

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

MONITOREO Y CONTROL DE UN RADIO - TRANSMISOR FM MEDIANTE TECNOLOGÍA GSM

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

GABRIEL ANDRÉS MONTEROS OBANDO
gabucho_m@hotmail.com

DIRECTOR: MSC. OSCAR EFRAÍN CERÓN AGUIRRE
oscar.ceron@epn.edu.ec

CODIRECTOR: DR. JORGE ANDRÉS ROSALES ACOSTA
andres.rosales@epn.edu.ec

QUITO, ABRIL 2013

DECLARACIÓN

Gabriel Andrés Monteros Obando, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Gabriel Andrés Monteros Obando

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Gabriel Andrés Monteros Obando, bajo nuestra supervisión.

MSc. Oscar Cerón
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Andrés Rosales Acosta
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradecer a Dios por brindarme todas las oportunidades que se han presentado a lo largo de la vida, que de una u otra manera han contribuido a ser un mejor hijo, padre, esposo, en sí una mejor persona.

Agradecer a toda mi familia que sin su apoyo incondicional no podría seguir adelante.

A INGETRÓNICA por la ayuda brindada en la elaboración del proyecto.

A MSc. Oscar Cerón y Dr. Andrés Rosales por la dirección y colaboración en la realización del proyecto.

A todos mis maestros, compañeros y amigos que estuvieron presentes, y de alguna forma aportaron con su granito de arena, en la elaboración del presente trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas importantes de mi vida.

Mi hijo Mathias, que por el hecho de existir llena de luz a mi vida, a mi esposa Abi por su incondicional apoyo y confianza.

A mi padre Gabriel por ser el ejemplo a seguir en cada instante de mi vida, a mi madre Nelly por sus sabios y maravillosos consejos.

A David e Isabel, más que hermanos han sido mis verdaderos amigos.

A mi abuelita Isabel, que siempre ha estado preocupada por mí.

A mi segunda familia, Jaime, Raquel, Valito, Pollito, por ser una gran ayuda en momentos muy difíciles.

A mis verdaderos amigos que podrían ser enumerados, pero son pocos en millones.

CONTENIDO

DECLARACIÓN	ii
CERTIFICACIÓN	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA.....	v
CONTENIDO.....	vi
RESUMEN	x
PRESENTACIÓN	xi
CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO	1
1.3. LA RADIO	3
1.3.1. CONSOLA.....	4
1.3.2. PROCESADOR DE AUDIO	4
1.3.3. TRANSMISOR DE RADIOENLACE.....	5
1.3.4. RECEPTOR DE RADIOENLACE.....	6
1.3.5. TRANSMISOR DE FM	6
1.3.5.1. Excitador o Modulador de FM	6
1.3.5.2. Amplificador de FM	6
1.3.6. LA ANTENA	7
CAPÍTULO 2	8
DESCRIPCIÓN GENERAL DE TELEMETRÍA, TELECONTROL Y SUS APLICACIONES.....	8
2.1. TELEMETRÍA Y TELECONTROL.....	8
2.2. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS.....	9

2.2.1.	WLAN (Wireless LAN).....	9
2.2.2.	BLUETOOTH	10
2.2.3.	ZIGBEE	10
2.2.4.	RFID (Identificación por Radiofrecuencia).....	11
2.2.5.	REDES GSM.....	12
2.2.5.1.	ESTRUCTURA DE LA RED	13
2.2.5.2.	Servicio de mensajería Corta (SMS).....	15
2.2.5.3.	Arquitectura de la Red.....	15
2.3.	TELEMETRÍA EN LA RADIO	16
CAPÍTULO 3		18
DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL		18
3.1.	PTX30 LCD	19
3.2.	MÓDULO GSM SIM 900	20
3.2.1.	COMANDOS AT	22
3.3.	MICROCONTROLADOR ATMEGA164P	23
3.3.1.	RECURSOS UTILIZADOS DEL MICROCONTROLADOR	24
3.3.1.1.	PRIMERA ETAPA (EXCITADOR DE FM).....	25
3.3.1.2.	SEGUNDA ETAPA (CENTRO DE CONTROL).....	26
3.4.	COMUNICACIÓN SERIAL RS-232	27
3.4.1.	MAX 232	27
3.5.	DISEÑO DEL CIRCUITO	28
3.5.1.	CAPACITORES DE DESACOPLE.....	28
3.5.2.	MAX 232	29
3.5.3.	PANTALLA LCD.....	30
3.6.	DIAGRAMA CIRCUITAL DEL SISTEMA.....	32
3.7.	SOFTWARE PARA OBTENCIÓN DE DATOS.....	32
3.8.	DIAGRAMAS DE FLUJO	34

3.8.1.	PROGRAMA DE LA PRIMERA ETAPA (EXCITADOR DE FM).	35
3.8.1.1.	Detalle del programa.....	36
3.8.1.2.	INTERRUPCIÓN DE RECEPCIÓN USART.....	38
3.8.2.	TRAMAS DE ENVÍO AL EXCITADOR.....	39
3.8.2.1.	TABLA DE LOCALIDADES UTILIZADAS.....	40
3.8.2.2.	EJEMPLO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL EXCITADOR.....	40
3.8.3.	PROGRAMA DE LA SEGUNDA ETAPA (CENTRO DE CONTROL).....	45
3.8.3.1.	Detalle del programa.....	46
3.8.3.2.	TRAMA DE ENVÍO DE LA PRIMERA A LA SEGUNDA ETAPA	47
CAPÍTULO 4		48
DESARROLLO DEL HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) Y LAS COMUNICACIONES.....		48
4.1.	VISUALIZACIÓN LCD PRIMERA ETAPA.....	48
4.1.1.	Presentación.....	48
4.1.2.	Garantizar Mensajes.....	49
4.1.3.	Pantalla de Parámetros.....	50
4.2.	VISUALIZACIÓN LCD SEGUNDA ETAPA.....	50
4.2.1.	Presentación.....	50
4.3.	HMI PC (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PC).....	51
4.3.1.	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	52
4.3.1.1.	Detalle del Programa.....	55
4.3.2.	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL HMI ...	56
4.3.3.	PRESENTACIÓN DEL HMI.....	58
4.3.4.	ÁREA DE TRABAJO DEL PROGRAMA.....	58
4.3.4.1.	Datos de recepción del excitador de FM.....	60

4.3.4.2. Datos a transmitir al excitador de FM.....	61
CAPÍTULO 5	62
PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS.....	62
5.1. PRIMERA FASE.....	62
5.2. SEGUNDA FASE	63
5.3. TERCERA FASE.....	64
5.4. CUARTA FASE	65
5.5. QUINTA FASE	67
CAPÍTULO 6	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	72
6.1. CONCLUSIONES.....	72
6.2. RECOMENDACIONES	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO 1.....	79
DATOS TOMADOS DEL EXCITADOR	79
ANEXO 2.....	85
MANUAL DE USUARIO	85

RESUMEN

La Empresa Ingetrónica presta servicios de mantenimiento preventivo, correctivo y de reparación en las áreas de radio y televisión. Para el presente proyecto se va a tratar a la radio como tema de análisis.

Al brindar un mantenimiento preventivo, se incluyen visitas de rutina, para la toma de información, con el fin de verificar el estado del equipo de transmisión, especialmente el transmisor de FM.

Si se piensa minuciosamente, un excitador de FM es un transmisor, pero de limitadas características, que al acoplarle a un amplificador de potencia se logran los niveles deseados.

El excitador es una parte vital para la cadena de radiodifusión, por ello, si éste falla o tiene algún daño puede provocar que la emisora salga fuera del aire, y como consecuencia las pérdidas económicas son altas, esto motivó al desarrollo de un sistema que permita conocer el estado del equipo desde un centro de control a distancia.

En algunos lugares, especialmente en montañas altas, no existe un medio físico para comunicar, el centro de control, con la caseta de radiodifusión; es por ello que se decide utilizar la red móvil celular como medio de comunicación.

Se utiliza mensajes de texto para enviar de forma codificada la información tanto del Excitador de FM al Centro de Control, y viceversa.

Para poder recibir la información, y que esta sea entendible para el usuario se desarrolla un programa en el entorno Visual Basic, que permite visualizar la información así como controlar al equipo.

El objetivo de tener esta útil herramienta, además de saber los parámetros funcionales diarios del equipo, los técnicos pueden prever complicaciones así como reorganizar visitas de mantenimiento y obtener resultados beneficiosos para la empresa de radiodifusión así como para los técnicos.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto se divide en seis capítulos: Marco teórico; Descripción General de Telemetría, Telecontrol y sus Aplicaciones; Desarrollo del Sistema de Monitoreo y Control; Desarrollo del HMI (Interfaz Hombre-Máquina); Pruebas de Campo, Resultados, Conclusiones y Recomendaciones.

En el primer capítulo, se explica la importancia del proyecto para las empresas de radiodifusión, se detalla acerca del espectro de radiofrecuencia, así como los componentes más importantes de una radio, el objetivo de este capítulo es permitir que el lector tenga una idea clara del proceso que tiene la información que llega a los receptores de cada persona, así como los elementos que intervienen en el mismo.

En el segundo capítulo se presenta la importancia de la telemetría y el telecontrol en una industria, así como las principales formas de comunicación utilizados actualmente para diverso tipo de sistemas.

Se muestran como ejemplo dos tipos de equipo utilizados para la telemetría y telecontrol en una radio de una marca conocida.

En el tercer capítulo se describe el hardware del sistema implementado, para lo cual se desarrolla un diseño de cada etapa del proyecto justificando la selección del equipo utilizado. En cuanto a los programas, se detalla cada proceso realizado por los microcontroladores en cada subsistema tanto para el centro de control, como para el terminal remoto, los cuales se desarrollaron en el software de programación Bascom 2.0.7.1.

Cada sistema de adquisición y transmisión de datos utiliza la comunicación serial, tanto para comunicar el microcontrolador con el Excitador de radio, así como para comunicarse con el módulo GSM, ambas placas son idénticas en elementos pero cada una posee su programa exclusivo para la función que van a desempeñar.

Cada placa posee una pantalla LCD, con el fin de visualizar el proceso que se encuentra realizando el sistema.

En el capítulo cuarto se detalla la interfaz Hombre - Máquina, desarrollado en el software de programación Visual Basic 6.0, dentro de este se especifica cada función que desempeñan los elementos del HMI así como el proceso que se realiza para adquisición, análisis, y transmisión de datos.

Desde el programa se puede monitorear el estado del excitador de FM, visualizando los parámetros de funcionamiento; el usuario está en la capacidad de variar parámetros como encender, apagar el equipo, variar potencia, teniendo así un control óptimo sobre el transmisor de radio.

Dentro de este capítulo se muestra las pantallas LCD con cada uno de los mensajes del programa en cada microcontrolador.

En el capítulo quinto se desarrolla las pruebas y resultados obtenidos a lo largo de la realización del proyecto, detallando las herramientas utilizadas para obtener las tramas de datos del excitador de FM, así como los programas finales a distintas condiciones de funcionamiento.

En el capítulo sexto se muestran las conclusiones deducidas del desarrollo del proyecto considerando las dificultades, limitaciones y mejoras que se pueden lograr en temas similares. También se presentan recomendaciones hacia las personas que van a manipular el equipo, con el fin de evitar fallas en el funcionamiento y obtener un óptimo desarrollo del sistema.

Finalmente se adjunta tablas donde se puede visualizar algunos ejemplos de tramas tomadas del excitador de FM, un manual de usuario, donde se indica el proceso de instalación y puesta en funcionamiento el sistema.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. INTRODUCCIÓN

Ante la problemática situación, en la que muchas veces, se encuentran las distintas Empresas de radiodifusión, así como sus técnicos, en tener información actual y confiable acerca del comportamiento de sus transmisores de radio, ubicados generalmente a horas de distancia de un Centro de Control (Estudio de Grabación y Producción), se presenta la necesidad de contar con un sistema de medición y control, que permita monitorear los parámetros necesarios de un transmisor de radio, con el fin de obtener una comunicación exitosa hacia el radio oyente; por lo que, La Escuela Politécnica Nacional así como la Empresa Ingeniería, plantea y auspicia el presente proyecto.

1.2. EL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Para poder representar las radiaciones de origen electromagnético presentes en la naturaleza se las ordena de acuerdo a la frecuencia y longitud de onda. El espectro radioeléctrico es el rango de frecuencias que son utilizadas en las comunicaciones (radio, televisión, telefonía móvil, etc.).

Este rango de frecuencias radioeléctricas son asignadas por un organismo que tiene competencia en la materia, de tal forma que, distribuya, supervise su utilización de la mejor manera, evite interferencias entre distintos sistemas y se reserven algunas bandas para aplicaciones específicas, como son los servicios públicos, servicios de emergencia, aplicaciones militares, etc. En Ecuador estas son administradas y reguladas por el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).

VOZ MÚSICA	BAJA Frecuencia	MEDIA Frecuencia	ALTA Frecuencia	MUY ALTA Frecuencia	ULTRA ALTA Frecuencia	SUPER ALTA Frecuencia	EXTRA ALTA Frecuencia	LUZ RAYOS X RAYOS COSMICO
<i>VL</i>	<i>LF</i>	<i>MF</i>	<i>HF</i>	<i>VHF</i>	<i>UHF</i>	<i>SHF</i>	<i>EHF</i>	
3 a 30 kHz	30 a 300 KHz	300 a 3000 KHz	3 a 30 MHz	30 a 300 MHz	300 a 3 GHz	3 a 30 GHz	30 a 300 GHz	300 a 3000 GHz
100 a 10 km	10 a 1km	1km a 100m	100 a 10 m	10 a 1m	1m a 10 cm	10 a 1cm	1cm a 1mm	

Figura 1.1 ESPECTRO RADIOELÉCTRICO ^{1 2}

BANDA I	41 a 68 MHz
BANDA II	87.5 a 108 MHz
BANDA III	162 a 230 MHz
BANDA IV	470 a 582 MHz
BANDA V	582 a 960 MHz
BANDA VI	12 GHz (radiodif. Sat.)

Figura 1.2 Bandas de Frecuencias Radiodifusión y Televisión ^{1 2}

Entre los principales usos del espectro radioeléctrico están¹:

- **Televisión Analógica:** utiliza la banda de VHF así como de UHF.
- **Televisión Digital:** utiliza la banda de UHF para emitir pero la optimiza usando cuatro canales digitales por cada canal analógico.
- **Radio Comercial:** siendo la radio FM (Frecuencia Modulada) la más empleada, las emisoras utilizan el espectro radioeléctrico entre 87.5 MHz a 108 MHz.
- **Telefonía Móvil:** El servicio digital GSM utiliza el rango entre 900 y 1800 MHz, mientras que el servicio 3G y 4G trabaja en 2.1 GHz.

¹ **Huidobro** Moya José Manuel/ Telecomunicaciones/ tecnologías redes y servicios/ bandas de frecuencias y principales usos a los que se destinan/ Ra-Ma, 2011/págs. 264, 265, 266.

² **Ramos** Pascual Francisco/ Radiocomunicaciones/Introducción a los Sistemas De Radiocomunicación/Alfaomega, pag.12.

- **Telefonía fija inalámbrica:** trabaja en la banda de 5.8 GHz.
- **Wi-Fi:** usan un rango entre 2.4 y 5 GHz, tienen un ancho de banda amplio óptimo para el internet.
- **Bluetooth:** trabaja en la banda de 2.4 GHz.
- **RFID:** Las etiquetas de identificación de mercancía, generalmente trabajan entre 125 y 148.5 KHz, aunque existen etiquetas que poseen mayor información y trabajan a 13.5 MHz.
- **Control a distancia:** permiten comandar equipos como televisores, videojuegos, etc. Utilizan rangos cercanos al infrarrojo (390THz).

1.3. LA RADIO

Es un medio de comunicación que basa su funcionamiento en el envío de señales de audio a través de ondas de radio. Estas ondas no necesitan un medio físico para transportarse pues pueden propagarse a través del vacío.

En una empresa dedicada a la radiodifusión, se encuentran gran cantidad de elementos, se empieza desde el Estudio de Producción y Grabación, la caseta de transmisión, hasta finalizar con los receptores individuales en cada hogar, oficina, vehículos, etc. Al conjunto de todos estos dispositivos se los divide en dos grupos: equipos de baja frecuencia y de alta frecuencia.

Los equipos de baja frecuencia conforman todos aquellos instrumentos que generan, analizan y procesan la señal que va a ser enviada al radioyente, entre estos se encuentran: consola, micrófonos, híbrido telefónico, etc.

1.3.1. CONSOLA



Figura 1.8 Consola AXIA IQ ³

Es uno de los elementos más importantes en el proceso de radiodifusión, puesto que permite recibir las diferentes señales de audio y encaminarlas al correcto dispositivo; éste puede ser, un elemento de grabación o un sistema de procesamiento.

Una consola para radio es especial, puesto que posee características como son: el direccionamiento de audio flexible, salida “plana”; interfaz telefónica, entre otras.

1.3.2. PROCESADOR DE AUDIO



Figura 1.9 PROCESADOR DE AUDIO ORBAN 8600 ⁴

³ **AXIA**, Consoles and IP Audio, Consola IQ
<http://axiaaudio.com/iq>

Una vez que se encamina la señal de audio a través de la consola, dicha señal es enviada al procesador de audio. Este dispositivo permite manipular propiedades de la señal de audio proveniente de la consola.

Para tratar esta señal, un procesador de audio básico toma las dos líneas de audio (L y R) provenientes de la consola, las hace pasar por un Control de Ganancia Automático para establecer los niveles nominales del sistema, posteriormente la señal se envía a un limitador de audio, con el fin de prevenir sobre-modulación y al finalizar este proceso las salidas alimentan a un Generador Estéreo para la conversión de los canales Izquierdo y Derecho, en una señal FM de banda base compuesta.

Al utilizar un procesador de audio, se puede dar en tiempo real, un tratamiento a la señal, ya sea de ecualización, limitación, delay, crossover electrónico, etc. o la combinación de los mismos.

1.3.3. TRANSMISOR DE RADIOENLACE

El transmisor de radioenlace o también llamado STL (Studio Transmitter Link) es un dispositivo electrónico que toma la señal compuesta (MPX⁵), generada por el procesador de audio y la ingresa a un modulador para ser transformado en FI Frecuencia Intermedia (10.7 MHz), posteriormente dicha señal ingresa a un mixer y es aquí donde se une con la frecuencia generada por el oscilador, para luego ser transformada en una señal de RF(Radio Frecuencia) y poderla transmitir a través de una línea de transmisión y llegar a una antena.

⁴ **ORBAN** World Class Professional Broadcast Technology, Procesador de Audio.

<http://www.orban.com/products/radio/fm/8600/>

⁵ **MPX**: Señal Estéreo Multiplexada, esta señal resultante me permite modular un conjunto de señales bajo una única frecuencia.

1.3.4. RECEPTOR DE RADIOENLACE

Una vez enviada la información, a través de la antena ubicada en el estudio, el receptor de radioenlace toma la señal de RF para luego enviarla a un filtro de RF, en este filtro se selecciona la información útil que se encuentra sintonizada a la frecuencia configurada por el oscilador del radioenlace, ej: 950 MHz; una vez filtrada la señal ingresa al "Mixer" que es la etapa donde se une la señal de RF y la frecuencia del enlace con el objetivo de obtener FI (Frecuencia Intermedia), ésta frecuencia se encuentra en 10.7 MHz, con la información a dicha frecuencia entra al demodulador para poder recuperar la señal monoaural o MPX (Multiplexada), la misma que va a ser enviada al excitador del transmisor de FM.

El oscilador de un radioenlace configura al equipo la frecuencia en que va a recibir la información.

1.3.5. TRANSMISOR DE FM

1.3.5.1. Excitador o Modulador de FM

Este dispositivo trabaja en la banda de 88 MHz a 108 MHz, toma la señal multiplexada o monoaural que entrega el Receptor de enlace e ingresa a una etapa de modulación para ser transformado en FI (Frecuencia Intermedia); a continuación dicha señal ingresa a un mixer, donde se une con la frecuencia generada por el oscilador de FM, para luego ser transformada en una señal RF. Esta señal ya puede ser enviada a una línea de transmisión y posteriormente a una antena, pero a una potencia baja.

1.3.5.2. Amplificador de FM

Este dispositivo toma la señal de RF generada por el Excitador de FM y después de varias etapas de amplificación se entrega una nueva señal de RF de mayor potencia, dependiendo de las necesidades requeridas Ej. 1 [KW], 2 [KW], etc.

