

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,  
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN  
INGENIERÍA**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD  
DE LOS EQUIPOS DE RADIO RACAL MODELOS TRA-931 Y PRM-  
4031, PARA EL COMANDO DE APOYO LOGÍSTICO  
ELECTRÓNICO (CALE) DE LA FUERZA TERRESTRE**

**JOSÉ LUIS BELTRÁN AGUIRRE**

**TNTE. DE COM. CARLOS ENRIQUE GONZÁLEZ MANTILLA**

**SANGOLQUÍ – ECUADOR**

**2007**

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	2
1.3 COMUNICACIONES HF .....	3
1.3.1 Ondas Ionosféricas .....	4
1.3.1.1 Capas de la ionosfera .....	5
1.3.2 Tipos de propagación HF.....	6
1.3.3 Límites de frecuencia para ondas espaciales.....	7
1.3.3.1 Escudamiento de la Capa E.....	8
1.3.3.2 Ruido.....	8
1.3.3.3 Absorción por parte de la Ionosfera.....	9
1.3.4 Rango de Frecuencias usables.....	9
1.3.5 Consideraciones de los alcances para el diseño de comunicaciones HF .....	10
1.3.5.1 Enlaces de Ondas Terrestres .....	10
1.3.5.2 Geometría de Salto Corto.....	10
1.3.5.3 Geometría de Salto Largo .....	11
1.3.6 Comunicaciones digitales en la banda de HF .....	11
1.4 CONTROL DE CALIDAD EN RADIOS HF .....	13
1.4.1 Rango de Frecuencia .....	14
1.4.2 Modos de operación .....	14
1.4.2.1 Modos de Voz.....	16
1.4.3 Estabilidad de Frecuencia .....	20
1.4.4 Potencia de Salida .....	21
1.4.5 Potencia de salida de AF.....	21
1.4.6 Emisiones Armónicas.....	21
1.4.7 Emisiones Espurias.....	21
1.4.8 Supresión de Portadora.....	22
1.4.9 Suministro de Energía.....	22
1.4.10 Consumo de energía .....	22
1.4.11 Sensibilidad.....	22
1.4.12 Relación Señal a Ruido.....	22

1.4.13 Supresión de la Frecuencia de imagen.....	23
1.4.14 Rechazo de la Frecuencia Intermedia .....	23
1.4.15 Distorsión de Intermodulación.....	24
1.4.16 Control Automático de Ganancia (AGC) .....	24
1.4.17 Estándar MIL-STD-810F.....	25
<b>2. ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS RADIOS RACAL MODELOS TRA-931 Y PRM-4031 EN EL CALE .....</b>	<b>30</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	30
2.2 PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS RADIOS RACAL TRA-931 Y PRM-4031 .....	31
2.2.1 Procedimiento de Control de Calidad para el Equipo TRA-931.....	32
2.2.2 Procedimiento de Control de Calidad para el Equipo PRM-4031 .....	35
2.3 ANÁLISIS DEL PROCESO .....	39
<b>3. DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE RADIO RACAL MODELOS PRM-4031 Y TRA 931 .....</b>	<b>44</b>
3.1 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y VARIABLES A CONTROLAR .....	44
3.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO A IMPLANTARSE .....	47
3.2.1 Procedimiento para el Control de Calidad.....	50
3.2.1.1 Diagramas de flujo.....	53
3.3 HARDWARE UTILIZADO.....	56
3.3.1 Tarjeta NI PCI-GPIB .....	56
3.3.2 Analizador de Espectros HP 8560A .....	57
3.3.3 Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A .....	60
3.3.4 Computadora Personal.....	65
3.4 SOFTWARE UTILIZADO .....	65
3.4.1 Software de Programación.....	65
3.4.2 Software de Base de Datos .....	66
<b>4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD AUTOMATIZADO DE LOS EQUIPOS DE RADIO RACAL MODELO PRM-4031 Y TRA-931 .....</b>	<b>68</b>

4.1 ADQUISICIÓN DE DATOS.....	68
4.1.1. Bus de Comunicación GPIB .....	69
4.1.1.2 Modo de operación de un Equipo.....	69
4.1.2 Programación del Analizador de Espectros HP-8560A.....	71
4.1.2.1. Consideración inicial de programación.....	73
4.1.2.2 Transferencia de gráficas hacia la computadora .....	73
4.1.3 Programación del Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A.....	75
4.1.3.1. Consideración inicial de programación.....	77
4.1.3.2 Magnitudes que maneja el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A .....	77
4.1.4 Comunicación GPIB a través de Labview 7.1 .....	78
4.1.4.1 Programación en Labview 7.1 .....	81
4.2 DESARROLLO DE LAS INTERFACES.....	85
4.2.1 Ventanas de ayuda.....	93
4.3 DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS .....	94
<b>5. PRUEBAS DE TRABAJO.....</b>	<b>101</b>
5.1 INTRODUCCIÓN .....	101
5.2 PRUEBAS CON EL SISTEMA AUTOMATIZADO .....	102
5.3 PRUEBAS REALIZADAS DE FORMA MANUAL.....	114
5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS .....	116
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>120</b>
6.1 CONCLUSIONES .....	120
6.2 RECOMENDACIONES .....	121
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO “A” DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS RADIOS RACAL PRM-4031 y TRA-931 .....</b>	<b>125</b>
A.1 RADIO TRA-931 .....	126
A.2 RADIO PRM-4031.....	134
A.3 FUNCIONES COMUNES PARA LOS DOS TIPOS DE EQUIPOS .....	143
A.4 AYUDAS RADIO RACAL TRA-931 .....	153

<b>ANEXO “B” PANTALLAS DE AYUDA DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS RADIOS RACAL PRM-4031 y TRA-931 .....</b>	<b>163</b>
B.1 VENTANAS DE AYUDA PARA LA RADIO RACAL TRA-931 .....	164
B.2 VENTANAS DE AYUDA PARA LA RADIO RACAL PRM-4031 .....	170
<b>ANEXO “C” CARTAS DE CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO “D” RESULTADOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>179</b>
D.1 RADIO RACAL PRM-4031.....	180
D.2 RADIO RACAL TRA-931 .....	182
<b>ANEXO “E” MANUAL DE USUARIO.....</b>	<b>184</b>
E.1. INTRODUCCIÓN.....	184
E.2. HARDWARE.....	184
E.2.1 Instalación de la tarjeta NI PCI-GPIB.....	185
E.2.2 Diagrama de conexiones .....	186
E.2.3 Computador .....	187
E.3. SOFTWARE.....	187
E.3.1 Instalación.....	187
E.3.2 Condiciones Iniciales .....	188
E.3.3 Operación .....	191
E.4. RECOMENDACIONES.....	195

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

Las comunicaciones durante las operaciones militares en tiempos de paz y de guerra constituyen un factor fundamental en la ejecución adecuada de éstas; por tal motivo, se requiere que las unidades de la Fuerza Terrestre cuenten con un material de comunicaciones en óptimas condiciones de uso, de tal manera que permitan el eficiente desempeño de la actividad militar.

Uno de los equipos de comunicación más utilizados por la Fuerza Terrestre en sus distintas unidades son las radios RACAL<sup>1</sup> (modelos PRM-931 y PRM-4031). Estos equipos permiten la transmisión y recepción de voz en un rango de frecuencias de trabajo desde los 1.6 MHz. hasta los 30 MHz. (HF). Además presentan características de resistencia y durabilidad que las hacen adecuadas para las operaciones militares.

El Comando de Apoyo Logístico Electrónico (CALE) es la unidad responsable de realizar el mantenimiento preventivo y correctivo, además del control de calidad de los equipos de comunicación de la Fuerza Terrestre.

En la actualidad el proceso de Control de Calidad de los equipos de radio RACAL que se ejecuta en el CALE, se lo realiza de forma manual, es decir, el encargado del control es quien registra los datos suministrados por los equipos de medición. Posteriormente, compara estos valores con parámetros definidos por el fabricante y determina qué radios se encuentran en buen estado o necesitan arreglo y mantenimiento.

---

<sup>1</sup> RACAL Electronics fue una firma del departamento electrónico de la defensa británica comprada por Thomson-CSF (ahora el grupo Thales) en el año 2000.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

El Control de Calidad de los equipos de radio RACAL, es un proceso que puede dar lugar a errores, tales como una mala apreciación de la medida realizada, mala interpretación de los parámetros de referencia, y falla en la conexión de instrumentos de medición. En primer lugar, una medida mal tomada o un parámetro mal interpretado dan lugar a presentar informes falsos sobre el desempeño del equipo. Mientras que, errores en las conexiones podrían producir daños en los equipos de medición o de radio.

Para evitar dichos problemas se hace necesario que exista un proceso correctamente definido y documentado; de manera que, los informes que se emitan sobre las condiciones de las radios sean veraces y confiables. Además este proceso permitirá eliminar el riesgo de daños hacia los equipos. Al evitar estas situaciones de error, se consigue realizar un proceso de Control de Calidad óptimo y sobre todo confiable, lo que irá en beneficio de los intereses de la Fuerza Terrestre en lo que respecta a la durabilidad y confiabilidad de sus equipos de comunicación.

Para lograr este objetivo, la automatización de procesos constituye un camino viable, ya que el uso de dispositivos electrónicos que monitoreen y controlen los procesos aumentará la precisión en la toma de datos y no dará lugar a malas interpretaciones de parámetros de referencia. Además el desarrollo de una adecuada Interfaz Humano-Máquina (HMI), permitirá que el operador pueda manipular los equipos de una forma correcta evitando considerablemente el que se susciten fallas en el desarrollo del proceso.

En la actualidad, se hace necesario que las empresas busquen automatizar sus procesos, de tal manera que estos procedimientos se puedan corregir, mejorar y optimizar. Cumplir con estas expectativas en la automatización de procesos, permitirán que la empresa pueda ahorrar tiempo, ganar en la productividad de su personal, tener un ahorro económico, al garantizar el buen funcionamiento de equipos y procesos de control y producción.

El beneficio que traería la automatización del proceso de control de calidad de las radios RACAL al CALE radica en el hecho de agilizar, optimizar y mejorar el procedimiento de adquisición y registro de datos a través de dispositivos electrónicos

dedicados a esta función; además de la elaboración de una base de datos que permita el manejo de información referente a los equipos de radio.

Un factor importante dentro de la automatización de un proceso es la adquisición de datos. Para este propósito, dentro del proyecto, se ha visto conveniente el uso del controlador GPIB (*General Purpose Interface Bus*), que es un bus y un protocolo estándar para el control y comunicación con instrumentos de medida, como polímetros digitales, osciloscopios, analizadores de espectros, etc., que permite configurar sistemas automáticos en el laboratorio y en la industria con gran flexibilidad y potencia.

La creación de una base de datos sobre el proceso de control de calidad de los equipos permitirá manejar información importante sobre fallas en las radios, posibles soluciones a estas fallas, y principalmente tener un control documentado sobre el cumplimiento de los parámetros de calidad de los equipos, la frecuencia con que son revisados, de tal forma que se cuente con un criterio técnico adecuado y debidamente respaldado para estar en capacidad de emitir recomendaciones sobre posibles reemplazos de las radios.

### **1.3 COMUNICACIONES HF**

A partir de los inicios de la radiocomunicación a largas distancias en 1901, las comunicaciones en la banda HF (*High Frequency*) ocuparon el primer lugar, ya que se trataba del único método de comunicaciones instantáneas que unía las grandes ciudades y los continentes, mediante la Radiotelegrafía primero, luego en Fonía (voz) y finalmente en el Teletipo FSK (Modulación por Desplazamiento de Frecuencia).

Durante la Segunda Guerra Mundial, fue también el único método que permitió ejercer el mando entre las Unidades de los Ejércitos desplazadas a grandes distancias, entre las Escuadras Navales en la inmensidad de los Océanos y entre las Fuerzas Aéreas de los Aliados.

Esta supremacía duró hasta la década de los 60, donde la industria de las telecomunicaciones dio atención a otras nuevas y novedosas tecnologías como son las Comunicaciones VHF (*Very High Frequency*) /UHF (*Ultra High Frequency*) y la Comunicación Satelital. Sin embargo, sigue siendo utilizada en las Operaciones Militares



de defensa y seguridad para despliegue inmediato en lugares donde no hay servicio de repetidores VHF/UHF o satelital.

Actualmente las comunicaciones HF están experimentando un nuevo resurgimiento inyectado de modernas tecnologías, tales como: mayores velocidades en la transmisión de datos, Establecimiento Automático del Enlace (ALE), transmisión de imágenes en tiempo real, protocolos de seguridad de voz y datos, correo electrónico en HF, entre otros.[1]

### 1.3.1 Ondas Ionosféricas

La ionosfera se compone de un conjunto de capas, que van desde los 50km hasta los 500km de altura aproximadamente sobre la superficie de la Tierra. Aquí el aire se encuentra ionizado y es un buen conductor de electricidad, debido a la existencia de gran cantidad de electrones libres, lo que favorece enormemente la propagación de las ondas electromagnéticas.

Las ondas son transmitidas desde las antenas emisoras, llegando a las diferentes capas de la ionosfera donde chocan y se reflejan retornando hacia la superficie de la Tierra. Las capas que tienen baja ionización, refractan la trayectoria de los rayos. Las capas de alta densidad Ionosférica provocan la reflexión de las ondas hacia la Tierra, las mismas que son recogidas por las antenas receptoras.

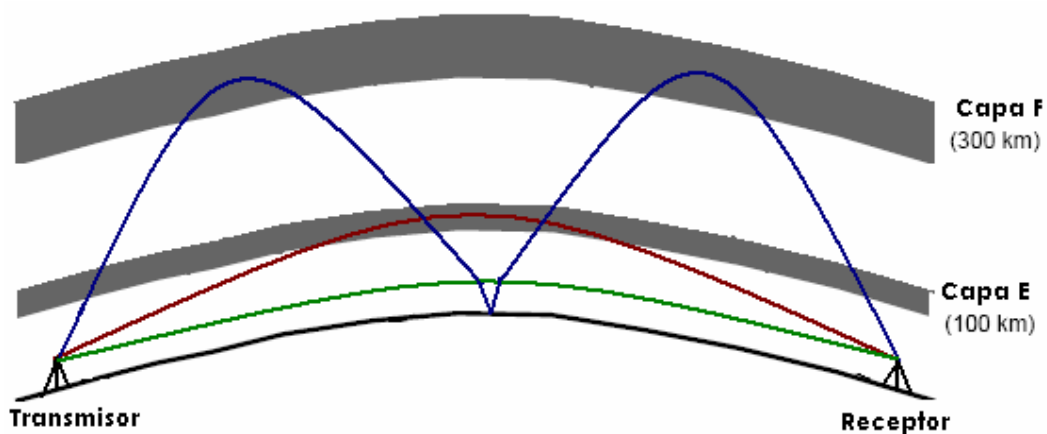


Figura 1.1 Ondas Ionosféricas

### 1.3.1.1 Capas de la ionosfera

Durante el día pueden existir cuatro regiones llamadas D, E, F1 y F2. Sus rangos de altura aproximados son:

- Región D de 50 a 90 Km.;
- Región E de 90 a 140 Km.;
- Región F1 de 140 a 250 Km.;
- Región F2 sobre los 250 Km.;

a) Capa D.- Es la capa más próxima a la superficie terrestre, su altura oscila entre los 50km y 90km, con un valor central de 70km. La ionización es muy pequeña y procede de las radiaciones solares muy intensas, producidas solamente durante el día y en las horas durante las cuales el sol irradia una mayor energía sobre la superficie terrestre.

Su importancia es muy escasa debido a que al quedar a alturas muy bajas, prácticamente se cubren las mismas distancias que las ondas troposféricas y se emplean para la propagación de las Ondas Largas. Durante la noche apenas existe esta capa y casi no tiene ninguna utilidad.

b) Capa E.- Se inicia por sobre los 90km y llega hasta los 140km con un valor intermedio de 120km. Esta capa permite la propagación de ondas electromagnéticas hasta una distancia de 2000 Km. desde el punto de origen.

La máxima propagación tiene lugar durante el día por la mejor radiación solar, y pese a que no sufre una anulación total durante la noche, se evidencia una reducción en gran parte de su influencia. Su utilidad práctica es la mejor conducción de las Ondas Medias.

c) Capa F.- Se considera la mas importante debido a su densidad casi constante, la que se da por su altura ya que al encontrarse por encima de la capa E, recibe más directamente la radiación solar. Esta capa es la que utilizan las Ondas Cortas para su desplazamiento a grandes distancias.

Durante las horas de sol, la capa F se subdivide en otras dos capas denominadas F1 y F2. La capa inferior F1 se considera desde los 140km hasta los 250km, con una altura intermedia de 200km durante el día y se eleva durante la noche.

La Capa F2 permanece entre los 250km hasta los 600km con una altura intermedia de 400km. Las Capas D y E casi desaparecen durante la noche, especialmente la primera, esto no sucede con la capa F. Al final del día la capa F1 tiende a subir por lo que se combina con la capa F2 formando nuevamente una sola capa la F. La altura, el nivel de ionización, el ángulo de reflexión y la frecuencia, hacen que las emisiones de Onda Corta alcancen enormes distancias especialmente durante la noche. [1]

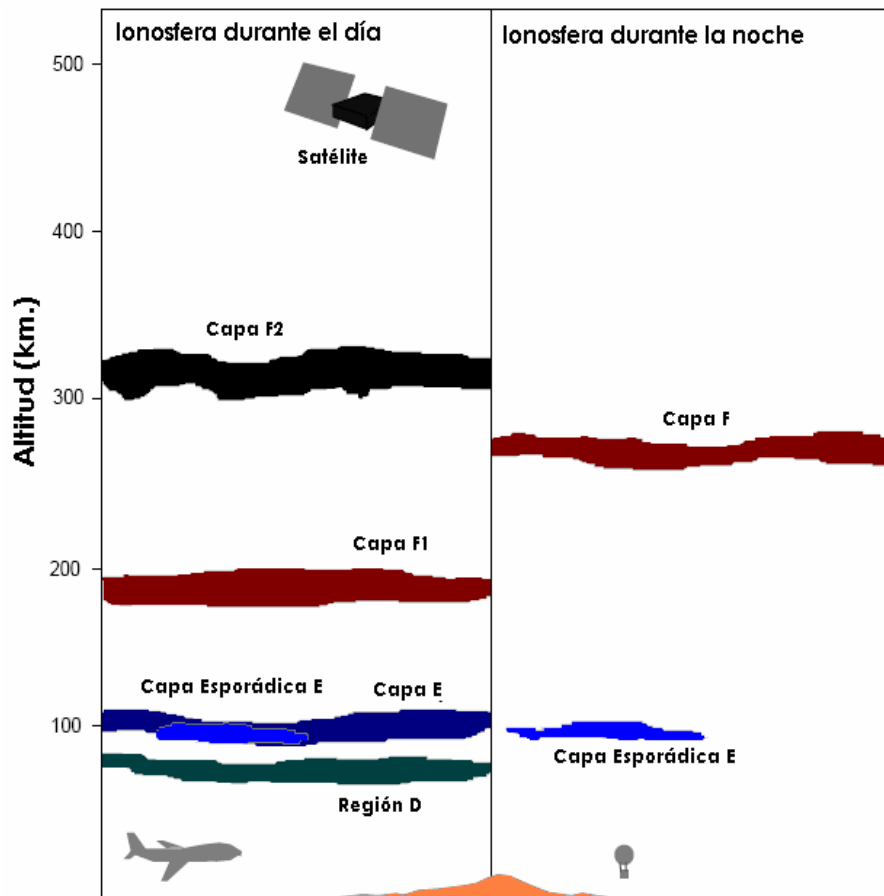


Figura 1.2 Estructura de la ionosfera durante el día y la noche.

### 1.3.2 Tipos de propagación HF

Las señales de radio HF pueden propagarse hasta un receptor distante, a través de:

- Ondas terrestres.- Son aquellas que se propagan por la superficie de la tierra o muy cerca de ella.
- Ondas espaciales.- Son aquellas que se propagan desde la antena hacia el firmamento, para reflejarse en las capas de la atmósfera, retornando a la Tierra, cubriendo de esta manera distancias mucho mayores que las ondas terrestres.

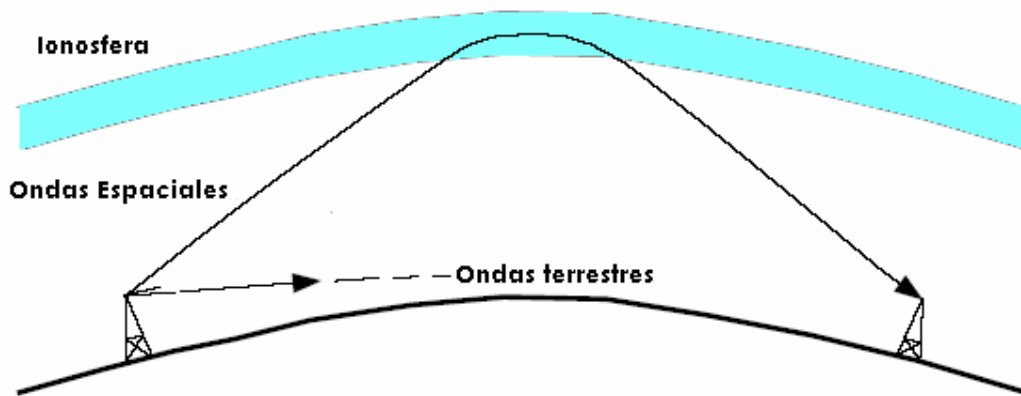


Figura 1.3 Tipos de Propagación en HF

### 1.3.3 Límites de frecuencia para ondas espaciales.

No todas las ondas de HF son refractadas por la ionosfera, hay límites de frecuencia superior e inferior para las comunicaciones entre dos terminales. Si la frecuencia es demasiado alta, la onda penetrará en la ionosfera, si es demasiado baja, la fuerza de la señal disminuye y es absorbida por la capa D.

La gama de frecuencias usables variará: a través del día, con el cambio de estaciones, con el ciclo solar y de un sitio a otro; dependiendo de la capa ionosférica usada para las comunicaciones. Mientras que el límite superior de frecuencias varía sobre todo con estos factores, el límite inferior es también dependiente del ruido existente en el sitio del receptor, la eficiencia de la antena, la energía del transmisor, la absorción por parte de la ionosfera y el escudamiento de la capa E.

### 1.3.3.1 Escudamiento de la Capa E

Una señal de radio dirigida hacia la capa F es desviada y atenuada por la capa E. Este escudamiento en la capa E ocurre cuando la Frecuencia máxima Utilizable de la capa E es más grande que la frecuencia óptima de trabajo. La señal no puede alcanzar la capa F y la propagación se realiza a través de múltiples trayectorias en la capa E. Estos modos son atenuados muy duramente, especialmente cuando ocurren más de dos trayectorias, y por ende no son posibles las comunicaciones efectivas.[2]

Una capa E esporádica también puede escudar una onda de la capa F. A veces esta capa E esporádica puede ser transparente, permitiendo que gran parte de la onda pase a través de ella. Otras veces, esta capa va a escudar parcialmente la capa F haciendo que la señal se debilite, o puede obscurecer totalmente la capa F produciendo que la señal no llegue hasta el receptor.

### 1.3.3.2 Ruido

El ruido es otra de las causas para que haya problemas en la comunicación HF. Existen dos tipos de ruidos, los internos y los externos. Los ruidos internos se originan en el sistema receptor; mientras que los externos son generados naturalmente (atmosféricos y galácticos) o por causa del hombre.

El ruido atmosférico, el cual es causado por tormentas, es el que más contribuye al ruido en la banda HF. Este es más fuerte en las regiones ecuatoriales del mundo y su efecto es mayor en las frecuencias bajas; por lo cual, es un problema durante la noche cuando son necesarias este tipo de frecuencias. El ruido galáctico afecta más a las antenas receptoras que trabajan a altas frecuencias.

El ruido causado por el humano incluye a las señales de neón, cables eléctricos, líneas de transmisión, máquinas de soldar, entre otras. Este ruido tiende a ser polarizado verticalmente, por lo cual una antena polarizada horizontalmente ayuda a reducir este tipo de ruido. Además, pueden ayudar a reducir este problema un ancho de banda angosto o una antena receptora direccional.[2]

### **1.3.3.3 Absorción por parte de la Ionosfera**

El Sol tiene ciclos de actividad altos y bajos. Cuando la actividad del Sol es baja, solo las bajas frecuencias en la banda de HF pueden propagarse. Al contrario, cuando la actividad del Sol aumenta, la ionosfera permite la propagación de ondas de alta frecuencia. Esto es debido que el Sol emite mayor radiación cuando su actividad aumenta, produciendo más electrones en la Ionosfera.

Cuando la actividad del Sol es alta también se producen grandes explosiones que ionizan la capa D, causando un incremento en la absorción de ondas HF. La absorción es sumamente alta durante el verano y al medio día. Existe una variación en la absorción con la latitud, siendo ésta mayor cerca del ecuador y menor alrededor de los polos. Este fenómeno es un problema cuando se trabaja con bajas frecuencias en la banda de HF; por lo cual es aconsejable utilizar altas frecuencias.

### **1.3.4 Rango de Frecuencias usables**

Para cualquier enlace existe una Máxima Frecuencia Usable (MUF), la cual es determinada por el estado de la ionosfera en las áreas de refracción y la longitud del enlace. La MUF es refractada desde el área de máxima densidad de electrones de una región. Por lo tanto, las frecuencias superiores a la MUF, para una región en particular, van a penetrar dicha región y se perderán en el espacio. Mientras que las frecuencias inferiores a la MUF, son reflejadas hacia la Tierra. Durante el día es posible comunicarse vía las capas E y F usando diversas frecuencias.

A medida que se reduce la frecuencia, aumenta la cantidad de absorción de la señal por la capa D. Eventualmente, la señal es absorbida completamente por la ionosfera, la frecuencia en la que esto ocurre se denomina Frecuencia más Baja Utilizable (LUF). Por lo tanto, el rango de frecuencias utilizables será considerado entre las frecuencias MUF y LUF.

La Frecuencia de Transmisión Óptima (FOT) es nominalmente el 85% de la frecuencia MUF. Generalmente la frecuencia FOT es más baja en la noche y más alta durante el día; adicionalmente a la frecuencia, la ruta de viaje para la señal de radio también debe ser considerada en la optimización de las comunicaciones. [1]

Una señal recibida puede estar formada por componentes que llegan en diferentes direcciones, incluyendo una o más trayectorias de onda espacial y una trayectoria de onda terrestre. Los tiempos de llegada de estos componentes difieren por las longitudes de trayectoria, las diferencias de tiempo de llegada de estos componentes provoca la dispersión por trayectoria múltiple.

Los efectos de esta dispersión por trayectoria múltiple se pueden minimizar seleccionando una FOT lo más cercana posible a la MUF.

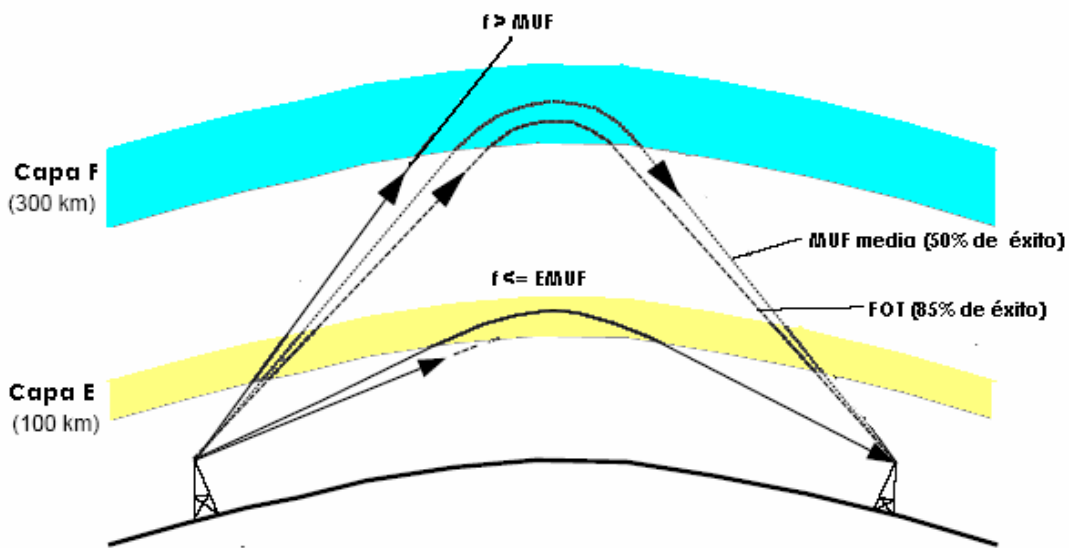


Figura 1.4 Frecuencias MUF, LUF y FOT

### 1.3.5 Consideraciones de los alcances para el diseño de comunicaciones HF

#### 1.3.5.1 Enlaces de Ondas Terrestres

La comunicación por ondas terrestres se la realiza a lo largo de terrenos sin mayores obstáculos, en los cuales la distancia entre un punto A y un punto D sea de aproximadamente 90Km.

#### 1.3.5.2 Geometría de Salto Corto

Se utilizan enlaces por Ondas Espaciales, con reflexión en las Capas de la Ionosfera, en Geometría de Salto Corto a lo largo de terrenos con obstáculos grandes y

pequeños cuando la distancia entre un punto A y un punto B sea de aproximadamente unos 600km.

Este tipo de enlace se consigue a frecuencias bajas menores de 12MHz.

### **1.3.5.3 Geometría de Salto Largo**

Se utilizan enlaces por Ondas Espaciales con Refracción / Reflexión sobre las capas de la Ionosfera en Geometría de Salto Largo cuando la distancia del punto A al punto C es de alrededor de 1600km. Por citar un ejemplo, este tipo de enlace se lo utiliza cuando una estación se encuentra dentro del territorio continental ecuatoriano y sus correspondientes en las Islas Galápagos o en países dentro del Continente Americano.

Este tipo de enlace se consigue a frecuencias altas, mayores a los 12 MHz. Se requieren equipos con potencia elevadas entre 100 vatios hasta 1 Kw.

### **1.3.6 Comunicaciones digitales en la banda de HF**

El ALE es una técnica que permite a las estaciones de radio de una red HF, enlazarse automáticamente en el mejor canal de transmisión, sin la ayuda del operador. El proceso se inicia con el Análisis de Calidad del Enlace (LQA) que es un método de evaluación de la calidad del canal o frecuencia.

Las condiciones cambiantes de la ionosfera, así como el ruido aleatorio y la interferencia, ocasionan interrupciones en las comunicaciones HF. Para la solución de estos problemas es necesaria la intervención de un experimentado operador de radio, el mismo que se encarga de restablecer las comunicaciones ajustando continuamente los parámetros de operación.

Actualmente, esta función es completamente automática con el desarrollo de nuevas tecnologías digitales, que pueden reaccionar rápidamente a las condiciones cambiantes de propagación y utilizan la realimentación de las técnicas LQA para seleccionar las frecuencias, ajustar las velocidades de transmisión de los datos o cambiar los esquemas de modulación.



Los sistemas ALE hacen uso de las características del canal de radio, las mismas que son medidas por el LQA y almacenadas en una matriz de memoria. Los dos sistemas trabajan en forma similar a un sistema telefónico en el cual a cada radio de una red se le asigna una dirección (ID).

Cuando el equipo no está siendo usado, cada receptor rastrea constantemente a través de sus frecuencias asignadas, escuchando llamadas que le hayan sido direccionadas. Para llegar a una estación específica el remitente ingresa una ID como si marcaría un número telefónico.

El radio consulta a su matriz LQA y selecciona la mejor frecuencia asignada disponible, luego envía un mensaje con la ID de destino, cuando la estación receptora escucha su dirección, detiene la exploración y permanece en esa frecuencia. Las dos estaciones automáticamente realizan una sincronización inicial para confirmar que se ha establecido un enlace y están listas para comunicarse. La estación receptora emitirá un sonido de timbre para alertar sobre una llamada entrante al operador de recepción.

Al terminar la llamada, una de las estaciones cierra la comunicación, entonces una señal de desconexión es enviada a la otra estación y cada una regresa al modo de exploración.

Un sistema moderno que cuenta con la capacidad de LQA selecciona el mejor canal, es decir el sistema se adapta a las cambiantes condiciones de propagación en HF, por esta razón se lo llama un sistema adaptativo.

Una estación de radio dentro de una red, intentará enlazarse a intervalos preestablecidos en cada una de sus frecuencias asignadas y medirá la calidad de la señal en cada frecuencia enlazada, los puntajes alcanzados se almacenan en una matriz de memoria. La estación de radio al iniciar una llamada previamente revisa el estado de la memoria y en base a los puntajes almacenados selecciona la frecuencia óptima.[1]

#### **1.4 Control de calidad en radios HF**

Los fabricantes de equipos de radio, a nivel mundial, buscan que su producto cumpla con las necesidades del consumidor final, de tal forma que la calidad que puedan ofrecer a los potenciales compradores, sea el factor fundamental para la selección de los equipos.

La Calidad es un término que se encuentra en una multitud de contextos y con el que se busca despertar en quien lo escucha una sensación positiva, transmitiendo la idea de que algo es mejor, es decir, la idea de excelencia. El concepto técnico de calidad representa más bien una forma de hacer las cosas en las que, fundamentalmente, predominan la preocupación por satisfacer al cliente y por mejorar, continuamente, procesos y resultados.

El concepto actual de Calidad ha evolucionado hasta convertirse en una forma de gestión que introduce el concepto de mejora continua en cualquier organización y a todos los niveles de la misma, y que afecta a todas las personas y a todos los procesos.

Por otra parte el control de calidad hace referencia a la comprobación de la conformidad del producto con respecto a las especificaciones de diseño del mismo. El objetivo de las acciones de control de calidad consiste en identificar las causas de la variabilidad para establecer métodos de corrección y de prevención y para lograr que los productos fabricados respondan a las especificaciones de diseño.

Cada equipo de radio, según sus características de diseño, tendrá sus especificaciones técnicas propias, las cuales serán dadas a conocer por el fabricante, de manera que el usuario conozca dichos parámetros y si considera necesario pueda verificar si realmente los equipos cumplen con estas características.

Luego de una investigación sobre equipos de radio HF, de diferentes fabricantes, y sus especificaciones técnicas se pudo determinar los parámetros más importantes a ser tomados en cuenta para realizar un proceso de control de calidad adecuado, los mismos que se detallarán seguidamente.

### 1.4.1 Rango de Frecuencia

Puede denominarse también como Gama de Frecuencias y es el margen entre las frecuencias más baja y más alta que un sistema es capaz de operar correctamente.

La totalidad de la Gama de Frecuencias está representada en el Espectro Electromagnético que es el conjunto de ondas electromagnéticas, o radiación electromagnética que emite (espectro de emisión), o absorbe (espectro de absorción) una sustancia.

El Espectro Electromagnético se extiende desde las frecuencias de menor longitud de onda, como son los rayos cósmicos, los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio.

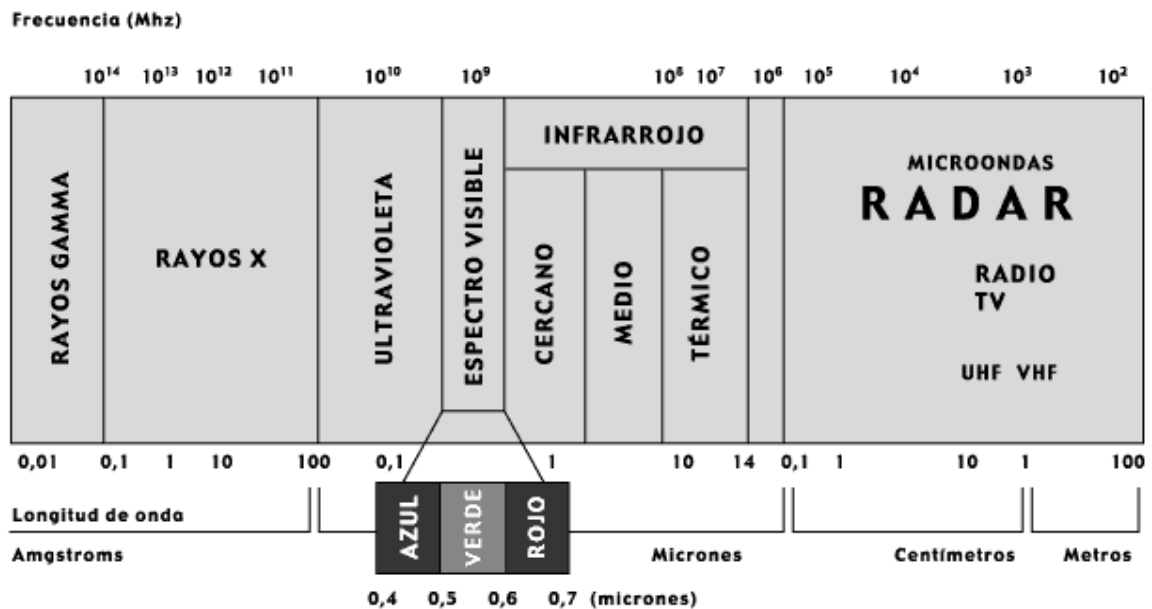


Figura 1.5 Espectro Electromagnético

### 1.4.2 Modos de operación

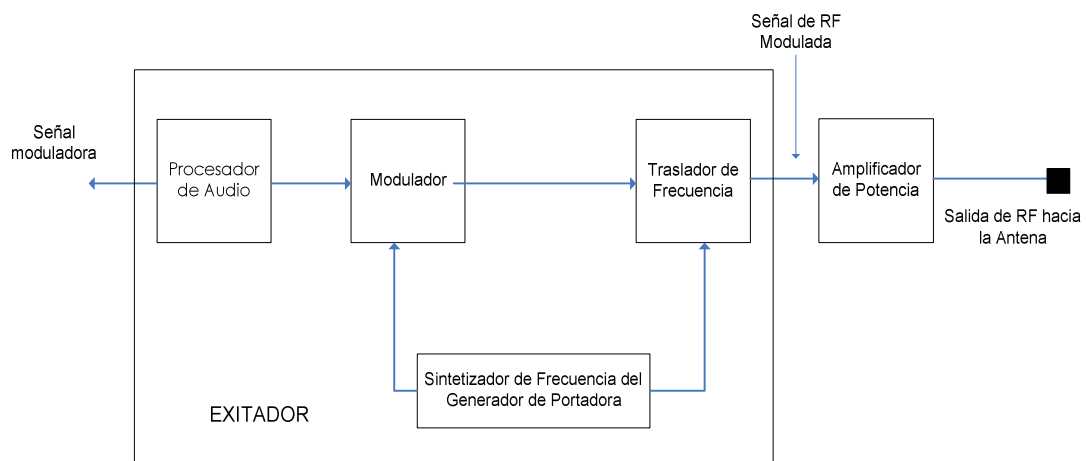
Los modos de operación de los diferentes sistemas, hacen referencia a los tipos de modulación de las señales que se ocupan para realizar la comunicación, según sea el requerimiento del sistema.

La modulación es el proceso mediante el cual se hace que las ondas electromagnéticas simples sean capaces de transportar información

Una onda de radio por si sola no transmite información, es simplemente una corriente rítmica de ondas continuas. En el lenguaje de las radiocomunicaciones a esta corriente rítmica de ondas continuas desplazadas por la antena se denomina la Portadora.

Para poder llevar información, una portadora debe ser variada de tal forma que sus propiedades principales como su amplitud y su frecuencia, sean cambiadas o moduladas por las frecuencias de las señales de información, es decir las señales de audio, video o datos etc. y así ser transportadas de un punto a otro de la tierra.

Para comprender mejor el proceso de la modulación, es preciso conocer primero la configuración del Grupo Transmisor dentro de un sistema de radio comunicación, el cual se presenta en el diagrama de bloques de la figura 1.6.



**Figura 1.6 Grupo Transmisor de un Sistema de radio**

Aunque los transmisores de radio pueden cambiar considerablemente en su configuración, según el diseño, construcción, modelo o fabricante, todos ellos estarán compuestos por: un excitador y un amplificador de potencia. El excitador comprende una entrada, por donde ingresarán las señales de información como puede ser voz, video, datos, etc. Esta se denomina Señal Moduladora.

La señal moduladora ingresa al circuito procesador de audio para ser amplificada, luego pasa al circuito Modulador. El circuito modulador tiene dos entradas y una salida. Por la una entrada ingresa la señal moduladora amplificada y por la otra la frecuencia de la onda portadora simple. A la salida de este circuito se obtiene la Onda Portadora Modulada, según la modalidad de su diseño.

La señal portadora simple se origina en la tarjeta del sintetizador de frecuencias el generador de portadora.

El siguiente circuito es el trasladador de frecuencias, a donde ingresan por una parte la señal modulada y por la otra, una señal llamada de oscilador local, con el fin de que la mezcla de estas dos frecuencias, produzcan a la salida, la señal de radiofrecuencia modulada y convertida a la Frecuencia Asignada para el enlace.

El Amplificador de Potencia comprende un sistema de amplificación de radio frecuencia, de alta ganancia de potencia, controlado automáticamente para mantener la potencia adecuada de salida sin distorsión ni saturación.

Este circuito contiene al final, una serie de filtros resonantes LC para mantener exacta la frecuencia de trabajo. La salida del Amplificador de Potencia, se conecta hacia la antena por donde es transmitida la señal modulada.

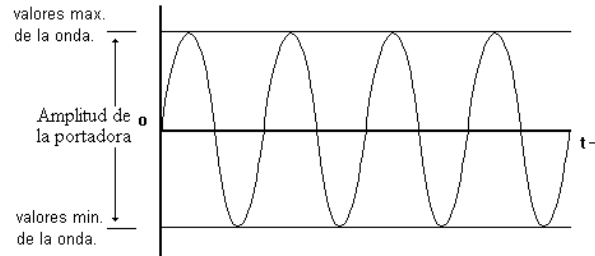
Existen varios sistemas de modulación, que podemos dividir en 2 grupos: los sistemas de transmisión de audio (voz): AM, FM, BLU, y los sistemas "sin voz": CW (Morse), RTTY (Radioteletipo) que sirven para transmisión de textos, imágenes, etc.

#### **1.4.2.1 Modos de Voz**

##### **a. Modulación de amplitud (AM)**

Una portadora puede modularse de diferentes modos dependiendo del parámetro de la misma sobre el que se actúe.

Se modula en amplitud una onda que se denomina portadora, cuando la distancia existente entre el punto en el que la onda vale cero y los puntos en que toma el valor máximo ó mínimo se altera. [3]



**Figura 1.7 Representación de la Onda Portadora**

La amplitud (intensidad) de la información a transmitir es la que varía la amplitud de la onda portadora, al añadir esta información se obtiene tres frecuencias:

La frecuencia de la portadora  $f_p$ .

La frecuencia suma de la portadora y la información  $f_p + f_m$ .

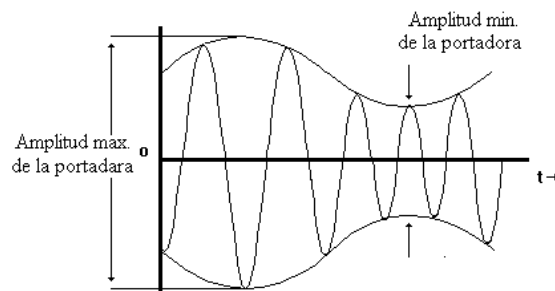
La frecuencia diferencia de la portadora y la información  $f_p - f_m$ .

Donde:

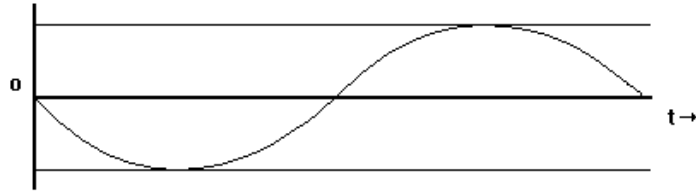
$f_p$  = Frecuencia portadora

$f_m$  = Frecuencia moduladora

La condición de modulación será cuando  $f_p \gg f_m$



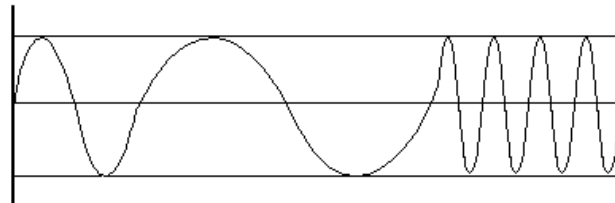
**Figura 1.8 Onda modulada en Amplitud**



**Figura 1.9 Representación de la Onda Moduladora**

### **b. Modulación de frecuencia (FM)**

La modulación de frecuencia consiste en variar la frecuencia de la onda portadora de acuerdo con la intensidad de la onda moduladora (información).



**Figura 1.10 Representación de la Onda Moduladora**

Debido a que los ruidos o interferencias producidas por motores, condiciones atmosféricas, etc. no afectan a la información transmitida en FM, puesto que la información se extrae de la variación de frecuencia y no de la amplitud, que es constante, se puede observar cómo la calidad de sonido o imagen es mayor cuando se modula en frecuencia que cuando se lo hace en amplitud. Además al no alterar la frecuencia de la portadora en la medida que se aplique la información, se puede transmitir señales sonoras o información de otro tipo (datos o imágenes), que comprenden un mayor abanico de frecuencias moduladoras, sin abarcar mayor ancho de banda. [3]

### **c. Modulación en banda lateral (BLU)**

En una señal de AM existen 3 elementos: la señal portadora y 2 bandas laterales que contienen la información (audio) por eso también es conocida como BLD (Banda Lateral Doble). “La modulación en BLU consiste en la supresión de la portadora y una de las bandas laterales con lo cual se transmite solo una banda lateral conteniendo toda la información. Una vez captada la señal BLU en el receptor, éste reinserta la portadora para poder demodular la señal y transformarla en audio de nuevo”. [4]

Al suprimirse la portadora en ausencia de información, el ahorro de energía es muy considerable, además la disipación de potencia que el paso final de potencia de RF de un transmisor de esta clase soporta es menor que el de otro tipo de portadora continua (AM o FM), para la misma potencia. Debido a esto último un transceptor que disponga de los dos modos de modulación es capaz de suministrar hasta el doble de potencia en banda lateral que en modulación de amplitud.

Otra ventaja de la BLU es la reducción del ancho de banda que se consigue al eliminar una de las bandas laterales. Cuando se selecciona el modo en Banda Lateral Superior se están filtrando todas las frecuencias de la banda lateral inferior, que podrán ser ocupadas por otra estación. La modulación BLU es usada habitualmente por los servicios marítimos o los aviones cuando las distancias a salvar son grandes y se necesitan grandes potencias de emisión.

Se debe aclarar que existen variantes de este modo de transmisión según las bandas que se supriman:

- **USB-Banda Lateral Superior:** cuando es suprimida la portadora y la banda lateral inferior.
- **LSB-Banda Lateral Inferior:** cuando es suprimida la portadora y la banda lateral superior.
- **Banda Lateral con portadora suprimida:** cuando solo se suprime la portadora.

#### 1.4.2.2 Modos sin voz

##### a. Onda continua (CW)

La onda continua es el sistema de transmisión usado para la emisión en Código Morse. La señal de radio sin modular (portadora) emitida es interrumpida continuamente por el operador formando así una cadena de puntos y rayas del código Morse. El código



Morse aún es utilizado por radioaficionados, estaciones costeras, aeronáuticas, diplomáticas y militares.

### **b. Radioteletipo (RTTY)**

La Radioteletipo (RTTY) es otro método de transmisión de textos en onda corta que usan un formato RTTY llamado Baudot. Este formato representa cada carácter con una serie de 5 bits. Cada bit 5 es una MARCA (1) o un ESPACIO (0). La radio debe recibir el tono de marca y espacio. La distancia entre las dos frecuencias es llamada *shifts* (cambio). Los *shifts* comunes en onda corta incluyen 170, 425 y 850 Hz. Los mayores tipos incluyen: Estaciones de Agencias de prensa, meteorológicas, militares, diplomáticas, investigación científica, comerciales y marítimas. [4]

### **1.4.3 Estabilidad de Frecuencia**

La estabilidad de frecuencia es la habilidad de un oscilador para permanecer a una frecuencia fija y es de máxima importancia en los sistemas de comunicación. La frecuencia de un oscilador también se puede desviar. En algunas aplicaciones puede ser tolerable del 1 al 2% de desviación. No obstante, en otras, la frecuencia debe ser constante durante todo el tiempo.

La estabilidad de frecuencia a menudo se considera de corto o largo tiempo. La estabilidad de corto plazo se ve afectada principalmente por las fluctuaciones en los voltajes de operación de corriente directa, mientras que la estabilidad a largo plazo es una función de la edad de los componentes y los cambios de temperatura así como la humedad del ambiente.[5]

La frecuencia de oscilación depende no solo de elementos del circuito sintonizado, sino también de los parámetros del dispositivo activo. Por ejemplo, los parámetros del dispositivo activo varían con el voltaje de polarización, temperatura y edad. Otra causa de desviación de la frecuencia son las variaciones de la tensión de alimentación. Por tanto, para que haya buena estabilidad de frecuencia se deben minimizar los efectos de todos estos parámetros.

#### **1.4.4 Potencia de Salida**

Corresponde a la potencia máxima en vatios que entrega el transmisor en el conector de antena, en cualquier condición de modulación.

#### **1.4.5 Potencia de salida de AF**

La Audiofrecuencia (AF) es la frecuencia comprendida en el dominio o espectro de los sonidos audibles, o sea, entre los límites aproximados de 20 a 20,000 Hz; en casos particulares estos límites varían según las condiciones del ensayo y la agudeza auditiva del oyente.

La potencia de salida de AF, corresponde a la máxima potencia en vatios que entrega el dispositivo de Audio (microteléfono, parlante, etc.) del sistema receptor.

#### **1.4.6 Emisiones Armónicas**

Las emisiones armónicas son señales cuyas frecuencias son múltiplos enteros de una señal denominada fundamental o primer armónica.

Una onda senoide pura que sufre alguna deformación está compuesta por armónicas, las cuales son ondas cuyas frecuencias son la fundamental, más la suma de una o más ondas de diversa amplitud y fase. Una onda periódica de forma diferente a la senoide perfecta, también estará compuesta por una fundamental más un grupo característico de armónicas.[6]

Las emisiones armónicas siempre se producen en el trasmisor o en circuitos eléctricos no lineales que puedan estar entre él y la antena, mas no en las antenas.

#### **1.4.7 Emisiones Espurias**

Son todas las señales indeseadas que puedan resultar de cualquiera de los procesos involucrados en la generación, amplificación o modulación de las señales de radio. En ciertas ocasiones las emisiones armónicas se consideran en esta categoría porque no se desean, pero una armónica no necesariamente es una espuria.

Las señales espurias pueden resultar de “inestabilidades en los circuitos electrónicos que generan las señales de circuitos no lineales, pasivos o activos que

deforman las señales que los atraviesan o de sobre modulación de los equipos utilizados o sobrecarga de sus amplificadores”. [6]

#### **1.4.8 Supresión de Portadora**

Sistema de transmisión de radio de AM, en el que la onda portadora no se transmite o se transmite con un nivel muy bajo. Esto es permisible porque la información transmitida está incluida en las bandas laterales. En el extremo receptor debe reintroducirse la portadora para hacer posible la detección, generando localmente una señal adecuada con este propósito

#### **1.4.9 Suministro de Energía**

Se considera como el nivel de energía necesario para que un equipo electrónico pueda funcionar de manera óptima, es decir, cumpliendo las especificaciones de funcionamiento dadas por los fabricantes.

#### **1.4.10 Consumo de energía**

Es la energía utilizada por un dispositivo electrónico para realizar una función específica.

#### **1.4.11 Sensibilidad**

La sensibilidad es la proporción de amplificación que un receptor puede admitir antes de ser ensordecido por su propio ruido y esto depende de la calidad de la etapa que sigue el circuito de antena.

#### **1.4.12 Relación Señal a Ruido**

Como ruido se entiende a toda señal eléctrica no deseada que circula por el interior de un equipo electrónico. La Relación Señal a Ruido (S/N) se calcula “como la diferencia entre el nivel de la señal cuando el aparato funciona a nivel nominal de trabajo y el nivel de ruido cuando, a ese mismo nivel de trabajo, no se introduce señal”. [7]

A la salida de un equipo de audio, el nivel de la señal se mide en voltios (V), así como el nivel de ruido. Aplicando la fórmula

$$20 \cdot \log (S/N)$$

se obtiene el valor de la relación señal ruido en dB. La calidad de un equipo se mide también por la relación señal ruido, cuanto mayor sea el valor de S/N mayor calidad tendrá el mismo.

