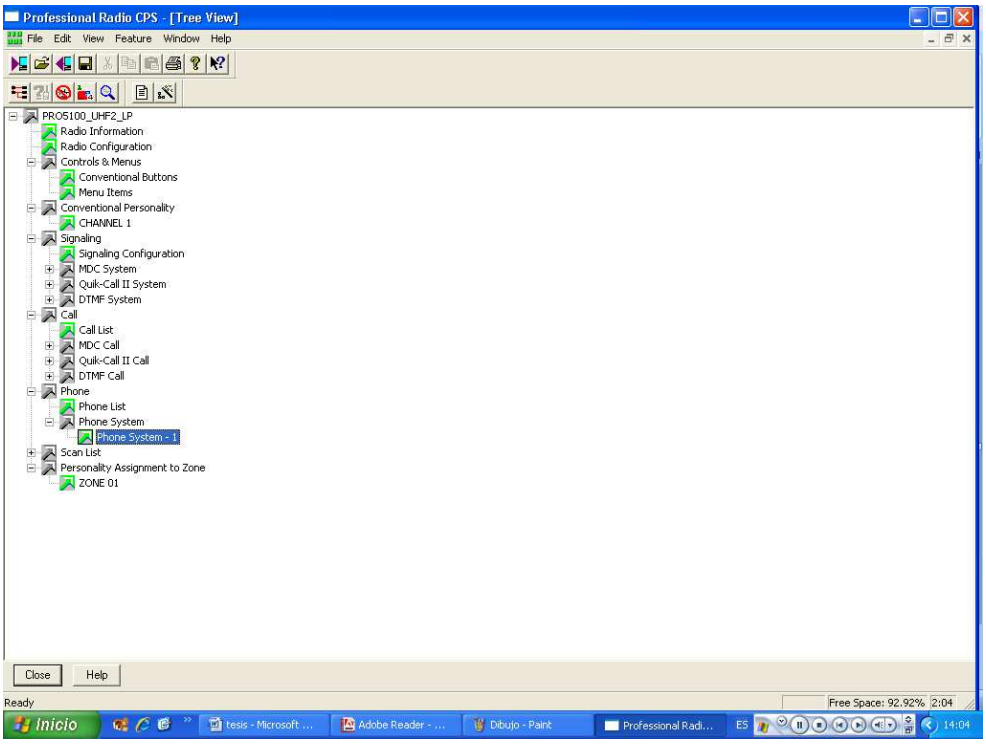


Figura 1.21 Pantalla del Codeplug del radio PRO5100 de UHF.

1.3.5.1 PROGRAMACIÓN DEL CANAL DE FRECUENCIA Y SEÑALIZACIÓN

Una vez que hemos descargado el Codeplug del radio al computador, procedemos a programar la frecuencia del canal, para el funcionamiento del equipo en un sistema de radiocomunicación particular.

Para ello, con un clic izquierdo en **Conventional Personality** y doble clic izquierdo en **Channel**, aparecerá una pantalla como la mostrada en la figura 1.22. En está pantalla programaremos: **Basic**, la Frecuencia de TX y la frecuencia de RX, según nuestros requerimientos con sus respectivos tono audibles, el ancho de banda del sistema, 12.5 MHZ o 25 MHZ. **Options**, para programar el tipo de potencia: alto o bajo, tiempo de transmisión, TOT (60 segundos), y el busy Channel, que es un seguro que permite tener el control de ingreso al sistema. Señalización (**Signaling**) que envía y recibe el radio; para nuestro proyecto utilizaremos la señalización MDC

de Motorola. **Scan,** para el caso de tener más de un canal y deseemos que se halle monitoreando estos canales. **Advanced**, en donde se puede programar opciones avanzadas, como compresión o expansión de la señal, selección de deenfásis y Preénfasis del radio y finalmente **Data Revert**, que nos indica en que zona se hallará trabajando el equipo.

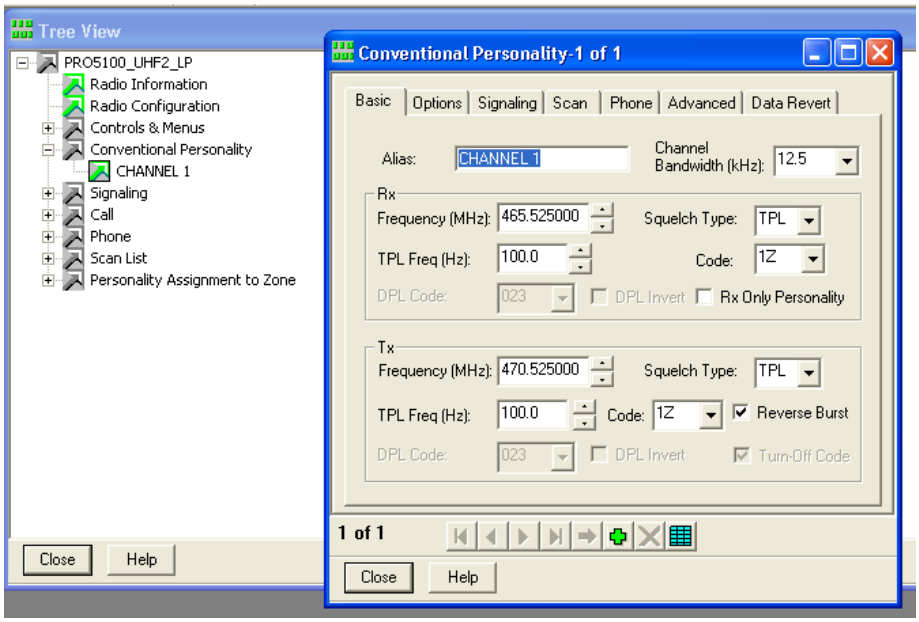


Figura 1.22 Pantalla para la Programación de Frecuencias

Para aumentar más canales de frecuencias, lo realizamos con un clic izquierdo en el signo **+**, que se halla en la ventana Conventional Personality. Una vez aumentado o disminuido el canal de frecuencia, procedemos a escribir las frecuencias deseadas.

Luego de aumentar y escribir los nuevos canales de frecuencia, se procede a designar el número del canal, para ello damos un clic izquierdo en **Personality Assigment to Zone,** dos clic izquierdo en **Zone 1** y un clic derecho en Channels, donde aumentamos el canal creado y lo asignamos, como lo muestra la figura 1.23

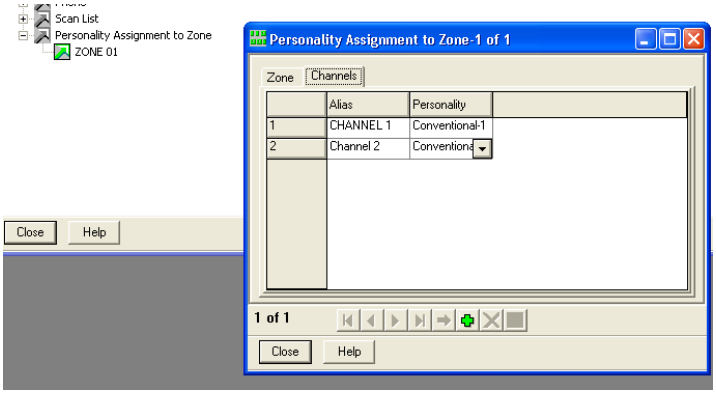


Figura 1.23 Asignación del canal de Frecuencia

Una vez programados los canales de Frecuencia, procederemos a programar la señalización del equipo. Usamos la señalización MDC-1200 de Motorola, para ello existe la ventana **signaling,** figura 1.24, aparecerán tres tipos de señalización que soporta el radio: MDC, Quik Call II y DTMF

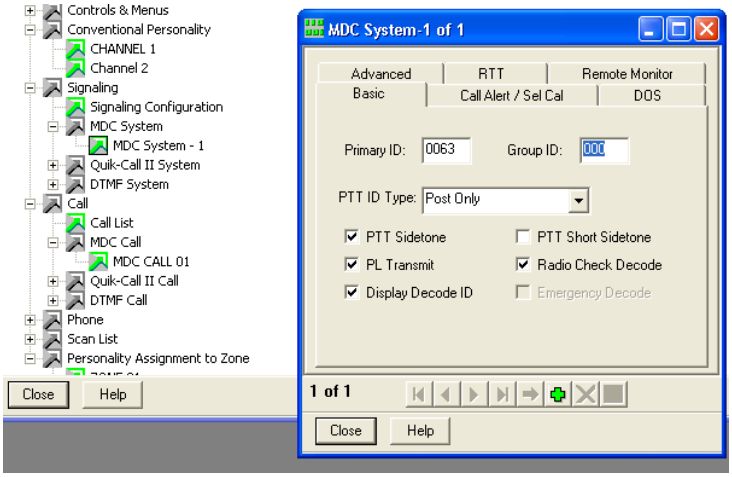


Figura 1.24 Ventana de Señalización del radio Motorola

Al dar doble clic en **MDC System,** aparecerá una nueva ventana, en donde escribiremos el número de la unidad, que será reconocida en una central de radio, que puede ser enviada antes y después de la transmisión o ambos. En este punto,

solamente en la central se creará una base de datos, de tal forma que al Transmitir alguna unidad, en la pantalla del radio base aparezca el nombre de la persona que TX. Está programación se lo realiza en **Call list**, en donde se crea una base de datos, cuya programación la podemos observar en el anexo E.

Una vez programados, estos parámetros en el radio, se procede a la escritura en la memoria del radio, para ello damos un click izquierdo en escribir, o por medio de la barra de menús en files, ubicamos write, y el equipo cargará los datos recién programados, con lo cuál hemos terminado la programación básica del radio.

1.4 EL MICROCONTROLADOR

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC [12], fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

El nombre de PIC, significa *Peripheral Interface Controller* (Controlador de Interfaz Periférico), que fue diseñado para ser usado con una nueva Unidad Central de Proceso (UCP) de 16 bits, diseñado por General Instruments, denominado el CP1600.

1.4.1 CARACTERÍSTICAS

1.4.1.1 EL PROCESADOR

Los microcontroladores PIC [11], poseen una arquitectura tipo Harvard. Su principal característica se basa en que posee dos memorias independientes, una para instrucciones y otra para datos, las mismas que poseen su propio sistema de buses; por lo que la CPU puede acceder simultáneamente a las dos memorias. Esto agilita el proceso de lectura y escritura, lo que permite adecuar el tamaño de las palabras y de los buses a los requisitos de las instrucciones y datos, como lo observamos en la

[12] www.lc.fie.umich.mx/~jrincon/intro-microcon.pdf
[11] www.yboon.net/~cedim/Descargas/AREA_ELECTRONICA/ELECTRONICAuC_2005_I_1.pdf, pg 2-4

figura 1.25.

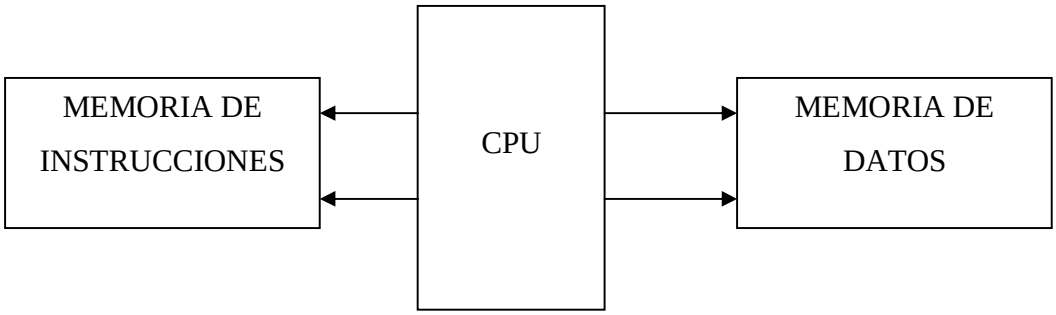


FIGURA 1.25 Diagrama de la arquitectura Harvard

El procesador es de tipo RISC, es decir que posee un pequeño y sencillo sets de instrucciones, de forma que la mayoría de ellos se pueden ejecutar en un ciclo de reloj, se introduce una segmentación (*pipeline*), esto quiere decir, que se divide a cada instrucción en varias etapas, de forma que se pueden trabajar sobre varias instrucciones en un mismo instante, convirtiéndole en un dispositivo mas versátil.

1.4.1.2 MEMORIA DE PROGRAMA

Es una memoria de almacenamiento no volátil [11], en la que se almacena el programa que gobierna la aplicación a la que está destinado el microcontrolador. Al ser de tipo dedicado y cerrado, esta memoria solo puede almacenar un único programa, que gobierna la aplicación en curso.

En general, tiene un tamaño muy reducido desde 512 a 16K palabras en la familia de los micros PIC. Esta memoria puede ser de tipo ROM, EPROM, EEPROM o FLASH.

1.4.1.3 MEMORIA DE DATOS

Es una memoria de lectura y escritura de datos [11], que es de tipo volátil, por lo cual se utiliza memoria de tipo SRAM (Static Ramdom Memory), aunque algunos

[11] www.yboon.net/~cedim/Descargas/AREA_ELECTRONICA/ELECTRONICAuC_2005_I_1.pdf, pg 2-4

llevan memoria de tipo EEPROM, para evitar las perdidas de datos en un corte del suministro de corriente.

1.4.1.4 LÍNEAS DE ENTRADA / SALIDA

Estas líneas son los pines del microcontrolador [11], que sirven para comunicarse con los periféricos conectados al sistema. Pueden enviar o recibir datos digitales; al o desde el periférico. Manejan la información en paralelo y se agrupan en conjuntos que reciben el nombre de pórticos, cuyas señales se pueden configurar de manera independiente, como entrada o salida.

1.4.1.5 RECURSOS AUXILIARES

Cada uno de los microcontroladores está orientado a una función específica [11], por lo que algunos tienen una serie de complementos que aumentan su potencia y flexibilidad. A continuación se comentan muy brevemente los más comunes:

- Circuito de reloj, encargado de la sincronización del sistema.
- Temporizador, encargado de controlar los tiempos.
- Perro guardián (*watchdog*), provoca una reinicialización cuando el programa se queda colgado.
- Conversor AD y DA, para recibir y enviar señales analógicas.
- Comparador analógico, para comprobar el valor de una señal analógica.
- Sistema de protección ante fallos de alimentación.
- Estado de reposo, para minimizar el consumo de energía.

1.4.2 FRECUENCIA DE FUNCIONAMIENTO. EL RELOJ

Este es uno de los parámetros fundamentales, a la hora de establecer la velocidad de ejecución de las instrucciones y el consumo de energía. Un ciclo de instrucción, corresponde a 4 ciclos de reloj. Todas las instrucciones del PIC se ejecutan en un

[11] www.yboon.net/~cedim/Descargas/AREA_ELECTRONICA/ELECTRONICAuC_2005_I_1.pdf, pg 2-4

ciclo de instrucción, salvo las de salto que necesitan dos. Así, funcionando a 10 MHz un ciclo de reloj son 100 ns y por lo tanto, un ciclo de instrucción corresponde a 400 ns.

Los PIC admiten cuatro tipos de osciladores [14]:

- *Oscilador RC:* Oscilador de bajo coste, formado por una resistencia y un condensador, cuyos valores determinan la frecuencia de oscilación. Proporciona una estabilidad mediocre.

- *Oscilador HS:* Basado en un cristal de cuarzo, alcanza una velocidad entre 4 y 10 MHz.

- *Oscilador XT*: Oscilador de cristal o resonador para frecuencias entre 100 Khz y 4 MHz. Este es el cristal más utilizado en los sistemas, por ser de bajo coste y sobre todo por tener una gran estabilidad.

- *Oscilador LP:* Oscilador de bajo consumo, con cristal o resonador para frecuencias entre 35 y 200 Khz.

1.4.3 CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877

El PIC16F877 [13] es un microcontrolador de la familia Microchip de 40 pines, con una velocidad de proceso de hasta 20 Mhz dependiendo del reloj, 2 Kbyte de memoria EEPROM, tecnología CMOS, alimentación a 5V, cinco puertos (puerto A de 6 bits, puerto B, C y D de 8 bits y puerto E de 3 bits y posibilidad de comunicación serial. La figura 1.26 muestra la distribución de pines del PIC16F877.

[13] www.microship.com/dowloads/en/devidedoc/30292c.pdf
[14] Santiago Corrales, Electrónica Práctica con Microcontroladores, pg. 9-10

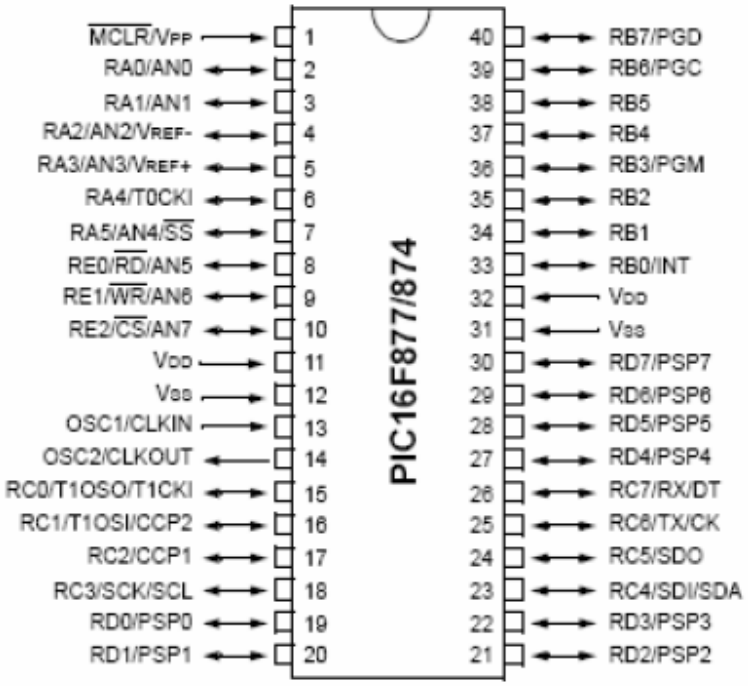


Figura 1.26 Distribución de pines del PIC 16F877A

Las conexiones del PIC16F877 [13], las podemos clasificar en 4 grupos: alimentación, reset, oscilador y puertos. En el siguiente cuadro podemos observar las conexiones corresponden a cada grupo y sus funciones.

CUADRO 1.2 CONEXIONES DEL PIC 16F877

Alimentación	VDD	Alimentación Positiva, debe ser de 5v.
	VSS	Masa o alimentación negativa, debe ser de 0v
Reset	(MCLR/VPP)	Reset asincrónico activado por estado bajo (0v)
Oscilador	OSC1	Entrada de señal de reloj
	OSC2	Salida de señal de reloj
Puertos	A0:A5; B0:B7; C0:C7; D0:D7; E0:E2	Puertos de entrada y salida genéricos

[13] www.microship.com/dowloads/en/devidedoc/30292c.pdf

Los puertos del PIC16F877 tienen diferentes formas de configurarse [13], así:

El puerto A se puede configurar para que trate señales digitales, analógicas o ambas a la vez utilizando diferentes conexiones. Los registros que determinan estas funciones son TRISA, PORTA y ADCON1.

El puerto B, además de poder configurarse para que sus conexiones traten señales digitales, se utiliza también para hecer la programación del código de máquina a ejecutar en la EEPROM del microcontrolador. Los registros que determinan estas funciones son TRISB, PORTB Y OPTION_REG.

El puerto C, es el puerto destinado para realizar la comunicación serial, además de tener la posibilidad de tratar señales digitales. Los registros que configuran estás opciones son: TRISC, PORTC, SPBRG, TXSTA, RCSTA.

El puerto D, tiene la posibilidad de configurarse para tratar señales digitales en modo paralelo o bien como en los demás puertos, individualmente. En modo paralelo es indispensable la intervención del puerto E, ya que para leer o escribir en el puerto D, es necesario activar un bit 0 o bit 1, del puerto E, para leer o escribir, mientras que en modo normal para cambiar el estado de una conexión del PIC, basta con escribir el dato en el registro.

El puerto E, además de poder configurarse para tratar señales digitales, puede configurarse como puerto de control sobre el puerto D. Sus tres conexiones, actuan dando permiso para: leer, escribir y selección del chip. Los registros que intervienen en la configuración del puerto D y E son: TRISD, TRISE, PORTD, PORTE. Para obtener mayor información sobre las características de cada pórtico del PIC, recomendamos revisar el Anexo B.

[13] www.microship.com/dowloads/en/devidedoc/30292c.pdf

CAPITULO II

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL COMORAD

2.1 IDENTIFICACIÓN DE ETAPAS

Se construyó una tarjeta electrónica denominada Control Motorola de Radiocomunicación (**COMORAD**), que permite tener las funciones de un panel frontal del radio Motorola de la serie PRO o EM, que será instalada en varias unidades de transporte público, para dar mayor seguridad al equipo y al conductor del vehículo.

En primer lugar, identificamos cada una de las funciones que debe realizar el módulo de control. Para su diseño se utiliza el conector de accesorios del Radio Motorola, el mismo que posee: entradas/salidas digitales programables, entrada y salida de audio, que se utilizan de acuerdo a la función implementada. Además, por sus características de control y número de pórticos disponibles, se utilizó el PIC16F877A, como dispositivo de control electrónico de la tarjeta.

De acuerdo a la figura 2.1 se implementó: un control de encendido y apagado del radio de comunicación (ON/OFF), selector de canal de frecuencia, que serán visualizados por medio de una pantalla de cristal Liquido (LCD), que se activará al momento de encender el radio. COMORAD tendrá cuatro canales, por ser el máximo número que posee un radio Motorola PRO3100.

Etapa de **amplificación de audio,** con control de volumen para la recepción del audio del radio. Circuito de control de emergencia, para programar un ciclo de control de transmisión y recepción del radio que se halla en peligro. Así también se acopló

un conector de micrófono, para conectar un micrófono Estándar Motorola al módulo de control.