Esta señal es enviada a la línea de transmisión, y con ello, a una antena, para posteriormente recibir la señal en cada uno de los receptores móviles.

1.3.6. LA ANTENA



Figura 1.10 Antena Dipolo de FM Marca SIRA ⁶

Es un dispositivo que permite comunicar dos lugares distintos enviando o recibiendo información mediante ondas electromagnéticas.

- En el caso de que la antena vaya a transmitir, una corriente eléctrica de alta frecuencia, induce un campo electromagnético que va a ser irradiado al espacio.
- En el caso de que la antena vaya a recibir, intercepta las ondas electromagnéticas provenientes del espacio e induce una corriente eléctrica de alta frecuencia, la cual es enviada al receptor para que la señal sea demodulada.
- La ganancia de una antena es muy importante, ya que viene a ser la potencia de amplificación de la señal al entorno que se va a transmitir. Se mide en decibelios.

⁶ SIRA, SISTEMIRADIO, Products, FM ANTENNAS, FM-04

<http://www.sira.mi.it/en/products/broadcasting/8/fm-antennas/209>

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE TELEMETRÍA, TELECONTROL Y SUS APLICACIONES

2.1. TELEMETRÍA Y TELECONTROL

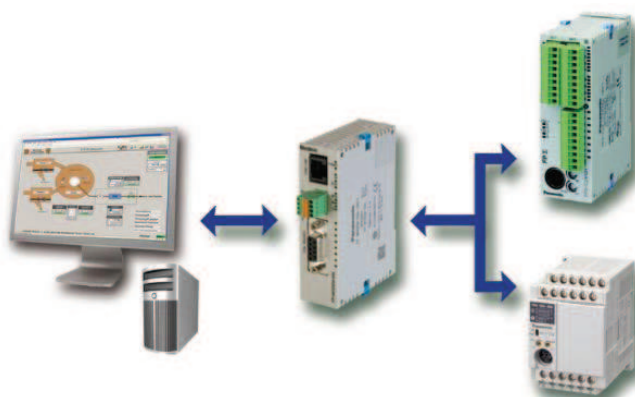


Figura 2.1 Aplicación PLC Panasonic ⁷

La telemetría es la tecnología que permite realizar mediciones remotas de ciertas variables físicas y enviarlas hacia un centro de control. El telecontrol permite enviar información a distancia utilizando un medio de transmisión, como puede ser cable, radiofrecuencia, etc., con el fin de controlar un sistema remoto.

La comunicación entre equipos que se encuentran distanciados uno del otro, no es una aplicación nueva, se ha venido utilizando y desarrollando con el pasar de los años, por ejemplo el telecontrol de niveles de contaminación del ambiente, domótica, telecontrol en vehículos, etc.

⁷ Panasonic, Telecontrol con PLC Panasonic.

<http://www.panasonic-electric-works.com/peweu/en/html/21423.php3>

La aplicación que se ha desarrollado con respecto a este tema, es la telemetría y el telecontrol de un transmisor de radio FM utilizando la red móvil celular a través de mensajes cortos de texto (SMS).

2.2. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

Las tecnologías inalámbricas han venido desarrollándose dependiendo del uso, alcance y ubicación. Entre las tecnologías más utilizadas están: tecnología móvil celular (GSM, GPRS), WLAN, Bluetooth, ZigBee, etc.

2.2.1. WLAN (Wireless LAN)



Figura 2.2 WAN, LAN, WLAN ⁸

Es un sistema de comunicación que utiliza ondas electromagnéticas con el fin de enviar y recibir información, un claro exponente de la utilización de WLAN para telecomunicación es el Wi-Fi que utiliza la banda ISM ⁹ de 2.4 GHz o de 5GHz, pero su alcance es limitado a pocos cientos de metros. ¹⁰

⁸ Barcode4less, Wireless networking

<http://www.barcode4less-usa.com/Services.htm>

⁹ ISM: Son bandas reservadas para un uso no comercial en áreas: industria, medicina, ciencia.

¹⁰ Huidobro Moya José Manuel/Telecomunicaciones, tecnologías redes y servicios/ COMUNICACIONES M2M/ Ra-Ma, 2011/Pg.304.

2.2.2. BLUETOOTH



Figura 2.3 Módulo Bluetooth ¹¹

Es un sistema de comunicación utilizado en distancias cortas, tanto en áreas de trabajo como en espacios públicos, sustituye a la comunicación con infrarrojos, esta tecnología es de pequeña escala y bajo costo, opera en la banda ISM de 2.4 GHZ. ¹¹

2.2.3. ZIGBEE

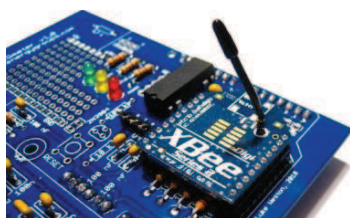


Figura 2.4 Módulo ZigBee ¹²

Es un sistema para comunicación de datos a corto alcance, utiliza pequeñas radios digitales de baja potencia, está dirigido a aplicaciones que requieren una velocidad de datos baja, una red segura y larga duración de la batería, opera en las bandas ISM: 868MHz en Europa, 915 MHz en E.E.U.U. y Australia, y 2.4 GHz en todas las partes del mundo. ¹³

¹¹ **Bluetooth Amplifier**, Bluetooth transceiver

<http://bluetoothamplifier.blogspot.com/>

¹² **Smartenergygroups.com**, ZigBee.

<http://smartenergygroups.com/samotage/posts/87-SEGmeter-Zigbee-Kit>

¹³ **Wikipedia la enciclopedia libre**, ZigBee.

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

2.2.4. RFID (Identificación por Radiofrecuencia)



Figura 2.5. RFID¹⁴

Este sistema utiliza Ondas Electromagnéticas para transmitir la información. Los elementos básicos para la tecnología RFID son: etiqueta electrónica (tags), lector de tags, base de datos.

Las etiquetas llevan incorporado un microchip donde se almacena la información o código, el lector envía ondas electromagnéticas, las cuales son captadas por la etiqueta a través de una antena. Este tipo de ondas activan al chip, el cual mediante una microantena responde al lector proporcionándole la información guardada.

¹⁴ **Wikipedia la enciclopedia libre, RFID.**

http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

2.2.5. REDES GSM

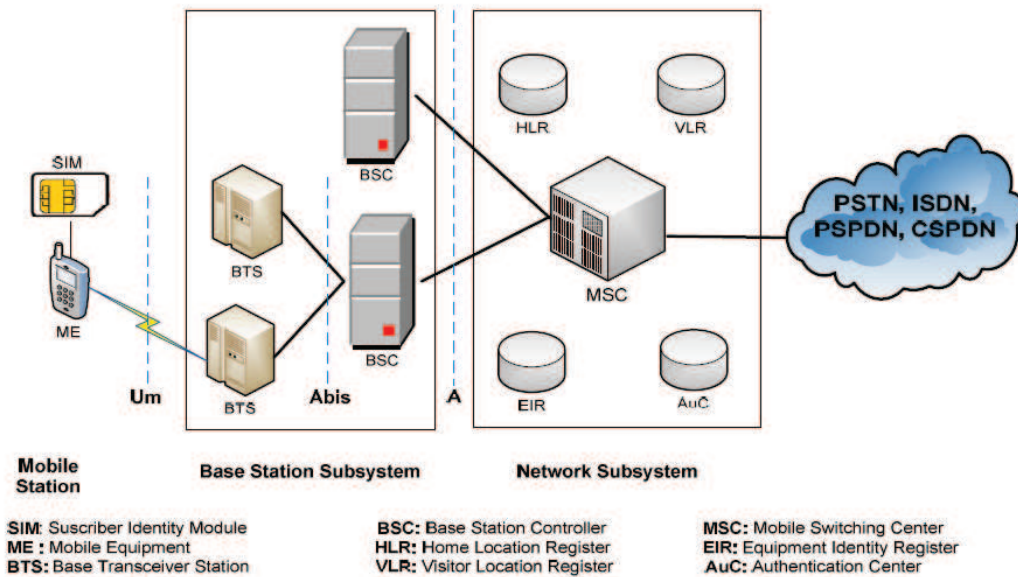


Figura 2.6 Arquitectura de la Red GSM ¹⁵

Al acceder a la red GSM se accede a una antena cercana, o a una que se encuentre disponible de acuerdo a la cantidad de abonados presentes en el entorno, entre las técnicas de acceso múltiple a dicha antena se tienen las siguientes:

Se denomina acceso múltiple por división de frecuencia, cuando el sistema asigna una frecuencia para cada cliente. En un sistema digital, se lo puede hacer en distintos intervalos de tiempo, lo que se conoce como acceso múltiple por división del tiempo.

El sistema Europeo integra las 2 técnicas, cuando una persona llama le asignan una frecuencia y dentro de ésta se le asigna un tiempo, lo que aumenta el número de llamadas disponibles.

¹⁵ **Reinoso** Andy, Tocain Christian, Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una Plataforma Open-Soft (Linux), Escuela Politécnica Nacional, Junio 2009, Pg. 42.

Entre los beneficios que se tienen: envío de datos a una velocidad baja, envío de fax, mensajes cortos (SMS), restricción de llamadas, desvío de llamadas, etc.¹⁶

2.2.5.1. ESTRUCTURA DE LA RED

Un sistema celular posee celdas (células) de mayor a menor tamaño, las mismas que permiten aumentar el número de usuarios mediante la reutilización de frecuencias, dividiendo el territorio al que se pretende dar el servicio. Una red de comunicaciones móviles GSM está compuesta por los siguientes elementos:

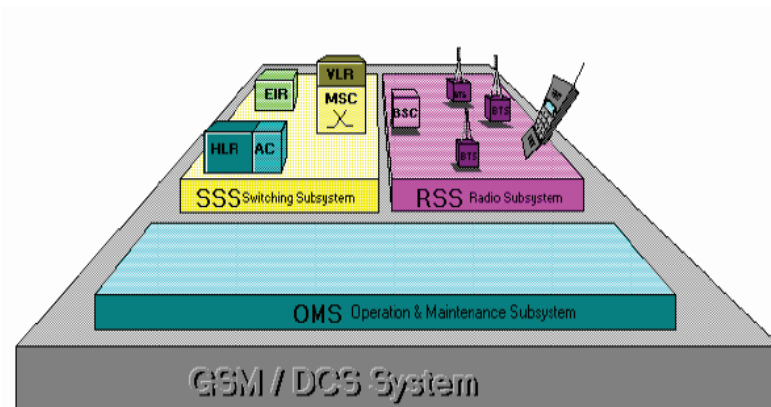


Figura 2.7 Subsistemas Funcionales de un área GSM ¹⁷

- **Estaciones Móviles (MS)**

Son los equipos móviles GSM, que brindan el servicio en sí, al usuario.

- **Estaciones Base (BTS)**

Su función es mantener el enlace radioeléctrico, durante la comunicación, entre la estación de control de servicio (BSC) y la estación móvil; pueden atender a una o varias estaciones móviles. Otorga la cantidad de canales de radio al sector que se brinda el servicio.

¹⁶ Huidobro Moya José Manuel/ Telecomunicaciones, tecnologías redes y servicios/ REDES GSM/ Ra-Ma, 2011/Pg. 272, 273.

¹⁷ Corrales, Luis, "GSM-GPRS Orígenes y Evolución", pág. 38.

- **Estaciones de Control (BSC)**

Su principal función es la de gestionar y mantener el servicio. Debe conocer las estaciones móviles presentes en cada sector y proveer el servicio, en el caso que el cliente se desplace entre celdas colindantes permite realizar la conmutación entre la celda anterior y la nueva celda sin interrumpir la comunicación.

- **Centro de conmutación (MSC)**

Permiten la comunicación entre las redes públicas y privadas con la red GSM, es el encargado del control de llamadas ya sea para fijar, direccionar y terminar la llamada.

- **Registro de localización de suscriptores (HLR)**

Su principal función es registrar permanentemente datos importantes de usuario de la red. Almacena la información de suscripción de cierto número de abonados. Contiene información para el direccionamiento de llamadas.

- **Registro de localización de visitantes (VLR)**

Su función principal es mantener la información temporal de movilidad de los usuarios visitantes en un área determinada.

- **Centro de Autenticación (AC)**

Su función es gestionar la seguridad en una red celular, puesto que posee los algoritmos de verificación para que pueda el cliente acceder a dicha red.

- **Registro de Identificación de Equipos (EIR)**

Contiene una base de datos, con la cual se puede validar un terminal móvil para ser utilizado en la red celular mediante el IMEI¹⁸.

¹⁸ IMEI: Es un código que identifica a un terminal móvil, entre la información contenida está El fabricante, y el número de serie del equipo.

2.2.5.2. Servicio de mensajería Corta (SMS)

Es un servicio que se encuentra disponible en equipos móviles, mediante el cual el cliente puede enviar mensajes cortos de texto de máximo 160 caracteres, entre letras, números o caracteres especiales a través de la red GSM.

Generalmente este servicio se utiliza en teléfonos móviles, como mensajería personal, aunque se puede dar otras aplicaciones como en sistemas automatizados, por ejemplo concursos que otorgan premios por el envío de determinado tipo de mensajes, utilización del mensaje de texto como medio de transmisión de información de un proceso, etc.

Entre los beneficios que tiene el usuario depende de las aplicaciones que el proveedor ofrezca, entre ellas: alertas y notificaciones, garantía en entrega de mensajería, etc.

2.2.5.3. Arquitectura de la Red

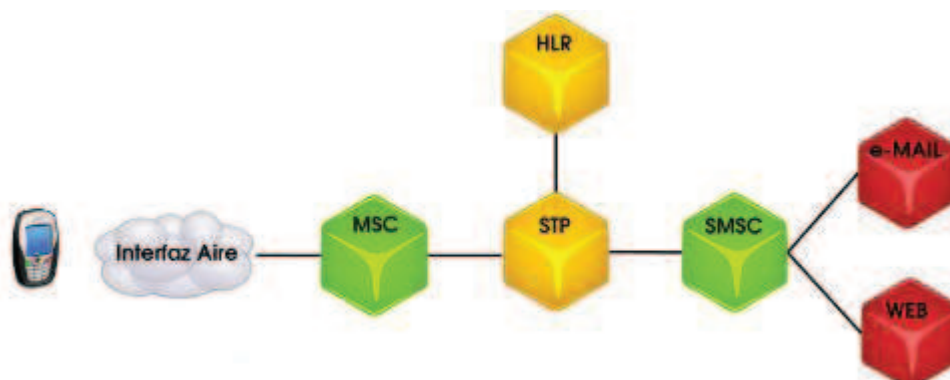


Figura 2.8 Arquitectura de red SMS ¹⁹

¹⁹ **Universidad de Málaga**, Una aplicación de la Tecnología de Comunicación Móvil a la atención Primaria de la Salud, Arquitectura red SMS.

<http://www.sicuma.uma.es/sicuma/independientes/argentina08/Brys-Kurtz/index.html>

Para el servicio SMS se basa en la arquitectura GSM, pero adicionalmente se tienen sistemas como son:

✓ **SME (Entidad de mensajería Corta)**

Es el dispositivo que tiene la capacidad de recibir o enviar mensajes cortos, entre ellos pueden ser teléfonos celulares, computadores, etc.

✓ **SMSC (Centro de Servicios de Mensajería Corta)**

Es un sistema que tiene la capacidad de recibir, guardar si el destino no se encuentra disponible, y retransmitir un SMS a través de la red.

✓ **STP (Punto de Transferencia de Señal)**

Es un elemento de red que permite interconexiones con múltiples elementos de la red.

2.3. TELEMETRÍA EN LA RADIO

En la actualidad existen gran cantidad de equipos utilizados para telemetría en un sistema de radiodifusión, que permiten monitorear el estado de un transmisor de radio, como es el caso de este proyecto. A continuación se presenta algunos ejemplos de una marca conocida como es el caso de ELENOS, así como sus características más importantes.



Figura 2.9 Echos3 GSM Mando a Distancia ²⁰

²⁰ ELENOS Broadcast Experience, Products.

<http://www.elenos.com/products/echos-3-gsm-remote-control/>

Es un sistema de control remoto que permite monitorear y controlar hasta 8 señales analógicas y hasta 8 señales digitales. Todas las entradas son programables, las salidas son de contacto seco (on/off, positivo/negativo).



Figura 2.10 Ebox Remote Control ²¹

Es una unidad de control remoto equipado con servidor web y el protocolo SNMP (Simple Network Management Protocol). Este módulo puede ser adaptado a excitadores, amplificadores, unidades de telemetría, etc.

Actualmente los nuevos transmisores de radio, vienen listos para ser integrados a un sistema para control remoto, dentro de los cuales existen aplicaciones para i-phone, o sistemas Android, entre otras ventajas. ²²

²¹ **ELENOS** Broadcast Experience, Products.

<http://www.elenos.com/products/ebox-web-snmp-remote-control/>

²² **ELENOS** Broadcast Experience, Products.

<http://www.elenos.com/products/fm-transmitter-indium-etg-100w-2000w/>

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL

Para la elaboración del proyecto se utilizó un excitador PTX30 LCD, este dispositivo toma la señal multiplexada del Receptor de enlace para posteriormente enviarla a un Amplificador de FM. En este dispositivo se pudo interpretar la información que se envía al computador a través del puerto serial RS-232; mediante el cual se logra tomar las medidas de los parámetros importantes para una transmisión exitosa de radio. La comunicación inalámbrica se lleva a cabo utilizando dos módulos GSM SIM 900.

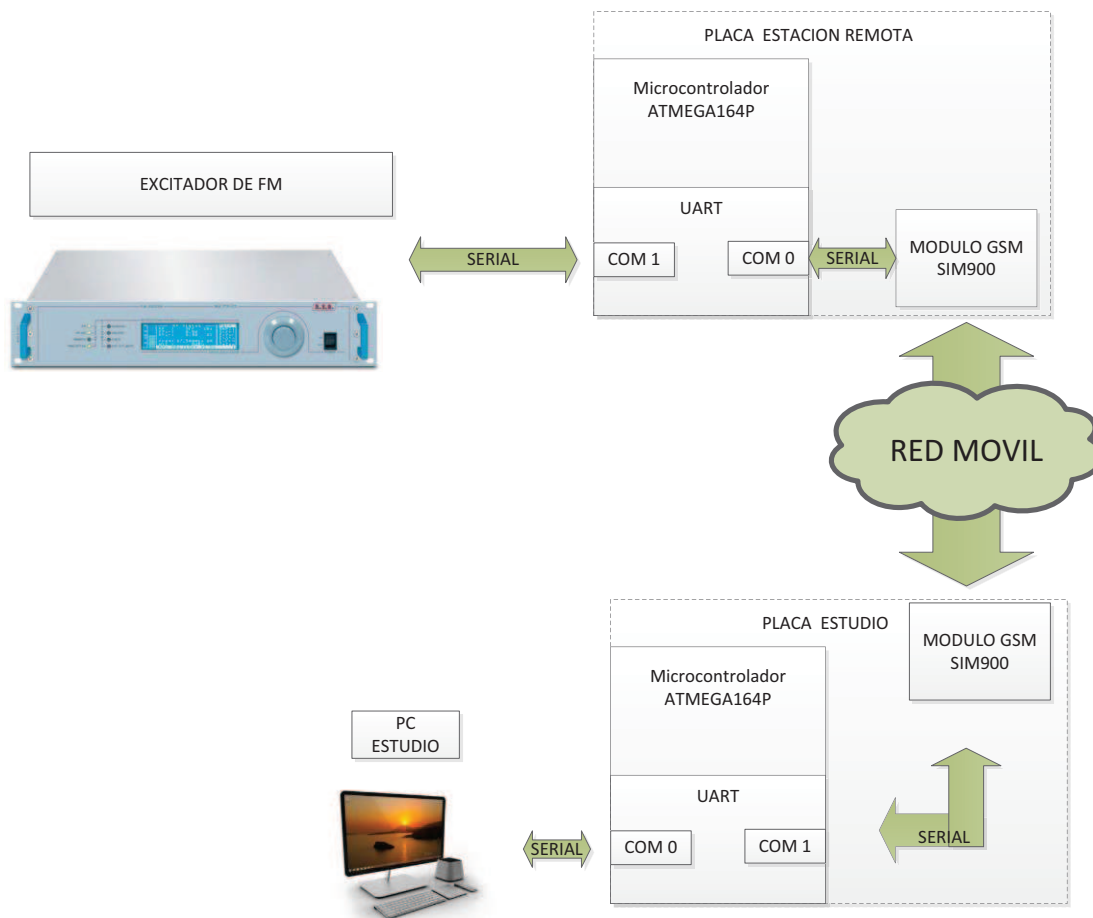


Figura 3.1. Diagrama de Bloques del Sistema

3.1. PTX30 LCD

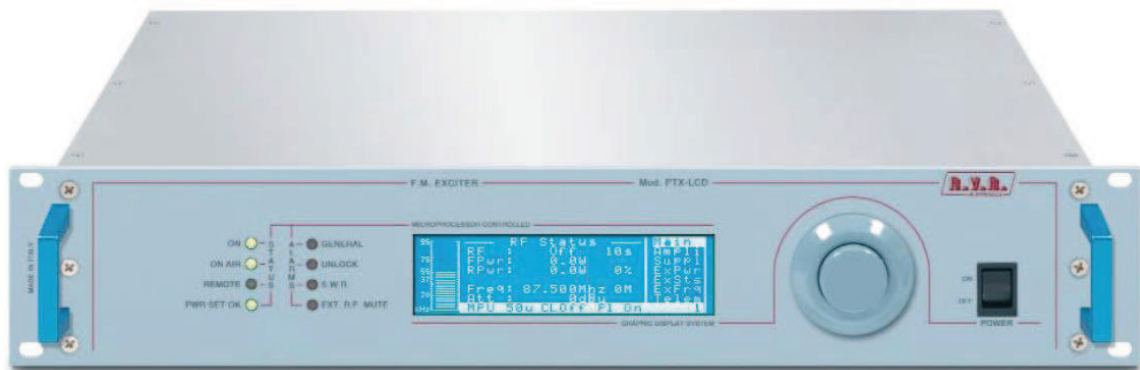


Figura 3.2 PTX30LCD ²³

Es un Excitador de FM que funciona de 0 a 30 [W] de Potencia, trabaja en las bandas de frecuencia de 87.5 a 108 MHz, con pasos de 10 KHz.