La relación señal ruido se suele dar para una frecuencia de 1KHz. También se puede presentar la relación S/N como una gráfica del tipo respuesta en frecuencia, en donde se especifica el valor de la relación para cada una de las frecuencias.

#### 1.4.13 Supresión de la Frecuencia de imagen

**Frecuencia de imagen:** Si la frecuencia intermedia en un receptor superheterodino<sup>3</sup> fuera de 175 Khz. y estuviera sintonizada una frecuencia de 600 Khz., el oscilador estaría trabajando a una frecuencia de 775 Khz. Pero, si otra emisora potente transmite a una frecuencia de 950 Khz., la diferencia de esta emisora con respecto a la frecuencia del oscilador local también es de 175 Khz. (que corresponde a la F. I), si existe un máximo grado de selectividad las dos emisoras de ejemplo no se escucharán al mismo tiempo. A esta señal no deseada se le denomina Frecuencia de imagen. [8]

**Rechazo de la imagen:** Es la capacidad de un sintonizador para suprimir la frecuencia imagen que genera inevitablemente el oscilador local del sintonizador de una emisora. Se expresa en decibelios referidos a una señal sintonizada estándar.

#### 1.4.14 Rechazo de la Frecuencia Intermedia

**Frecuencia Intermedia:** Es la frecuencia que en los aparatos de radio, que emplean el principio superheterodino, se obtiene de la mezcla de la señal sintonizada en antena con una frecuencia variable generada localmente en el propio aparato mediante un oscilador local y que guarda con ella una diferencia constante. Esta diferencia entre las dos frecuencias es precisamente la frecuencia intermedia. [9]

**Rechazo de la Frecuencia Intermedia:** Es la capacidad de un sintonizador para suprimir la frecuencia intermedia que se presenta a su entrada. Se expresa en decibelios referidos a una señal sintonizada estándar.

---

<sup>3</sup> Un receptor heterodino combina la señal entrante con otra proveniente de un oscilador que puede ser fijo o variable, para dar como resultado una banda de frecuencias, fija, llamada frecuencia intermedia (FI)

#### 1.4.15 Distorsión de Intermodulación

La distorsión de intermodulación “es el resultado de la interacción entre dos o más señales en el interior de un dispositivo no lineal, produciendo a su salida otras señales no deseadas. Estas señales adicionales que aparecen a la salida del dispositivo se conocen con el nombre de productos de intermodulación”. [10] Si a la entrada del dispositivo no lineal se tienen dos tonos de radiofrecuencia  $f_1$  y  $f_2$ , a su salida se producirán señales de intermodulación de frecuencia  $f_{\text{salida}}$ .

$$f_{\text{salida}} = mf_1 \pm nf_2$$

donde  $m$  y  $n$  son números enteros mayores o iguales que la unidad. El orden de la distorsión no lineal queda determinado por la suma de  $m$  y  $n$ .

La distorsión armónica se da en aquellos casos en los que  $m$  o  $n$  son iguales a 0, es decir cuando se tiene solo un producto de intermodulación.

#### 1.4.16 Control Automático de Ganancia (AGC)

“Circuito que controla automáticamente la ganancia de un amplificador, de tal forma que el nivel de la señal de salida es virtualmente constante para variaciones en el nivel de la señal de entrada.” [11]

Para el control automático de ganancia se pueden elegir tres posiciones: S o *SLOW* (lento), M o *MEDIUM* (medio), F o *FAST* (rápido) y una posición de desconexión del AGC. Se emplea *SLOW* para banda lateral y Morse en condiciones normales; *MEDIUM* para señales de BLU y Morse que se reciben con desvanecimiento y *FAST* para señales de AM.

Si la señal captada es demasiado fuerte, el AGC reduce su nivel automáticamente a la entrada del detector; si es demasiado débil, restaura la ganancia de la etapa amplificadora para la recuperación de nivel de la señal de salida por altavoz.

### 1.4.17 Estándar MIL-STD-810F

MIL-STD-810F es un estándar creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos diseñado para hacer pruebas de confiabilidad de equipo electrónico basado en ciertas condiciones ambientales. El propósito del estándar MIL-STD 810F es proveer a los ingenieros, de una guía para realizar pruebas ambientales en productos electrónicos, tales como radios de comunicación militar. Estos métodos de prueba determinan los efectos de fenómenos ambientales sobre dispositivos electrónicos a través de simulaciones de laboratorio.

Estos métodos de prueba tienen como objetivos:

- Revelar deficiencias y defectos, y verificar acciones correctivas.
- Evaluar la respuesta del equipo hacia condiciones ambientales específicas.

Este estándar no evalúa lo siguiente:

- Interferencia Electromagnética (EMI).
- Efectos magnéticos
- Efectos de armas nucleares

#### a. Condiciones de Prueba

Mediciones y pruebas deben ser realizadas en las siguientes condiciones, a menos que en cada uno de los métodos de prueba se indique lo contrario:

Ambiente estándar:

- Temperatura: 25 °C +/- 10°C
- Humedad relativa: 20 al 80%
- Presión atmosférica: Presión del lugar.

Ambiente controlado:

- Temperatura 23°C +/-2°C
- Humedad relativa: 50% +/-5%
- Presión atmosférica: 96.45 + 6.6kPa  
-10 kPa. [12]

**b. Tolerancias para condiciones de prueba**

A menos que haya otras especificadas, las tolerancias son las siguientes:

**Temperatura:** La temperatura del aire alrededor del dispositivo debe estar dentro de una tolerancia de  $\pm 2$  °C. Tolerancias mayores pueden ser aceptables en las siguientes situaciones:

- Para equipos de volumen igual o mayor a  $5\text{m}^3$  la tolerancia es de  $\pm 3$ °C
- Para temperaturas requeridas de 100°C la tolerancia es de  $\pm 5$ °C.

**Presión:**  $\pm 5\%$  ( $\pm 200\text{Pa}$ )

**Humedad:**  $\pm 5\%$  del valor especificado

**Amplitud de vibración:** Sinusoidal  $\pm 10\%$

**Frecuencia de vibración:** Para una frecuencia igual o mayor a 25 Hz la tolerancia de  $\pm 2\%$ . Menor a 25Hz es de  $\pm 0.5\text{Hz}$ . [12]

Los equipos que son sometidos a las diferentes pruebas para la aprobación de este estándar deben ser evaluados en diferentes condiciones entre las cuales se puede anotar: [12]

**Baja Presión:** Para determinar si un dispositivo puede operar en un ambiente de baja presión o puede soportar rápidos cambios de presión.

**Alta temperatura:** Para determinar si los equipos pueden ser almacenados y operados bajo condiciones de alta temperatura sin que estos experimenten daño físico o deterioro en su rendimiento.

**Baja Temperatura:** Para determinar si los equipos pueden ser almacenados u operados bajo condiciones de baja temperatura sin que éstos sufran daños físicos ni disminuya su rendimiento.

**Shock de Temperatura:** Para determinar si el equipo puede soportar cambios repentinos en la temperatura sin que esto ocasione un daño físico o deterioro en su rendimiento. Estos cambios de temperatura repentinos se definen como aquellos cambios mayores a 10°C por minuto.

**Radicación solar:** Para determinar los efectos que tiene la radiación solar en un dispositivo que va a estar expuesto al Sol durante su operación o almacenamiento sin protección.

**Lluvia:** Para determinar: la efectividad de los protectores o cobertores en prevenir la penetración de agua dentro de un equipo; el rendimiento del equipo durante su exposición a la lluvia; y cualquier deterioro físico causado por la lluvia.

**Humedad:** Para determinar la resistencia de un equipo a los efectos de una atmósfera abrigada y húmeda.

**Hongos:** Para evaluar el grado de crecimiento de hongos que puede soportar un equipo y la afectación en su rendimiento.

**Arena y polvo:** Para evaluar el rendimiento de un equipo ante la presencia de polvo y arena, que pueda penetrar en su interior. Además, se realizan pruebas de arena y viento para determinar si el equipo puede ser almacenado y operado bajo esas condiciones sin experimentar degradación en su rendimiento.

**Atmósfera Explosiva:** Para evaluar la operación de un equipo en atmósferas inflamables, sin que cause una explosión. Además, se prueba la reacción de un dispositivo ante la llama, esperando que ésta no se propague a través del dispositivo. Este método se aplica a todos los equipos que vayan a ser utilizados en vehículos terrestres y aeronaves.

**Inmersión:** Para determinar si un material puede soportar una inmersión completa o parcial en agua, sin que la misma influya en su funcionamiento. En algunos casos este método sustituye al método de lluvia.



**Vibración:** Para determinar la resistencia de un equipo a las vibraciones que se puedan presentar en el ambiente. Los procesos de prueba para el método de vibración se realizan de acuerdo a determinados ambientes de vibración, los cuales se dividen en 10 categorías.

A continuación se nombran las 10 categorías:

Categoría 1 – Transportación.- Dirigida a todo equipo enviado como carga por tierra, aire y mar.

Categoría 2. Esta prueba es aplicable cuando un equipo forma una gran parte integral del vehículo. Intenta reproducir la vibración producida cuando un equipo es transportado por un vehículo provisto de ruedas.

Categoría 3.- Los equipos son transportados sin sujetarse en camiones, trailers o vehículos..

Categoría 4.- Dirigida a todo equipo que vaya a ser instalado en aeronaves que utilicen hélices o en turbinas.

Categoría 5.- Dirigida a equipos instalados en aeronaves jet piloteadas o no; y en misiles

Categoría 6.- Dirigida a equipos instalados en helicópteros.

Categoría 7A.- Dirigida a equipos instalados externamente en aeronaves jet.

Categoría 7B.- Dirigida a equipos instalados externamente en helicópteros.

Categoría 8.- Dirigida a equipos instalados en vehículos de ruedas y trailers.

Categoría 9.- Dirigida a equipos instalados en barcos u otra clase de embarcaciones.

**Temperatura, humedad, vibración y altitud:** Para determinar los efectos combinados de temperatura, humedad, vibración y altitud sobre los equipos durante su operación. Este método es dirigido hacia aquellos equipos instalados en aeronaves. Además, puede ser usado como herramienta de ingeniería de desarrollo.

## **CAPITULO 2**

### **ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS RADIOS RACAL MODELOS TRA-931 Y PRM-4031 EN EL CALE**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

El Comando de Apoyo Logístico Electrónico (CALE) de la Fuerza Terrestre se constituye en una Unidad Técnica especializada en el área de mantenimiento, operación y montaje de los equipos de comunicaciones del Ejército Ecuatoriano.

El personal que labora en esta unidad tiene la preparación técnica adecuada para cumplir con la responsabilidad de solucionar las necesidades en cuanto a comunicaciones de todas las unidades militares del país; y asesorar de manera correcta y oportuna a los mandos de la Fuerza Terrestre en la toma de decisiones referente a adquisición de equipos, optimización de sistemas existentes, control y fiscalización del funcionamiento eficiente de nuevas tecnologías instaladas.

Para cumplir con el propósito que persigue el CALE, es necesario que el personal técnico esté en continua preparación y actualización de conocimientos; así como la introducción e implementación de nuevas técnicas de control y mantenimiento de equipos.

Una de las actividades realizadas por el CALE es el mantenimiento de todos los equipos de comunicaciones. Dentro de los cuales las radios RACAL modelos TRA-931 y PRM-4031 constituyen dispositivos de gran importancia en la banda comprendida entre los 3MHz y 30MHz (HF). Los equipos de radio antes mencionados se encuentran distribuidos a lo largo de todas las unidades militares del país, de acuerdo a sus necesidades de comunicación. Al presentarse una falla en las mismas, la unidad de origen las envía al CALE. Una vez registrado el ingreso del equipo, el personal del laboratorio de

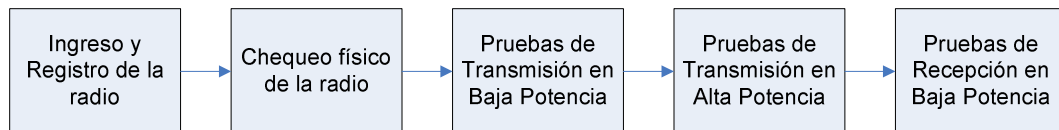
radiofrecuencia (HF - VHF) es el encargado de evaluar el funcionamiento, detectar fallas y proceder a la reparación del equipo en cuestión.

Una vez terminado el proceso anteriormente expuesto, las radios ya reparadas son enviadas al laboratorio de control de calidad, donde se hacen las pruebas respectivas para verificar el cumplimiento de los parámetros establecidos en este laboratorio. En caso de que la evaluación sea exitosa, el equipo será enviado nuevamente a la unidad de origen; caso contrario, el equipo retornará al laboratorio de radiofrecuencia para una nueva revisión.

## 2.2 PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE LAS RADIOS RACAL TRA-931 Y PRM-4031

El proceso de control de calidad que actualmente se realiza en el CALE para los equipos de radio RACAL TRA-931 y PRM-4031 determina si estos equipos están en capacidad de continuar en operación sin mayores inconvenientes en las unidades militares del país.

El proceso de control de calidad se resume en el siguiente diagrama de bloques:



**Figura 2.1 Proceso de Control de Calidad**

Para el efecto, el laboratorio de Control de Calidad cuenta con los siguientes instrumentos de medición y prueba:

- Fuente de pruebas para equipo RACAL Transceiver Test Set CA531C
- Fuente regulable de DC VARECO 33-10
- Frecuencímetro RACAL-DANA9916
- Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V

- Radio TRA-931 MONTAJE FIJO<sup>3</sup> permanente

### 2.2.1 Procedimiento de Control de Calidad para el Equipo TRA-931

1. El equipo es recibido por el encargado del Laboratorio, el mismo que registra el ingreso del equipo en el Libro de Control. Los datos de ingreso son:
  - Modelo de equipo
  - Número de serie
  - Unidad de origen
  - Fecha de ingreso
  - Técnico que realizó la reparación
  - Fecha de egreso
  - Aceptación o Rechazo del equipo
  - Observaciones
2. Chequeo físico de la radio, observando armazón, perillas y conectores. En caso de existir alguna anomalía; por ejemplo, perillas de selección que giren indefinidamente o que no giren, se rechaza el equipo concluyendo el proceso, y se lo envía al laboratorio de radiofrecuencia indicando la novedad suscitada.
3. Medición de la potencia de RF, consumo de corriente y estabilidad de frecuencia en transmisión.
  - Condiciones iniciales de la fuente de pruebas Transceiver Test Set CA531C:
    - En el selector SET DC VOLTS escoger 24 voltios debido a que es la alimentación necesaria para el funcionamiento de la radio RACAL TRA-931.
    - Colocar la fuente de prueba en Recepción, el selector KEY en la posición RX.
    - En el selector METER RANGE escoger la opción R.F. POWER (potencia de radiofrecuencia) y seleccionar la escala de potencia en 30W.

---

<sup>3</sup> El Montaje Fijo de la radio TRA-931 consta de: Antena, Matching de Antena, Caja de Sintonía, Transceptor TRA-931, Amplificador de Potencia y Microteléfono.

- Conectar en el zócalo de Audio 1 del transceptor el conector SUPPLY TO AUDIO 1 de la Fuente de prueba, el cual proporciona la alimentación de 24V.
- Conectar en el zócalo de Audio 2 del transceptor el conector SIGNAL TO AUDIO 2 de la Fuente de prueba, el cual proporciona las señales necesarias para las pruebas de transmisión y recepción.
- Conectar a través de un cable coaxial la entrada de RF de la fuente de pruebas (R.F. IN) con el conector para Antena del transceptor, que corresponda a la frecuencia central. El primer conector es para señales que van de 1.6 MHz a 3 MHz y el segundo es para señales que van de 3 MHz a 30MHz.
- Conectar la salida MONITOR R.F. de la fuente de pruebas con el conector de entrada del frecuencímetro que corresponda a la frecuencia de trabajo.
- Fijar la radio en una frecuencia específica. Las frecuencias en las cuales se realizan las pruebas de control son 1.6 MHz, 2.4 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz, 12.5 MHz, 17 MHz, 24 MHz y 29.9 MHz. Estas frecuencias son escogidas por constituir los valores de trabajo de las unidades militares del país.
- Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB
- Ajustar la perilla de volumen en cero
- Encender la radio en baja potencia (LOW)
- Ajustar la perilla MODE de la radio en TUNE (modo de calibración).
- Para la medición de potencia de transmisión:
  - Calibrar la radio en la frecuencia de trabajo fijada, a través de la perilla de calibración. Esta calibración se da el momento que la aguja del watímetro analógico de la fuente de pruebas se encuentre en el máximo valor, en este instante es cuando se obtiene el valor de la máxima potencia de transmisión. La mínima potencia que se mide actualmente es 4W.
- Para la medición de consumo de corriente:
  - Seleccionar la posición DC en la perilla METER RANGE de la fuente de pruebas.

- Escoger 5 AMPS en el selector DC SUPPLY RANGE para cambiar la escala de medición del galvanómetro de la fuente. El máximo consumo de corriente que se mide actualmente es 1.5 amperios.
  - La medida de estabilidad de frecuencia observada en el frecuencímetro puede tener una variación de  $\pm 2\text{Hz}$  de la frecuencia central.
  - A continuación se mide la potencia de transmisión de radiofrecuencia y el consumo de corriente cuando la radio trabaja en alta potencia. Para ello girar la perilla de POWER de la radio a alta potencia (HIGH).
  - Para la medición de la potencia de transmisión:
    - Colocar la perilla METER RANGE en R.F. POWER en la escala de 30W. La potencia mínima que actualmente se mide es 16W.
  - Para la medición de consumo de corriente:
    - Seleccionar la posición DC en la perilla METER RANGE de la fuente de pruebas.
    - Escoger 5 AMPS en el selector DC SUPPLY RANGE. El máximo consumo de corriente que se mide actualmente es 3.5 amperios.
  - Para la medición de estabilidad de frecuencia:
    - Observar en el frecuencímetro que la frecuencia central tenga una variación de  $\pm 2\text{Hz}$ .
    - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB
    - Colocar la fuente de prueba en Transmisión, el selector KEY en la posición TX.
    - La medida de frecuencia en la banda superior en el frecuencímetro debe ser de 1 KHz arriba de la frecuencia central.
    - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB
    - La medida de frecuencia en la banda inferior en el frecuencímetro debe ser 1KHz debajo de la frecuencia central.
4. Medición de parámetros de recepción: distorsión, sensibilidad.
- Ajustar la radio en baja potencia
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB.
  - Encender el Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V y fijar los siguientes parámetros:
    - Función del generador en recepción (Rx).

- Modulación AM
- Code Synth mode: PL/DPL
- Setear la frecuencia central.
- Ajustar el nivel de radiofrecuencia en 1microV (perilla STEP).
- Conectar la entrada de radiofrecuencia del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V con el conector para Antena del tranceptor, que corresponda a la frecuencia central.
- Para la medición de sensibilidad:
  - Subir la perilla de volumen de la radio al máximo.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de sensibilidad, el cual debe ser mínimo -8dB.
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de sensibilidad, el cual debe ser mínimo -8dB.
- Para la medición de distorsión:
  - Ajustar la perilla de volumen en cero
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB.
  - Ajustar el nivel de radiofrecuencia del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V en 100microV.
  - Ajustar la perilla de volumen en la mitad de su valor máximo.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de distorsión, el cual debe ser máximo 12%.
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de distorsión, el cual debe ser máximo 12%.
- Apagar la radio.

### **2.2.2 Procedimiento de Control de Calidad para el Equipo PRM-4031**

1. El equipo es recibido por el encargado del Laboratorio, el mismo que registra el ingreso del equipo en el Libro de Control. Los datos de ingreso son:



- Modelo de equipo
  - Número de serie
  - Unidad de origen
  - Fecha de ingreso
  - Técnico que realizó la reparación
  - Fecha de egreso
  - Aceptación o Rechazo del equipo
  - Observaciones
2. Chequeo físico de la radio, observando armazón, perillas y conectores. En caso de existir alguna anomalía; por ejemplo, perillas de selección que giren indefinidamente o que no giren, se rechaza el equipo concluyendo el proceso, y se lo envía al laboratorio de radiofrecuencia indicando la novedad suscitada.
3. Medición de la potencia de RF, consumo de corriente y estabilidad de frecuencia en transmisión.
- Condiciones iniciales de la fuente de pruebas Transceiver Test Set CA531C:
    - En el selector SET DC VOLTS escoger 12 voltios debido a que es la alimentación necesaria para el funcionamiento de la radio RACAL PRM-4031.
    - Colocar la fuente de prueba en Recepción, el selector KEY en la posición RX.
    - En el selector METER RANGE escoger la opción R.F. POWER (potencia de radiofrecuencia) y seleccionar la escala de potencia en 30W.
    - Conectar en el zócalo de Audio 1 del transceptor el conector SUPPLY TO AUDIO 1 de la Fuente de prueba, el cual proporciona la alimentación de 12V.
    - Conectar en el zócalo de Audio 2 del transceptor el conector SIGNAL TO AUDIO 2 de la Fuente de prueba, el cual proporciona las señales necesarias para las pruebas de transmisión y recepción.
  - Conectar a través de un cable coaxial la entrada de RF de la fuente de pruebas (R.F. IN) con el conector para Antena del transceptor, que

corresponda a la frecuencia central. El primer conector es para señales que van de 1.6 MHz a 8 MHz y el segundo es para señales que van de 8 MHz a 30MHz.

- Conectar la salida MONITOR R.F. de la fuente de pruebas con el conector de entrada del frecuencímetro que corresponda a la frecuencia de trabajo.
- Fijar la radio en una frecuencia específica. Las frecuencias en las cuales se realizan las pruebas de control son las mismas que en el radio TRA-931.
- Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB
- Ajustar la perilla de volumen en cero
- Encender la radio en baja potencia (LOW)
- Ajustar la perilla MODE de la radio en TUNE (modo de calibración).
- Para la medición de la potencia de transmisión:
  - Calibrar la radio en la frecuencia de trabajo fijada. La mínima potencia que se mide actualmente es 4W.
- Para la medición de consumo de corriente:
  - Seleccionar la posición DC en la perilla METER RANGE de la fuente de pruebas.
  - Escoger 5 AMPS en el selector DC SUPPLY RANGE para cambiar la escala de medición del galvanómetro de la fuente. El máximo consumo de corriente que se mide actualmente es 1.5 amperios.
- La medida de estabilidad de frecuencia observada en el frecuencímetro puede tener una variación de  $\pm 2\text{Hz}$  de la frecuencia central.
- A continuación se mide la potencia de transmisión de radiofrecuencia y el consumo de corriente cuando la radio trabaja en alta potencia. Para ello girar la perilla de POWER de la radio a alta potencia (HIGH).
- Para la medición de potencia de transmisión:
  - Colocar la perilla METER RANGE en R.F. POWER en la escala de 30W. La potencia mínima que actualmente se mide es 7 W.
- Para la medición de consumo de corriente:
  - Seleccionar la posición DC en la perilla METER RANGE de la fuente de pruebas.
  - Escoger 5 AMPS en el selector DC SUPPLY RANGE. El máximo consumo de corriente que se mide actualmente es 3.3 amperios.
- Para la medición de estabilidad de frecuencia:

- Observar en el frecuencímetro que la frecuencia central tenga una variación de  $\pm 2\text{Hz}$ .
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB.
  - Colocar la fuente de prueba en Transmisión, el selector KEY en la posición TX.
  - La medida de frecuencia en la banda superior en el frecuencímetro debe ser de 1 KHz arriba de la frecuencia central.
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB
  - La medida de frecuencia en la banda inferior en el frecuencímetro debe ser 1 KHz debajo de la frecuencia central.
4. Medición de parámetros de recepción: distorsión, sensibilidad.
- Ajustar la radio en baja potencia
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB.
  - Encender el Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V y fijar los siguientes parámetros:
    - Función del generador en recepción (Rx).
    - Modulación AM
    - Code Synth mode: PL/DPL
    - Setear la frecuencia central.
    - Ajustar el nivel de radiofrecuencia en 1microV (perilla STEP).
  - Conectar la entrada de radiofrecuencia del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V con el conector para Antena del transceptor, que corresponda a la frecuencia central.
  - Para la medición de sensibilidad:
    - Subir la perilla de volumen de la radio al máximo.
    - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de sensibilidad, el cual debe ser mínimo -8dB.
    - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB.
    - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de sensibilidad, el cual debe ser mínimo -8dB.
  - Para la medición de distorsión:

- Ajustar la perilla de volumen en cero
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en LSB.
  - Ajustar el nivel de radiofrecuencia del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V en 100microV.
  - Ajustar la perilla de volumen en su valor máximo.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de distorsión, el cual debe ser máximo 12%.
  - Ajustar la perilla MODE de la radio en USB.
  - Observar en la pantalla del Sistema Analizador de Comunicaciones Motorola R-2005D/HS/220V el valor de distorsión, el cual debe ser máximo 12%.
- Apagar la radio.

### **2.3 ANÁLISIS DEL PROCESO**

El proceso de Control de Calidad constituye una herramienta fundamental para la entrega adecuada del equipo de comunicación en óptimas condiciones de operación., puesto que de él se deriva una correcta funcionalidad de las radios, condición que irá en beneficio del trabajo diario que las unidades militares del país realizan en el campo de las comunicaciones. Caso contrario, un proceso de control de calidad mal realizado, irá en desmedro del rendimiento de las radios, disminuyendo su vida útil; así como también afectará notablemente la ejecución eficiente de las actividades realizadas por el personal de la fuerza terrestre.

El proceso de reparación de las radio de comunicación RACAL PRM-4031 y TRA-931 está a cargo del personal de planta del Laboratorio de Radiofrecuencia, el mismo que tiene una vasta experiencia en el funcionamiento de este material, constituyendo un referente de confianza para verificar el estado real de operación de los equipos. Sin embargo, es necesario que este trabajo sea evaluado en su totalidad y que cumpla con los parámetros estipulados por el fabricante, que son la base para el funcionamiento adecuado de los equipos.

Actualmente, el proceso de Control de Calidad de los equipos de comunicación RACAL PRM-4031 y TRA-931, fundamenta su accionar en la medición de 5 parámetros,

los cuales son: potencia de transmisión, estabilidad de frecuencia, consumo de corriente, distorsión de audiofrecuencia y sensibilidad.

**Tabla 2.1 Parámetros de evaluación actuales para control de calidad radio TRA-931**

<b>TRA-931</b>	
Potencia de transmisión	Mínimo 16 W alta potencia Mínimo 4 W baja potencia
Estabilidad de frecuencia	+/- 2 Hz
Consumo de corriente	Máximo 3,5 Amp alta potencia Máximo 1,5 Amp.baja potencia
Distorsión de audiofrecuencia	Máximo 12%
Sensibilidad	-8 dB

**Tabla 2.2 Parámetros de evaluación actuales para control de calidad radio PRM-4031**

<b>PRM-4031</b>	
Potencia de transmisión	Mínimo 7 W alta potencia Mínimo 4 W baja potencia
Estabilidad de frecuencia	+/- 2 Hz
Consumo de corriente	Máximo 3,3 Amp alta potencia Máximo 1,5 Amp.baja potencia
Distorsión de audiofrecuencia	Máximo 12%
Sensibilidad	-8 dB

A pesar de ser parámetros importantes, no reflejan en su totalidad el buen funcionamiento de las radios. El fabricante en sus manuales de operación especifica parámetros mínimos a cumplirse para cada tipo de equipo, los cuales se indican a continuación:

**Tabla 2.3 Parámetros mínimos de funcionamiento especificados por el fabricante para la radio TRA-931 [3]**

<b>TRA-931</b>	
Estabilidad de frecuencia	+/- 2 p.p.m.
Potencia de salida	20 W +/- 1.5 dB
Emisiones armónicas	Menor a - 40 dB
Supresión de la frecuencia portadora	Menor a -40 dB
Supresión de la banda lateral no deseada	Menor a -40 dB
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB
Consumo de corriente	2 Amp
Respuesta de audiofrecuencia	Mayor a -6 dB a 500Hz y 2500Hz
Sensibilidad	Mínimo 10 mW para 1 microV de RF
Relación Señal Ruido	Mínimo 15 dB
Selectividad	BLU 6 dB en un ancho de bando de 2KHz mínimo. AM 6 dB en un ancho de banda de 8 KHz mínimo.
Supresión de la portadora de imagen	Mayor a 60 dB
Supresión de Frecuencia Intermedia	Mayor a 60 dB
Potencia de salida de audiofrecuencia	Mínimo 30 mW para 100microV de RF
Distorsión de audiofrecuencia	Menor al 5% con 10 mW de nivel de salida de audiofrecuencia para 100 microV de RF.
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB para variaciones de RF de 80 dB por encima de 2 microV de RF.

**Tabla 2.4 Parámetros mínimos de funcionamiento especificados por el fabricante para la radio PRM-4031 [4]**

<b>PRM-4031</b>	
Estabilidad de frecuencia	+/- 1 p.p.m.
Potencia de salida	10 W +/- 1.5 dB
Emisiones armónicas	Menor a - 40 dB
Supresión de la frecuencia portadora	Menor a - 45 dB
Supresión de la banda lateral no deseada	Menor a - 40 dB
Distorsión de Intermodulación	Menor a - 25 dB
Consumo de corriente	1,8 Amp

Respuesta de audiofrecuencia	Mayor a -6 dB a 500Hz y 2500Hz
Sensibilidad	Mínimo 5 mW para 1 microV de RF
Relación Señal Ruido	Mínimo 15 dB
Selectividad	BLU 6 dB en un ancho de bando de 2KHz mínimo. AM 40 dB en un ancho de banda de 5 KHz máximo.
Supresión de la portadora de imagen	Mayor a 70 dB
Supresión de Frecuencia Intermedia	Mayor a 70 dB
Potencia de salida de audiofrecuencia	Mínimo 20 mW para 100microV de RF
Distorsión de audiofrecuencia	Menor al 5% con 10 mW de nivel de salida de audiofrecuencia para 100 microV de RF.
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB para variaciones de RF de 100 dB por encima de 2 microV de RF.

En el Laboratorio de Control de Calidad no se toman en cuenta muchos parámetros para cada tipo de equipo, los cuales garantizan una correcta reparación de la radio. Además, los valores para cada parámetro indicados por el fabricante, no tienen relación con los valores de referencia utilizados en el Laboratorio de Control de Calidad.

Otro aspecto a tomar en cuenta dentro de este análisis son los equipos de medición disponibles en el Laboratorio de Control de Calidad. Éstos constituyen una herramienta necesaria para comprobar que los equipos de radio se encuentren en buen estado. El Laboratorio de Radiofrecuencia encargado de la reparación de los equipos, cuenta con Analizadores de Espectros y Analizadores de Sistemas de Comunicación, de una calidad y precisión superiores a los equipos de medición con los que cuenta el Laboratorio de Control de Calidad. Este factor contribuye también a una incorrecta ejecución del proceso de control.

Por otro lado, los datos de las mediciones realizadas a cada equipo no son registrados en documento alguno; el operador comprueba visualmente que el valor de un parámetro específico es igual o mejor que el valor de referencia correspondiente y continúa con la medición de otro parámetro. Este procedimiento no garantiza la veracidad de los resultados obtenidos, pues no existe un respaldo de la correcta ejecución de las pruebas,

dejando al criterio del operador la aprobación del parámetro medido. Al no existir un respaldo de las pruebas realizadas a los equipos, la información obtenida se pierde, sin tomar en cuenta que la misma podría ser de gran utilidad en futuros controles de los equipos; así como también serviría de gran ayuda para análisis técnicos de la operabilidad de las radios.



## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE RADIO RACAL MODELOS PRM-4031 Y TRA 931**

#### **3.1 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS Y VARIABLES A CONTROLAR**

Una vez que se ha realizado el análisis del procedimiento que actualmente se sigue para el control de calidad de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931, surge la necesidad de que el nuevo procedimiento a implantarse se constituya en una herramienta mejorada que permita un eficiente control de calidad de estos equipos; de tal forma que la evaluación de la operabilidad de los equipos reparados sea la más óptima.

Para conseguir lo anteriormente expuesto es necesario que el control de calidad incluya todas las pruebas para la aprobación o no del equipo; debido a que por las necesidades de la Fuerza Terrestre, el buen mantenimiento y la buena operabilidad de estos equipos de comunicación, constituyen factores preponderantes en el uso del material disponible.

El nuevo procedimiento de control de calidad a implantarse se fundamenta en el cumplimiento de los parámetros que el fabricante especifica en los manuales de operación y mantenimiento de cada uno de estos equipos. Estos parámetros son los indispensables para un buen funcionamiento de los equipos de radio, que conjugado con una correcta operación permitirá alargar la vida útil de los mismos.

Las pruebas de transmisión y recepción que se realizan a los equipos de radio RACAL PRM-4031 y TRA-931 están basadas en los parámetros especificados en las tablas 2.3 y 2.4, respectivamente.

A continuación se dará una explicación de la importancia de cada uno de los parámetros a medirse, en vista de que en el capítulo 1 se encuentra el fundamento teórico de cada uno de estos parámetros.

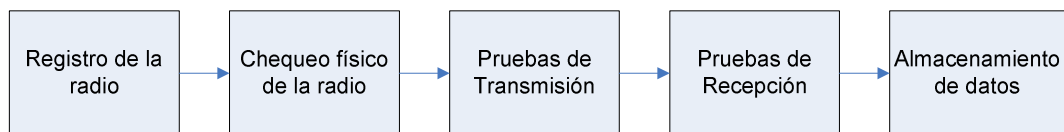
- **Estabilidad de frecuencia:** Garantiza que el equipo de radio trabaje en un valor fijo de frecuencia; de tal modo que exista una comunicación sin inconvenientes con equipos similares que participen en el enlace.
- **Potencia de salida:** El cumplimiento de este parámetro garantiza el funcionamiento de todos los sistemas que componen la radio.
- **Emisiones Armónicas:** Una excesiva producción por parte de la radio en el proceso de transmisión de estas señales armónicas afectará notablemente el funcionamiento normal de equipos aledaños a la radio, interfiriendo en su funcionamiento óptimo. Además, las excesivas emisiones armónicas van en desmedro de la potencia de transmisión de la radio.
- **Supresión de la frecuencia portadora:** Una adecuada supresión de la onda portadora disminuirá la posibilidad de producción de emisiones armónicas, evitará pérdidas de potencia de transmisión; así como también, el consumo innecesario de energía de la radio.
- **Supresión de la banda lateral no deseada:** El funcionamiento de estas radios exige el trabajo en una banda lateral única, sea esta superior o inferior, por tanto, se debe garantizar la supresión de la banda lateral que no interviene en la comunicación; de manera que, no existan interferencias o distorsiones en las señales transmitidas y no exista disipación de energía innecesaria.
- **Distorsión de Intermodulación:** Un valor excesivo de intermodulación será un indicador del mal funcionamiento en la circuitería interna de la radio; debido a que es producida por la interacción de dos o más señales en el interior de un dispositivo no lineal, teniendo como resultado la existencia de señales no deseadas.

- **Respuesta de Audiofrecuencia:** Al existir los niveles adecuados de audiofrecuencia, se garantiza que las señales procesadas internamente por la radio serán transmitidas de manera clara, sin distorsiones que puedan afectar la fidelidad de la señal.
- **Sensibilidad:** Este parámetro permite medir el nivel de recepción del equipo. Es un valor de mucha importancia debido a que valores muy bajos de sensibilidad serán un indicador de problemas en la recepción de señales de radiofrecuencia. Mientras que, valores demasiados altos de sensibilidad permitirán la intromisión de señales no deseadas.
- **Relación Señal Ruido:** Adecuados valores de este parámetro reflejan la calidad de señal que debe entregar el radio de forma audible en referencia a la cantidad de señal útil frente a señales no deseadas o ruidos.
- **Selectividad:** Este parámetro nos permite definir el adecuado filtrado de señales externas adyacentes o cercanas a la frecuencia central de trabajo. Niveles altos de selectividad serán una referencia del trabajo eficiente de la radio en recepción en una frecuencia específica. Niveles bajos de selectividad son un indicador de la intromisión de señales externas en otras frecuencias.
- **Supresión de la portadora de imagen y supresión de la frecuencia intermedia:** Al producirse estas dos señales dentro de la circuitería interna de la radio para procesos de modulación y demodulación de las señales es necesario que su interferencia sea suprimida eficientemente, de manera que la señal audible sea fiel reproducción de la señal recibida.
- **Potencia de salida de audiofrecuencia:** El cumplimiento de este parámetro permitirá al operador la percepción de señales audibles con niveles adecuados para el oído humano. En caso de tener una buena señal de radiofrecuencia y no percibir estas señales audibles, indicará el mal funcionamiento de la etapa de amplificación de audio.

- **Distorsión audiofrecuencia:** Niveles bajos de este parámetro irán en beneficio de la calidad de señal de audiofrecuencia percibida por el operador. En tanto que niveles altos de distorsión causarán la baja calidad de la señal de Audiofrecuencia.
- **Control Automático de Ganancia (AGC):** El buen funcionamiento de los circuitos que controlan este parámetro permitirá una regulación adecuada de los niveles de potencia de las señales recibidas por la radio. Niveles muy altos, dañarían los componentes internos del equipo; por lo que son disminuidos automáticamente, de tal forma que la salida de audiofrecuencia será relativamente constante.

### 3.2 DEFINICIÓN DEL PROCESO A IMPLANTARSE

El proceso a implantarse para el control de calidad en los equipos de radio RACAL PRM-4031 y TRA-931 se muestra en el siguiente diagrama de bloques:



**Figura 3.1** Proceso de control de calidad a implantarse.

- **Registro de la radio.-** En este paso se ingresan datos del equipo que será sometido a las pruebas de control de calidad, estos datos permitirán tener un control específico de cada equipo. Dentro de estos datos se incluye:
  - Número de serie.- Es un número único que identifica a cada radio dentro de los Estados Generales de la Fuerza Terrestre.
  - Unidad de origen.- Este dato indica la Unidad Orgánica de donde proviene el equipo, de igual forma constante dentro de los Estados Generales de la Fuerza Terrestre.

- Técnico responsable.- Este dato corresponde al nombre del técnico responsable de la reparación del equipo.
- Fecha de ingreso.- Es la fecha en la cual el equipo ingresa al laboratorio de control de calidad para las pruebas pertinentes.
- **Chequeo físico de la radio.-** En este paso se realiza un chequeo visual de la composición física del equipo, evaluando el estado de cada uno de los componentes que el operador deberá manipular en la operación de la radio. Estos componentes son específicos para cada uno de los tipos de radio y se indican a continuación:

**Tabla 3.1 Componentes físicos a evaluarse.**

<b>PRM-4031</b>	<b>TRA-931</b>
Armazón Conector Audio 1 Conector Audio 2 Zócalo de Antena Látigo Zócalo de Antena 1.6 – 8MHz Zócalo de Antena 8 – 30MHz Perilla de encendido (3 Posiciones) Perilla de Modo (6 Posiciones) Perilla de Volumen Perilla de Sintonización Perillas de Selección de frecuencias (6 Perillas) Indicador de Sintonización	Armazón Conector Audio 1 Conector Audio 2 Conector S.U. MA4015 Zócalo de Antena de Varilla Extensible Zócalo de Antena 1.6 – 3MHz Zócalo de Antena 3 – 30MHz Zócalo de Salida de Salida de Potencia 100mV OUT Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN Zócalo de Banda Ancha W/B Terminal a Tierra Perilla de encendido (4 Posiciones) Perilla de Modo (4 Posiciones) Perilla de Volumen Perilla de Sintonización Perillas de Selección de frecuencias (5 Perillas) Perilla de Selección de Canal (CHANNEL) Perilla de Exploración (SEARCH) Indicador de Sintonización Discador

- **Pruebas de transmisión.-** En este paso se realizan todas las pruebas referentes al comportamiento de la radio en su función de transmisión. Estas pruebas se realizan en Alta Potencia debido a que es el nivel de potencia en el cual se

somete al máximo trabajo al equipo. Los parámetros que se miden en transmisión son los siguientes:

- Estabilidad de frecuencia
  - Potencia de salida de transmisión
  - Emisión de armónicos
  - Supresión de la frecuencia portadora
  - Supresión de la banda lateral no deseada
  - Distorsión de Intermodulación
  - Respuesta de Audiofrecuencia.
- **Pruebas de recepción.-** En este paso se realizan todas las pruebas referentes al comportamiento de la radio en su función de recepción. Los parámetros que se miden en recepción son los siguientes:
    - Sensibilidad
    - Relación Señal Ruido
    - Selectividad
    - Supresión de la portadora de Imagen
    - Supresión de la frecuencia Intermedia (1.4MHZ y 35.4MHZ)
    - Potencia de salida de audiofrecuencia
    - Distorsión de Audiofrecuencia
    - Control Automático de Ganancia (AGC)
- **Almacenamiento de datos.-** Este paso final permite el almacenamiento de cada uno de los datos producidos en los pasos anteriormente mencionados; de tal forma que se registre toda la información del comportamiento del equipo.

### 3.2.1 Procedimiento para el Control de Calidad

Este procedimiento es realizado mediante la combinación de tareas manuales que debe realizar el operador y el procesamiento automático a través del software diseñado para el efecto. Las tareas manuales hacen referencia a conexiones físicas de las radios con los equipos de medición; así como también, a la manipulación de los componentes físicos de la radio como son: perillas de selección de frecuencia, perillas de encendido, perillas de modo de funcionamiento de la radio, perillas de volumen y perillas de sintonización de las radios. Estos procesos requieren de la participación de un operador debido a la imposibilidad de automatizar funciones mecánicas de las radios y de los equipos de prueba.

El procesamiento automático hace referencia al control de equipos de medición, medición de parámetros, adquisición de datos y almacenamiento de la información obtenida.

Estos dos tipos de procedimientos interactúan entre sí a lo largo de todo el proceso de control de calidad, de tal forma que en la pantalla del computador se presentarán mensajes, a los que se han llamado AYUDAS, con indicaciones puntuales referentes a los modos de funcionamiento de la radio o las conexiones con los equipos de medición requeridas para la medición de un determinado parámetro. Una vez ejecutadas estas indicaciones por el operador, se continuará con la ejecución automática de las pruebas hasta requerir un cambio en el modo de funcionamiento de las radios.

Los modos de funcionamiento son específicos para cada tipo de radio. A continuación se detalla cada modo de funcionamiento en cada una de las radios y que parámetros son medidos en dichos modos.

**Tabla 3.2 Modos de funcionamiento y parámetros medidos radio TRA-931**

<b>TRA-931</b>	
<b>Modos de funcionamiento</b>	<b>Parámetros</b>
TUNE	Estabilidad de frecuencia Potencia de salida Emisiones Armónicas
USB	Potencia de salida

	<p>Supresión de la frecuencia portadora</p> <p>Supresión de la banda lateral no deseada</p> <p>Distorsión de Intermodulación</p> <p>Respuesta de Audiofrecuencia</p> <p>Sensibilidad</p> <p>Relación Señal Ruido</p> <p>Selectividad</p> <p>Supresión de la Portadora de Imagen</p> <p>Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz)</p> <p>Potencia de salida de Audiofrecuencia</p> <p>Distorsión de Audiofrecuencia</p> <p>Control Automático de Ganancia (AGC)</p>
LSB	<p>Potencia de salida</p> <p>Supresión de la frecuencia portadora</p> <p>Supresión de la banda lateral no deseada</p> <p>Distorsión de Intermodulación</p> <p>Respuesta de Audiofrecuencia</p> <p>Sensibilidad</p> <p>Relación Señal Ruido</p> <p>Selectividad</p> <p>Supresión de la Portadora de Imagen</p> <p>Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz)</p> <p>Potencia de salida de Audiofrecuencia</p> <p>Distorsión de Audiofrecuencia</p> <p>Control Automático de Ganancia (AGC)</p>
AM	<p>Sensibilidad</p> <p>Relación Señal Ruido</p> <p>Selectividad</p> <p>Supresión de la Portadora de Imagen</p> <p>Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz)</p> <p>Potencia de salida de Audiofrecuencia</p> <p>Distorsión de Audiofrecuencia</p> <p>Control Automático de Ganancia (AGC)</p>



**Tabla 3.3 Modos de funcionamiento y parámetros medidos radio PRM-4031**

<b>TRA-931</b>	
<b>Modos de funcionamiento</b>	<b>Parámetros</b>
TUNE	Estabilidad de frecuencia Potencia de salida Emisiones Armónicas
CW USB	Potencia de salida Sensibilidad Relación Señal Ruido Selectividad Supresión de la Portadora de Imagen Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz) Potencia de salida de Audiofrecuencia Distorsión de Audiofrecuencia Control Automático de Ganancia (AGC)
USB	Potencia de salida Supresión de la frecuencia portadora Supresión de la banda lateral no deseada Distorsión de Intermodulación Respuesta de Audiofrecuencia Sensibilidad Relación Señal Ruido Selectividad Supresión de la Portadora de Imagen Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz) Potencia de salida de Audiofrecuencia Distorsión de Audiofrecuencia Control Automático de Ganancia (AGC)
LSB	Potencia de salida Supresión de la frecuencia portadora Supresión de la banda lateral no deseada Distorsión de Intermodulación

	Respuesta de Audiofrecuencia Sensibilidad Relación Señal Ruido Selectividad Supresión de la Portadora de Imagen Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz) Potencia de salida de Audiofrecuencia Distorsión de Audiofrecuencia Control Automático de Ganancia (AGC)
CW LSB	Potencia de salida Sensibilidad Relación Señal Ruido Selectividad Supresión de la Portadora de Imagen Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz) Potencia de salida de Audiofrecuencia Distorsión de Audiofrecuencia Control Automático de Ganancia (AGC)
AM	Sensibilidad Relación Señal Ruido Selectividad Supresión de la Portadora de Imagen Supresión de la Frecuencia intermedia (1.4MHz y 35.4 MHz) Potencia de salida de Audiofrecuencia Distorsión de Audiofrecuencia Control Automático de Ganancia (AGC)

### 3.2.1.1 Diagramas de flujo

En este apartado se explica la estructura principal del programa de Control de Calidad (Figura 3.2), mientras que el detalle de todo el procedimiento en lo que respecta a flujo de datos e información se especifica en los diagramas de flujo que consta en el ANEXO “A”.

Al inicio, se comprueba que exista comunicación entre la tarjeta NI PCI-GPIB, instalada en el computador, y cada uno de los equipos de medición. En caso de existir fallas en la comunicación, se presenta al usuario un mensaje de alerta indicando que se revise las conexiones entre los equipos.

Una vez comprobada la correcta comunicación entre equipos, se selecciona el tipo de radio que será sometida a las pruebas, siendo esta elección entre los radios PRM-4031 o TRA-931.

Indistintamente de cual de los dos tipos de equipos haya sido seleccionado, el proceso posterior para cada una de las radios será similar en el orden de ejecución, cambiando únicamente los valores de cada uno de los parámetros medidos, de acuerdo a las especificaciones del fabricante para cada tipo de equipos.

Las pruebas se inician con el chequeo visual de la radio, tarea que es cumplida por el operador y registrada mediante una interfaz diseñada para el efecto. En caso de no aprobar esta prueba, internamente se realiza un proceso de confirmación de los datos; caso contrario se cierra la aplicación.

Si el resultado de las pruebas visuales es satisfactorio, el sistema continúa con las pruebas de transmisión y posteriormente con las pruebas de recepción. Una vez culminados estos procesos, se pregunta al usuario mediante un mensaje si desea realizar las pruebas de transmisión y recepción en una frecuencia diferente. De ser afirmativa la respuesta se inicia nuevamente el proceso en lo que respecta a pruebas de transmisión y recepción. De lo contrario, se cierra la aplicación.

Dentro de cada una de las pruebas antes mencionadas (Visual, Transmisión y Recepción), las cuales son consideradas como funciones independientes, existen procesos internos, los cuales son indicados en detalle en el Anexo "A", así como también, las AYUDAS dirigidas al operador.

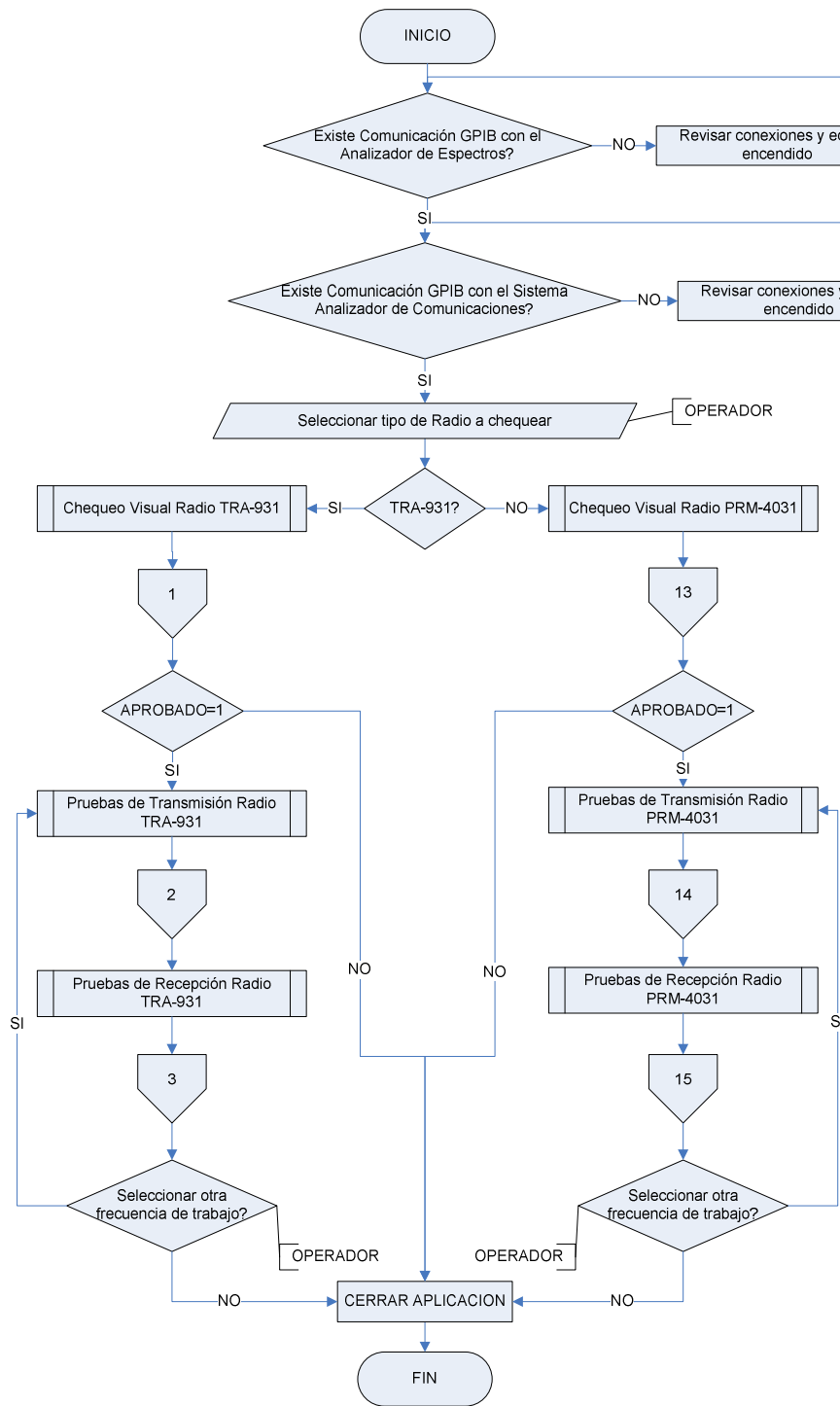


Figura 3.2. Estructura principal del programa de Control de Calidad

### 3.3 HARDWARE UTILIZADO

#### 3.3.1 Tarjeta NI PCI-GPIB

La tarjeta NI PCI-GPIB es una tarjeta electrónica desarrollada por National Instruments. Es una interfaz plug-and-play de alto rendimiento para PCs equipadas con ranuras de expansión PCI. La NI PCI-GPIB funciona en PCs que ejecuten sistemas Operativos Windows 2000/NT/XP/Me/9x, Power Macs, Linux, Solaris, Estaciones de trabajo Sun Ultra y DEC Alpha.

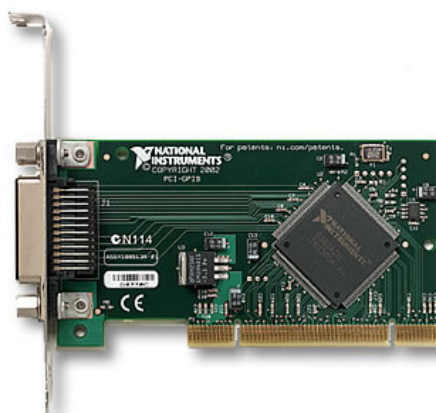


Figura 3.3 Tarjeta NI PCI-GPIB

Los componentes de la tarjeta NI PCI-GPIB son los circuitos integrados PCI-MITE y TNT. El chip PCI-MITE permite la comunicación a través de la ranura PCI decodificando las direcciones de los registros de configuración y controlando las señales del bus PCI. Por otro lado, el chip TNT ejecuta las funciones básicas IEEE 488 de Talker, Listener y Controller (Hablar, Escuchar y Controlar) requeridas para todas las versiones IEEE 488, incluyendo IEEE 488.2.