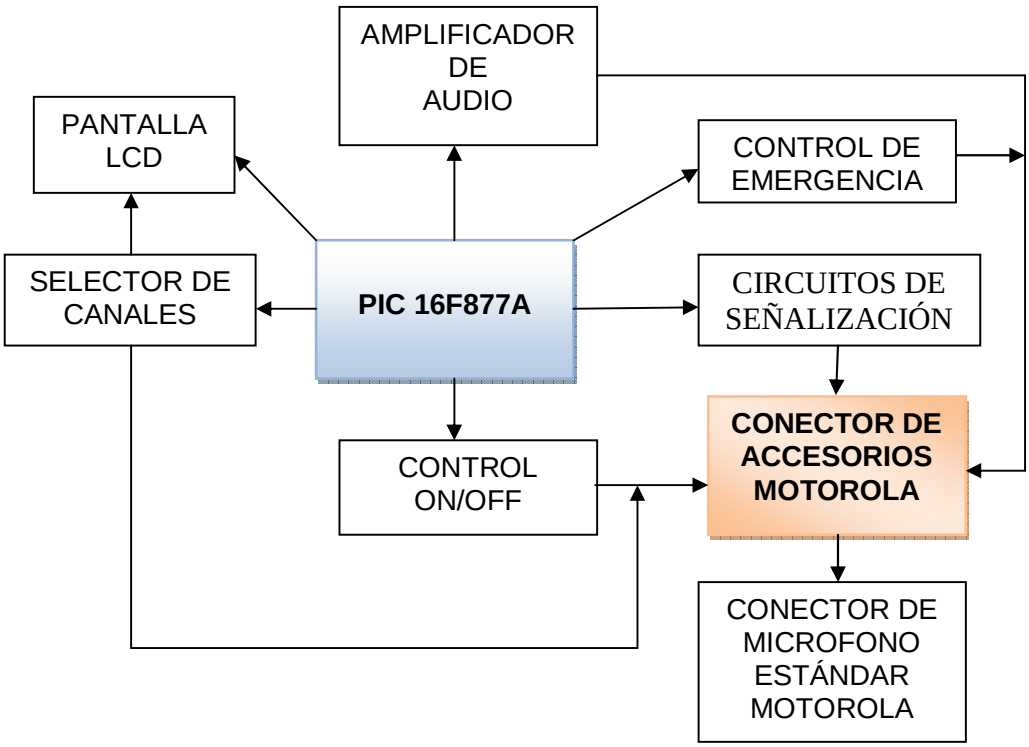


Figura 2.1 Diagrama de bloques del módulo COMORAD.

Además, COMORAD posee circuitos de señalización, que permiten observar las funciones que esté realizando el equipo. Todas las etapas hasta aquí descritas son controladas por el PIC 16F877A e implementadas con el uso de las características que posee el conector de accesorios del radio Motorola.

2.2 PROGRAMACIÓN, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ENCENDIDO Y APAGADO DEL RADIO

El radio Motorola, posee un encendido/apagado de tipo electrónico. En los equipos de la serie PRO y EM el encendido se puede generar de la siguiente forma:

conmutador de emergencia, perilla mecánica de encendido/apagado/volumen en el panel de control o por los circuitos de detección de encendido.

COMORAD utiliza los circuitos de detección de encendido. Para ello, el pin 10 del conector de accesorios, determina el encendido/apagado (on/off), mediante la alimentación de este pin con un voltaje mayor a 5v, siempre y cuando los 12v del conector de DC (polarización) del radio se halle conectado.

En primer lugar, se realiza la programación del radio, para ello: Cargamos la información del radio a nuestra PC, luego ingresamos a **Radio Configuration,** en donde se ubica **Accesory Configuration.** En está ventana se encuentra la opción **Ignition Sense Type,** en donde se escoge el tipo de encendido que deseamos utilizar para el radio, podemos observar que existen tres formas: por la perilla del control frontal (On/OFF ignition), por detección de encendido y por desabilitación del PTT (PTT disable), como lo podemos observar en la figura 2.2

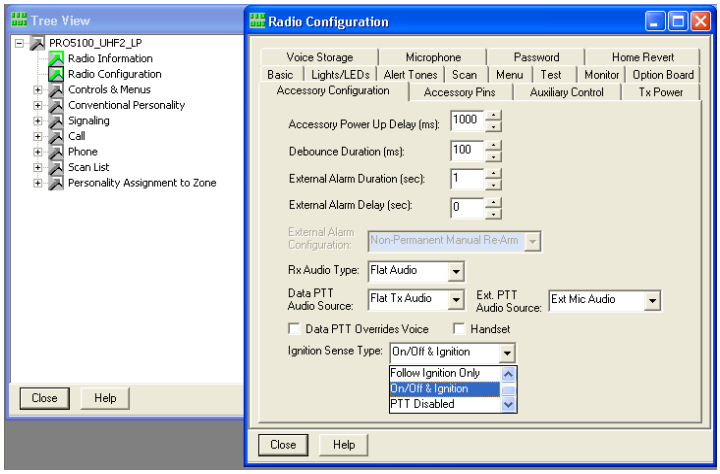


Figura 2.2 Programación del tipo de encendido del radio.

Escogemos el encendido por la perilla del control frontal y detección de encendido, debido a que utiliza tanto la perilla del control frontal o por la detección de un voltaje

mayor a 5v en el pin 10 del conector de accesorios del radio. Inmediatamente programamos el equipo y procedemos a diseñar el hardware.

De acuerdo a la figura 2.3, se utiliza el pórtico RC0 del PIC 16F877A, para conectar un pulsador, denominado ON/OFF.

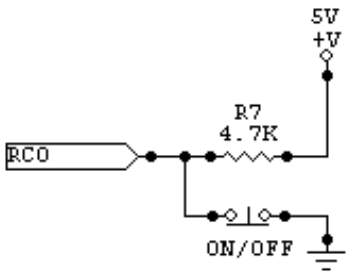


Figura 2.3 Conexión del pulsador de encendido/apagado

Para ello se utiliza una fuente de 5v, en la cual se conecta una resistencia R7 de 4.7 kΩ, que permite disminuir la corriente de entrada al microcontrolador y protege al pórtico, al consumir una corriente de acuerdo a 2.1 de:

$$I_{RCO} = \frac{5V}{4.7K\Omega}$$

$$I_{RC0} = 1mA$$

2.1

Para producir el encendido/apagado del radio, figura 2.4, se utiliza un transistor NPN (Q7), con una configuración que le permita trabajar en corte y saturación, para ello utiliza una resistencia de base R24 conectada al pórtico RD0 del PIC y una resistencia de colector R23 conectada a una fuente de 12v.

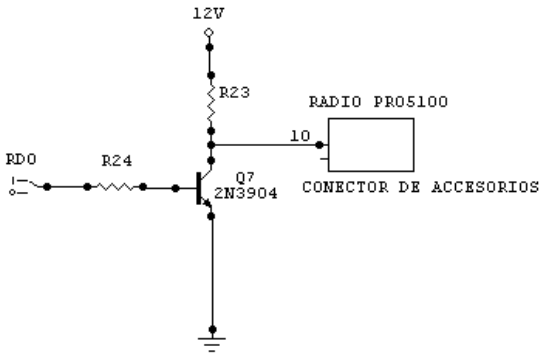


Figura 2.4 Encendido Apagado del radio controlado por el PIC 16F877A

El colector del transistor Q7 se conecta a la entrada del pin 10 del conector de accesorios. En un principio, el transistor Q7 debe estar en saturación, para que el voltaje presente en el pin 10 del conector de accesorios sea aproximadamente 0v, manteniendo al radio apagado. Al presionar el pulsador ON/OFF de la figura 2.3, el programa del PIC ubica un 0L por el pórtico RD0, de la figura 2.4, al detectar está señal, el transistor debe cambiar su estado de saturación a corte, momento en el cual, el colector del transistor se ubica a 12v, produciendo el encendido del radio. Para apagar el equipo se da otro pulso con el mismo pulsador ON/OFF, entonces el programa del PIC ubicará 1L (5v) por el pórtico RD0 y el transistor Q7 cambia su estado a saturación, apagado el radio nuevamente.

Se utilizó una resistencia de colector R23 de 1KΩ, para no afectar la entrada del conector de accesorios, al consumir una corriente Ic (corriente de colector) de acuerdo a la ecuación 2.2 de:

$$Ic = \frac{Vcc - Vce}{Rc}$$

$$Ic = \frac{12}{1K\Omega}$$

$$Ic = 12mA$$

2.2

Los pines del conector de accesorios soportan corrientes entre 5 y 200mA, de acuerdo a 2.2 el valor de la corriente está en los límites. La corriente de colector calculada, es la denominada corriente de saturación del transistor, que se produce cuando el voltaje colector-emisor se aproxima a 0v (0,2v aproximadamente en un circuito real), por motivos de diseño y por ser un valor que no afectan al circuito no se ha tomado en cuenta este valor. Con el valor de la corriente de saturación y asumiendo un β=20, para el diseño del circuito, se calcula la resistencia de base:

$$Rb = \frac{Vdd - Vbe}{Ic \diagup \beta}$$

$$Rb = \frac{5V - 0.6V}{12mA / 20}$$

$$Rb = 7.3K\Omega = R24$$

2.3

En donde Vdd es el voltaje o cambio de nivel que realiza el microcontrolador por el pórtico RD0, para este caso ese nivel es 5v. Elegimos una resistencia estándar de base R24 de 10KΩ, que permite aumentar la relación entre la corriente de colector y la corriente de base (corriente de colector mucho mayor que la corriente de base), asegurando que el transistor se ubique en saturación. Para este circuito, se elige utilizar un transistor 2N3904, que puede manejar la corriente calculada.

2.3 PROGRAMACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LA SELECCIÓN DEL CANAL DE FRECUENCIA.

Para la selección del canal de frecuencia, se utilizaron los pines 6,12 y 14 del conector de accesorios, de tal forma que: pin 6: Channel 1; pin 12: Channel 2 y pin 14: Channel 3, de manera que el canal 1 sea el bit menos significativo y el canal 3

bit más significativo. La selección del canal de frecuencia se genera cuando exista un cambio de nivel lógico en las entradas digitales, de forma que se cumpla el cuadro 2.1

CUADRO 2.1 SELECCIÓN DEL CANAL DE FRECUENCIA

CHANNEL 3 (PIN 14)	**CHANNEL 2 (PIN 12)**	**CHANNEL1 (PIN 6)**	**CANAL SELECCIONADO**
1	1	0	CANAL 1
1	0	1	CANAL 2
1	0	0	CANAL 3
0	1	1	CANAL 4

Para el diseño de la selección del canal de frecuencia, primero se asigna los pines del conector de accesorios del radio, que se utilizarán para este fin. Para ello ingresamos en el software del radio y ubicamos **Radio Configuration,** en donde aparecerá una ventana con varios sub menús. Ubicamos **Accessory Pins,** para elegir los pines 6, 12 y 14 como channel 1, 2 y 3 respectivamente, los cuales reconocerán un nivel lógico bajo (low), como se indica en la figura 2.5, luego se programa el radio.

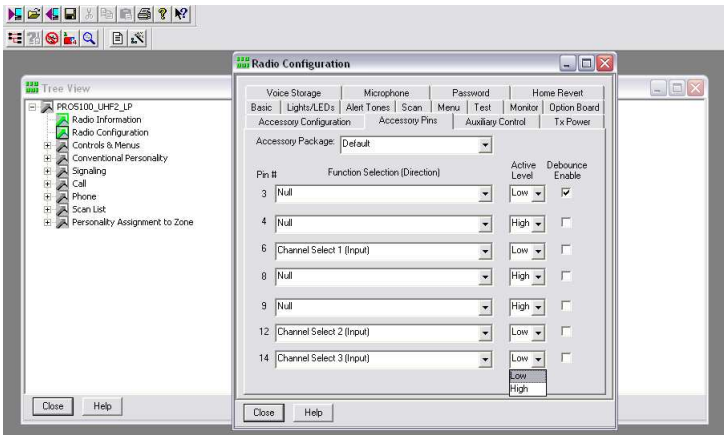


Figura 2. 5 Programación en el radio para seleccionar el canal de frecuencia.

Inmediatamente diseñamos el hardware, para ello utilizamos dos pulsadores, figura 2.6, denominados: UP y DOWN, cuyos cambios de nivel ingresan al pórtico RC2 y RC3 del PIC 16F877A respectivamente, utilizamos un pulsador y una resistencia de 4.7KΩ (R9, R10), por cada entrada, para limitar la corriente de entrada al microcontrolador, al consumir una corriente de 1 mA, de acuerdo a 2.1.

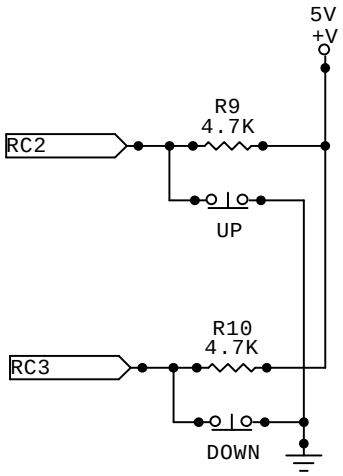


Figura 2.6 Conexión de los pulsadores UP y Down

Al detectar un cambio de nivel lógico de 5v (1L) a 0v (0L) en el pórtico RC2 o RC3, el PIC envía por el pórtico RE un numero binario, que activa los transistores Q1, Q2 y Q3, de acuerdo al número binario presente en el pórtico RE, figura 2.7.

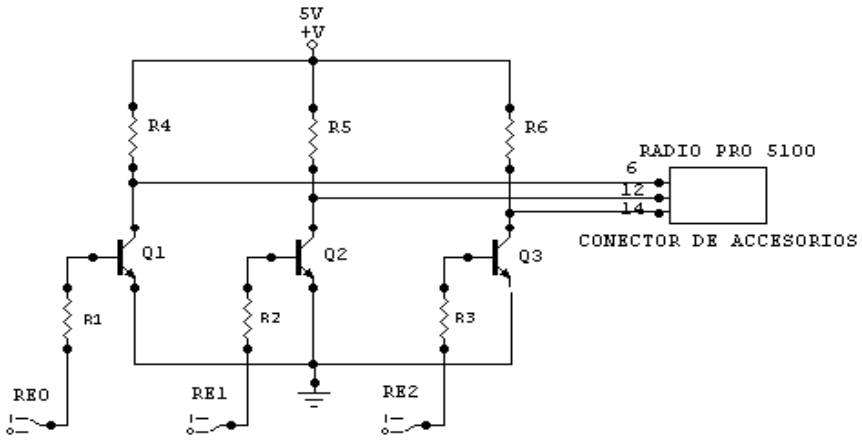


Figura 2.7 Selección del canal de Frecuencia controlado por el PIC16F877A.

Para ello, cada transistor debe trabajar en corte y saturación, se ubican tres resistencias de base: R1, R2 y R3. Para el cambio de nivel lógico y selección del canal de frecuencia, se ubican tres resistencias en el colector de cada transistor: R4, R5 y R6, conectadas a una fuente de 5v. El colector de cada transistor se conecta a una entrada de los pines del conector de accesorio programados, así: Q1: pin6: Channel 1; Q2:pin12: Channel 2 y Q3: pin14: Channel 3.

Tomando en cuenta que la corriente de consumo de los pines de accesorios está entre 5 mA y 200mA, ubicamos una resistencia de colector: R4, R5, R6; de 1kΩ que consume una corriente de colector de acuerdo a la ecuación 2.4 de:

$$Ic = \frac{Vcc}{Rc}$$

$$Ic = \frac{5v}{1K\Omega}$$

$$Ic = 5mA \qquad 2.4$$

Asumiendo un β=20 y conociendo que cada transistor (Q1, Q2 y Q3) debe ubicarse en saturación, cuando exista un nivel alto en la base de cada transistor, mediante la ecuación 2.5 se calcula la resistencia de base, así:

$$Rb = \frac{Vdd - Vbe}{Ic \diagup \beta}$$

$$Rb = \frac{5V - 0.6V}{4{,}8mA / 20}$$

$$Rb = 18{,}3K\Omega$$

2.5

La resistencia estándar de base, que asegura que el transistor se ubique en saturación es de 20KΩ, sin embargo, para no realizar los mismo cálculos en lo posterior y debido a que COMORAD en su totalidad utiliza circuitos de control, con transistores que trabajan en corte/saturación; utilizamos la regla de diseño 10 a 1, el mismo que dice: “Un diseñador que desee que un transistor opere en la región de saturación, elige una resistencia de base que produzca una corriente de saturación igual a 10, esto es, la resistencia de base debe ser aproximadamente 10 veces mayor a la resistencia de colector, cuya operación no se ve afectada aún utilizando fuentes de voltaje distintas [15]”. Por tanto elegimos utilizar tres resistencias (R1, R2, R3) de 10 KΩ, lo que asegura el funcionamiento de esta etapa. Así también, se utiliza tres transistores 2N3904, para utilizarlos como conmutadores, debido a que puede manejar la corriente calculada en 2.4

2.4 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO DE SEÑALIZACIÓN.

Al igual que el panel de control frontal del radio Motorola, COMORAD posee un circuito de señalización que permite conocer cuando el equipo está transmitiendo, recibiendo, emergencia o simplemente el radio se halla encendido.

Para ello utiliza el multiplexor 74LS157, el mismo que posee un control de selección de salida mediante la entrada ā/b; así: cuando en esta entrada se ubique un nivel bajo, sus salidas ubicarán las señales presentes en las entradas A. En cambio, cuando en la entrada ā/b se ubique un nivel alto, pasaran las señales presentes en las entradas B. Con esta característica del multiplexor, se conectó la señalización de funcionamiento normal de COMORAD en las entradas A y las de emergencia en las entradas B.

En primer lugar analizamos la transmisión del equipo. El radio posee una sola entrada de PTT (pin 3 del conector de accesorios del radio), que activa la transmisión del equipo, debido a esta situación se utiliza la salida 1Y del multiplexor, figura 2.8, como entrada del PTT al radio. Esta salida se activará de acuerdo al nivel lógico ubicado en ā/b, para ello conectamos el PTT normal (PTT-N) hacia 1A y PTT de

emergencia (PTT-E) hacia 1B. Llamamos PTT normal cuando se presiona el botón para hablar, en una transmisión normal del radio, en cambio el de emergencia se utiliza para cuando el microcontrolador controla la transmisión del radio.

El radio transmite cuando exista un nivel bajo en la entrada de PTT del radio. Utilizando esta característica del equipo, se conectó un led denominado TX a la salida 2Y del multiplexor, que permite visualizar cuando el radio se encuentra transmitiendo, figura 2.8. Para ello se conectó la entrada 2A del multiplexor hacia 1A, que estarán conectadas al PTT del radio en funcionamiento normal, mientras que la entrada 2B se conecta a 5v, que se activará en el estado de emergencia.

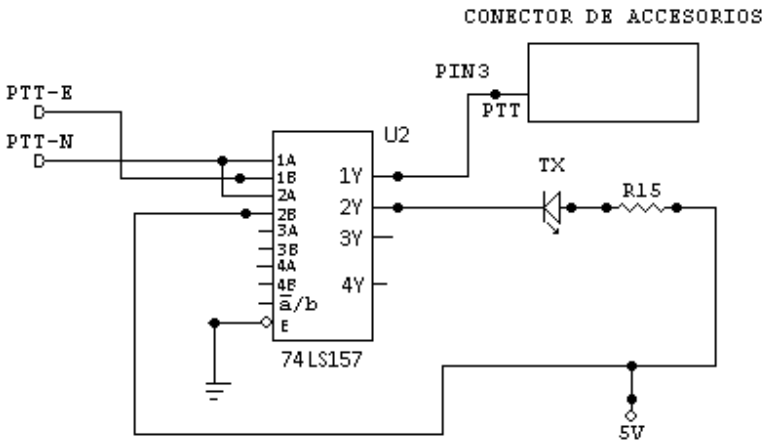


Figura 2.8 Circuito de señalización para la transmisión del radio.

Para limitar la corriente del led, se utilizó una resistencia R15 de 220Ω, que de acuerdo a 2.5, consumirá una corriente de:

$$Id = \frac{5v}{R15}$$

$$Id = \frac{5v}{220\Omega}$$

$$Id = 22.72mA$$

2.5

Está corriente de 22.72 mA es suficiente para excitar al led, además la resistencia R15 provee una protección adecuada para evitar que el diodo se queme.

Para visualizar la recepción del equipo, se utiliza el pin 4 del conector de accesorios; el cual se programa como detector PL/CSQ (detector de portadora y tono), cuya salida se activará con un nivel bajo, cuando el radio reciba en el tono y frecuencia adecuados, salida del radio que se conectará a la entrada 3A del multiplexor.

La visualización de la recepción del equipo, se realiza utilizando un led denominado RX, conectado a la salida 3Y del multiplexor (U2), que utiliza una resistencia R21 de 220Ω, para limitar la corriente del diodo, cuyo ánodo se encuentra conectado a 5v, figura 2.9. También la entrada 3B del multiplexor se conecta a 5v, de manera que el funcionamiento del circuito de visualización de recepción ocurre cuando: en la entrada ā/b se encuentra un nivel bajo, el radio está encendido y recibiendo una señal en el tono y frecuencia adecuados, entonces se ubicará en la entrada 3A un nivel de voltaje bajo, produciendo que el led RX se encienda. El led se desactiva, cuando no se recibe ninguna señal, o cuando el equipo se encuentre en emergencia, momento en el cual pasarán las señales presentes en B, para este caso 5v, produciendo que el led se apague, a pesar de que el radio se halle recibiendo.

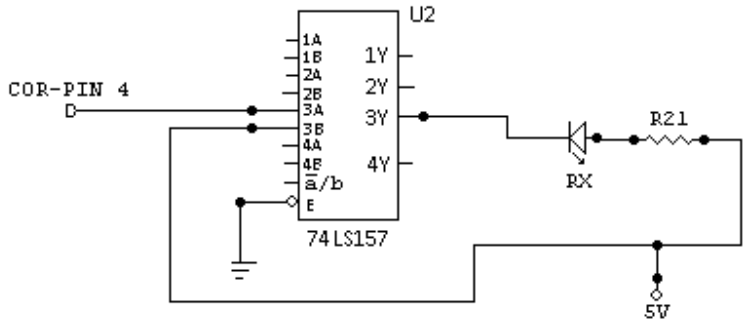


Figura 2.9 Circuito de señalización para la recepción del radio.

Además, COMORAD posee una pantalla de cristal líquido LCD, el cual mostrará al usuario, cuando el equipo se halle encendido, el número del canal de frecuencia en el cual se encuentra trabajando el radio. Para encender el LCD, se utilizó el diagrama

de la figura 2.10, cuyo encendido se controla mediante el pórtico RB0 del microcontrolador.

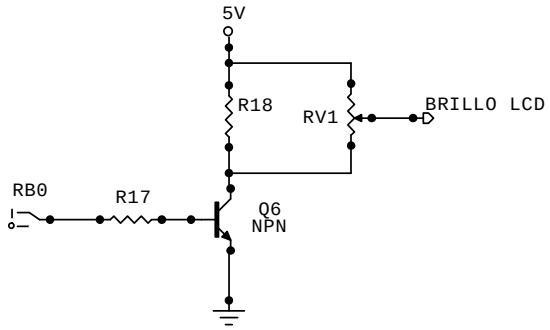


Figura 2.10 Encendido y Apagado del LCD

Para el control de encendido y apagado del LCD, se utiliza el terminal de brillo. Este terminal posee un potenciómetro RV1, cuyos terminales deberían estar entre 5v y GND, la salida de RV1 ingresa al brillo del LCD. Con este antecedente, se ubica el terminal que debería ingresar a GND hacia el colector de Q6, así, cuando el transistor se ubique en saturación encienda el LCD, caso contrario se encuentre apagado.