- Posee una interfaz de usuario que consiste en una Pantalla de Cristal Líquido con una perilla, esta interfaz permite visualizar y configurar los parámetros relacionados al funcionamiento del equipo.
- Este equipo tiene la capacidad de recibir datos e integrarlos a un sistema de transmisión, pudiendo interactuar con otros equipos como son amplificadores, relés, u otros excitadores.
- Posee un interfaz de Control a través de RS232, RS485, I2C.
- Posee Entradas Izquierda y Derecha analógicas de audio, entradas mono, señal Compuesta MPX.
- Como opción adicional posee Control Remoto, es un sistema de telemetría que permite tener información del sistema mediante un modem GSM.

²³ R.V.R, Elettronica Broadcasting equipment, General Catalog
<http://www.rvr.it/en/index.php>

3.2. MÓDULO GSM SIM 900

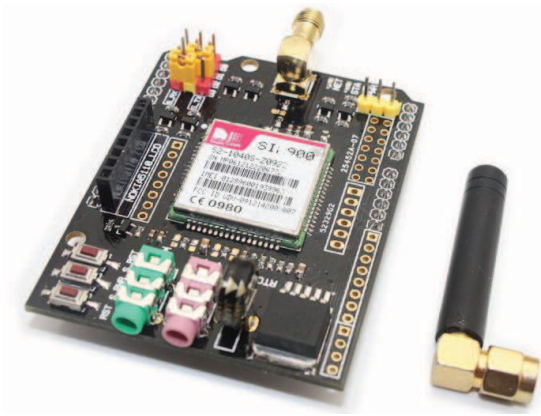


Figura 3.3. Sim 900 ²⁴

Es un módulo inalámbrico que permite transmitir información a través de la red celular mediante mensajería corta, audio, o GPRS. ²⁴

- Se configura y controla a través del UART, a través de comandos AT.
- Se puede configurar el puerto UART, a cualquier pin del D0 a D3, a través de los bloques de 2 jumpers ya sea por Hardware o Software.
- Posee un capacitor para RTC(Real Time Clock)
- Trabaja en las bandas e 850/900/1800/1900 MHz.
- La fuente de voltaje debe estar en un rango de 3.1 a 4.8 [V] (para el módulo SIM900).
- Tiene un bajo consumo de energía: 1.5 [mA] (en modo de reposo)

²⁴ **ELECFREAKS**, GPRS SHIELD EFCOM.

<http://www.electronics.com/store/gprsgsm-shield-efcom-p-415.html>

<http://www.electronics.com/3080.html>

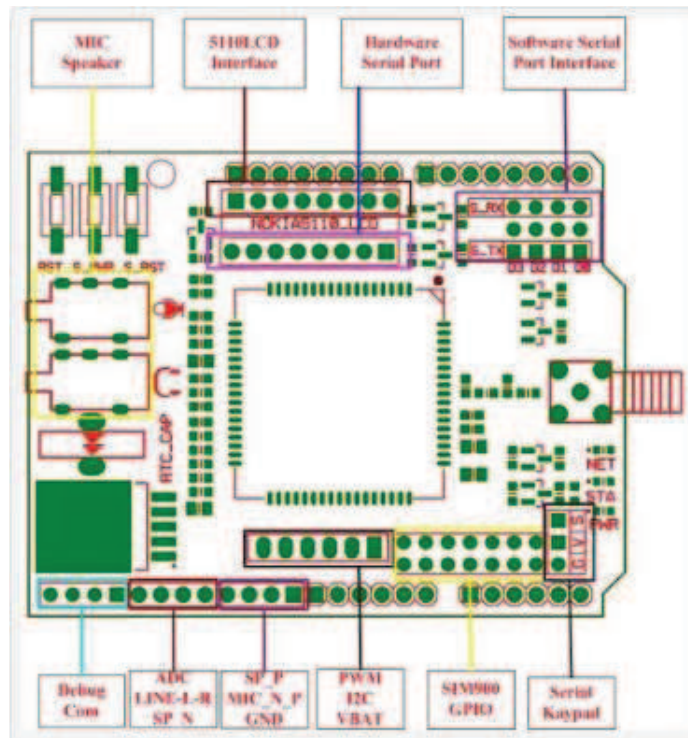


Figura 3.4 Diagrama Módulo sim 900 (Vista Superior) ²⁴

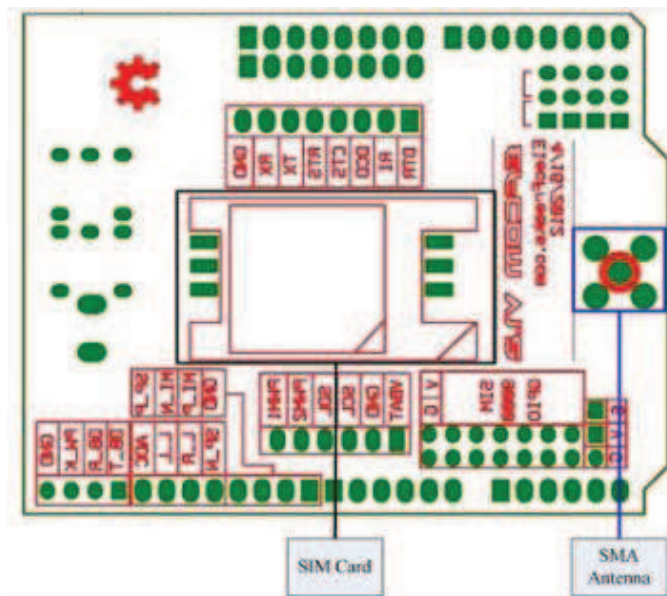


Figura 3.5. Diagrama Módulo sim 900 (Vista Inferior) ²⁴

3.2.1. COMANDOS AT

La traducción de “AT Command”, son instrucciones codificadas para la comunicación hombre-máquina. Existen gran cantidad de dispositivos que utilizan comandos AT para comunicarse entre ellos, un ejemplo puede ser: módems de telefonía móvil, dispositivos bluetooth, etc.

El Comando AT debe ser escrito al comienzo de cada línea de comando.

La línea de comando acepta como máximo número de caracteres hasta 556, si se excede esa cantidad, el Adaptador del terminal devolverá ERROR.

Antes de enviar otra línea de comando se debe esperar la respuesta al último comando enviado (ejemplo OK, ERROR).

Entre los principales comando AT tenemos²⁵:

- ❖ **ATE=0 o 1** Por default se encuentra en 1, activa o desactiva el modo eco.
- ❖ **ATS3** Define el carácter para fin de línea.
- ❖ **ATS4** Define el carácter de formato de respuesta.
- ❖ **ATQ=0 o 1** Por default se encuentra en 0, activa o desactiva la respuesta.
- ❖ **AT+CMGF** Define el formato que van a tener los mensajes (1= modo texto).
- ❖ **AT+CMGS** Envía el mensaje SMS.
- ❖ **AT+CMGR** Recibe el mensaje SMS.
- ❖ **AT+CMGD** Borra los mensajes dependiendo de los requerimientos.
- ❖ **AT+CMGL** Lista los mensajes SMS guardados.
- ❖ **AT+CMGW** Guarda mensajes en la memoria.

²⁵ **ELECFREAKS**, GPRS SHIELD EFCOM, Comandos AT.

http://elecfreaks.com/store/download/datasheet/rf/SIM900/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.03.pdf

3.3. MICROCONTROLADOR ATMEGA164P

Para el proyecto se emplean dos microcontroladores ATMEGA164P, cada uno es encargado de recibir la información del dispositivo con el que se comunican, ya sea el Excitador de FM o el PC del Centro de Control, procesan los datos y reenvían información nueva a los módems GSM.

Entre las características técnicas que posee el microcontrolador están:

- Arquitectura RISC
 - 131 Instrucciones
 - 32x8 Registros de Trabajo de Propósito General.
 - Sobre las 20 MIPS con cristal de 20 MHz
- Segmento de memoria no volátil
 - 16 KBytes de memoria de programa Flash
 - 512 bytes de EEPROM
 - 1 KBytes de SRAM interna
- Periféricos
 - Dos Timers/contadores de 8 bits con prescalador y modos de comparación
 - Un Timer /Contador de 16 bits con prescalador, modo de comparación, captura.
 - Contador en tiempo real con Oscilador separado
 - 6 canales PWM (Modulación de Ancho de Pulso)
 - 8 canales de 10 bit (Convertor Análogo Digital)
 - Dos módulos seriales programables USART
 - Interface serial SPI Maestro/Esclavo
 - WatchDog programable con Oscilador Externo
 - Fuentes de Interrupción Internas y Externas
- Puertos de Entrada y Salida
 - 32 líneas de entrada y salidas programables
- Voltaje de operación
 - 1.8 a 5.5[V] ²⁶

La distribución de pines del microcontrolador ATMEGA164P se presenta en la **Figura 3.6.**

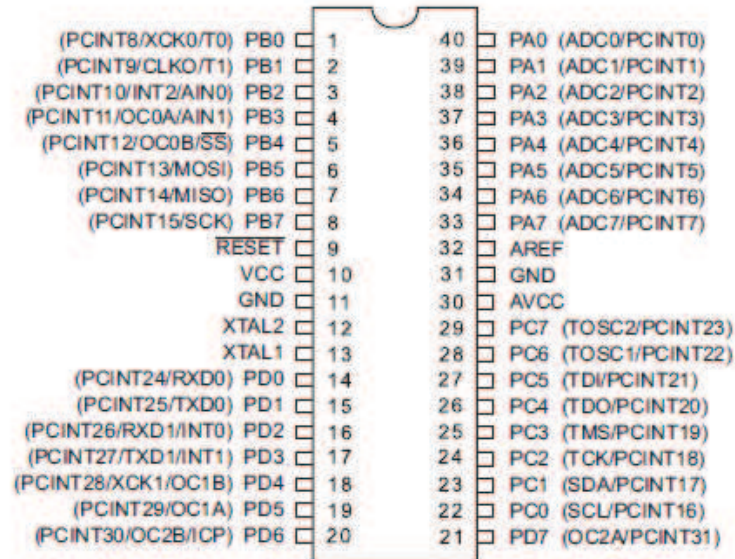


Figura 3.6. Distribución de Pines ATMEGA164P ²⁶

3.3.1. RECURSOS UTILIZADOS DEL MICROCONTROLADOR

En el proyecto se establecen 2 Etapas de funcionamiento la Primera Etapa consiste en la programación, y elaboración de la placa remota, que va a ir acompañada al Excitador de FM, se encarga de recibir todos los datos que envía el equipo, los analiza, los procesa y reenvía la información a la Segunda Etapa.

La Segunda Etapa consiste en la programación y elaboración de la placa que va a ubicarse en el Centro de Control, ésta a su vez es la encargada de recibir los datos provenientes de la placa remota y enviarlos al computador, al respectivo HMI.

²⁶ **ATMEL**, Design Support, Datasheets, Atmega164P.

<http://www.atmel.com/Images/doc8011.pdf>

3.3.1.1. PRIMERA ETAPA (EXCITADOR DE FM)

Tabla 3.1: Recursos utilizados del microcontrolador Atmega164p, Placa Remota.

Pin	I/O	Descripción
PA0	-----	-----
PA1	-----	-----
PA2	-----	-----
PA3	-----	-----
PA4	-----	-----
PA5	-----	-----
PA6	-----	-----
PA7	-----	-----
PB0	Salida	Reset modem GSM
PB1	Salida	Activa el Power Key del GSM
PB2	-----	-----
PB3	-----	-----
PB4	-----	-----
PB5	-----	MOSI del Programador
PB6	-----	MISO del Programador
PB7	-----	SCK del Programador
PC0	Salida	Señal RS del LCD
PC1	Salida	Señal E del LCD
PC2	Salida	Dato D4 del LCD
PC3	Salida	Dato D5 del LCD
PC4	Salida	Dato D6 del LCD
PC5	Salida	Dato D7 del LCD
PC6	-----	-----
PC7	-----	-----
PD0	Entrada	Recepción Proveniente del GSM
PD1	Salida	Transmisión al GSM
PD2	Entrada	Recepción del dato del Excitador de FM
PD3	Salida	Transmisión del dato al Excitador de FM
PD4	-----	-----
PD5	-----	-----
PD6	-----	-----
PD7	-----	-----

3.3.1.2. SEGUNDA ETAPA (CENTRO DE CONTROL)

Tabla 3.2: Recursos utilizados del microcontrolador Atmega164p, Placa Estudio.

Pin	I/O	Descripción
PA0	-----	-----
PA1	-----	-----
PA2	-----	-----
PA3	-----	-----
PA4	-----	-----
PA5	-----	-----
PA6	-----	-----
PA7	-----	-----
PB0	Salida	Reset modem GSM
PB1	Salida	Activa el Power Key del GSM
PB2	-----	-----
PB3	-----	-----
PB4	-----	-----
PB5	-----	MOSI del Programador
PB6	-----	MISO del Programador
PB7	-----	SCK del Programador
PC0	Salida	Señal RS del LCD
PC1	Salida	Señal E del LCD
PC2	Salida	Dato D4 del LCD
PC3	Salida	Dato D5 del LCD
PC4	Salida	Dato D6 del LCD
PC5	Salida	Dato D7 del LCD
PC6	-----	-----
PC7	-----	-----
PD0	-----	Recepción Proveniente del GSM
PD1	-----	Transmisión al GSM
PD2	-----	Recepción del dato del Computador
PD3	-----	Transmisión del dato al Computador
PD4	-----	-----
PD5	-----	-----
PD6	-----	-----
PD7	-----	-----

3.4. COMUNICACIÓN SERIAL RS-232

Es una interfaz de comunicación serial asíncrona, su principal aplicación se ha dado para comunicar una computadora con otras, o con distintos dispositivos tales como son programadores, impresoras, etc.

Posee características como son:

- Es un sistema desbalanceado.
- Trabaja con lógica invertida ± 12 [V], aunque también puede trabajar con voltajes comprendidos entre 3 y 15 [V].

Tabla 3.3: Niveles de voltaje Interfaz RS232.

1L	-3 ⁻ 15	[V]
0L	3 ⁺ 15	[V]

- Posee una impedancia característica de 3 a 7 [K Ω].
- Puede transmitir hasta distancias de hasta 15m (50 pies) dependiendo de la velocidad.

3.4.1. MAX 232

Para comunicar el PC u otro equipo que posea puerto RS232, con un microcontrolador, es necesario establecer una interfaz que eleve o baje el voltaje y además de esto lo invierta.

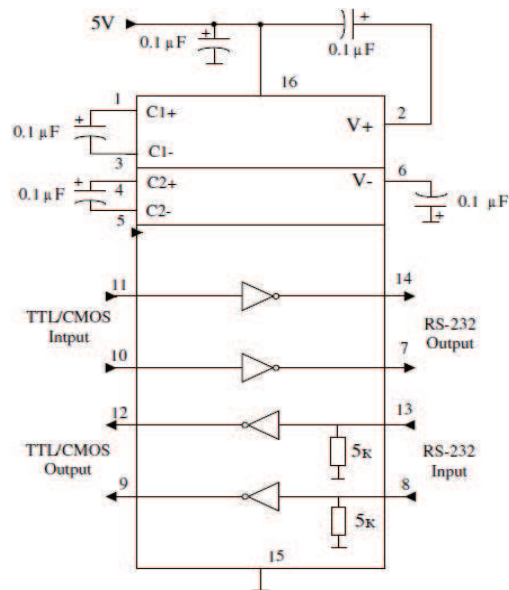


Figura 3.7 Circuito Max 232²⁷

3.5. DISEÑO DEL CIRCUITO

3.5.1. CAPACITORES DE DESACOPLE

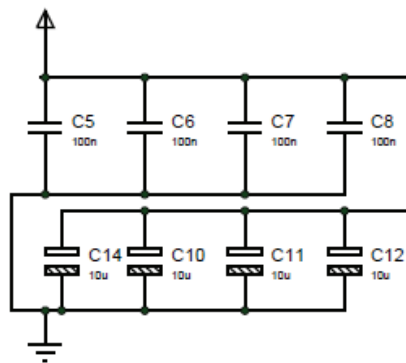


Figura 3.8. Capacitores de desacople

²⁷ Tiger Electronic Co., Ltd., datasheet, Circuito Max 232.

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/447440/TGS/MAX232.html>

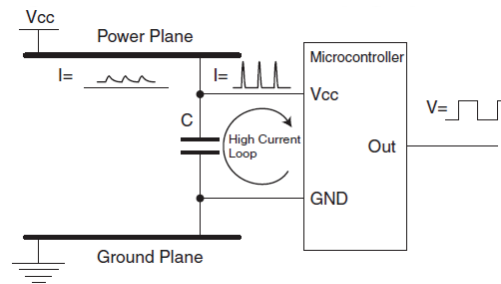


Figura 3.9. Correcta localización del capacitor de desacople.²⁸

Se coloca capacitores de desacople para eliminar el ruido producido entre las líneas de Vcc y GND. Estos capacitores se adaptan en una configuración de 100 [nF] y 10 [uF] en paralelo, de acuerdo a las especificaciones del fabricante.^{28 29}

Microcontrolador: Se localizaron 2 configuraciones entre las líneas de VCC y GND; AVCC y AGND.

Max 232 y Módulo GSM, se localiza una configuración para cada dispositivo entre VCC y GND.

3.5.2. MAX 232

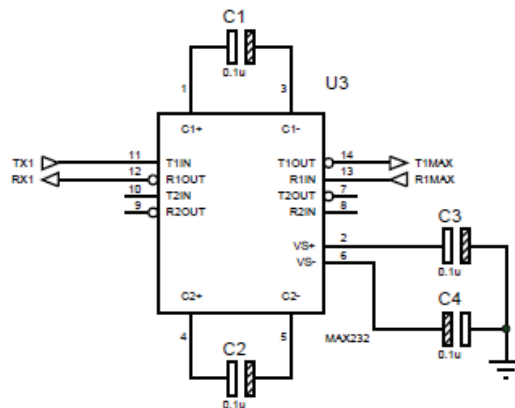


Figura 3.10 Diagrama Circuital Max 232

²⁸ **ATMEL**, Design Support, Datasheets, AVR040: EMC Design Considerations.
<http://www.atmel.com/images/doc1619.pdf>

²⁹ **ATMEL**, Design Support, Datasheets, EMC Improvement Guidelines.
<http://qaswww.atmel.com/images/doc4279.pdf>

Se coloca capacitores de 0.1 [uF] para la Interfaz de comunicación serial RS-232, con el fin de comunicar los microcontroladores con el excitador de FM (primera etapa), así como con la PC (segunda etapa).