Las tarjetas NI PCI-GPIB pueden permitir tasas de transferencia de más de 1.5 MB/s usando el estándar IEEE 488.1. Sin embargo, cuando utilizan HS488 (protocolo GPIB de alta velocidad patentado por National Instruments y aprobado por la IEEE en ANSI/IEEE estándar 488.1-2003) la tasa de transferencia se incrementa hasta 8MB/s. Cabe señalar que la tasa de transferencia también depende de la computadora del usuario, sistema operativo y la configuración del sistema. [15]

A continuación se muestra una tabla con las principales características de la tarjeta NI PCI-GPIB.

**Tabla 3.4 Características tarjeta NI PCI-GPIB [15]**

Características Generales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compatibilidad con IEEE 488.2</li> <li>• Máxima tasa de transferencia                         <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1.5 MB/s (IEEE 488.1)</li> <li>○ 8 MB/s (HS488)</li> </ul> </li> <li>• Conector PCI Universal para operación en slots de 3.3 y 5V</li> </ul>
Sistemas Operativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Windows 2000/NT/XP/Me/9x</li> <li>• Power Macs</li> <li>• Linux</li> <li>• Solaris</li> </ul>
Software recomendado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labview</li> <li>• LabWindows/CVI</li> <li>• Measurement Studio</li> </ul>
Software de instalación (incluido)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NI-488.2</li> <li>• GPIB Analyzer (Solo Windows)</li> </ul>

### 3.3.2 Analizador de Espectros HP 8560A

El Analizador de Espectros es un instrumento electrónico que permite visualizar en una pantalla las componentes espectrales de las señales presentes en la entrada. Un Analizador de Espectro realiza el análisis de Fourier “empleando un filtro que rechaza todas las frecuencias, excepto una banda muy estrecha de ellas. La señal de entrada al instrumento es desplazada en frecuencia de forma que la frecuencia central del filtro sea recorrida por las componentes de frecuencia de interés” [16]. En la pantalla del equipo sólo se muestran las componentes de frecuencia, de la señal analizada, que coincidan con la del filtro de barrido.

Las medidas que se pueden realizar sobre una señal son amplitud y frecuencia. Además se puede obtener información sobre los armónicos, bandas de modulación, respuestas espurias y niveles de ruido

Los analizadores de espectro suelen trabajar con una escala logarítmica, en decibelios, para el eje de las ordenadas y una escala lineal, para la representación de la frecuencia, en el eje de las abscisas.

El Analizador de Espectros utilizado en el presente proyecto es el modelo HP 8560A, cuyas especificaciones son las siguientes:

**Tabla 3.5 Características de Frecuencia del Analizador de Espectros HP 8560A [17 ]**

<b>Frecuencia</b>	
Rango de frecuencia AC DC	100 KHz a 2.9 GHz. 50 Hz a 2.9 GHz
Precisión de lectura de Frecuencia Precisión de la frecuencia START, CENTER, STOP o MARKER	<+/- (lectura de frecuencia x precisió de referencia de frecuencia + 5% del span + 15% de la resolución de ancho de banda + 350Hz).
Precisión de Referencia de Frecuencia Envejecimiento Habilidad de seteo Estabilidad de temperatura	< +/- 2 x E-06 /año < +/- 1 x E-06 /año < +/- 1 x E-06 /año, -10°C a +55°C, referenciada a 25°C
Span Rango Precisión	0Hz, 100Hz a 2.9 GHz sobre 10 divisiones del eje horizontal. < +/- 5%
Resolución del ancho de banda Rango	10 Hz a 1MHz en secuencias de 1, 3, 10
Ancho de banda de video	

Rango	1 Hz a 3MHz en secuencias de 1, 3, 10
Precisión de referencia de frecuencia = envejecimiento x período de tiempo desde ajuste + habilidad de seteo + estabilidad de temperatura.	

**Tabla 3.6 Características de Amplitud del Analizador de Espectros HP 8560A [17]**

<b>Amplitud</b>	
Máxima potencia de entrada Potencia continua promedio (atenuación interna > 10dB) Pico de pulso de potencia (atenuación interna >30dB)	+30dBm (1W)  +50dBm (100W) para anchos de pulso <10us y ciclo de trabajo <1%.
Respuesta a Espurias Distorsión de la 2da. Armónica (50 Hz a 2.9GHz).  Tercer Orden Distorsión de Intermodulación (50 Hz a 2.9GHz)	< - 72dBc   < -70dBc
Respuesta Residual 200KHz a 2.9GHz, sin señal a la entrada, 0dB de atenuación.	<-90dBm
Rango del nivel de Referencia LOG, ajustable en pasos de 0.1dB LINEAL, ajustable en pasos de 1%	-120dBm a +30dBm  2.2 uV a 7.07 V

**Tabla 3.7 Características de Generales del Analizador de Espectros HP 8560A [17]**

<b>General</b>	
Especificación ambiental	Estándar MIL-T-28800C, Tipo III, Clase 3, Estilo C
Calentamiento	5 minutos
Intervalo de calibración	1 año



Rango de Temperatura	
Operando	-10°C a +55°C
No operando	-62°C a +85°C
Humedad	95% a 40°C por 5 días
Altitud	
Operando	4180m
No operando	13931m
Requerimientos de poder	
Operación a 115Vac	
Voltaje	90V a 140 V rms
Corriente	Máximo 3.2 Amp rms
Frecuencia	47 Hz a 440 Hz
Operación a 230Vac	
Voltaje	180V a 250 V rms
Corriente	Máximo 1.8 Amp rms
Frecuencia	47 Hz a 66Hz
Máxima disipación de potencia	180 W

### 3.3.3 Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A

El Sistema Analizador de Comunicaciones HP8920A es un instrumento que integra 22 equipos de medición en un solo dispositivo. Éste provee al personal de técnicos, las herramientas necesarias para probar y mantener una variedad de equipos de comunicación; además de simplificar dichas tareas.

Entre los equipos de medición con que cuenta el Sistema Analizador de Comunicaciones se tiene los siguientes:

- Equipo de prueba de receptores
- Equipo de prueba de transmisores
- Atenuador electrónico de estado sólido
- Demodulador SSB

- Frecuencímetro
- Analizador de RF
- Generador de RF
- Analizador de AF
- Voltímetro de AC
- Voltímetro de DC
- Medidor de distorsión
- Medidor de Relación Señal Ruido
- Osciloscopio Digital
- Analizador de Espectros

Las especificaciones del Sistema Analizador de Comunicaciones HP8920A son las siguientes:

**Tabla 3.8 Especificaciones del Generador de Señales del Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A [18]**

<b>Especificaciones del Generador de Señal</b>	
Frecuencia RF Rango de frecuencia Precisión y Estabilidad Resolución mínima	250 KHz a 1 GHz. +/- 0.015Hz 1Hz
Salida Rango Precisión Potencia	-137 a -19 dBm en 50 ohmios +/-1.8 dB 60 vatios
Pureza Espectral Señales Espurias Armónicos Espurios no armónicos FM Residual Ruido Fase SSB	<-30dBc <-60 dBc <20 HZ para $f_c$ 250 KHz a 1000MHz <10 Hz para $f_c$ 250 MHz a 500MHz < -110dBc/Hz

**Tabla 3.9 Especificaciones de la Fuente de Audio del Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A [18]**

<b>Especificaciones de la Fuente de Audio</b>	
Frecuencia	
Rango	dc a 25 KHz
Precisión	0.025%
Resolución mínima	0.1 Hz
Nivel de Salida	
Rango	0.1 mV a 4 Vrms
Máxima Corriente de salida	20 mA pico
Impedancia de salida	< 1 ohmio
Precisión	+/- 25%
Distorsión Residual	0.125%
Mínima Resolución	<0.01 V : +/- 50 microV <0.1 V : +/- 0.5 mV <1 V : +/- 5 mV >1 V : +/- 50 mV

**Tabla 3.10 Especificaciones del Analizador de RF del Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A [18]**

<b>Especificaciones del Analizador RF</b>	
Frecuencia	
Rango	400 KHz a 1GHz
Precisión	+/- 1Hz de la lectura
Resolución mínima	1Hz
Potencia	
Rango	1 mW a 60W
Precisión	+/-10%
Resolución	<10 W: 1 mW >10 W: 10 mW
FM	

Rango	5 MHz a 1GHz
Desviación	20 Hz a 75 KHz
Precisión	+/- 4% de la lectura
Ancho de banda	20 Hz a 70 KHz
Resolución	f < 10 KHz: 1Hz f > 10 KHz: 10Hz
FM residual y ruido	< 20 Hz
AM	
Rango	10 MHz a 1GHz
Precisión	+/-5% de la lectura
AM Residual	< 0.2% en un ancho de banda de 0.3 a 3KHz
SSB	
Rango	400 KHz a 1GHz
Ancho de banda	20 Hz a 70 KHz
Distorsión y ruido	< 3% en un ancho de banda de 0.3 a 3 KHz

**Tabla 3.11 Especificaciones del Analizador de AF del Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A [18]**

<b>Especificaciones del Analizador AF</b>	
Frecuencia	
Rango	20 Hz a 400 KHz
Precisión	+/- 0.02%
Resolución	f < 10 KHz: 0.01Hz f < 100 KHz: 0.1Hz f > 100 KHz: 1Hz
Voltaje AC	
Rango	0 a 30 Vrms
Precisión	+/- 3% de la lectura
Resolución	4 dígitos para entradas >100 mV

Ruido	3 dígitos para entradas < 100 mV
Voltaje DC	
Rango	100 mV a 42 V
Precisión	1.0% de la lectura
Offset	+/- 45 mV
Resolución	1 mV
Distorsión	
Frecuencia Fundamental	1KHz +/- 5Hz
Rango nivel de entrada	30 mV a 30 Vrms
Precisión	+/- 1dB
Resolución	0.01% Distorsión
SINAD	
Frecuencia Fundamental	1KHz +/- 5Hz
Rango nivel de entrada	30 mV a 30 Vrms
Precisión	+/- 1dB
Resolución	0.01dB
Filtros de Audio	50Hz HPF 300 Hz HPF 300HZ LPF 3KHz LPF 15 KHz LPF

**Tabla 3.12 Especificaciones Generales del Sistema Analizador de Comunicaciones HP 8920A [18]**

<b>Especificaciones Generales</b>	
Rango de Temperatura	
Operando	0°C a +55°C
Almacenamiento	-55°C a +75°C
Requerimientos de poder	
AC	100/120/220/240 V, 48 a 440Hz; 80 vatios
DC	11 a 28 V, 120 vatios

### **3.3.4 Computadora Personal**

La computadora cumple la función de interacción entre el Operador y el Controlador del Sistema que esta materializado por la tarjeta NI PCI-GPIB. Mediante instrucciones enviadas a la tarjeta NI PCI-GPIB se puede establecer qué equipo envía y recibe datos; además de transferir mensajes de tipo comando a los dispositivos de medición, para que se ejecuten funciones propias de cada uno. Para lograr estos objetivos es imprescindible que el computador permita la ejecución del software de programación de una forma rápida, confiable y eficiente. Por tal motivo, se utiliza un computador con las siguientes características:

- Procesador Intel Pentium 4 de 3.00 GHz
- 1 GB de memoria RAM
- 100 GB de Disco Duro
- Sistema Operativo Windows XP Professional
- Puerto PCI

## **3.4 SOFTWARE UTILIZADO**

### **3.4.1 Software de Programación**

El software de programación escogido para la realización del Sistema de Control de Calidad Automatizado de las radios RACAL PRM-931 y PRM-4031 es Labview 7.1 debido a que permite el manejo de la tarjeta NI PCI-GPIB. Además, Labview 7.1 es un software propiamente diseñado para el control de equipos de instrumentación y la adquisición y análisis de datos.

Labview es un lenguaje de programación desarrollado por la National Instruments. Este lenguaje de programación es gráfico, ya que utiliza íconos en lugar de líneas de texto. En contraste con los lenguajes de programación basados en texto, donde las instrucciones determinan la ejecución del programa, Labview utiliza la programación de flujo de datos, donde el flujo de los datos determina la ejecución del programa.

En Labview se tienen dos ventanas: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block Diagram (Diagrama de Bloque). El Front Panel permite desarrollar la interfaz HMI

utilizando una serie de herramientas y objetos propios para este diseño. Mientras tanto, en el Block Diagram se realiza la programación, en la cual se pueden controlar los objetos colocados en el Front Panel.

Labview es un software de programación que permite realizar las siguientes acciones: adquirir datos, analizar datos y presentar datos.

Labview permite obtener datos rápidamente desde miles de instrumentos y dispositivos de adquisición de datos y medidas con NI Labview. En el caso del Sistema de Control Automatizado de las radios RACAL PRM-931 y PRM-4031 la adquisición de datos, tanto en las pruebas de transmisión como en las pruebas de recepción, se lo hace a través del bus de comunicación GPIB.

Por otro lado, Labview permite obtener información útil de los datos adquiridos con asistentes interactivos y más de 500 funciones integradas en Labview de análisis de medidas y procesamiento de señales.

Por último, Labview permite visualizar los resultados en gráficas y tablas. Además de crear interfaces de usuario personalizadas y reportes en archivos de texto, HTML, Microsoft Word, Microsoft Excel y Microsoft Access. En el caso de este sistema de control de calidad, los datos adquiridos serán enviados a Microsoft Access para su almacenamiento, análisis y presentación. [19]

### **3.4.2 Software de Base de Datos**

El Software seleccionado para el almacenamiento de la información es Microsoft Access que constituye una herramienta para la definición y manipulación de bases de datos; además, permite la comunicación con el Software de programación facilitando el intercambio de información, importante en el desarrollo del sistema implantado.

Una base de datos es un sistema informatizado cuyo propósito principal es mantener información y hacer que esté disponible en el momento requerido. Esta información una vez introducida en él, se mantiene hasta que el usuario decida eliminarla.. El manejo de datos incluye tanto la definición de las estructuras para el almacenamiento de la información como los mecanismos para el manejo de la misma. Algunas de las ventajas de usar las bases de datos son:

- Evitan la redundancia.
- Evitan la inconsistencia.
- Obligan al cumplimiento de las normas o requisitos para la adición y eliminación de datos a la base de datos.
- Es posible aplicar restricciones de seguridad para el acceso a los datos.
- Se mantiene la integridad entre los datos



## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD AUTOMATIZADO DE LOS EQUIPOS DE RADIO RACAL MODELO PRM-4031 Y TRA-931

#### 4.1 ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos se la realiza a través del bus de comunicación GPIB (General Purpose Interface Bus) debido a que el Analizador de Espectros HP-8560A y el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A cuentan con una interfaz de comunicación GPIB. Además, el software de programación Labview 7.1, escogido para la realización del proyecto, tiene controladores y funciones que permiten manejar este tipo de comunicación. Como elemento final para completar esta red, se tiene la tarjeta NI PCI-GPIB, instalada en el computador, que permite la interconexión entre la computadora y los equipos de medición.

En la Figura 4.1 se muestra un gráfico que presenta la forma como están conectados los diferentes dispositivos a través del bus de comunicación GPIB.

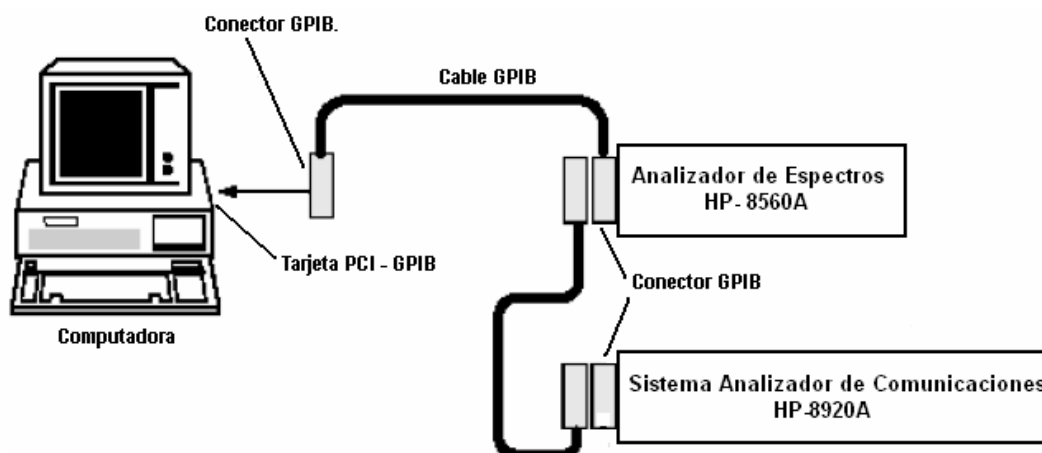


Figura 4.1 Esquema del Sistema de Control Automatizado

#### **4.1.1. Bus de Comunicación GPIB**

El Bus de comunicación GPIB fue inventado por Hewlett-Packard Corporation en 1974 y fue llamado bus de comunicación HP-IB. Este Bus de comunicación usaba un cable estándar para interconectar múltiples instrumentos de medición con computadoras. Debido a su flexibilidad y rapidez fue muy difundido y utilizado por compañías de instrumentación, las mismas que objetaron el nombre de HP-IB y lo llamaron GPIB (General Purpose Interface Bus). En 1978 fue adoptado por la IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) y lo definió mediante el estándar IEEE-488.

Las características más relevantes de este bus GPIB son las siguientes [20]:

- Permite la interconexión de hasta 15 equipos, de los que uno de ellos es el controlador, que establece la función que debe ejercer cada uno de los otros.
- Un dispositivo conectado al bus, puede enviar o recibir información hacia o desde cualquiera de los otros 14 equipos.
- El límite práctico de velocidad de intercambio de datos es de 4 Mbits/s.
- La interconexión entre equipos se realiza utilizando cables de 25 hilos, finalizados en conectores de doble boca (macho por un lado y hembra por el otro), que permite la interconexión de los equipos en cualquier configuración (estrella, línea, o cualquier combinación de ellas).
- Las longitudes máximas permitidas en los cables es de 20 metros. Los cables que se comercializan son de 1, 2, 4 y 8 metros.

#### **4.1.1.2 Modo de operación de un Equipo**

Un equipo conectado a un Bus GPIB puede operar en los siguientes modos: controller, talker, listener e idler.

a) Controller.

Un equipo opera como controller cuando tiene la capacidad de establecer quien envía y recibe datos y el modo de operación del bus. El controller transfiere mensajes de tipo comando a los demás dispositivos. Solo un dispositivo puede hacer de controller a la vez.

El controller puede trabajar como System Controller o Active Controller. En modo System Controller tiene la capacidad el hardware de tomar control del bus en todo momento. Cuando un equipo trabaja como Active Controller tiene la capacidad de establecer los modos de operación listener y talker en los restantes equipos, enviar mensajes de inicialización y sincronización del bus, y supervisar mediante encuestas el estado de los equipos. [20]

#### b) Talker

Un equipo opera como talker cuando tiene la capacidad de enviar solo datos. En cada bus puede existir uno o varios equipos con capacidad de enviar datos a otros equipos por el bus, pero en cada instante sólo uno de ellos puede ser establecido por el controller para que opere como talker.

#### c) Listener

Un equipo opera como listener cuando recibe y lee todos los datos que se transfieren por el bus. En cada bus pueden existir uno o varios equipos con capacidad de recibir datos desde el bus, y uno o varios de ellos se puede encontrar simultáneamente en modo "Listen". El Active Controller es el que establece a través de un comando que un equipo pasa o deja de estar en modo Listen. [20]

#### d) Idler

Estado base sin ninguna respuesta respecto del bus.

Un sistema construido sobre el bus GPIB puede ser configurado en uno de los siguientes tres modos:

- Sin controller: En esta configuración uno de los equipos debe solo tener capacidad para actuar solo como "talker", y los restantes solo como "listener". La transferencia de datos posibles es desde el "talker" a todos los "listener" simultáneamente.
- Con controller único: En esta configuración las transferencias de datos posibles son: Desde el "controller" a los equipos en modo comando y datos, de un equipo al "controller" solo en modo datos, y de un equipo a otro equipo solo en modo datos.
- Con múltiples controller: En este caso tiene las mismas capacidades que la configuración anterior, solo que en esta también es posible la transferencia entre equipos de la capacidad de operar como "controller activo". [20]

En el caso de este proyecto, el sistema de control de calidad para las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 trabaja con un controller único, que es la computadora. El Analizador de Espectros HP-8560A y el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A operan como talker y listener.

#### 4.1.2 Programación del Analizador de Espectros HP-8560A

Para manejar el Analizador de Espectros HP-8560A es necesario enviar una serie de comandos para que realice funciones específicas y así obtener datos de este equipo. Estos comandos son códigos que corresponden a las funciones que realizan los botones del panel frontal del equipo. [21]

La sintaxis para enviar un comando hacia el Analizador de Espectros HP-8560A es la siguiente:



Figura 4.2 Sintaxis de Comando para Analizador de Espectros HP-8560A [21]

Donde:

COMANDO es una función que va a realizar el analizador de espectros.

SP es un separador que puede ser un espacio o una coma.

PARÁMETRO son teclas secundarias del analizador de espectros. Estas teclas secundarias son generalmente números acompañados de su unidad de medida, por ejemplo decibelios (dB) o megahercios (MHz).

TERMINADOR el cual es necesario para terminar una secuencia de comando. En caso de no existir terminador se produce un error de comunicación en el analizador de espectros. Como carácter terminador se tiene el punto y coma (;).

Cabe señalar que el elemento parámetro tiene su sintaxis, la misma que es la siguiente:

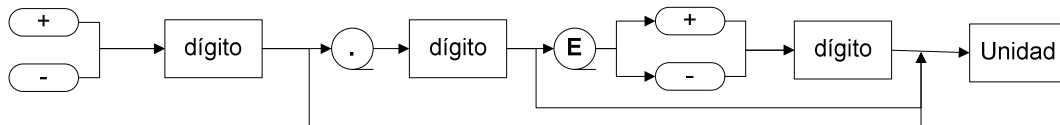


Figura 4.3 Sintaxis de envío de parámetros para Analizador de Espectros HP-8560A[21]

Por ejemplo, si se quisiera setear una frecuencia central de 12,5 MHz la secuencia de comando a enviar sería la siguiente:

CF +12.5MHZ;  
 Ó  
 CF +12.5E+3HZ;

Por otro lado, si la intención es obtener el valor de un parámetro determinado, la sintaxis es la siguiente:



Figura 4.4 Sintaxis de Comando para obtención de valores en el Analizador de Espectros HP-8560A[21]

Por ejemplo, si se quiere saber cual es la frecuencia central seteada en el analizador de espectros, la línea de secuencia de comando es la siguiente:

CF?

#### 4.1.2.1. Consideración inicial de programación

Antes de empezar a manejar el analizador de espectros a través de la computadora, es necesario inicializar el equipo. Este proceso consiste en limpiar sus buffers de entrada y salida y dejar el dispositivo en valores iniciales de operación. Para lograr este propósito se ejecuta el comando IP de la siguiente forma:

IP;

#### 4.1.2.2 Transferencia de gráficas hacia la computadora

El programa que realiza el control de calidad de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 consta de una sección en la cual se muestran gráficos referentes a la portadora, supresión de banda lateral superior e inferior y respuesta de audiofrecuencia. Por tal motivo, es necesario reproducir las gráficas, que se forman en la pantalla del analizador de espectros, en la computadora. El comando TRACE permite realizar dicho propósito. Sin embargo, hay que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La traza que se envía hacia la computadora consta de 601 puntos, es decir, 601 datos. Esta longitud no se la puede cambiar y los datos enviados deben ser almacenados en un arreglo de 601 elementos.
- Especificar el formato de los datos antes de comenzar con la transferencia de los mismos. Por defecto, el analizador de espectros envía los puntos como valores decimales en las unidades fundamentales mostradas en la siguiente tabla.

**Tabla 4.1. Unidades fundamentales en el Analizador de Espectros HP-8560A [21]**

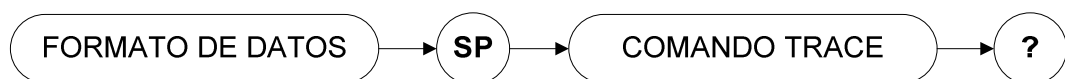
Unidad de medida	Unidad fundamental
Frecuencia	Hz
Potencia	dBm

Amplitud	dBm
Voltaje	V
Tiempo	S

Existen tres tipos de formatos de datos:

- Formato-P.- En el cual el analizador de espectros envía los datos como números decimales en sus unidades fundamentales. La ventaja radica en que no hay necesidad de convertir los datos a otras unidades para poder trabajar con ellos, ya que son datos reales. Sin embargo, la transferencia tiende a ser lenta y ocupa mayor cantidad de memoria en el controlador.
- Formato-M.- El analizador de espectros envía los datos en un formato interno usado por éste. Es más rápido que el formato-P; sin embargo, requiere una conversión de unidades si se quiere trabajar con estos datos en el computador.
- Formato-B.- El Analizador de espectros transmite los datos en números binarios. La transferencia es la más rápida y requiere de una cantidad de memoria en el controlador menor a la de los otros dos formatos. Cada punto está formado por dos byte; el byte más significativo se lo envía primero. Estos tipos de datos también requieren de una conversión, si es que se quiere trabajar con ellos posteriormente en el programa.

Finalmente la sintaxis para recibir datos de una traza en la computadora es la siguiente:



**Figura 4.5 Sintaxis de Comando para recibir datos de una traza en el Analizador de Espectros HP-8560A [21]**

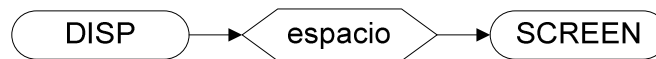
Por ejemplo, si se quiere recibir una gráfica en un formato de datos tipo P, se ejecuta la siguiente secuencia:

TDF P;TRA?

### 4.1.3 Programación del Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A

La programación del Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A es similar al del Analizador de Espectros HP-8560A ya que se basa en una lista de comandos que es necesario enviar al Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A para que ejecute una determinada acción. [18]

El sistema analizador de comunicaciones contiene una serie de instrumentos de medición. Los controles para dichos instrumentos se despliegan en diferentes pantallas. Para acceder a un determinado instrumento de medición a través de comandos GPIB la sintaxis es la siguiente:



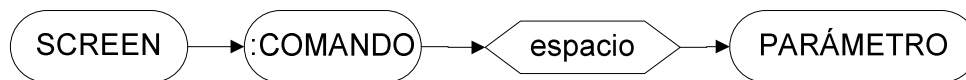
**Figura 4.6 Sintaxis de Comando para acceder a un instrumento de medición en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A[18]**

Donde:

DISP es el comando para desplegar la pantalla que permite controlar las funciones de un determinado instrumento.

SCREEN es el instrumento que se desea controlar.

Para setear los parámetros de un determinado instrumento la sintaxis es la siguiente:



**Figura 4.7 Sintaxis de Comando para setear los parámetros de un instrumento de medición en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A[18]**

Donde:

SCREEN es el instrumento a manejar

COMANDO es el parámetro que se desea setear

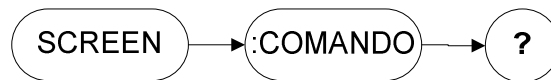


PARÁMETRO es el valor de dicho parámetro.

Por ejemplo, si se desea manejar el Analizador de Audiofrecuencia y setear el filtro pasa altos en 300Hz y el filtro pasa bajos en 3 KHz, la secuencia de comandos es la siguiente:

AFAN:FILT1 '300Hz HPF';FILT2 '3kHz LPF'

Por otro lado, si se desea consultar el valor de un determinado parámetro, la sintaxis es la siguiente:

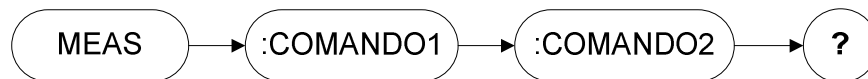


**Figura 4.8 Sintaxis de Comando para consultar el valor de un parámetro en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A[18]**

Por ejemplo, si se desea consultar el valor del filtro pasa bajos, la secuencia de comandos es la siguiente:

AFAN:FILT1?

Para consultar el valor medido de un parámetro determinado la sintaxis es la siguiente:



**Figura 4.9 Sintaxis de Comando para consultar el valor medido de un parámetro en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A[18]**

Donde:

MEAS es el comando que indica que se va a manejar un parámetro de medición.

COMANDO1 y COMANDO2 son una secuencia de comandos que permiten indicar que parámetro de medición se quiere consultar.

Por ejemplo si se desea consultar el valor de la relación Señal Ruido de una señal, la secuencia de comandos es la siguiente:

MEAS:AFR:SINAD?

#### 4.1.3.1. Consideración inicial de programación

Antes de empezar a manejar el analizador de sistemas de comunicación a través de la computadora, es necesario inicializar el equipo. Este proceso consiste en limpiar sus buffers de entrada y salida y dejar el dispositivo en valores iniciales de operación. Para lograr este propósito se ejecuta el comando \*RST de la siguiente forma:

\*RST

#### 4.1.3.2 Magnitudes que maneja el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A

El Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A maneja las siguientes unidades de medición:

Tabla 4.2. Unidades en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A [18]

Magnitud	Unidad de medición
Frecuencia	GHz, MHz, KHz, Hz
Voltaje	V, mV, microV
Potencia	W, mW, dB, dBm
Relación Señal a Ruido	PCT, dB

A través de la comunicación GPIB es posible cambiar las unidades de medida que se despliegan en la pantalla del sistema analizador de comunicaciones a través del comando DUN. Por ejemplo, si se desea cambiar las unidades que se despliegan para la medición de potencia de W a dBm, se debe enviar la siguiente secuencia de comandos:

MEAS:RFR:POW:DUN DBM

Sin embargo, el momento de leer una medida del sistema analizador de comunicaciones, el dato enviado al controlador está en unidades fundamentales. Las unidades fundamentales o HP-IB son las siguientes:

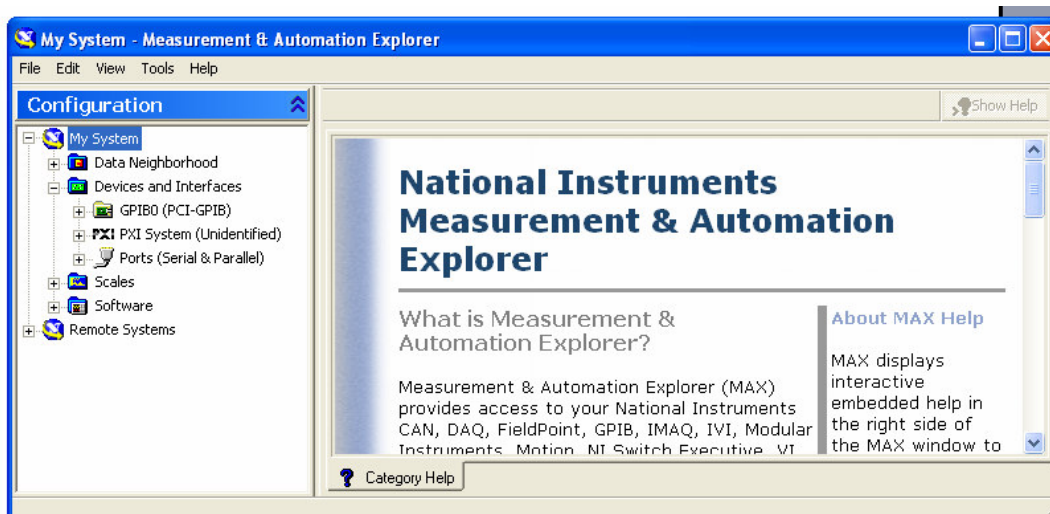
**Tabla 4.3. Unidades fundamentales en el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A[18]**

Magnitud	Unidad de medición
Frecuencia	Hz
Voltaje	V
Potencia	W
Relación Señal a Ruido	dB

Por tal motivo, si se desea manejar valores recibidos del sistema analizador de comunicaciones en una unidad de medición diferente, es necesario hacer una transformación de unidades en el programa del computador.

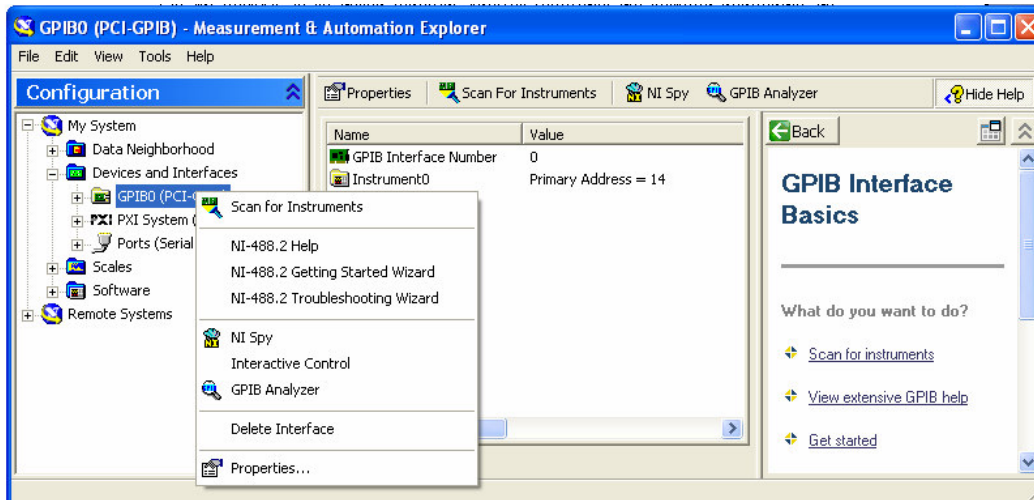
#### 4.1.4 Comunicación GPIB a través de Labview 7.1

Labview 7.1 consta de una librería que permite realizar interfaces con la computadora mediante el bus de comunicación GPIB. Previo a la utilización de la funciones de dicha librería, se comprueba que exista comunicación entre el computador y los equipos a manejar. Para ello se ingresa al programa Measure & Automation de National Instruments (que se instala conjuntamente con Labview 7.1) y se escoge la opción Devices and Interfaces (Figura 4.10).



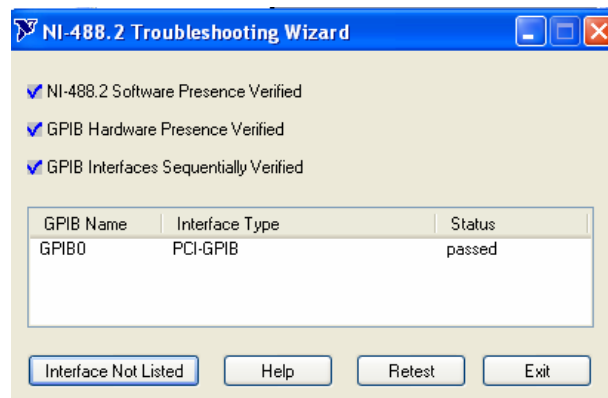
**Figura 4.10 Pantalla principal del programa Measure & Automation de National Instruments**

En primer lugar se comprueba que no existan problemas de hardware y software con la tarjeta PCI-GPIB. Para ello, se da clic derecho en GPIB0 (PCI-GPIB), y se escoge la opción NI-488.2 Troubleshooting Wizard (Figura 4.11).



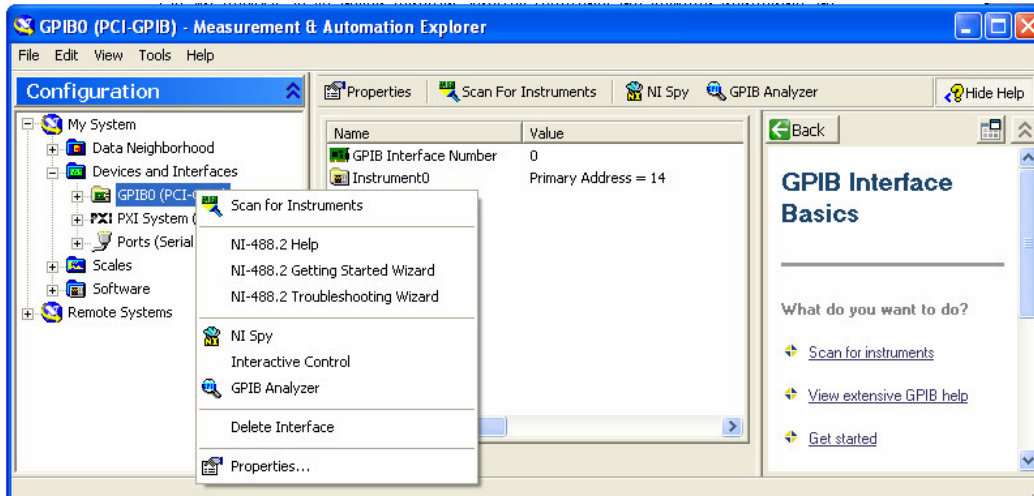
**Figura 4.11** Pantalla Devices and Interfaces del programa Measure & Automation de National Instruments

En la figura 4.12 se muestra la pantalla en la cual se comprueba que la tarjeta PCI-GPIB esté correctamente instalada. En caso de haber algún problema, verificar que la tarjeta esté correctamente instalada en la ranura PCI del computador e instalar sus controladores nuevamente.



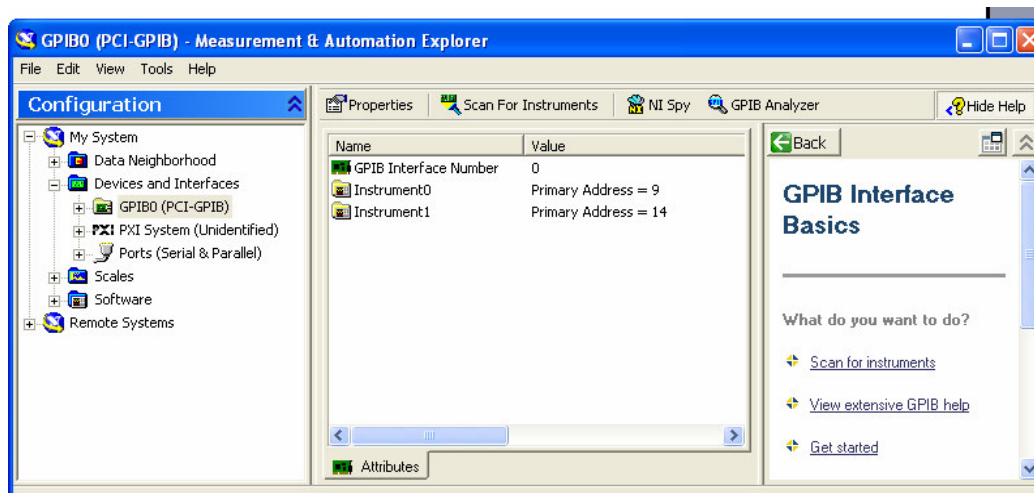
**Figura 4.12** Pantalla de Troubleshooting del programa Measure & Automation de National Instruments

En la figura 4.13 se muestra la pantalla mediante la cual se comprueba que exista comunicación con los equipo de medición. Para ello, se da clic derecho en GPIB0 (PCI-GPIB), y se escoge la opción Scan for Instruments.



**Figura 4.13** Pantalla Devices and Interfaces del programa Measure & Automation de National Instruments

En la figura 4.14 aparece en la ventana principal el Analizador de Espectros HP-8560A y el Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920A como Instrument0 e Instrument1 con sus respectivas direcciones GPIB.



**Figura 4.14** Pantalla Devices and Interfaces del programa programa Measure & Automation de National Instruments

Puede darse el caso que uno de los dos instrumentos no aparezca en la pantalla principal. La razón para aquello, es que uno de los equipos de medición no este encendido o que tenga un problema con su interfaz GPIB.

En caso de que no exista comunicación con ambos instrumentos, saldrá el siguiente mensaje:



Figura 4.15 Mensaje en caso de no existir comunicación GPIB con los dispositivos

#### 4.1.4.1 Programación en Labview 7.1

Las funciones que permiten el manejo del bus de comunicación GPIB se encuentran en la librería Instrument I/O sublibrería 488. Las funciones utilizadas para la realización de este proyecto son las siguientes: GPIB Clear, GPIB Write y GPIB Read.

##### a) GPIB Clear

Limpia todos los registros de estado del Equipo de Medición y lo deja listo para ser operado.



Figura 4.16 Función Clear

**Address string** es la dirección del equipo de medición.

**Error in** describe un error que existe antes que esta función sea ejecutada.

**Status** es un arreglo de tipo booleano que describe el estado del controlador GPIB. Si existe algún error el bit 15 se setea.

**Error out** contiene información de un error que se haya presentado el momento de ejecutar la función GPIB Clear, o también puede ser un error, recibido por error in, que se haya producido antes de ejecutar esta función.

Por ejemplo, si se desea limpiar los registros de un equipo de medición con dirección 3, se programa lo siguiente:

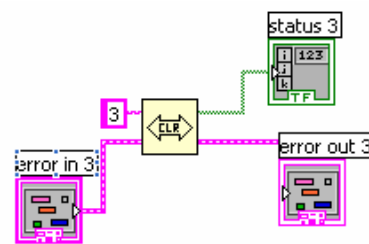


Figura 4.17 Ejemplo Función Clear

b) GPIB Write

Envía un dato a un equipo de medición identificado a través de su dirección GPIB.

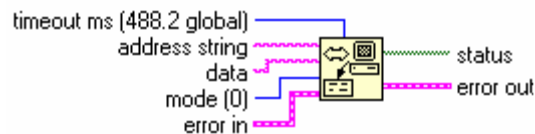


Figura 4.18 Función Write

**Timeout ms** especifica el tiempo máximo para realizar la operación de escritura. La operación se aborta cuando se ha excedido el tiempo especificado en este campo. El tiempo se lo escribe en milisegundos.

**Address string** es la dirección del equipo de medición.

**Data** es el dato que se le envía al instrumento de medida. En este caso se le envía una secuencia de comando.

**Mode** indica la forma como termina la escritura GPIB.

**Error in** describe un error que existe antes que esta función sea ejecutada.

**Error out** contiene información de un error que se haya presentado el momento de ejecutar la función GPIB Clear, o también puede ser un error, recibido por error in, que se haya producido antes de ejecutar esta función.

**Status** es un arreglo de tipo booleano que describe el estado del controlador GPIB. Si existe algún error el bit 15 se setea.

Por ejemplo, si se desea setear la frecuencia central en 12,5 MHz en el Analizador de Espectros que tiene dirección 8, se programa lo siguiente:

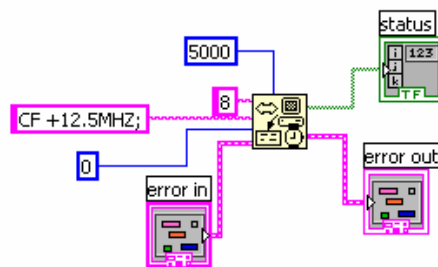


Figura 4.19 Ejemplo Función Write

c) GPIB Read

Lee un número de bytes del instrumento de medición identificado a través de su dirección GPIB.

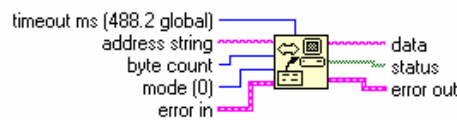


Figura 4.20 Función Read



**Timeout ms** especifica el tiempo máximo para realizar la operación de lectura. La operación se aborta cuando se ha excedido el tiempo especificado en este campo. El tiempo se lo escribe en milisegundos

**Address string** es la dirección del equipo de medición.

**Byte count** es el número de bytes que se va a leer. Cuando se especifica un número de bytes menor a los que se quiere leer, se produce un error de lectura.

**Data** es el dato que se lee del instrumento de medida.

**Mode** indica la forma como termina la lectura GPIB.

**Error in** describe un error que existe antes que esta función sea ejecutada.

**Error out** contiene información de un error que se haya presentado el momento de ejecutar la función GPIB Clear, o también puede ser un error, recibido por error in, que se haya producido antes de ejecutar esta función.

**Status** es un arreglo de tipo booleano que describe el estado del controlador GPIB. Si existe algún error el bit 15 se setea.

Por ejemplo, si se desea leer un dato de 200 bytes del Sistema Analizador de Comunicaciones de dirección 11, se programa lo siguiente:

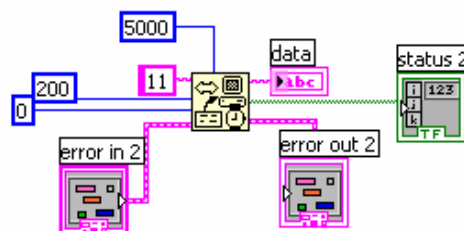


Figura 4.21 Ejemplo Función Read

## 4.2 DESARROLLO DE LAS INTERFACES

El programa de Control de Calidad de las Radio RACAL PRM-4031 y TRA-931 está dividido en cinco partes principales. La primera parte se refiere a la presentación inicial del programa en la cual se permite al operador seleccionar el radio que desea chequear. Un segunda parte constituyen las pruebas físicas de la radio las cuales se realizan mediante un chequeo visual de los diferentes componentes exteriores de los equipos.

Las pruebas de transmisión y recepción de los equipos constituyen la tercera y cuarta parte de este programa, respectivamente. Finalmente, la última parte es la base de datos.

A continuación se muestran las pantallas principales de que cada una de las partes anteriormente mencionadas, las cuales forman en su conjunto el programa de Control de Calidad de las Radio RACAL PRM-4031 y TRA-931.

La figura 4.22 muestra la pantalla de presentación principal del programa, en la cual se permite al usuario la selección del equipo a ser probado.



Figura 4.22 Pantalla de inicio

Luego de la selección de la radio, se procede a realizar el chequeo visual del equipo; para ello se presenta una pantalla que contiene los datos necesarios para el ingreso del equipo al laboratorio y cada uno de los parámetros a ser verificados por el operador en los paneles principales de cada equipo.

En la figura 4.23 se muestra la pantalla se muestra la pantalla para las pruebas visuales de la radio TRA-931, mientras que en la figura 4.24, las pruebas visuales de la radio PRM-4031. Estas dos pantallas mantienen la misma información en lo que respecta a datos de ingreso del equipo, en tanto que difieren en los parámetros de evaluación, los mismos que están de acuerdo a los componentes de cada una de las radios.

Cabe anotar que en cualquiera de las dos pantallas existe en el costado inferior derecho un botón de comando con la palabra SIGUIENTE, el mismo que permite continuar con los procesos posteriores.

**Ingresar los datos del equipo**

Número de Serie

Unidad de Origen  ▼

Técnico encargado  ▼

Fecha de ingreso

Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio

OK  Todo

---

OK  Armazón

OK  Conector AUDIO 1

OK  Conector AUDIO 2

OK  Conector S.U. MA 4015

OK  Zócalo de Antena de Varilla Extensible

OK  Zócalo de Antena 1,6 - 3 Mhz

OK  Zócalo de Antena 3 - 30 Mhz

OK  Zócalo de Salida de Potencia 100mV OUT

OK  Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN

OK  Zócalo de Banda Ancha W/B

OK  Terminal a Tierra

OK  Perilla de Encendido (4 Posiciones)

OK  Perilla de Modo (4 Posiciones)

OK  Perilla de Volumen

OK  Perilla de Sintonización

OK  Perillas de selección de frecuencia (5 Perillas)

OK  Perilla de Selección de Canal (CHANNEL)

OK  Perillas de Exploración (SEARCH)

OK  Indicador de sintonización

OK  Disecador

Figura 4.23 Pantalla de la prueba visual para la radio TRA-931

The screenshot shows a software interface for entering equipment data and performing a physical verification. At the top, a box contains the text "Ingresar los datos del equipo". Below this are four input fields: "Número de Serie", "Unidad de Origen" (with a dropdown arrow), "Técnico encargado" (with a dropdown arrow), and "Fecha de ingreso". A second box contains the instruction: "Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio". Below this is a list of 13 items, each with an "OK" label and an unchecked checkbox: "Todo", "Armazón", "Conector AUDIO 1", "Conector AUDIO 2", "Zócalo de Antena Látigo", "Zócalo de Antena 1,6 - 3 Mhz", "Zócalo de Antena 3 - 30 Mhz", "Perilla de Encendido (3 posiciones)", "Perilla de Modo (6 posiciones)", "Perilla de Volumen", "Perilla de Sintonización", "Perilla de selección de frecuencias (6 perillas)", and "Indicador de sintonización". A "SIGUIENTE" button is located on the right side of the screen.

Figura 4.24 Pantalla de la prueba visual para la radio PRM-4031

Si los equipos no pasan todos los parámetros de evaluación en las pruebas visual, aparecerá un mensaje de confirmación el mismo que se muestra en la figura 4.25.

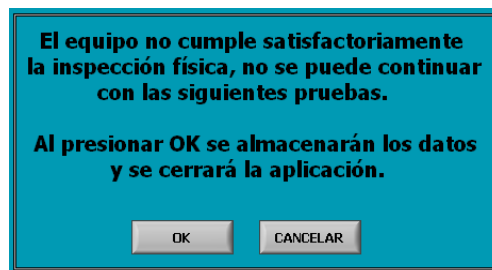
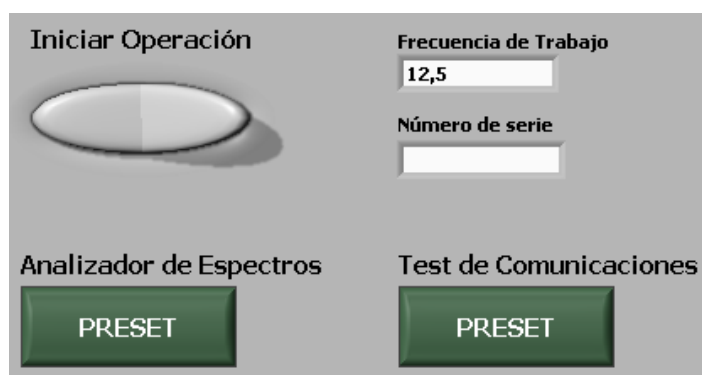


Figura 4.25 Mensaje de Error en pruebas Visuales

En caso de que los equipos pasen satisfactoriamente las pruebas de chequeo visual aparece la pantalla que se muestra en la figura 4.26.

En esta pantalla se tiene la opción de inicializar el Analizador de Espectros y el Sistema Analizador de Comunicaciones, mediante botones de comando con la palabra PRESET. Además, aparece el número de serie de la radio que se está chequeando, y existe un casillero en donde el operador debe ingresar la frecuencia de trabajo en las cuales se va a ejecutar las pruebas de transmisión y recepción. El botón de Iniciar Operación permite dar inicio a las pruebas de transmisión.



**Figura 4.26 Pantalla de Inicio para las pruebas de Transmisión y Recepción**

En las figuras 4.27 y 4.28 se muestran las pantallas principales de las pruebas de transmisión de las radios TRA-931 y PRM-4031, respectivamente. Estas interfaces permiten visualizar los gráficos de la onda portadora, emisiones armónicas, intermodulación de banda lateral superior e inferior, banda lateral superior e inferior no deseadas y respuesta de audiofrecuencia en las bandas laterales superior e inferior.

Además, existen casilleros distribuidos en el interior de la pantalla, en los cuales se presenta el valor de cada una de las pruebas realizadas, así como también existe junto a estos casilleros un led que indica que el parámetro respectivo ha sido medido.