Se utiliza una resistencia de colector R18 de 220 Ω, en paralelo con RV1 que posee un valor de 10KΩ, proporcionando una resistencia equivalente de:

$$R_{Cequ} = \frac{R18 * RV1}{R18 + RV1}$$

$$R_{Cequ} = \frac{220\Omega * 10K\Omega}{220\Omega + 10K\Omega}$$

$$R_{Cequ} = 215{,}26\Omega$$

2.6

Con el valor de la resistencia equivalente calculada en 2.6, procedemos a calcular la corriente de saturación del transistor, mediante la ecuación 2.7

$$Ic = \frac{Vcc}{Rc}$$
$$Ic = \frac{5v}{215{,}26\Omega}$$

$$Ic = 23{,}22mA$$

2.7

Para manejar la corriente calculada en 2.7 se utiliza el transistor 2N3904. Para calcular la resistencia de base usamos la regla de diseño 10 a 1, que recomienda utilizar una resistencia de base 10 veces mayor a la resistencia de colector, esto es una R17 de 2.2 KΩ, garantizando que el transistor Q7 trabaje en la zona de saturación. La corriente de base tendrá un valor de:

$$Ib = \frac{Vdd - Vce}{Rb}$$
$$Ib = \frac{5v - 0{,}6v}{2{,}2k\Omega}$$

$$Ib = 2mA$$

2.8

Si conocemos que el microcontrolador soporta corrientes menores a 250mA, la resistencia de base y colector calculadas son las correctas, pues permiten un consumo de corriente que protege la entrada al microcontrolador.

Para conocer que COMORAD se halla encendido, se utilizó el diagrama de la figura 2.11, en donde el encendido y apagado del radio son visualizados con un del led denominado ON/OFF, conectado al pórtico RD3 de PIC; para limitar la corriente del diodo se utiliza una resistencia R20 de 220Ω. Su funcionamiento ocurre al ubicar un nivel bajo en RD3, cuando se presione el pulsador de encendido/apagado. Para el estado de emergencia se utiliza el pórtico RD1 del microcontrolador, en donde se ubica un diodo led denominado SOS-L, cuya corriente es limitada por una resistencia

R22 de 220Ω, que se encenderá únicamente cuando se haya presionado el botón de emergencia, al ubicar en RD1 un nivel bajo.

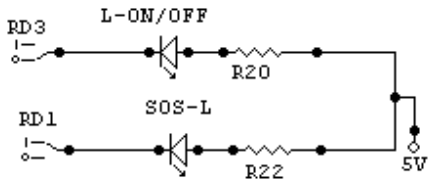


Figura 2.11 Señalización de encendido/apagado y emergencia del radio.

2.5 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTROL DE EMERGENCIA.

El módulo de control COMORAD, tendrá en su diseño un control automático de emergencia, el cual permite enviar una señal de audio por RF, al recoger información por medio de un micrófono auxiliar (espía). La central reconocerá el número de unidad que se halla en emergencia, mediante la señalización MDC, previamente programada en el radio.

Utilizando las características del PIC, se desarrollo un software que permite enviar audio por un cierto tiempo y luego de unos instantes vuelva a enviarlo, de tal forma que la central o los demás usuarios, puedan comunicarse entre ellos y reconozcan su ubicación.

El desarrollo del software se verá más adelante, sin embargo, en este punto nos dedicamos al diseño del hardware. Para ello, debemos plantearnos la siguiente situación: Cuando exista una emergencia, el usuario debe presionar un botón, al detectar está señal, COMORAD apaga todo tipo de señalización y visualización del módulo de control, luego empieza a transmitir el audio presente en esos momentos, por ciertos intervalos de tiempo y encenderá un Led denominado SOS-L, el mismo que permite reconocer que el equipo se encuentra en emergencia.

Para ello, se ubica un pulsador, cuya entrada digital será por el pórtico RC1del PIC 16F877A, figura 2.12, denominado SOS. Para realizar el cambio lógico se ubica una resistencia R8 de 4.7KΩ, el cuál limita la corriente de entrada al microcontrolador.

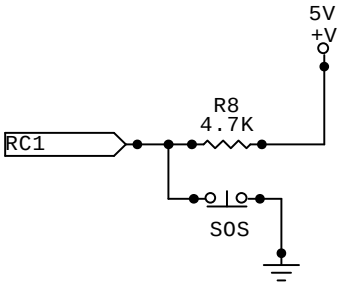


Figura 2.12 Conexión del pulsador SOS.

Una vez que el PIC reconozca la señal de emergencia, envía por el pórtico RC6 un 0L, activando la transmisión del equipo por 60 segundos, luego envía un 1L por 30 segundos desactivando la transmisión, de manera que la central y usuarios puedan reconocer la unidad que se halla en emergencia, esto lo realiza por 5 veces seguidas. Para ello, el pórtico RC6 se conecta a la entrada 1B del circuito integrado 74LS157, figura 2.13, cuyas salidas son controlados por el pórtico RC7 del PIC, conectado a la entrada de selección del multiplexor ā/b.

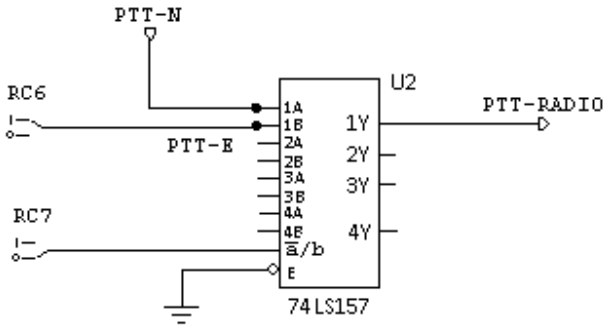


Figura 2.13 Activación del PTT del radio Motorola.

Al momento de existir una emergencia, automáticamente el programa del PIC ubicará un 1L por la entrada ā/b, activando las entradas B del multiplexor, que desactivará los circuitos de visualización: led de encendido y apagado, led de Tx, led

de Rx y LCD del módulo de control, luego el radio transmitirá de acuerdo a las señales presentes en RC6, denominado PTT-E, conectada a la entrada 1B del multiplexor.

La información presente en ese momento se recoge con un micrófono auxiliar (espía). Sin embargo, debido a que el radio posee una sola entrada de micrófono, pin 2 del conector de accesorios, es necesario utilizar un relé denominado MIC. El contacto normalmente abierto del relé se activa al momento de encender el radio, en un funcionamiento normal, dejando pasar la señal proveniente del micrófono normal. Cuando se presiona el botón de emergencia, se enciende el radio, se desactiva la visualización del módulo y la señal que proviene del micrófono auxiliar (espía) pasa por el contacto normalmente cerrado del relé hacia la entrada del pin 2 del conector de accesorios, figura 2.14.

De acuerdo a la figura 2.14, se utiliza un transistor Q5 para que trabaje en modo corte y saturación. Para ello, si la impedancia del relé es de 150Ω, y se desea que Q5 trabaje en saturación, se utiliza la regla de diseño 10 a 1, para calcular la resistencia de base R13 cuyo valor será de 1.5KΩ. El control del relé se lo realiza mediante el pórtico RC5 del pic 16F877A, el cual activa el contacto normalmente abierto del relé cuando en la base de Q5 ubica un nivel alto, produciendo la saturación del transistor, la emergencia se desactiva al ubicar un nivel bajo en la base de Q5.

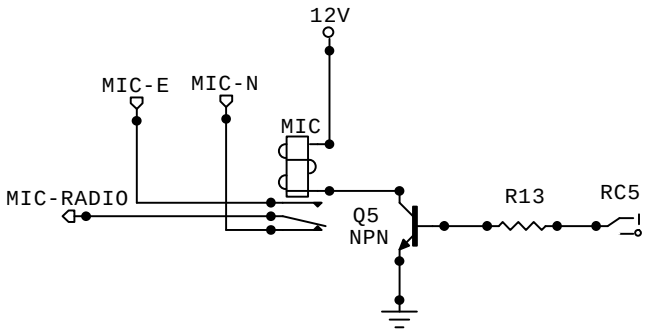


Figura 2.14 Activación de la entrada de micrófono al radio

Para el circuito descrito, la corriente de colector será de:

$$Ic = \frac{Vcc}{Rc}$$

$$Ic = \frac{12v}{150\Omega}$$

$$Ic = 80mA$$

2.9

Entonces, para el circuito anterior se utiliza un transistor 2N3904 (Q5), el cuál permite manejar la corriente calculada en 2.9.

Así mismo, cuando se active la emergencia, la selección del canal de frecuencia del radio se debe deshabilitar y ubicar en un canal apropiado, para transmitir la señal de audio presente en ese momento. Para ello se modifica el diagrama de la figura 2.6 y se utiliza el diagrama de la figura 2.15, en donde el transistor Q4, trabaja en modo corte y saturación. El control de la selección del canal de frecuencia se realiza con el pórtico RC4 del microcontrolador.

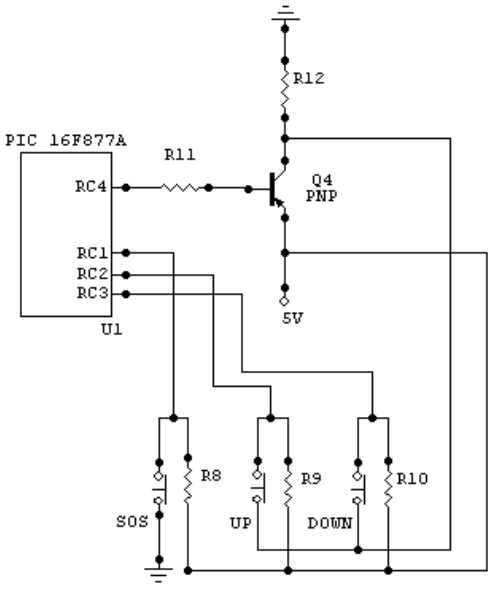


Figura 2.15 Habilitación del selector de canal de Frecuencia.

Para ello, en el colector de Q4 se conecta el terminal de los pulsadores UP y DOWN que debería ir a GND (referencia de tierra), de tal forma que mediante el transistor Q4 y el control proporcionado por el pórtico RC4 se active o desactive la selección del canal de frecuencia, al ubicar un nivel alto o bajo en el colector del transistor. Se utiliza una resistencia R12 de colector de 220Ω, utilizando la regla de diseño 10 a 1, para que el transistor trabaje en saturación, se elige una resistencia de base R11 de 2.2KΩ, cuyo consumo de corriente aproximado es de 2 mA de acuerdo a 2.8 (similar resistencia de colector), valor adecuado para la entrada RC4 del microcontrolador.

En un funcionamiento normal, el pórtico RC4 del PIC envía un nivel alto a la base de Q4, ubicándole en corte, de tal forma que exista un voltaje de 0v (GND) para el terminal de los pulsadores de selección del canal de frecuencia. Cuando exista una emergencia, la base de Q4 recibe un nivel bajo, ubicándole en saturación, con lo cuál los pulsadores recibirán 5v en sus entradas, desactivando el control de selección.

Finalmente, se tiene el circuito del amplificador de audio, cuya polarización es controlado por medio del pin 8 del conector de accesorios del radio, el cuál se debe programar, como detector PL/CSQ, activado con un nivel alto.

Para ello se utiliza la salida 4Y del multiplexor 74LS157, figura 2.16, en cuya entrada 4A se conecta el pin 8 del conector de accesorios y la entrada 4B a GND. El control se lo realiza mediante el transistor Q8, el cuál activa la polarización GND_PL del amplificador de audio, al recibir una señal desde 4Y del multiplexor, alta o baja, que activa al mismo. Para ello cuando el radio se encuentre trabajando en modo normal y reciba una señal en la frecuencia y tono adecuado, el transistor Q8 se ubica en saturación, de forma que el colector del transistor se ubica en nivel bajo (GND), activando al amplificador. Sin embargo, cuando exista una emergencia, el pórtico RC7 envía un nivel alto, dejando pasar las señales presentes en las entrada B del multiplexor, es este caso dejará pasar por 4Y un nivel bajo (GND), lo cuál ubica en corte al transistor Q8, desactivando al amplificador.

En el diseño de este circuito de control, no se utiliza una resistencia de colector, se toma en cuenta la impedancia del amplificador de Audio (Zau), así mismo la base del transistor Q8, no posee una resistencia de base, para realizar el cambio de estado se utiliza un transistor TIP41C, el cual con una señal alta o baja en la base realiza el cambio pertinente.

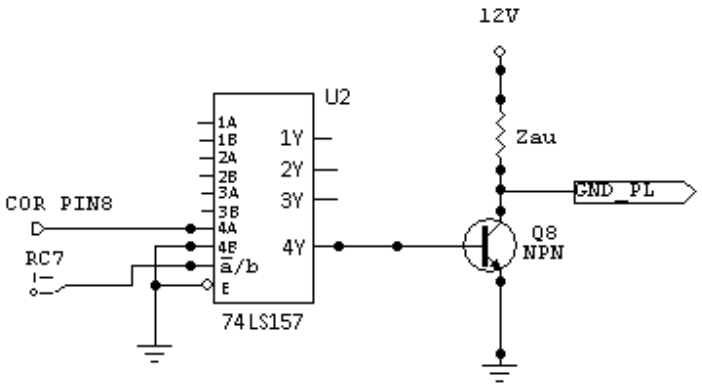


Figura 2.16 Control de polarización del amplificador de audio.

2.6 AMPLIFICADOR DE AUDIO.

Se implemento un amplificador de Audio de 8w, que utiliza el circuito integrado TDA2002, para escuchar el mensaje enviado por el canal de transmisión, figura 2.17. El circuito de la figura necesita en la entrada del amplificador, una señal mínima de 220mv RMS [16]. Para el diseño se utiliza el pin 11 del conector de accesorios del radio, denomina discriminador, en donde se halla el audio detectando por los circuitos de recepción del radio. Esta salida es programable y posee un audio filtrado de 600mv RMS o una salida de audio sin filtrar de 330mv RMS.

COMORAD utiliza una señal de audio filtrado, por ello es necesario programar al radio para obtener la salida de audio correcto, programación que se lo realiza en la configuración del radio, en el menú configuración de accesorios, en donde se elige usar audio filtrado.

[16] www.pablin.com.ar/electron/circuito/audio/amp8/index.htm

El amplificador se alimenta de 12V de corriente continua, que será tomada de la batería del equipo y controlada con el transistor Q8, analizado en la sección anterior anteriormente, el cual permite polarizar correctamente al amplificador de audio. Se utiliza un parlante de 4Ω, para obtener una potencia de salida de 8w, al ser alimentado por una fuente de alimentación de 12v. Además, se implemento un control de volumen, el cual utiliza la resistencia variable RV2 de 5KΩ, que controla el voltaje RMS de ingreso al amplificador.

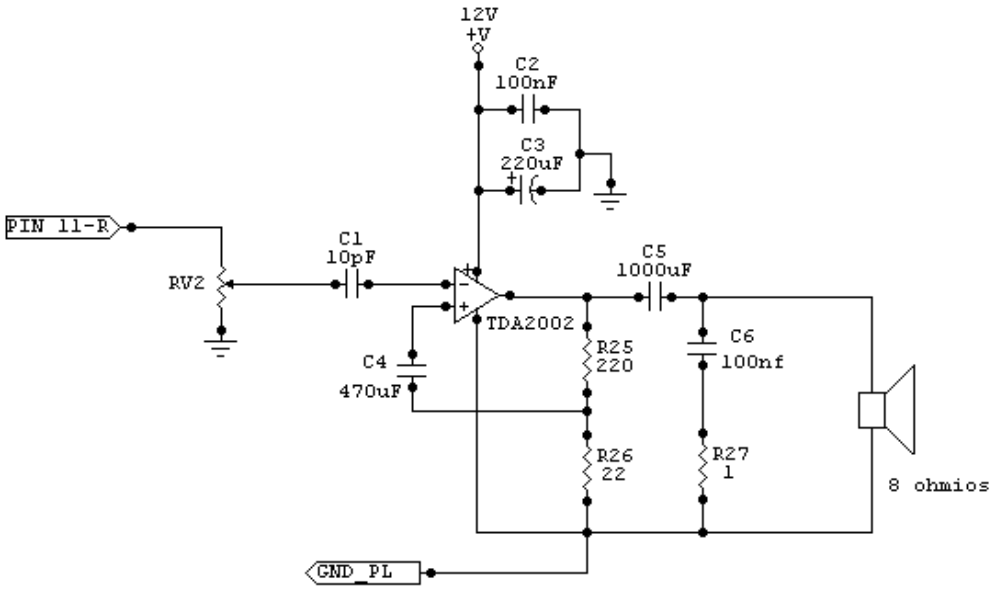


Figura 2.17 Diagrama del Amplificador de Audio

2.7 CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE COMORAD.

Descrito el diseño electrónico, se procedió a construir la tarjeta electrónica. Para ello, se utilizó el diagrama de la figura 2.18 (1), diagrama electrónico de COMORAD.

Además, podemos observar en la figura 2.18 (2), las conexiones realizadas para adaptar un micrófono estándar Motorola a COMORAD, para ello se utilizó un conector hembra de 10 pines, el cuál utiliza las conexiones de PTT, Mic, GND y una entrada de BUS+, para la programación del radio.

Las señales que controlarán al equipo, saldrán de la tarjeta electrónica hacia el radio, por medio de un conector DB-15. Así mismo, las conexiones correspondientes a los accesorios externos: Micrófono auxiliar, pulsador de emergencia, pulsador de desconexión y led de emergencia; saldrán de la tarjeta por medio de un conector DB-9, cuya disposición de cada pin lo podemos observar en la figura 2.18 (2).

Para construir la tarjeta electrónica del módulo de control, se utilizó el programa electrónico ARES, que de acuerdo al diagrama electrónico de la figura 2.18 se obtuvo el modelo de la tarjeta que podemos observar en la figura 2.19.

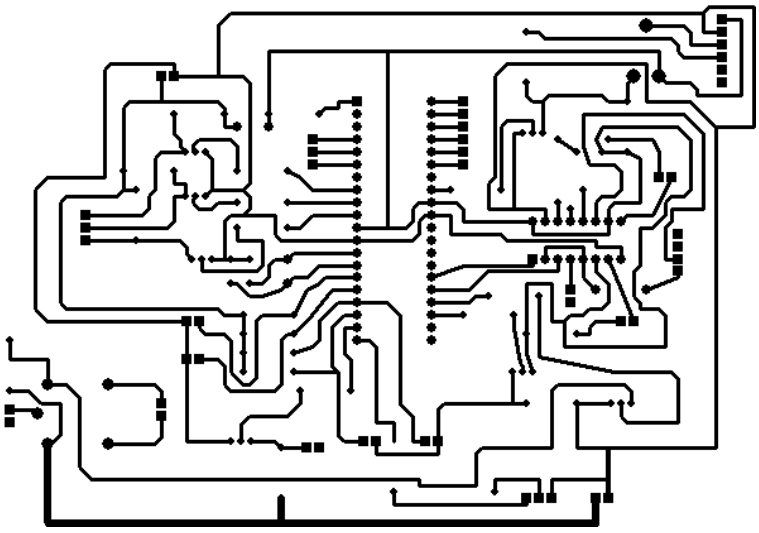
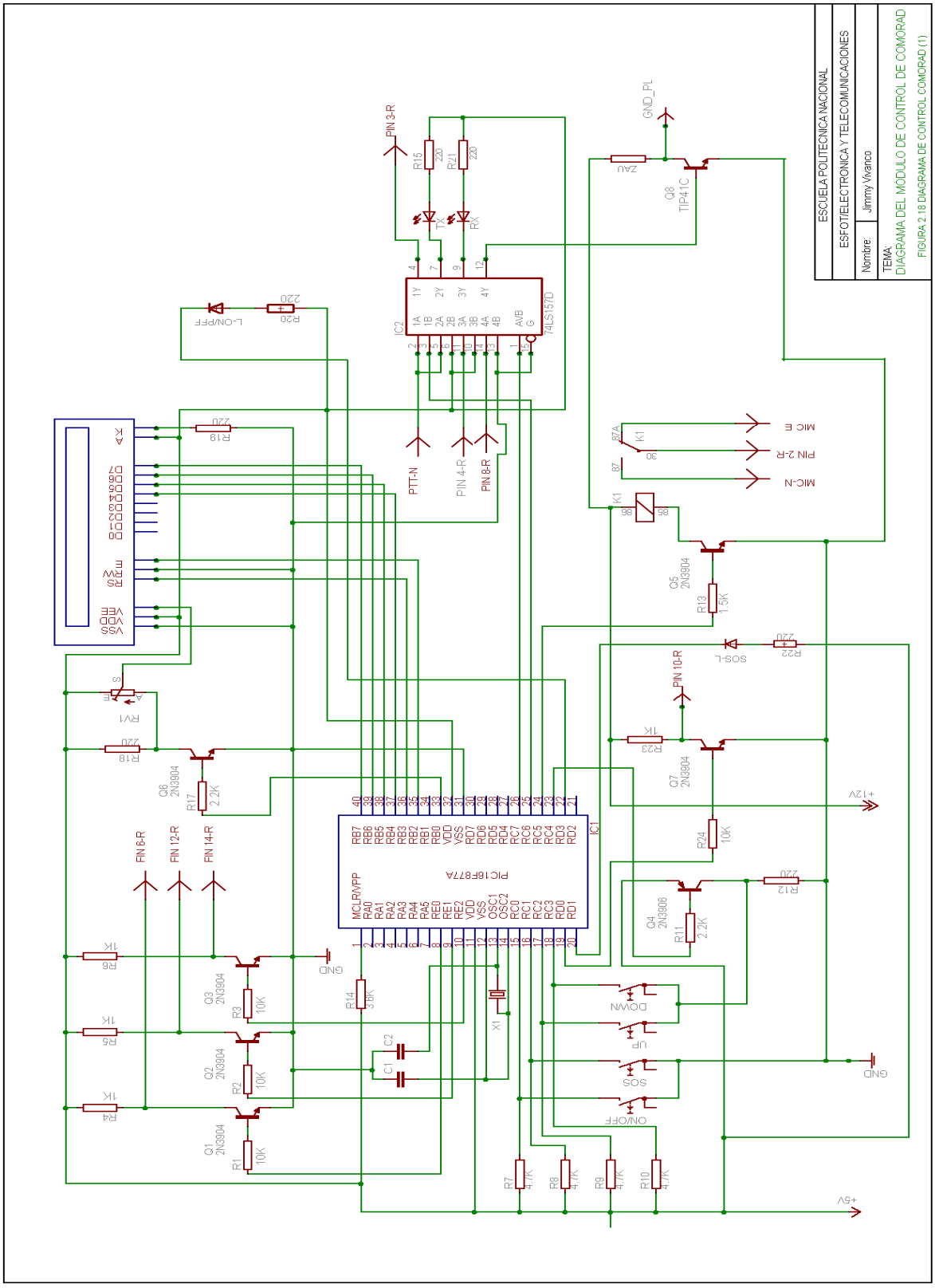
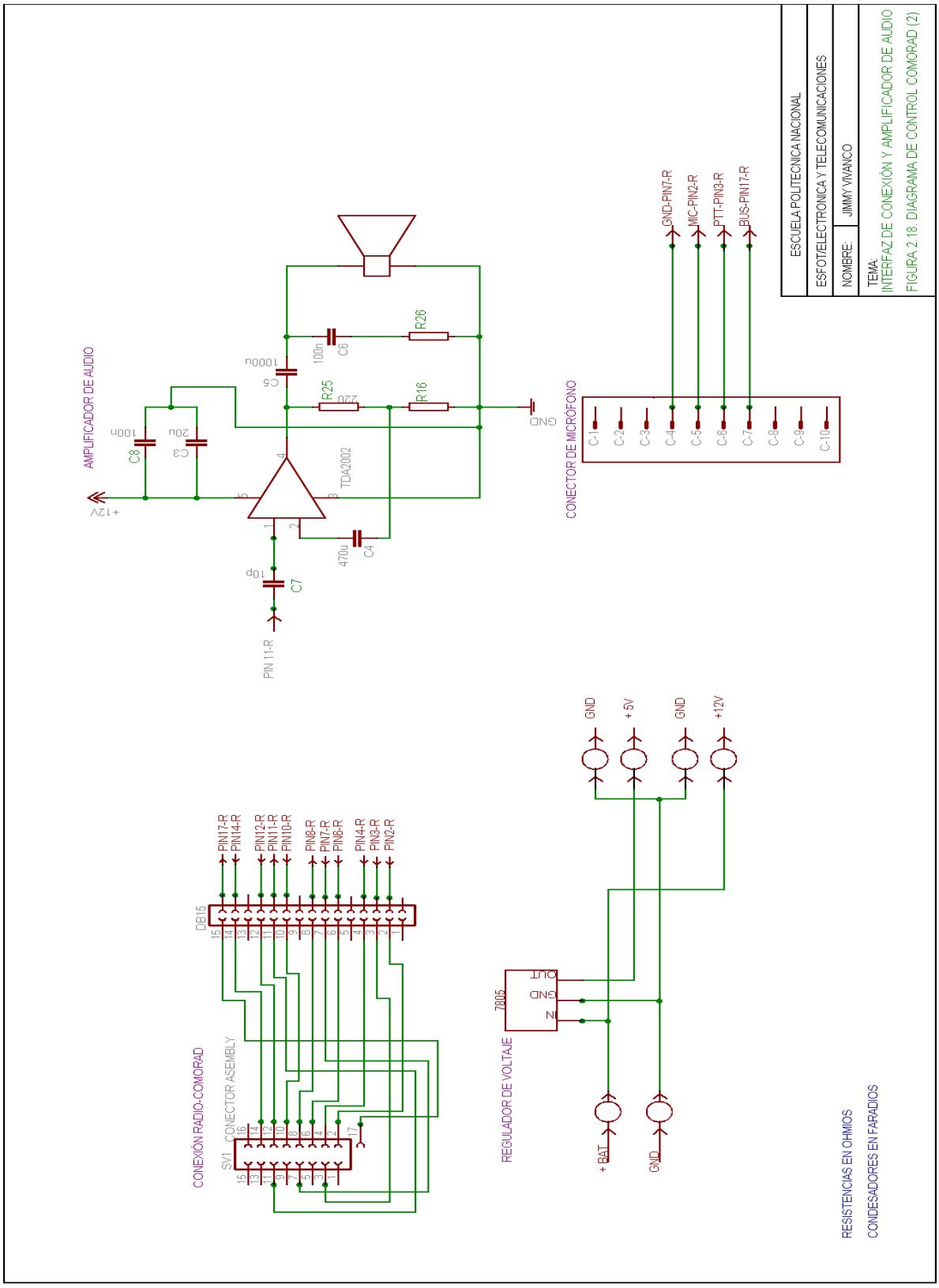