El valor de los capacitores, son establecidos conforme lo recomienda el fabricante.²⁷

3.5.3. PANTALLA LCD

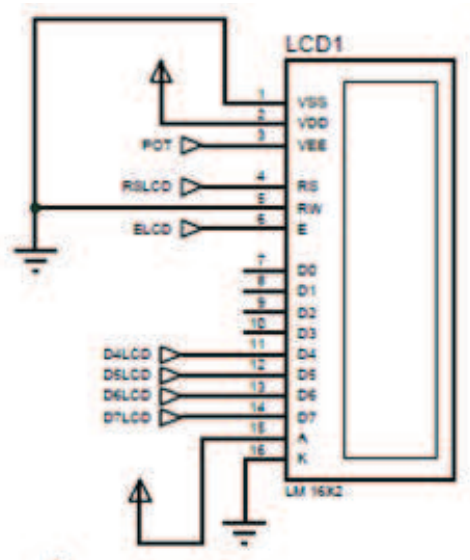


Figura 3.11 LCD16X2

Para visualizar los parámetros del Excitador se utiliza una pantalla LCD de 16X2, de color negro con letras blancas (PLACA REMOTA).

Para visualizar el proceso de envío y recepción del dato a través de GSM se utiliza una pantalla LCD de 16X2, de color azul con letras blancas (PLACA ESTUDIO).

- **Control de Contraste**

- ✓ Para controlar el contraste de la imagen se coloca un potenciómetro de 10 [K Ω].
- ✓ Mediante el circuito se realiza un control de la cantidad de píxeles que aparecen en la pantalla. En la **Figura 3.12**, se tiene una variación del voltaje entre VDD (Fuente) y VSS (GND), mediante un potenciómetro.

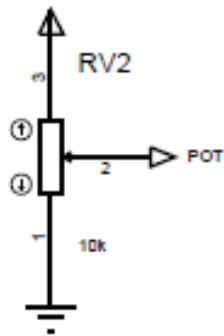


Figura 3.12 Circuito de Control de Contraste

Características:

- No existe la necesidad de instalación
- Contador de caracteres tanto de Rx como de Tx.
- Baudrate hasta 256 kbps
- Hasta 64 puertos COM
- 24 macros de transmisión con función de repetición automática.
- Mando a distancia a través de TCP/IP

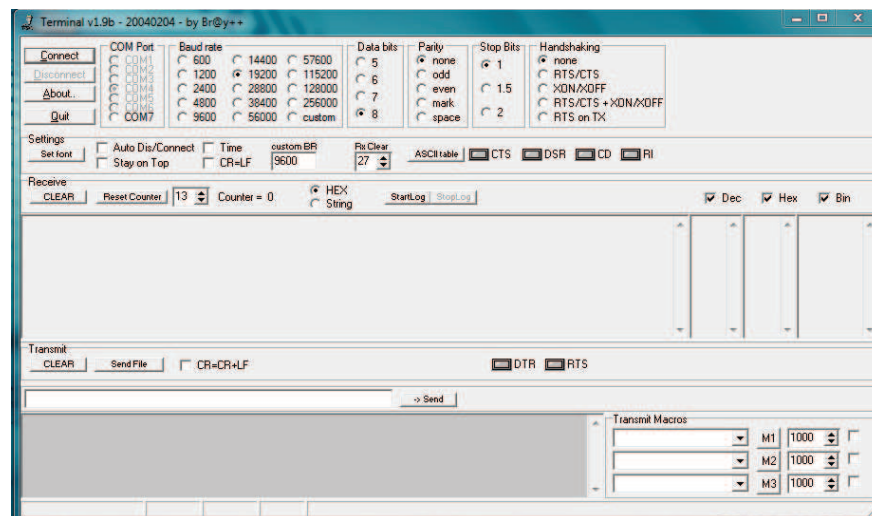


Figura 3.14. Pantalla Terminal V1.9b

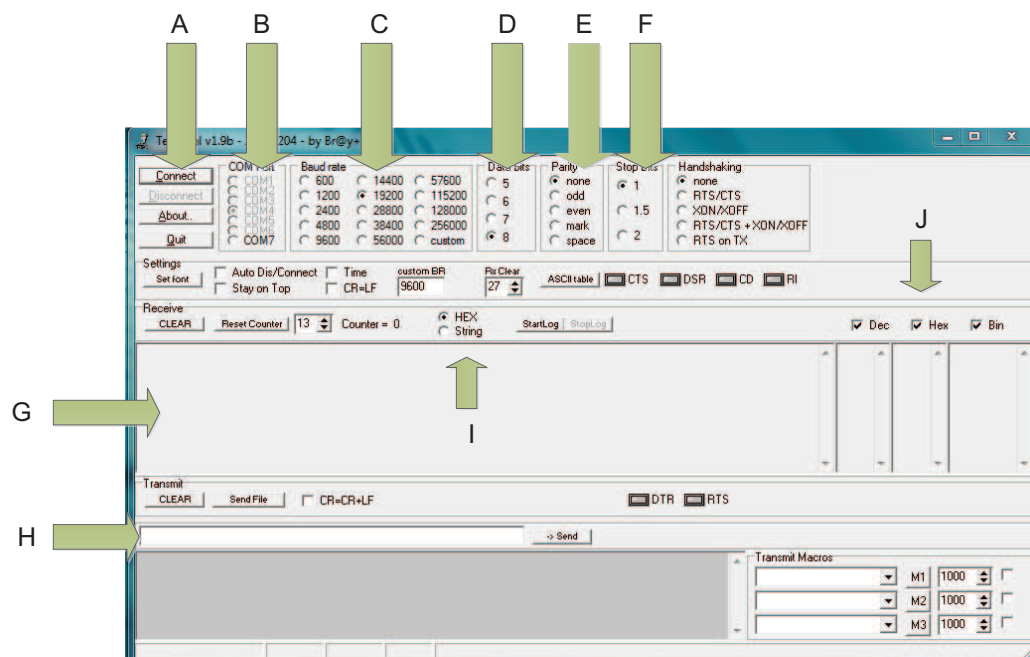


Figura 3.15. Utilización Software (Terminal V1.9b)

- A Barra para conectar, desconectar y salir del programa.
- B Configuración de puertos a utilizar.
- C Configuración del baudrate a utilizar.
- D Número de bit de datos a transmitir o receptor.
- E Paridad para la comunicación.
- F Bits de parada.
- G Ventana para visualización de Recepción de datos.
- H Datos para transmisión.
- I Visualización en Hexadecimal o String.
- J Dato receptado (Decimal, Hexadecimal, Binario).

3.8. DIAGRAMAS DE FLUJO

Para tener una idea más clara acerca del proceso que realiza cada etapa del proyecto se desarrolla un diagrama de flujo, de manera que el lector pueda entender en una forma sencilla y práctica el programa desarrollado para cada microcontrolador, tanto en la placa remota así como en la placa del centro de control.

3.8.1. PROGRAMA DE LA PRIMERA ETAPA (EXCITADOR DE FM)

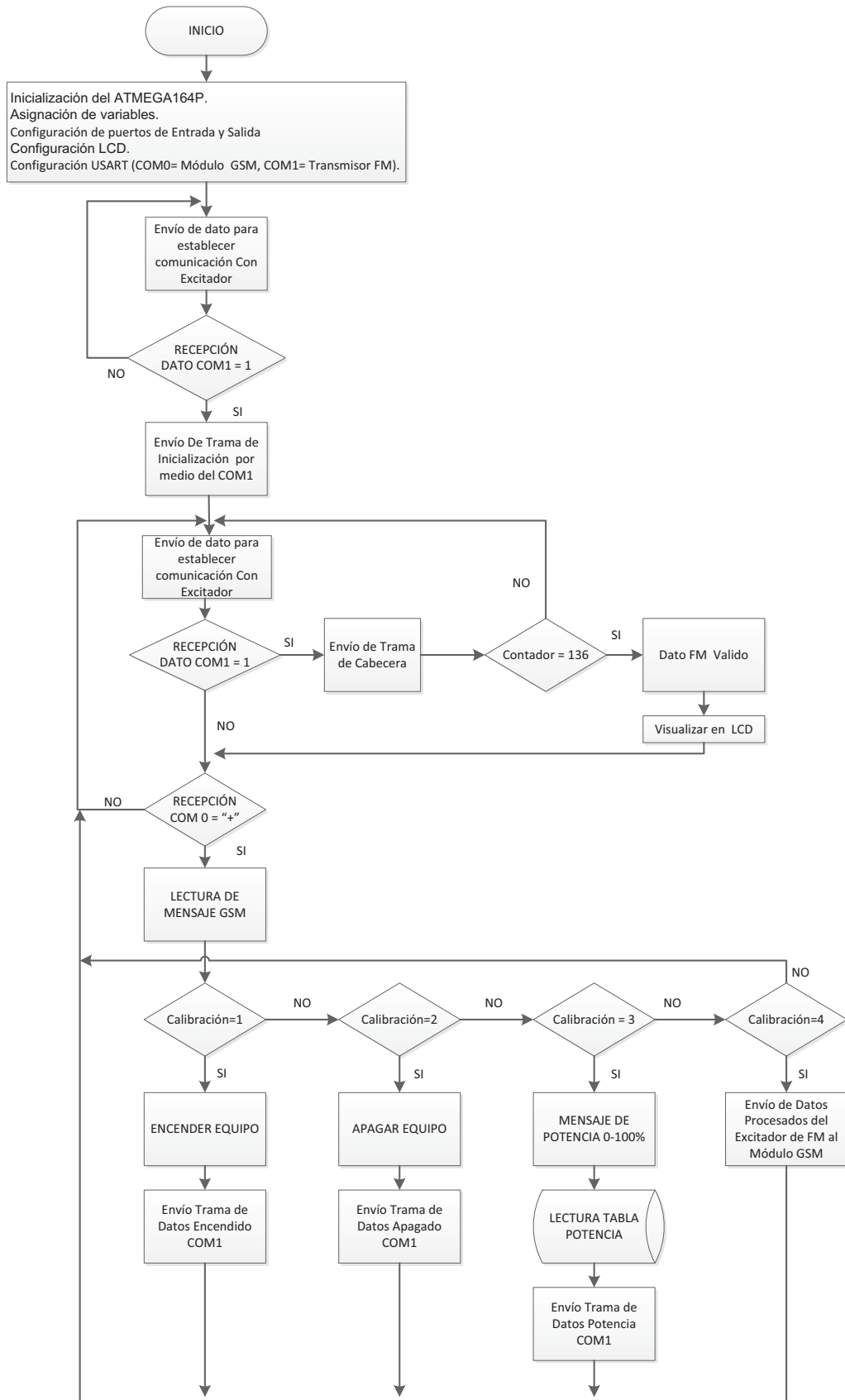


Figura 3.16. Diagrama de Flujo (Primera Etapa)

3.8.1.1. Detalle del programa

El programa se realiza para el microcontrolador ATMEGA 164P de la placa remota, el cual continuamente está transmitiendo un dato "1", para establecer la comunicación con el excitador; a partir de que el equipo responde con el mismo dato de confirmación, se establece la comunicación remota y posteriormente se envía una trama de inicialización, este proceso se lleva a cabo únicamente cuando se da la comunicación remota por primera vez. A continuación se realiza el mismo proceso anterior pero en lugar de enviar la trama de inicialización se envía una cabecera de información, mediante la cual se ordena al excitador enviar un conjunto de 136 datos, los mismos que al analizar cada localidad se conocen los parámetros funcionales del excitador (ver **tabla 3.5**), y se los visualiza en la pantalla LCD de la placa. Ver **Figura 4.7**.

Una vez concluido con este proceso, se chequea que llegue a través del COM0 un dato "+", mediante el cual se informa al microcontrolador que va a llegar un dato proveniente del Centro de Control, este mensaje es analizado y clasificado dependiendo de la función que se desee realizar ya sea de ENCENDER, APAGAR, CAMBIAR POTENCIA, ENVIAR INFORMACIÓN.

Dependiendo de la orden dada se envía los datos al COM1 desde una tabla ya establecida (variar parámetros del Excitador).

De darse el caso que el HMI del Estudio requiera la actualización de parámetros, y previamente realizado un análisis y filtraje de los 136 datos, el microcontrolador envía la información al COM0 (módulo GSM remoto), esta nueva trama de datos (ver **Figura 3.23**) contiene únicamente los valores necesarios para el HMI en el estudio.

De no recibir dicho mensaje, el microcontrolador únicamente va actualizando la información en el LCD de la placa, conforme cambie el estado del Excitador.

Tabla 3.4: Variables utilizadas en la Primera Etapa

NOMBRE DE VARIABLE	TIPO	DESCRIPCIÓN
Sergsm	Byte	Comunicación serial del GSM (Recepción) COM0.
Calibracion	Byte	On, Off, Calibrar Potencia, Confirmación de enviar información.
Lcd_str	String * 10	Leer el mensaje proveniente del GSM y lo muestra en el LCD.
H	Byte	Es el número alto proveniente del excitador.
L	Byte	Es el número bajo proveniente del excitador.
Numero	Word	Es el número que sumado H más L, nos da un dato Word que es el que envía el excitador.
Dat	Byte	Compara el dato para establecimiento de comunicación con el excitador.
Dato(136)	Byte	Ubica en cada localidad la información requerida, está el conjunto de 136 datos que se envía el excitador.
A	Byte	Contador para reconocimiento de finalización de llegada de 136 datos.
S	Byte	Bandera para envío de trama de arranque.
Mensaje	String * 100	Lee el mensaje que llega a través del GSM
Strs1	String * 20	Suma el valor binario y transforma de hexadecimal en formato string al mensaje.
Lm	Byte	Tamaño del mensaje proveniente del GSM
Pot	Word	Valor de potencia que llega por el GSM proveniente del Centro de Control.

Pot1	Word	Multiplicación por el número de datos de tabla POT*14 Inicio del for
Pot2	Word	Contador del for
Pot3	Word	Finalización del for

3.8.1.2. INTERRUPCIÓN DE RECEPCIÓN USART

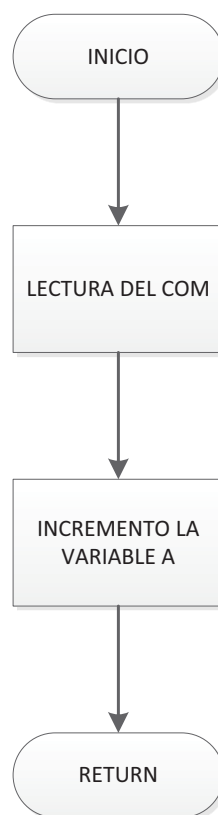


Figura 3.17. Diagrama de Flujo Interrupción COM1

Mediante el incremento de la variable A, se obtienen los 136 datos provenientes del excitador de FM, para poder mostrar en el LCD de la placa remota la información, poder enviar al GSM los nuevos datos procesados y asegurar que el proceso sea cíclico.

3.8.2. TRAMAS DE ENVÍO AL EXCITADOR

Mediante pruebas realizadas con en Excitador de FM, la comunicación serial se logra a través de las siguientes tramas de datos.

DATO BYTE	1
DESCRIPCION	Establecer Comunicación

Figura 3.18 Dato para establecer comunicación serial

En la **Figura 3.18** se visualiza el dato que el programa (Microcontrolador Placa Remota) envía al excitador de FM, una vez que el equipo lo reconoce, este devuelve el mismo dato para indicar al programa (Placa Remota), que proceda a enviar la siguiente orden al excitador.

Este dato se lo envía cada vez que se desea comunicar con el equipo, ya sea para receptar información o dar una orden.

DATO BYTE	60	5	1	0	5	61
DESCRIPCION	Trama de Inicialización HMI					

Figura 3.19 Trama de inicialización

Una vez establecida la comunicación serial, se envía una trama de inicialización (**Figura 3.19**), por una sola ocasión cuando se enciende la placa remota, como confirmación de una comunicación exitosa.

DATO BYTE	60	5	3	0	5	63
DESCRIPCION	Trama de cabecera de comunicación HMI					

Figura 3.20 Cabecera de comunicación

En la **Figura 3.20** se visualiza la trama de cabecera de la información, mediante la cual se ordena al excitador enviar la información necesaria del estado del equipo.

3.8.2.1. TABLA DE LOCALIDADES UTILIZADAS

Una vez establecida la comunicación con el excitador, este envía una trama de 136 datos, los cuales pueden ser interpretados dependiendo de la localidad en la que se encuentren.

En la **tabla 3.5**, se presentan las localidades de los datos utilizados en la trama de transmisión del Excitador a la Placa Remota.

3.8.2.2. EJEMPLO DE PROCESAMIENTO DE DATOS DEL EXCITADOR.

Se toma una muestra de los datos enviados para una frecuencia 107.7 [MHz], con una potencia directa de 12,33 [W] (40.29%), potencia reflejada 0 [W].

En la **tabla 3.6**, se presenta un ejemplo de la trama de datos del excitador con parámetros tomados al azar.

Tabla 3.5: Localidades de los datos de la trama de envío del Excitador.

LOCALIDADES	PARAMETRO
00	INICIO
01	NO USADO
03	NO USADO
05	NO USADO
07	NO USADO
09	NO USADO
11	MOD1. MPX
13	MOD2. MPX
15	NO USADO
17	NO USADO
19	NO USADO
21	NO USADO
23	NO USADO
25	NO USADO
27	VOLTAJE DEL CPU
29	NO USADO
31	NO USADO
33	NO USADO
35	NO USADO
37	CORRIENTE PA
39	NO USADO
41	NO USADO
43	VOLTAJE PA

45	46	NO USADO
47	48	NO USADO
49	50	NO USADO
51	52	NO USADO
53	54	NO USADO
55	56	NO USADO
57	58	NO USADO
59	60	NO USADO
61	62	NO USADO
63	64	NO USADO
65	66	NO USADO
67	68	NO USADO
69	70	NO USADO
71	72	NO USADO
73	74	NO USADO
75	76	NO USADO
77	78	NO USADO
79	80	NO USADO
81	82	NO USADO
83	84	NO USADO
85	86	NO USADO
87	88	NO USADO
89	90	% POTENCIA
91	92	NO USADO

93	94	NO USADO
95	96	NO USADO
97	98	NO USADO
99	100	NO USADO
101	102	NO USADO
103	104	NO USADO
105	106	NO USADO
107	108	FRECUENCIA
109	110	NO USADO
111	112	POTENCIA
		DIRECTA
113	114	POTENCIA
		REFLEJADA
115	116	NO USADO
117	118	NO USADO
119	120	NO USADO
121	122	NO USADO
123	124	NO USADO
125	126	NO USADO
127	128	NO USADO
129	130	NO USADO
131	132	NO USADO
133	134	NO USADO
135	136	NO USADO

Tabla 3.6: Ejemplo de trama de datos con un valor tomado al azar.