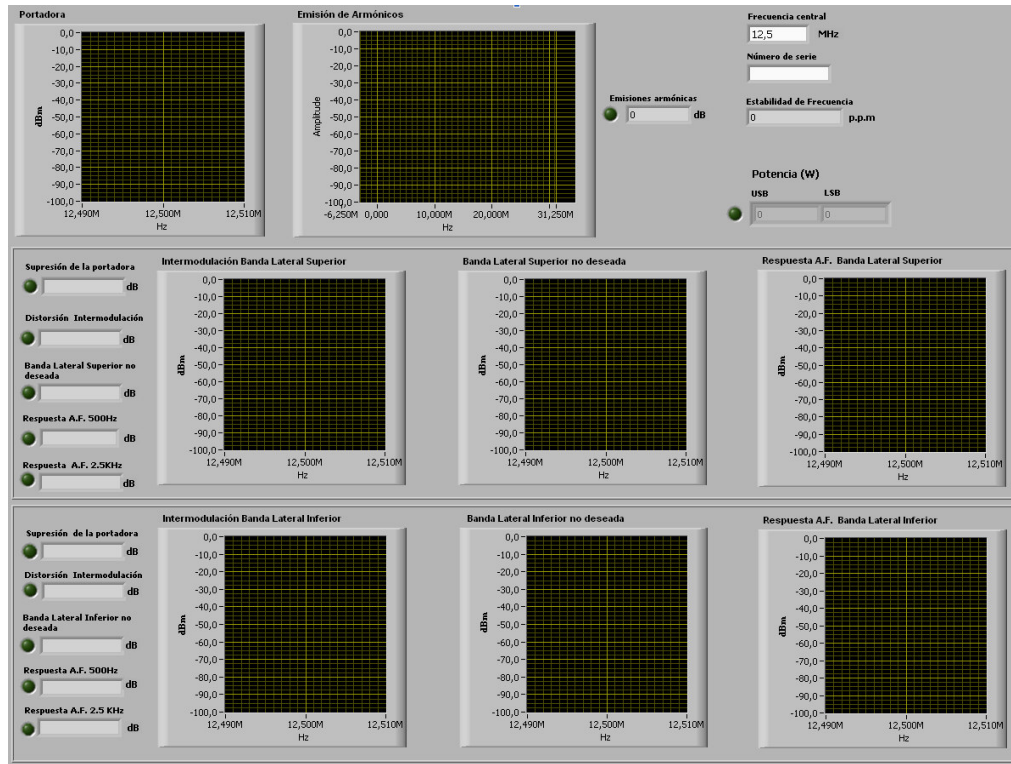


Figura 4.27 Pantalla para las pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931

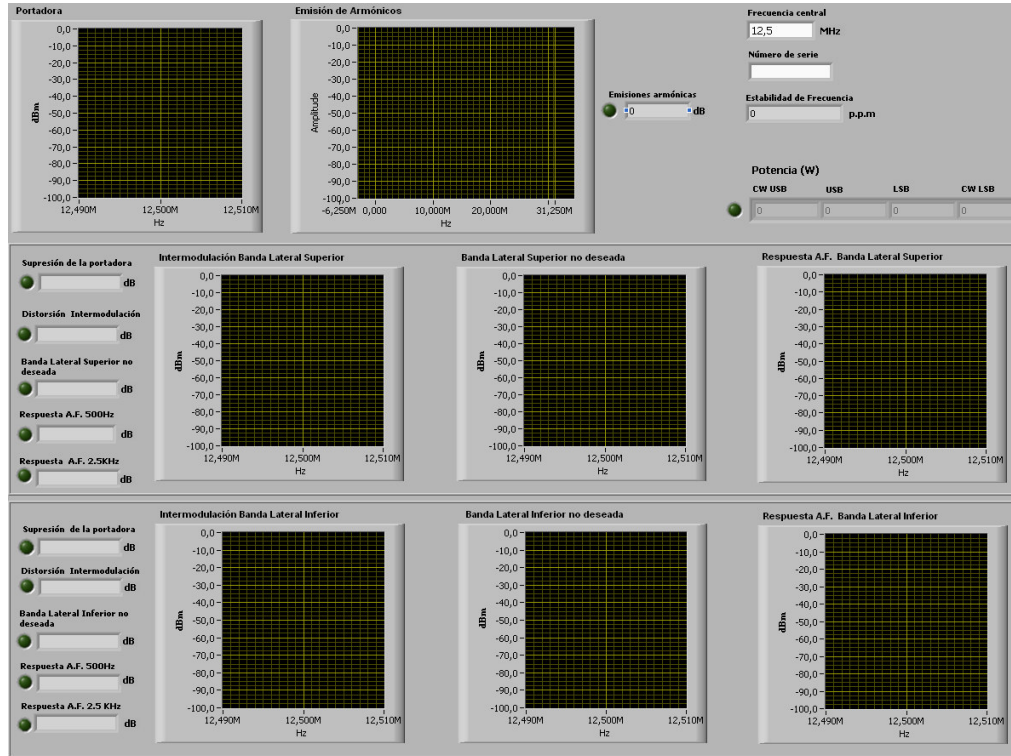


Figura 4.28 Pantalla para las pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031

Al finalizar las pruebas de transmisión se muestra un resumen con los resultados obtenidos (figuras 4.29 y 4.30) en cada una de las evaluaciones, especificando el valor medido y si éste fue correcto (OK) o incorrecto (Incorrecto).

<b>Resultados Transmisión</b>			
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -40 dB		
Distorsión de Intermodulación	Menor de -25 dB		
Banda Lateral Superior no deseada	Menor de -40 dB		
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB		
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB		
Potencia	Entre 17.1 W y 24.1 W		
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -40 dB		
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB		
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB		
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB		
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB		
Potencia	Entre 17.1 W y 24.1 W		
<b>Otros Parámetros</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Emisiones armónicas	Menor a -40 dB		
Estabilidad de frecuencia	+/- 2 p.p.m de frec. central		

Figura 4.29 Pantalla de resultados de las pruebas de transmisión radio TRA-931

<b>Resultados Transmisión</b>			
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB		
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB		
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB		
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB		
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB		
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W		
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB		
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB		
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB		
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB		
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB		
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W		
<b>Otros Parámetros</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Emisiones armónicas	Menor a -40dB		
Estabilidad de frecuencia	+/- 1 p.p.m. de frec. central		
Potencia CW USB	Entre 7.1 W y 14.1 W		
Potencia CW LSB	Entre 7.1 W y 14.1 W		

Figura 4.30 Pantalla de resultados de las pruebas de transmisión radio PRM-4031



Posteriormente se ejecutan las pruebas de recepción., las mismas que se presentan en una interfaz similar a la pantalla de resultados de las pruebas de transmisión. (Figuras 4.31 y 4.32). Dentro esta pantalla, los resultados de las pruebas están agrupados según el modo de operación en el que fue medido el parámetro, especificándose el valor obtenido y si éste fue correcto o incorrecto.

En la esquina superior izquierda de cada uno de los grupos de parámetros en cada modo de operación existe un led que le indica al operador en que modo de operación está trabajando en ese momento el radio.

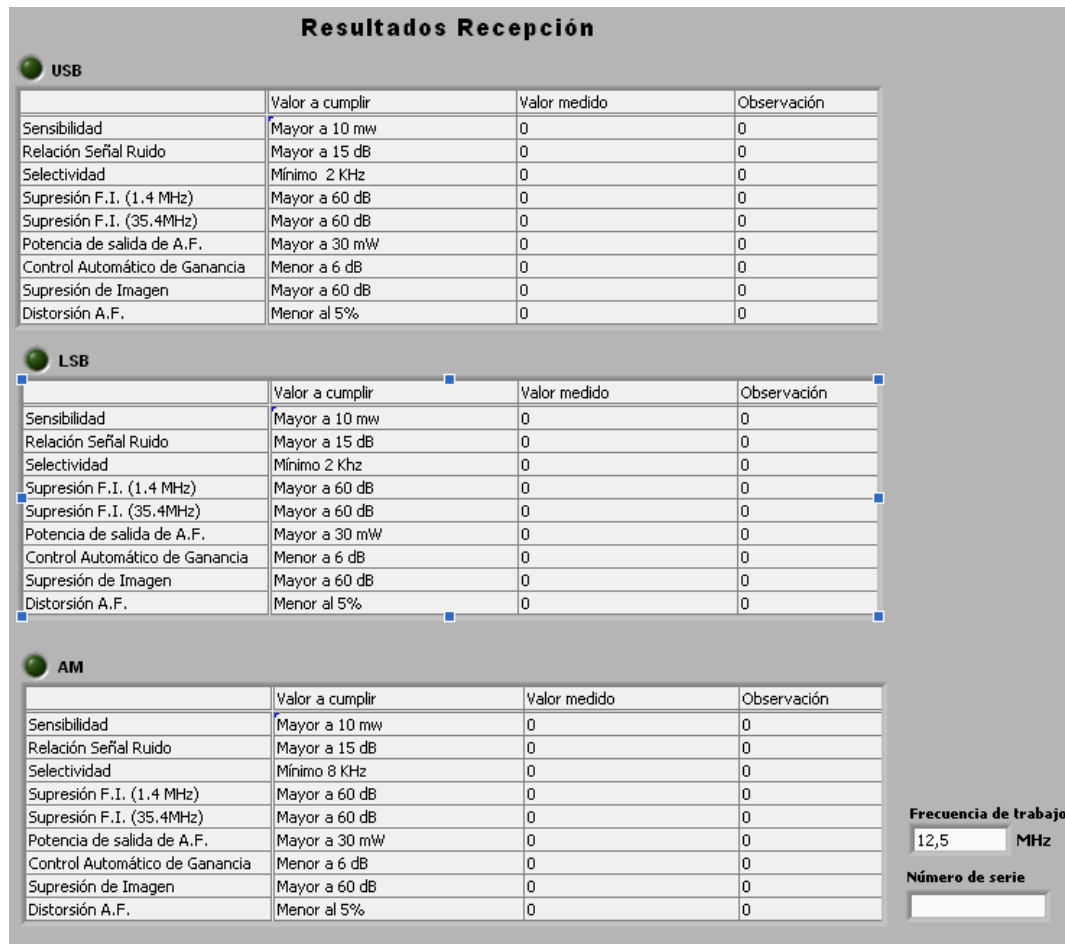


Figura 4.31 Pantalla de resultados de las pruebas de recepción radio TRA-931

Resultados Recepción			
<b>CW USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw		
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB		
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz		
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB		
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB		
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW		
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB		
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB		
Distorsión A.F.	Menor al 5%		
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw		
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB		
Selectividad	Mínimo 2 KHz		
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB		
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB		
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW		
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB		
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB		
Distorsión A.F.	Menor al 5%		
<b>CW LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw		
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB		
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz		
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB		
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB		
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW		
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB		
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB		
Distorsión A.F.	Menor al 5%		
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw		
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB		
Selectividad	Mínimo 2 KHz		
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB		
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB		
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW		
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB		
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB		
Distorsión A.F.	Menor al 5%		
<b>AM</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw		
Relación Señal Ruido	Mayor a 10 dB		
Selectividad	Máximo 5 KHz		
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB		
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB		
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW		
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB		
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB		
Distorsión A.F.	Menor al 5%		

Figura 4.32 Pantalla de resultados de las pruebas de recepción radio PRM-4031

Al finalizar las pruebas de recepción aparece un cuadro de mensaje (Figura 4.33) que indica si se quiere finalizar con las pruebas de control de calidad o si se desea realizar otra prueba en una frecuencia de trabajo distinta.

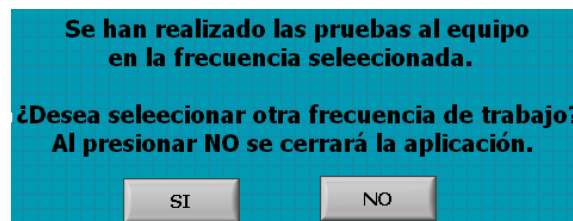


Figura 4.33 Pantalla de finalización de pruebas de Control de Calidad

#### 4.2.1 Ventanas de ayuda

El programa de control de calidad de las radios RACAL TRA-931 y PRM-4031 contiene varias ventanas de ayuda que permiten indicar al operador las condiciones iniciales en las que deben estar las radios y el equipo de prueba CA531C para iniciar con el proceso de control de calidad. También permiten al operador saber en que momento deben realizarse los cambios de modo en los diferentes equipos para la realización de las distintas pruebas tanto en transmisión como en recepción.

Las ventanas de ayuda contienen gráficos del equipo de prueba CA531C y de las radios RACAL TRA-931 Y PRM-4031, según sea el caso, para que el operador observe en que condiciones deben estar los equipos para la ejecución de las diferentes pruebas.

La Figura 4.34 muestra un ejemplo de cómo están constituidas las ventanas de ayuda, las mismas que en su totalidad son presentadas en el Anexo “B”

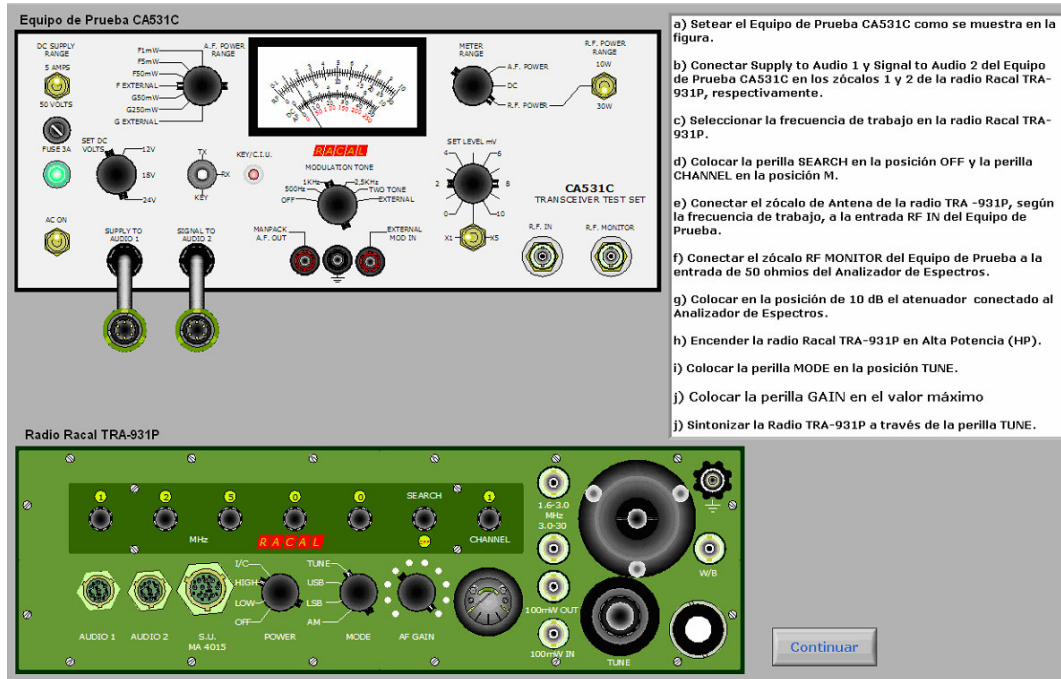


Figura 4.34 Ayuda 1

### 4.3 DESARROLLO DE LA BASE DE DATOS

La base de datos realizada en el software Microsoft Access 2003 permitirá al operador revisar los datos referentes a pruebas visuales, de transmisión y de recepción obtenidos en controles hechos a las radios RACAL TRA-931 Y PRM-4031. Al igual que el programa principal hecho en Labview 7.1, la base de datos consta de una pantalla principal para escoger la información de qué radio se quiere revisar, la misma que se muestra en la Figura 4.35



Figura 4.35 Pantalla Principal

Al dar clic en PRUEBAS TRA-931 o PRUEBAS PRM-4031, se accede a una interfaz que permite escoger que tipo de prueba se quiere revisar en cada una de las radios, la misma que se muestra en la Figura 4.36.



Figura 4.36 Pantalla Pruebas Radio TRA-931

En las Figuras 4.37 y 4.38 se muestran las pantallas para observar los datos de las pruebas físicas realizadas a las radios RACAL TRA-931 y PRM-4031.

**RESULTADOS\_PRUEBAS FISICAS\_931 : Formulario**

**Resultados de Pruebas Físicas Radio TRA-931**

No. de Serie:  Fecha de Ingreso:

- Armazón
- Conector AUDIO 1
- Conector AUDIO 2
- Conector MA-4015
- Zócalo de Antena de Varilla
- Zócalo de Antena de 1,6 - 3MHz
- Zócalo de Antena de 3 - 30MHz
- Zócalo de Salida de Potencia 100mV OUT
- Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN
- Zócalo de Banda Ancha W/B
- Terminal a Tierra
- Perilla de Encendido
- Perilla de Modo
- Perilla de Volumen
- Perilla de Sintonización
- Perillas de Selección de Frecuencia
- Perilla de Selección de Canal
- Perilla de Exploración
- Indicador de Sintonización
- Disecador

IMPRIMIR

REGRESAR

Registro:

Figura 4.37 Pantalla Resultados Pruebas Físicas Radio TRA-931

**RESULTADOS\_PRUEBAS FISICAS\_4031 : Formulario**

**Resultados de Pruebas Físicas Radio PRM-4031**

No. de Serie:  Fecha de Ingreso:

- Armazón
- Conector AUDIO 1
- Conector AUDIO 2
- Zócalo de Antena Látigo
- Zócalo de Antena 1,6 - 8MHz
- Zócalo de Antena 8 - 30MHz
- Perilla de Encendido
- Perilla de Modo
- Perilla de Volumen
- Perilla de Sintonización
- Perillas de Selección de Frecuencia
- Indicador de Sintonización

IMPRIMIR

REGRESAR

Registro:

Figura 4.38 Pantalla Resultados Pruebas Físicas Radio PRM-4031

En las Figuras 4.39 y 4.40 se muestran las pantallas para observar los datos de las pruebas de recepción realizadas a las radios RACAL TRA-931 y PRM-4031.

Figura 4.39 Pantalla Resultados de Recepción Radio TRA-931

Figura 4.40 Pantalla Resultados de Recepción Radio PRM-4031

Las pantallas para observar los datos de las pruebas de transmisión realizadas a las radios RACAL TRA-931 y PRM-4031 se muestran en las Figuras 4.41 y 4.42.

Figura 4.41 Pantalla Resultados de Transmisión Radio TRA-931

Figura 4.42 Pantalla Resultados de Transmisión Radio PRM-4031

Las pantallas para observar los datos referentes al número de serie de las radios, unidad de la que provienen las radios, técnico que realizó la reparación, y las fechas de ingreso y egreso de las radios y el si la radio fue aceptada o rechazada se muestran en las Figura 4.43 y 4.44.

**DATOS\_931**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**TRA-931**

Serie

Unidad

Técnico

Ingreso

Egreso

EQUIPO ACEPTADO

IMPRIMIR

REGRESAR

Registro: 1 de 1

Figura 4.43 Pantalla Resultados Finales Radio TRA-931

**DATOS\_4031**

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**PRM-4031**

Serie

Unidad

Técnico

Ingreso

Egreso

EQUIPO ACEPTADO

IMPRIMIR

REGRESAR

Registro: 1 de 1

Figura 4.44 Pantalla Resultados Finales Radio PRM-4031



Cabe destacar que cada uno de los formularios tiene la opción de imprimir dichos datos en caso que sea necesario.

## **CAPÍTULO 5**

### **PRUEBAS DE TRABAJO**

#### **5.1 INTRODUCCIÓN**

Una vez que se ha realizado el desarrollo y la implementación de un proceso o procedimiento es necesario evaluar ese desarrollo o implementación a fin de conocer cual es el comportamiento real del nuevo sistema, por ello el proceso de evaluación reviste una gran importancia, pues con él se podrá tener una idea verdadera del comportamiento, bondades, ventajas, desventajas que el sistema brinda.

Este proceso de evaluación tendrá su fundamento en datos recogidos de diferentes pruebas a las cuales será sometido el sistema implantado, una vez recogidos estos datos, los mismos servirán para realizar un análisis de resultados y poder definir las bondades que presta este sistema.

Para el desarrollo de este capítulo se han realizado pruebas con el sistema automatizado utilizando un equipo de radio RACAL PRM-4031 y un TRA-931, evaluándose estos equipos en nueve diferentes frecuencias; las cuales se han ubicado a lo largo de todo el ancho de banda en el que trabajan estos equipos de comunicación. Además, se han tomado los tiempos de ejecución del sistema automatizado en cada una de las frecuencias seleccionadas.

Adicional a estas pruebas con el sistema automatizado, se han ejecutado pruebas con los mismos equipos de comunicación y de medición, en las cuales el operador realiza todos los procedimientos necesarios para medir estos parámetros, sin la intervención del sistema automatizado. De igual forma que en las pruebas anteriores, se han ejecutado en nueve diferentes frecuencias y se han tomado los tiempos de realización de las pruebas.

Estas dos pruebas permiten hacer una comparación de cual es el rendimiento que se alcanza con la utilización del sistema automatizado frente a la ejecución del mismo de forma manual.

## 5.2 PRUEBAS CON EL SISTEMA AUTOMATIZADO

Para la ejecución de estas pruebas se seleccionó indistintamente, de todos los equipos de radio existentes en el Laboratorio de Control de Calidad, una radio modelo PRM-4031 y una TRA-931.

En primer lugar se realizó el ingreso de los datos de cada uno de los equipos y la evaluación física de los mismos, teniendo como resultados las pantallas que se muestran en las Figuras 5.1 y 5.2; en las mismas que se puede observar que los dos equipos no tuvieron ninguna novedad en los parámetros evaluados. Una vez aprobado el chequeo visual satisfactoriamente, los equipos están en condición de continuar con las pruebas de transmisión.

**Ingresar los datos del equipo**

Número de Serie

Unidad de Origen

Técnico encargado

Fecha de ingreso  dd/mm/aaaa

Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio

OK  Todo

---

OK  Armazón

OK  Conector AUDIO 1

OK  Conector AUDIO 2

OK  Zócalo de Antena Látigo

OK  Zócalo de Antena 1,6 - 8 Mhz

OK  Zócalo de Antena 8 - 30 Mhz

OK  Perilla de Encendido (3 posiciones)

OK  Perilla de Modo (6 posiciones)

OK  Perilla de Volumen

OK  Perilla de Sintonización

OK  Perilla de selección de frecuencias (6 perillas)

OK  Indicador de sintonización

Figura 5.1 Resultados pruebas físicas radio RACAL PRM-4031

**Ingresar los datos del equipo**

Número de Serie

Unidad de Origen

Técnico encargado

Fecha de ingreso  dd/mm/aaaa

**Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio**

OK  Todo

---

OK  Armazón

OK  Conector AUDIO 1

OK  Conector AUDIO 2

OK  Conector S.U. MA 4015

OK  Zócalo de Antena de Varilla Extensible

OK  Zócalo de Antena 1,6 - 3 Mhz

OK  Zócalo de Antena 3 - 30 Mhz

OK  Zócalo de Salida de Potencia 100mV OUT

OK  Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN

OK  Zócalo de Banda Ancha W/B

OK  Terminal a Tierra

OK  Perilla de Encendido (4 Posiciones)

OK  Perilla de Modo (4 Posiciones)

OK  Perilla de Volumen

OK  Perilla de Sintonización

OK  Perillas de selección de frecuencia (5 Perillas)

OK  Perilla de Selección de Canal (CHANNEL)

OK  Perillas de Exploración (SEARCH)

OK  Indicador de sintonización

OK  Disecador

**Figura 5.2 Resultados pruebas físicas radio RACAL TRA-931**

Durante la ejecución de las pruebas de transmisión se visualiza en las pantallas de cada uno de los equipos las diferentes gráficas de las señales que se utilizan para la medición de estos parámetros. Estas pantallas se muestran en las figuras 5.3 y 5.4 y contienen información importante para el operador las mismas que le ayudan a comprender el comportamiento del radio, así como también saber que prueba está realizando el sistema.

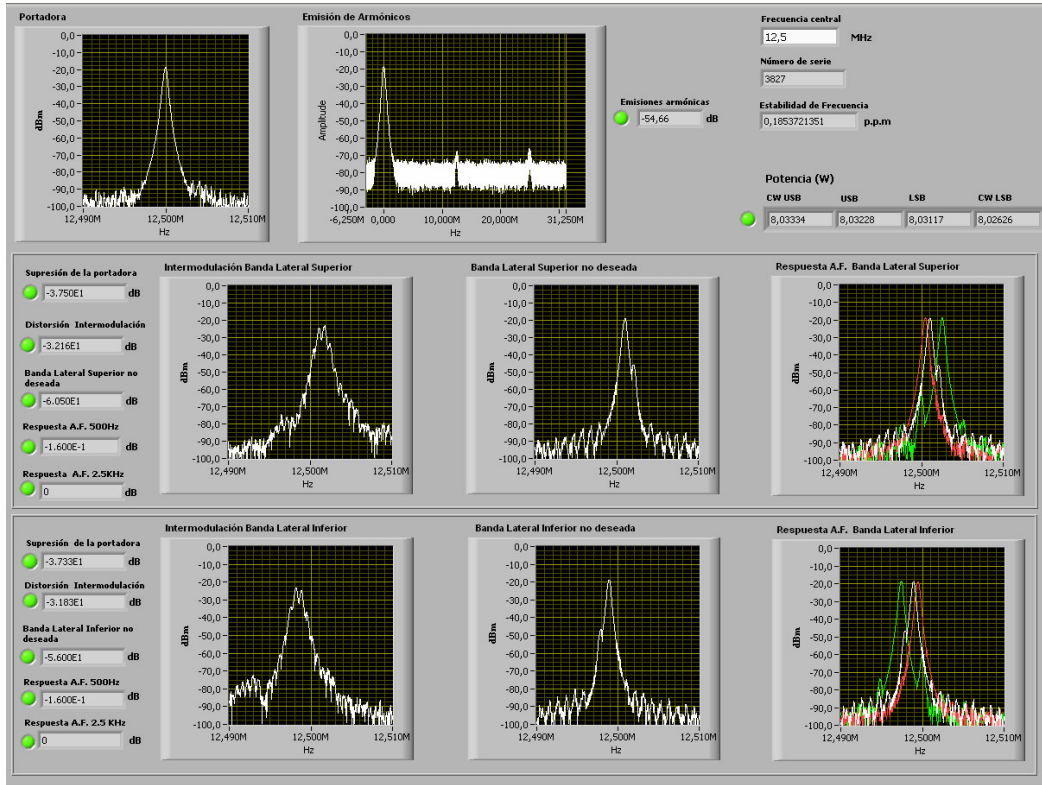


Figura 5.3 Pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031

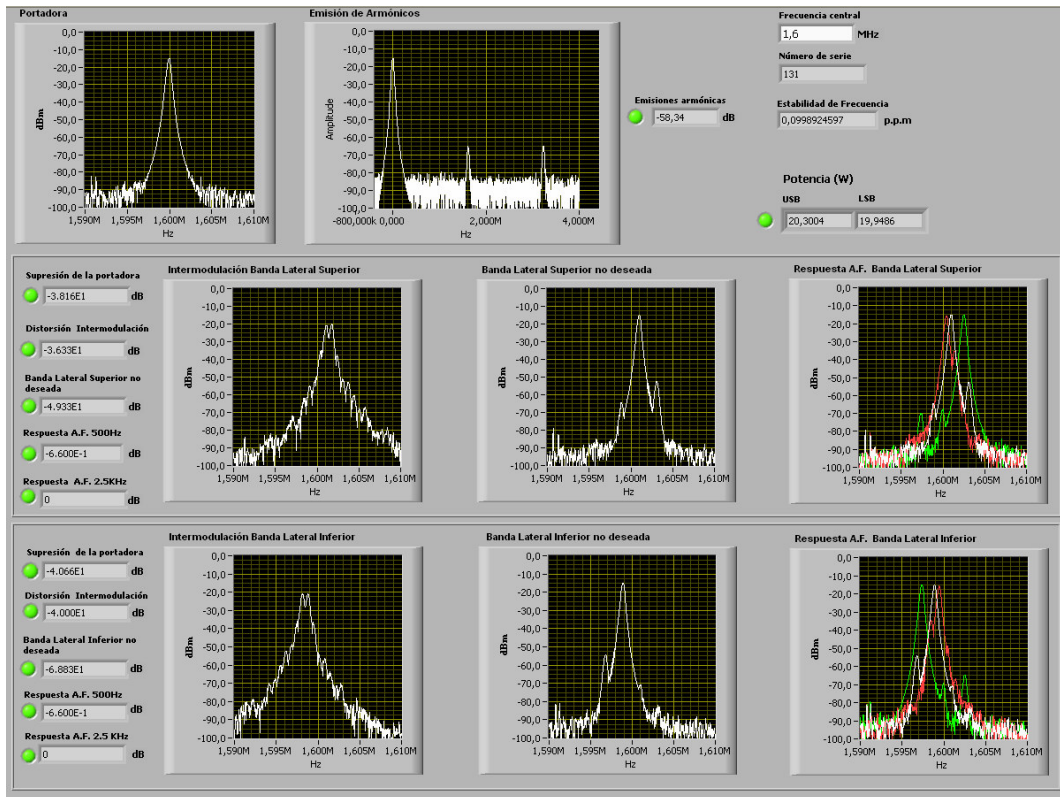


Figura 5.4 Pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931

Una vez finalizadas las pruebas de transmisión, los resultados son presentados a manera de tabla tal y como se muestran en las figuras 5.5 y 5.6.

<b>Resultados Transmisión</b>			
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB	-36,830000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB	-32,330000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB	-63,670000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-1,170000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	-1,000000	OK
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,272910	OK
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB	-38,500000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB	-33,670000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB	-46,330000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-1,170000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	-1,000000	OK
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,252756	OK
<b>Otros Parámetros</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Emisiones armónicas	Menor a -40dB	-58,170000	OK
Estabilidad de frecuencia	+/- 1 p.p.m. de frec. central	0,454821	OK
Potencia CW USB	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,269818	OK
Potencia CW LSB	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,248764	OK

Figura 5.5 Resultados pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031

<b>Resultados Transmisión</b>			
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -40 dB	-38,830000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor de -25 dB	-33,830000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor de -40 dB	-44,670000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-0,670000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	0,000000	OK
Potencia	Entre 17.1 W y 24.1 W	22,054231	OK
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -40 dB	-39,830000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB	-39,830000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB	-48,500000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-0,500000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	0,000000	OK
Potencia	Entre 17.1 W y 24.1 W	21,909553	OK
<b>Otros Parámetros</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Emisiones armónicas	Menor a -40 dB	-56,840000	OK
Estabilidad de frecuencia	+/- 2 p.p.m de frec. central	4,369021	Incorrecto

Figura 5.6 Resultados pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931

Una vez concluidas las pruebas de transmisión, el sistema continúa realizando las pruebas de recepción, las mismas que son presentadas en las figuras 5.7, 5.8 y 5.9 para la radio PRM-4031 y en la figura 5.9 para la radio TRA-931.

CW USB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	30,323893	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB	39,726602	OK
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz	116,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	35,263330	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,149650	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	0,547227	OK

CW LSB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	25,274634	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB	39,686058	OK
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz	144,000000	Incorrecto
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	28,304096	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,137520	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	0,645222	OK

Figura 5.7 Resultados pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031

USB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	31,210168	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	18,161677	OK
Selectividad	Mínimo 2 KHz	2400,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	37,024786	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,128912	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,674315	OK

LSB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	32,929506	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	22,063228	OK
Selectividad	Mínimo 2 Khz	2430,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	36,805349	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,103908	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,521269	OK

Figura 5.8 Resultados pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031

**AM**

	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	26,823549	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 10 dB	19,171157	OK
Selectividad	Máximo 5 KHz	3650,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	29,455503	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,074782	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	6,895136	Incorrecto

Número de serie: 3827  
 Frecuencia de trabajo: 12,5 MHz

Figura 5.9 Resultados pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031

**Resultados Recepción**

**USB**

	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 10 mw	33,541791	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	18,868045	OK
Selectividad	Mínimo 2 KHz	2190,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 30 mW	155,404416	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,102423	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 60 dB	60	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,531411	OK

**LSB**

	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 10 mw	31,555403	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	18,849246	OK
Selectividad	Mínimo 2 KHz	2220,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 30 mW	155,439145	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,100439	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 60 dB	60	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	3,180410	OK

**AM**

	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 10 mw	9,611464	Incorrecto
Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	18,303939	OK
Selectividad	Mínimo 8 KHz	9200,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 60 dB	60,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 30 mW	101,609527	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	12,084405	Incorrecto
Supresión de Imagen	Mayor a 60 dB	60	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,594490	OK

Frecuencia de trabajo: 12,5 MHz  
 Número de serie: 131

Figura 5.10 Resultados pruebas de recepción radio RACAL TRA-931

Para cada una de las frecuencias en las cuales se evalúan los equipos de radio, las pantallas antes expuestas son las mismas, cambiando los valores medidos de acuerdo al comportamiento del radio. Los valores de frecuencia en los cuales se evaluaron los radios fueron:


- 1.6 MHz



- 2.4 MHz
- 6 MHz
- 7 MHz
- 8 MHz
- 12.5 MHz
- 17 MHz
- 24 MHz
- 29.9 MHz

Los resultados obtenidos en cada una de las frecuencias serán expuestos más adelante en una tabla de resumen para su análisis respectivo. Una vez concluidas las pruebas por el sistema, todos los resultados obtenidos son trasladados a una base de datos, la misma que almacena esta información para futuras consultas y análisis.

En las figuras 5.11 y 5.12 se muestran la información de las pruebas físicas que se realizaron anteriormente.




## Resultados de Pruebas Físicas Radio PRM-4031

No. de Serie:  Fecha de Ingreso:

<input checked="" type="checkbox"/> Armazón	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Encendido
<input checked="" type="checkbox"/> Conector AUDIO 1	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Modo
<input checked="" type="checkbox"/> Conector AUDIO 2	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Volumen
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena Látigo	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Sintonización
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena 1,6 - 8MHz	<input checked="" type="checkbox"/> Perillas de Selección de Frecuencia
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena 8 - 30MHz	<input checked="" type="checkbox"/> Indicador de Sintonización

Figura 5.11 Resultados pruebas físicas radio RACAL PRM-4031



## Resultados de Pruebas Físicas Radio TRA-931

No. de Serie:  Fecha de Ingreso:

<input checked="" type="checkbox"/> Armazón	<input checked="" type="checkbox"/> Terminal a Tierra
<input checked="" type="checkbox"/> Conector AUDIO 1	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Encendido
<input checked="" type="checkbox"/> Conector AUDIO 2	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Modo
<input checked="" type="checkbox"/> Conector MA-4015	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Volumen
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena de Varilla	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Sintonización
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena de 1,6 - 3MHz	<input checked="" type="checkbox"/> Perillas de Selección de Frecuencia
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Antena de 3 - 30MHz	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Selección de Canal
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Salida de Potencia 100mV OUT	<input checked="" type="checkbox"/> Perilla de Exploración
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN	<input checked="" type="checkbox"/> Indicador de Sintonización
<input checked="" type="checkbox"/> Zócalo de Banda Ancha W/B	<input checked="" type="checkbox"/> Disecador

Figura 5.12 Resultados pruebas físicas radio RACAL TRA-931

Los resultados de las pruebas de transmisión se muestran en las figuras 5.13 y 5.14.



## Resultados de Transmisión Radio PRM-4031

No. de Serie:  Frecuencia de Trabajo:  Fecha de Ingreso:

<b>USB</b> Supresión de Portadora: <input type="text" value="-36,830000"/> dB <input type="checkbox"/> Distorsión de Intermodulación: <input type="text" value="-32,330000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Banda Lateral Superior no deseada: <input type="text" value="-63,670000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Respuesta de AF (500Hz): <input type="text" value="-1,170000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Respuesta de AF (2500Hz): <input type="text" value="-1,000000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Potencia de Salida: <input type="text" value="9,272910"/> W <input checked="" type="checkbox"/>		<b>LSB</b> Supresión de Portadora: <input type="text" value="-38,500000"/> dB <input type="checkbox"/> Distorsión de Intermodulación: <input type="text" value="-33,670000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Banda Lateral Inferior no deseada: <input type="text" value="-46,330000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Respuesta de AF (500Hz): <input type="text" value="-1,170000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Respuesta de AF (2500Hz): <input type="text" value="-1,000000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Potencia de Salida: <input type="text" value="9,252756"/> W <input checked="" type="checkbox"/>	
<b>OTROS PARAMETROS</b> Emisiones Armónicas: <input type="text" value="-58,170000"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> Estabilidad de Frecuencia: <input type="text" value="0,454821"/> ppm <input checked="" type="checkbox"/>		<b>CW USB</b> Potencia de Salida: <input type="text" value="9,269818"/> dB <input checked="" type="checkbox"/> <b>CW LSB</b> Potencia de Salida: <input type="text" value="9,248764"/> ppm <input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 5.13 Resultados pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031

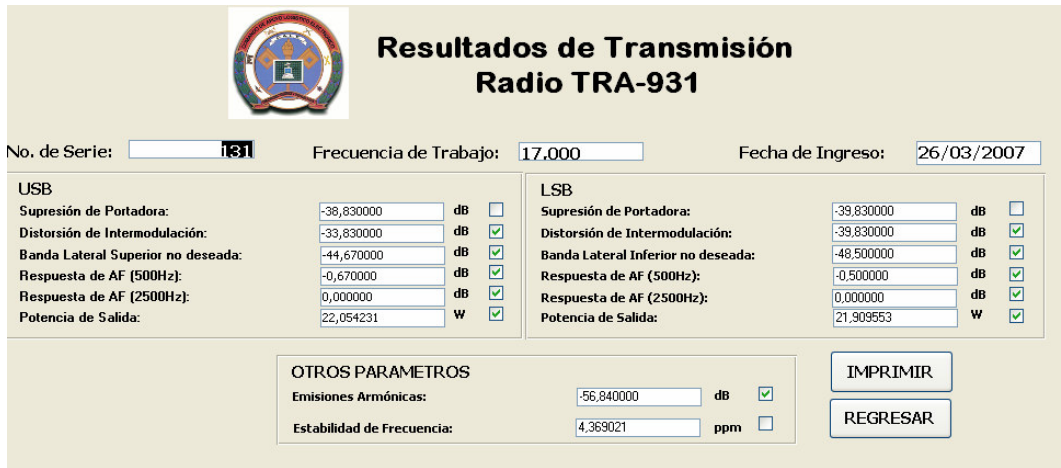


Figura 5.14 Resultados pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931

Los resultados de las pruebas de recepción se muestran en las figuras 5.15 y 5.16.



Figura 5.15 Resultados pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031

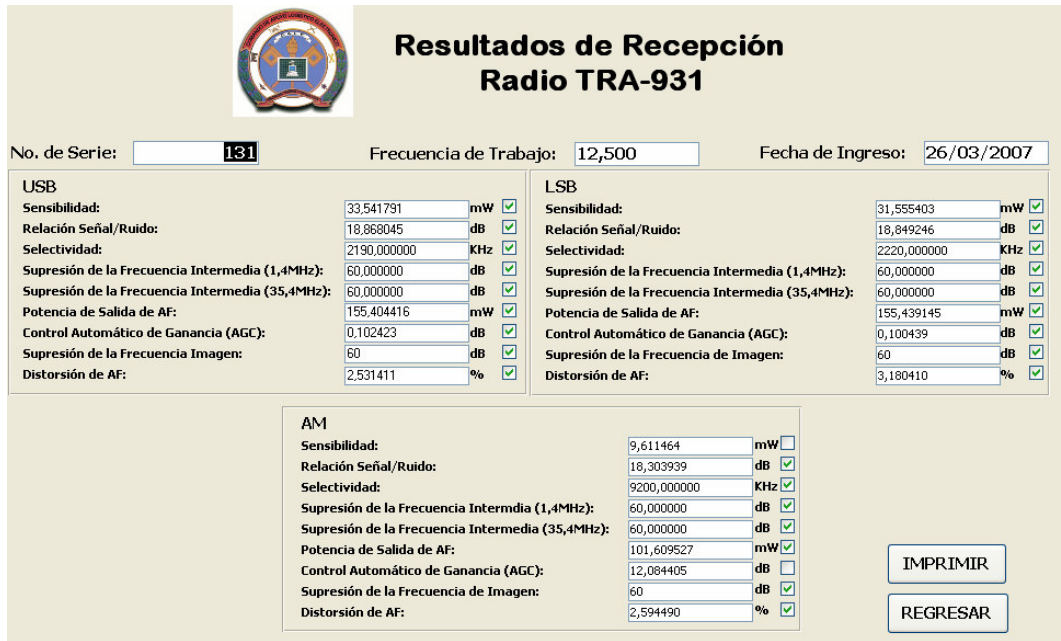


Figura 5.16 Resultados pruebas de recepción radio RACAL TRA-931

Las tablas 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4 muestran los resultados obtenidos en las frecuencias de 1,6 MHz y 12,5 MHz, en las cuales fueron evaluados los radios, estos resultados servirán para el análisis comparativo con los resultados obtenidos durante la ejecución de las pruebas en forma manual.

Se han escogido los resultados de las pruebas obtenidas en estas dos frecuencias, para realizar el análisis, en vista de que, como se podrá observar más adelante, en la frecuencia de 1,6 MHz se ocupa un tiempo promedio de ejecución del programa para las frecuencias menores a 5 MHz.; mientras que, en 12,5 MHz se ocupa el tiempo promedio que el sistema necesita para evaluar el equipo en una frecuencia superior a 5 MHz.

Los resultados adquiridos en el resto de frecuencias en las cuales se realizaron las pruebas se presentan en el Anexo C de este documento.

**Tabla 5.1 Resultados Pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031 sistema automatizado**

<b>Pruebas transmisión radio RACAL PRM 4031</b>										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banda Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia	
1,6 MHz	TUNE								-68,50	0,24
	CW USB							9,19		
	USB	-41,50	-38,50	-67,83	0,00	0,00	9,20			
	LSB	-39,50	-35,33	-67,33	0,00	0,00	9,19			
	CW LSB						9,17			
12,5 MHz	TUNE								-58,17	0,45
	CW USB							9,27		
	USB	-36,83	-32,33	-63,67	-1,17	-1,00	9,27			
	LSB	-38,50	-33,67	-46,33	-1,17	-1,00	9,25			
	CW LSB						9,25			

**Tabla 5.2 Resultados Pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031 sistema automatizado**

<b>Pruebas recepción radio RACAL PRM-4031</b>										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
1,6 MHz	CW USB	1,42	13,07	234,00	70,00	70,00	33,87	8,91	70,00	0,75
	USB	9,40	1,15	6000,00	70,00	70,00	33,76	5,81	70,00	4,22
	LSB	11,03	1,02	6000,00	70,00	70,00	33,17	4,51	70,00	6,52
	CW LSB	0,53	10,64	1494,00	70,00	70,00	30,25	13,20	70,00	0,92
	AM	11,54	1,22	500,00	70,00	70,00	24,91	4,06	70,00	16,34
12,5 MHz	CW USB	30,32	39,73	116,00	70,00	70,00	35,26	0,15	70,00	0,55

	USB	31,21	18,16	2400,00	70,00	70,00	37,02	0,13	70,00	2,67
	LSB	32,93	22,06	2430,00	70,00	70,00	36,81	0,10	70,00	2,52
	CW LSB	25,27	39,68	144,00	70,00	70,00	28,30	0,14	70,00	0,65
	AM	26,82	19,17	3650,00	70,00	70,00	29,46	0,07	70,00	6,90

Tabla 5.3 Resultados Pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931 sistema automatizado

Pruebas transmisión radio RACAL TRA-931									
Frecuencia	Bandas	Parámetros							
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banda Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia
1,6 MHz	TUNE							-58,34	0,10
	USB	-38,16	-36,33	-49,33	-0,66	0,00	20,30		
	LSB	-40,66	-40,00	-68,83	-0,66	0,00	19,94		
12,5 MHz	TUNE							-43,84	3,06
	USB	-37,67	-33,50	-48,00	-0,67	0,00	20,48		
	LSB	-40,84	-41,17	-51,00	-0,67	0,00	20,36		

Tabla 5.4 Resultados Pruebas de recepción radio RACAL TRA-931 sistema automatizado

Pruebas recepción radio RACAL TRA-931										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
1,6 MHz	USB	95,93	1,24	10020,00	60,00	60,00	154,68	2,06	60,00	3,84
	LSB	81,26	3,74	10020,00	60,00	60,00	154,88	0,87	60,00	2,83
	AM	43,23	1,79	10000,00	60,00	60,00	104,92	7,45	60,00	5,43
12,5 MHz	USB	33,54	18,87	2.190,00	60,00	60,00	155,40	0,10	60,00	2,53
	LSB	31,56	18,85	2.220,00	60,00	60,00	155,44	0,10	60,00	3,18
	AM	9,61	18,30	9.200,00	60,00	60,00	101,61	12,08	60,00	2,59

### 5.3 PRUEBAS REALIZADAS DE FORMA MANUAL

Con el fin de tener valores con los cuales se pueda comparar el funcionamiento del sistema automatizado se han ejecutado pruebas, en las frecuencias expuestas en las tablas anteriores, de forma manual.

Los resultados de estas pruebas se presentan en las tablas 5.5, 5.6, 5.7 y 5.8.

**Tabla 5.5 Resultados Pruebas de transmisión radio RACAL PRM-4031 forma manual**

Pruebas transmisión radio RACAL PRM 4031										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banda Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia	
1,6 MHz	TUNE								-50,50	1,00
	CW USB							9,47		
	USB	-39,67	-32,00	-74,00	0,16	0,16	9,45			
	LSB	-40,17	-36,67	-61,84	0,33	0,16	9,38			
	CW LSB						9,36			
12,5 MHz	TUNE								-48,00	7,00
	CW USB							9,72		
	USB	-36,00	-32,50	-58,00	-0,33	-0,17	9,72			
	LSB	-38,50	-32,50	-58,50	-0,33	-0,17	9,71			
	CW LSB						9,70			

**Tabla 5.6 Resultados Pruebas de recepción radio RACAL PRM-4031 forma manual**

Pruebas recepción radio RACAL PRM 4031										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
1,6 MHz	CW USB	1,80	11,80	484,00	70,00	70,00	33,48	7,70	70,00	0,60
	USB	11,30	1,70	6000,00	70,00	70,00	33,90	4,39	70,00	3,95
	LSB	12,20	1,13	6000,00	70,00	70,00	30,70	3,65	70,00	6,50
	CW LSB	0,80	10,20	6000,00	70,00	70,00	29,50	13,18	70,00	1,00

	AM	11,30	1,42	6000,00	70,00	70,00	26,45	3,80		15,20
12,5 MHz	CW USB	30,40	37,70	111,00	70,00	70,00	35,60	0,18	70,00	0,60
	USB	30,40	20,50	2328,00	70,00	70,00	34,90	0,20	70,00	2,80
	LSB	30,10	20,70	2029,00	70,00	70,00	34,60	0,20	70,00	2,80
	CW LSB	27,60	38,70	134,00	70,00	70,00	31,90	0,20	70,00	0,60
	AM	25,50	18,60	3622,00	70,00	70,00	28,40	0,30	70,00	7,00

Tabla 5.7 Resultados Pruebas de transmisión radio RACAL TRA-931 forma manual

Pruebas transmisión radio RACAL TRA-931										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banda Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia	
1,6 MHz	TUNE								-57,3	1
	USB	-37,2	-36	-48,2	-1,4	-1,2	19,9			
	LSB	-39,9	-40,5	-67,33	-1,2	-0,6	20,2			
12,5 MHz	TUNE								-42,67	1,1
	USB	-36,5	-34,5	-50,83	-1,3	-2,16	19,3			
	LSB	-42,5	-41,3	-54	-1,25	-2,16	19,1			

Tabla 5.8 Resultados Pruebas de recepción radio RACAL TRA-931 forma manual

Pruebas recepción radio RACAL TRA-931										
Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
1,6 MHz	USB	95,42	1,15	10.000,00	60	60	155	1,99	60	3,94
	LSB	81	3,84	10.000,00	60	60	155	0,99	60	2,8
	AM	43,1	1,68	10.000,00	60	60	104	7,56	60	5,4
12,5 MHz	USB	33,7	18,1	2150	60	60	155	0,1	60	2,9
	LSB	32,8	17,25	2230	60	60	155	0,1	60	3,1
	AM	9,1	17,9	9490	60	60	103,8	11,76	60	2,6



#### 5.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Para el desarrollo de este análisis se incluye los resultados de los tiempos de ejecución que se necesitaron para cumplir con las pruebas de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 en las frecuencias antes mencionadas, tanto con el sistema automatizado como con las pruebas de forma manual.

En la tabla 5.9 se muestra los tiempos que se necesitaron para realizar las pruebas de cada una de las radios en las frecuencias de 1,6 MHz y 12,5MHz con el sistema automatizado; mientras que en la tabla 5.10 se muestran los tiempos de ejecución de las pruebas en forma manual.

**Tabla 5.9 Tiempo de ejecución pruebas sistema automatizado**

<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo</b>
1,6 MHz	25 min.
12,5 MHz	12 min.

**a. Radio RACAL PRM-4031**

<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo</b>
1,6 MHz	18 min.
12,5 MHz	9 min.

**b. Radio RACAL TRA-931**

**Tabla 5.10 Tiempo de ejecución pruebas realizadas de forma manual**

<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo</b>
1,6 MHz	89min.
12,5 MHz	47 min.

**a. Radio RACAL PRM-4031**

<b>Frecuencia</b>	<b>Tiempo</b>
1,6 MHz	75min
12,5 MHz	38min

**b. Radio RACAL TRA-931**

Las figuras 5.17 y 5.18 indican los tiempos ocupados para realizar las mediciones de cada uno de los parámetros estipulados por el fabricante, en cada uno de los sistemas, tanto en el Automatizado como en el Manual, de estas gráficas podemos asegurar que los tiempos necesarios para realizar las pruebas en las frecuencias 1,6 MHz y 12,5 MHz con el sistema automatizado son significativamente menores que los tiempos necesarios para realizar las mismas pruebas de forma manual.

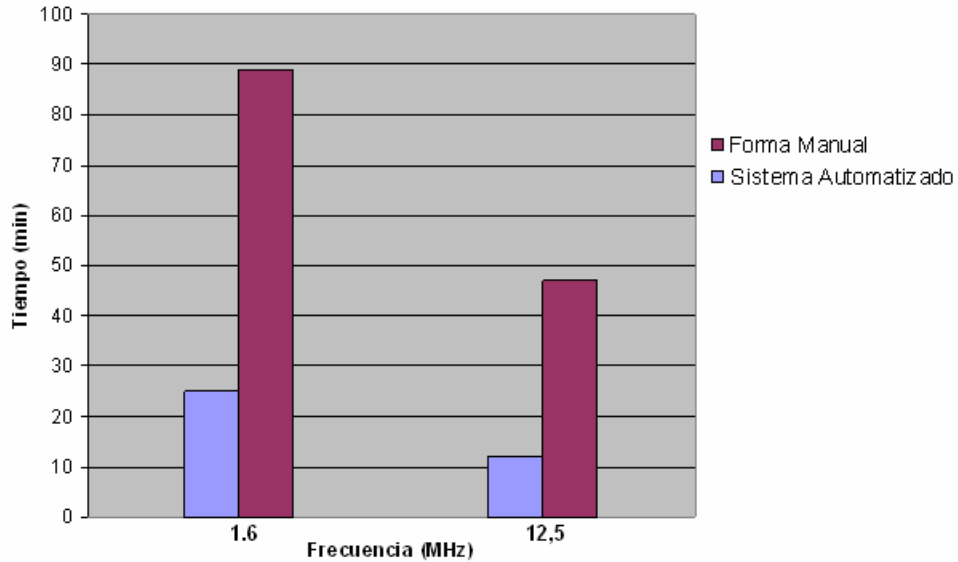


Figura 5.17 Gráfico comparativo entre los tiempos de ejecución de las pruebas con el sistema automatizado vs forma manual (Radio RACAL PRM-4031)

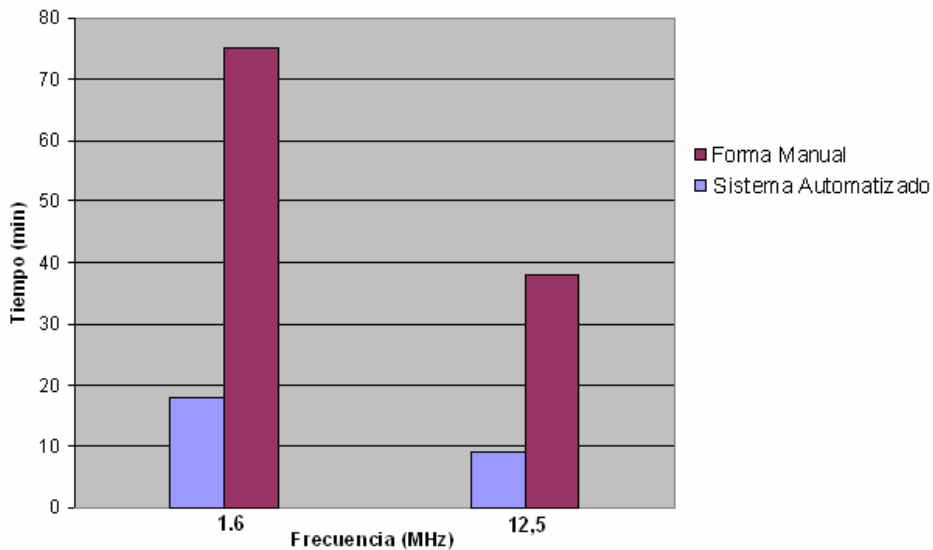


Figura 5.18 Gráfico comparativo entre los tiempos de ejecución de las pruebas con el sistema automatizado vs forma manual (Radio RACAL TRA-931)

Analizando los tiempos ocupados para las pruebas en la radio RACAL PRM-4031 se tiene que, para realizar el control de calidad en la frecuencia 1,6 MHz utilizando el sistema automatizado el tiempo aproximado fue de 25 minutos, mientras que realizando idénticas pruebas de forma manual se necesitó de aproximadamente 89 minutos lo que equivale a 3,56 veces más que el tiempo utilizado por el sistema automatizado; en tanto que en la frecuencia de 12,5 MHz las pruebas manuales ocuparon 3,92 veces más tiempo que las pruebas con el sistema automatizado.