Figura 2.19 Modelo de la tarjeta inferior de COMORAD


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
ESFOT/ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
Nombre: Jimmy Vivanco
TEMA: DIAGRAMA DEL MODULO DE CONTROL DE COMORAD
FIGURA 2.18 DIAGRAMA DE CONTROL COMORAD (1)
PIN 3-R
PIN 4-R
PIN 8-R
PIN 10-R
PIN 6-R
PIN 12-R
PIN 14-R
PTT-N
MIC E
PIN 2-R
MIC-N
L-ON/OFF
SOS-L
GND_PL
+12V
+5V
GND
PIC16F877A
74LS157D
TIP41C
2N3904
2N3906
UP
DOWN
SOS
ON/OFF


ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
ESFOT/ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
NOMBRE: JIMMY VIVANCO
TEMA: INTERFAZ DE CONEXIÓN Y AMPLIFICADOR DE AUDIO
FIGURA 2.18. DIAGRAMA DE CONTROL COMORAD (2)
AMPLIFICADOR DE AUDIO
TDA2002
C8
C3
C5
C6
C4
C7
R26
R25
R16
GND
+12V
PIN 11-R
CONECTOR DE MICRÓFONO
GND-PIN7-R
MIC-PIN2-R
PTT-PIN3-R
BUS-PIN17-R
REGULADOR DE VOLTAJE
7805
GND
+ 5V
GND
+12V
+ BAT
GND
CONEXIÓN RADIO-COMORAD
SV1 CONECTOR ASEMBLY
DB15
PIN17-R
PIN14-R
PIN12-R
PIN11-R
PIN10-R
PIN8-R
PIN7-R
PIN6-R
PIN4-R
PIN3-R
PIN2-R
RESISTENCIAS EN OHMIOS
CONDESADORES EN FARADIOS

La disposición de los elementos electrónicos, lo podemos observar en la figura 2.20, la misma que se utilizó para ubicar cada elemento en la tarjeta. El módulo de control se completa, con la ubicación de la pantalla LCD, botones de encendido/ apagado y amplificador de audio. Para la polarización del módulo de control, se utilizará la batería de cada vehículo, razón por la cual no se diseño una fuente de polarización. Los circuitos de control y el microcontrolador utilizan un regulador de 5v, cuyo diseño se basa en el diagrama de la figura 2.18 (2), en donde además se muestra el diagrama utilizado para construir la tarjeta del amplificador de audio.

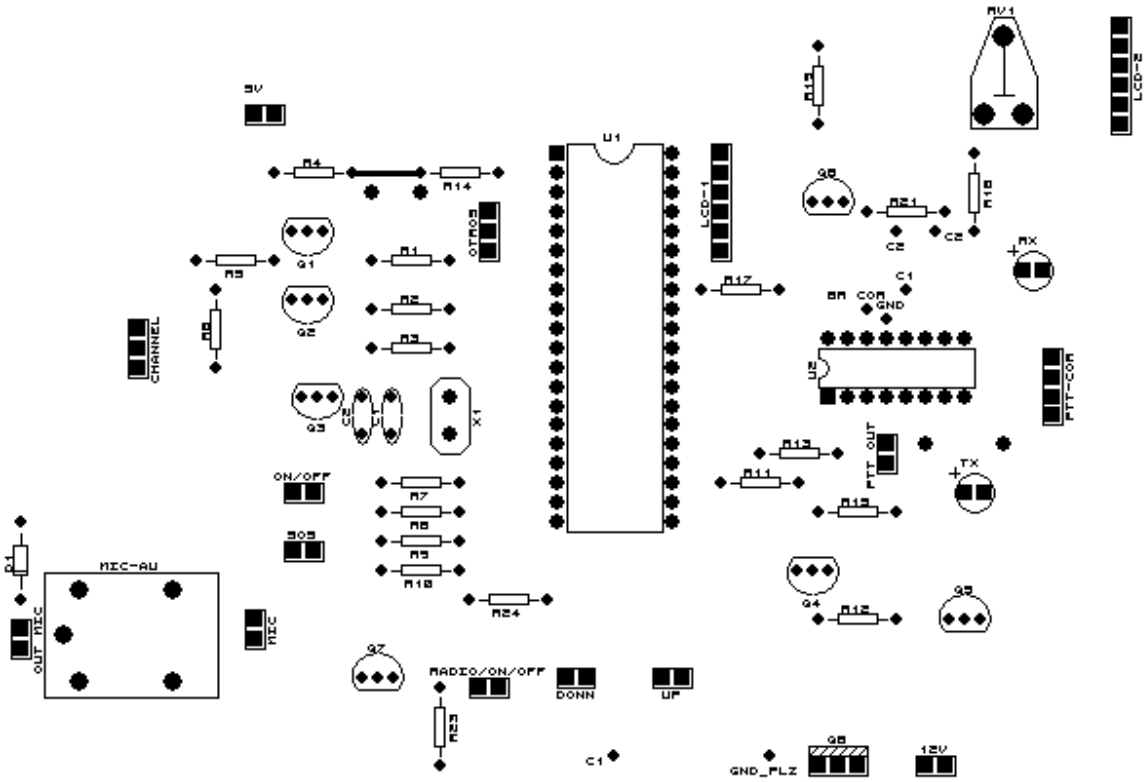


Figura 2.20 Disposición de los elementos electrónicos de COMORAD.

Para la conexión del módulo de control con el radio, se utiliza el “Interfaz de conexión Radio–COMORAD”, formado por un conector DB-15 y un conector Motorola Assembly, los periféricos externos utilizan un “Interfaz de conexión externa”, el cuál está formado por un conector DB-9 y cuatro salidas que corresponden a: pulsador SOS, pulsador de desconexión, led de emergencia (Led –E) y micrófono auxiliar. La

polarización se realiza con un cable de poder, el cual se conecta al módulo por medio de un conector DC. A estas partes se las denomina accesorios de COMORAD y la podemos observar en la figura 2.21.

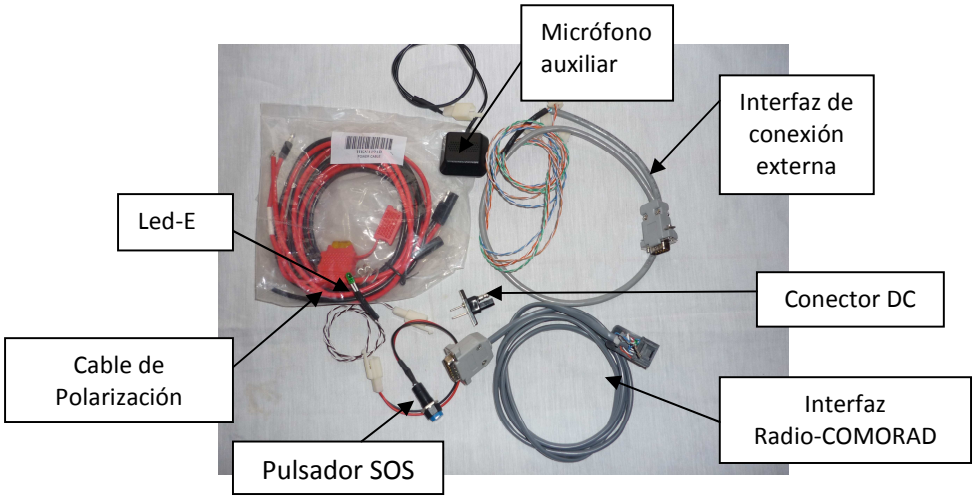


Figura 2.21 Accesorios de COMORAD.

Para la instalación del módulo de control, se construyo un DEMO, en el cual se modela la forma de instalar el módulo de control. En primer lugar, se instaló las tarjetas electrónicas, para ello se utilizó una caja de madera en la cual se ubicó las tarjetas electrónicas de: control, audio y regulador de voltaje. En su parte frontal se ubicó la pantalla LCD, Led de visualización, botón de encendido/apagado, botones de selección del canal de frecuencia, conector de micrófono de 10 pines y potenciómetro para regular el audio. En su parte posterior, se ubicó las salidas para cada interfaz, para ello se utiliza un conecto DB-15 hembra, como entrada del interfaz “Radio-COMORAD”, un CONECTOR DB-9 hembra, para el interfaz “Conexión externa” y finalmente el conector DC, para la polarización de las tarjetas electrónicas, figura 2.22.

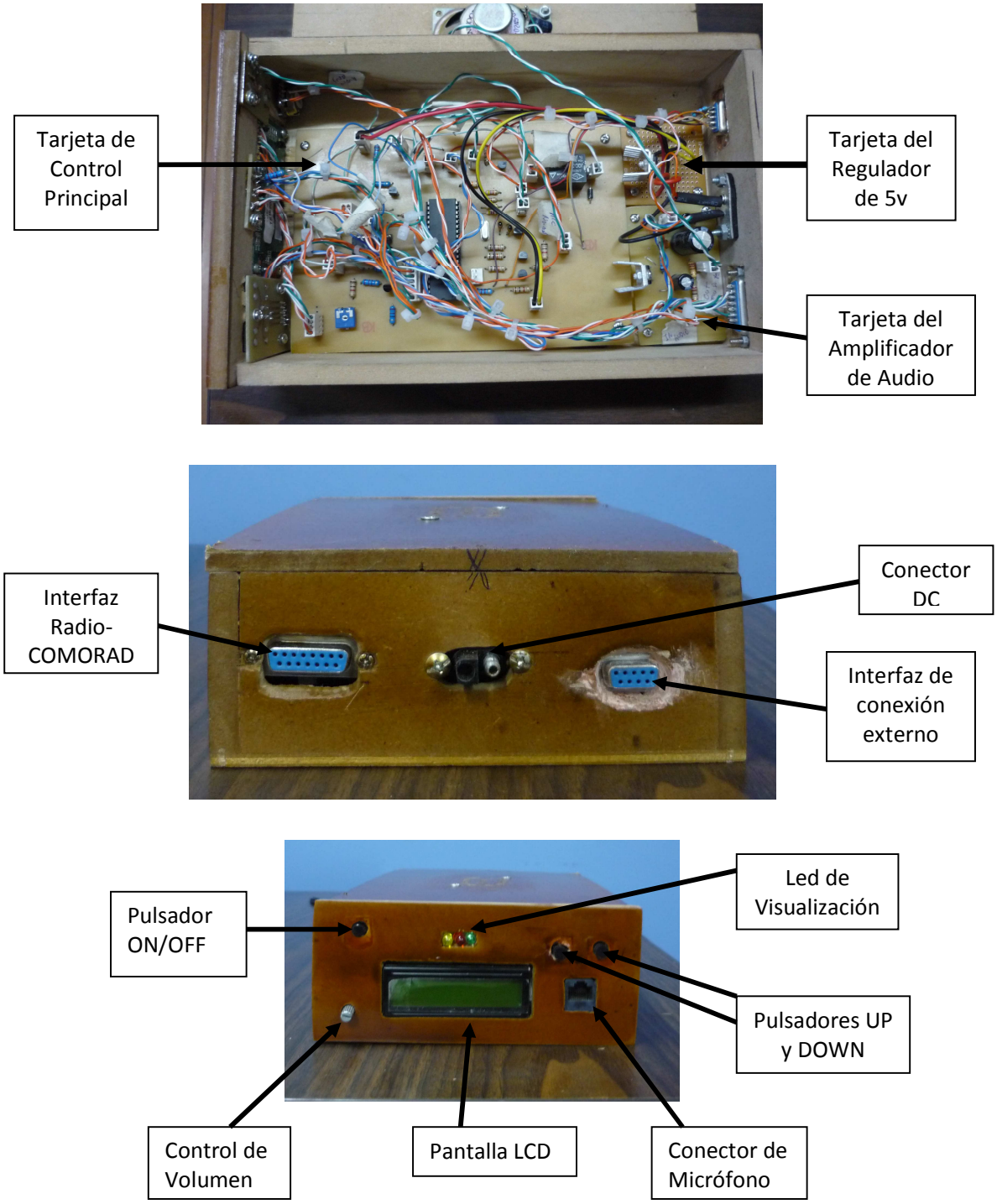


Figura 2.22 Instalación de tarjetas de control y dispositivos de COMORAD.

Luego, se realiza la instalación del radio, en un lugar seguro, el mismo que posee un cable de poder y la antena de comunicación, cuya instalación en el DEMO lo observamos en la figura 2.23

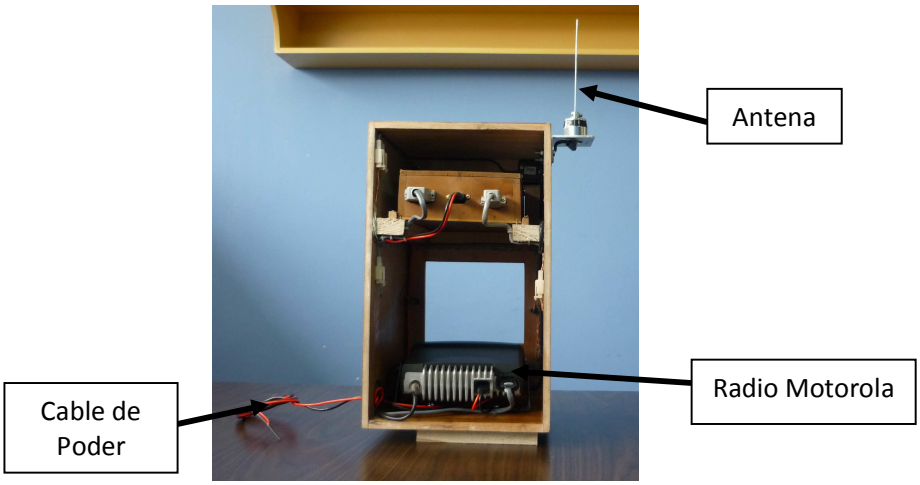


Figura 2.23 Instalación del radio MOTOROLA.

Inmediatamente, se asegura el módulo de control COMORAD y se realiza la conexión de cada interfaz, en primer lugar se ubica el “Interfaz Radio-COMORAD”, el cual utiliza un conector DB-15 macho hacia COMORAD y un conector Assembly hacia el radio. Al momento de instalar el interfaz de conexión en el radio, podemos observar que existe un cable sin conexión, este deberá conectarse directamente hacia el pin 17 del conector de accesorios del radio, el cual permitirá, por medio del conector de micrófono de COMORAD, realizar la programación del equipo, sin la necesidad de utilizar el radio, instalación que se observa en la figura 2.24.

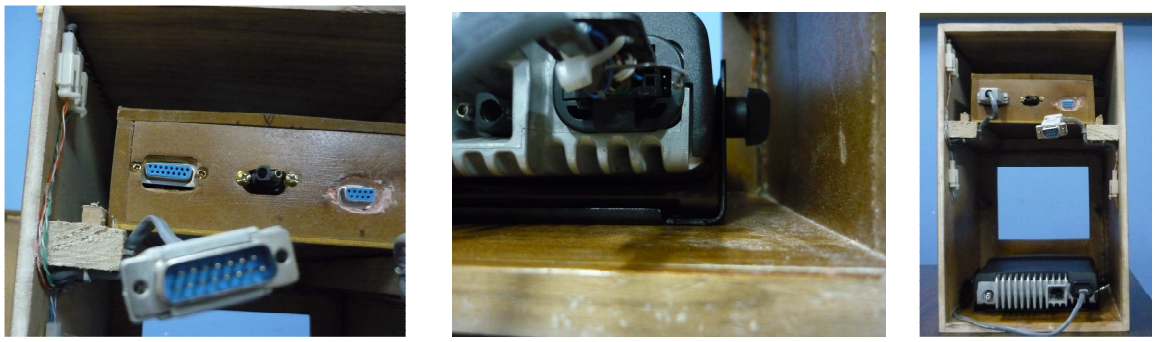


Figura 2.24 Conexión del interfaz “Radio-COMORAD”

Luego, se instala el interfaz “Conexión Externa”, el cual consta de un conector DB-9 macho, que irá conectado hacia COMORAD y varias salidas con conductores de color diferente, que permiten identificar su funcionalidad. En primer lugar se conecta el micrófono externo, figura 2.25, para ello aseguramos el micrófono en un lugar que permita recoger toda la información posible y luego se conecta, con el conector que posee el cable de color naranja.

Figura 2.25 Conexión del Micrófono externo

Después se asegura el led de visualización de emergencia, el cual se ubica en lugar visible y que lo reconozca el conductor del vehículo, para el DEMO se ubicó un led verde en la parte izquierda. La conexión con el interfaz, se lo realiza con el conductor de color verde, instalación que lo podemos observar en la figura 2.26.

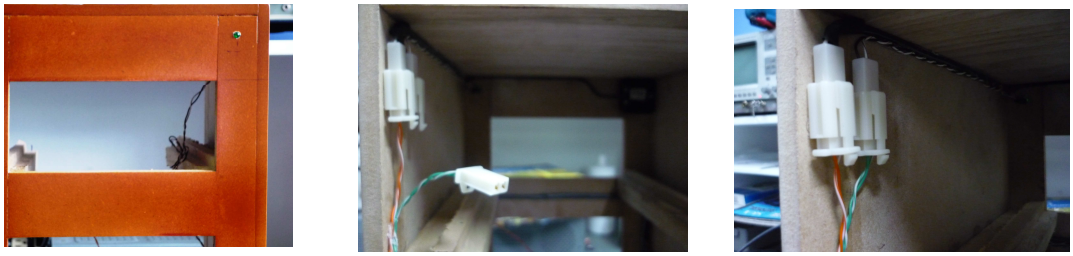


Figura 2.26 Conexión del led de emergencia.

El pulsador de emergencia, denominado “SOS”, se debe ubicar en un lugar de fácil acceso, para el DEMO se ubicó un pulsador normalmente abierto de color rojo, en la parte derecha, figura 2.27, y la conexión con COMORAD, se lo realiza mediante el interfaz externo, con cable de color café.

Figura 2.27 Conexión del pulsador de emergencia SOS.

Después, se debe instalar el pulsador de desconexión, el cual permitirá reiniciar al módulo de control, para el DEMO se ubicó un pulsador normalmente cerrado de color azul, en la parte izquierda, figura 2.28, la conexión con el módulo se lo realiza con el cable de color azul del interfaz externo.