LOCALIDAD	DATO DEC	DATO HEX	VALOR
1	62	3E	-----
2	135	87	-----
3	3	3	-----
4	0	0	-----
5	174	AE	-----
6	154	9A	-----
7	1	1	-----
8	0	0	-----
9	0	0	-----
10	0	0	-----
11	0	0	-----
12	0	0	0
13	0	0	-----
14	0	0	0
15	0	0	-----
16	0	0	-----
17	0	0	-----
18	0	0	-----
19	0	0	-----
20	0	0	-----
21	165	A5	-----
22	1	1	-----

23	134	86	-----
24	1	1	-----
25	1	1	-----
26	0	0	-----
27	14	E	-----
28	2	2	46
29	7	7	-----
30	1	1	-----
31	123	7B	-----
32	1	1	-----
33	0	0	-----
34	0	0	-----
35	68	44	-----
36	1	1	-----
37	125	7D	-----
38	0	0	125
39	0	0	-----
40	0	0	-----
41	0	0	-----
42	0	0	-----
43	161	A1	-----
44	0	0	161
45	92	5C	-----

46	0	0	0	
47	162	A2		
48	1	1		
49	61	3D		
50	1	1		
51	239	EF		
52	2	2		
53	3	3		
54	1	1		
55	0	0		
56	0	0		
57	255	FF		
58	3	3		
59	5	5		
60	0	0		
61	0	0		
62	0	0		
63	0	0		
64	0	0		
65	0	0		
66	0	0		
67	0	0		
68	0	0		
69	0	0		

70	0	0	0	
71	7	7	7	
72	0	0	0	
73	8	8	8	
74	0	0	0	
75	8	8	8	
76	0	0	0	
77	8	8	8	
78	0	0	0	
79	8	8	8	
80	0	0	0	
81	8	8	8	
82	0	0	0	
83	8	8	8	
84	0	0	0	
85	8	8	8	
86	0	0	0	
87	7	7	7	
88	0	0	0	
89	189	BD	BD	
90	15	F	F	4029
91	0	0	0	
92	0	0	0	
93	152	98	98	

94	4	4	4	
95	1	1	1	
96	0	0	0	
97	79	4F	4F	
98	15	F	F	
99	75	4B	4B	
100	0	0	0	
101	68	44	44	
102	19	13	13	
103	80	50	50	
104	0	0	0	
105	68	44	44	
106	19	13	13	
107	18	12	12	
108	42	2A	2A	10770
109	0	0	0	
110	0	0	0	
111	209	D1	D1	
112	4	4	4	1233
113	0	0	0	
114	0	0	0	0
115	0	0	0	
116	0	0	0	
117	0	0	0	

118	0	0	0	
119	15	15	F	
120	0	0	0	
121	15	15	F	
122	0	0	0	
123	0	0	0	
124	0	0	0	
125	0	0	0	
126	0	0	0	
127	0	0	0	
128	0	0	0	
129	0	0	0	
130	0	0	0	
131	0	0	0	
132	0	0	0	
133	0	0	0	
134	0	0	0	
135	0	0	0	
136	0	0	0	

3.8.3. PROGRAMA DE LA SEGUNDA ETAPA (CENTRO DE CONTROL)

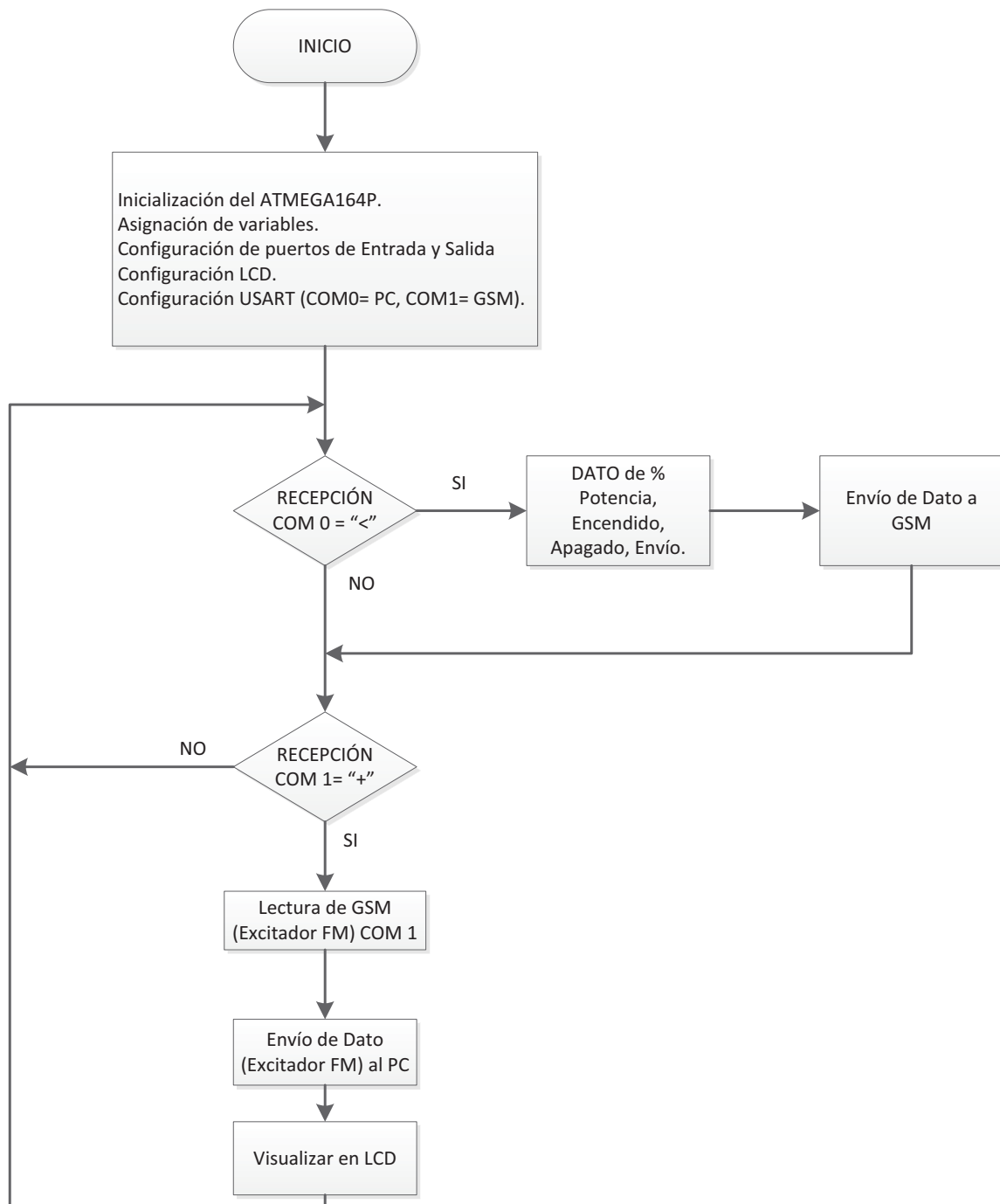


Figura 3.21 Diagrama de Flujo (Segunda Etapa)

3.8.3.1. Detalle del programa

El programa se realiza para el microcontrolador ATMEGA 164P de la placa Estudio, su función es recibir a través del COM0 un dato igual a "<", cuando dicho dato es recibido, significa que el PC (usuario) necesita variar algún parámetro o indicar al terminal remoto que el HMI se encuentra listo para recibir la información de monitoreo, el microcontrolador al recibir este dato, lo procesa y envía a través del COM1 al módulo GSM (Estudio), el parámetro a variar ya sea de % Potencia, Encender, Apagar el equipo, enviar; para que dicho módulo envíe la información a la Primera Etapa.

Para el caso de la recepción se espera mediante el COM1 el dato leído por el módulo GSM (Estudio) "+", se da lectura de la trama enviada por la placa remota, esta información es enviada al PC, así como mostrada en el LCD.

Si el microcontrolador no receipta alguna información por cualquier puerto serial, se muestra en el LCD la frase "NO DATA".

Tabla 3.7: Variables utilizadas en la Segunda Etapa.

NOMBRE DE VARIABLES	TIPO	DESCRIPCIÓN
Mensaje	String * 140	Mensaje para el GSM (Recepción)
Strs	String * 140	Mensaje para el GSM (Transmisión)
Strs1	String * 10	comprobar el mensaje de recepción
S	Byte	Dato recepción COM1
L	Byte	Dimensión del mensaje
Lm	Byte	Dimensión del mensaje menos 1byte (byte de inicio del string)

3.8.3.2. TRAMA DE ENVÍO DE LA PRIMERA A LA SEGUNDA ETAPA

Una vez receptados y procesados los datos del Excitador en la Primera Etapa, el microcontrolador envía a través del Modem GSM a la Segunda Etapa una trama de información con todos los datos necesarios para ser utilizados por el HMI, a continuación en la **Figura 3.22** se muestra la localidad del dato de frecuencia, así como en la **Figura 3.23** se muestra la distribución de la trama con los datos utilizados.



Figura 3.22 Localidades Ej. Frecuencia

DATO HEX	>>	7C	26	CF	05	CE	01	00	00
VALOR	----	9852		1487		462		0	
VISUALIZACIÓN	----	98.52 [MHz]		14.87 %		4.62 [W]		0	
DESCRIPCIÓN	----	FRECUENCIA		% POTENCIA		POTENCIA DIRECTA		POTENCIA REFEJADA	

0D	02	43	00	60	00	00	00	00	00
525		67		96		0		0	
525		0.67 [A]		9.6 [V]		0		0	
CPU VOLTAJE		CORRIENTE PA		VOLTAJE PA		MOD 1 MPX		MOD 2 MPX	

Figura 3.23 Trama de envío GSM Remoto a Estudio

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL HMI (INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA) Y LAS COMUNICACIONES.

Dentro de este tema, La Interfaz Hombre Máquina contempla varias partes como son:

- Visualización LCD Primera Etapa
- Visualización LCD Segunda Etapa
- HMI Estudio

4.1. VISUALIZACIÓN LCD PRIMERA ETAPA

4.1.1. Presentación

La presentación es elaborada para visualizar los datos del Proyecto y se muestran únicamente al inicio del programa el momento de encender el Módulo.



Figura 4.1 Presentación Pantalla Uno (Remoto)



Figura 4.2 Presentación Pantalla Dos (Remoto)



Figura 4.3 Presentación Pantalla Tres (Remoto)



Figura 4.4 Presentación Pantalla Cuatro (Remoto)

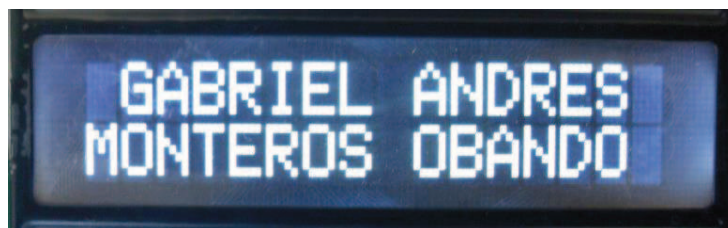


Figura 4.5 Presentación Pantalla Cinco (Remoto)

4.1.2. Garantizar Mensajes

Para poder comenzar a recibir los mensajes del Centro de Control, el Sistema borra todos los mensajes, ya sean estos “no leídos” (llegaron cuando no estaba encendido el módulo GSM), o algún mensaje que se guardó en la tarjeta SIM, con el fin de garantizar que los mensajes que lleguen sean los verdaderos.



Figura 4.6 Confirmación mensaje borrado

4.1.3. Pantalla de Parámetros

Una vez concluida las dos etapas anteriores el sistema muestra en la pantalla LCD los parámetros funcionales del Excitador de FM.



Figura 4.7 Pantalla de Parámetros

4.2. VISUALIZACIÓN LCD SEGUNDA ETAPA

4.2.1. Presentación

La presentación es desarrollada con el fin de informar al usuario las generalidades del proyecto.



Figura 4.8 Presentación Pantalla Uno (Estudio)

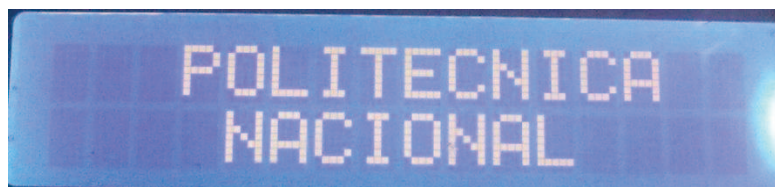


Figura 4.9 Presentación Pantalla Dos (Estudio)



Figura 4.10 Presentación Pantalla Tres (Estudio)



Figura 4.11 Presentación Pantalla Cuatro (Estudio)



Figura 4.12 Presentación Pantalla Cinco (Estudio)



Figura 4.13 Presentación Pantalla Seis (Estudio)

4.3. HMI PC (INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PC)

En la elaboración del proyecto se diseña un programa con el fin de receptor datos, así como poder cambiar el parámetro del porcentaje de potencia directa, enviada del excitador, al amplificador de potencia, así como encender, o apagar el equipo.

El programa se desarrolla en el entorno VISUAL BASIC 6.0. A continuación se explica el funcionamiento del programa elaborado.

4.3.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA

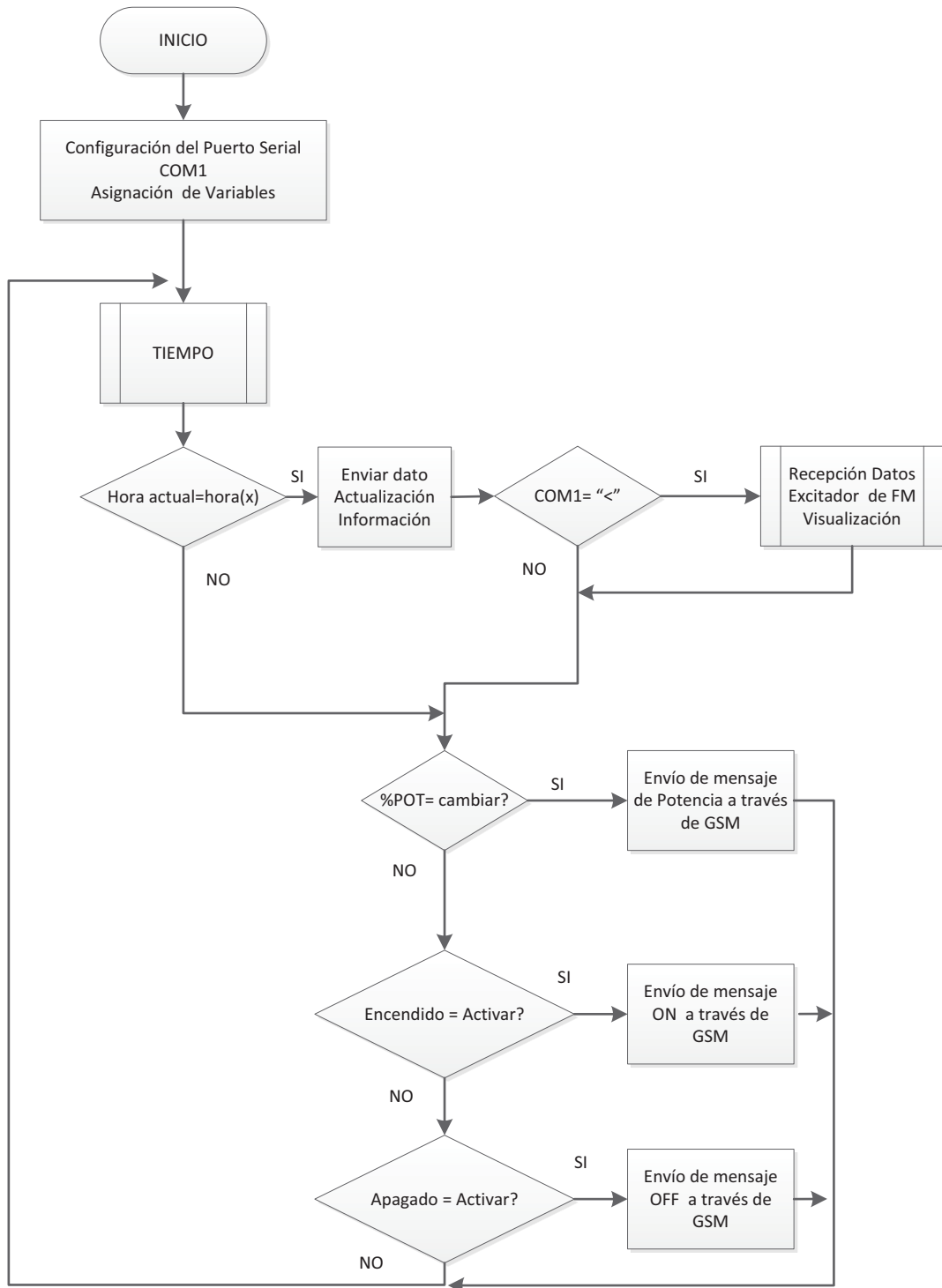


Figura 4.14 Diagrama de Flujo HMI (PC)

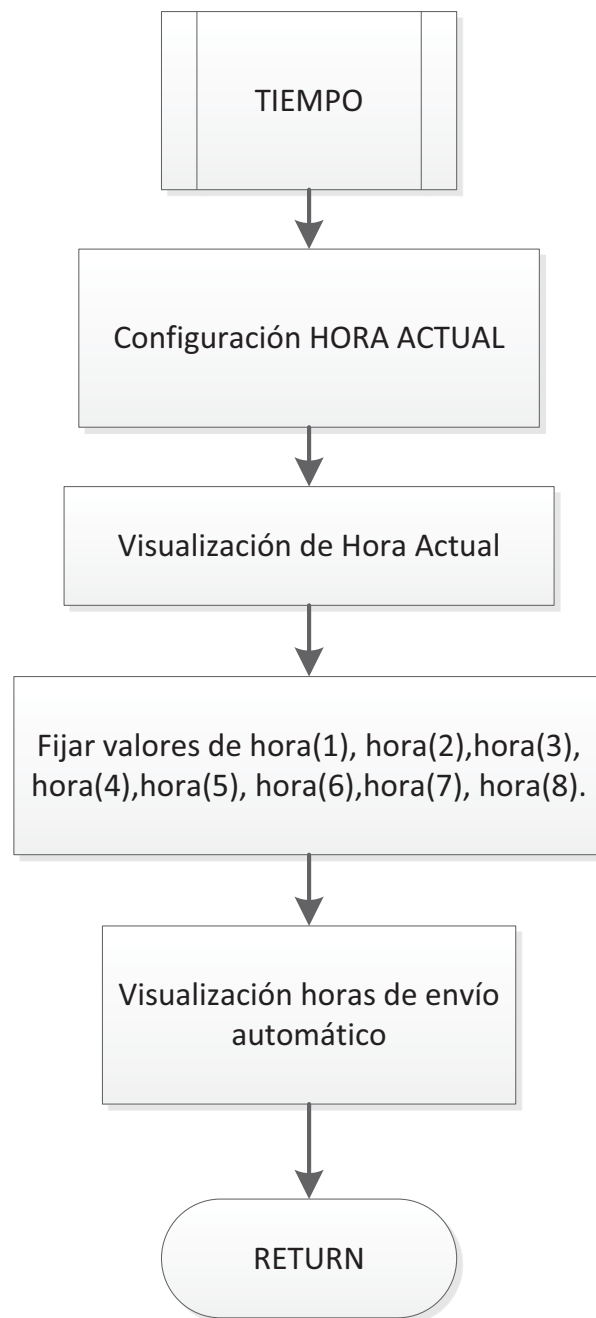


Figura 4.15 Diagrama de Flujo HMI (Subproceso I)

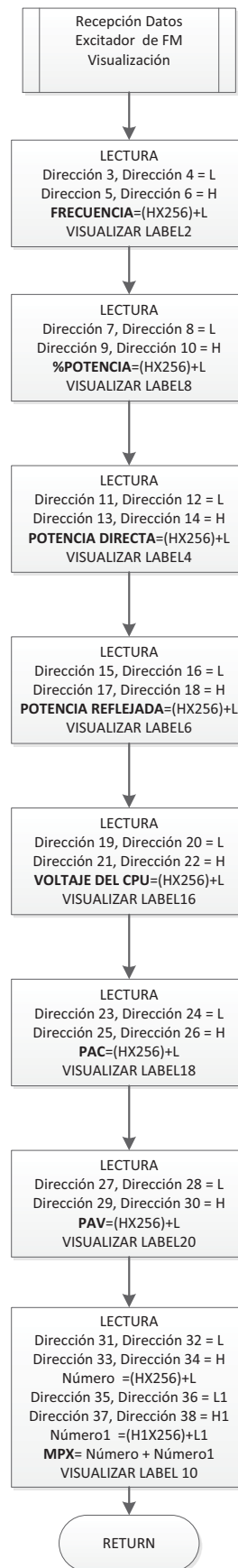


Figura 4.16 Diagrama de Flujo HMI (Subproceso II)

4.3.1.1. Detalle del Programa

El programa para el HMI se diseña en el entorno Visual Basic 6.0. Para su funcionamiento el programa envía un mensaje de aviso a la placa remota, mediante el cual dicha etapa lo reconoce y envía de regreso la información del estado del excitador de FM.

- *El proyecto se ha desarrollado, basado en un paquete establecido de 260 mensajes al mes, con lo cual se tiene 8 mensajes diarios, equivalente a una actualización de datos cada 3 horas.*
- *Es por ello que el HMI envía el código a la placa remota cada 3 horas, para actualizar la información.*

La función principal del HMI es de visualizar los datos del excitador proveniente del módulo GSM, al reconocer el dato "<", empieza a recibir la trama de datos generada en la Primera Etapa y visualiza la información en la pantalla. Posteriormente revisa si el HMI genera algún dato como el de Variar Potencia, Encender o Apagar el Equipo, de ser ese el caso envía un mensaje con el porcentaje de potencia, Encendido o Apagado.