Por otro lado en la radio RACAL TRA-931, el hacer un control de calidad en la frecuencia 1,6 MHz y 12,5 MHz con el sistema automatizado es 4 veces más rápido que si se lo hiciera de forma manual.

Como se indicó anteriormente las pruebas de control de calidad se realizan en 9 frecuencias diferentes. Utilizando el sistema automatizado se obtuvo un tiempo estimado de 123 minutos (2 horas) y 93 minutos (1 hora y 30 minutos) para realizar el control de calidad en las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931, respectivamente. Tomando en cuenta los resultados adquiridos de las pruebas en forma manual en las dos frecuencias indicadas anteriormente y las comparaciones con el sistema automatizado, se tendría que tomar en cuenta para realizar un control de calidad de forma manual en las 9 frecuencias para las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931, un tiempo aproximado de 7,5 horas y 6 horas, respectivamente.

El personal técnico del laboratorio de control de calidad labora un promedio de 8 horas diarias; por tanto, se necesitaría un día laborable para realizar el control de calidad a un solo equipo de radio; mientras que con el sistema automatizado se podrían realizar las pruebas completas a 4 radios.

Cabe señalar que a través del sistema automatizado los datos se almacenan automáticamente en una base de datos y están listos para ser impresos, si fuese necesario, para la elaboración de los informes requeridos por el Comando de la Unidad para el control de los trabajos realizados. Sin embargo, al realizar el proceso de forma manual, existe la necesidad de registrar dichos datos en algún documento para constancia de los mismos; proceso que también se ejecutaría de forma manual; con lo cual se incrementaría el tiempo para el control de calidad.

En cuanto a los resultados obtenidos en las mediciones de cada uno de los parámetros, los valores tanto en la forma manual (Tablas 5.5 a Tabla 5.8) como con el uso del sistema automatizado (Tabla 5.1 a Tabla 5.4 ) son similares, situación que avaliza el correcto funcionamiento y la confiabilidad del sistema implementado. Cabe mencionar que la ejecución de las pruebas manuales fueron realizadas con el mayor cuidado y por los técnicos especializados en el manejo de estas radios pertenecientes al laboratorio de Estándar Militar del Comando de Apoyo Logístico Electrónico, como se indica en las cartas de certificación en el Anexo D.

Al ejecutar las pruebas de forma manual el operador maneja los dos equipos de medición, la caja de prueba y la radio que se encuentra en evaluación; mientras que con la utilización del sistema automatizado, el manejo se reduce a la caja de prueba y la radio en evaluación. Tomando en cuenta que pueden suscitarse errores en el manejo de los equipos; por ejemplo, la inicialización previa del Sistema Analizador de Comunicaciones HP8920A, para la medición de distorsión de audiofrecuencia, en la cual la amplitud de la señal de RF generada por el equipo debe ser cambiada de 1 uV (que se ocupa en parámetros anteriores) por el valor de 100 uV necesario para esta medición; al ejecutarse de forma manual se podría incurrir en la inserción de un valor erróneo o simplemente el pasar por alto este cambio.

Esta posibilidad y otras que pueden presentarse, se reducen notablemente con el uso del sistema automatizado, ya que el operador no tiene el control de los equipos de medición, y en el caso de conexiones y manejo de la caja de prueba y radios, el sistema proporciona ayudas que indican lo que el operador debe realizar.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

Se automatizó el proceso de control de calidad de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 en el laboratorio de Control de Calidad del Comando de Apoyo Logístico Electrónico de acuerdo a lo previsto en el proyecto.

Una vez analizado el proceso actual de control de calidad se determinó que el laboratorio de Control de Calidad no cuenta con los equipos adecuados para realizar un control de calidad completo descrito en los manuales de operación de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931. Además, esta situación da como resultado el que se obvие la medición de la mayoría de parámetros necesarios para ejecutar un correcto proceso.

El control de calidad es un proceso necesario previo la salida de las radios a sus unidades de origen para su utilización en operaciones tácticas; debido a que mediante este procedimiento se evalúan parámetros de funcionamiento y operabilidad de los equipos de comunicación, los mismos que son de suma importancia y necesarios para garantizar el correcto desempeño de los equipos.

En consecuencia, se optó por la implementación de un nuevo sistema de control de calidad que incluya equipos de medición adecuados para el proceso, como son el Analizador de Espectros HP8560A y Sistema Analizador de Comunicaciones HP8920A, los mismos que permiten la medición de todos los parámetros requeridos para un eficiente control de calidad.

Se diseñó el nuevo sistema utilizando el estándar de comunicación GPIB ya que permite la comunicación entre la computadora principal y los equipos de medición facilitando la adquisición de datos.

El programa de Control de Calidad se desarrolló bajo el software Labview 7.1, el mismo que permite la elaboración de aplicaciones de instrumentación por la versatilidad de

sus funciones internas y en conjunto con la tarjeta GPIB realiza el control automático de los equipos de medición, evitando la manipulación por parte del operador.

Se desarrollaron Interfaces Humano Máquina (HMI) buscando facilitar al operador el uso del sistema y la presentación clara de los resultados adquiridos.

El nuevo sistema implementado realiza el proceso de control de calidad, en aproximadamente un cuarto del tiempo que se necesitaría para realizar las pruebas de forma manual; permitiendo a los técnicos revisar diariamente un promedio de cuatro radios.

El sistema de control automatizado, al manejar de forma remota los equipos de medición, evita que el operador los manipule y cometa algún error al presionar teclas, ingresar valores u olvidar algún paso previo para medir determinado parámetro.

El sistema de control automatizado almacena todos los datos obtenidos en una base de datos, la misma que permite el manejo de la información para análisis de resultados y presentación de informes.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

Los equipos de radio RACAL PRM-4031 y TRA-931, actualmente constituyen, en la mayoría de las Unidades Militares del Ecuador, el único medio de comunicación en la banda de HF disponible. En consecuencia, es primordial dar un buen mantenimiento y realizar una correcta reparación, en caso de que presenten alguna falla; con el fin de alargar la vida útil de las mismas.

Es importante resaltar el trabajo que realiza el Comando de Apoyo Logístico Electrónico, ya que constituye la única unidad de la Fuerza Terrestre encargada del mantenimiento y reparación de todo el material de comunicaciones del Ejército. Por este motivo es necesario que el CALE se actualice continuamente e implemente nuevos sistemas que permitan un mejor desempeño del personal técnico en sus labores diarias.

Dentro de la ejecución del programa, se debe poner especial atención en el despliegue de las ayudas, en vista que éstas señalan la realización de procesos mecánicos

por parte del operador dando lugar a posibles acciones erróneas, lo que conllevaría a la adquisición de datos falsos sobre determinado parámetro.

Debido al tipo de funciones que permiten la comunicación y el traslado de datos entre Labview 7.1 y Microsoft Access 2003, la base de datos utilizada para almacenar la información, no debe estar ejecutándose mientras el sistema está funcionando. Caso contrario, se presentará un error de comunicación y la información no podrá ser guardada en la base de datos.

Implementar a futuro el sistema de control de calidad automatizado para el resto de material de comunicaciones de la Fuerza Terrestre ya que permitirá la optimización de este proceso con todo el material existente; lo que contribuirá a una extensión en la vida útil de los equipos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

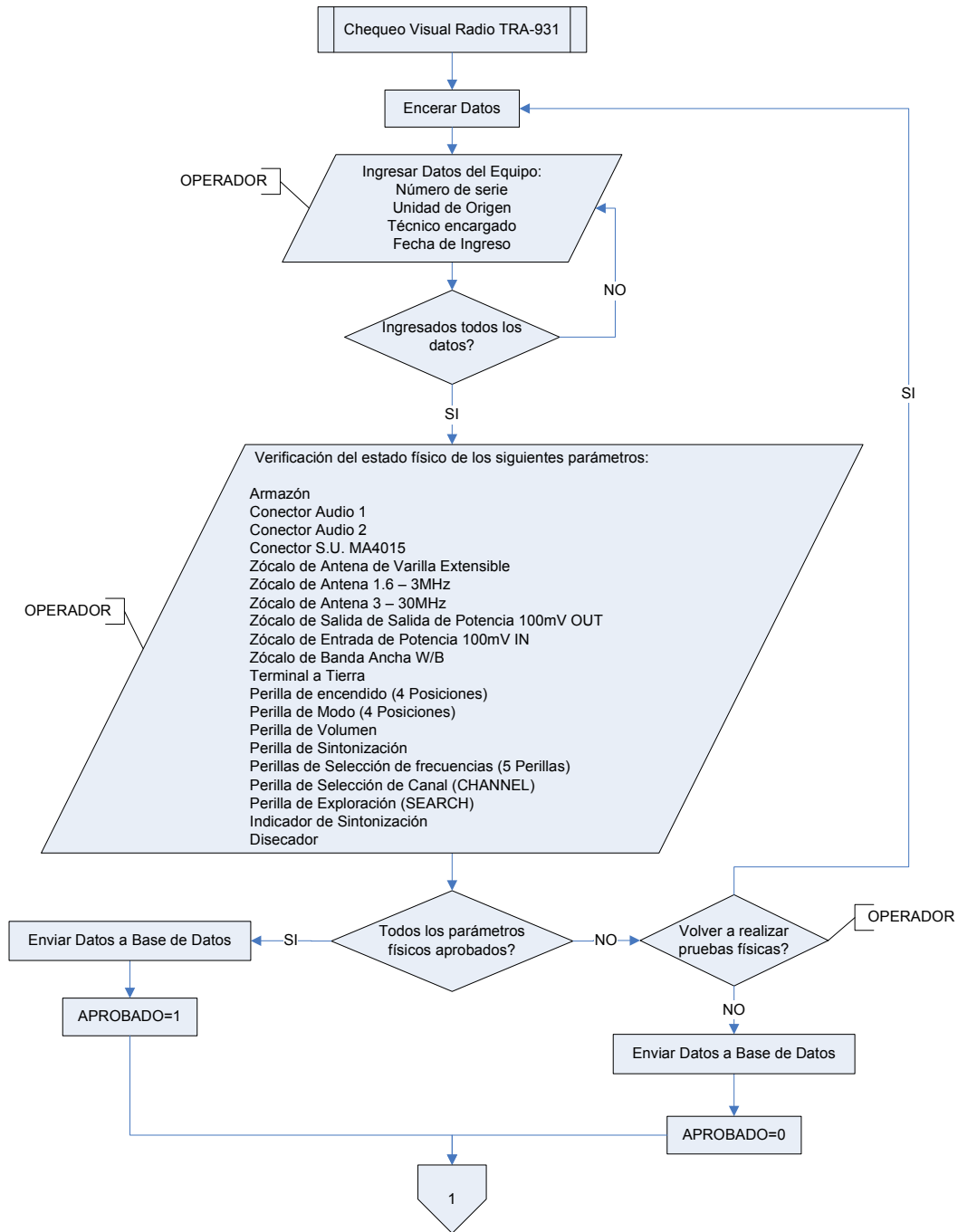
- [1] HARRIS CORPORATION RF COMMUNICATIONS DIVISION, *Comunicaciones de Radio en la era digital*, Volumen 1: Tecnología HF, Primera Edición, Estados Unidos, 1998.
- [2] *Introduction to HF Radio Propagation*, <http://www.ips.gov.au/Category/Educational/Other%20Topics/Radio%20Communication/Intro%20to%20HF%20Radio.pdf>, Noviembre 2006.
- [3] SANCHEZ, Miguel, La radio tipos de modulación, <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/radio2/radio2.html>
- [4] Bandas de espectro radial, sistemas de modulación de señal, <http://arieldx.tripod.com/manualdx/bandas/modulacion.htm>
- [5] Efecto Piezoeléctrico, <http://proton.ucting.udg.mx/~mariocc/piezo.html>, Octubre 2006.
- [6] GHEZZI, Miguel, Electromagnetismo - líneas de transmisión, <http://www.solred.com.ar/lu6etj/tecnicos/handbook/ondas-lineas/ondas-lineas.htm>, Octubre 2006.
- [7] Equipos de audio: calidad del sonido, <http://www.estudiomarhea.net/manual%20c04.htm>, Octubre 2006
- [8] El receptor Superheterodino, [http://www.electronica2000.net/cursos\\_elec/leccion38.htm](http://www.electronica2000.net/cursos_elec/leccion38.htm), Octubre 2006
- [9] Frecuencia Intermedia, [http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia\\_intermedia](http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_intermedia), Octubre 2006
- [10] RAMOS PASCUAL, Francisco, Medidas de distorsión no lineal en dispositivos de radiofrecuencia (Parte I), [http://www.radioptica.com/Radio/intermodulacion\\_I.asp](http://www.radioptica.com/Radio/intermodulacion_I.asp), Octubre 2006
- [11] Secretaría de Comunicaciones y Transporte, PROYECTO de Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-05-SCT1-93, Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de sistemas de televisión por cable, [http://www.cft.gob.mx/cofetel/html/9\\_publica/normas/1993/nom05jul93.shtml](http://www.cft.gob.mx/cofetel/html/9_publica/normas/1993/nom05jul93.shtml), Octubre 2006.
- [12] DEPARTMENT OF DEFENSE OF THE UNITED STATES OF AMERICA, Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, <http://www.aptesting.com/pdf/STD810F.pdf>, Octubre 2006.

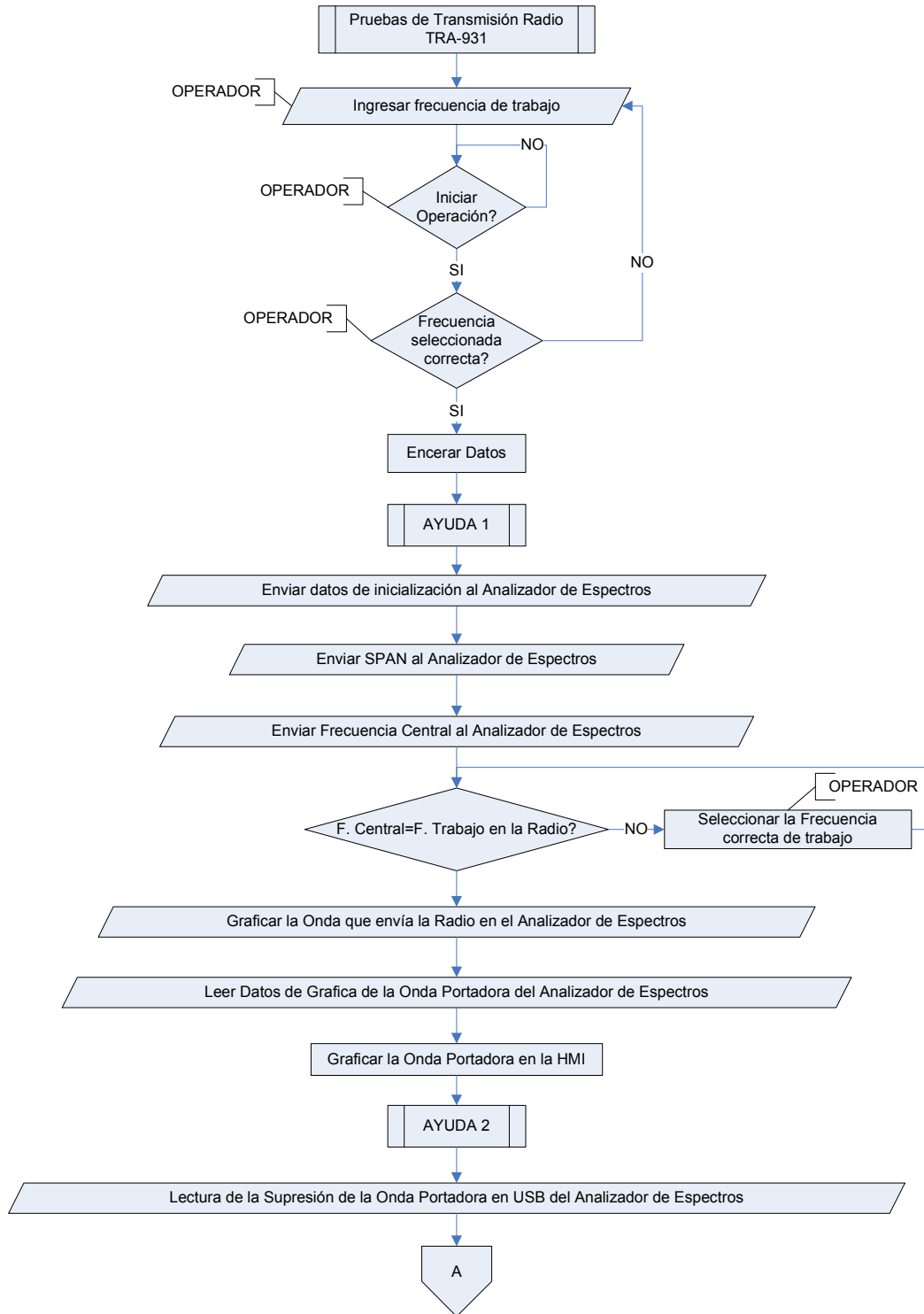


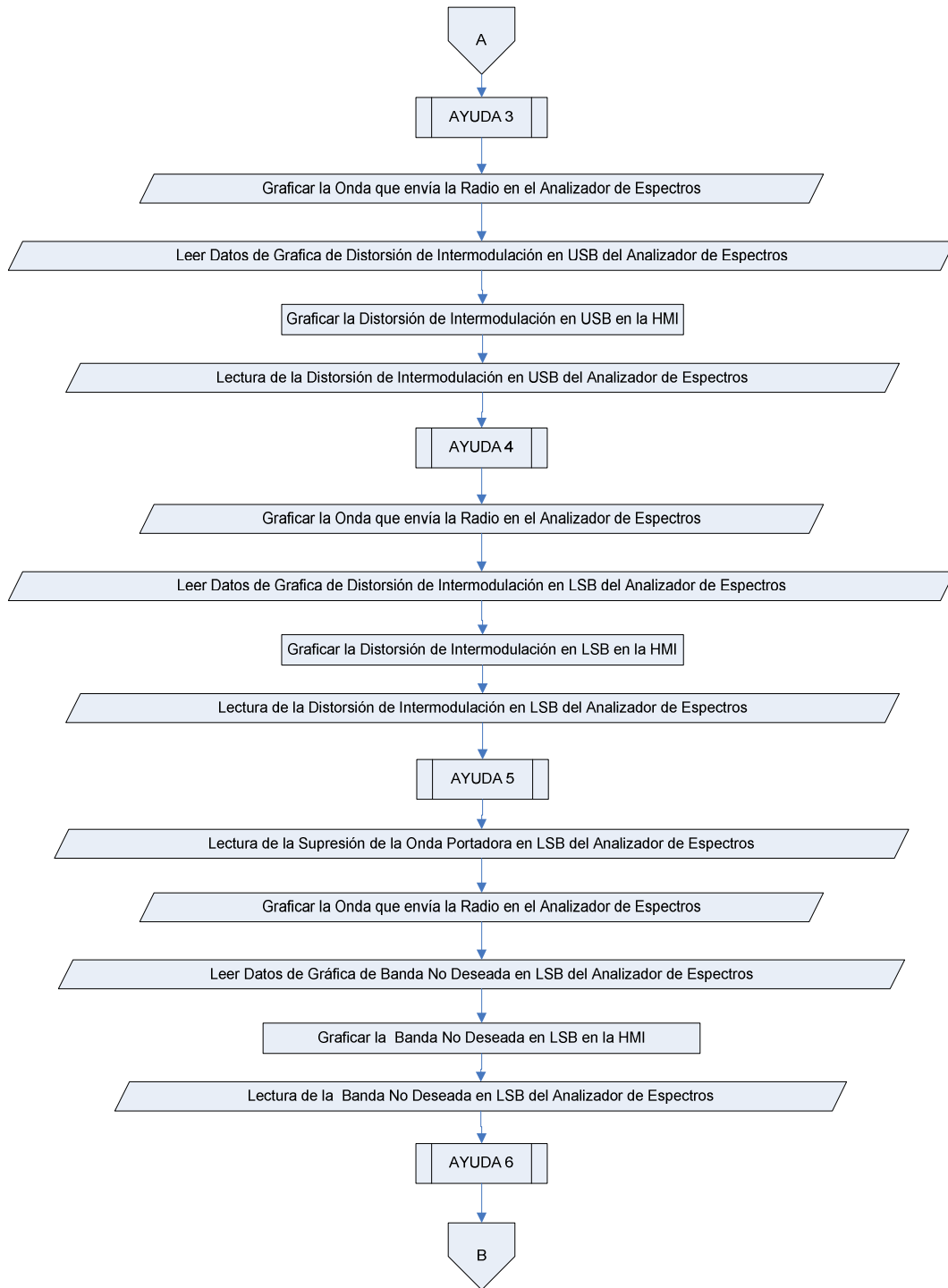
- [13] GROUP TECHNICAL HANDBOOKS DEPARMENT, RACAL GROUP SERVICES LIMITED, *Transmisor-Receptor de mochila en Alta frecuencia de banda lateral única TRA 931P Manual Técnico*, Edición 5, Inglaterra, Marzo 1985.
- [14] GROUP TECHNICAL HANDBOOKS DEPARMENT, RACAL GROUP SERVICES LIMITED, *Transmisor-Receptor de HF/SSD PRM 4031 Manual Técnico*, Edición 10, Inglaterra, Agosto 1986.
- [15] NATIONAL INSTRUMENTS, High-Performance GPIB Interfaces for PCI and PXI, <http://www.ni.com/pdf/products/us/4gpib665-668.pdf>, Diciembre 2006
- [16] [http://www.personal.us.es/sgallardo/MANUALES/ANALIZADORES\\_ESPECTRO/TeK2711.pdf](http://www.personal.us.es/sgallardo/MANUALES/ANALIZADORES_ESPECTRO/TeK2711.pdf), Diciembre 2006
- [17] HEWLETT PACKARD COMPANY, *Service Manual HP 8560A Spectrum Analyzer*, Estados Unidos, Abril 1992.
- [18] HEWLETT PACKARD COMPANY, *HP 8920A User's Guide*, Volumen 2, Primera Edición, Estados Unidos, Junio 1992.
- [19] NATIONAL INSTRUMENTS, Acquire, Analyze and Present data with Labview, <http://www.ni.com/labview/whatis/>, Enero 2007
- [20] [http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion\\_5\\_IT/GPIB1\\_04.pdf](http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/GPIB1_04.pdf), Enero 2007
- [21] HEWLETT PACKARD COMPANY, *Operating and Programming Manual HP 8560A/8561B/8563A Portable Spectrum Analyzer*, Estados Unidos, Noviembre 1991.

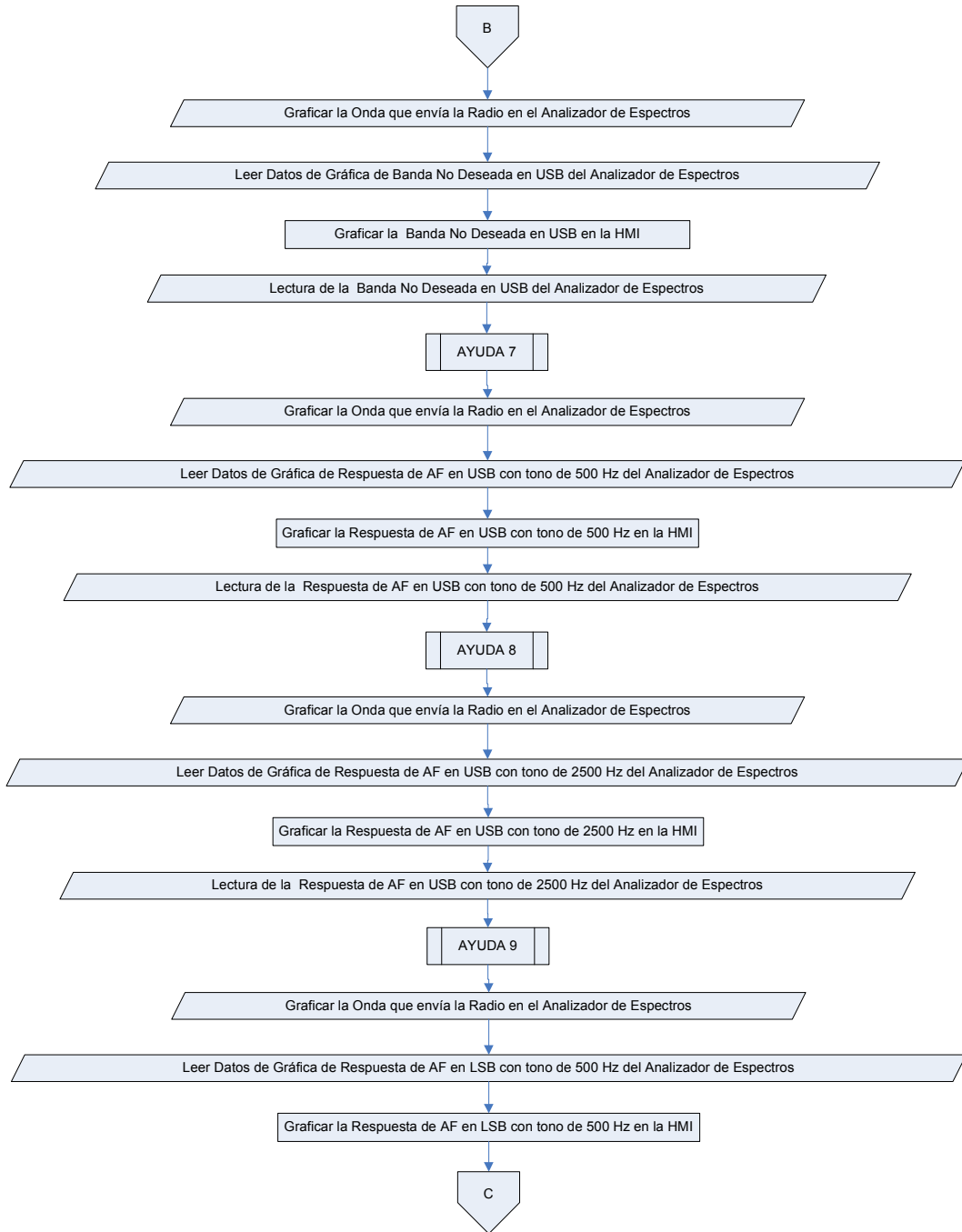
**ANEXO “A”****DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS RADIOS RACAL PRM-4031 y TRA-931**