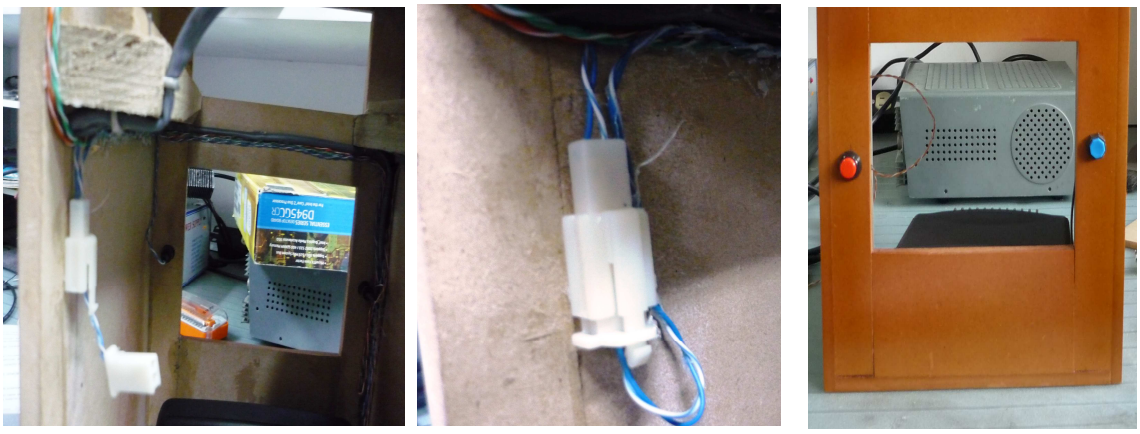


Figura 2.28 Conexión del pulsador de Desconexión

Finalmente, para la polarización de COMORAD, se utiliza un cable de poder (polarización), que se conecta hacia el conector DC que se halla en la parte posterior del módulo de control. Este deberá ser conectado a la batería de cada vehículo, donde se vaya a instalar el módulo, para el DEMO se utiliza una fuente de polarización de 12v a 15 Amperios, en donde se conectan el radio y el módulo de

control, figura 2.29. En el anexo D, se muestran algunas fotografías del módulo COMORAD y en el anexo F se muestra un manual de instalación del módulo de control.

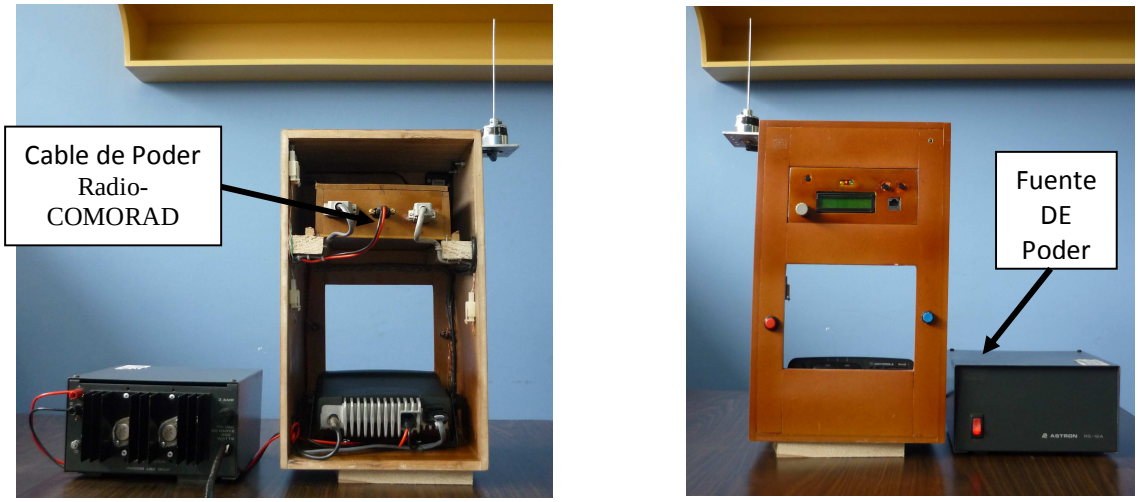


Figura 2.29 Polarización de COMORAD.

2.8 FUNCIONAMIENTO DE COMORAD.

El funcionamiento de COMORAD, está en base al diagrama de flujo que lo podemos observar en la figura 2.30, funciones que debe realizar el módulo de control. El programa de control que gobierna al microcontrolador PIC 16F877A, y que controla a COMORAD lo podemos observar en el Anexo C.

Las variables asignadas en el diagrama de flujo son: RELE N.A, se refiere al contacto normalmente abierto del relé, que se activa cuando se encienda el radio; P.A.U, parlante del amplificador de audio, el cual se activa cuando el radio este encendido y reciba en la frecuencia y tono adecuado, además de desactivarse cuando exista una emergencia; LCD, representa la pantalla de cristal líquido, utilizado para poder observar en que canal se encuentra el radio; PTTE, presione para hablar, el cuál se activa únicamente en emergencia, en el programa actúa como una variable; PTTN, presione para hablar, cuando el equipo se encuentre trabajando en estado normal; MICN, micrófono normal, el cual se activa cuando se presiona PTTN (presione para

hablar en funcionamiento norma); MICS, micrófono auxiliar, el cual se activa cuando el equipo se halle en estado de emergencia, N variable utilizada para el control de la selección del canal de frecuencia, SLZ, que representan los circuitos de señalización y CANAL, que representa el momento de activar o desactivar el cambio del canal de frecuencia.

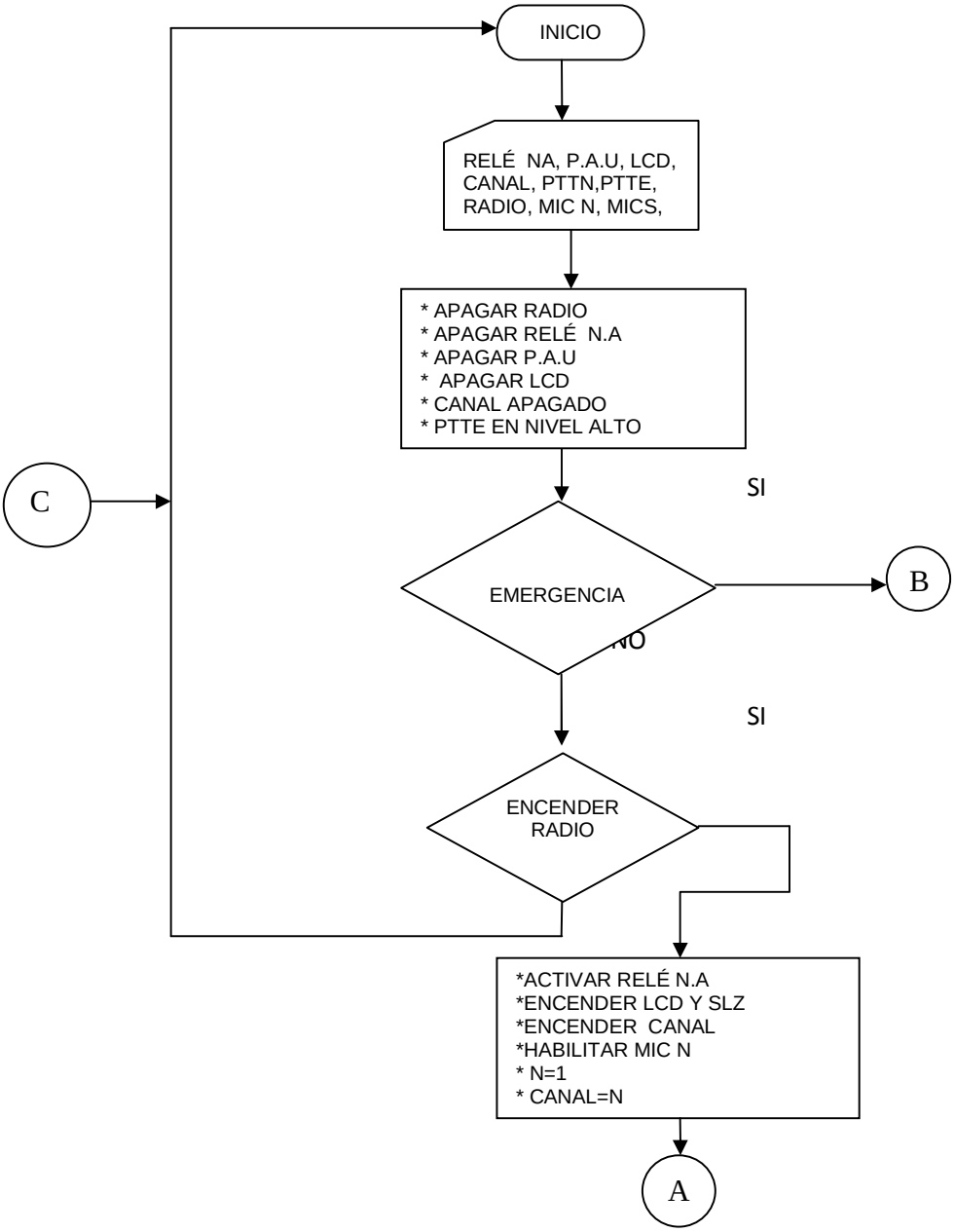


Figura 2.30 DIAGRAMA DE FLUJO. CONTROL DE COMORAD (HOJA 1 DE 4)

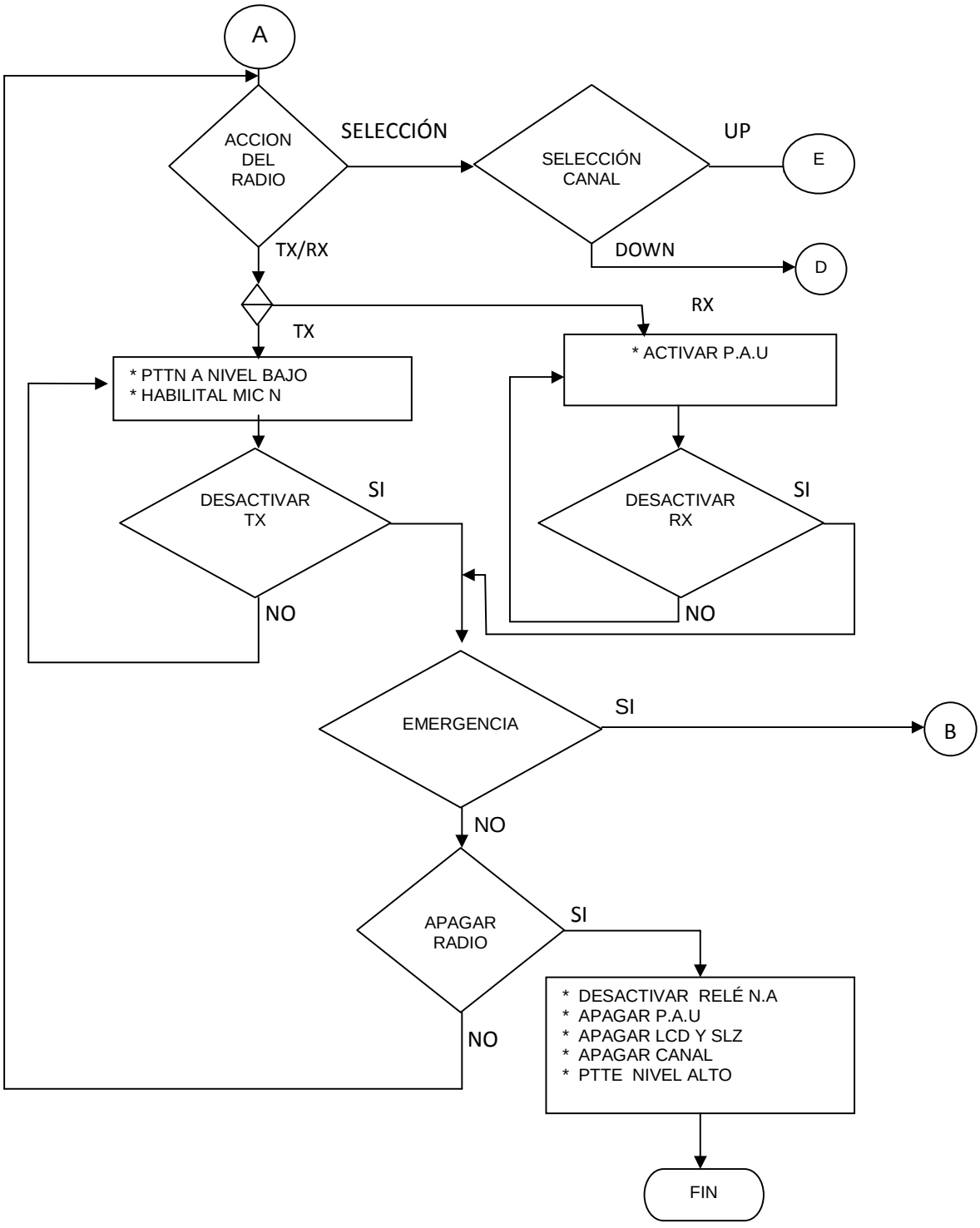


Figura 2.19. DIAGRAMA DE FLUJO. CONTROL DE COMORAD (HOJA 2 DE 4)

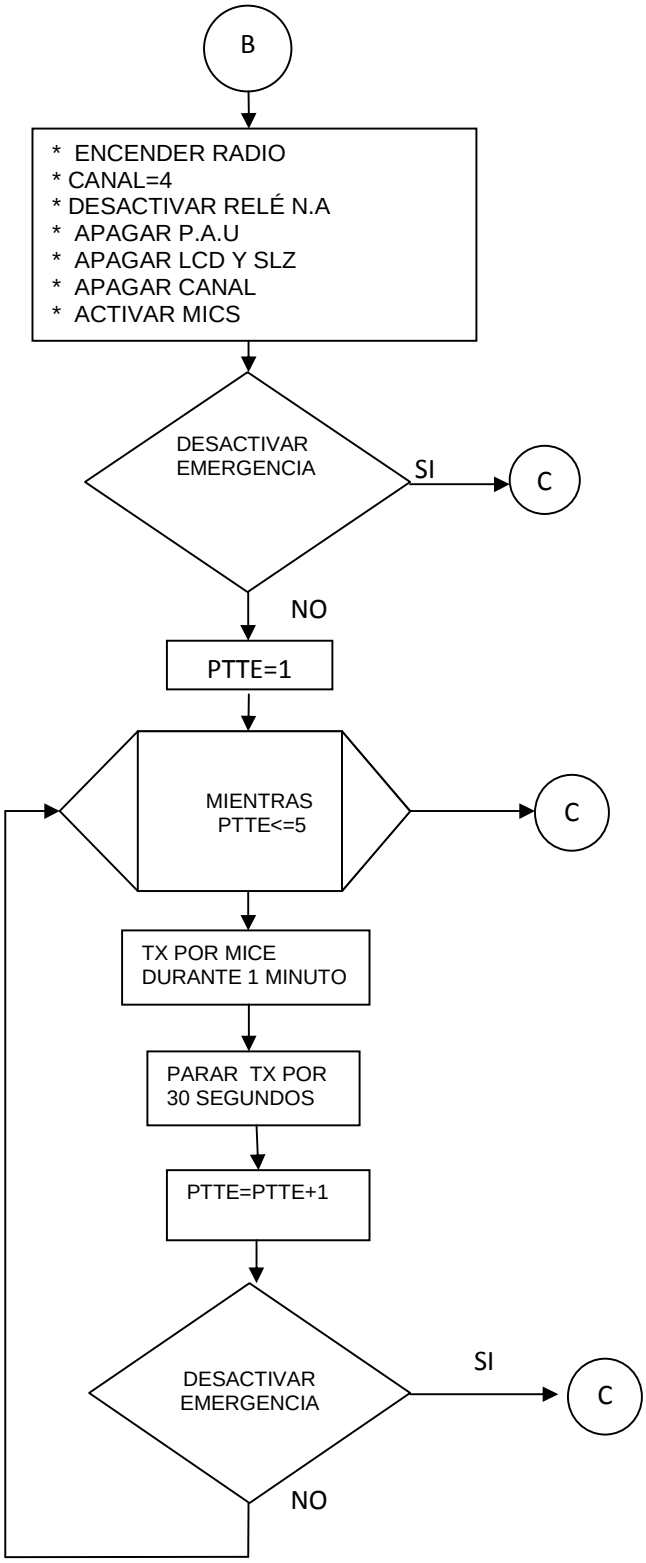


Figura 2.19. DIAGRAMA DE FLUJO. CONTROL DE COMORAD (HOJA 3 DE 4)

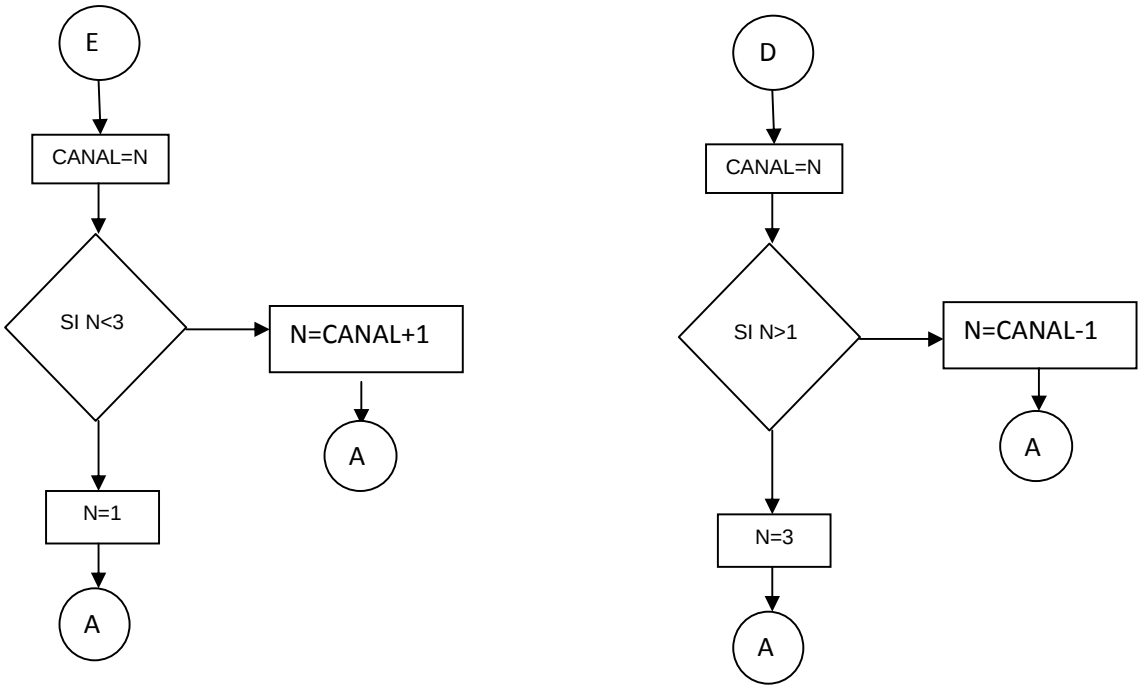


Figura 2.19. DIAGRAMA DE FLUJO. CONTROL DE COMORAD (HOJA 4 DE 4)

2.9 ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

2.9.1 ANÁLISIS TÉCNICO.

COMORAD, es un módulo de control electrónico, diseñado para trabajar con radios móviles Motorola, de la serie PRO (PRO5100, PRO 3100) y EM (EM200, EM400); cuya función es un control de la parte frontal del radio.

Su instalación se lo realizará en unidades de transporte público, requiriendo de los 12v de la batería, para el funcionamiento del módulo, el cual posee un regulador de voltaje de 5v, utilizado para los circuitos de control y el microcontrolador PIC16F877A.

Para el diseño de la tarjeta electrónica, se ha utilizó el conector de pines de accesorios del radio Motorola, que fueron programados según se muestra en el cuadro 2.2.

CUADRO 2.2
ASIGNACIÓN DE PINES DE ACCESORIOS PARA COMORAD.

PIN	FUNCIÓN	NIVEL LÓGICO
3	PTT (PRESIONE PARA HABLAR)	BAJO
4	PL AND CSQ DETECT (*)	BAJO
6	CHANNEL SELECT 1	BAJO
8	PL AND CSQ DETECT (**)	ALTO
12	CHANNEL SELECT 2	BAJO
14	CHANNEL SELECT 3	BAJO
10	ENCENDIDO DEL RADIO	****
11	DISCRIMINADOR	****

Fuente: Professional Radio CPS

(*) Este pin de accesorio se utiliza para activar el diodo de visualización RX, al momento de recibir una señal con el PL adecuado.

(**) Este pin de accesorio se utiliza para activar el transistor Q8, que activa la polarización del amplificador de audio al recibir una señal con el PL adecuado.

(***) Sin nivel lógico. Salida analógica

Para los pines 3,4,6,8,12 y 14, la programación se lo realiza en Accesory pins; en cambio para los pines 2, 10 y 11, se lo realiza en Accesory Configuration, las cuales no poseen un nivel lógico, pues son señales analógicas que controlan el encendido/apagado del radio, mediante la línea de control ON/OFF&IGNITION, el audio de salida del radio con la línea del discriminador, que se programa como FILTERED AUDIO, y entrada de audio (micrófono) con la línea EXT MIC AUDIO.

La programación de los pines del conector de accesorios debe realizarse de acuerdo a lo indicado en la tabla 2.2 y en sus indicaciones. Para su conexión se utiliza un interfaz denominado: “Interfaz de conexión Radio-COMORAD”, formado por un conector DB-15 macho y un conector Assembly, en este último sobresale un conductor sin conexión, que debe conectarse al pin 17 del conector de accesorios del radio, que corresponde a BUS+, utilizado para realizar la programación del equipo, desde el módulo de control COMORAD.

Además, se utilizó un interfaz de conexión externa denominado “Cable de conexión externo”, formado por un conector DB9 macho, con varias salidas, que se detallan en el cuadro 2.3.

Cuadro 2.3
Asignación del Interfaz “Cable de conexión externo”

Asignación	Nombre	Función
1	SOS-L-A	Led de emergencia externo conexión ánodo
2	SOS-L-K	Led de emergencia externo conexión Cátodo
3	P1	Pulsador de desconexión, parte 1
4	P2	Pulsador de desconexión, parte 2
5	MIC-E	Micrófono de emergencia
6	GND	Referencia a tierra
7	SOS-P1	Pulsador de conexión emergencia P1
8	SOS-P2	Pulsador de conexión emergencia P2
9	*	*

FUENTE: DISEÑO DE COMORAD
(*) Sin conexión

Este interfaz de conexión externa permite conectar: el micrófono externo, pulsador de emergencia, led indicador de emergencia y pulsador de desconexión, que serán ubicados en partes estratégicas del automóvil, para ser activados y visualizados adecuadamente.

El módulo de control COMORAD, está formado en su parte frontal, por una pantalla LCD, un pulsador para encender/apagar el módulo, pulsadores UP y DOWN para la selección de canal y un potenciómetro para controlar el audio del radio. En su parte posterior posee un conector DB-15 hembra para el interfaz Radio-Comorad, un conector DB-9 hembra, para el interfaz Externo y un conector DC para la polarización del equipo.

El consumo de corriente de COMORAD, lo podemos observar en el cuadro 2.4, en donde se toma en cuenta el consumo producido por: los transistores, cuando se encuentran en saturación, los led de visualización, cuando se encuentran encendidos y el amplificador de audio, cuando se encuentra encendido. En el mismo se desglosa el consumo del módulo, por etapa y de acuerdo al nivel de voltaje que utiliza el circuito.

Cuadro 2.4

Consumo de Corriente por etapas.