Dentro del proceso que realiza el HMI una vez llegado el mensaje se tiene:

- **FRECUENCIA**
 - Leer la dirección: 3 y 4 (dato menos significativo "L").
 5 y 6 (dato más significativo "H").
 - Para poder generar un dato WORD (16 bits), multiplicamos por 256 a "H" y sumamos "L".
 - Finalmente al valor resultante se transforma en una cifra decimal dividiendo para 100, para poder visualizar el HMI.

Para los valores de % de Potencia, Potencia Directa, Potencia Reflejada, Voltaje de la Unidad Central de Proceso, Corriente PA, Voltaje PA, Modulo 1 y 2 del MPX, el proceso es el mismo lo que varía son las direcciones de las localidades que se toman de acuerdo a la **Figura 3.23**.

De darse el caso que el terminal remoto no responda al mensaje de aviso del estudio, el HMI no actualiza los datos y permanece en un estado de calibración hasta que llegue el mensaje. Esta situación fortuita puede llegar a ocurrir, si la energía eléctrica en la caseta falla, o la línea se quedó sin mensajes, para lo cual una vez solucionado el inconveniente se debe resetear el programa del HMI.

4.3.2. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS EN EL HMI

Tabla 4.1: Variables utilizadas en el HMI.

NOMBRE DE VARIABLES	TIPO	DESCRIPCION
NUM	Byte	Variable para transformar de string a número
I	String	Lectura del puerto serial(verificar si está abierto o cerrado)
St	String	Lectura de datos del puerto serial
S	String	Variable de comparación (compara "<")
L	String	Guardar el valor menos significativo del número enviado por el excitador mediante GSM
H	String	Guardar el valor Más significativo del número enviado por el excitador mediante GSM, guarda valor hora establecida a enviar.
NUMERO	Long	Unión de L con H
NUMERO1	Long	Unión de L con H para el MPX

LVAL	Byte	Guardar el valor menos significativo del número enviado por el excitador mediante GSM.
HVAL	Byte	Guardar el valor Más significativo del número enviado por el excitador mediante GSM.
MOSTRAR	Double	Información de cada parámetro con cifras decimales.
MS	String	Guarda valor de minutos y segundos establecidos a enviar.
Hora(9)	Byte	Ubica en cada localidad el número de cada hora a la que se va a enviar el mensaje al terminal remoto. (Son establecidas cada 3 horas)
Horas(9)	String	Ubica en cada localidad el número de cada hora en formato string.
Tiempo	String	Hora establecida para envío de mensaje.

4.3.3. PRESENTACIÓN DEL HMI



Figura 4.17 Pantalla de presentación HMI

La pantalla de presentación mostrada en la **Figura 4.17**, indica los datos importantes del proyecto, esta se visualiza únicamente cuando se inicializa el HMI.

4.3.4. ÁREA DE TRABAJO DEL PROGRAMA



Figura 4.18 Pantalla de trabajo (HMI)

En la **Figura 4.18** se visualiza la pantalla del HMI sin recibir la información del excitador.



Figura 4.19 Descripción del Programa (I)

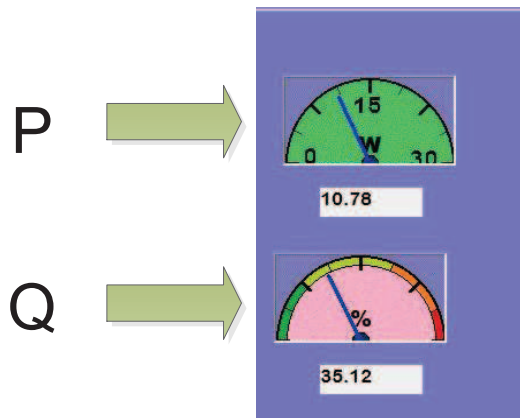


Figura 4.20 Descripción del Programa (II)



Figura 4.21 Información del proyecto

4.3.4.1. Datos de recepción del excitador de FM

- A Frecuencia en MHz.
- B Potencia Directa (0-30[W]).
- C Potencia Reflejada.
- D Porcentaje de Potencia Directa (0-100%).
- E Señal de Audio (MPX).
- F Voltaje de la unidad Central de Procesamiento.
- G Corriente aplicada a la etapa final del amplificador.
- H Voltaje aplicado a la etapa final del amplificador.
- P Potencia Directa (0-30[W]) (Gráfico).
- Q Porcentaje de Potencia Directa (0-100%) (Gráfico).

4.3.4.2. Datos a transmitir al excitador de FM

- I Porcentaje de potencia (0-100%).
- J Encender el equipo.
- K Apagar el equipo.
- L Alarma de potencia Reflejada del equipo.
- M HORA ACTUAL.
- N HORA DEFINIDA POR USUARIO
- O HORAS ENVIO DIARIO

CAPÍTULO 5

PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS

5.1. PRIMERA FASE

Para poder interpretar los datos enviados por el excitador de FM, en el inicio del proyecto, se desarrolla un programa que permita captar la información en tablas de Excel con el fin de hacer un filtraje de la información receptada. Este programa se realiza en el entorno de Labview.

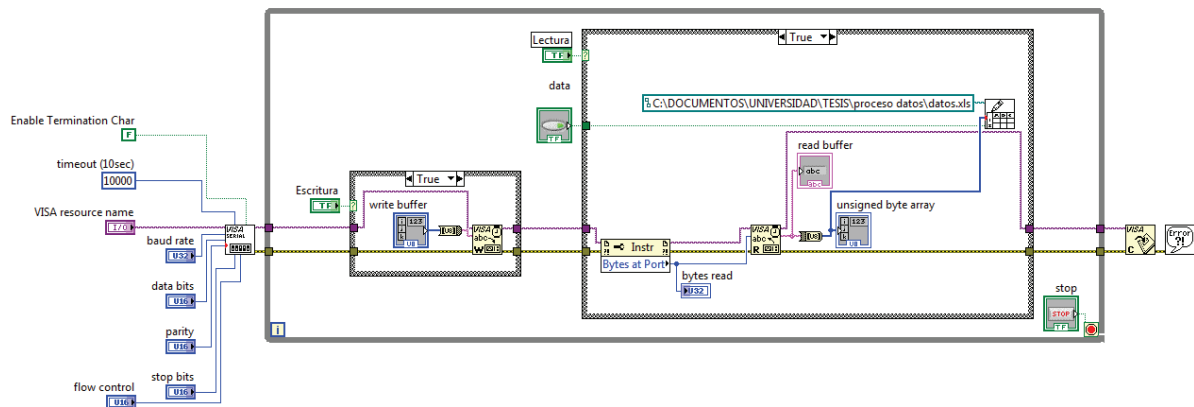


Figura 5.1. Diagrama de Bloques Recepción de Datos

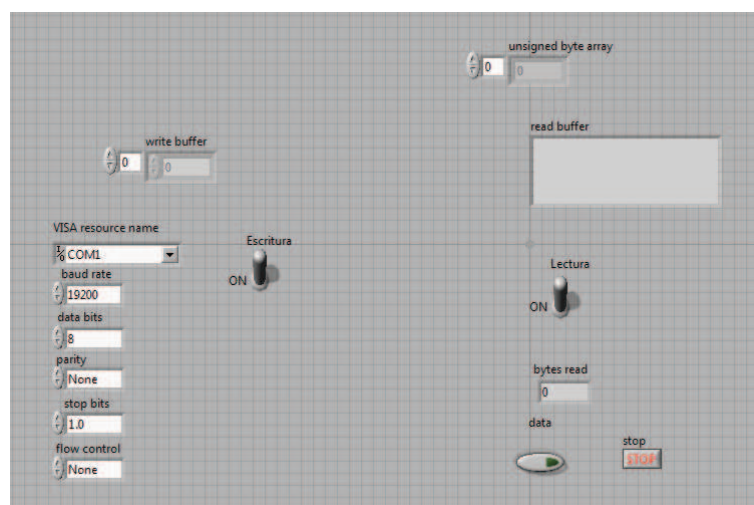


Figura 5.2. Panel frontal Recepción de Datos

5.2. SEGUNDA FASE

Por la cantidad de datos recibidos del excitador de FM, se realiza un programa en el entorno VISUAL BASIC; se utiliza este programa, debido a la facilidad en la programación para poder realizar cambios en parámetros, para el filtraje y análisis de la información.

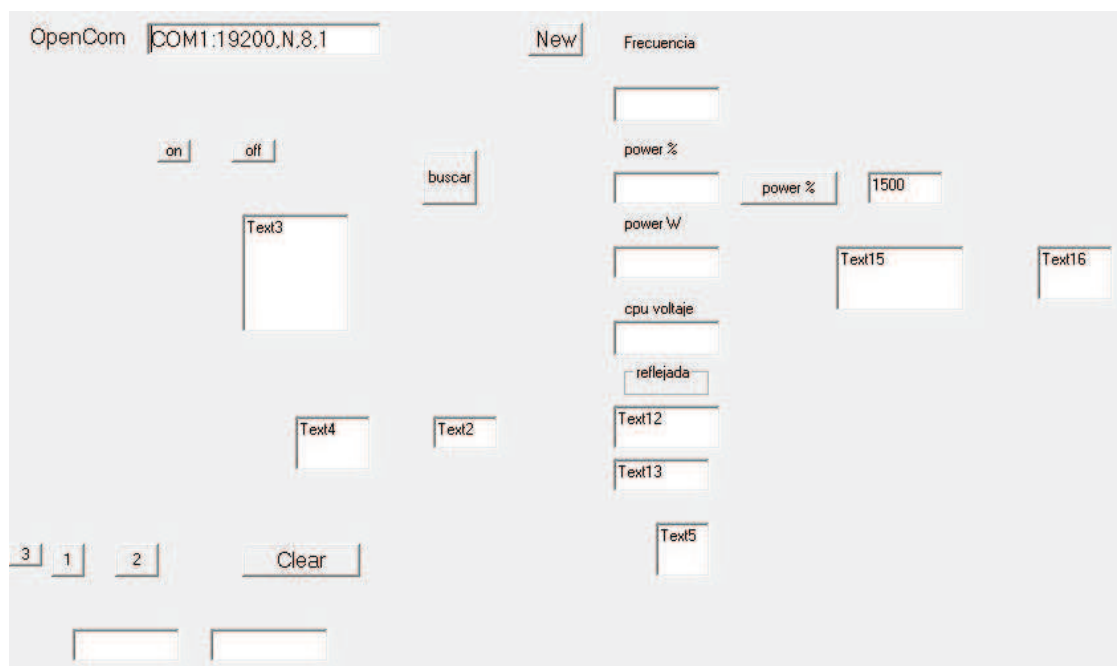


Figura 5.3. Filtraje de datos VISUAL BASIC

Para el desarrollo de este programa se crean ventanas que van a visualizar parejas de datos y con las operaciones explicadas en el capítulo anterior, se comparan los parámetros con la información mostrada en la pantalla propia del Excitador de FM, una vez realizado el proceso, se establece el parámetro del HMI.

En la **Figura 5.3** se visualizan, ventanas aun no establecidas con distintos parámetros, entre ellas se pueden observar text2, text3, text4, text5, text12, text13, text15, text16.



Figura 5.4. Filtraje de datos (Pruebas)

En la **Figura 5.4** se puede observar el hardware utilizado en una de las primeras pruebas de filtraje realizadas al excitador de FM.

5.3. TERCERA FASE

Una vez determinados los parámetros del Excitador, se procede a probar los módulos GSM y su funcionamiento.

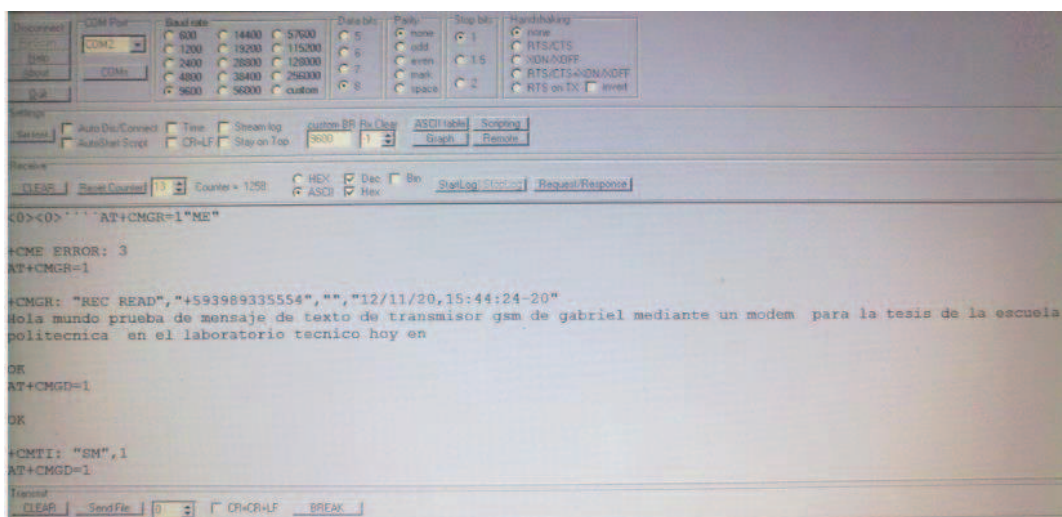


Figura 5.5. Módulo GSM Prueba Uno (Terminal V1.9b)

5.5. QUINTA FASE

Una vez realizado el proceso de elaboración del proyecto se comprueba el funcionamiento del mismo, verificando el funcionamiento de cada una de las etapas así como su interrelación una con otra.

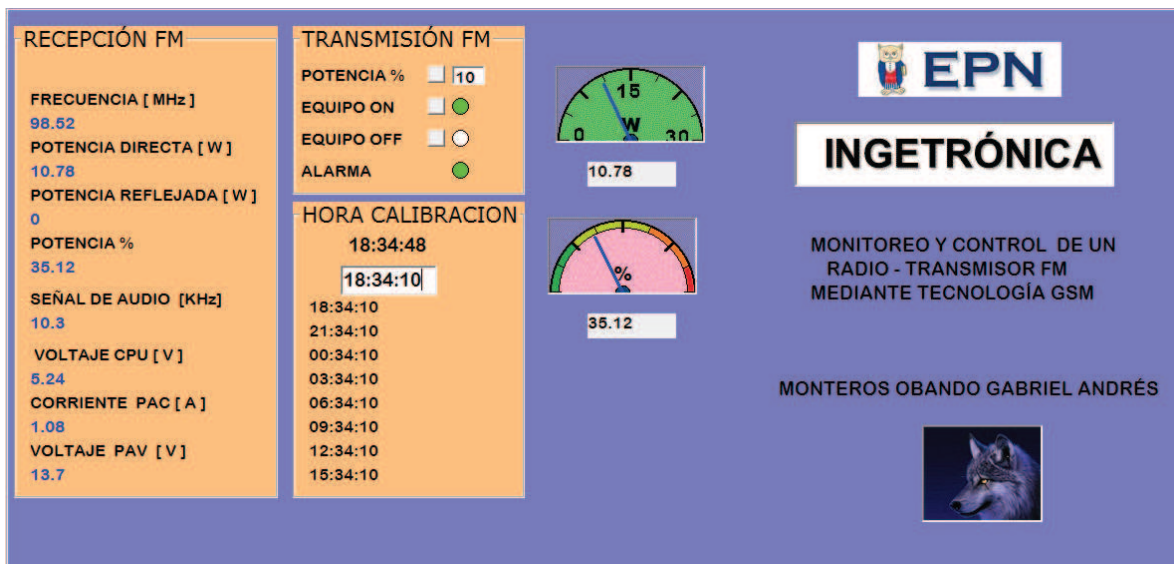


Figura 5.10. Prueba Uno (HMI)

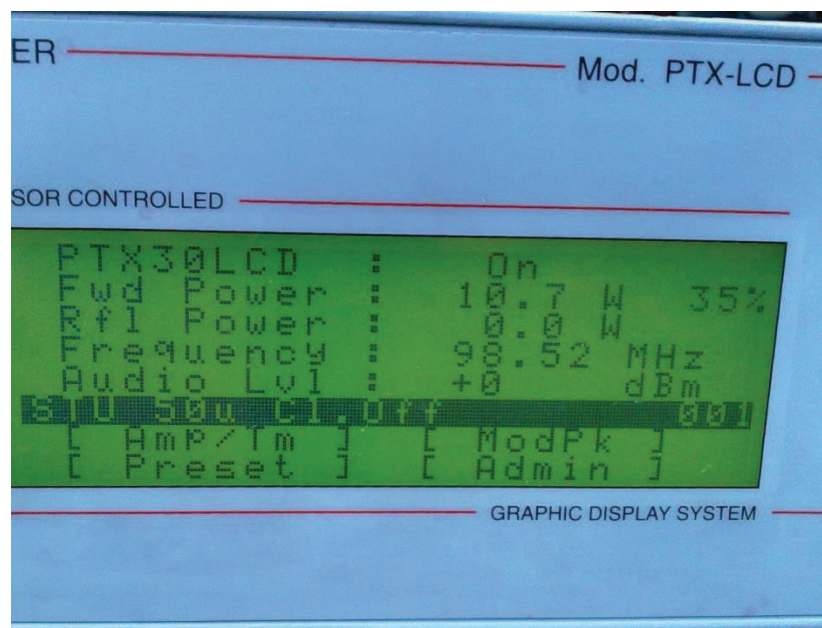


Figura 5.11. Pantalla Excitador (35%)

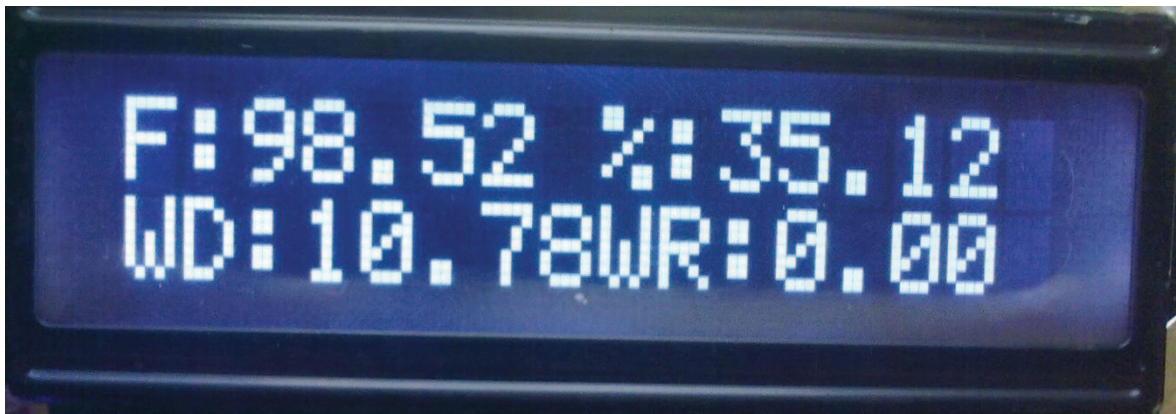


Figura 5.12. Pantalla placa remota (35%)

En la **Figura 5.10** se visualiza el estado del excitador en un 35%, equivalente a 10.78 [W], lo que se comprueba en la pantalla del equipo **Figura 5.11**.

En la **Figura 5.12** se visualiza la pantalla LCD de la placa remota, mostrando el cambio de los parámetros comparándolos con el excitador de FM y el HMI en 35% de la potencia total.