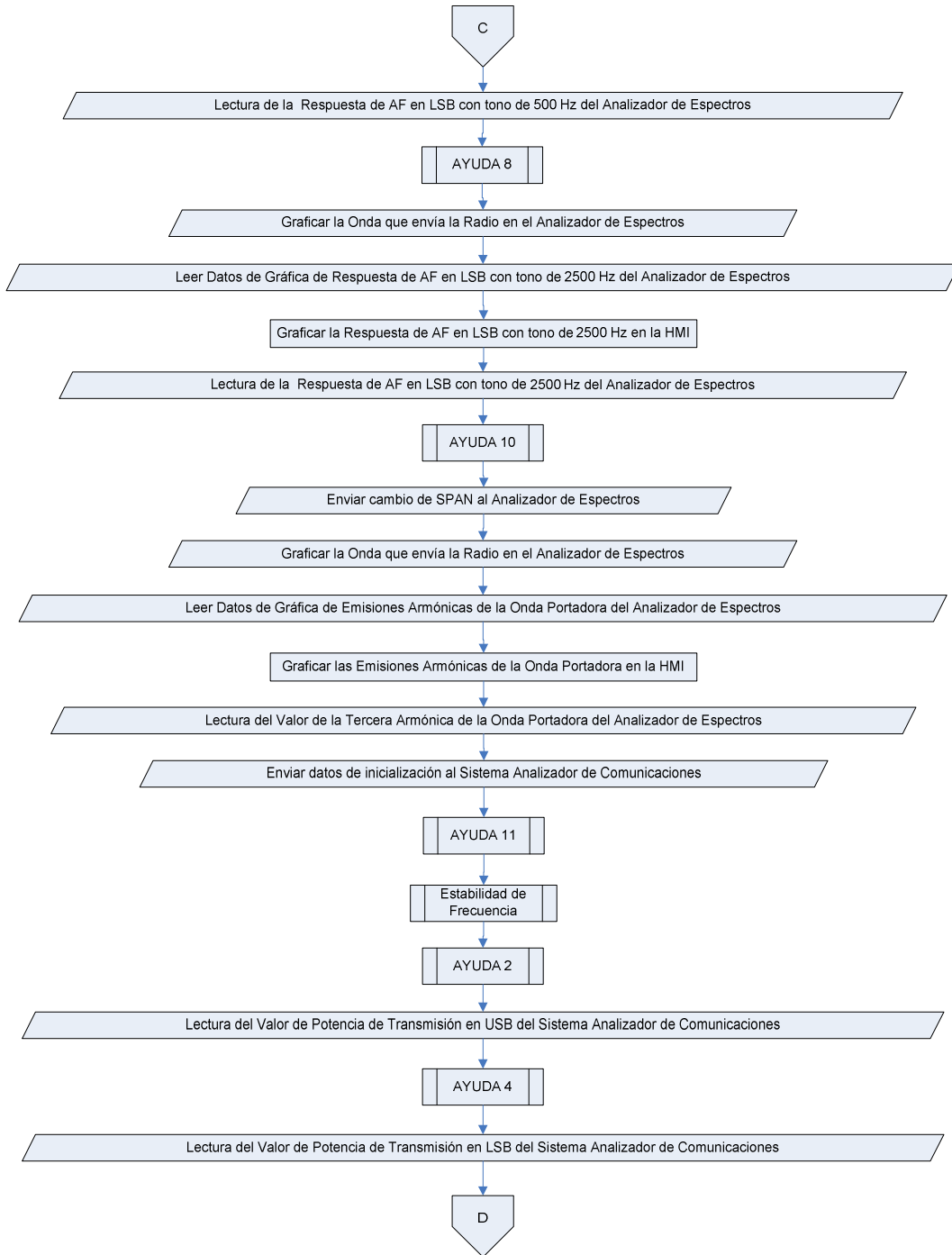
**A.1 RADIO TRA-931**

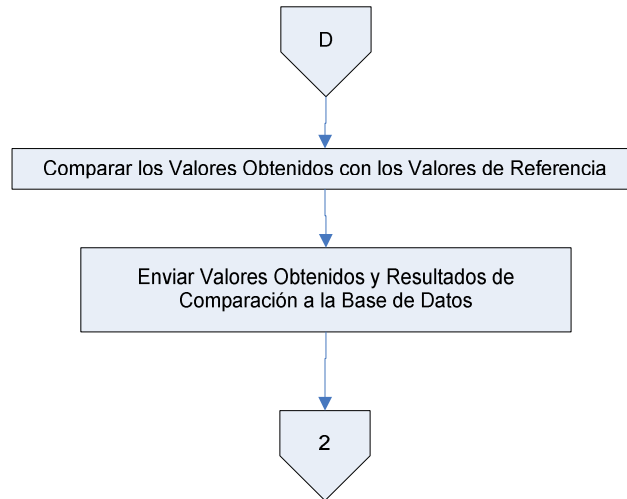




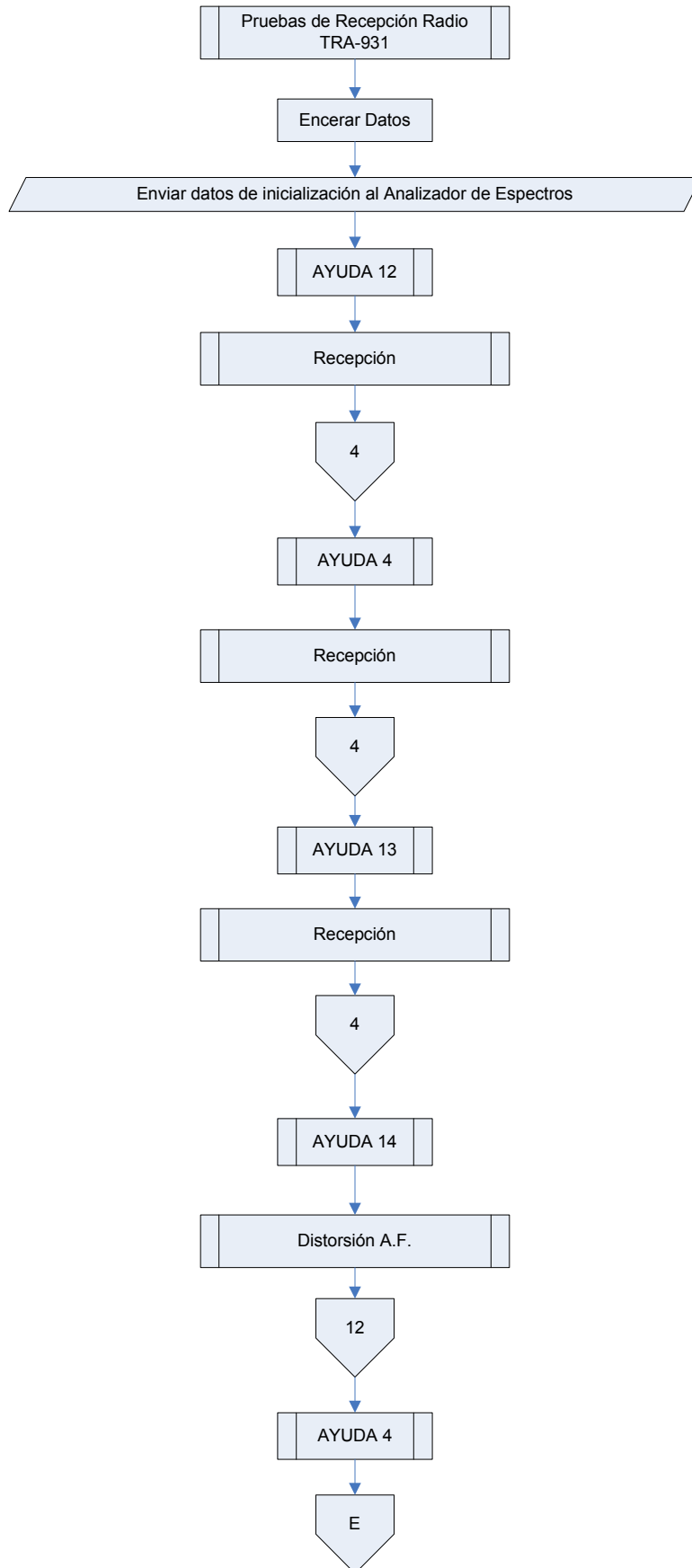


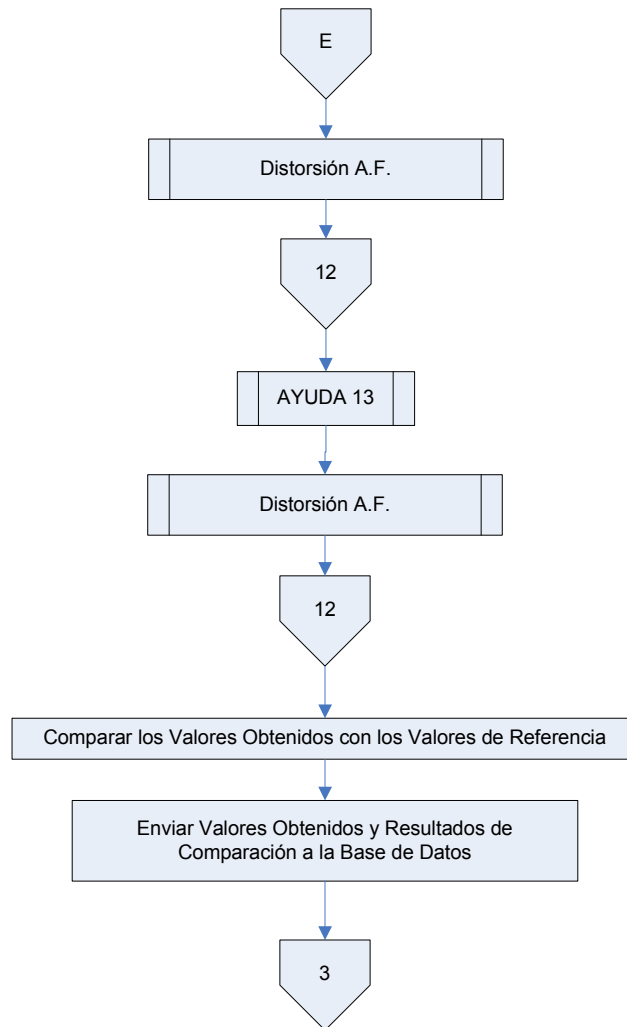




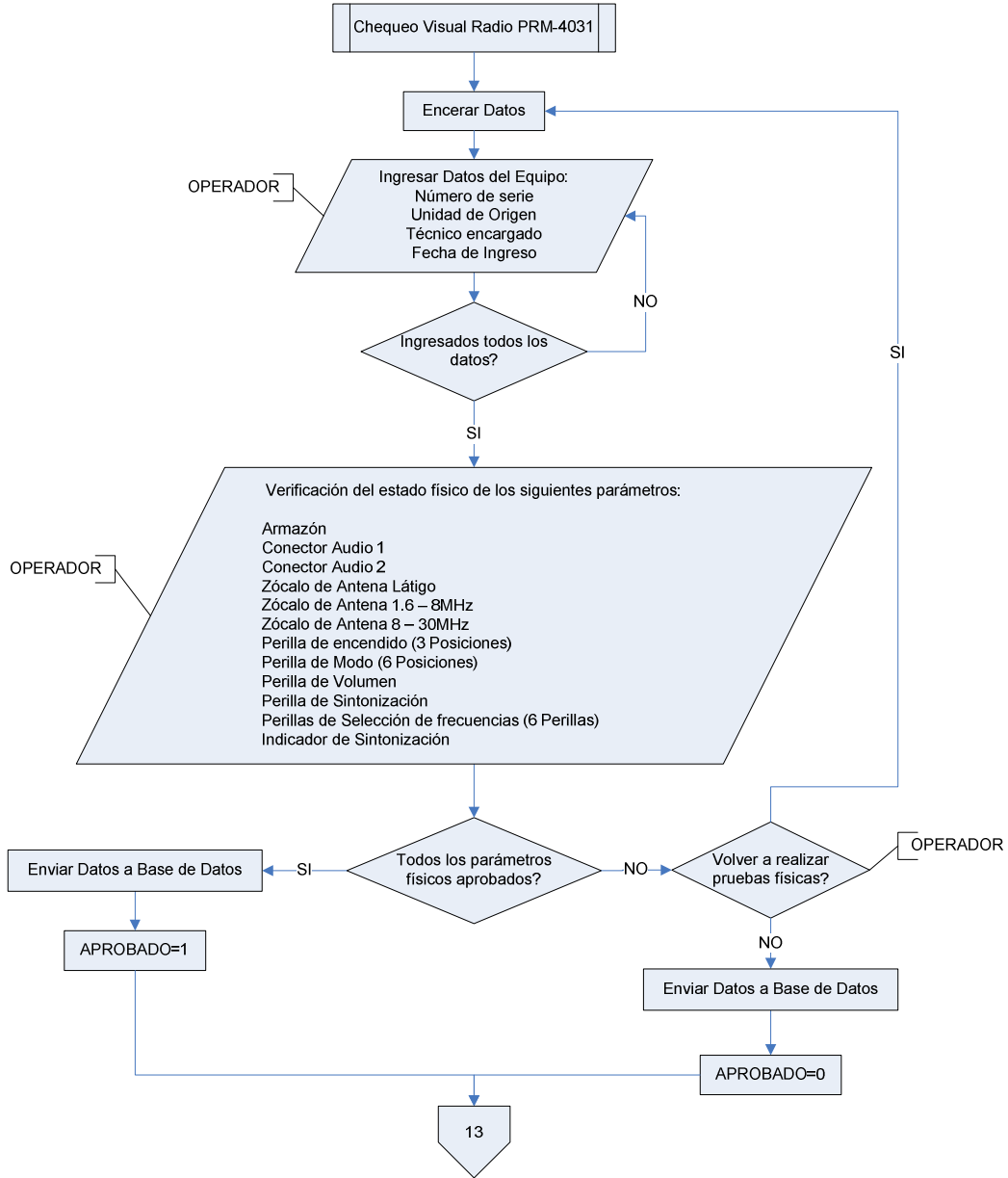


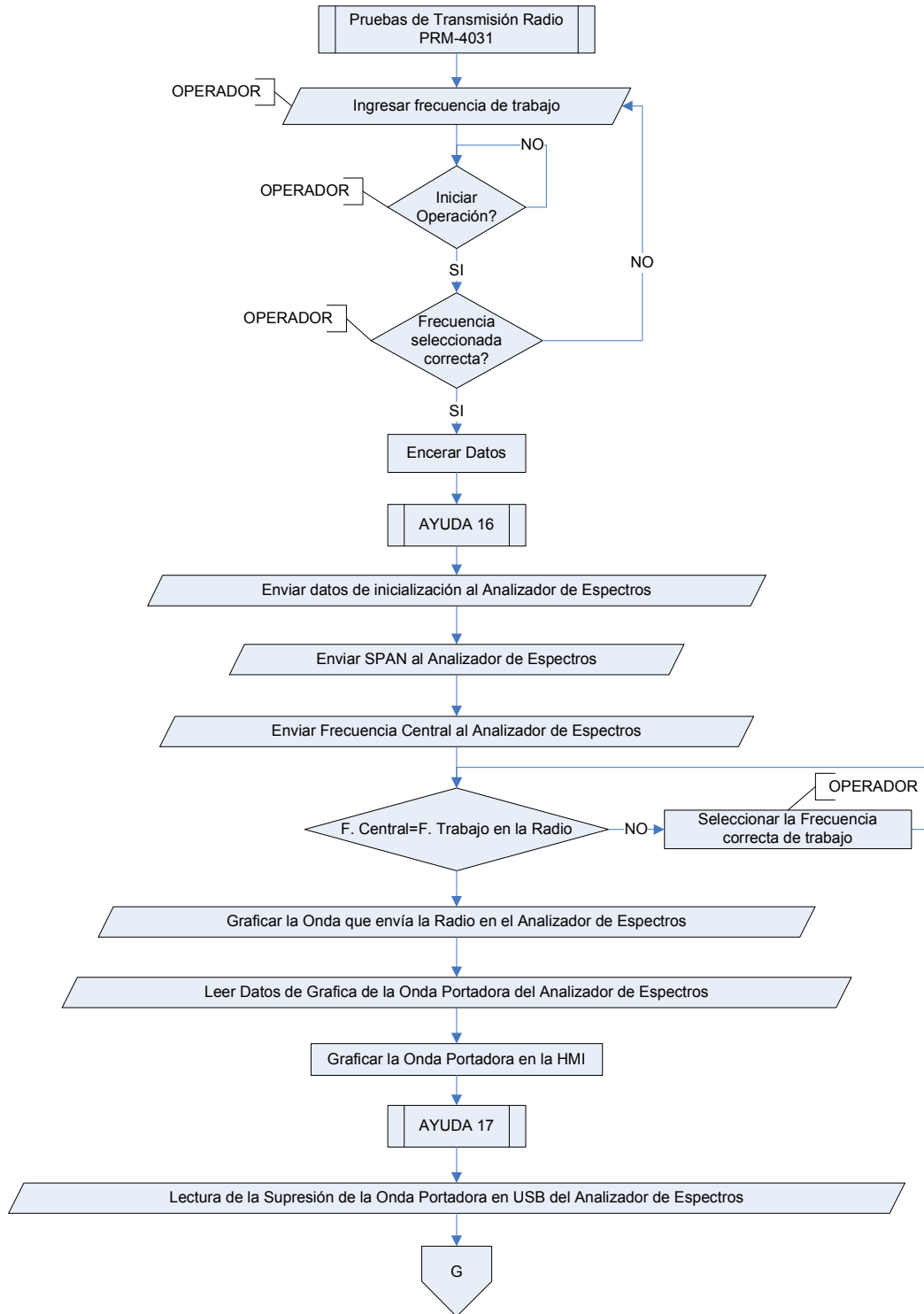


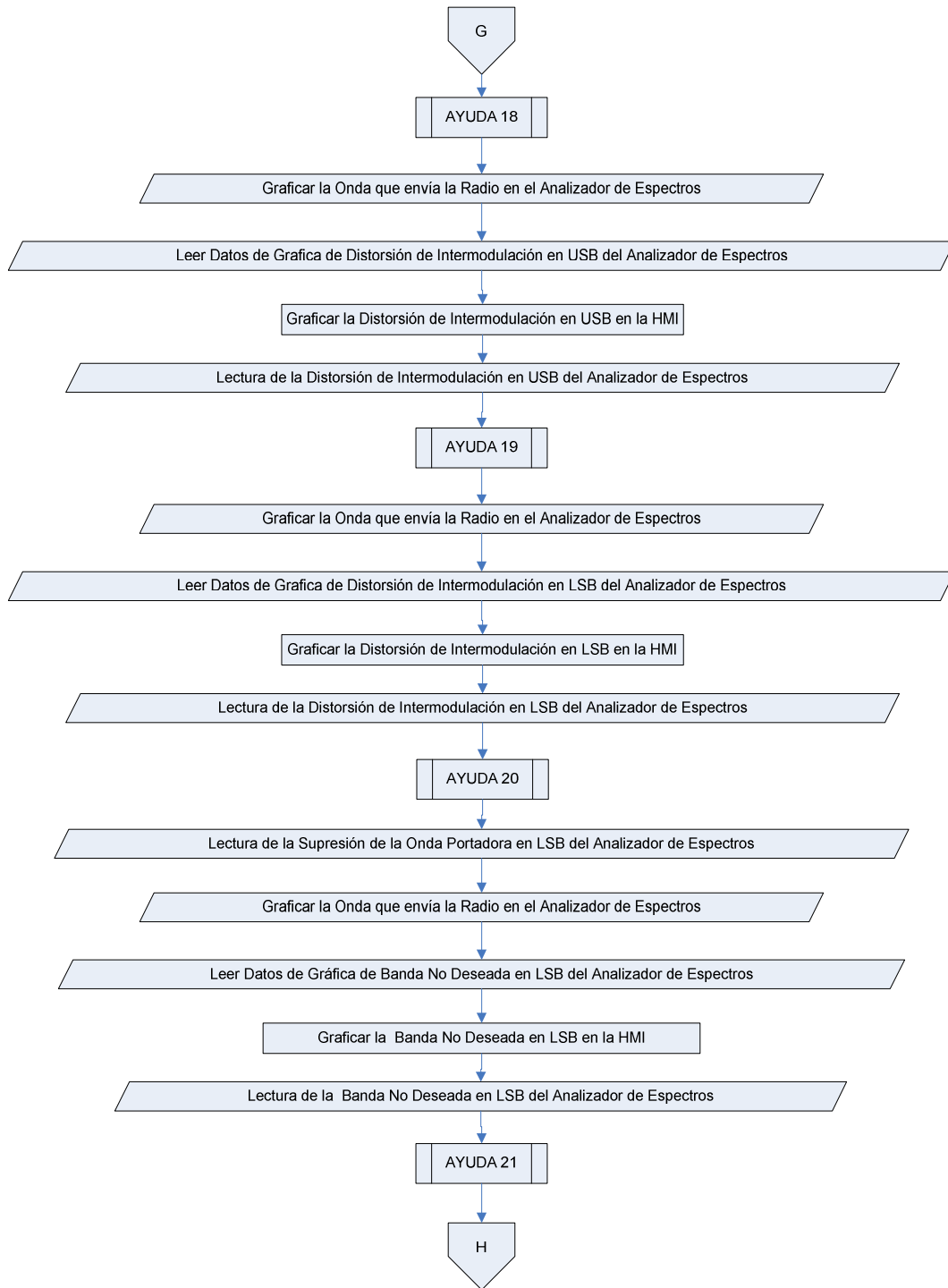


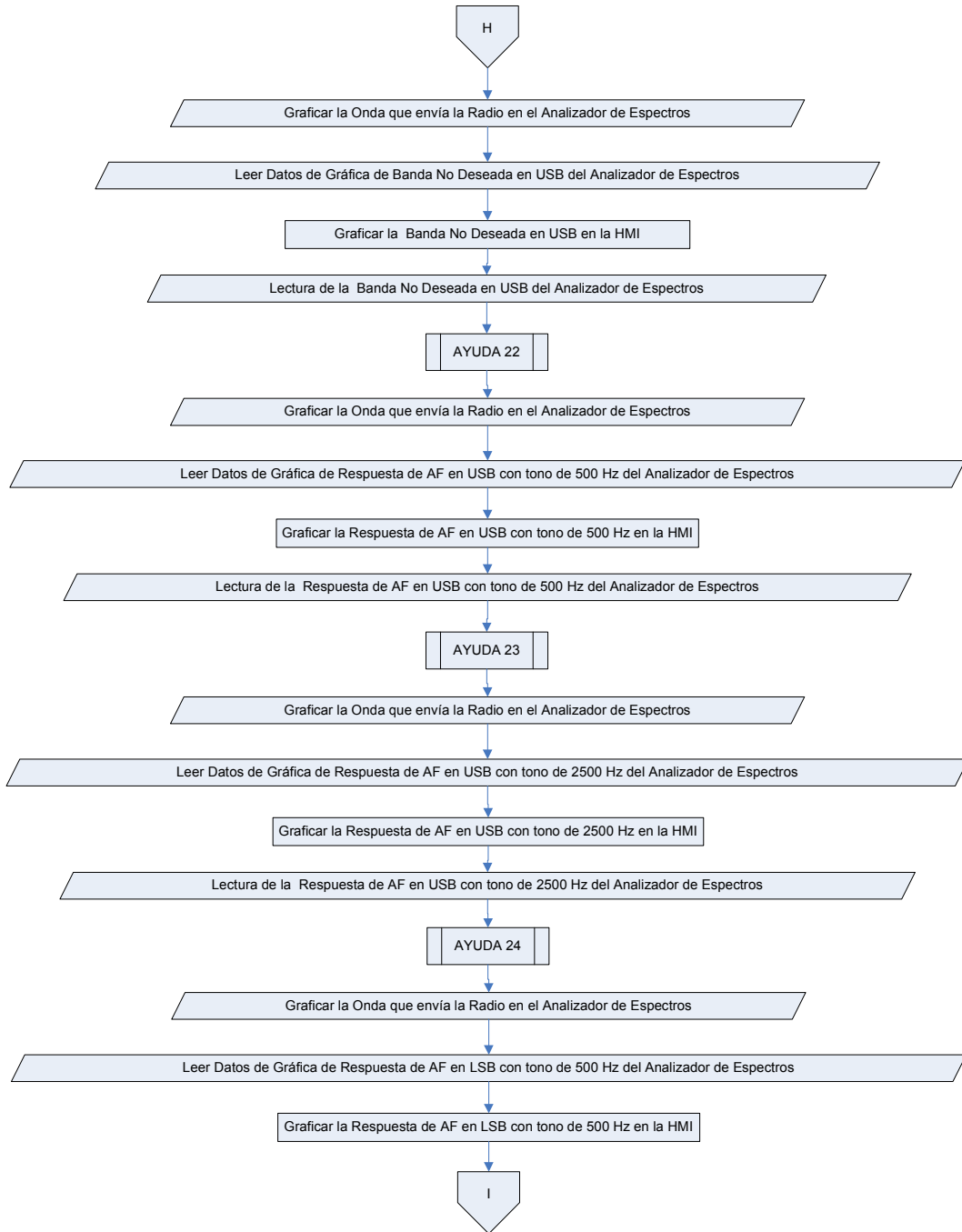


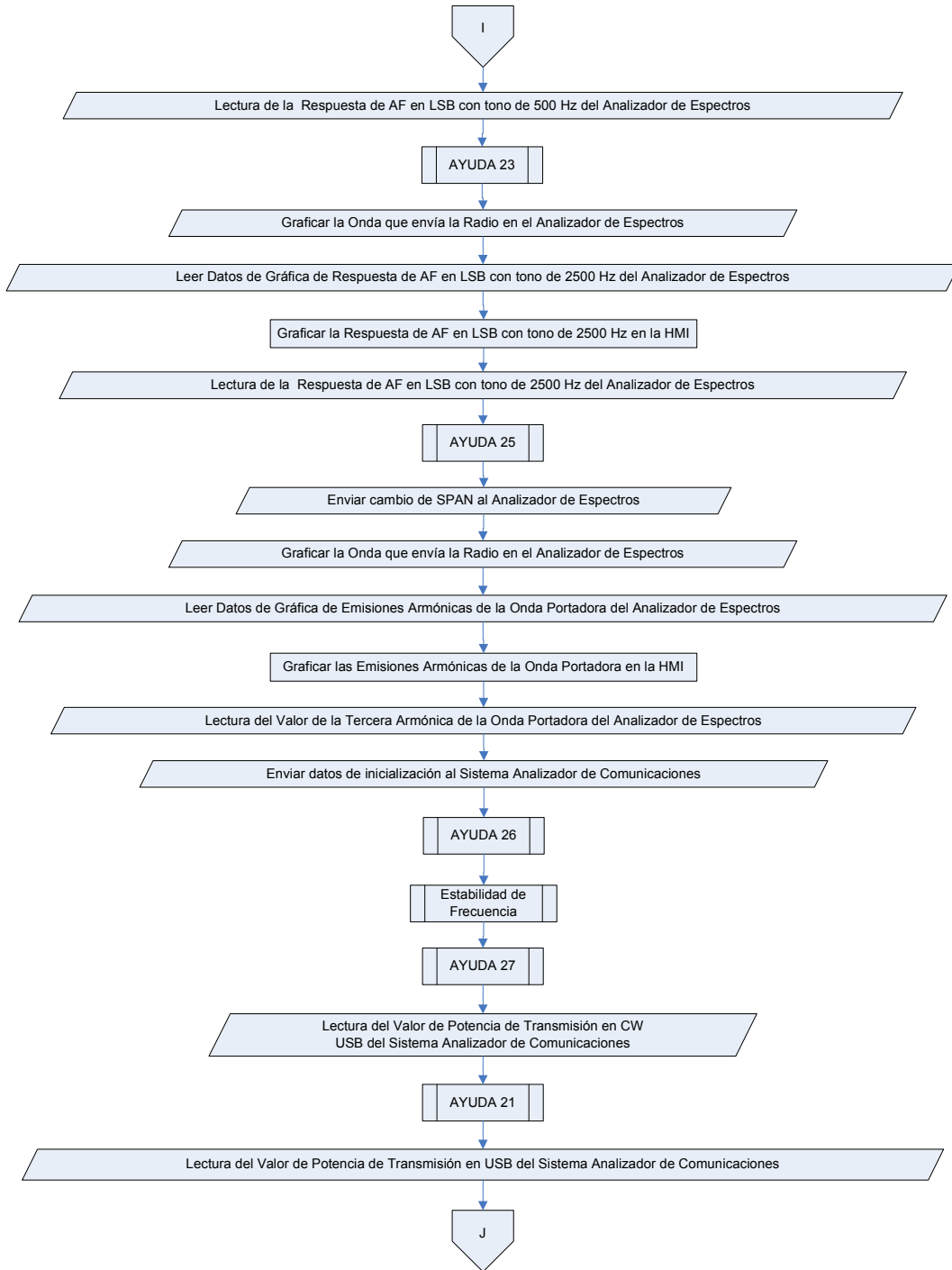
### A.2 RADIO PRM-4031

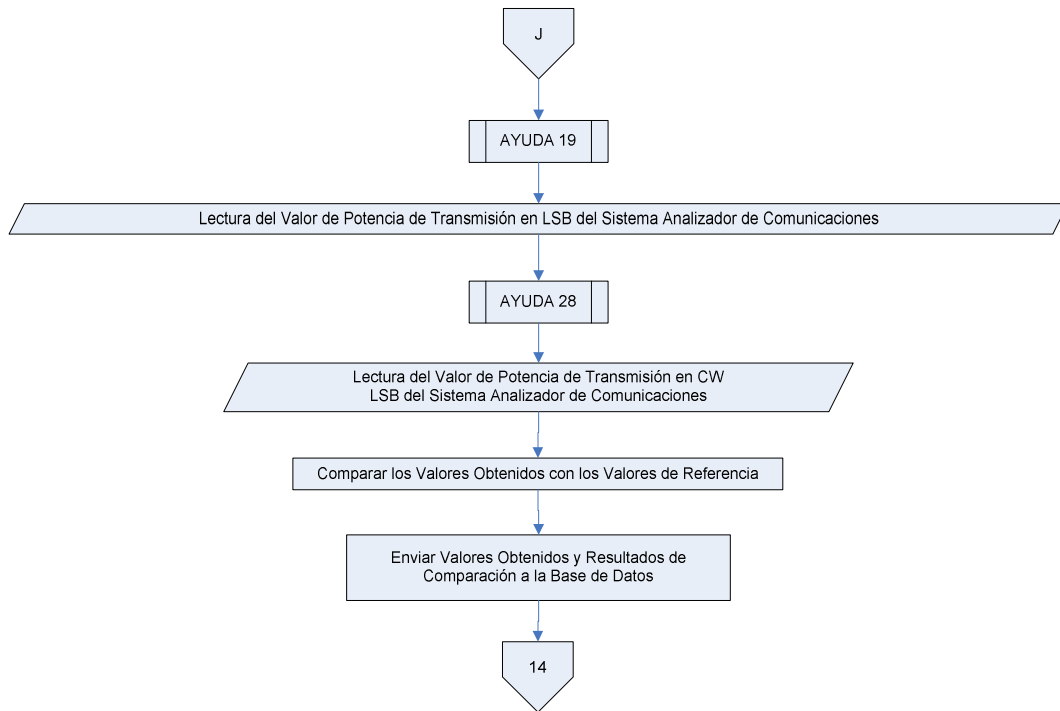




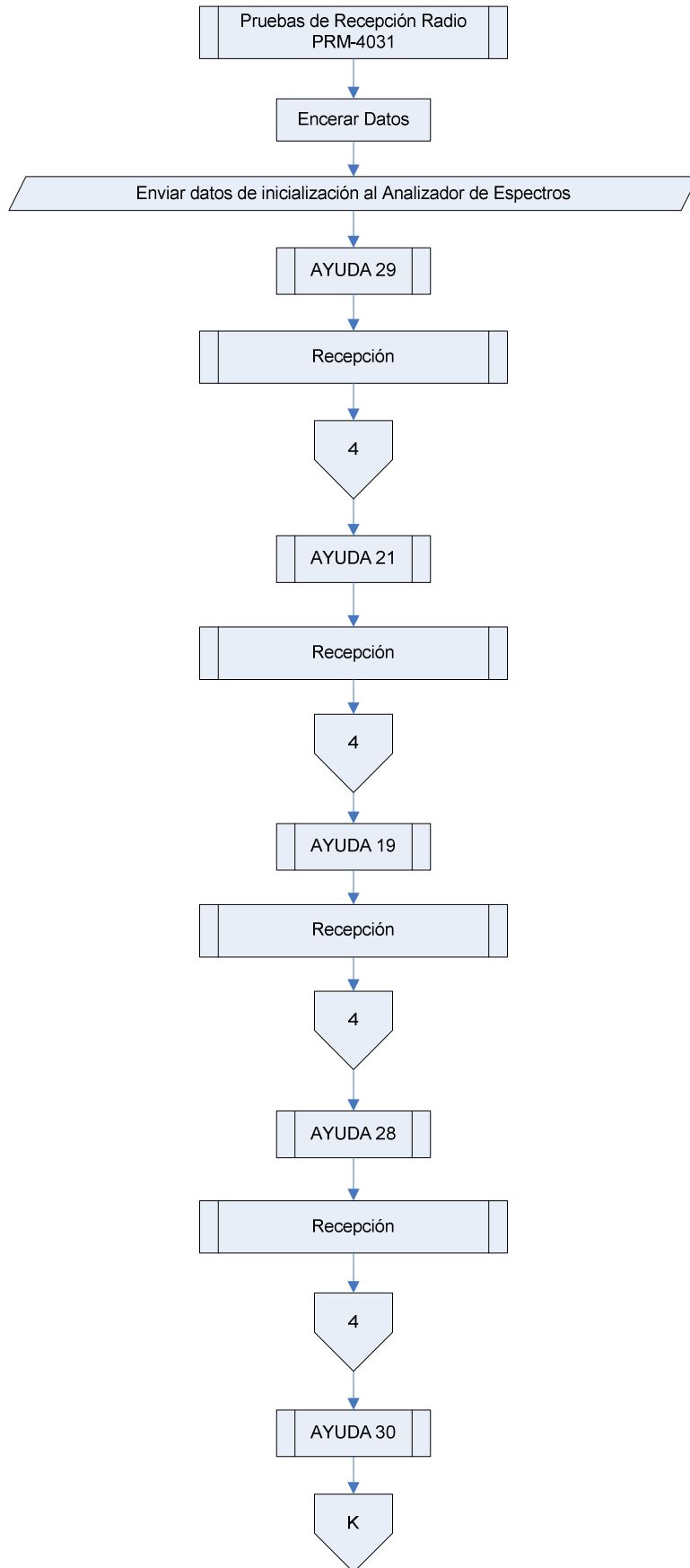


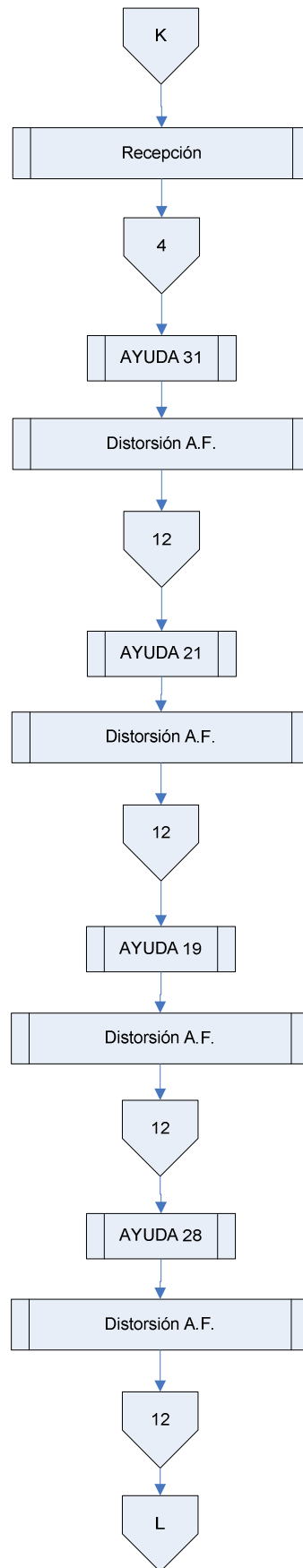


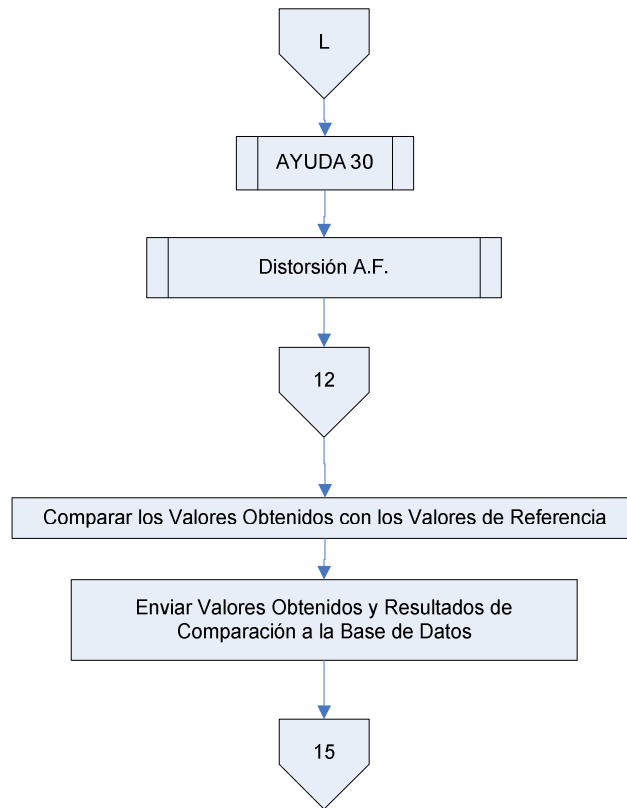




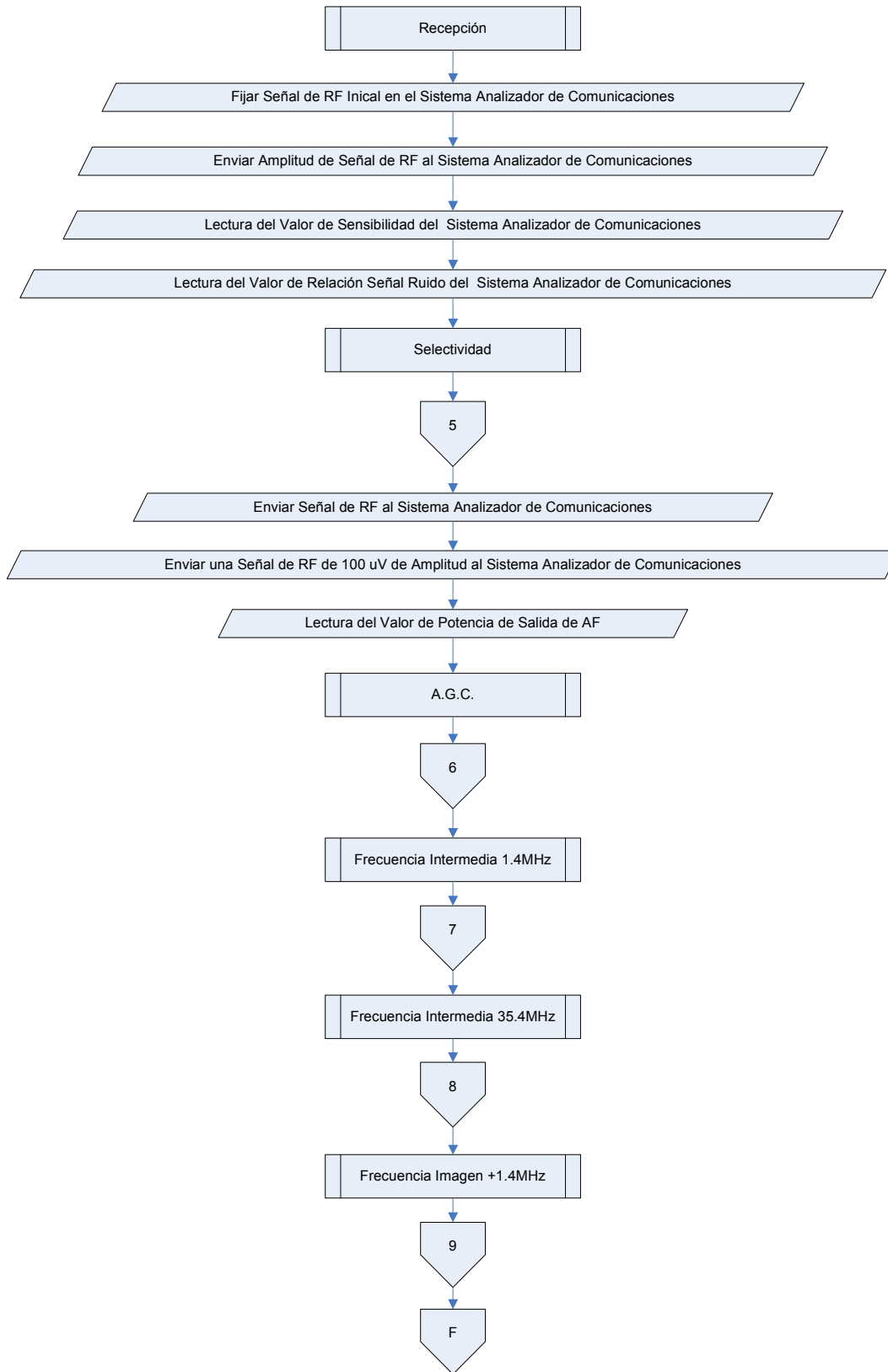


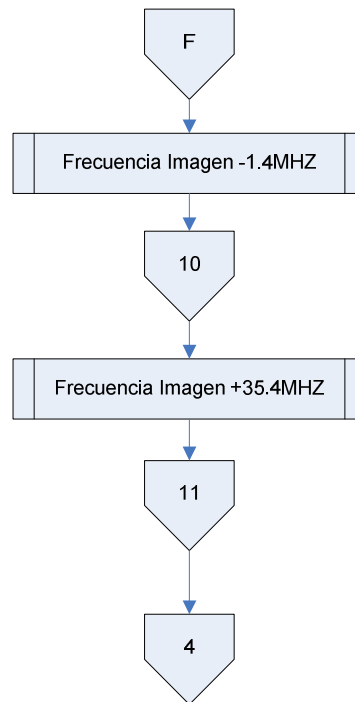


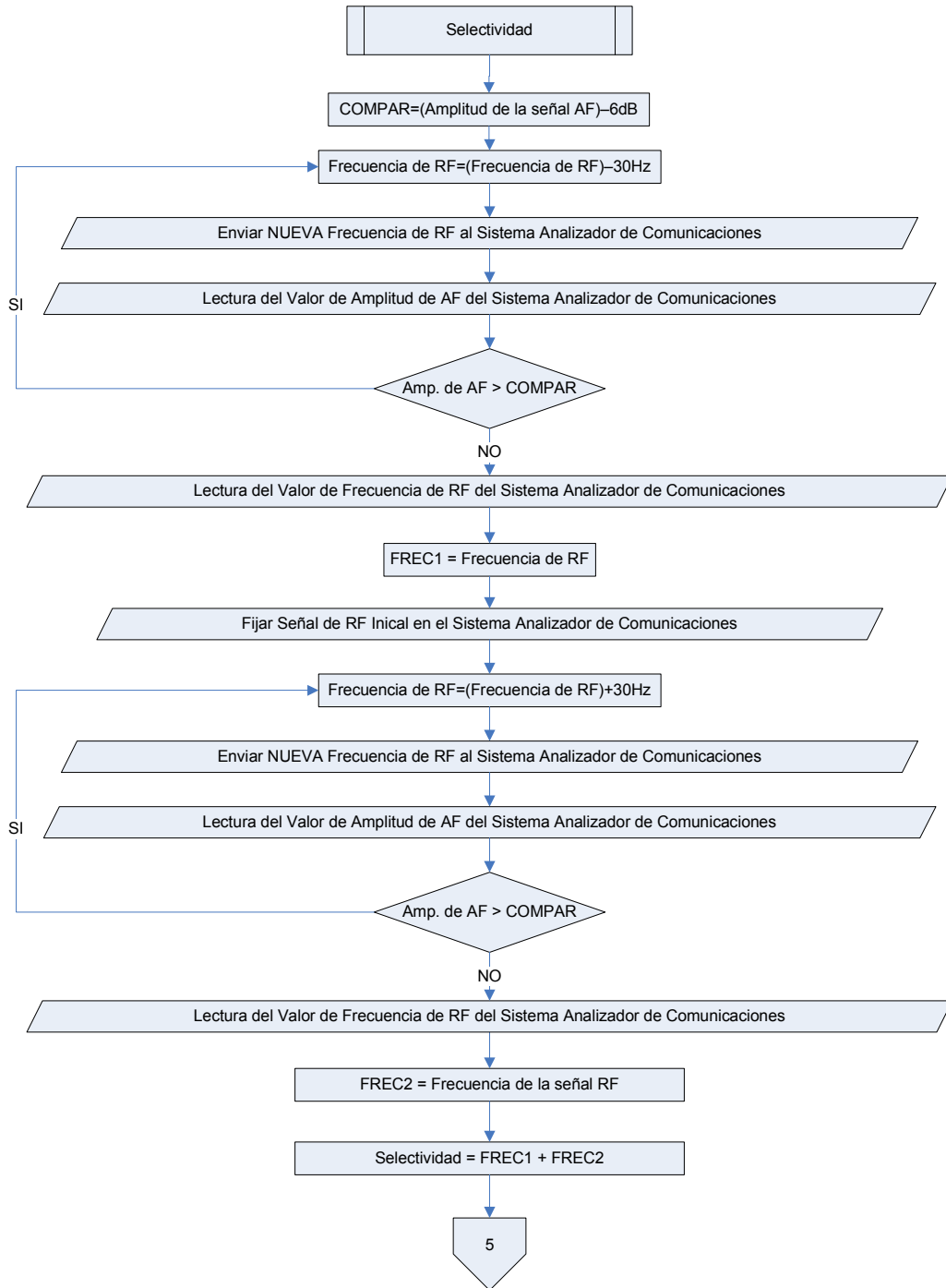


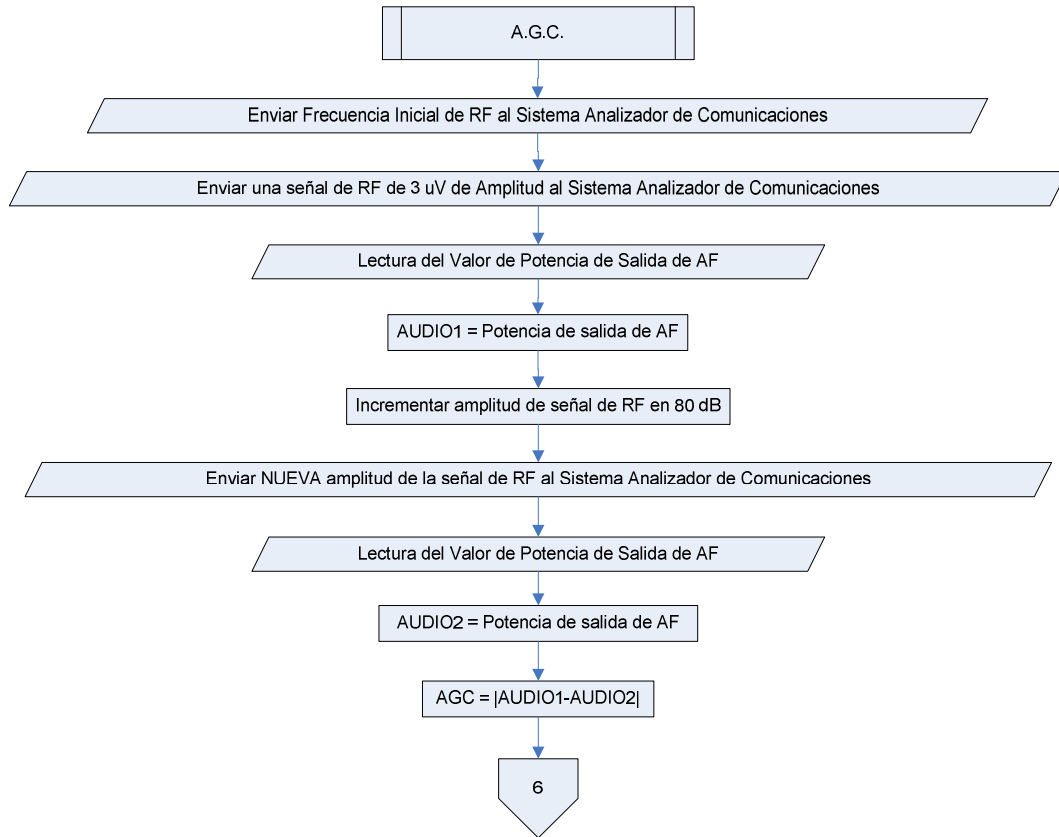


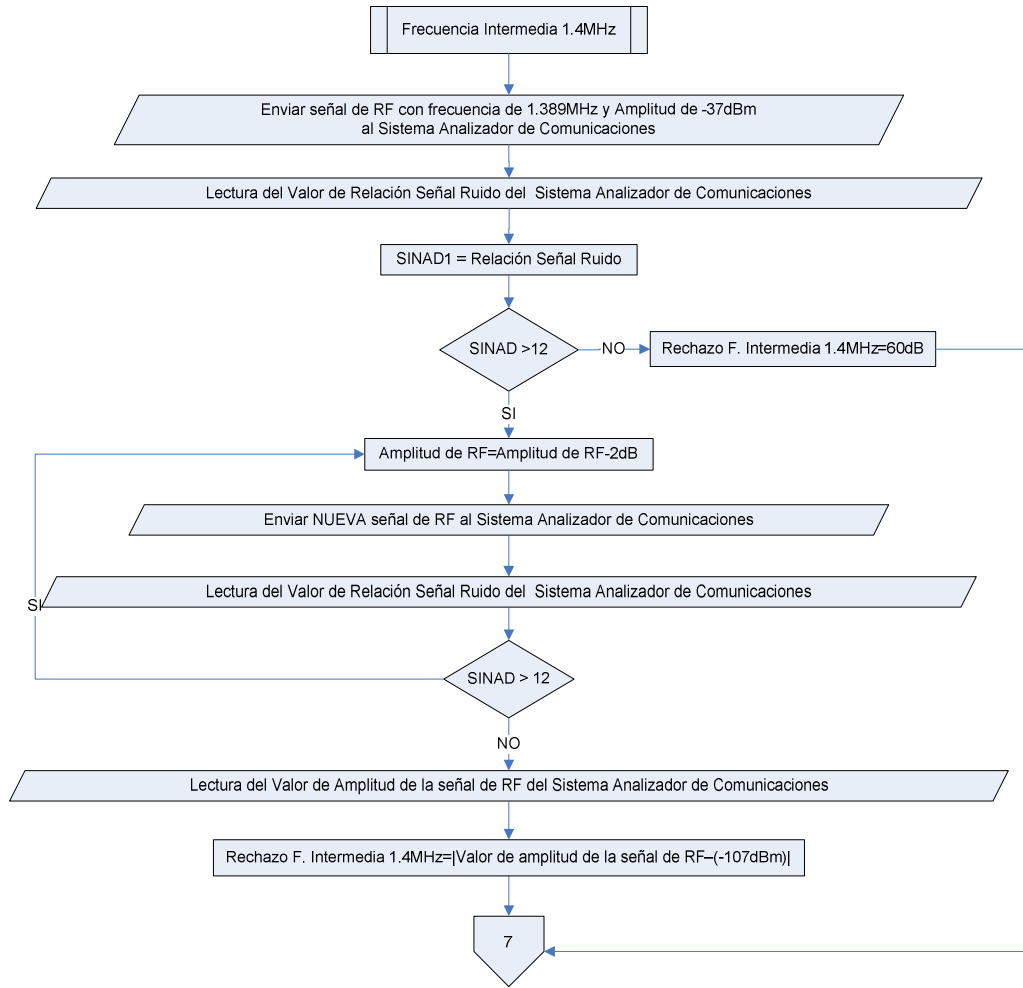
### A.3 FUNCIONES COMUNES PARA LOS DOS TIPOS DE EQUIPOS



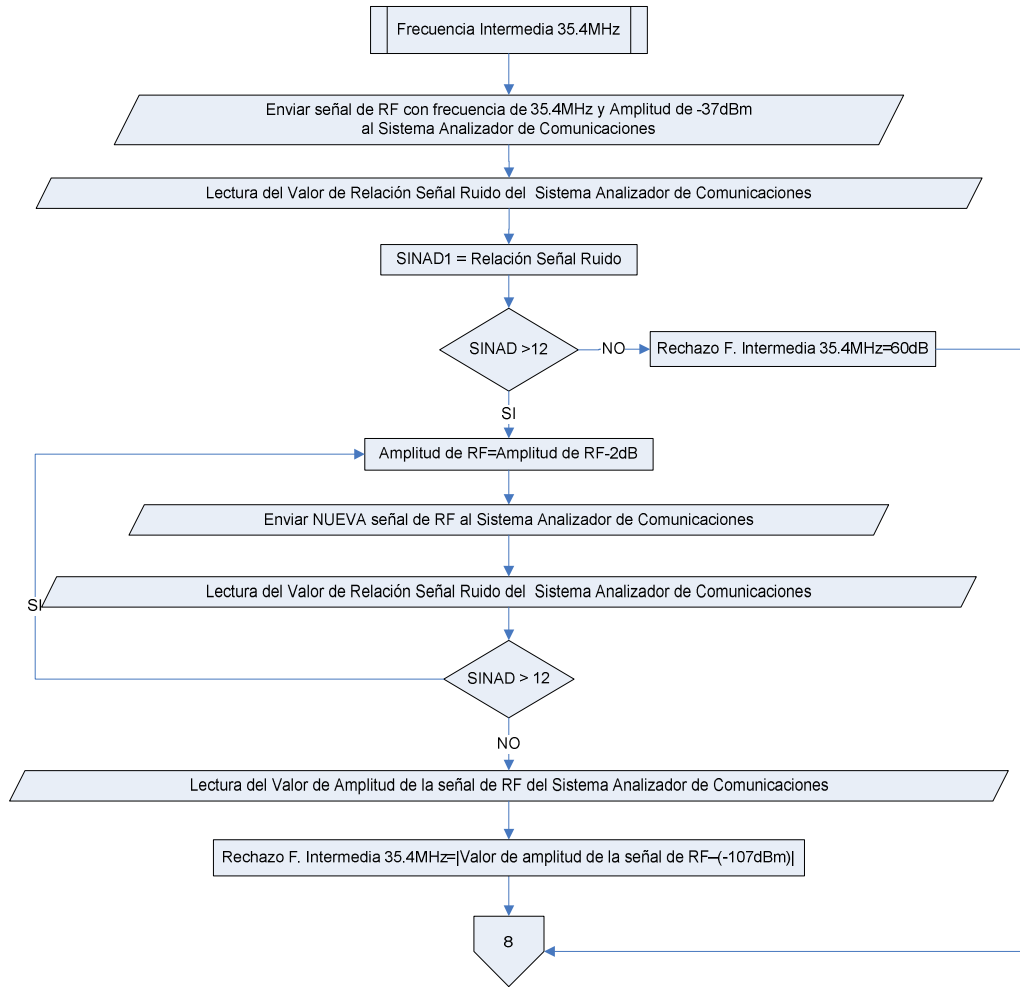


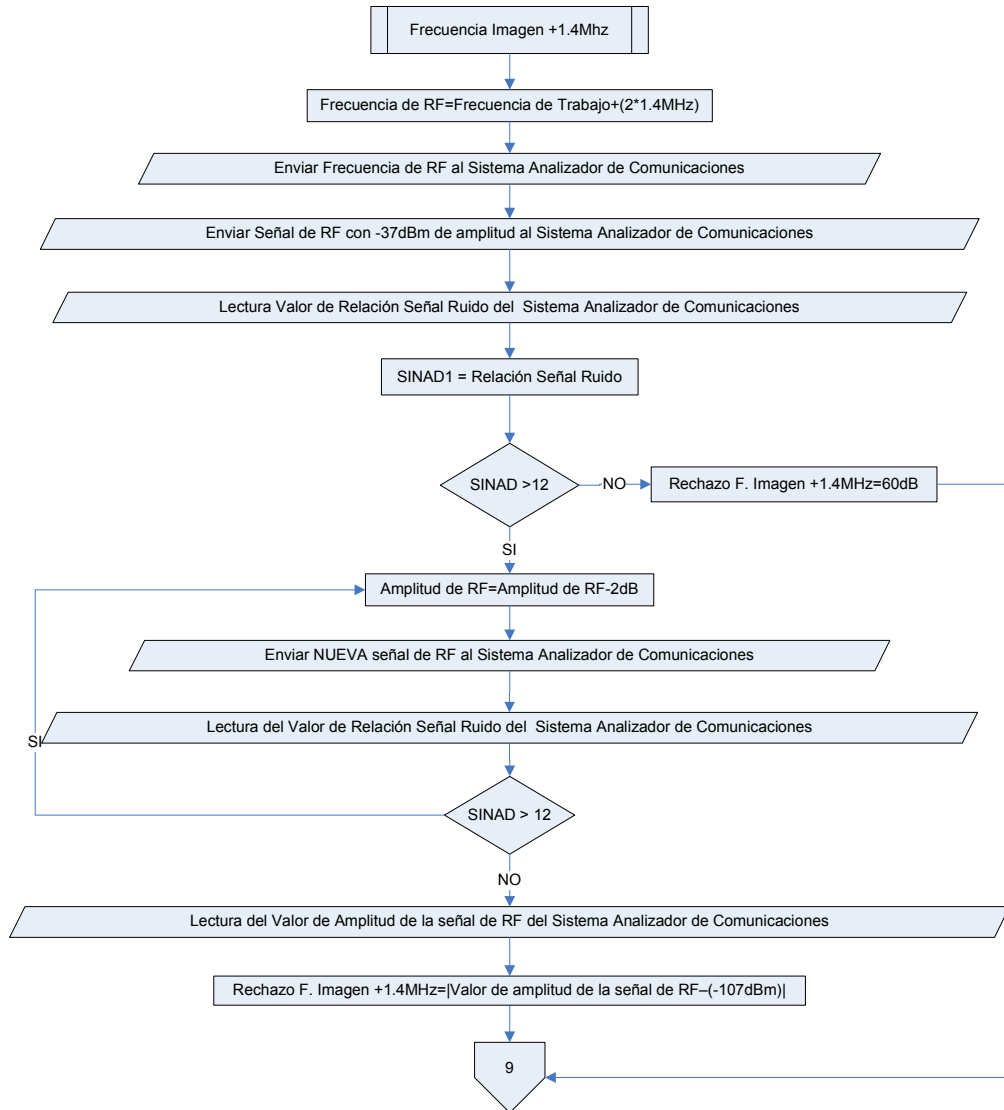


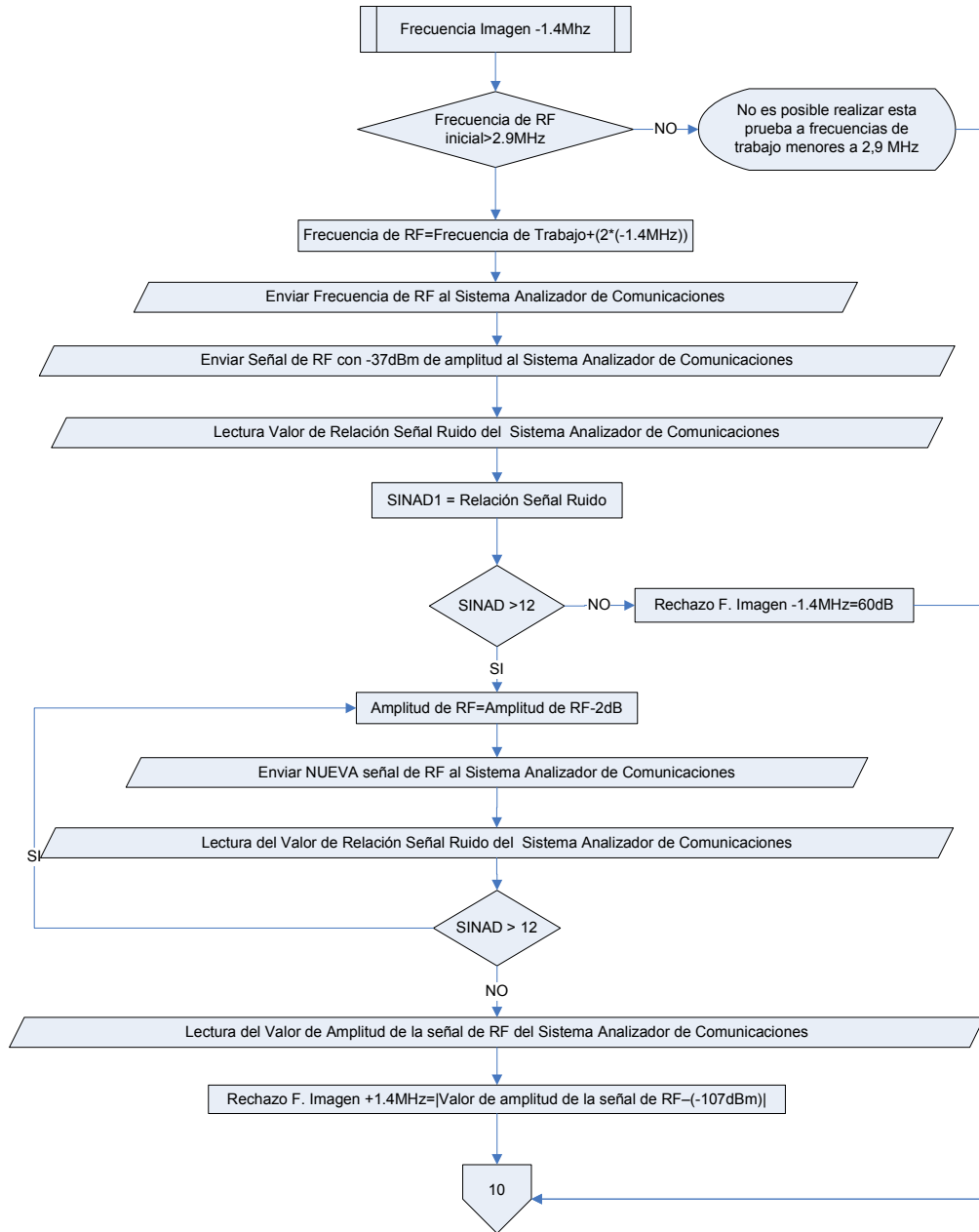


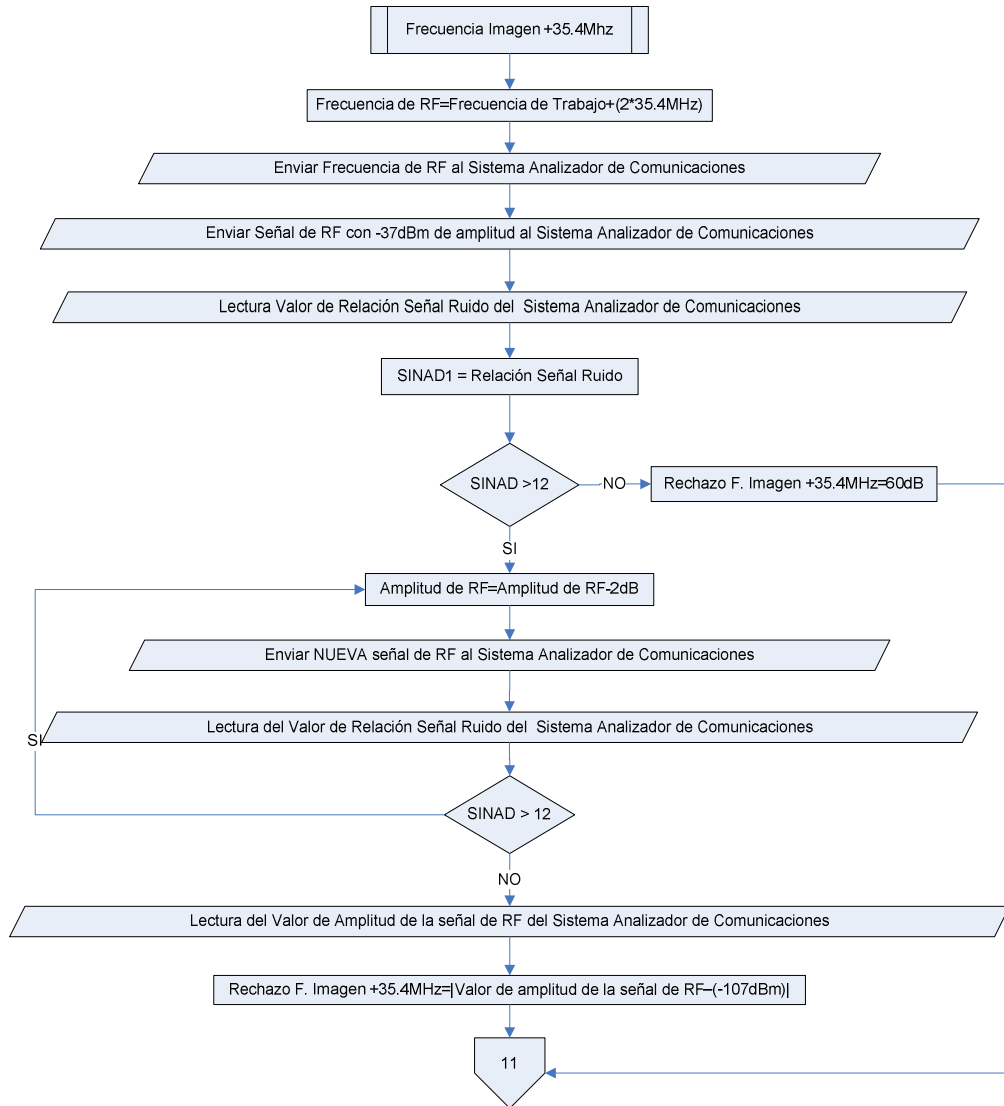


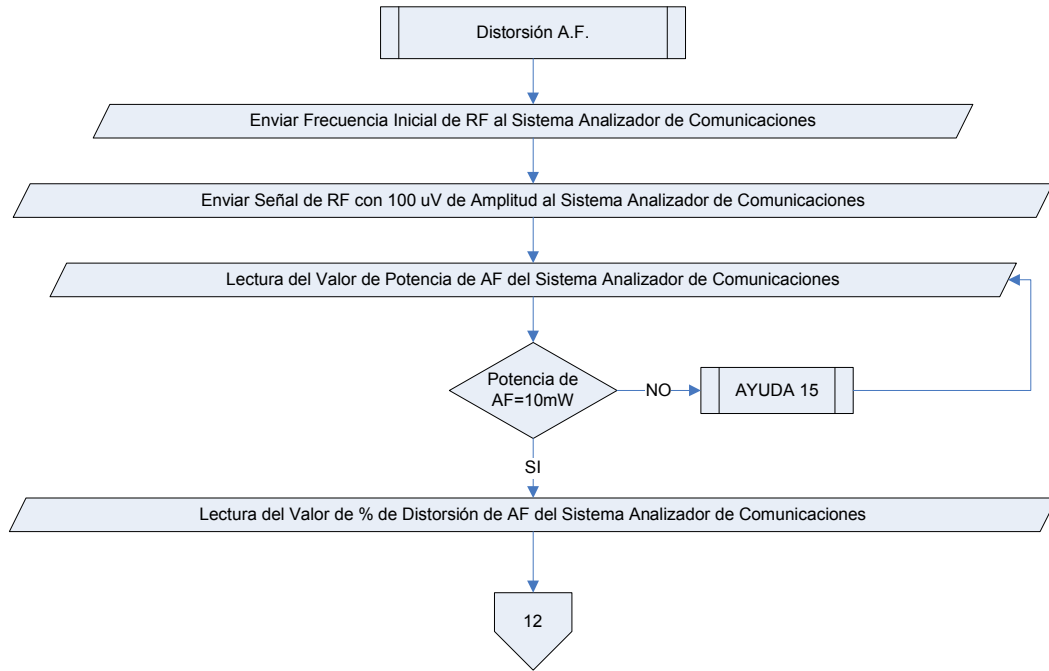




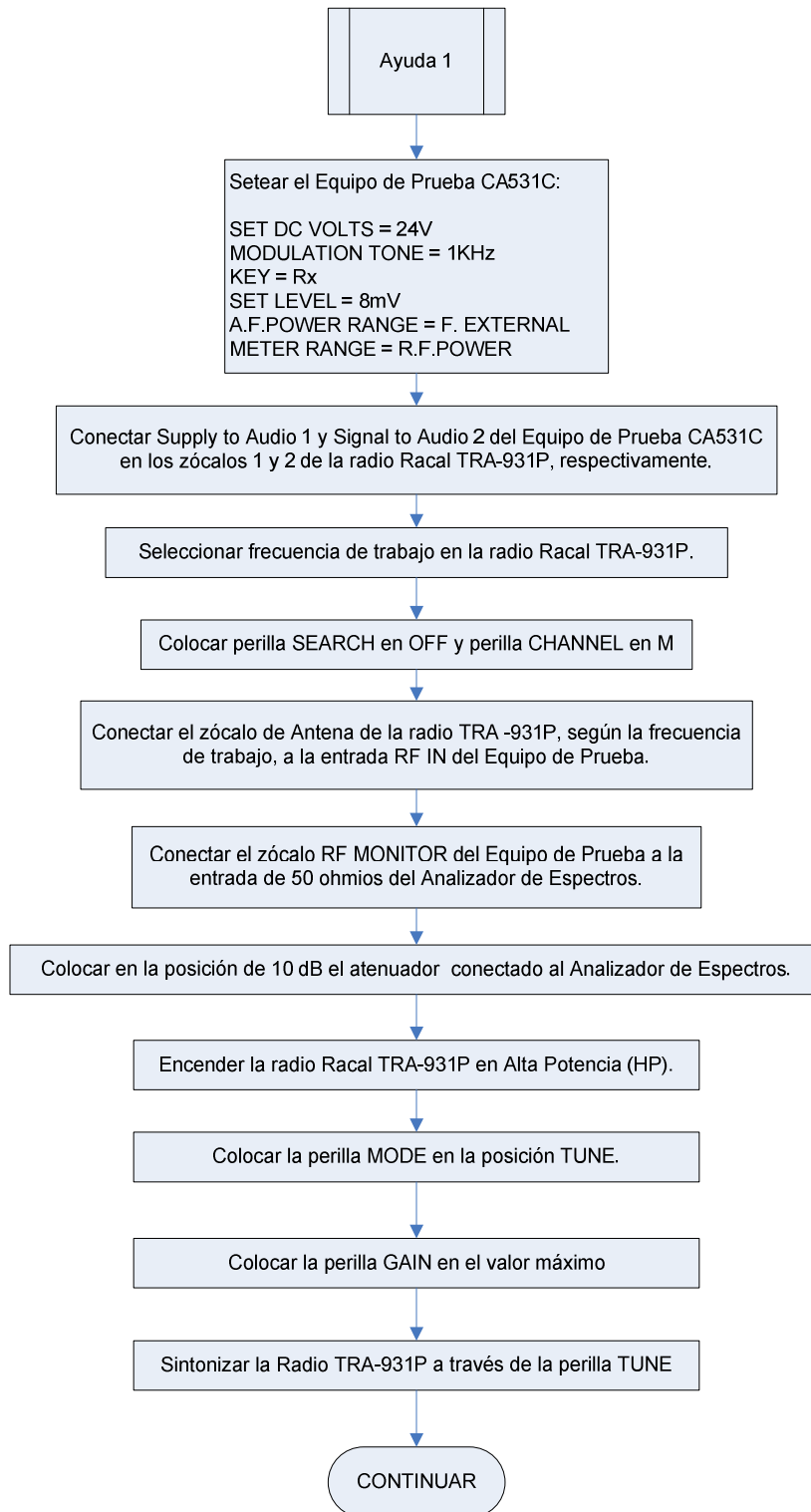


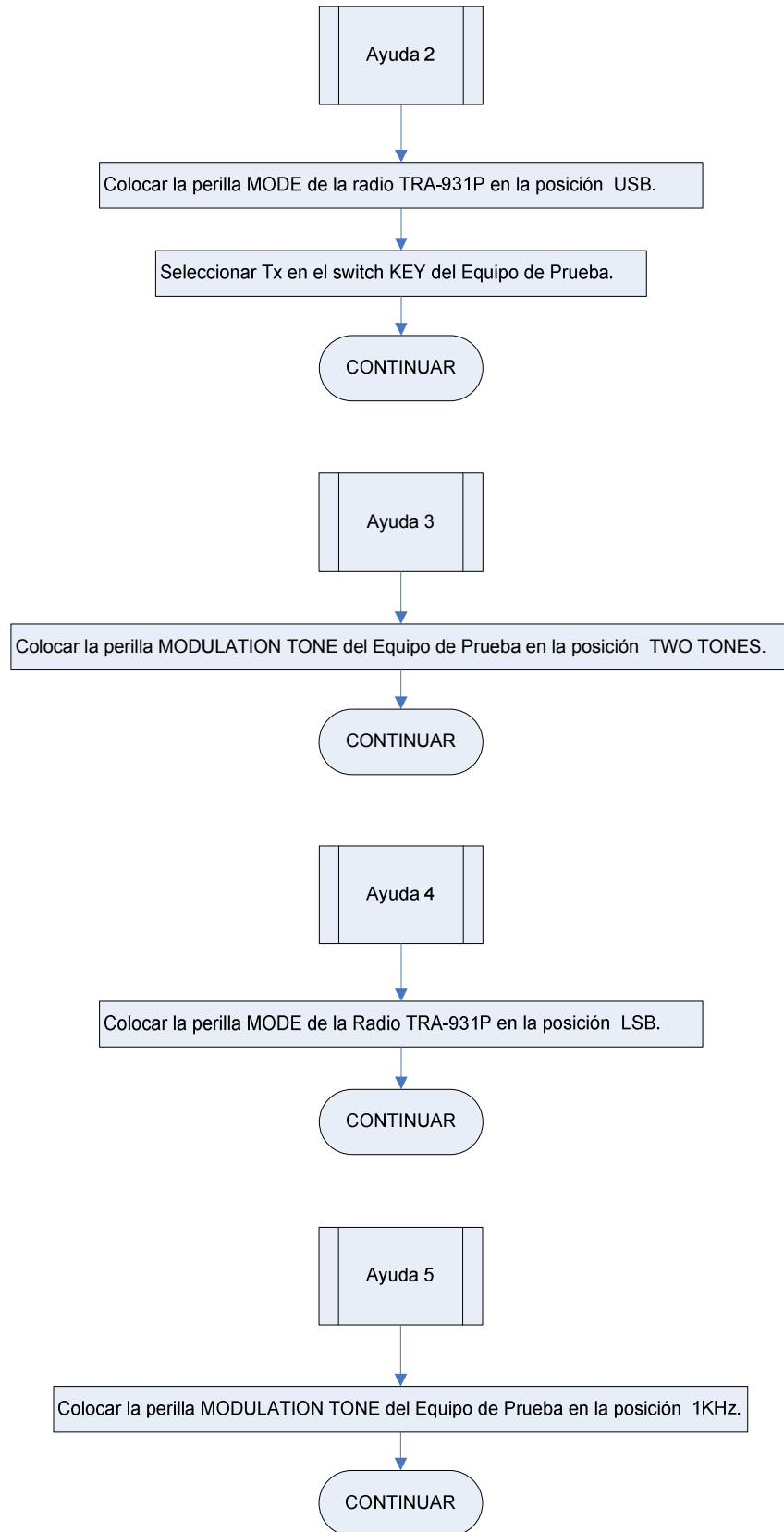


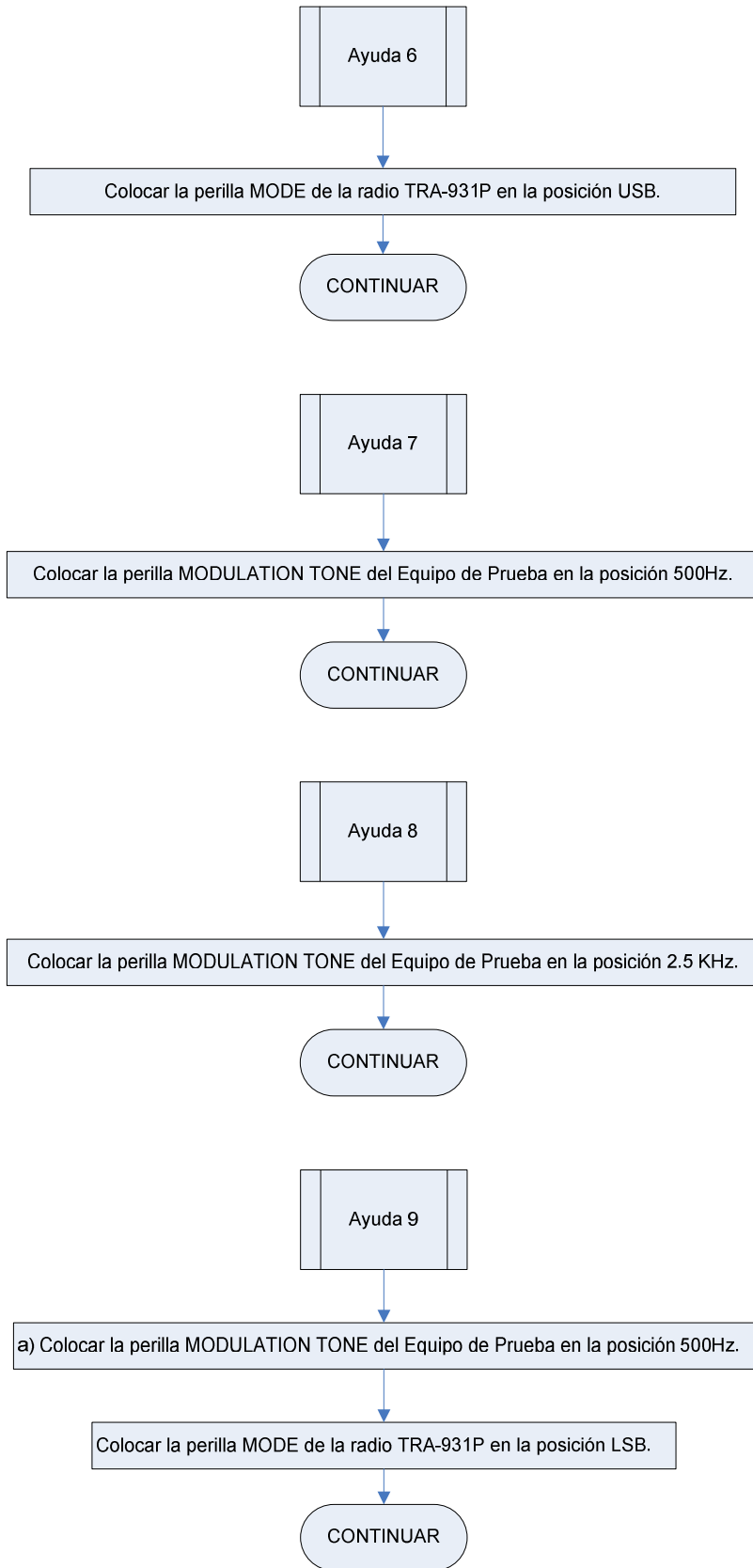




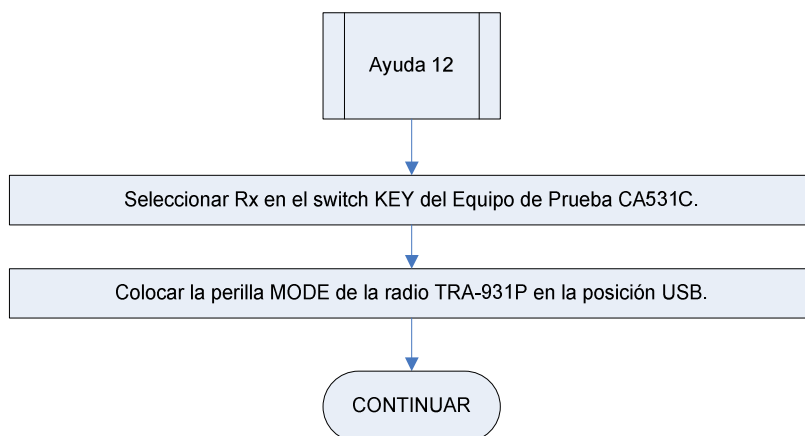
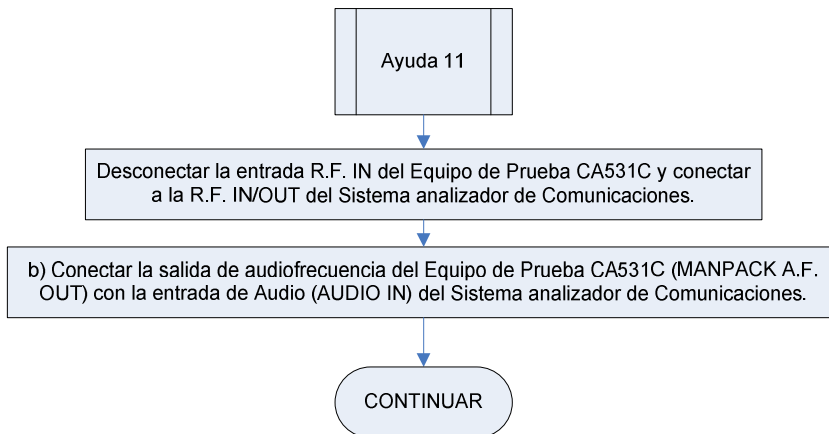
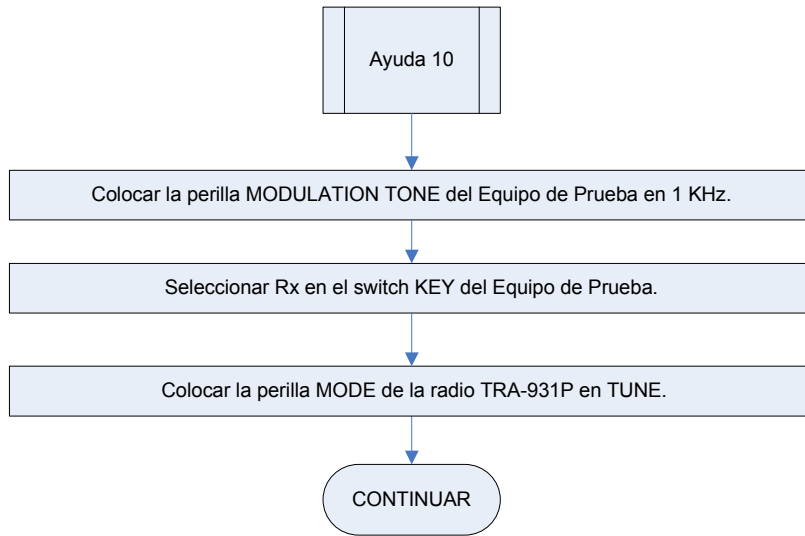
#### A.4 AYUDAS RADIO RACAL TRA-931