VOLTAJE:	5V	12V
Descripción/Etapa	**CONSUMO EN MILIAMPERIOS (mA)**	
Encendido		12
Q1,Canal 1	5	
Q2, Canal 2	5	
Q3,Canal 3	5	
Led TX	22.7	
Led RX	22.7	
Led ON/OFF	22.7	
Led SOS	22.7	
Q8-transistor para el on/off del LCD	22.7	
Q5, Relé		80
Amplificador de Audio		1000
Pulsadores	4*1.06	
Q4, selector de canales	22.7	
PIC16F877A	11	
Total	166.44	1092

FUENTE: DISEÑO DE COMORAD.

De acuerdo al cuadro 2.4, COMORAD consume una corriente de 166.44mA a 5v, este consumo se evaluará cuando todos los circuitos trabajan al mismo tiempo, situación que no sucede, debido a que son controlados por el microcontrolador, PIC16F877A, por lo que se evalúa un consumo del 80% de la corriente total, esto es 133.15 mA. Así mismo sucede con los 12 v, cuyos consumos se encuentran en el encendido del radio, activación del relé y el amplificador de audio, etapas que consumen corriente solamente cuando el equipo se encuentre encendido o en emergencia, razón por la cuál se evalúa un consumo del 80% de la corriente total a 12v, equivalente a 873,6 mA. Por tanto, COMORAD consumirá aproximadamente una corriente total de 1A, al trabajar con 5v y 12v (133.15mA+873.6mA). Está corriente es suministrada por la batería del vehículo, para el demo, se utiliza una fuente de polarización de 15 Amp, que provee la corriente necesaria tanto para el radio como para el módulo de control.

2.9.2 ANÁLISIS ECONÓMICO.

El costo de los materiales utilizados para la construcción del módulo COMORAD se detalla en el cuadro 2.5.

CUADRO 2.5
COSTO DE MATERIALES PARA COMORAD

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
26	Resistencias	0.05	1.30
2	Potenciómetros	0.35	0.70
7	Transistores de propósito general	0.10	0.70
1	Transistor TIP 41C	0.60	0.60
3	Pulsadores para tarjeta	0.45	1.35
2	Pulsadores externos	0.60	1.20
1	PIC 16F877A	6.80	6.80
1	Cristal de 4 Mhz	0.80	0.80
8	Condensadores	0.20	1.60
1	Baquelita grande	3.50	3.50
1	Conector DB-9 hembra	1.20	1.20
1	Conector DB-9 Macho	1.20	1.20
1	Conector DB-15 Hembra	1.20	1.20
1	Conector DB-15 Macho	1.20	1.20
1	Conector Assembly Motorola	10.0	10.0
1	Micrófono externo (espía) motorola	5.60	5.60
1	Kit de cable de conexión de batería	15.0	15.0
1	Conector DC	5.30	5.30
1	Conector Hembra para micrófono Motorola	5.80	5.80
1	TDA2002	1.00	1.00
1	Parlante	2.50	2.50
1	LM7805	1.00	1.00
1	Otros (ácidos, papel térmico, etc)	20.00	20.00
		Total:	**$89.55**

Cuando la empresa RADCOMUNICACIONES construya el módulo en serie, disminuirán los costos de los materiales. No puedo afirmar sobre el precio que establezca la empresa, por no conocer el margen de rentabilidad.

Además, en el mercado no existen equipos similares, por lo que se incursionará con este nuevo producto. Sin embargo, Motorola provee un cable de extensión para la parte frontal del radio, cuyo costo es de $25 dólares americanos, el mismo permite sacar el frontal del radio y ubicarlo en donde se desee. Sin embargo, aumentan los costos de instalación y mantenimiento, así también se debe tomar en cuenta el costo del frontal del radio cuyo valor es de $150 dólares americanos, que sumados con el costo del cable de extensión suman $175 dólares americanos, lo cuál sobrepasa en un 100% el valor del módulo de control construido. La ventaja de utilizar el módulo de control COMORAD es que no se utiliza el control frontal del radio, el mismo que se halla totalmente protegido. Entonces, podemos afirmar que COMORAD, es un equipo más económico que el proporcionado por Motorola, cuyo análisis de costos lo podemos observa en la figura 2.23.

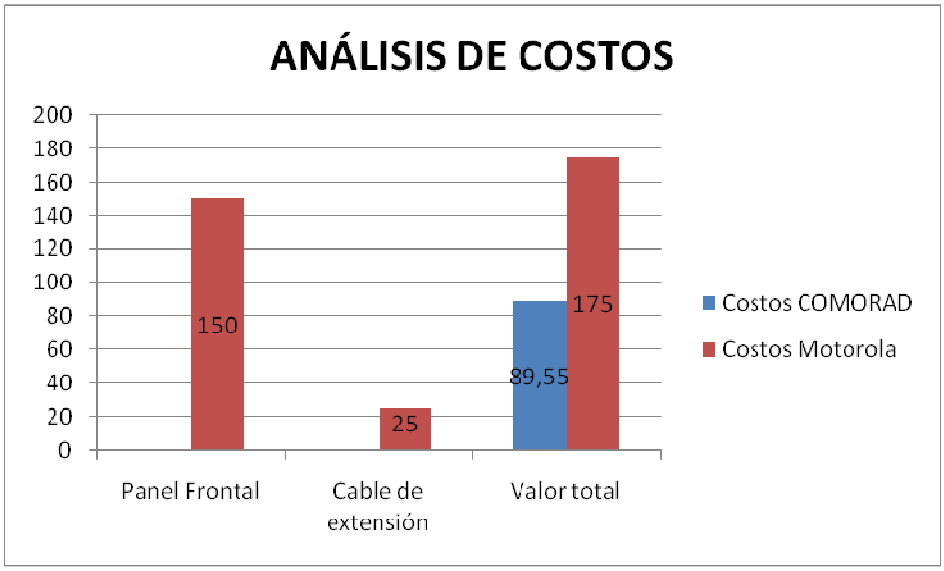


Figura 2.23. Análisis de Costos: Comorad-Motorola

CONCLUSIONES.

- Se concluye que para el funcionamiento de COMORAD, se utiliza los pines de accesorios del radio Motorola, para ello es necesario conocer el funcionamiento y programación de cada uno de ellos.

- Los pines de accesorios del radio entregan al usuario señales digitales o analógicas que son tomadas de acuerdo a la función implementada. Así por ejemplo, para el circuito amplificador de audio se utilizó el pin 11 del conector de accesorios, el cual permite manejar una señal analógica de audio filtrado.

- La utilización del PIC16F877A, como dispositivo de control electrónico, permite disminuir la circuitería de control, el cual en base a un programa almacenado en la memoria del microcontrolador, se encarga de realizar las tareas de: encendido/apagado del radio, selección del canal de frecuencia, señalización y emergencia.

- El circuito de control utiliza transistores que trabajan en la zona de corte y saturación, en donde para la saturación del transistor es necesario que el voltaje colector-emisor sea lo más cercano a cero, por esta razón para el diseño de los circuitos de funcionamiento de COMORAD se utilizó este valor, sin embargo en realidad estos transistores (2N3904) poseen un voltaje colector emisor de 0,2v.

- COMORAD implementa un control de emergencia, que se activa mediante un pulsador, ubicado en un lugar estratégico del vehículo, el cual al momento de activarse, enciende al radio, micrófono auxiliar, led de emergencia y desactiva todo tipo de visualización. Entonces el programa del microcontrolador activa la transmisión del radio, momento en el cuál la central reconoce la unidad en emergencia, mediante la señalización MDC que envía y que advierte su estado.

RECOMENDACIONES.

- El equipo trabaja a 12v de corriente continua, recomendamos principal atención al momento de conectar la batería del vehículo, una mala polarización puede dañar los dispositivos de control de COMORAD.

- Al momento de conectar el equipo verificar que existan 12v, debido a que el diseño de COMORAD no es solamente para taxis, está diseñado para trabajar en cualquier unidad de transporte, por ejemplo en tráiler, en donde algunos de estos poseen polarización a 24v.

- Para la conexión del cable de polarización, utilizar un fusible de 2 Amperios, además ubicar un diodo de 2 Amperios en el conector DC, para proteger de una mala polarización al equipo.

- Recomendamos, programar los cuatro canales de frecuencia en los radios, aunque no se utilicen, debido a que la programación del microcontrolador se lo realiza en forma externa y al requerir un menor número de canales, es necesario reprogramarlo, lo cuál sería molestoso, al tener que desarmar la instalación del módulo de control.

- Recomendamos para un trabajo futuro, diseñar un circuito de señalización, para visualizar en la pantalla LCD de cada módulo, la unidad que se encuentra comunicándose, al activar la transmisión de una unidad en particular. Por ejemplo se puede utilizar la señalización DTMF, en donde el módulo de control debe ser capaz de enviar y detectar señalización DTMF.

ANEXOS

ANEXO A

CARACTERÍSTICAS DEL RADIO MOTOROLA

1.1 Características del radio MOTOROLA de la serie PRO.

General			
Especificación	**Banda baja**	**VHF**	**UHF**
Números de modelo:	LAM25BKD9AA2AN LAM25CKD9AA2AN LAM25DKD9AA2AN	LAM25KHC9AA1AN LAM25KKC9AA1AN LAM25KHD9AA2AN LAM25KKD9AA2AN LAM25KHF9AA5AN LAM25KKF9AA5AN	LAM25RHC9AA1AN LAM25RKC9AA1AN LAM25RHD9AA2AN LAM25RKD9AA2AN LAM25RHF9AA5AN LAM25RKF9AA5AN LAM25SKC9AA1AN LAM25SHC9AA1AN LAM25SHD9AA2AN LAM25SKD9AA2AN LAM25SHF9AA5AN LAM25SKF9AA5AN
Rango de frecuencias:	29,7-36 MHz 36-42 MHz 42-50 MHz	136-174 MHz	403-470 MHz 450-527 MHz (25 W) 450-520 MHz (40 W)
Estabilidad de la frecuencia (-30°C a +60°C. 25°C Ref.)	±2,5 PPM	±2,5 PPM	
Capacidad de canales:	4, 64, 128		
Separación entre canales:	20 kHz	12,5/20/25 kHz	
Fuente de alimentación:	Tierra con valor de referencia negativo en el vehículo de 13,2 Vcc (10,8 – 15,6 Vcc)		
Dimensiones (L X W X H) Baja potencia (1-25 W): PRO3100 PRO5100/PRO7100 Alta potencia: PRO3100 PRO5100 /PRO7100	 240 mm X 176 mm X 58 mm 250 mm X 179 mm X 60 mm	 177 mm X 176 mm X 56 mm 186 mm X 179 mm X 59 mm 189 mm X 176 mm X 56 mm 198 mm X 179 mm X 59 mm	

General			
Especificación	**Banda baja**	**VHF**	**UHF**
Peso: Baja potencia (1-25 W) Alta potencia	 2,04 kg	 1,43 kg 1,65 kg	
Temperatura de operación	De -30 a 60 º C		
Temperatura de almacenamiento	De -55 a 85 º C		
Choque térmico	De -40 a 85 º C		
Humedad	95% RH @ 8 Hr.		
ESD	IEC 801-2 KV		
Penetración de agua	IP54		
Prueba de empaque	Prueba de impacto		

Transmisor			
Especificación	**Banda baja**	**VHF**	**UHF**
Potencia de salida:	40-60 W	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W
Emisiones de conducción/ radio:	-26 dBm	-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz	
Respuesta de audio: (Preénfasis de 6 dB/oct., 300 a 3000 Hz)	TIA603		
Distorsión de audio: @ 1000 Hz, 60% Desviación nominal máxima:	Típica 2%		
Limitación de modulación:	±5,0 kHz	±2,5 kHz @ 12,5 kHz ±4,0 kHz @ 20 kHz ±5,0 kHz @ 25 kHz	
Ruido y humedad de FM:	-45 dB	-45 dB@12,5 kHz -50 dB@25 kHz	-43 dB@12,5 kHz -48 dB@25 kHz
Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Para todas las especificaciones eléctricas y los métodos, consulte las normas EIA/TIA 603. Los radios de la serie PRO cumplen o exceden los requerimientos de MIL STD 810 C, D, E.			

Receptor			
Especificación	**Banda baja**	**VHF**	**UHF**
Sensibilidad (12 dB SINAD):	0,25 µV típica	0,23 µV típica	
Intermodulación:	Típica 80 dB	78 dB @ 25 kHz VHF 75 dB @ 12,5 kHz VHF	75 dB @ 25 kHz UHF 75 dB @ 12,5 kHz UHF
Selectividad de canal adyacente:	80 dB	80 dB @ 25 kHz 65 dB @ 12,5 kHz	75 dB @ 25 kHz UHF 65 dB @ 12,5 kHz UHF
Rechazo de señales espúrias:	80 dB	80 dB @ 25 kHz 70 dB @ 12,5 kHz	75 dB @ 25 kHz 70 dB @ 12,5 kHz
Valor nominal de audio:	3 W interno 13 W externo		
Distorsión de audio @ audio nominal:	Típico 2%		
Humedad y ruido:	-45 dB	-40 dB @ 12,5 kHz -45 dB @ 25 kHz	
Respuesta de audio:	TIA603		
Emisión espuria conducida de acordo con la parte 15 de la FCC:	-57 dBm <1 Ghz -47 dBm >1 Ghz		
Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso. Para todas las especificaciones eléctricas y los métodos, consulte las normas EIA/TIA 603. Los radios de la serie PRO cumplen o exceden los requerimientos de MIL STD 810 C, D, E.			

1.2 Características del radio Motorola de la serie EM.

General			
Specification	**VHF2**	**UHF1**	**UHF2**
Dimensions (H x W x L)	1.73" × 6.67" × 4.65" (44mm × 169mm × 118mm)		
Weight	2.25 lb (1.02 Kg)		
Power Output (Standby)	300 mA		
Audio Power Output (External Speaker 7.5W @ 8Ω)	1.5A		
Transmission	7A @ 25W	8A @ 25W	
Model Numbers: EM200 EM400	 LAM50KNC9AA1_ LAM50KNF9AA1_	 LAM50QNC9AA1_ LAM50QNF9AA1_	 LAM50RNC9AA1_ LAM50RNF9AA1_
Channel Spacing	12.5 / 20 / 25 kHz		
Frequency Range	146–174 MHz	403–440 MHz	438–470 MHz
Frequency Stability (-30° C to +60° C, 25° C Ref.)	±2.5 PPM		
FCC Description	AZ492FT3805	AZ492FT4047	AZ492FT4856

Transmitter			
Specification	**VHF2**	**UHF1**	**UHF2**
Power Output	1-25W		
Modulation Limiting	±2.5 kHz @ 12.5 kHz/ ±4.0 kHz @ 20 kHz/ ±5.0 kHz @ 25 kHz		
FM Hum and Noise	-40dB @ 12.5 kHz -45dB @ 25 kHz	-35dB @ 12.5 kHz -40dB @ 25 kHz	
Conducted/Radiated Emissions	-36dBm < 1 GHz / -30 dBm > 1 GHz		
Audio Response (0.3-3 kHz)	TIA 603		
Tx Audio Distortion	< 3%		

Receiver			
Specification	**VHF2**	**UHF1**	**UHF2**
Sensitivity (12 dB SINAD) EIA	0.35 µV @ 12.5 kHz 0.3 µV @ 25 kHz		
Intermodulation TIA 603	-65dB @ 12.5 kHz -75dB @ 25 kHz	-60dB @ 12.5 kHz -70dB @ 25 kHz	
Adjacent Channel Selectivity	-65dB @ 12.5 kHz -75dB @ 25 kHz	-60dB @ 12.5 kHz -70dB @ 25 kHz	
Spurious Response	-75dB	-70dB	
Rated Audio Power	4W Internal 13W External		
Audio Distortion	5 %		
Hum and Noise	-40dB @12.5 kHz -45dB @ 25 kHz	-35dB @ 12.5 kHz -40dB @ 25 kHz	
Audio Response (0.3-3 kHz)	ETS 300 and TIA 603		
Conducted and Radiated Spurious Emission	-57dBm <1 Ghz / -47dBm >1 Ghz		

Specifications subject to change without notice. All electrical specifications and methods refer to EIA/TIA 603 standards.

Anexo B

DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A

TABLA DE LA DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A.

NOMBRE	DIP PIN	TIPO I/O/P	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
OSC1/CLK1 OSC1 CLK1	13	I	ST/ CMOS(4)	Cristal Oscilador o entrada de reloj externo. Entrada de reloj interno
OSC2/CLK0 OSC2 CLK2	14	O	- -	Cristal Oscilador o salida de reloj
$\overline{MCLR}/VPP$ VPP	1	I/P	ST	Entrada de Master Clear. Entrada de Reset Entrada de voltaje de programación
				PORTA I/O BIDIRECCIONAL
RAO/AN0	2		TTL	
RA0		I/O		I/O DIGITAL
AN0		I		ENTRADA ANÁLOGA 0
RA1/AN1	3		TTL	
RA1		I/O		I/O DIGITAL
AN1		I		ENTRADA ANÁLOGA 1
RA2/AN2/Vref-/CVref	4		TTL	
RA2		I/O		I/O DIGITAL
AN2		I		ENTRADA ANÁLOGA 2
Vref-		I		A/D VOLTAJE DE REF. (LOW) INPUT
CVref		O		COMPARADOR DE VOLTAJE (Vref)
RA3/AN3/VREF+	5		TTL	
RA3		I/O		I/O DIGITAL
AN3		I		ENTRADA ANÁLOGA 2
VREF+		I		A/D VOLTAJE DE REF. (HIGH) INPUT
RA4/TOCKI/C1OUT	6		ST	
RA4		I/O		I/O DIGITAL EN COLECTOR ABIERTO
TOCKI		I		TIMER 0, ENTRADA DE RELOJ EXTERNO
C1OUT		O		SALIDA DE COMPARADOR 1
RA5/ $\overline{SS}$ /AN4/C2OUT	7		TTL	
RA5		I/O		I/O DIGITAL
$\overline{SS}$		I		SPI SLAVE SELECT INPUT
AN4		I		ENTRADA ANÁLOGA 4
C2OUT		O		SALIDA DEL COMPARADOR 2

CONTINUACIÓN

NOMBRE	DIP PIN	TIPO I/O/ P	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
				PORTB I/O BIDIRECCINAL
RB0/INT	33		TTL/ST(1)	
RB0		I/O		DIGITAL I/O
INT		I		INTERRUPCIÓN EXTERNA
RB1	34	I/O	TTL	DIGITAL I/O
RB2	35	I/O	TTL	DIGITAL I/O
RB3/PGM	36		TTL	
RB3		I/O		DIGITAL I/O
PGM		I/O		LOW VOLTAGE ICSP PROGRAMMING ENABLE PIN
RB4	37	I/O	TTL	DIGITAL I/O
RB5	38	I/O	TTL	DIGITAL I/O
RB6/PGC	39		TTL/ST(2)	
RB6		I/O		DIGITAL I/O
PGC		I/O		ICSP PROGRAMMING CLOCK
RB7/PGD	40		TTL/ST(2)	
RB7		I/O		DIGITAL I/O
PGD		I/O		ICSP PROGRAMMING DATA
RC0/T1OSO/T1CKI	15		ST	
RC0		I/O		DIGITAL I/O
T1OSO		O		SALIDA DEL OSCILADOR TIMER 1
T1CKI		I		ENTRADA DE RELOJ EXTERNO TIMER 1
RC1/T1OSI/CCP2	16		ST	
RC1		I/O		DIGITAL I/O
T1OSI		I		ENTRADA DEL OSCILADOR TIMER 1
CCP2		I/O		CAPTURE 2 INPUT, COMPARE 2 OUPUT , PWM2 OUTPUT
RC2/CCP1	17		ST	
RC2		I/O		DIGITAL I/O
CCP1		I/O		CAPTURE 1 INPUT, COMPARE 1 OUPUT , PWM1 OUTPUT
RC3/SCK/SCL	18		ST	
RC3		I/O		DIGITAL I/O
SCK		I/O		SYNCHRONOUS SERIAL CLOCK I/O FOR SPI MODE
SCL		I/O		SYNCHRONOUS SERIAL CLOCK I/O FOR I^2C MODE
RC4/SDI/SDA	23		ST	
RC4		I/O		DIGILTAL I/O
SDI		I		SPI DATA IN
SDA		I/O		I^2C DATA I/O
RC5/SD0	24		ST	
RC5		I/O		I/O
SD0		0		SPI DATA OUT
RC6/TX/CK	25		ST	
RC6		I/O		I/O
TX		O		USART ASYNCHRONOUS TRANSMIT
CK		I/O		USART 1 SYNCHRONOUS CLOCK
RC7/RX/DT	26		ST	
RC7		I/O		I/O
RX		I		USART ASYNCHRONOUS RECEIVE
DT		I/O		USART SYNCHRONOUS DATA

CONTINUACIÓN

NOMBRE	DIP PIN	TIPO I/O/P	TIPO DE BUFFER	DESCRIPCIÓN
				PORTD I/O BIDIRECCIONAL O PÓRTICO ESCLAVO PARALELO.
RD0/PSP0	19		ST/TTL(3)	
RD0		I/O		DIGITAL I/O
PSP0		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD1/PSP1	20		ST/TTL(3)	
RD1		I/O		DIGITAL I/O
PSP1		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD2/PSP2	21		ST/TTL(3)	
RD2		I/O		DIGITAL I/O
PSP2		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD3/PSP3	22		ST/TTL(3)	
RD3		I/O		DIGITAL I/O
PSP3		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD4/PSP4	27		ST/TTL(3)	
RD4		I/O		DIGITAL I/O
PSP4		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD5/PSP5	28		ST/TTL(3)	
RD5		I/O		DIGITAL I/O
PSP5		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD6/PSP6	29		ST/TTL(3)	
RD6		I/O		DIGITAL I/O
PSP6		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
RD7/PSP7	30		ST/TTL(3)	
RD7		I/O		DIGITAL I/O
PSP7		I/O		PARALLEL SLAVE PORT DATA
				PORTE I/O BIDIRECCIONAL
REO/ $\overline{RD}$/ AN5	8		ST/TTL(3)	
RE0		I/O		DIGITAL I/O
$\overline{RD}$		I		READ CONTROL FOR PARALLEL SLAVE PORT
AN5		I		ENTRADA ANÁLOGO 5
RE1 /$\overline{WR}$/ AN6	9		ST/TTL(3)	
RE1		I/O		DIGITAL I/O
$\overline{WR}$		I		WRITE CONTROL FOR PARALLEL SLAVE PORT
AN6		I		ENTRADA ANÁLOGO 6
RE2/ $\overline{CS}$ / AN7	10		ST/TTL(3)	
RE2		I/O		DIGITAL I/O
$\overline{CS}$		I		CHIP SELECT CONTROL
AN7		I		ENTRADA ANÁLOGO 7
VSS	12.31	P		GROUND REFERENCE FOR LOGIC AND I/O PINS
VDD	11.32	P		POSITIVE SUPPLY FOR LOGIC AND I/O PINS

FUENTE: MICROSHIP.