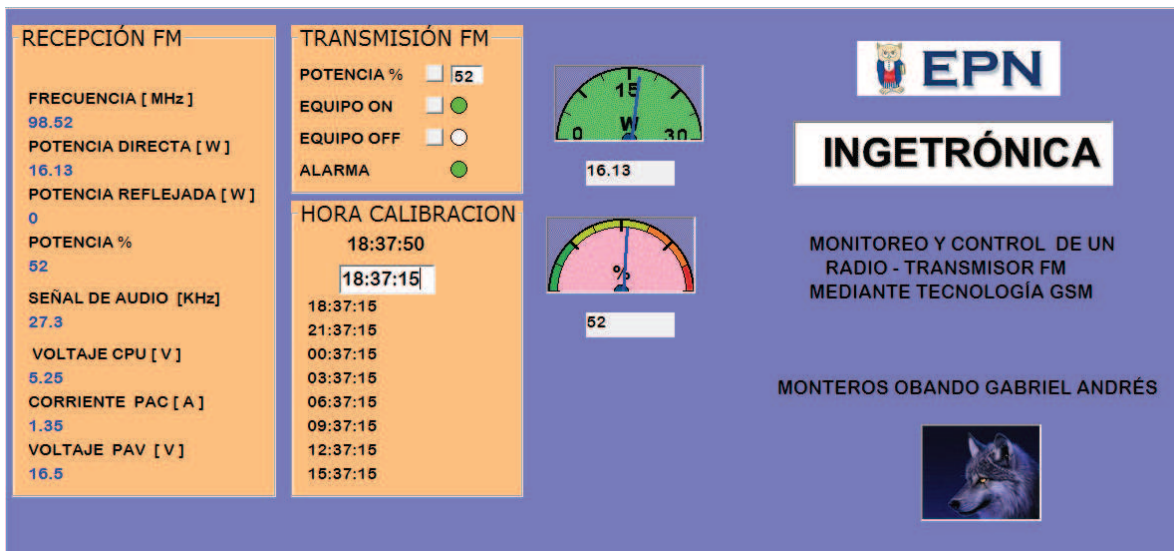


Figura 5.13. Prueba dos (HMI)

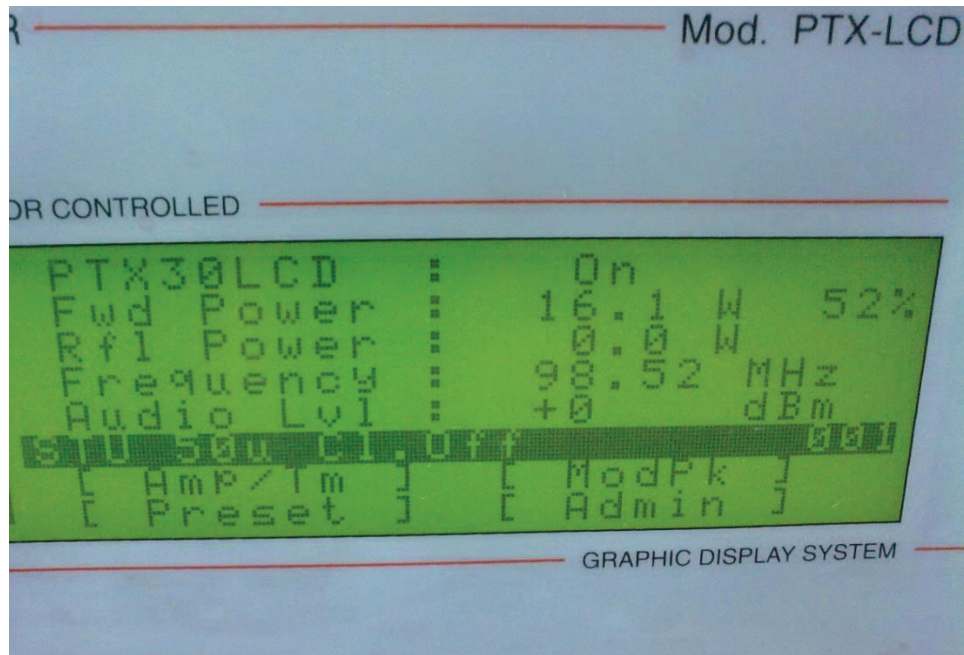


Figura 5.14. Pantalla Excitador (52%)



Figura 5.15. Pantalla LCD (Estudio)

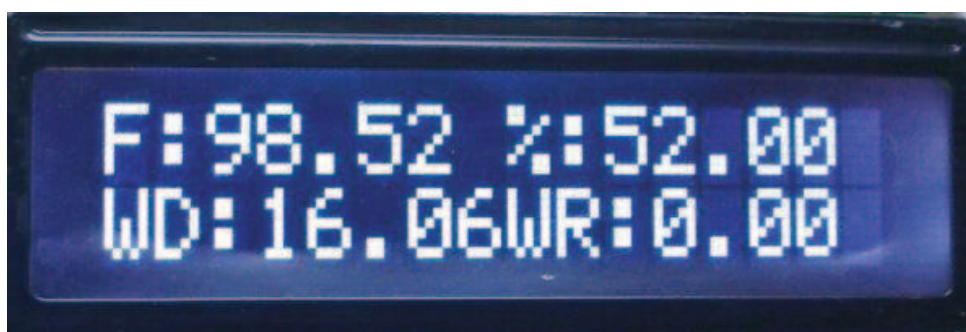


Figura 5.16. Pantalla placa remota (52%)

En la **Figura 5.13** se visualiza el estado del excitador en un 52%, equivalente a 16.1 [W], lo que se comprueba en la pantalla del equipo **Figura 5.14**.

En la **Figura 5.15** la pantalla LCD muestra la información enviada del PC al terminal remoto. En esta prueba se varía la potencia al 52%.

En la **Figura 5.16** se visualiza la pantalla LCD de la placa remota, mostrando el cambio de los parámetros comparándolos con el excitador de FM y el HMI en 52% de la potencia total.

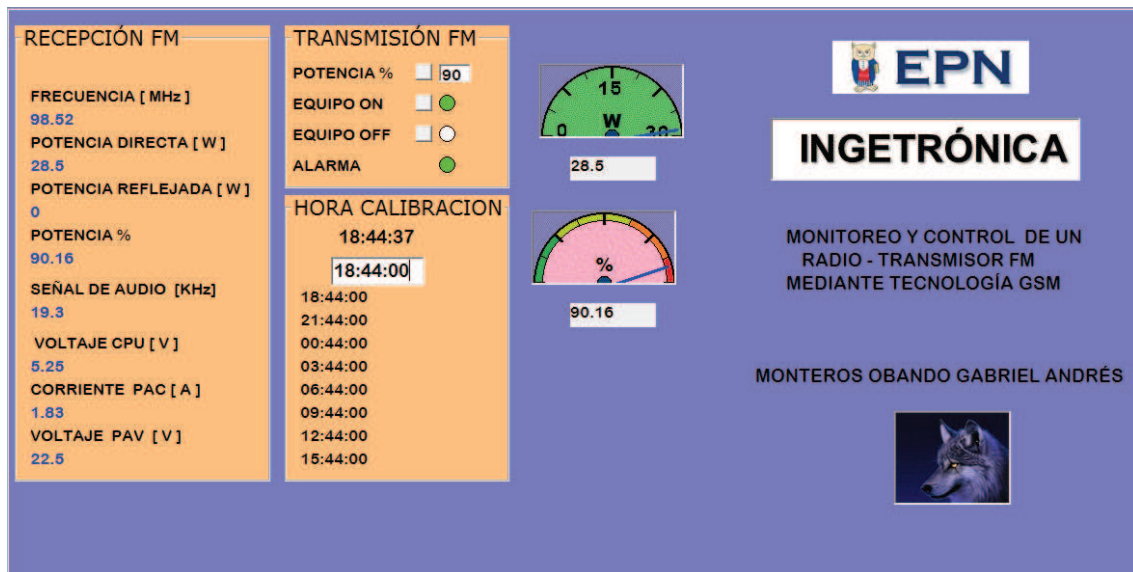


Figura 5.17. Prueba Tres (HMI)

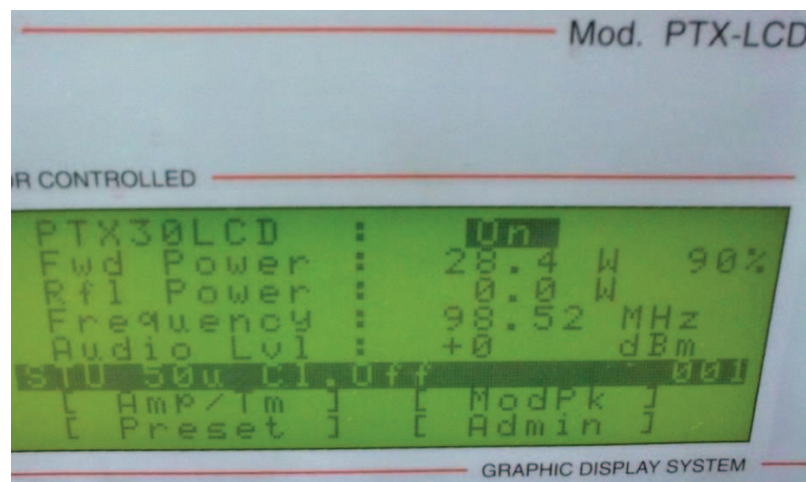


Figura 5.18. Pantalla Excitador (90%)

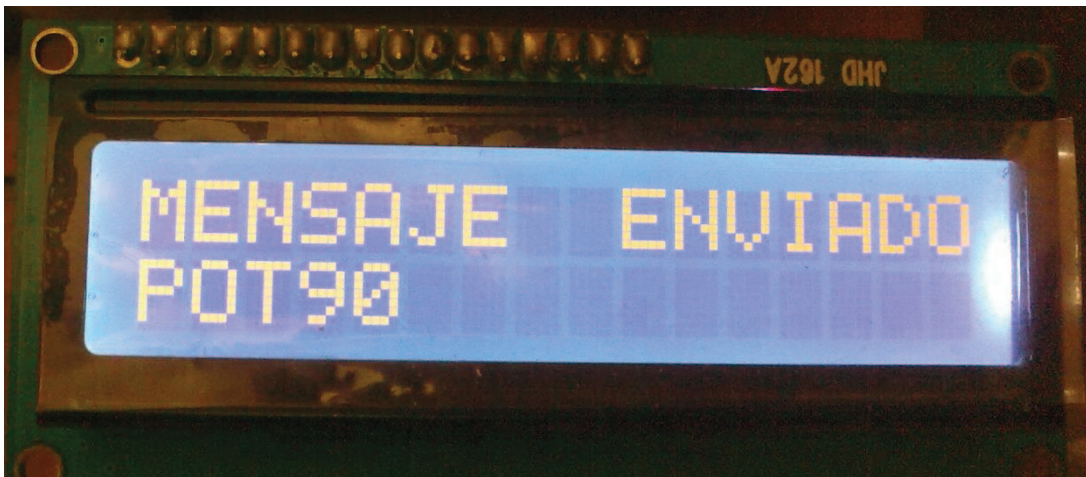


Figura 5.19. Pantalla LCD (Segunda Etapa)



Figura 5.20. Pantalla LCD (Segunda Etapa)

En la **Figura 5.17** se visualiza el estado del excitador en un 90%, equivalente a 28.5 [W], lo que se comprueba en la pantalla del equipo **Figura 5.18**.

En la **Figura 5.19** la pantalla LCD muestra la información enviada del PC al terminal remoto. En esta prueba se varía la potencia al 90%.

En la **Figura 5.20** se visualiza la pantalla LCD de la placa remota, mostrando el cambio de los parámetros comparándolos con el excitador de FM y el HMI en 90% de la potencia total.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

En base a pruebas realizadas como parte de la comprobación del funcionamiento del sistema se determinan las siguientes conclusiones:

- ✓ Se diseña y construye un dispositivo que monitorea y controla los parámetros funcionales de un radio-transmisor de FM, para ello el proyecto basa su funcionamiento en la información recibida del excitador de FM, es decir, este es el encargado de analizar la información como potencia directa, reflejada, frecuencia de trabajo de la emisora, etc. y el sistema implementado toma la información ya procesada del equipo y la muestra con valores amigables al usuario, utilizando la red móvil.
- ✓ Dependiendo de la cantidad de mensajes contratados, en cualquier operadora móvil disponible en el país, se puede realizar un control y monitoreo continuo del transmisor de FM, cabe recalcar que en el presente proyecto se fija un número determinado de mensajes por día, cantidad que se ha establecido como suficiente para saber el estado de dicho transmisor.
- ✓ El diseño del HMI es desarrollado en el entorno Visual Basic, programa que permite tener una interfaz sencilla y agradable al usuario que lo opere, permitiéndole controlar tiempos de envío de la información, así como parámetros importantes como el porcentaje de potencia enviado al amplificador, visualización de alarma, monitoreo de parámetros, con lo

cual se puede concluir que el HMI es muy apropiado para la aplicación dispuesta, con resultados satisfactorios.

- ✓ Se concluye que el programa de la Interfaz Hombre Máquina, podría ser acoplado a cualquier lenguaje de programación por ejemplo Labview, el cual no fue implementado por motivo de la Licencia requerida por el software de desarrollo.
- ✓ En la actualidad existen muchas aplicaciones en las que la mensajería corta es utilizada para transmitir información de un punto a otro de manera confiable, permanente y económica.
- ✓ El propósito del proyecto es de prevenir futuras complicaciones con el equipo transmisor dando un soporte adicional a los mantenimientos mensuales que se brinda a las casetas como a los equipos de radiodifusión, mas no pretende remplazar a un técnico en esta área de trabajo.

6.2. RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de proyectos similares se recomienda utilizar módulos de tecnología móvil más avanzados que permitan brindar mejores beneficios, a mayores velocidades de transmisión, ejemplo sim908.
- Antes de instalar el sistema, es recomendable ubicar el terminal remoto en un lugar donde se tenga buena cobertura, puesto que de ello depende la comunicación que sea exitosa y no tenga complicaciones, ni pérdida de información.

- Como recomendación para proyectos similares, se podría utilizar el envío de información a través de fibra óptica, en lugares que sea factible esta opción, con lo cual mejoraría el servicio del sistema, y no se dependería únicamente de la red de telefonía móvil, su cobertura y disponibilidad, como es el caso de este proyecto.

- El proyecto presenta la característica de poder variar la potencia del excitador conforme lo desee el operario, cabe recalcar que la empresa de radiodifusión tiene permitido funcionar con una cierta cantidad de potencia, por lo cual es recomendable no sobrepasar la misma, puesto que provocaría una sanción por la entidad competente sobre la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] **AJAY R. Mishra**/Advanced Cellular Network Planning and Optimization/John WILEY and Sons,Ltd/Nokia Networks/England 2007.
- [2] **Corrales**, Luis, “GSM-GPRS Orígenes y Evolución”.
- [3] **Huidobro Moya José Manuel**/ Telecomunicaciones, tecnologías redes y servicios/ Ra-Ma, 2011.
- [4] **Ramos Pascual Francisco**/ Radiocomunicaciones/Introducción a los Sistemas De Radiocomunicación/Alfaomega.
- [5] **Sinche**, Soraya, Folleto de Comunicaciones Inalámbricas.
- [6] **Estrada Juan, Reinoso Diego**, Diseño e Implementación de un prototipo de monitoreo remoto de Contaminación Ambiental utilizando tecnología GSM, Escuela Politécnica Nacional, Febrero 2009.
- [7] **Reinoso Andy, Tocaín Christian**, Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una Plataforma Open-Soft (Linux), Escuela Politécnica Nacional, Junio 2009.
- [8] **All Things D**, Imagen PC.
<http://allthingsd.com/20120614/tv-maker-vizio-launches-first-laptops-and-all-in-one-pcs/>
- [9] **ATMEL**, Design Support, Datasheets, Atmega164P.
<http://www.atmel.com/Images/doc8011.pdf>
- [10] **ATMEL**, Design Support, Datasheets, AVR040: EMC Design Considerations.
<http://www.atmel.com/images/doc1619.pdf>
- [11] **ATMEL**, Design Support, Datasheets, EMC Improvement Guidelines.
<http://qaswww.atmel.com/images/doc4279.pdf>

- [12] **AXIA**, Consoles and IP Audio, Consola IQ
<http://axiaaudio.com/iq>
- [13] **Barcode4less**, Wireless networking
<http://www.barcode4less-usa.com/Services.htm>
- [14] **Bluetooth Amplifier**, Bluetooth transceiver
<http://bluetoothamplifier.blogspot.com/>
- [15] **ELECFREACKS**, GPRS SHIELD EFCOM, Comandos AT.
http://elecfreaks.com/store/download/datasheet/rf/SIM900/SIM900_AT%20Command%20Manual_V1.03.pdf
- [16] **ELECFREACKS**, GPRS SHIELD EFCOM.
<http://www.elecfreaks.com/store/gprsgsm-shield-efcom-p-415.html>
<http://www.elecfreaks.com/3080.html>
- [17] **LteWorld**, LteAdvanced: Evolucion de LTE
<http://lteworld.org/blog/lte-advanced-evolution-lte>
- [18] **ORBAN** World Class Professional Broadcast Technology, Procesador de Audio.
<http://www.orban.com/products/radio/fm/8600/>
- [19] **Panasonic**, Telecontrol con PLC Panasonic.
<http://www.panasonic-electric-works.com/peweu/en/html/21423.php3>
- [20] **QUALCOMM**, LTE ADVANCED
<http://www.qualcomm.com/solutions/wireless-networks/technologies/lte-advanced>
- [21] **RADIO ELECTRONICS.COM**, CDMA2000 1X/1XRTT basics tutorial
<http://www.radio-electronics.com/info/cellulartelecomms/3gpp2/cdma2000-1xrtt-basics-tutorial.php>

- [22] **R.V.R.**, Elettronica Broadcasting equipment, General Catalog
<http://www.rvr.it/en/index.php>
- [23] **Senatel**/Marco Legal/Constitución Política del Ecuador/Ley de Radiodifusión y Televisión.
http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=382&Itemid=481
- [24] **Sensey TV**, Procesador de Audio
<http://tv.sensey.com.mx/video.php?id=42>
- [25] **SIRA**, SISTEMIRADIO, Products, FM ANTENNAS, FM-04
<http://www.sira.mi.it/en/products/broadcasting/8/fm-antennas/209>
- [26] **Smartenergygroups.com**, ZigBee.
<http://smartenergygroups.com/samotage/posts/87-SEGmeter-Zigbee-Kit>
- [27] **THE NETWORK ENCYCLOPEDIA**, CDMA
<http://www.thenetworkencyclopedia.com/d2.asp?ref=400>
- [28] **THE NETWORK ENCYCLOPEDIA**,D-AMPS
<http://www.thenetworkencyclopedia.com/d2.asp?ref=576>
- [29] **THE NETWORK ENCYCLOPEDIA**, “Sistema Avanzado de Comunicación Móvil”
<http://www.thenetworkencyclopedia.com/d2.asp?ref=85>
- [30] **Tiger Electronic Co., Ltd.**, datasheet, Circuito Max 232.
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/447440/TGS/MAX232.html>
- [31] **Times of India**, Technology News, Imagen 4G
http://articles.timesofindia.indiatimes.com/2012-04-10/telecom/31318486_1_wireless-broadband-long-term-evolution-3g

[32] **Universidad de Málaga**, Una aplicación de la Tecnología de Comunicación Móvil a la atención Primaria de la Salud, Arquitectura red SMS.

<http://www.sicuma.uma.es/sicuma/independientes/argentina08/Bryskurtz/index.html>

[33] **Wikipedia la enciclopedia libre**, “HSPA+”

<http://en.wikipedia.org/wiki/HSPA%2B>

[34] **Wikipedia la enciclopedia libre**, “LTE”

[http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telecommunication\)](http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication))

[35] **Wikipedia la enciclopedia libre**, Radiotransmisor.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Radiotransmisor>

[36] **Wikipedia la enciclopedia libre**, RFID.

http://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

[37] **Wikipedia la enciclopedia libre**, “WiMAX”

[http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_\(telecommunication\)](http://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication))

[38] **Wikipedia la enciclopedia libre**, ZigBee.

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[39] **Wikipedia la enciclopedia libre**, “4G”

<http://en.wikipedia.org/wiki/4G>

[40] **Terminal**, Terminal V1.9b.

<https://sites.google.com/site/terminalbpp/>

[41] **ELENOS** Broadcast Experience, Products.