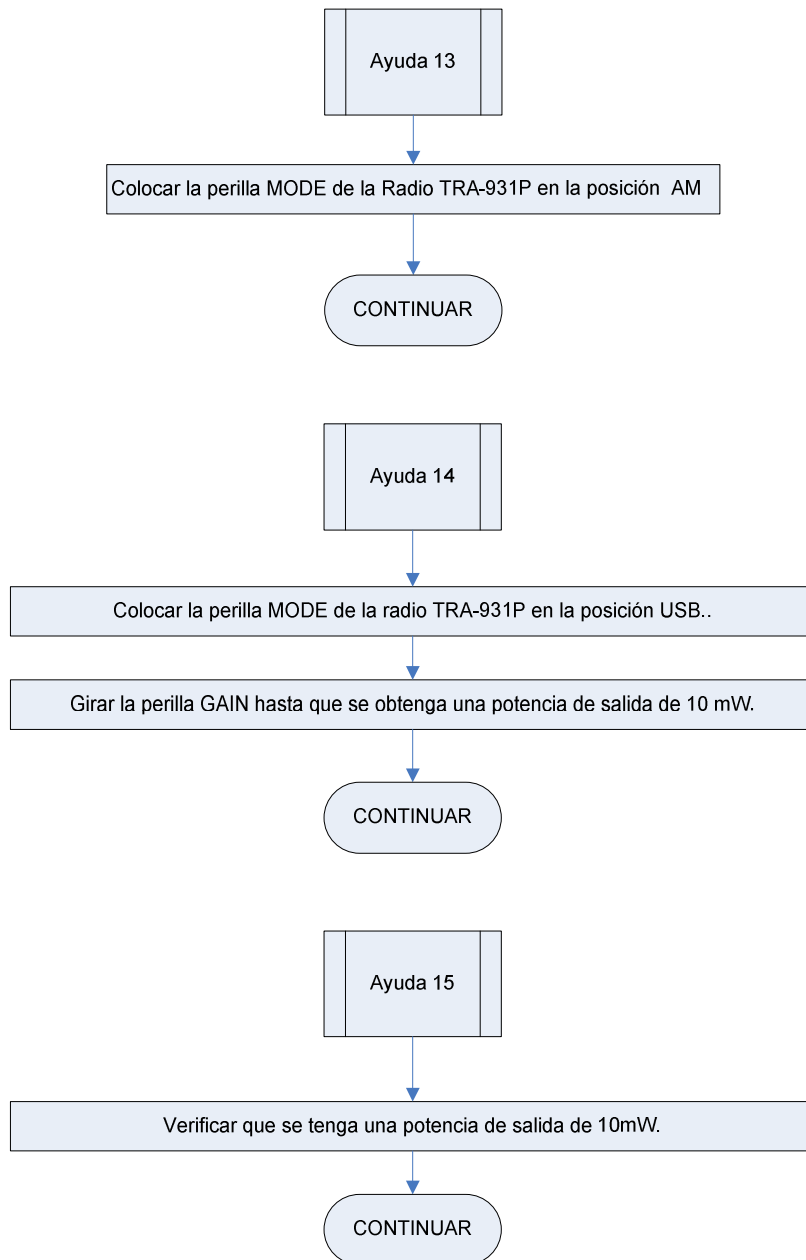




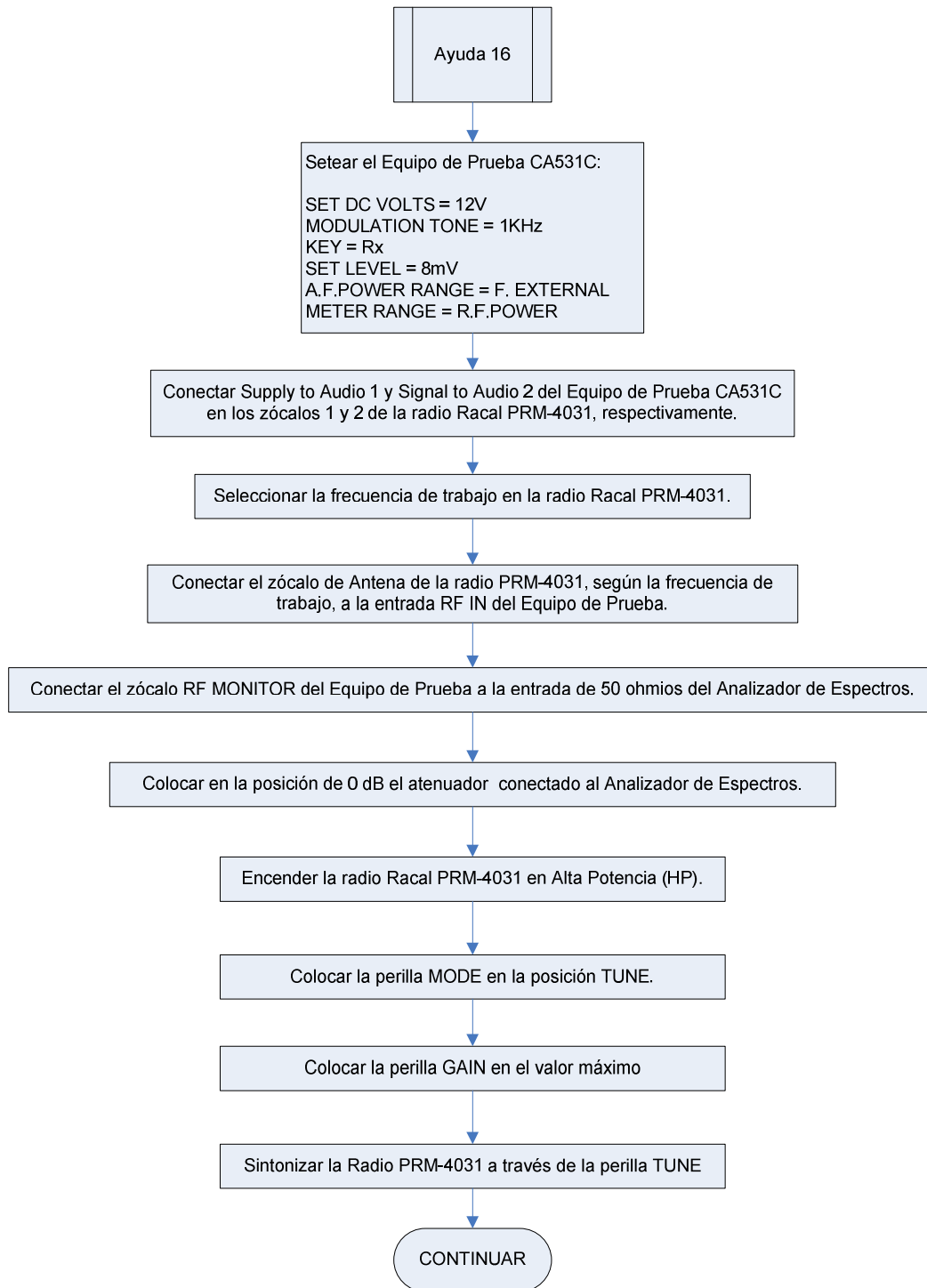


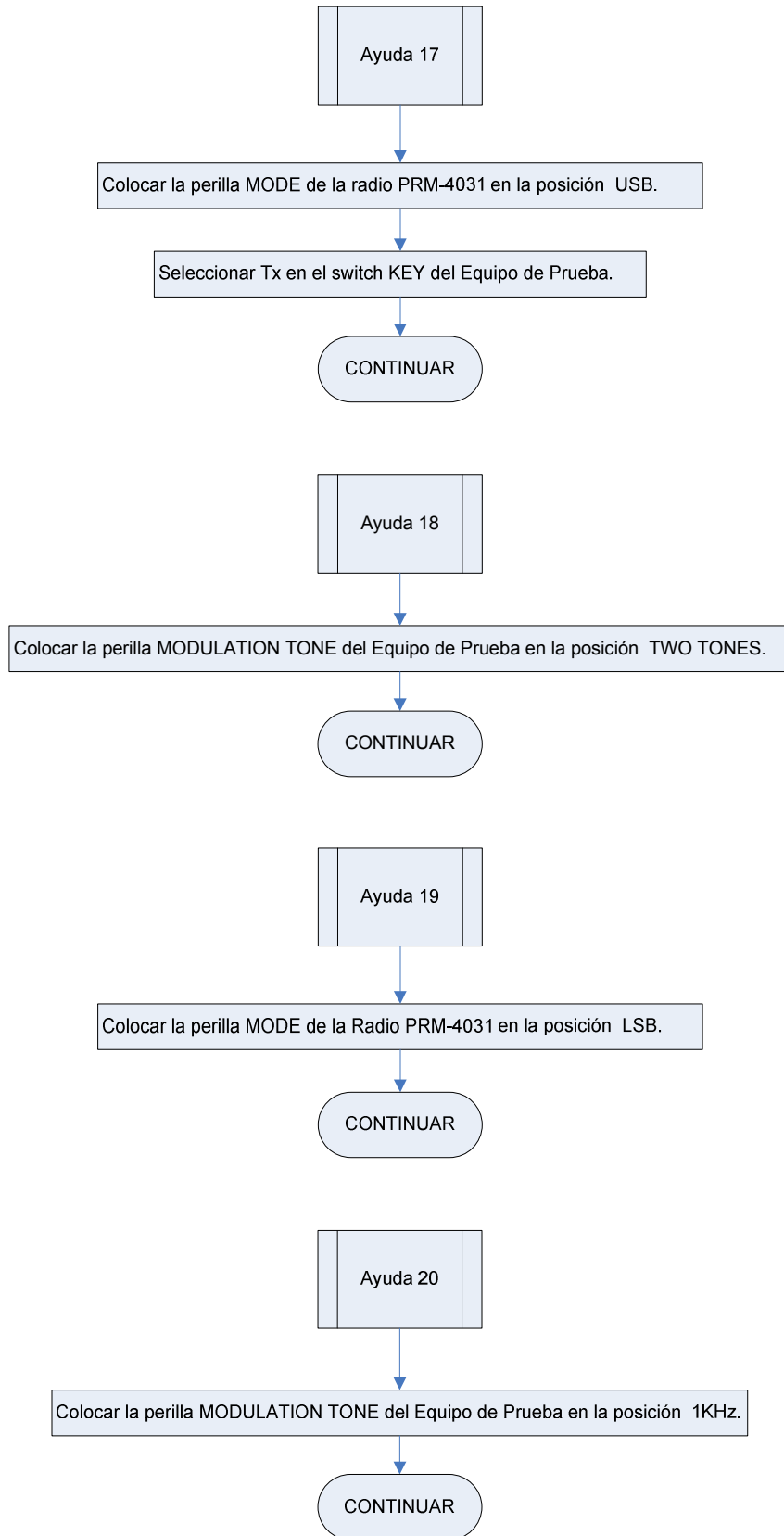


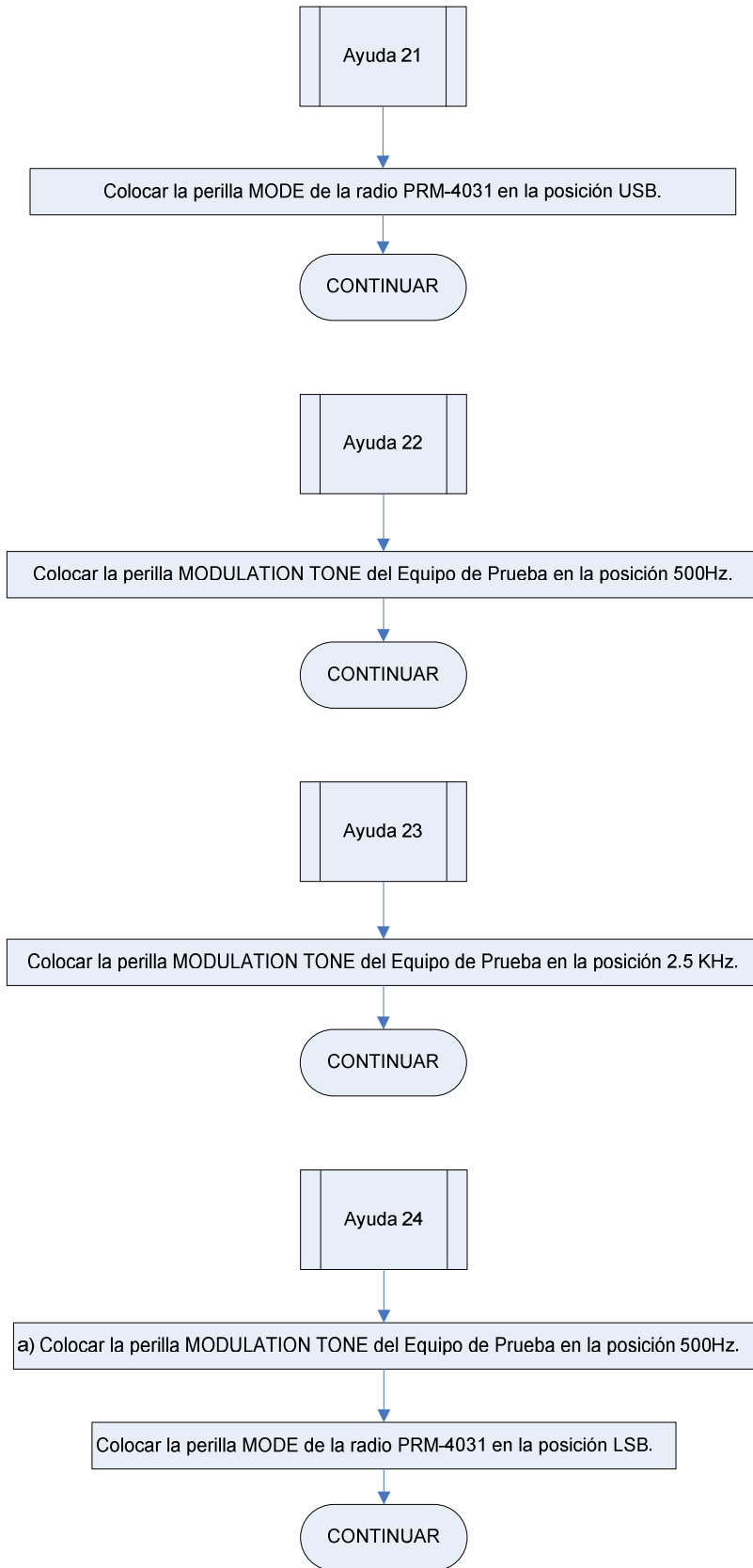


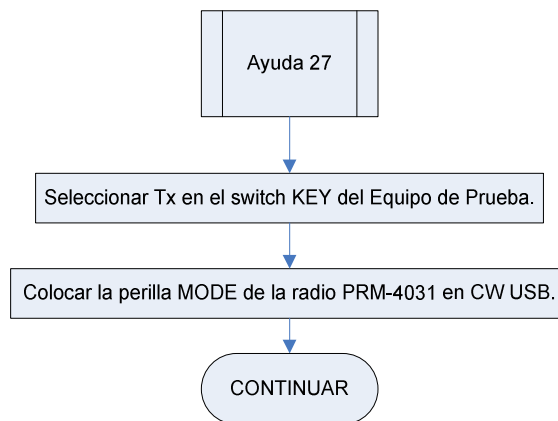
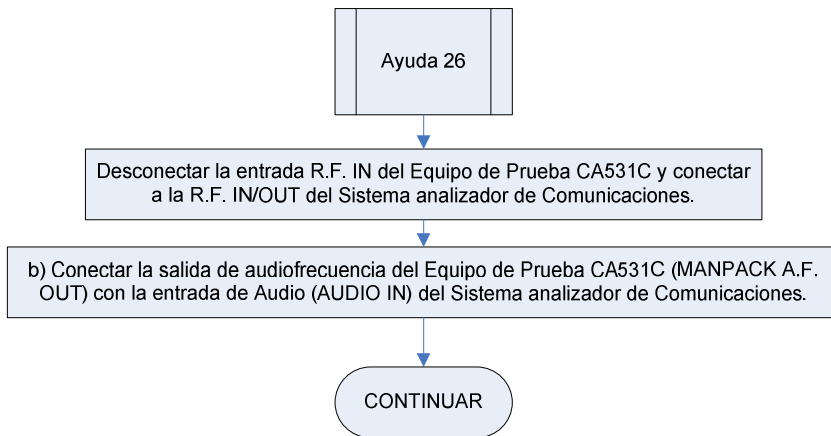
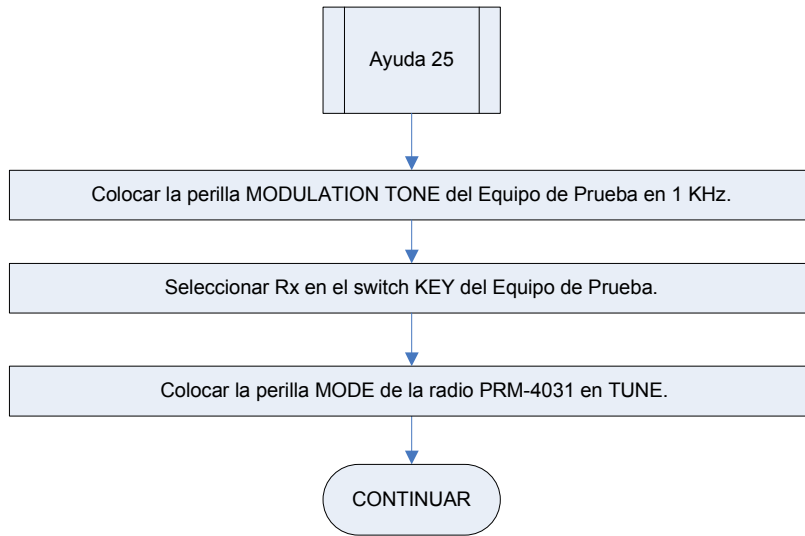


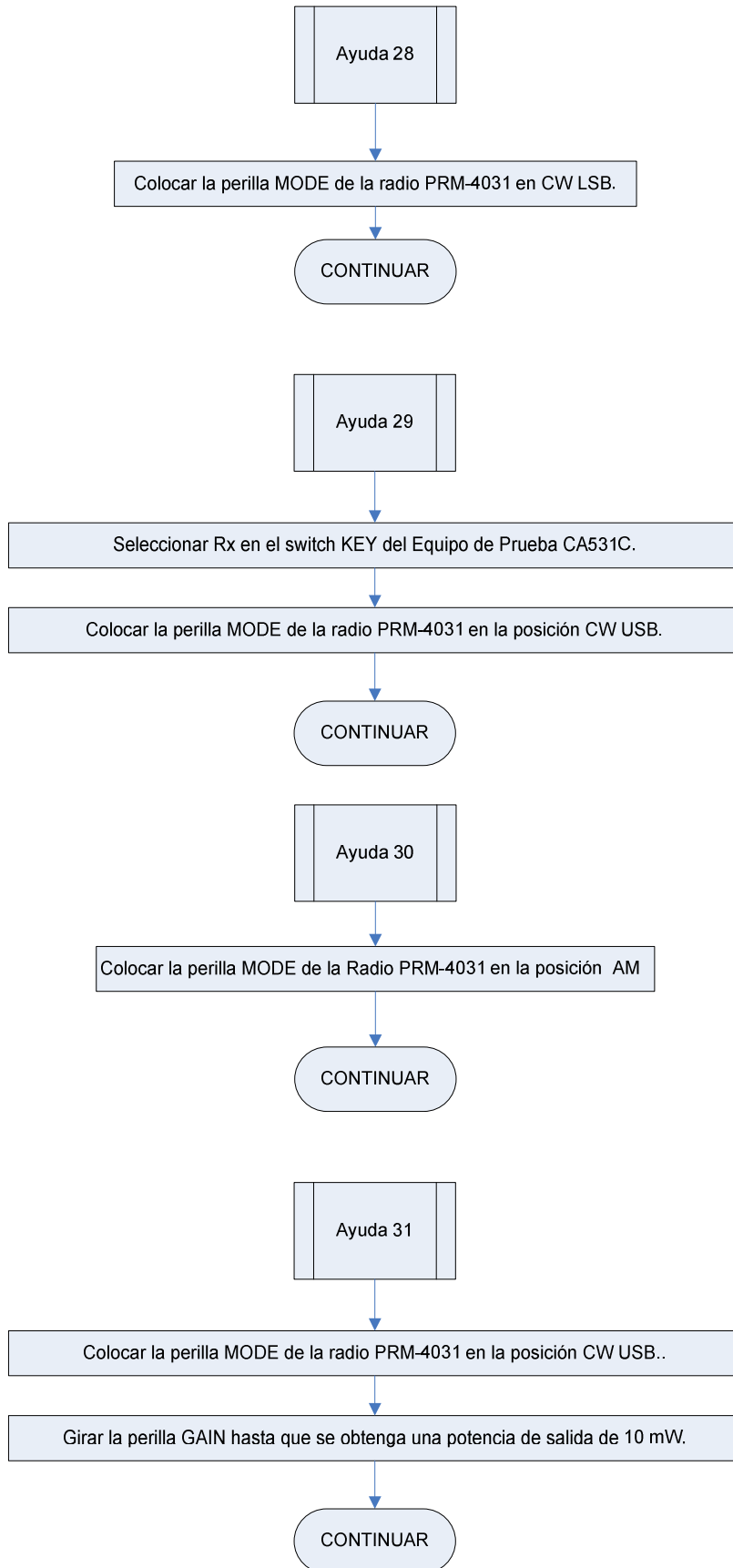
### A.5 AYUDAS RADIO RACAL PRM-4031











**ANEXO “B”**

**PANTALLAS DE AYUDA DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD PARA LAS RADIOS RACAL PRM-4031 y TRA-931**



## B.1 VENTANAS DE AYUDA PARA LA RADIO RACAL TRA-931

- a) Setear el Equipo de Prueba CA531C como se muestra en la figura.
- b) Conectar Supply to Audio 1 y Signal to Audio 2 del Equipo de Prueba CA531C en los zócalos 1 y 2 de la radio Racal TRA-931P, respectivamente.
- c) Seleccionar la frecuencia de trabajo en la radio Racal TRA-931P.
- d) Colocar la perilla SEARCH en la posición OFF y la perilla CHANNEL en la posición M.
- e) Conectar el zócalo de Antena de la radio TRA -931P, según la frecuencia de trabajo, a la entrada RF IN del Equipo de Prueba.
- f) Conectar el zócalo RF MONITOR del Equipo de Prueba a la entrada de 50 ohmios del Analizador de Espectros.
- g) Colocar en la posición de 10 dB el atenuador conectado al Analizador de Espectros.
- h) Encender la radio Racal TRA-931P en Alta Potencia (HP).
- i) Colocar la perilla MODE en la posición TUNE.
- j) Colocar la perilla GAIN en el valor máximo
- k) Sintonizar la Radio TRA-931P a través de la perilla TUNE.

Figura B.1 Ayuda 1

- a) Colocar la perilla MODE de la radio TRA-931P en la posición USB.
- b) Seleccionar Tx en el switch KEY del Equipo de Prueba.

Figura B.2 Ayuda 2

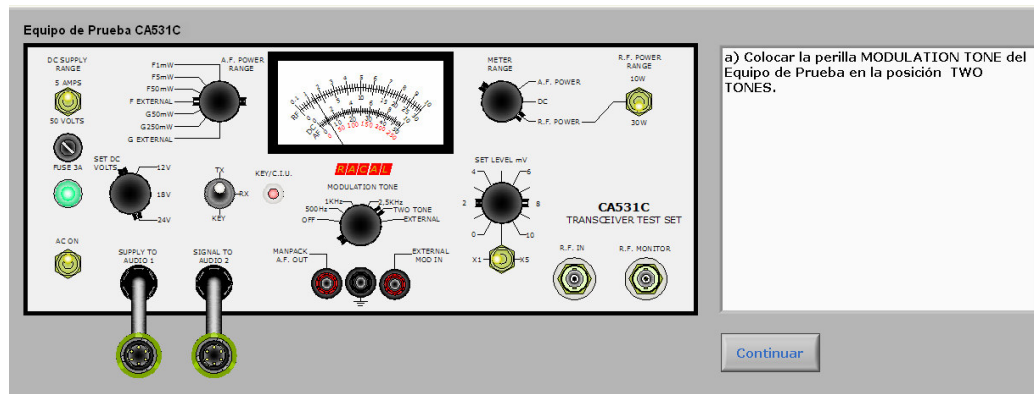


Figura B.3 Ayuda 3

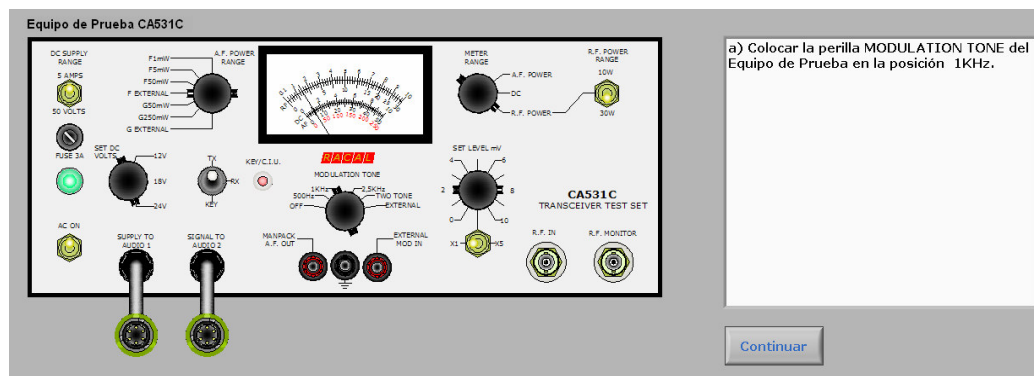


Figura B.4 Ayuda 4



Figura B.5 Ayuda 5



Figura B.6 Ayuda 6

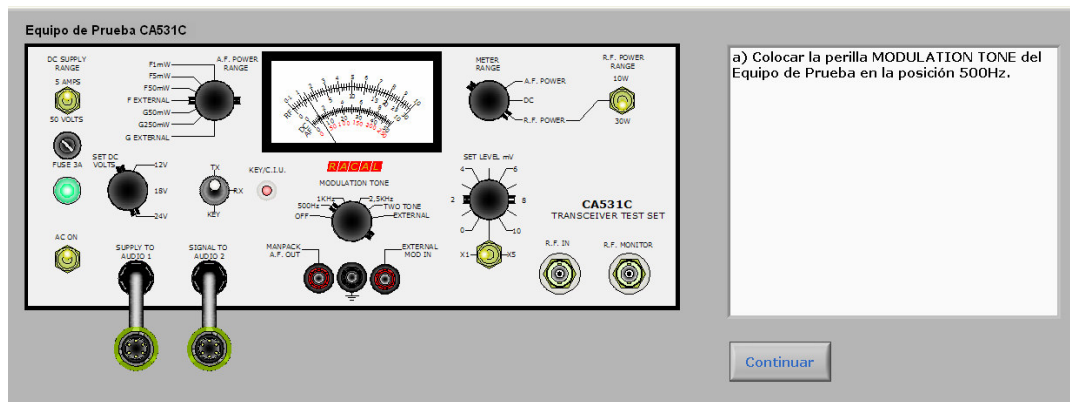


Figura B.7 Ayuda 7

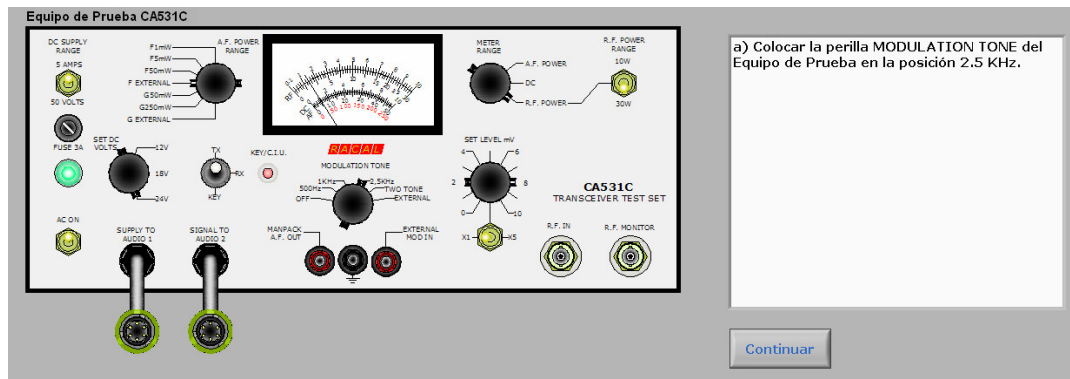
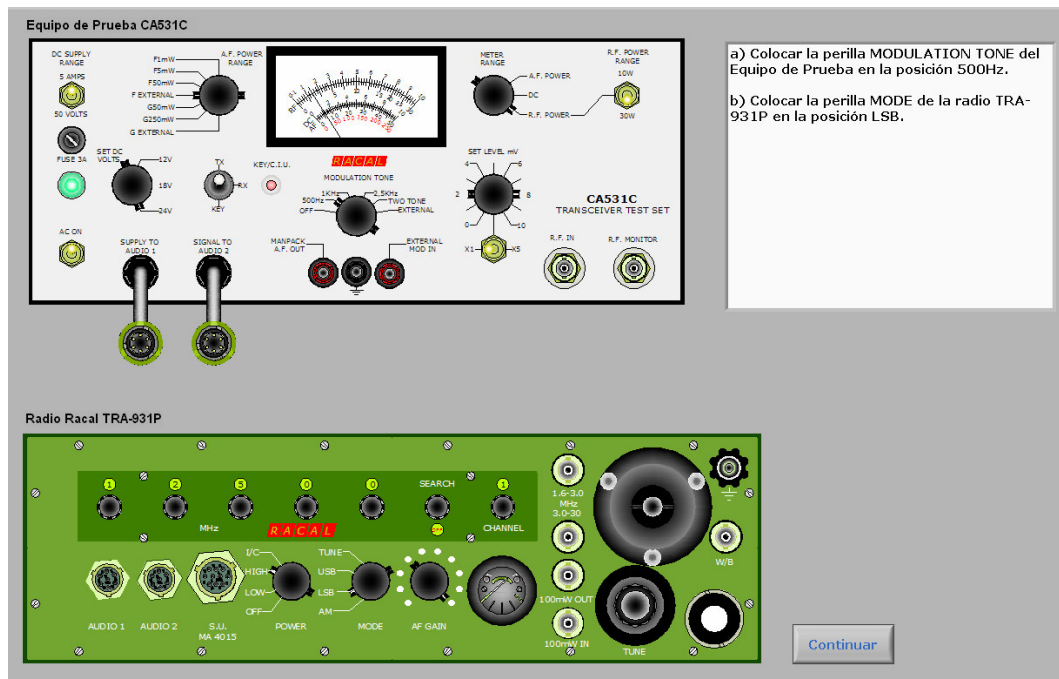
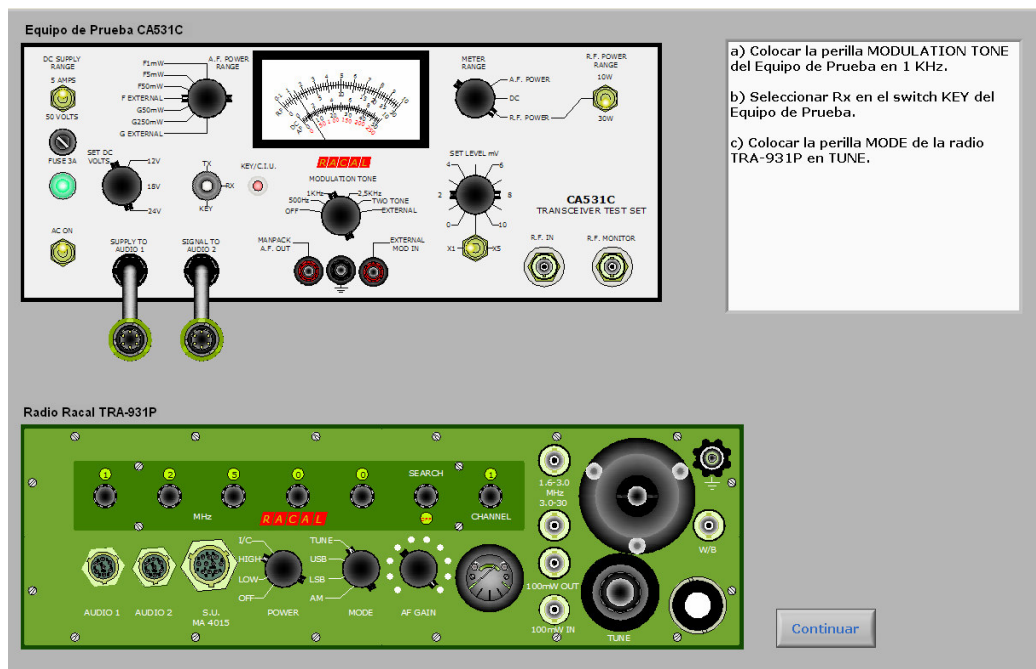


Figura B.8 Ayuda 8



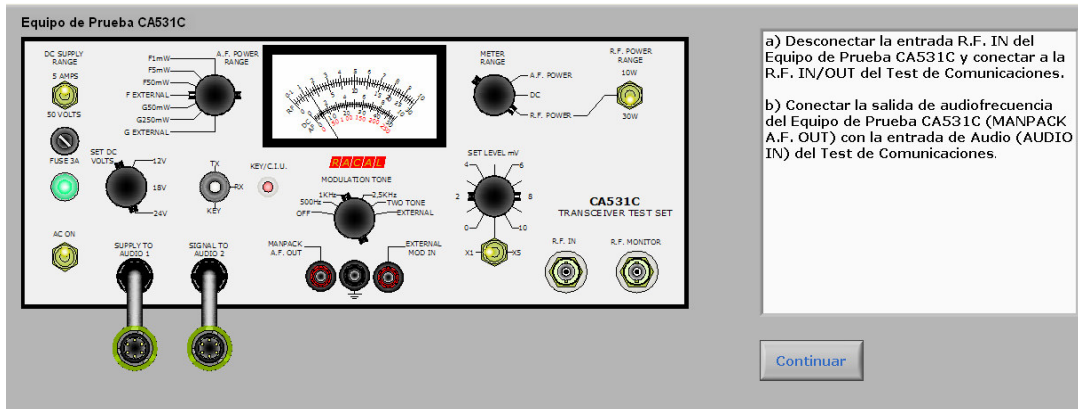
- a) Colocar la perilla MODULATION TONE del Equipo de Prueba en la posición 500Hz.
- b) Colocar la perilla MODE de la radio TRA-931P en la posición LSB.

Figura B.9 Ayuda 9



- a) Colocar la perilla MODULATION TONE del Equipo de Prueba en 1 KHz.
- b) Seleccionar Rx en el switch KEY del Equipo de Prueba.
- c) Colocar la perilla MODE de la radio TRA-931P en TUNE.

Figura B.10 Ayuda 10



a) Desconectar la entrada R.F. IN del Equipo de Prueba CA531C y conectar a la R.F. IN/OUT del Test de Comunicaciones.

b) Conectar la salida de audiofrecuencia del Equipo de Prueba CA531C (MANPACK A.F. OUT) con la entrada de Audio (AUDIO IN) del Test de Comunicaciones.

Figura B.11 Ayuda 11



a) Seleccionar Rx en el switch KEY del Equipo de Prueba CA531C.

b) Colocar la perilla MODE de la radio TRA-931P en la posición USB.

Figura B.12 Ayuda 12



a) Colocar la perilla MODE de la radio TRA-931P en la posición AM.

Figura B.13 Ayuda 13



Figura B.14 Ayuda 14

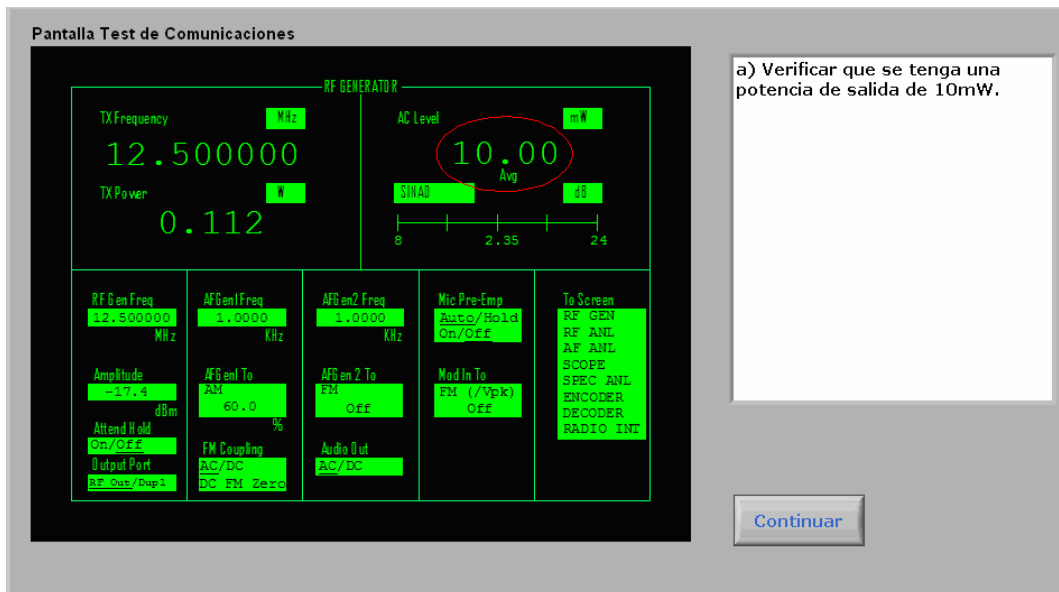


Figura B.15 Ayuda 15

## B.2 VENTANAS DE AYUDA PARA LA RADIO RACAL PRM-4031

**Equipo de Prueba CA531C**

DC SUPPLY RANGE: 5 AMPS, 50 VOLTS  
 FUSE 3A  
 AC ON  
 SET DC VOLTS: 12V, 18V, 24V  
 SUPPLY TO AUDIO 1, SIGNAL TO AUDIO 2  
 F1mW, F5mW, F50mW, F250mW, F EXTERNAL, G250mW, G EXTERNAL  
 A.F. POWER RANGE  
 METER RANGE: A.F. POWER, DC, R.F. POWER RANGE 10W, 30W  
 R.F. IN, R.F. MONITOR  
 CA531C TRANSCEIVER TEST SET

**Radio Racal PRM-4031**

1 MHz, 2 MHz, 5 MHz, 0 MHz, 0 MHz  
 RACAL  
 TUNE: CW, USB, LSB, OFF, AM  
 HP, LP, OFF  
 TUNE: 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1  
 1.5 MHz, 8-20 MHz

Continuar

- Setear el Equipo de Prueba CA531C como se muestra en la figura.
- Conectar Supply to Audio 1 y Signal to Audio 2 del Equipo de Prueba CA531C en los zócalos 1 y 2 de la radio Racal PRM-4031, respectivamente.
- Seleccionar la frecuencia de trabajo en la radio Racal PRM-4031.
- Conectar el zócalo de Antena de la radio PRM-4031, según la frecuencia de trabajo, a la entrada RF-IN del Equipo de Prueba.
- Conectar el zócalo RF MONITOR del Equipo de Prueba a la entrada de 50 ohmios del Analizador de Espectros.
- Colocar en la posición de 0 dB el atenuador conectado al Analizador de Espectros.
- Encender la radio Racal PRM-4031 en Alta Potencia (HP).
- Colocar la perilla MODE en la posición TUNE.
- Colocar la perilla GAIN en el valor máximo
- Sintonizar la Radio a través de la perilla TUNE.

Figura B.16 Ayuda 16

**Equipo de Prueba CA531C**

DC SUPPLY RANGE: 5 AMPS, 50 VOLTS  
 FUSE 3A  
 AC ON  
 SET DC VOLTS: 12V, 18V, 24V  
 SUPPLY TO AUDIO 1, SIGNAL TO AUDIO 2  
 F1mW, F5mW, F50mW, F250mW, F EXTERNAL, G250mW, G EXTERNAL  
 A.F. POWER RANGE  
 METER RANGE: A.F. POWER, DC, R.F. POWER RANGE 10W, 30W  
 R.F. IN, R.F. MONITOR  
 CA531C TRANSCEIVER TEST SET

**Radio Racal PRM-4031**

1 MHz, 2 MHz, 5 MHz, 0 MHz, 0 MHz  
 RACAL  
 TUNE: CW, USB, LSB, OFF, AM  
 HP, LP, OFF  
 TUNE: 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1  
 1.5 MHz, 8-20 MHz

Continuar

- Colocar la perilla MODE de la radio PRM-4031 en la posición USB.
- Seleccionar Tx en el switch KEY del Equipo de Prueba.

Figura B.17 Ayuda 17

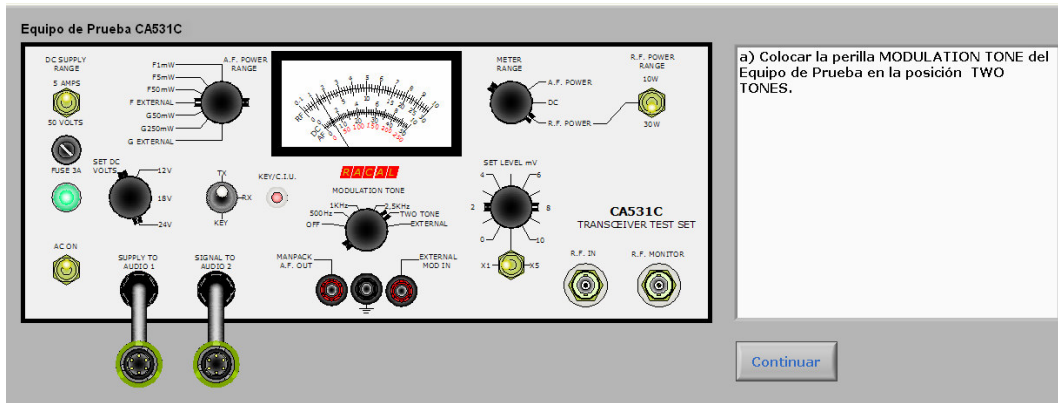


Figura B.18 Ayuda 18

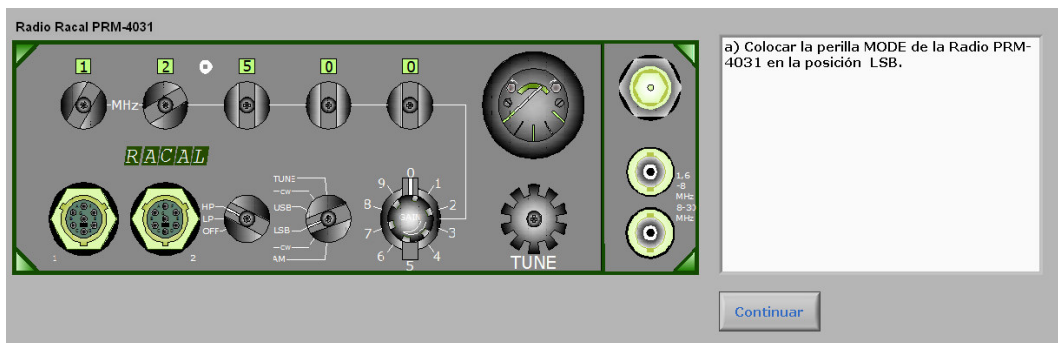


Figura B.19 Ayuda 19

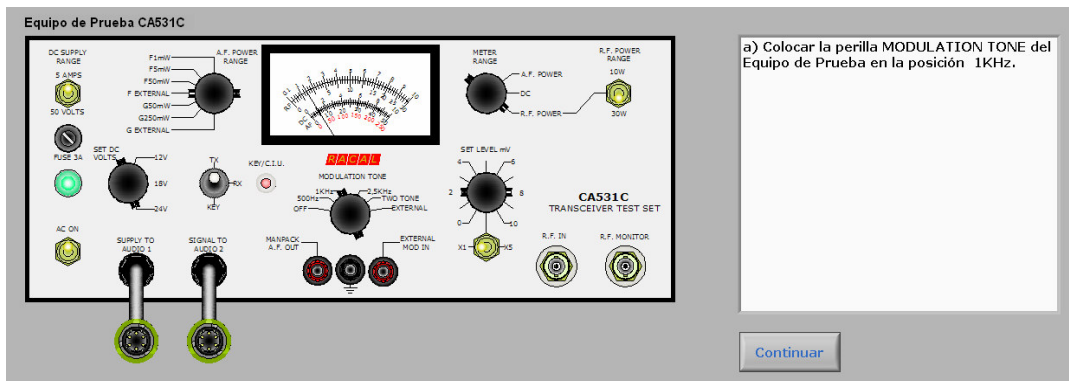


Figura B.20 Ayuda 20





Figura B.21 Ayuda 21

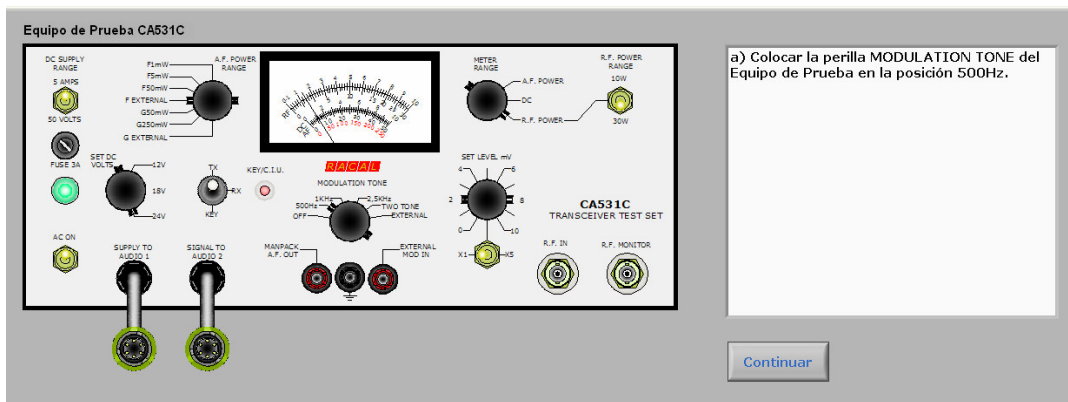


Figura B.22 Ayuda 22

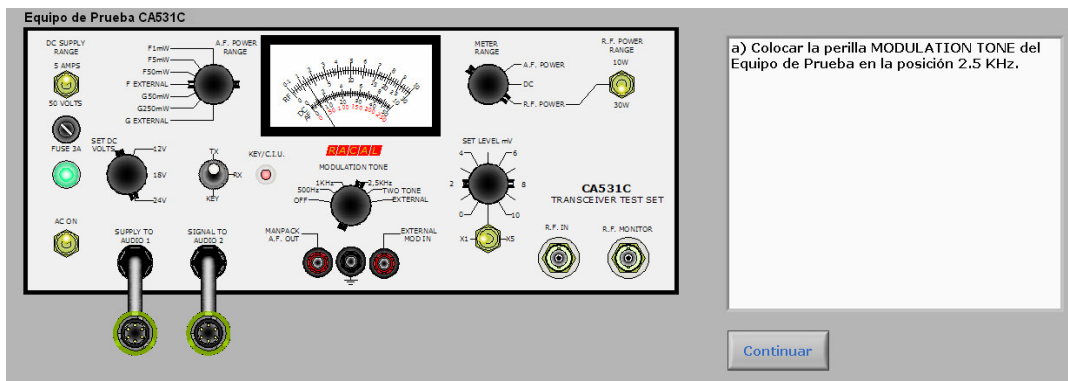
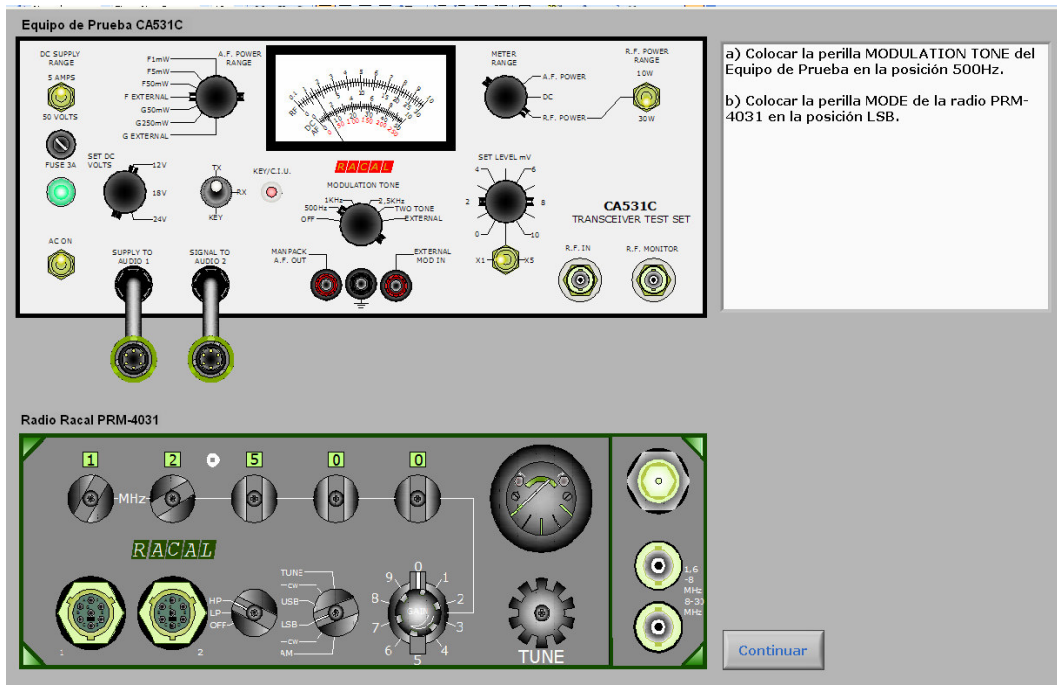
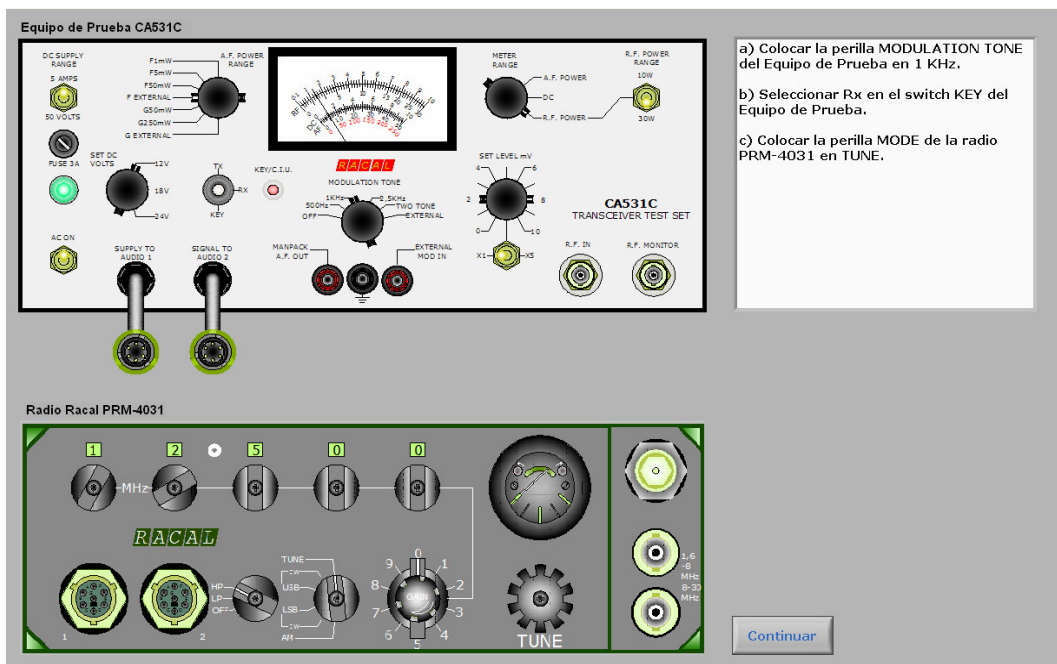


Figura B.23 Ayuda 23



- a) Colocar la perilla MODULATION TONE del Equipo de Prueba en la posición 500Hz.
- b) Colocar la perilla MODE de la radio PRM-4031 en la posición LSB.