LEYENDA:

I= INPUT	O=OUTPUT	I/O=INPUT/OUTPUT	P=POWER
-= NOT USED	TTL =TTL INPUT	ST =SCHMITT TRIGGER INPUT	

Note:

(1) Este buffer es una entrada de Schmitt trigger, cuando se configure con un interruptor externo.

(2) Este buffer es una entrada de Schmitt trigger cuando se usa el modo de programación serial.

(3) Este buffer es una entrada de Schmitt trigger cuando se configura como I/O de propósito general y una entrada TTL usada para el pórtico paralelo slave.

(4) Este buffer es una entrada de Schmitt trigger cuando se configura un oscilador RC, entrada CMOS.

Anexo C

PROGRAMA DE CONTROL PARA COMORAD UTILIZANDO EL PIC 16F877A

```
'*************************************************************************
'*  Name    : CONTROL COMORAD                                            *
'*  Author  : Jimmy Vivanco                                              *
'*  Date    : 07/12/2008                                                 *
'*  Version : 1.0                                                        *
*                                                                        *
'*  Notes   :                                                            *
'*                                                                       *
'*************************************************************************
DEFINE LCD_DREG PORTB       ; Definición para utilizar 4 bits del pórtico B para
                              transmisión de datos
DEFINE LCD_DBIT 4           ; Desde el bit B.4 al el B.7
DEFINE LCD_RSREG PORTB      ; Definición para utilizar el registro de  control/datos
                              en el puerto B
DEFINE LCD_RSBIT 3          ;en el bit B.3
DEFINE LCD_EREG PORTB       ;Definición para utilizar  el enable en el Puerto B
DEFINE LCD_EBIT 2           ; en el bit B.2


X VAR BYTE                  ; variable para sumar y restar el número de canal
R VAR BYTE                  ; variable para lazo repetitivo
D VAR BYTE                  ; variable para lazo repetitivo
S VAR  BYTE                 ; variable para lazo repetitivo
CANAL VAR BYTE              ; cambio de variable a CANAL de tamaño 256

ENCENDER VAR PORTC.0        ; cambio de nombre al pórtico C.0 por ENCENDER
SOS VAR PORTC.1             ; cambio de nombre del pórtico C.1 por SOS
UP VAR PORTC.2              ; cambio de nombre del pórtico C.2 por UP
DOWN VAR PORTC.3            ; cambio de nombre del pórtico C.3 por DOWN
RADIOON VAR PORTD.0         ;  cambio de nombre del pórtico  D.0 por RADIOON,
                              para encender el equipo
ONLCD VAR PORTB.0           ;  cambio de nombre del pórtico B.0 por ONLCD,
                              para encender el LCD del equipo
ONCANAL VAR PORTC.4         ; cambio de nombre del pórtico C.4 por ONCANAL
ONMULT VAR PORTC.7          ; cambio de nombre del pórtico C.7 por ONMULT,
                              enciende el multiplexor
PTT2 VAR PORTC.6            ; cambio del pórtico C.6 por PTT2, para el estado de
                              emergencia
LEDSOS VAR PORTD.1          ; cambio del pórtico D.1 por LEDSOS
RELE VAR PORTC.5            ; cambio del pórtico C.5 por RELE
LEDON  VAR PORTD.3          ; cambio del pórtico D.3 por LEDON

LOW LEDON                   ; ubica en nivel bajo a LEDON
LOW ONCANAL                 ; ubicar en nivel bajo a ONCANAL
HIGH RADIOON                ; ubicar en nivel alto a RADIOON
LOW ONMULT                  ; ubicar en nivel bajo a ONMULT
LOW ONLCD                   ; ubicar en nivel bajo a ONLCD
HIGH PTT2                   ; ubicar en nivel alto a PTT2
LOW RELE                    ; ubicar en un nivel bajo a RELE

ADCON1=7                    ; apaga los comparadores de voltaje y digitaliza los
                              puertos
TRISE=0                     ; hace salidas al pórtico E
```

```
PORTE=1                          ; ubica un 1 en binario al pórtico E
CANAL=4                          ;  define el número de canales para COMORAD


INICIO:                          ; etiqueta para salto

IF  ENCENDER=0 THEN              ; pregunta si el pulsador ENCENDER=0  entonces
   GOSUB AR                              ; salte a la etiqueta AR
   GOTO PRENDER                  ; salte a la etiqueta PRENDER
   ENDIF                         ; termine la instrucción IF

IF  SOS=0 THEN                   ; pregunta si el pulsador SOS=0 entonces
   GOSUB AR2                     ; salte a la etiqueta AR2
   GOTO EMERGENCIA               ; salte a la etiqueta EMERGENCIA
   ENDIF                         ; termine la instrucción IF


GOTO INICIO                      ; salte a la etiqueta inicio

PRENDER:                         ; etiqueta de salto

   HIGH LEDON                              ; saque 1L por el pórtico A.4; encienda el led
                                           de visualización de radio encendido
   LOW RADIOON                             ; saque 0L por el pórtico D.0, encienda el
                                           radio
   HIGH ONCANAL                            ; saque 1L por el pórtico C.4, habilite el
                                           cambio de canales
   HIGH ONLCD                              ; saque 1L por el pórtico B.0, encienda el LCD
   LOW ONMULT                              ; saque 0L por el pórtico C.7, habilite las
                                           señales presentes en A del multiplexor
   HIGH RELE                               ; saque 1L por el pórtico C.5, habilite el
                                           contacto N.A del relé
  LCDOUT $FE,1, "BIENVENIDOS"              ; visualice la palabra BIENVENIDOS en el
                                           LCD
   PAUSE 5000                              ; haga una pausa de 5 segundos
   X=PORTE                                 ; cargar la etiqueta X con el valor del pórtico E
   LCDOUT $FE,1,"    CANAL ", DEC X        ;visualice la palabra canal y el número
                                           presente en la etiqueta X
   LCDOUT $FE,$C0,"EPN/ESFOT/ET/JV"; visualice la palabra EPN/ESFOT/ET/JV,  en
                                           la segunda línea del LCD
PREGUNTA:                                  ;etiqueta de salto
      IF  ENCENDER=0 THEN                  ; pregunta si el pulsador ENCENDER=0
                                           entonces
      GOSUB AR                             ; salte a la etiqueta AR
      GOTO APAGADO                         ; salte a la etiqueta APAGADO
      ENDIF                                ; termine la instrucción IF

      IF UP=0 THEN                         ; pregunta si el pulsador UP=0 entonces
      GOSUB AR3                            ;  salte a la etiqueta AR3
      GOSUB MAS                            ; salte a la etiqueta MAS
      ENDIF                                ; termina la instrucción IF

      IF DOWN=0 THEN                       ; pregunta si el pulsador DOWN=0 entonces
      GOSUB AR4                            ; salte a la etiqueta AR4
```

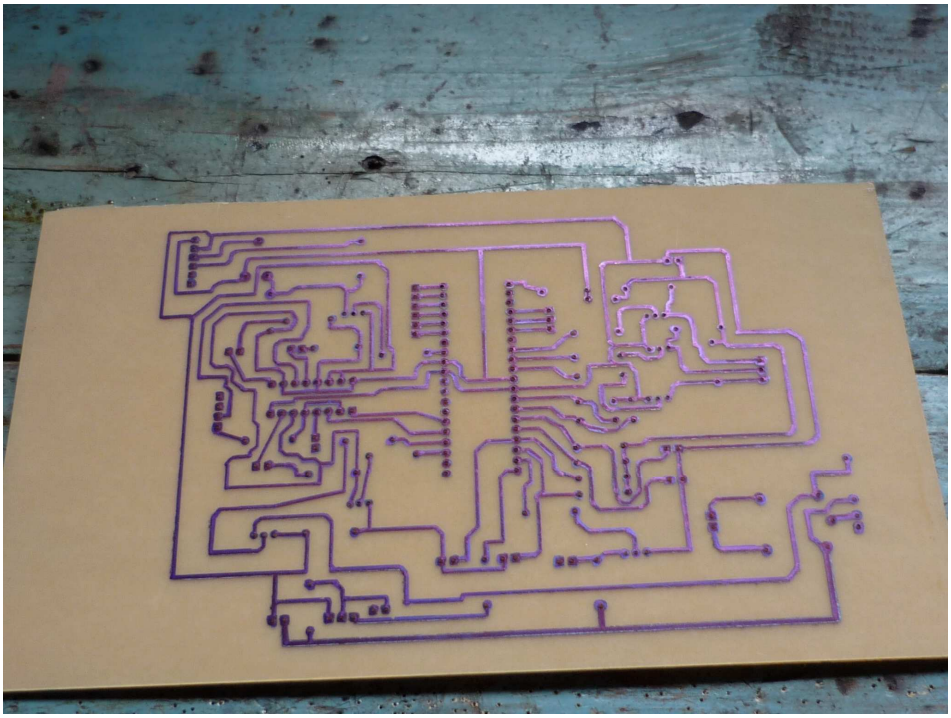
```
      GOSUB MENOS                ; salte a la etiqueta MENOS
      ENDIF                      ; termine la instrucción IF

      IF  SOS=0 THEN             ; pregunta si el pulsador SOS=0 entonces
      GOSUB AR2                  ; salte a la etiqueta AR2
      GOTO EMERGENCIA            ; salte a la etiqueta EMERGENCIA
      ENDIF                      ; termine la instrucción IF

      GOTO PREGUNTA              ; salte a pregunta hasta que presione
                                 nuevamente el pulsador PRENDER

   APAGADO:                      ; etiqueta de salto
     LOW LEDON                   ; saque 0L por el pórtico A.4; apague  el led
                                 de visualización de radio encendido

      HIGH RADIOON               ; saque 1L por el pórtico D.0, apague el radio
      LOW ONCANAL                ; saque 0L por el pórtico C.4, deshabilite el
                                 cambio de canales
      LOW ONLCD                  ; saque 0L por el pórtico B.0, apague el LCD
      HIGH ONMULT                ; saque 1L por el pórtico C.7, habilite las
                                 señales presentes en B del multiplexor
      LOW RELE                   ; saque 0L por el pórtico C.5, desactive el
                                 contacto N.A del relé

GOTO INICIO                      ; salte a la etiqueta INICIO

EMERGENCIA:                      ; etiqueta de salto

   LOW RADIOON                   ; saque 0L por el pórtico D.0, encienda el radio
   LOW  ONCANAL                  ; saque 0L por el pórtico C.4, deshabilite canales
   LOW ONLCD                     ; saque 0L por el pórtico B.0, apague el LCD
   HIGH ONMULT                   ; saque 1L por el pórtico; habilite salidas B del
                                 multiplexor (emergencia)
   HIGH LEDSOS                   ; saque 1L por el pórtico D.1, encienda el led de
                                 visualización de emergencia
   LOW RELE                      ; saque 0L por el pórtico C.5, habilite el MIC espía

   PORTE=4                       ; ubique al radio en el canal 4

FOR R=1 TO 5                     ; lazo  repetitive de 1 a 5
   LOW PTT2                      ; ubique 0L por el pórtico C.6, habilite PTT de
                                 emergencia
   GOSUB TIMER1                  ;salte a realizar una pausa de 60 segundos
   HIGH PTT2                     ; ubique 1L por el pórtico C.6, deshabilite el PTT de
                                 emergencia
   GOSUB TIMER2                  ; salte a realizar una pausa de 30 segundos
NEXT                             ; salte al lazo repetitivo hasta que R=5

GOTO INICIO                      ; salte a la etiqueta INICIO

MAS:                             ; etiqueta para realizar el aumento de canal

PORTE=PORTE+1                    ; ubique el valor que está en el pórtico E y
                                 sume uno
```

```
IF PORTE>CANAL THEN PORTE=1          ; pregunta si el valor del pórtico E mayor a la
                                     etiqueta canal entonces pórtico E=1
X=PORTE                              ; cargue el valor del pórtico E a la variable X
LCDOUT $FE,1," CANAL ", DEC X        ; visualice en el LCD la palabra CANAL y el
                                     valor  que se encuentra en X
LCDOUT $FE,$C0,"EPN/ESFOT/ET/JV"     ;visualice la palabra EPN/ESFOT/ET/JV,  en
                                     la segunda línea del LCD

RETURN                               ; regrese a la siguiente línea donde se quedó

MENOS:                               ; etiqueta para disminuir el canal

PORTE=PORTE-1                        ; ubique el valor que está en el pórtico E y
                                     reste uno

IF PORTE<1 THEN PORTE=CANAL          ; pregunta si el valor del pórtico E menor a
                                     uno entonces pórtico E= CANAL

X=PORTE                              ; cargue el valor del pórtico E a la variable X
LCDOUT $FE,1,"     CANAL ", DEC X    ; visualice en el LCD la palabra CANAL y el
                                     valor  que se encuentra en X
LCDOUT $FE,$C0,"EPN/ESFOT/ET/JV"     ;visualice la palabra EPN/ESFOT/ET/JV,  en
                                     la segunda línea del LCD

RETURN                               ;regrese a la siguiente línea donde se quedó


GOTO INICIO                          ; salte a la etiqueta inicio

TIMER1: ;Etiqueta de salto llamada TIMER1   ;etiqueta de salto llamada TIMER1
   FOR D=1 TO 60                    ; lazo repetitive de 1 a 60
   PAUSE 1000                       ; pausa de 1 segundo
   NEXT                             ; salto al lazo repetitive hasta que
                                    D=60
RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó

TIMER2:                             ; etiqueta de salto llamado TIMER2
   FOR S=1 TO 30                    ; lazo repetitive de 1 a 30
   PAUSE 1000                       ; pausa de 1 segundo
   NEXT                             ; salto al lazo repetitive hasta que
                                    S=30
RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó


AR: IF ENCENDER=0 THEN GOTO AR      ; etiqueta de salto AR, si ENCENDER
                                    sigue presionado entonces salte AR
RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó

AR2: IF SOS=0 THEN GOTO AR2         ; etiqueta de salto AR2, si SOS
                                    sigue presionado entonces salte AR2

RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó

AR3: IF UP=0 THEN GOTO AR3          ; etiqueta de salto AR3, si UP
```

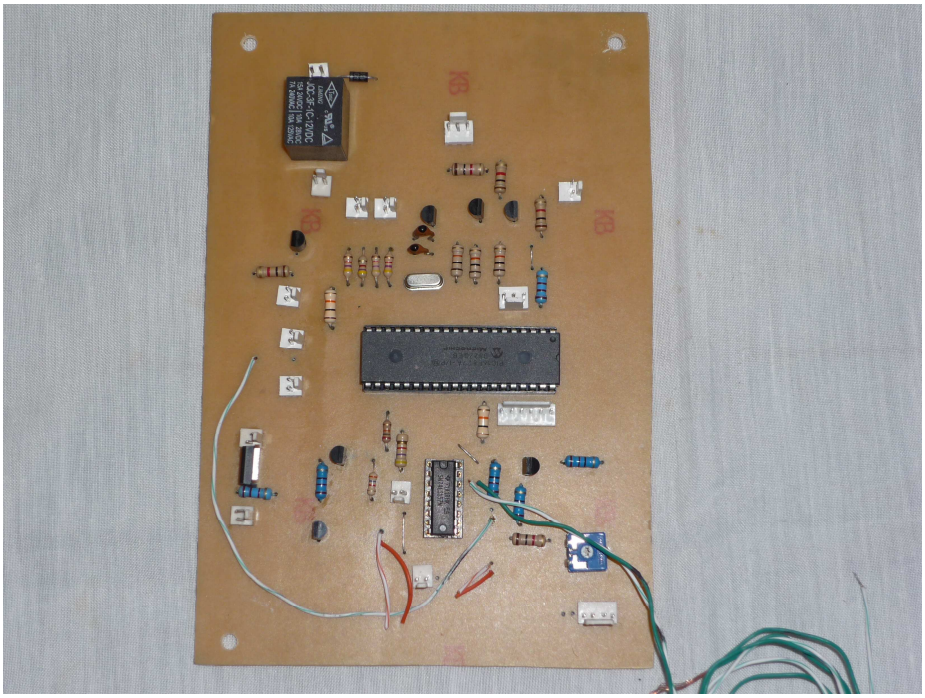
```
                                    sigue presionado entonces salte AR3
RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó

AR4: IF DOWN=0 THEN GOTO AR4        ; etiqueta de salto AR4, si DOWN
                                    sigue presionado entonces salte AR4
RETURN                              ; regrese a la línea donde se quedó

END                                 ; fin del programa
```

ANEXO D

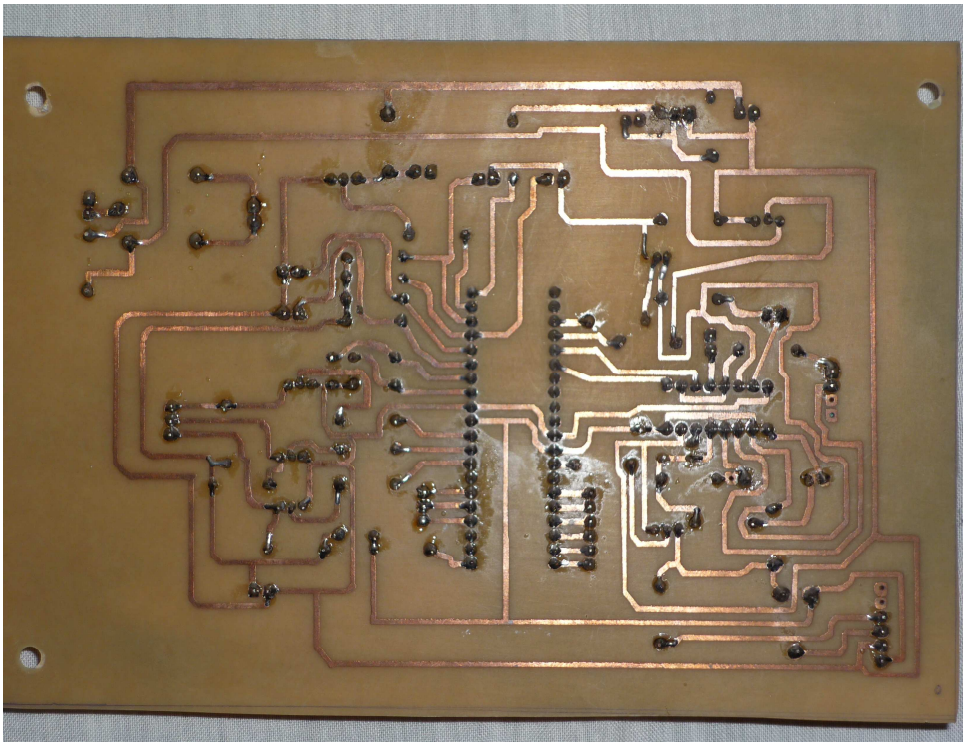
FOTOGRAFÍAS DE COMORAD



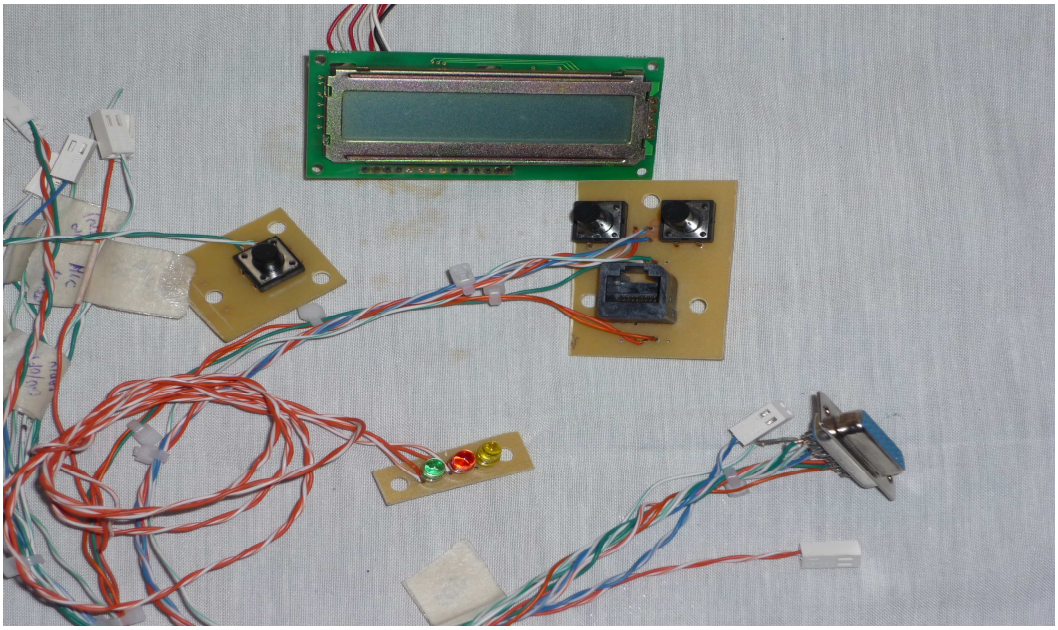
Tarjeta COMORAD. Vista inferior sin elementos



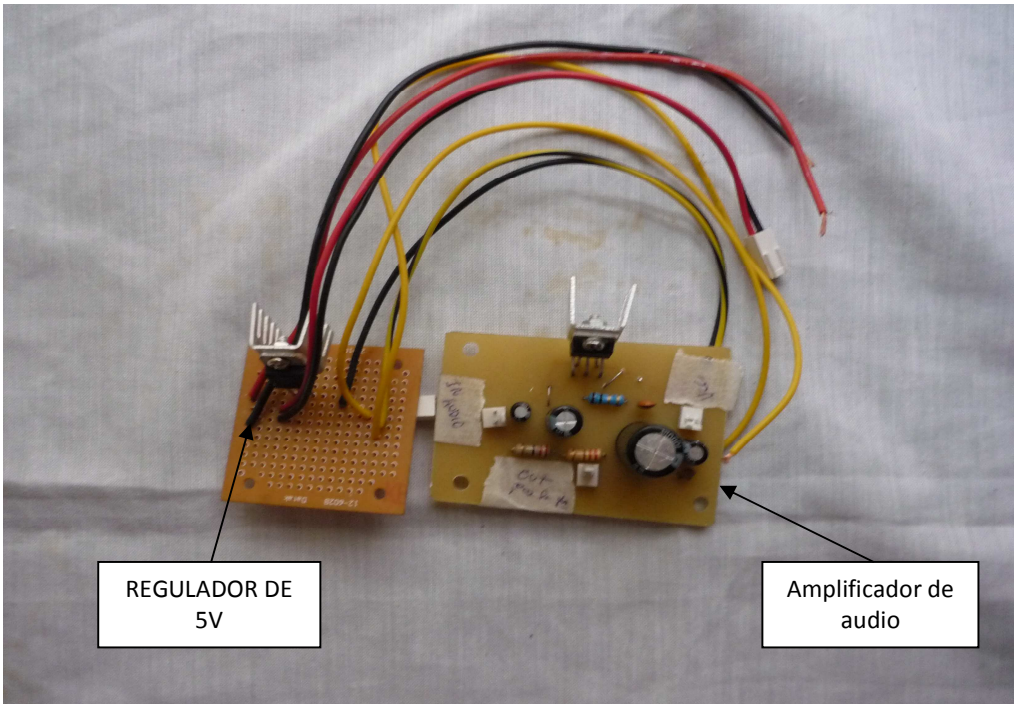
Vista de la parte superior. Tarjeta COMORAD armada