<http://www.elenos.com/products/fm-transmitter-indium-etg-100w-2000w/>

<http://www.elenos.com/products/ebox-web-snmp-remote-control/>

<http://www.elenos.com/products/echos-3-gsm-remote-control/>

ANEXO 1

DATOS TOMADOS DEL EXCITADOR

Bajo distintas pruebas realizadas se obtuvo tramas de datos, con el fin de hacer un filtraje de información. A continuación se muestra 3 ejemplos de estas tramas

Tabla A.1.1

Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4
1	1	1	1
62	62	62	62
135	135	135	135
3	3	3	3
0	0	0	0
174	174	174	174
154	150	149	147
1	1	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
165	165	165	165
1	1	1	1
134	134	134	134
1	1	1	1
1	1	1	1

0	0	0	0
14	14	14	14
2	2	2	2
7	7	7	7
1	1	1	1
123	123	123	123
1	1	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
68	68	68	68
1	1	1	1
125	126	126	126
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
161	161	161	161
0	0	0	0
92	92	92	92
0	0	0	0
162	162	161	162
1	1	1	1
61	61	61	61
1	1	1	1
239	239	239	237
2	2	2	2
3	4	4	3
1	1	1	1
0	0	0	0
0	0	0	0
255	255	255	255
3	3	3	3

5	5	5	5
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
7	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	7	7
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
8	8	8	8
0	0	0	0
7	7	8	8
0	0	0	0
189	189	189	189
15	15	15	15
0	0	0	0

0	0	0	0
152	152	152	152
4	4	4	4
1	1	1	1
0	0	0	0
79	79	79	79
15	15	15	15
75	75	75	75
0	0	0	0
68	68	68	68
19	19	19	19
80	80	80	80
0	0	0	0
68	68	68	68
19	19	19	19
18	18	18	18
42	42	42	42
0	0	0	0
0	0	0	0
209	214	214	214
4	4	4	4
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
15	15	15	15
0	0	0	0
15	15	15	15
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

ANEXO 2

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO

El equipo es un sistema de control de un radio transmisor FM. Utiliza comunicación serial RS-232 para conectarse tanto al equipo como al PC.

Elementos:

- Placas base
- Módulos GSM
- Pantallas LCD
- Fuentes de alimentación

Voltaje de alimentación del sistema 5 [Vdc]

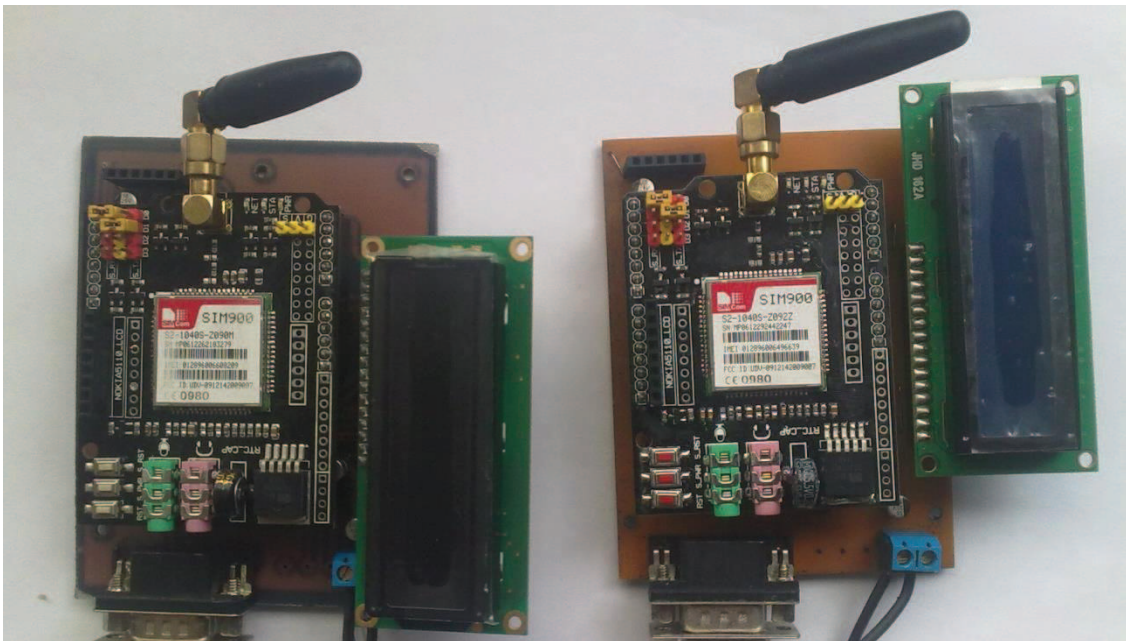


Figura A.1. Sistema de Control

PREPARACIÓN

Antes de encender el equipo asegúrese de seguir las siguientes instrucciones de conexión y la correcta configuración.

1. Terminal remoto y estación de control
 - a. Asegurar que la tarjeta SIM este correctamente insertada.

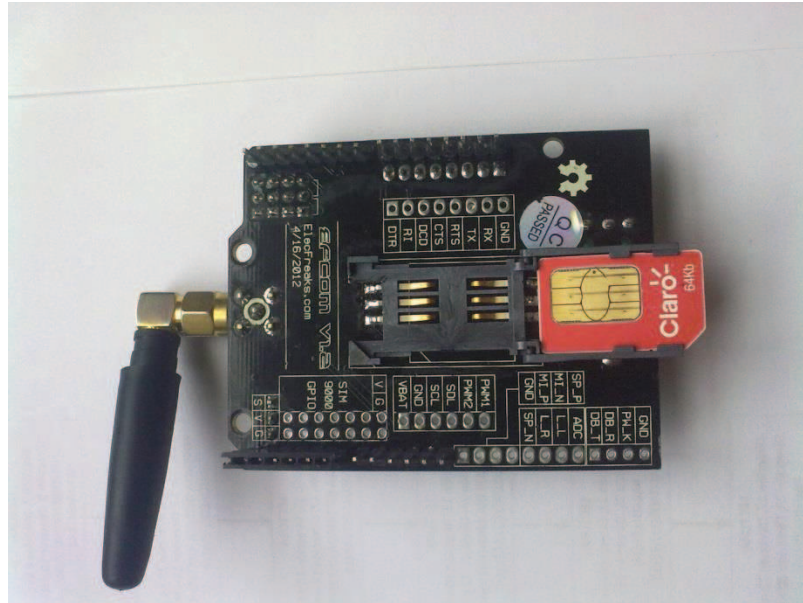


Figura A.2. Correcta forma de insertar SIM (I)

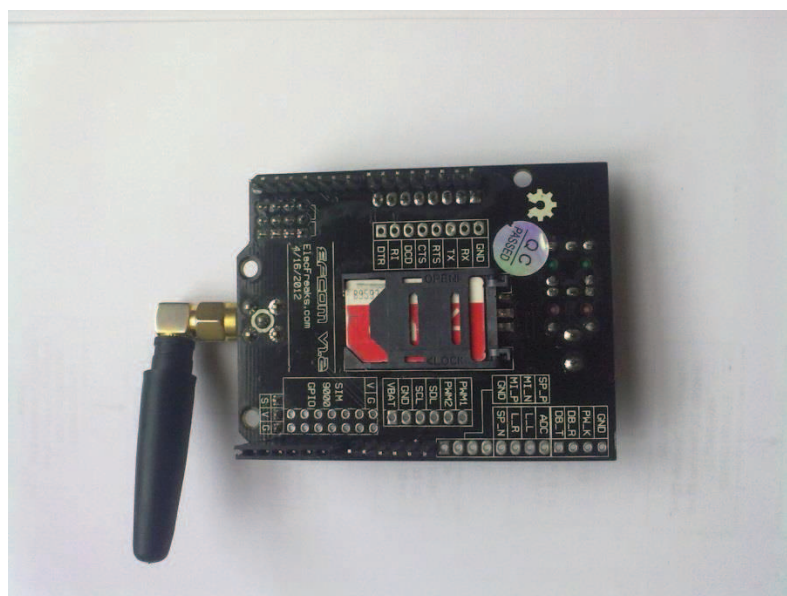


Figura A.3. Correcta forma de insertar SIM (II)

b. Conectar correctamente el módulo GSM a la placa base.

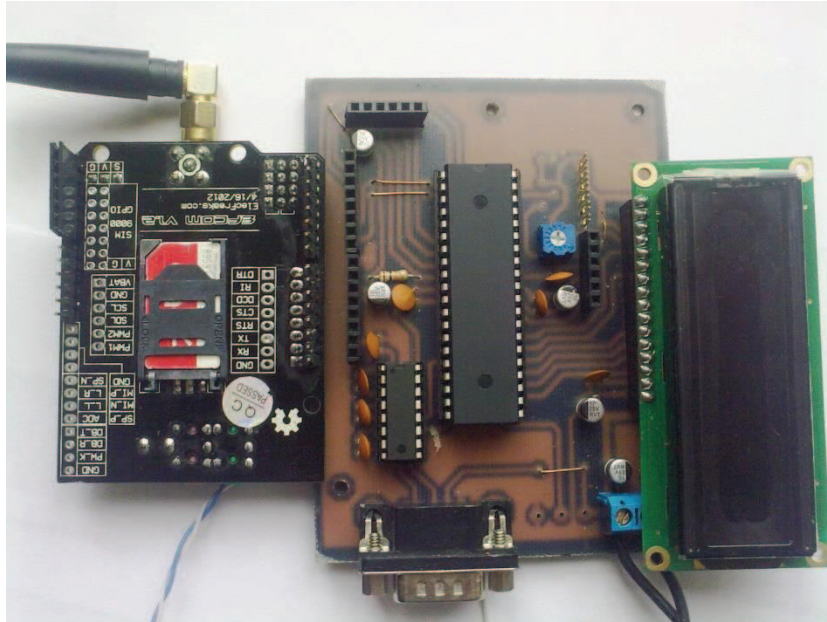


Figura A.4. Correcta forma de insertar GSM (I)



Figura A.5. Correcta forma de insertar GSM (II)

2. Estación de Control

- a. Tipo de conexión.- cable serial (Conector DB9) directo.

3. Terminal remoto

- a. Tipo de conexión.- cable serial (Conector DB9) cruzado.

PUERTO DE COMUNICACIÓN

Antes de inicializar el programa se debe asegurar el puerto de comunicación serial que se encuentre en COM1.

Se ingresa a computador, posteriormente a propiedades del sistema.

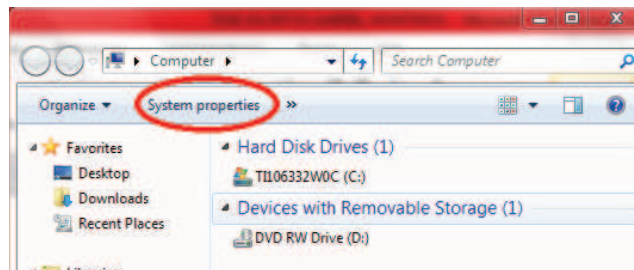


Figura A.6. Configurar puerto serial (I)

Se ingresa en Administrador de Dispositivos.



Figura A.7. Configurar puerto serial (II)

Se verifica si el puerto serial a utilizar es el requerido.

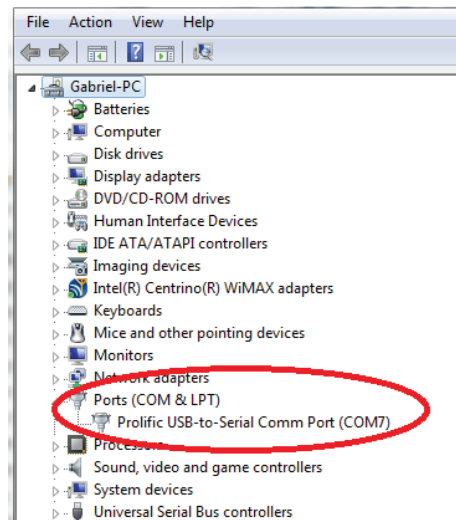


Figura A.8. Configurar puerto serial (III)

De darse el caso de no tener disponible el puerto requerido, se configura las propiedades del puerto

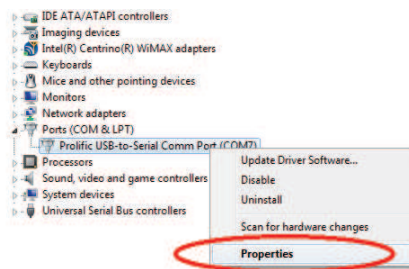


Figura A.9. Configurar puerto serial (IV)

Seleccionar Configuraciones Avanzadas.

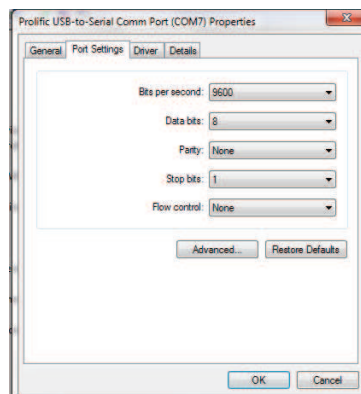


Figura A.10. Configurar puerto serial (V)

Se selecciona el puerto COM1 para comunicación serial.

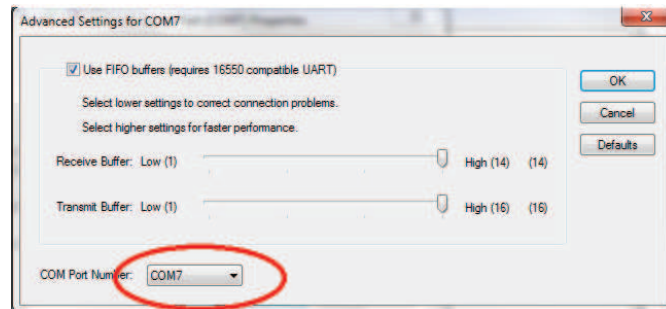


Figura A.11. Configurar puerto serial (VI)

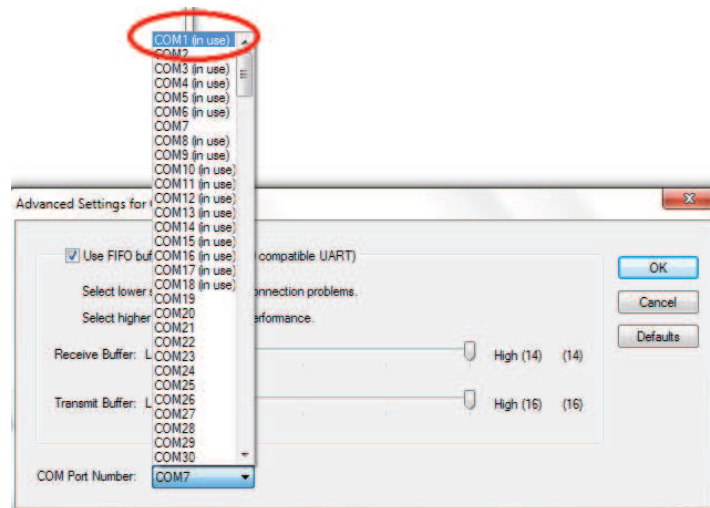


Figura A.12. Configurar puerto serial (VII)

PROGRAMA

Una vez configurado el puerto se ingresa al sistema de control. Al mostrar la pantalla de presentación, se van a indicar los datos relevantes del proyecto, después de 5 [seg] se da clic con el botón izquierdo del mouse y se ingresa al programa de monitoreo y control.



Figura A.13. Presentación HMI

Al ingresar a la pantalla de control se indica todos los parámetros como sin señal o en 0.

Al iniciar el programa, se encuentra activada la alarma de color rojo, esto cambia al recibir los parámetros de excitador, siempre y cuando no exista potencia reflejada.



Figura A.14. Pantalla HMI (I)

A continuación se configura la hora de envío del primer mensaje, acto seguido se generan alertas con intervalos de 3 horas cada una de la anterior, para que el sistema envíe los siguientes mensajes de manera autónoma.

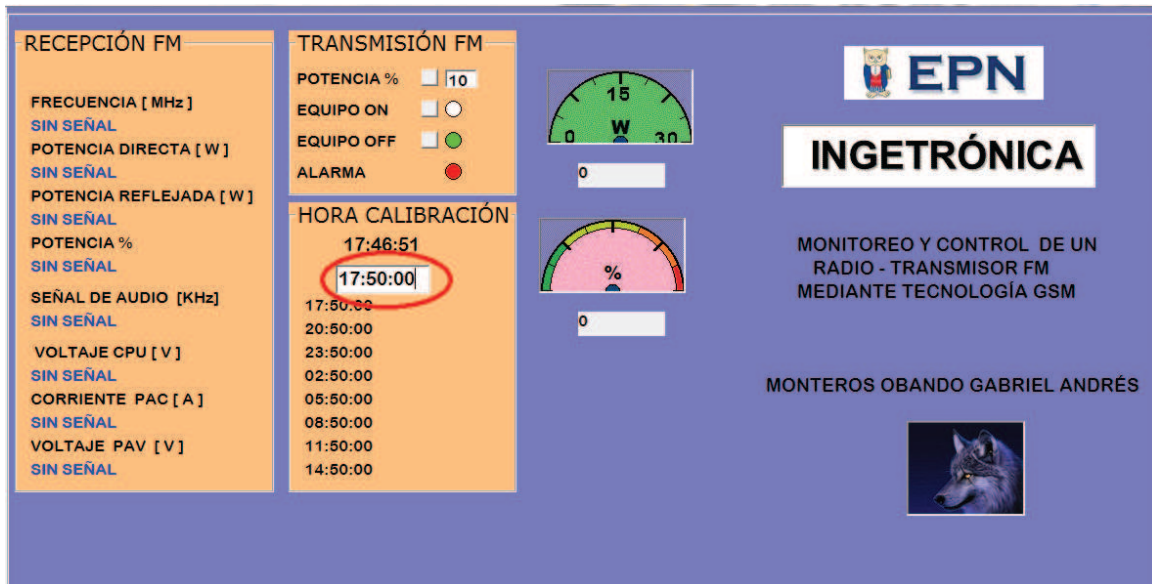


Figura A.15. Pantalla HMI (II)

El momento que el reloj de la computadora sea igual a las horas de envío, entonces da la orden mediante el módulo GSM (estudio) al excitador de FM que envíe el mensaje con los todos parámetros.



Figura A.16. Pantalla HMI (III)

En la **Figura A.16** se visualiza la palabra “CALIBRANDOSE”, hasta el momento que llegue la información, el programa permanece en un estado de recepción de datos, durante este periodo no se puede variar la potencia, apagar o encender el equipo, para evitar problemas de recibir información errónea.



Figura A.17. Pantalla HMI (IV)

Una vez receptados los datos, el programa habilita las opciones de variar potencia, apagar o encender el equipo, como se puede ver en la **Figura A.17**.

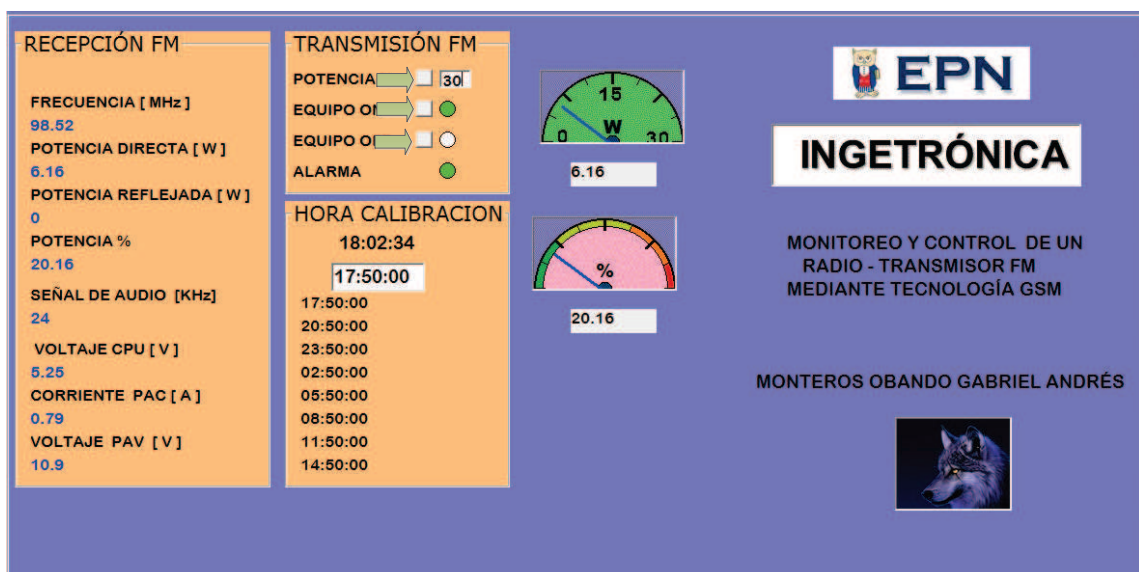


Figura A.18. Pantalla HMI (V)

La función principal del bloque para control (TRANSMISIÓN FM), únicamente permite variar los parámetros, y no necesariamente se sincroniza con los datos recibidos del Excitador de FM.

La opción para variar la potencia, permite cambiar el porcentaje de la misma de 0 a 100%. Una vez variado el parámetro se debe dar clic con el mouse en el botón de envío de información, el proceso es similar para apagar el equipo o encender el equipo. Ver **Figura A.18**.