Figura B.24 Ayuda 24



- a) Colocar la perilla MODULATION TONE del Equipo de Prueba en 1 KHz.
- b) Seleccionar Rx en el switch KEY del Equipo de Prueba.
- c) Colocar la perilla MODE de la radio PRM-4031 en TUNE.

Figura B.25 Ayuda 25

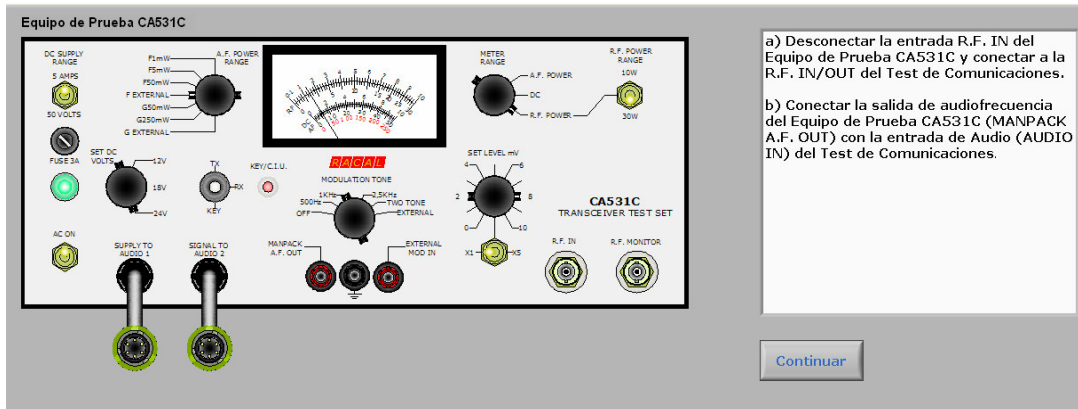


Figura B.26 Ayuda 26

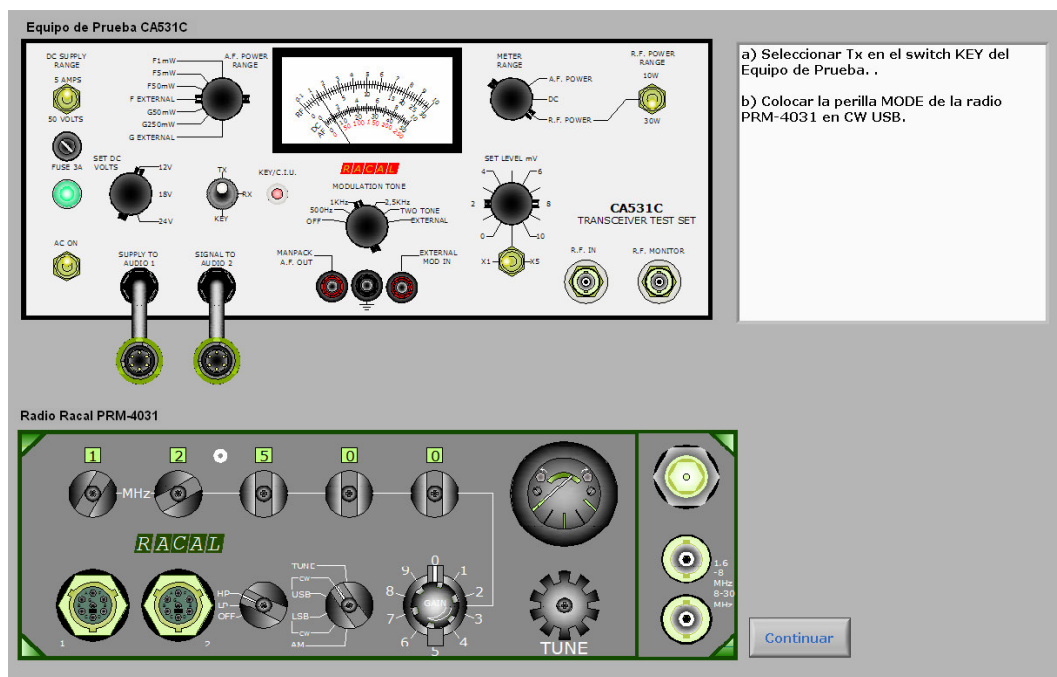


Figura B.27 Ayuda 27

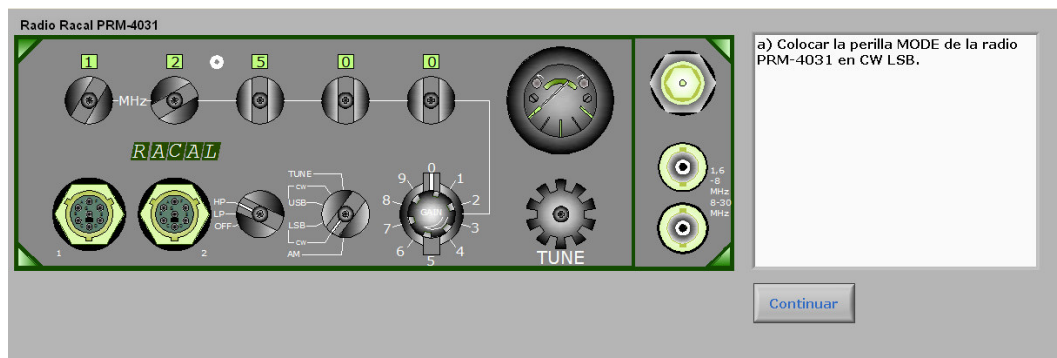


Figura B.28 Ayuda 28

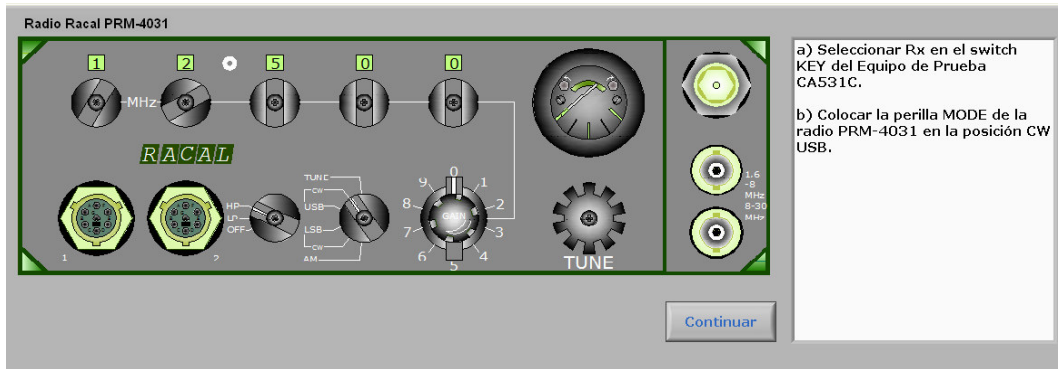


Figura B.29 Ayuda 29



Figura B.30 Ayuda 30



Figura B.31 Ayuda 31

**ANEXO “C”**  
**CARTAS DE CERTIFICACIÓN**

Fecha: Quito, 25 de Marzo de 2007

### **CERTIFICADO**

A petición verbal de parte interesada, me permito certificar:

Que los señores: TNTE de COM. CARLOS ENRIQUE GONZÁLEZ MANTILLA portador de la cédula de identidad N° 1711432250 y el señor JOSÉ LUIS BELTRÁN AGUIRRE portador de la cédula de ciudadanía N° 1715460653, realizaron el desarrollo de su Proyecto de Tesis en las instalaciones del COMANDO DE APOYO LOGÍSTICO ELECTRÓNICO DE LA FUERZA TERRESTRE y YO Servidor Público CELIO ROBERTO MACHADO CAJO, portador de la cédula de ciudadanía N° 0600237291, Técnico del Laboratorio de RF, colaboré en la medición de los parámetros de forma manual, necesarios para el Control de Calidad de las radios PRM-4031 y TRA-931.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados, hacer uso del presente en los fines que estimaren convenientes.

**ATENTAMENTE,**

**TLGO. CELIO ROBERTO MACHADO CAJO**  
**TÉCNICO DEL CALE**  
**CI: 0600237291**

Fecha: Quito, 25 de Marzo de 2007

### **CERTIFICADO**

A petición verbal de parte interesada, me permito certificar:

Que los señores: TNTE de COM. CARLOS ENRIQUE GONZÁLEZ MANTILLA portador de la cédula de identidad N° 1711432250 y el señor JOSÉ LUIS BELTRÁN AGUIRRE portador de la cédula de ciudadanía N° 1715460653, realizaron el desarrollo de su Proyecto de Tesis en las instalaciones del COMANDO DE APOYO LOGÍSTICO ELECTRÓNICO DE LA FUERZA TERRESTRE y YO Servidor Público CELSO FABIÁN RODRIGUEZ TORRES, portador de la cédula de ciudadanía N° 1703176089, Técnico del Laboratorio de RF, colaboré en la medición de los parámetros de forma manual, necesarios para el Control de Calidad de las radios PRM-4031 y TRA-931.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a los interesados, hacer uso del presente en los fines que estimaren convenientes.

ATENTAMENTE,

TLGO. CELSO FABIÁN RODRÍGUEZ TORRES  
TÉCNICO DEL CALE  
CI: 1703176089

**ANEXO “D”**

**RESULTADOS DEL SISTEMA**



**D.1 RADIO RACAL PRM-4031****Tabla D.1 Pruebas de Transmisión Radio Racal PRM-4031**

Frecuencia	Bandas	Parámetros							
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banada Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia
2,4 MHz	TUNE							-52,67	0,62
	CW USB						9,84		
	USB	-40,83	-31,33	-60,83	-0,33	-0,17	9,87		
	LSB	-39,50	-40,50	-66,17	-0,33	0,00	9,88		
	CW LSB						9,86		
6 MHz	TUNE							-47,00	2,98
	CW USB						9,81		
	USB	-36,50	-32,83	-62,83	-0,50	-0,33	9,80		
	LSB	-39,16	-34,16	-67,16	-0,50	-0,33	9,82		
	CW LSB						9,80		
7 MHz	TUNE							-42,33	3,64
	CW USB						10,13		
	USB	-36,33	-33,50	-66,50	-0,50	-0,33	10,14		
	LSB	-39,33	-32,67	-65,17	-0,50	-0,33	10,12		
	CW LSB						10,11		
8 MHz	TUNE							-45,50	4,07
	CW USB						10,30		
	USB	-36,17	-32,17	-65,33	-0,33	0,00	10,24		
	LSB	-38,67	-32,33	-68,83	-0,33	-0,17	10,30		
	CW LSB						10,30		
17 MHz	TUNE							-47,67	4,73
	CW USB						10,82		
	USB	-38,17	-34,17	-33,33	-0,33	-0,17	10,82		
	LSB	-43,00	-31,33	-55,83	-0,33	-0,17	10,83		
	CW LSB						10,79		
24 MHz	TUNE							-62,50	0,29
	CW USB						9,36		
	USB	-33,84	-32,50	-52,84	-0,34	-0,17	9,36		
	LSB	-38,00	-35,00	-54,17	-0,34	-0,17	9,33		
	CW LSB						9,34		
29,9 MHz	TUNE							-55,66	5,33
	CW USB						9,49		
	USB	-35,34	-34,84	-61,00	-0,34	-0,34	9,49		
	LSB	-39,50	-32,34	-56,67	-0,50	-0,34	9,48		
	CW LSB						9,48		

Tabla D.2 Pruebas de Recepción Radio Racal PRM-4031

Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
2,4 MHz	CW USB	0,27	2,76	118,00	70,00	70,00	24,00	21,04	70,00	0,60
	USB	16,59	0,18	6000,00	70,00	70,00	34,17	4,63	70,00	3,21
	LSB	15,08	2,69	6000,00	70,00	70,00	34,46	3,38	70,00	3,10
	CW LSB	1,50	12,56	218,00	70,00	70,00	33,26	6,02	70,00	0,55
	AM	12,02	1,96	6000,00	70,00	70,00	27,41	4,01	70,00	11,76
6 MHz	CW USB	23,38	31,71	122,00	70,00	70,00	34,98	0,20	68,00	0,58
	USB	27,39	17,05	2550,00	70,00	70,00	34,96	0,29	70,00	2,99
	LSB	24,44	12,98	5130,00	70,00	70,00	34,91	0,58	70,00	2,52
	CW LSB	13,44	29,05	144,00	70,00	70,00	33,15	0,73	70,00	0,60
	AM	19,71	9,98	6000,00	70,00	70,00	28,60	2,40	70,00	7,62
7 MHz	CW USB	29,18	38,53	118,00	70,00	70,00	35,18	0,17	58,00	0,60
	USB	29,37	20,40	2400,00	70,00	70,00	35,15	0,16	70,00	2,81
	LSB	28,96	19,80	2430,00	70,00	70,00	35,07	0,17	70,00	2,59
	CW LSB	26,79	38,43	120,00	70,00	70,00	32,92	0,18	70,00	0,65
	AM	26,19	19,41	3650,00	70,00	70,00	28,69	0,39	70,00	6,61
8 MHz	CW USB	31,19	40,10	116,00	70,00	70,00	35,35	0,15	60,00	0,59
	USB	30,55	21,81	2370,00	70,00	70,00	35,13	0,13	70,00	2,76
	LSB	30,64	20,70	2400,00	70,00	70,00	35,06	0,15	70,00	2,75
	CW LSB	28,07	36,66	116,00	70,00	70,00	32,76	0,22	70,00	0,60
	AM	26,35	19,68	3650,00	70,00	70,00	28,89	0,32	70,00	6,75
17 MHz	CW USB	31,00	40,98	118,00	70,00	70,00	34,83	0,09	70,00	0,57
	USB	33,15	22,51	2400,00	70,00	70,00	36,63	0,11	70,00	2,77
	LSB	32,99	22,94	2430,00	70,00	70,00	36,44	0,10	70,00	3,01
	CW LSB	24,52	40,04	146,00	70,00	70,00	27,33	0,16	70,00	0,55
	AM	28,07	21,16	3650,00	70,00	70,00	29,46	0,02	70,00	7,37
24 MHz	CW USB	28,68	37,28	112,00	70,00	66,00	35,01	0,18	70,00	0,63
	USB	30,83	20,60	2310,00	70,00	70,00	36,31	0,14	70,00	3,09
	LSB	31,95	20,64	2340,00	70,00	70,00	36,08	0,15	70,00	2,33
	CW LSB	23,18	36,99	144,00	70,00	70,00	26,49	0,12	70,00	0,62
	AM	24,52	17,90	3650,00	70,00	70,00	29,40	0,40	70,00	6,07
29,9 MHz	CW USB	27,18	38,71	124,00	70,00	58,00	34,06	0,13	70,00	0,56
	USB	29,12	20,18	2310,00	70,00	70,00	35,97	0,15	70,00	2,66
	LSB	30,81	19,12	2340,00	70,00	70,00	35,95	0,15	70,00	2,61
	CW LSB	20,87	37,33	154,00	70,00	70,00	24,33	0,17	70,00	0,61
	AM	24,82	18,89	3650,00	70,00	70,00	29,74	0,51	70,00	6,54

**D.2 RADIO RACAL TRA-931****Tabla D.3 Pruebas de Transmisión Radio Racal TRA-931**

Frecuencia	Bandas	Parámetros							
		Supresión de Portadora	Distorsión Intermodulación	Banada Lateral no deseada	Respuesta de AF (500Hz)	Respuesta de AF (2500Hz)	Potencia de Salida	Emisiones Armónicas	Estabilidad de Frecuencia
2,4 MHz	TUNE							-47,50	0,22
	USB	-38,00	-34,34	-49,50	-0,50	0,16	24,31		
	LSB	-40,50	-38,17	-54,00	-0,67	0,16	24,10		
6 MHz	TUNE							-45,17	1,44
	USB	-38,50	-36,83	-47,33	-0,50	0,17	21,17		
	LSB	-39,50	-38,83	-52,17	-0,50	0,00	20,96		
7 MHz	TUNE							-42,67	1,79
	USB	-39,00	-35,00	-47,50	-0,67	0,00	20,68		
	LSB	-40,17	-36,17	-51,50	-0,67	0,00	20,55		
8 MHz	TUNE							-42,67	2,04
	USB	-37,50	-34,67	-46,17	-0,67	0,00	20,62		
	LSB	-40,67	-39,17	-51,17	-0,67	0,00	20,51		
17 MHz	TUNE							-56,84	4,37
	USB	-38,83	-33,83	-44,67	-0,67	0,00	22,05		
	LSB	-39,83	-39,83	-48,50	-0,50	0,00	21,91		
24 MHz	TUNE							-66,50	6,27
	USB	-38,00	-34,34	-43,67	-0,50	0,00	20,35		
	LSB	-40,17	-37,34	-46,84	-0,50	0,00	20,27		
29,9 MHz	TUNE							-46,33	8,07
	USB	-38,00	-31,17	-42,17	-0,33	0,17	20,63		
	LSB	-39,50	-36,83	-45,67	-0,33	0,00	20,51		

Tabla D.4 Pruebas de Recepción Radio Racal TRA-931

Frecuencia	Bandas	Parámetros								
		Sensibilidad	Relación Señal Ruido	Selectividad	Supresión F. I. 1,4MHz	Supresión F. I. 35,4MHz	Potencia de Salida AF	AGC	Supresión F. Im.	Distorsión de AF
2,4 MHz	USB	55,49	10,49	2.310,00	60,00	60,00	155,27	0,23	60,00	2,31
	LSB	65,13	9,81	2.460,00	60,00	60,00	155,30	0,25	60,00	2,90
	AM	17,84	11,39	9.500,00	60,00	60,00	106,09	9,40	60,00	3,22
6 MHz	USB	39,43	12,59	2.250,00	60,00	60,00	155,23	0,18	60,00	2,63
	LSB	39,65	9,71	2.370,00	60,00	60,00	155,27	0,18	60,00	3,12
	AM	12,29	8,22	9.100,00	60,00	60,00	105,49	11,59	60,00	2,80
7 MHz	USB	31,10	16,16	2.190,00	60,00	60,00	155,30	0,14	60,00	2,89
	LSB	30,52	14,48	2.280,00	60,00	60,00	155,33	0,16	60,00	2,93
	AM	9,07	15,35	9.200,00	60,00	60,00	103,61	12,34	60,00	2,50
8 MHz	USB	27,80	18,19	2.190,00	60,00	60,00	155,30	0,20	60,00	2,83
	LSB	26,18	15,03	2.250,00	60,00	60,00	155,33	0,27	60,00	2,82
	AM	7,31	16,85	9.200,00	60,00	60,00	102,65	12,30	60,00	2,40
17 MHz	USB	44,79	20,17	2.190,00	60,00	60,00	155,58	0,21	60,00	2,96
	LSB	40,13	19,58	2.280,00	60,00	60,00	155,62	0,15	60,00	2,91
	AM	14,83	5,53	7.900,00	60,00	60,00	103,25	9,50	60,00	3,01
24 MHz	USB	40,50	18,79	2.190,00	60,00	60,00	155,48	0,09	60,00	2,98
	LSB	33,49	14,96	2.280,00	60,00	60,00	155,51	0,12	60,00	3,13
	AM	11,20	19,00	9.200,00	60,00	60,00	101,98	11,13	60,00	2,73
29,9 MHz	USB	39,57	19,20	2.220,00	60,00	60,00	155,55	0,08	60,00	3,09
	LSB	36,24	18,70	2.250,00	60,00	60,00	155,58	0,10	60,00	2,70
	AM	11,03	18,49	9.100,00	60,00	60,00	105,32	11,27	60,00	2,68

## ANEXO “E”

### MANUAL DE USUARIO

#### E.1. INTRODUCCIÓN

Este manual describe la operación del Sistema de Control de Calidad de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931. Para cumplir este objetivo, primero, se indica cuales son los equipos y dispositivos utilizados, y se detalla cómo son las conexiones físicas del sistema.

Por otro lado, se proporcionan las instrucciones para manejar el programa de control de calidad automatizado de las radios RACAL modelos PRM-4031 y TRA-931. Además, se detallan los pasos a seguir para la instalación del mismo y las condiciones iniciales necesarias para su correcto funcionamiento.

#### Precaución



Este símbolo indica que cualquier procedimiento, acción o condición puede causar un daño a uno de los equipos.

#### E.2. HARDWARE

Los equipos de medición y dispositivos utilizados en el Sistema de Control de Calidad de las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 son los siguientes:

- Tarjeta NI PCI-GPIB
- Sistema Analizador de Comunicaciones HP8920A
- Analizador de Espectros HP 8560A
- Computadora Personal

### E.2.1 Instalación de la tarjeta NI PCI-GPIB

El primer paso en el montaje del Sistema de Control de Calidad es la instalación de la tarjeta NI PCI-GPIB, para lo cual se realizan los siguientes pasos:

1. Encender el computador
2. Insertar el CD de instalación de la tarjeta PCI-GPIB y seleccionar *Install Software* (Figura E.1).



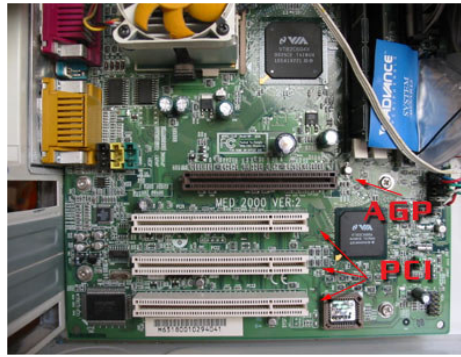
Figura E.1 Pantalla de inicio CD de instalación Tarjeta PCI-GPIB

3. Seleccionar *Plug and Play Interface* y dar clic en *Next*.
4. Seleccionar *Shutdown* y dar clic en *Finish*.
5. Apagar y desenchufar la computadora.



La instalación de la tarjeta NI PCI-GPIB cuando la computadora está encendida causaría un daño irreparable en la circuitería interna de la tarjeta NI PCI-GPIB; además de un posible daño en la placa madre del computador.

6. Quitar la tapa lateral del case del PC.
7. Identificar una ranura PCI libre

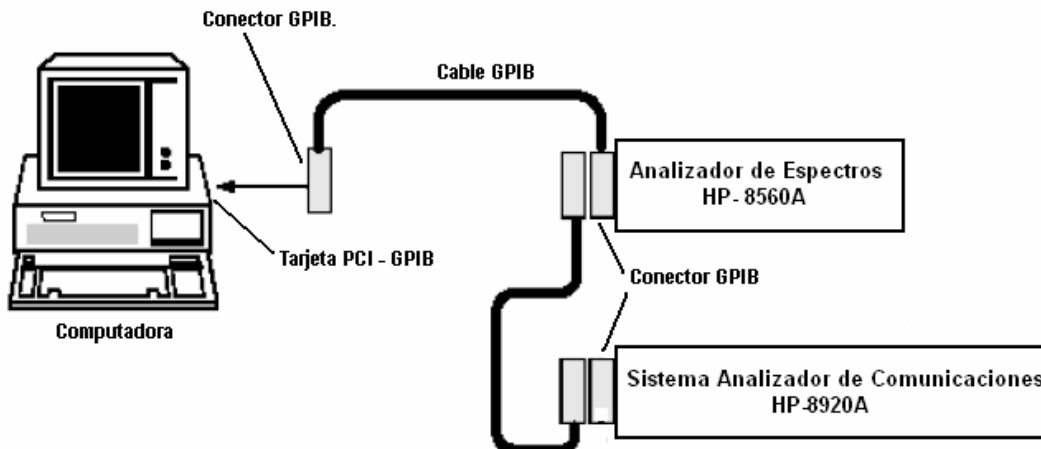


**Figura E.2 Placa madre de un computador**

8. Conectar la tarjeta NI PCI-GPIB en la ranura PCI libre (Figura E.2).
9. Tapar el case del PC

### E.2.2 Diagrama de conexiones

El esquema de conexiones del Sistema de Control de Calidad es el que se muestra a continuación:



**Figura E.3 Placa madre de un computador**



Los equipos de medición y la computadora deben estar apagados para realizar la conexión física; caso contrario podría ocurrir un daño en la tarjeta NI PCI-GPIB o en los puertos de comunicación GPIB de los dos equipos de medición.

Una vez realizada la conexión física de los equipos y dispositivos involucrados en el Sistema de Control de Calidad para las radios RACAL modelos PRM-4031 y TRA-931, se procede a encender los mismos.



Antes de encender los equipos, verificar que se conecte los mismos al voltaje de 110 V. Caso contrario, se causaría un daño serio que evitaría su funcionamiento.

### **E.2.3 Computador**

Los requerimientos mínimos del computador para que funcione correctamente el programa de Control de Calidad para las radios RACAL PRM-4031 y TRA-931 son:

- Procesador Intel Pentium 4 de 3.00 GHz
- 512 MB de memoria RAM
- 1GB de espacio libre en disco duro
- Sistema Operativo Windows XP Professional
- Microsoft Access 2003

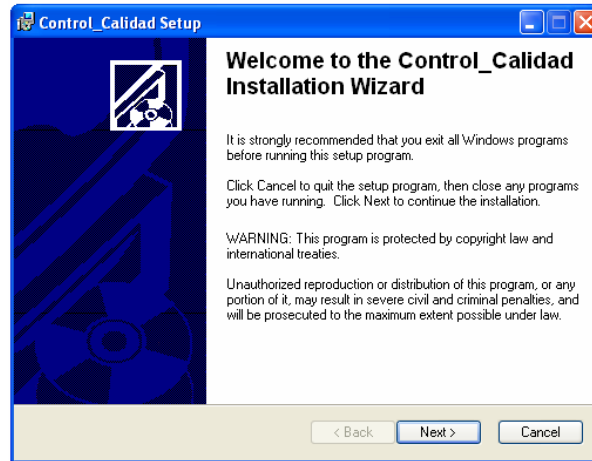
## **E.3. SOFTWARE**

### **E.3.1 Instalación**

Insertar el cd de Instalación del programa Control de Calidad Automatizado para radios RACAL PRM-4031 y TRA-931

1. Abrir la carpeta Installer y ejecutar el archivo Install.
2. Seguir las instrucciones de instalación (Figura E.4).





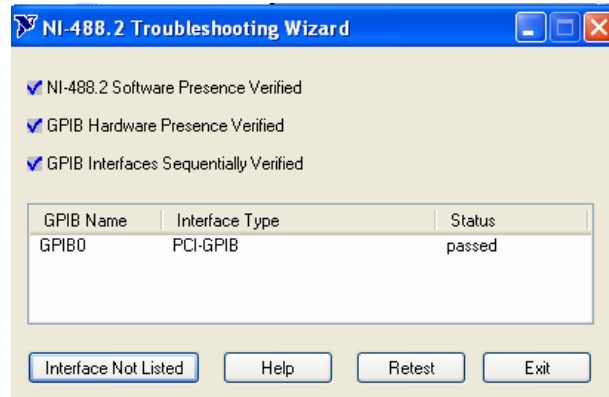
**Figura E.4** Pantalla inicial del instalador del programa Control\_Calidad

3. Al finalizar la instalación, se crea un archivo ejecutable llamado Control\_Calidad, el mismo que puede ser ejecutado desde la carpeta donde se instaló el programa o desde el Menú Inicio (Todos los programas → Control\_Calidad).

### **E.3.2 Condiciones Iniciales**

Las condiciones iniciales para que el programa funcione correctamente y no tenga ningún error son las siguientes:

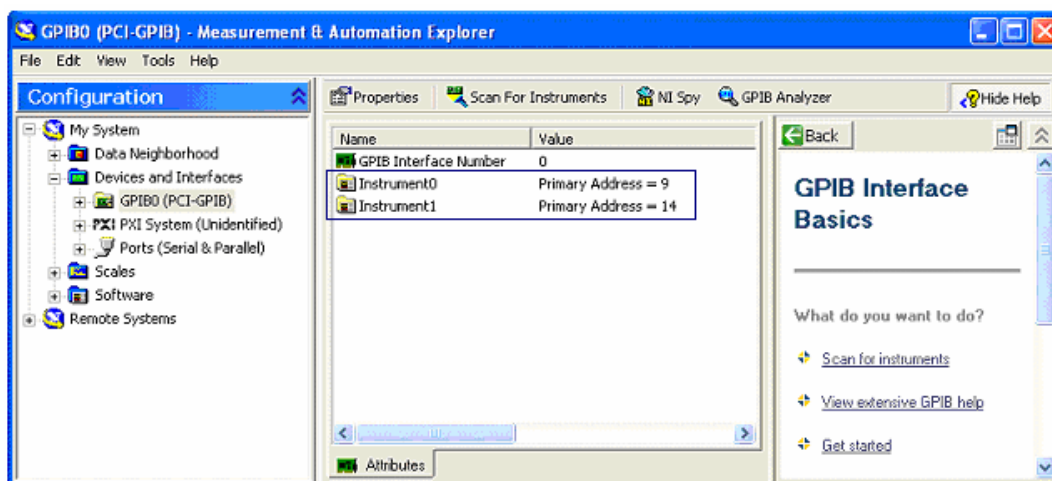
1. Verificar la instalación correcta de la tarjeta NI PCI-GPIB. Para ello entrar al programa de Measure & Automation. En el ítem Devices and Interfaces, escoger la opción GPIB0 (PCI-GPIB), dar clic derecho y seleccionar NI 488.2 Troubleshooting Wizard. Si la prueba pasa satisfactoriamente, la pantalla Troubleshooting Wizard aparece como en la Figura E.5. Si hubiese algún problema, se debe verificar que la tarjeta NI PCI-GPIB esté correctamente instalada en la ranura PCI e instalarla nuevamente a través de su CD de instalación.



**Figura E.5 Pantalla de Troubleshooting del programa Measure & Automation de National Instruments**

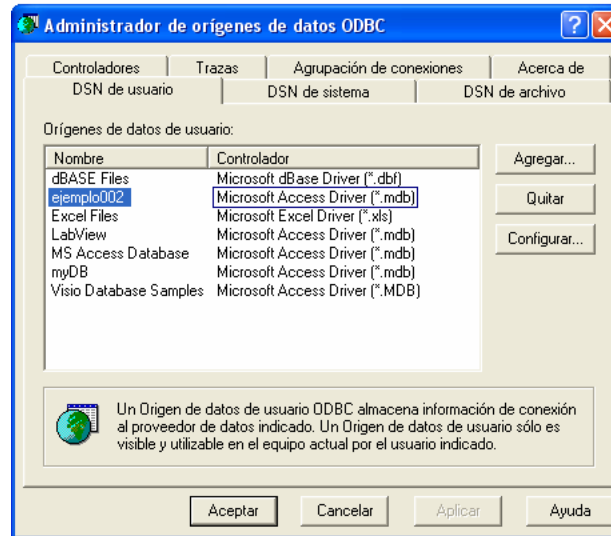
- La dirección del Analizador de Espectros HP-8560A debe ser 14 y la del Sistema Analizador de Comunicaciones HP-8920 A debe ser 9. Para verificar este aspecto se ingresa a las opciones de configuración de cada uno de los equipos y se observa que número de dirección tienen en el ítem referente a dirección HP IB. En caso de tener otro número se lo puede cambiar en ese lugar.

Otra manera de verificar es entrar al programa de Measure & Automation. En el ítem Devices and Interfaces, escoger la opción GPIB0 (PCI-GPIB), dar clic derecho y seleccionar Scan for Instruments. En la pantalla principal, aparecerán los instrumentos con sus respectivas direcciones (Figura E.6). En caso de tener otra dirección, es necesario ir a la configuración de cada equipo y cambiarla, como se indicó anteriormente.



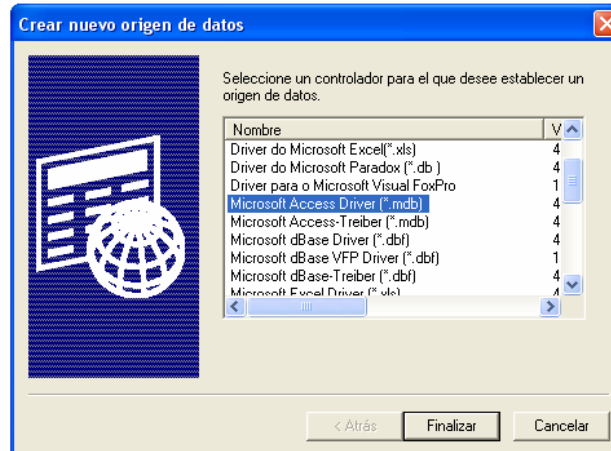
**Figura E.6 Pantalla principal programa Measure&Automation**

3. Los orígenes de datos ODBC deben tener como: nombre de usuario: ejemplo002, y controlador: Microsoft Access Driver (\*.mdb). Para verificarlo ir al Panel de Control → Herramientas Administrativas y dar doble clic en Orígenes de datos (ODBC). Después de aquello aparece la pantalla que se muestra en la Figura E.7.



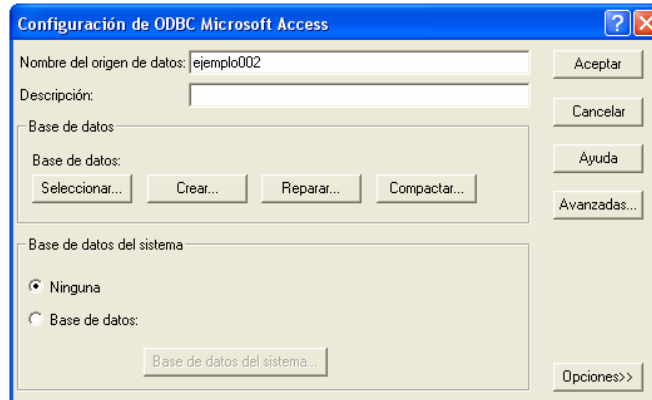
**Figura E.7 Pantalla Administrador de Orígenes de datos ODBC**

En caso de no estar configurado los Orígenes de datos del usuario de esta manera, dar un clic en Agregar, seleccionar el controlador Microsoft Access Driver (\*.mdb) y luego Finalizar (Figura E.8).



**Figura E.8 Pantalla para crear un nuevo origen de datos.**

Al aparecer la pantalla que se muestra en la Figura E.9, escribir como nombre de origen de la base de datos: ejemplo002; dar un clic en Seleccionar y especificar la base de datos que va a servir para guardar toda la información adquirida después de realizar el proceso de control de calidad.



**Figura E.9 Pantalla de configuración de ODBC de Microsoft Access.**

Finalmente, dar clic en Aceptar y verificar, en la pantalla principal de Los orígenes de datos ODBC, que efectivamente se creó el Origen de datos del usuario.

### E.3.3 Operación

Al ejecutar el programa Control\_Calidad, la primera pantalla permite seleccionar a qué tipo de radio se va a realizar las pruebas (Figura E.10). Para ello, dar un clic en el botón TRA-931 o PRM-4031.



**Figura E.10 Pantalla de inicio**

La siguiente pantalla es la de las pruebas físicas (Figura E.11); en la cual, se escriben los siguientes datos referentes a las radios: Número de serie, Unidad de origen, Técnico encargado y Fecha de ingreso. Además, permite indicar que parámetros físicos están en perfecto estado al dar un clic en los check box.

**Ingresar los datos del equipo**

Número de Serie: 3827  
 Unidad de Origen: BS-57  
 Técnico encargado: QUIZADO WILLIAM  
 Fecha de ingreso: 23/03/2007

Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio

Todo

Armazón  
 Conector AUDIO 1  
 Conector AUDIO 2  
 Zócalo de Antena Látigo  
 Zócalo de Antena 1,6 - 8 Mhz  
 Zócalo de Antena 8 - 30 Mhz  
 Perilla de Encendido (3 posiciones)  
 Perilla de Modo (6 posiciones)  
 Perilla de Volumen  
 Perilla de Sintonización  
 Perilla de selección de frecuencias (6 perillas)  
 Indicador de sintonización

**SIGUIENTE**

---

**Ingresar los datos del equipo**

Número de Serie: 131  
 Unidad de Origen: CALE  
 Técnico encargado: RODRIGUEZ FABIAN  
 Fecha de ingreso: 26/03/2007

Realizar la verificación física de los parámetros indicados a continuación y marcar el casillero correspondiente si es satisfactorio

Todo

Armazón  
 Conector AUDIO 1  
 Conector AUDIO 2  
 Conector S.U. MA 4015  
 Zócalo de Antena de Varilla Extensible  
 Zócalo de Antena 1,6 - 3 Mhz  
 Zócalo de Antena 3 - 30 Mhz  
 Zócalo de Salida de Potencia 100mV OUT  
 Zócalo de Entrada de Potencia 100mV IN  
 Zócalo de Banda Ancha W/B  
 Terminal a Tierra  
 Perilla de Encendido (4 Posiciones)  
 Perilla de Modo (4 Posiciones)  
 Perilla de Volumen  
 Perilla de Sintonización  
 Perillas de selección de frecuencia (5 Perillas)  
 Perilla de Selección de Canal (CHANNEL)  
 Perillas de Exploración (SEARCH)  
 Indicador de sintonización  
 Disecador

**SIGUIENTE**

Figura E.11 Pantalla de la prueba visual para la radio TRA-931 (izquierda) y PRM-4031 (derecha)

Si los equipos no pasan la prueba visual, aparece un mensaje (Figura E.12), con lo cual termina el proceso de control de calidad.

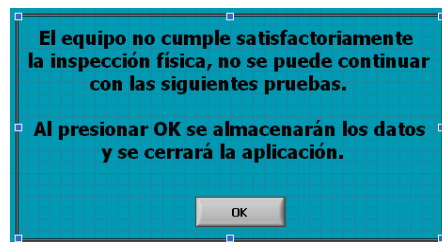


Figura E.12 Mensaje que aparece en caso las radios no pasen las pruebas físicas.

En caso de que los equipos pasen las pruebas físicas, aparece una pantalla donde se ingresa la frecuencia en la cual se va a realizar el control de calidad (Figura E.13). También se puede inicializar el Analizador de Espectros y el Sistema Analizador de Comunicaciones, a través del botón PRESET correspondiente.

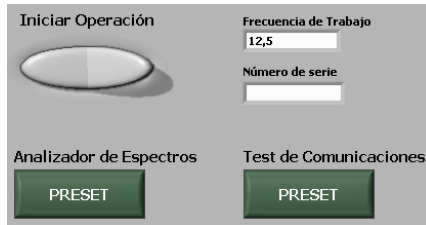


Figura E.13 Pantalla previa al inicio de las pruebas de transmisión y recepción

Al dar un clic en el botón Iniciar Operación se ejecutan las pruebas de transmisión (Figura E.14). Pevio a cada una de las pruebas aparecen ventanas de ayuda (Figura E.15), que indican qué debe setear el operador en la radio a prueba, en el equipo de prueba CA531C o las conexiones entre los equipos de medición y los dos equipos anteriormente mencionados.

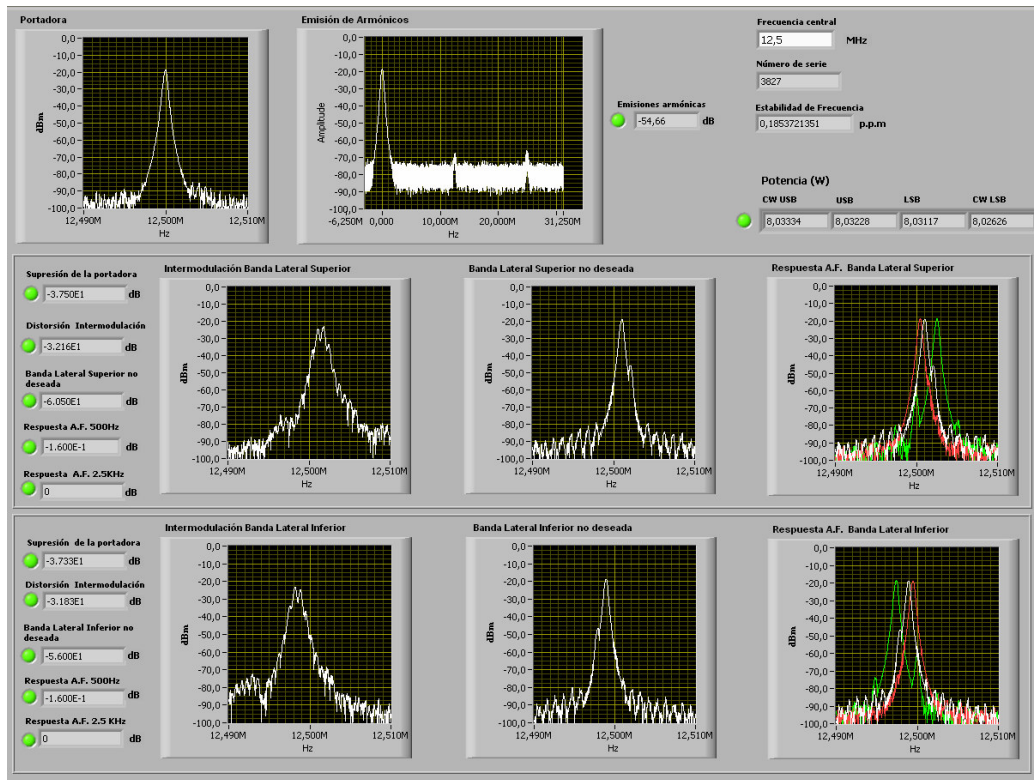


Figura E.14 Pantalla de pruebas de transmisión.

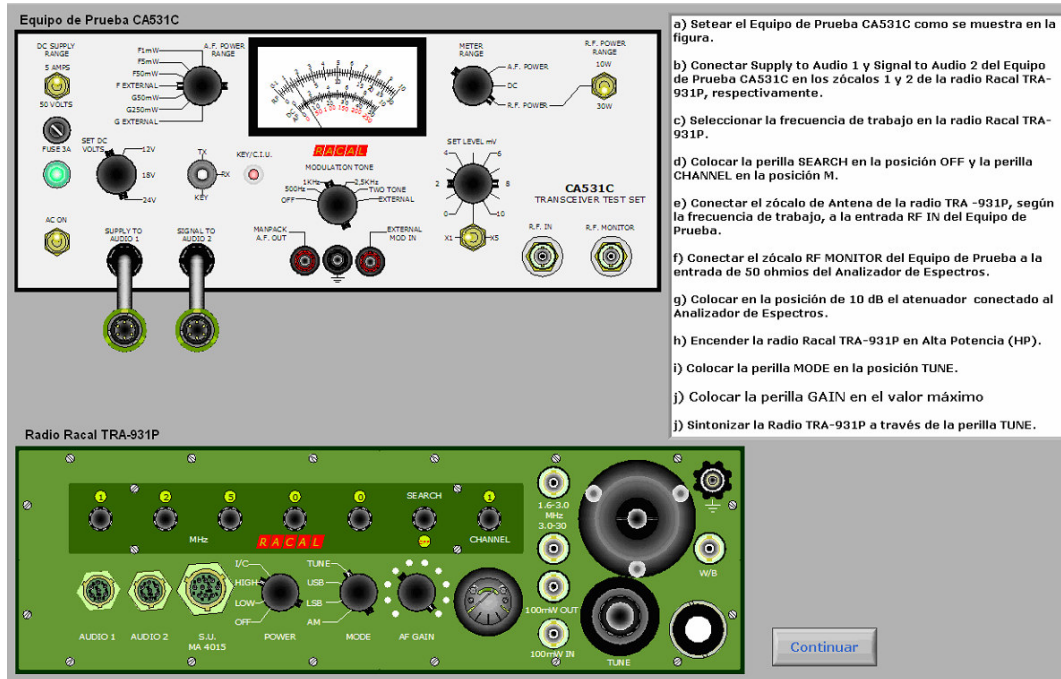


Figura E.15 Ayuda

Al terminar las pruebas de transmisión, se indican los resultados en una pantalla conformada por tablas (Figura E.16), y las pruebas de recepción empiezan inmediatamente (Figura E.17). De igual forma que en las pruebas de transmisión, aparecen pantallas de ayuda previa medición de un parámetro.

Resultados Transmisión			
<b>USB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB	-36,830000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB	-32,330000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB	-63,670000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-1,170000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	-1,000000	OK
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,272910	OK
<b>LSB</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Supresión de Portadora	Menor a -45 dB	-38,500000	Incorrecto
Distorsión de Intermodulación	Menor a -25 dB	-33,670000	OK
Banda Lateral Superior no deseada	Menor a -40 dB	-46,330000	OK
Respuesta de A.F. 500Hz	Mayor a -6 dB	-1,170000	OK
Respuesta de A.F. 2.5 KHz	Mayor a -6 dB	-1,000000	OK
Potencia	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,252756	OK
<b>Otros Parámetros</b>			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Emisiones armónicas	Menor a -40dB	-58,170000	OK
Estabilidad de frecuencia	+/- 1 p.p.m. de frec. central	0,454821	OK
Potencia CW USB	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,269818	OK
Potencia CW LSB	Entre 7.1 W y 14.1 W	9,248764	OK

Figura E.16 Pantalla Resultados Transmisión

**Resultados Recepción**

CW USB				USB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación		Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	30,323893	OK	Sensibilidad	Mayor a 5 mw	31,210168	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB	39,726602	OK	Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	18,161677	OK
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz	116,000000	OK	Selectividad	Mínimo 2 KHz	2400,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK	Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK	Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	35,263330	OK	Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	37,024786	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,149650	OK	Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,128912	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK	Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	0,547227	OK	Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,674315	OK

CW LSB				LSB			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación		Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	25,274634	OK	Sensibilidad	Mayor a 5 mw	32,929506	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 22 dB	39,686058	OK	Relación Señal Ruido	Mayor a 15 dB	22,063228	OK
Selectividad	Entre 70 Hz y 130 Hz	144,000000	Incorrecto	Selectividad	Mínimo 2 KHz	2430,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK	Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK	Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	28,304096	OK	Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	36,805349	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,137520	OK	Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,103908	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK	Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	0,645222	OK	Distorsión A.F.	Menor al 5%	2,521269	OK

AM			
	Valor a cumplir	Valor medido	Observación
Sensibilidad	Mayor a 5 mw	26,823549	OK
Relación Señal Ruido	Mayor a 10 dB	19,171157	OK
Selectividad	Máximo 5 KHz	3650,000000	OK
Supresión F.I. (1.4 MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Supresión F.I. (35.4MHz)	Mayor a 70 dB	70,000000	OK
Potencia de salida de A.F.	Mayor a 20 mW	29,455503	OK
Control Automático de Ganancia	Menor a 6 dB	0,074782	OK
Supresión de Imagen	Mayor a 70 dB	70	OK
Distorsión A.F.	Menor al 5%	6,895136	Incorrecto

Número de serie  
3827

Frecuencia de trabajo  
12,5 MHz

Figura E.17 Pantalla Resultados Recepción

En la radio TRA-931 no existen pruebas de recepción para los modos CW USB y CW LSB, por lo cual estas dos tablas no aparecen en la pantalla de resultados de recepción.

Al finalizar las pruebas de recepción aparece un cuadro de mensaje (Figura E.18) en el que se indica si se quiere finalizar con las pruebas de control de calidad o si se desea realizar otra prueba en una frecuencia de trabajo distinta.

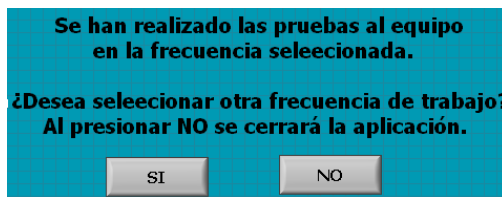


Figura E.18 Pantalla de finalización de pruebas de Control de Calidad

#### E.4. RECOMENDACIONES

Dentro de la ejecución del programa, se debe poner especial atención en el despliegue de las ayudas, en vista que éstas señalan la realización de procesos mecánicos por parte del operador dando lugar a posibles acciones erróneas, lo que conllevaría a la adquisición de datos falsos sobre determinado parámetro.



Debido al tipo de funciones que permiten la comunicación y el traslado de datos entre Labview 7.1 y Microsoft Access 2003, la base de datos utilizada para almacenar la información, no debe estar ejecutándose mientras el sistema está funcionando. Caso contrario, se presentará un error de comunicación y la información no podrá ser guardada en la base de datos.