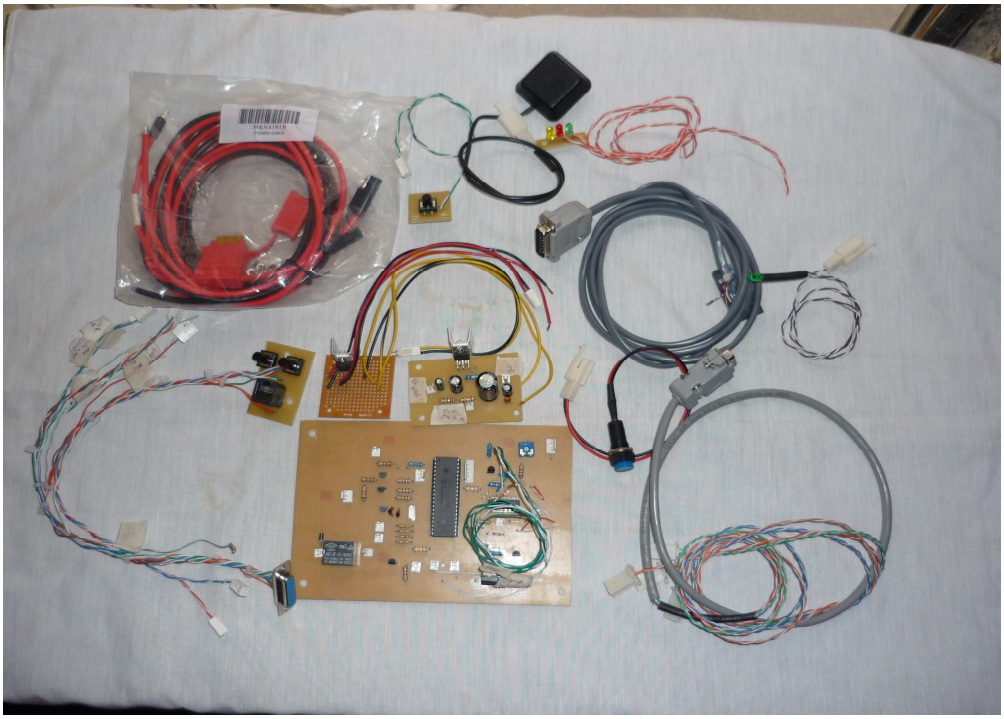
Vista de la parte interior. Tarjeta COMORAD con elementos



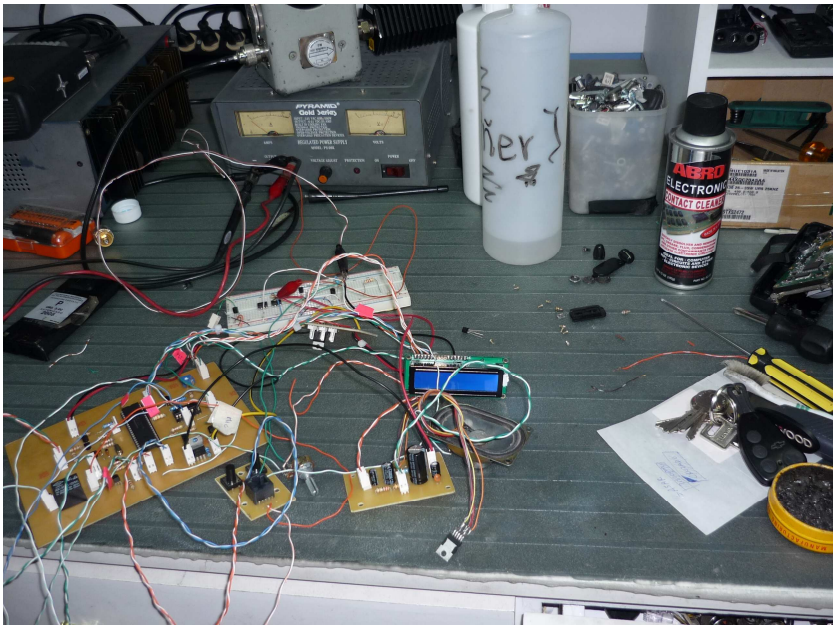
Pantalla LCD, Led de Señalización y pulsadores para funcionamiento de COMORAD



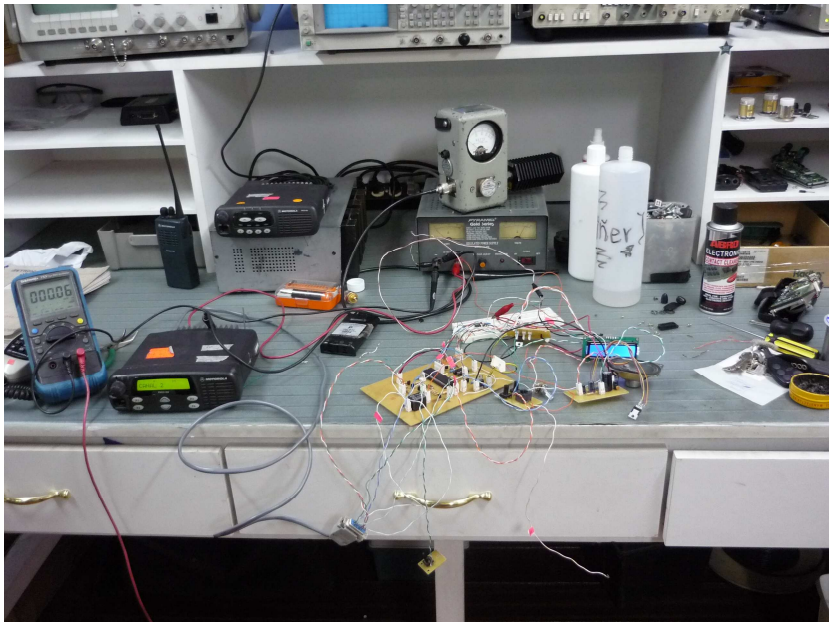
Amplificador de Audio y Regulador de 5v



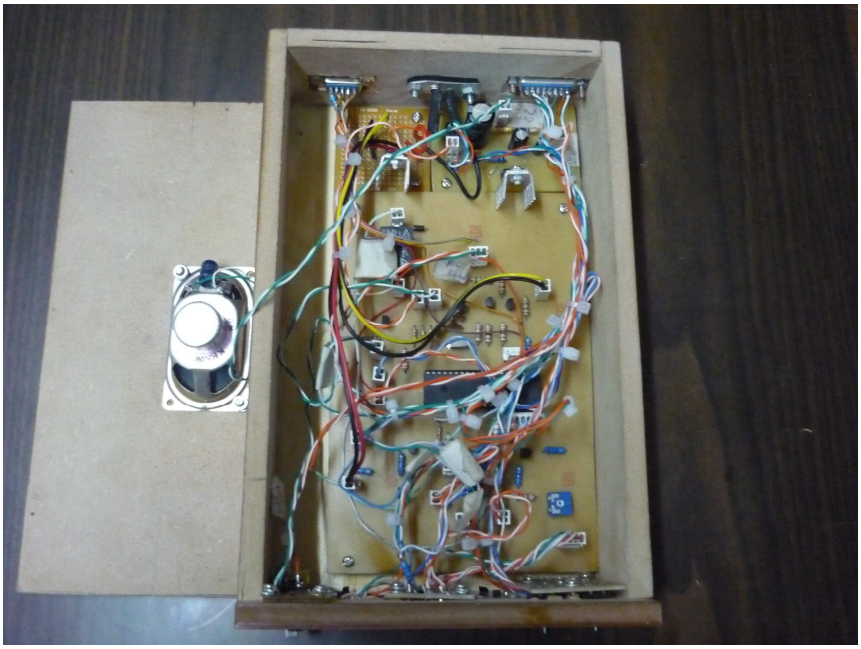
Tarjetas electrónicas y cables de interconexión



Tarjeta electrónica armada en el laboratorio

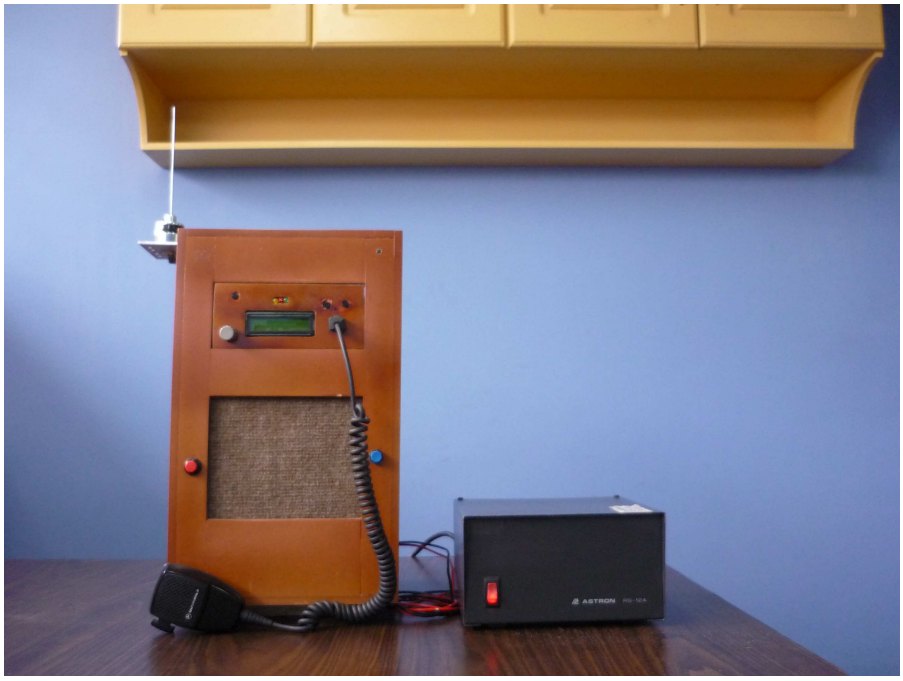


Pruebas del funcionamiento de COMORAD en el Laboratorio

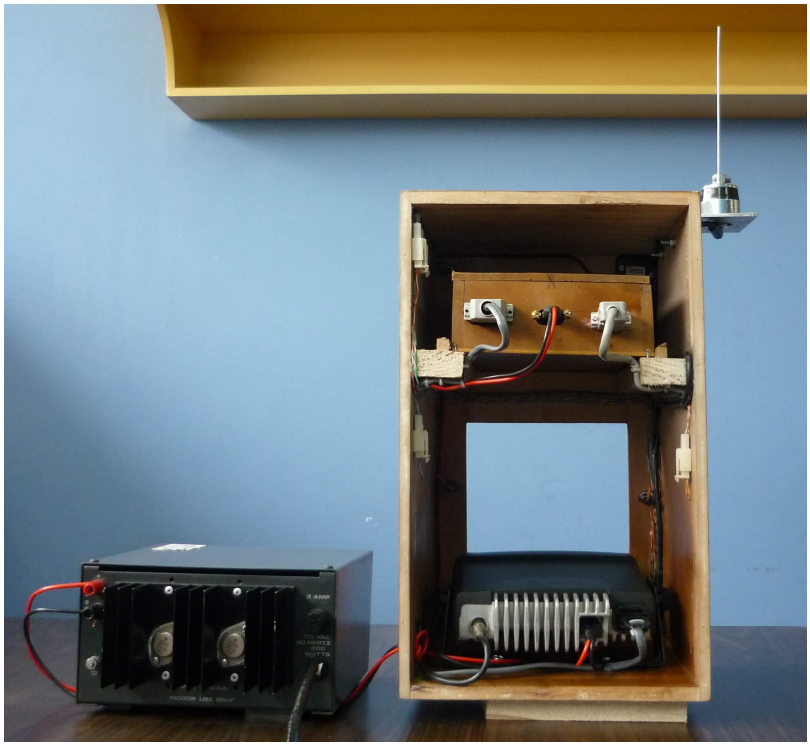


Instalación de Tarjetas electrónicas.

Vista Frontal del módulo de control COMORAD



Módulo de control COMORAD Instalada Vista de frente.



Módulo de control COMORAD Instalada Vista de Posterior.

ANEXO E

PROGRAMACIÓN DEL RADIO BASE

La central de radio posee un radio móvil Motorola PRO5100, en cuya pantalla se mostraran las unidades que se encuentran trabajando en el sistema. Para ello se crea una base de datos en donde se designa a cada unidad con un número, que será reconocido solamente en la central de radios.

En primer lugar, programamos la parte básica, para ello, cargamos la información inicial del radio a nuestro computador, y en **conventional personality,** nos ubicamos en **canal 1** en donde programamos las frecuencias del sistema, inmediatamente en **options** desactivamos el **busy channel** debido a que la central debe poseer privilegios para ingresar al sistema de comunicación. Luego ingresamos a **SIGNALING,** en donde ubicamos **MDC-1,** tanto en Tx como en Rx, programación que lo podemos observar en las pantallas de la figura A.

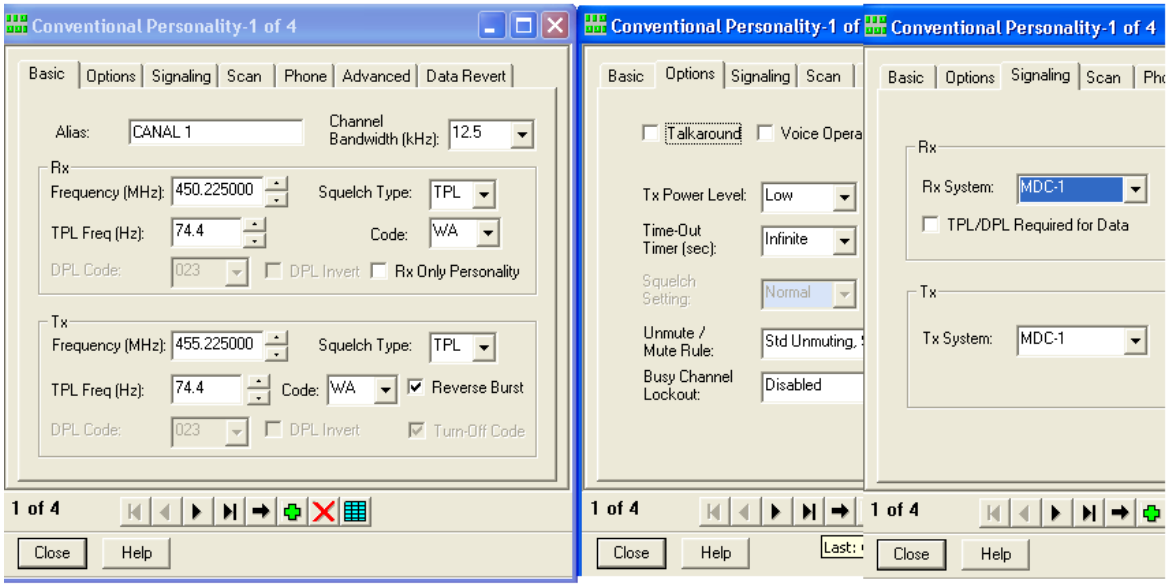


Figura A. Pantallas de la programación básica del radio PRO 5100

Ahora programamos la señalización MDC del radio, para ello se crea una base de datos de 20 usuarios, de tal forma que los 10 primeros se reconozcan como: móvil uno, móvil dos, hasta móvil 10, utilizando la señalización MDC-1. Los 10 restantes se reconocerán como: Emergencia 1, Emergencia 2, hasta emergencia 10, utilizando la señalización MDC-2.

Para ello en **signaling,** ubicamos **MDC System**, en donde ingresamos para aumentar un MDC, de tal forma que MDC-1 corresponda a los móviles en

funcionamiento normal y MDC-2 a los móviles en emergencia. Para las unidades, se programan los MDC siguiendo el siguiente criterio: el número de unidad corresponderá al número de MDC en funcionamiento normal y el de emergencia al número correspondiente de acuerdo al valor después de 10, por ejemplo la unidad 4 tendrá un MDC-1 de valor 4 en funcionamiento normal y el de emergencia será un MDC-2 de valor 14. Estos números se ubicarán en **Primary ID**, tanto en MDC-1 como MDC-2. Esto lo podemos observar en la figura B.

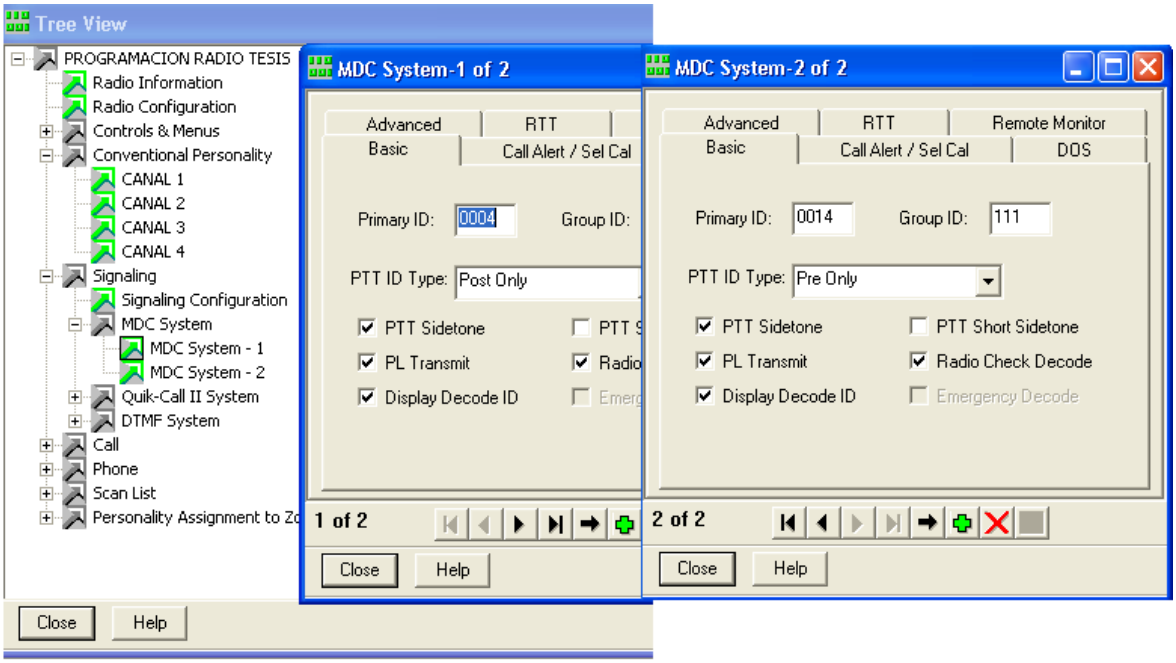


Figura B. Pantalla de Programación para señalización MDC en Unidades

Una vez aumentado el MDC, ingresamos a **CALL**, en donde aparece la ventana **MDC CALL**, ingresamos ahí y aumentamos 20 MDC call, luego cambiamos el nombre a cada uno de estos, por: MÓVIL del 1 AL 10 y EMERGENCIA del 1 al 10. En está misma ventana se encuentra el tipo de MDC a utilizar, así del 1 al 10 usamos MDC-1 y del 11 al 20 MDC-2. Como lo podemos observar en la figura C.

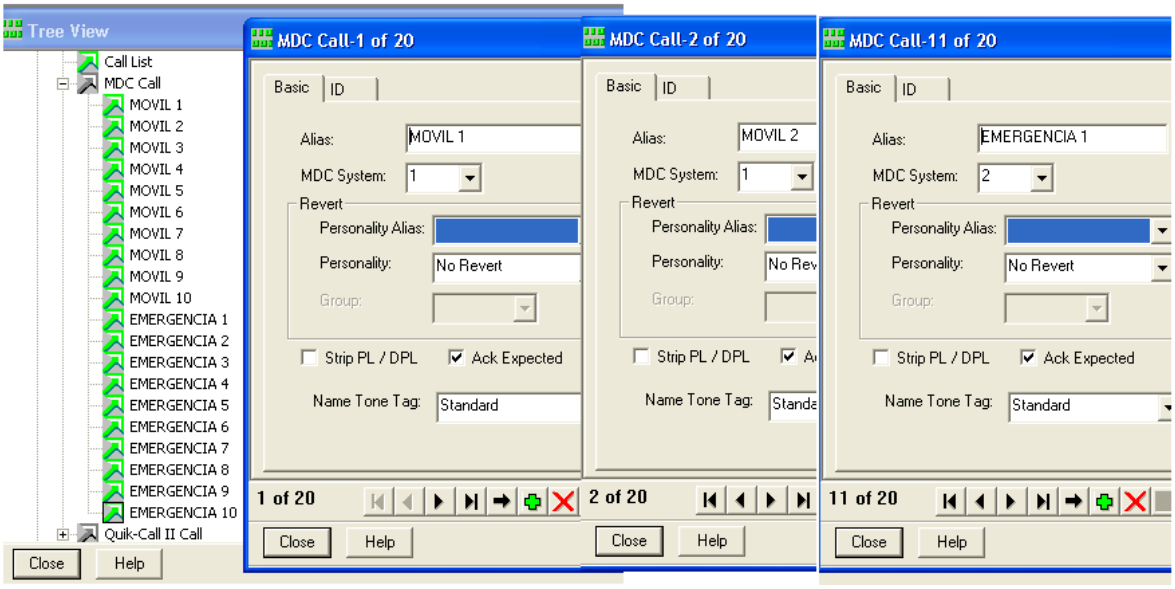


Figura C. Pantalla de Programación de MDC para ser reconocidos en radio Base.

Está base de datos será la que reconocerá el radio base, inmediatamente programamos el radio, concluyendo la programación de este.

ANEXO F

MANUAL DE INSTALACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL COMORAD

El siguiente manual, permite conocer la forma de instalar el módulo de control frontal para radios Motorola. En el mismo se indica de una forma sencilla, la manera de instalar cada uno de los periféricos que son necesarios para el funcionamiento.

COMORAD está conformado por el módulo de control, micrófono auxiliar, interfaz de conexión externa, interfaz RADIO-COMORAD, cable de poder, pulsador de emergencia (SOS), pulsador de desconexión y led de emergencia (Led-E), como lo observamos en la siguiente figura.

ERROR: ioerror
OFFENDING COMMAND: image

STACK: