

# ANÁLISIS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL REMOTO DE ALARMAS DE UNA REPETIDORA DE RADIO A TRAVES DE UNA RED GSM/GPRS

Ayala E. Francisco, Reyes P. David  
Duque Darío, Larco Julio

Departamento de Eléctrica y Electrónica de la ESPE  
Campus Sangolquí, Av. El progreso s/n.

**Resumen.-** El mantenimiento y monitoreo de equipos de transmisión para radio y televisión utilizan una gran cantidad de recursos tanto humanos como económicos, en cuanto que su funcionamiento se desarrolla en zonas de difícil acceso como son montañas y cerros, con el problema de que no es posible el conocimiento inmediato, cuando los equipos sufren daños o cambios para su oportuna reparación y reposición.

La solución a éste problema se dio con un sistema que se compone de un módulo GSM/GPRS el cual se encarga de transmitir y recibir datos, los cuales son interpretados a modo de alarmas, medidas y comandos de control en un software desarrollado en Visual Basic con un ambiente amigable para el usuario; y por último, un hardware adicional que permite realizar tareas de control y comunicación del transmisor de TV con el módulo GSM/GPRS; Con éste sistema un técnico monitorea el equipo utilizando una PC en la que se encuentra instalado el software y tiene acceso a Internet desde la que se solicita al módulo GSM/GPRS información del estado en el que se encuentra el transmisor de TV y de ser necesario lo controla. Con esta información se determina si el transmisor requiere de un mantenimiento correctivo.

Con el sistema diseñado se logra el monitoreo y control del transmisor de TV minimizando así la cantidad de viajes innecesarios a las estaciones de transmisión al momento de presentarse fallos en los equipos, ya que desde una estación de trabajo con conexión a Internet, se puede realizar un diagnóstico preliminar que permite a los técnicos prever las condiciones del equipo y así trasladarse al sitio con los repuestos necesario o en su defecto con un equipo nuevo para cambiarlo.

## 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS GSM/GPRS

Los sistemas GSM/GPRS (*Global System for Mobile Communications / General*

*Packet Radio System*) son tecnologías de comunicaciones móviles digitales que permiten una mayor capacidad de transmisión de datos y que surgieron como paso previo a las tecnologías 3G. Una de estas tecnologías 2.5G es GPRS, basada en la transmisión de paquetes y donde los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios de forma dinámica GPRS coexiste con GSM, compartiendo gran parte de la infraestructura desplegada en el mismo, pero ofreciendo al usuario un servicio portador más eficiente para las comunicaciones de datos, especialmente en el caso de los servicios de acceso a redes IP como Internet.

“La velocidad teórica máxima que puede alcanzar GPRS es de 171,2 kbit/s (unas 18 veces mayor que GSM), si bien la velocidad de acceso que experimenta el usuario en la práctica está condicionada por distintos factores y suele ser bastante inferior: unos 40 kbit/s en el enlace descendente y 9,6 kbit/s en el ascendente. Las principales ventajas que aporta GPRS respecto a GSM son, además de una mayor velocidad de transmisión, la conexión permanente y la tarificación por tráfico, convirtiéndolo en el portador ideal para los servicios WAP (*Wireless Application Protocol*), el acceso a Internet (web browsing, ftp, e-mail) y el acceso a intranets de empresas” [1].

### General Packet Radio Service

El GPRS es un protocolo inalámbrico, no de voz, que ofrece acceso a redes de datos mediante la conmutación de paquetes. El servicio ofrece tasas de transmisión de datos de hasta 170 Kbps. La característica mas notable de esta tecnología es que

proporciona una conexión permanente entre la red y la Terminal móvil. El término permanente se refiere a que la transmisión de datos no es orientada a conexión. Es decir, en este tipo de tecnología no necesita abrir y cerrar una conexión, únicamente de preocuparse por el envío de paquetes. El uso de esta tecnología requiere de equipos móviles capaces de interactuar con sitios web que ofrecen servicios multimedia y que contienen aplicaciones que permitan el manejo de estos servicios.

### ARQUITECTURA GPRS

Los servicios que provee GPRS utilizan la misma interfaz aérea que GSM. Con el fin de proveer la transmisión de datos GPRS define una infraestructura extra, sobre la infraestructura GSM existente. Así, un dispositivo móvil se comunica con el CEB (*Controlador de la Estación Base*) mediante la Estación Base. El CEB de GSM existente sólo maneja voz, adicionalmente requiere de una PCU (*Unidad de Control de Paquetes*) quien será encargada de desviar los paquetes de datos GPRS hasta el SGSN (*Nodo de Soporte de Servicios GPRS*). [2]

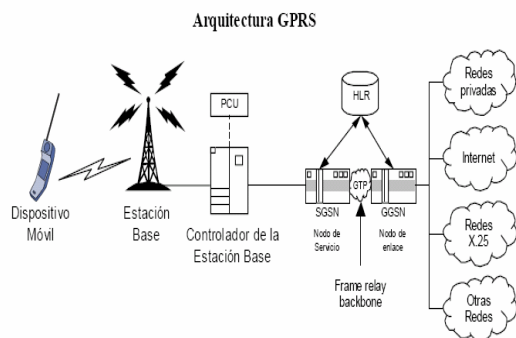


Figura 1. Arquitectura GPRS

En la Fig. 1 se puede observar que la Arquitectura GPRS es básicamente la misma que la GSM lo único que aumenta son: el nodo de enlace GGSN (Nodo de Soporte de Gateway GPRS), y el nodo de servicio SGSN (Nodo de Soporte de Servicios GPRS). [3]

### 2. ESTADO DE LA ESTACIÓN REPETIDORA DE TV

La estación repetidora a la que se está monitoreando y controlando se encuentra

ubicada en el mirador de Miravalle y es la encargada de que el Canal Televisión que utiliza la empresa Canal Uno transmita al sector de Cumbayá en la frecuencia de 211.25 MHz que es el canal 13 exclusivamente, debido a que en este valle la señal es muy débil y la recepción mala en los televisores de ésta área.

Los equipos con los que cuenta la estación repetidora son:

**Antena parabólica:** Recibe la señal del satélite.

**Modem satelital:** Decodifica la señal recibida en la antena parabólica, que va a ser transmitida.

**Transmisor de TV:** Este es el equipo monitoreado, que transmite la señal en la frecuencia de canal 13 tanto audio como video al aire.

**Dos antenas VHF:** Por estas antenas se transmite la señal al aire para el valle de Cumbayá y Miravalle.

Uno de los mayores problemas que tienen en la caseta de la repetidora es la mala calidad de la energía eléctrica del sector, que por sus fuertes y continuas variaciones hace que las fuentes del equipo transmisor se dañen con mucha facilidad lo que trae como consecuencia que el equipo deje de transmitir. Es por eso que la empresa Ecuatronic ha solicitado el monitoreo para este equipo. Varios de estos transmisores están en zonas de difícil acceso en todo el país y que son susceptibles a daños.

### 3. DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE

Como base para el desarrollo del proyecto se requiere de un MODEM GSM/GPRS el cual permita transmitir a través de la red celular los datos y las alarmas que se presenten en el equipo repetidor de televisión. Como requerimientos mínimos se necesita que éste MODEM se pueda comunicar a otros equipos por medio del puerto serial RS232, además de entradas y salidas digitales para el control y pronto reconocimiento de alarmas que se pueden presentar.

## Características del módulo GSM/GPRS

Las especificaciones técnicas se pueden observar en la Tabla 3.1 En la que se detalla cada una de las características por las que se escogió a este módulo para el proyecto

Especificaciones Técnicas		
Especificaciones Generales	Procesador	128 Kb SRAM
	Consumo de Potencia	< 1.4W (GPRS online), 2W (Buscando GPRS)
	Voltaje	9 a 43 VDC
	Led Indicadores de Estado	Link/GPRS/RUN
	Capacidad de Almacenamiento	2 MB
Especificaciones GPRS	Protocolos	TCP, UDP, ICMP, PPP
	GPRS Multi-slot	Clase 8
	Estación Móvil GPRS	Clase B
	Download/Upload (Max.)	85,6Kbps/21.4Kbps
	Esquema de Código	CS1,CS2,CS3,CS4
Interfaces	Protocolo Punto a Punto	PPP
	Certificados de Aprobación	GCF, R & TTE
	RS-232/422/485	1
	RS-232	2
	Entradas y Salidas Digitales	8 seleccionables
Especificaciones Mecánicas	Temperatura de operación	Desde -20 °C hasta 60 °C
	Humedad regulación Aprobadas	5% hasta el 85% RH CE, FCC, C-Tick
	Dimensiones (L x E x A) (mm.)	90 x 61 x 92
	Peso (g)	450
	Compartimento de la SIM	3V / 5V
	Conector RJ-45	RS-232/422/485 x 1, RS-232 X2
	Conector externo de Antena	SMA F
	Riel DIN	Si
	Frecuencia	900/1 800 850/1 900 MHz
	Batería	500m Ah
Antena	GPRS	

Tabla 1 Especificaciones Técnicas módulo GPRS [4]

## DISEÑO DE HARDWARE

Debido a los requerimientos de la empresa solicitante se ha monitoreado y controlado completamente al transmisor; con la ayuda de un PIC 16F877 por lo que se diseño y construyó un hardware adicional el cual permite recibir ciertas señales de alarmas y a su vez controlar parámetros como:

- Potencia de salida, que según el caso se puede subir o bajar en niveles de 5% hasta un total de 30%.
- Encendido de Transmisor
- Apagado de Transmisor

Además se puede monitorear todas las alarmas que este equipo nos presenta como son:

- Presencia de Video
- Presencia de RF
- Disminución excesiva de Potencia
- Pérdida de fuente de + 15 V
- Voltaje DC
- Voltaje en Amplificador de Potencia

El PIC que se escogió es el 16F877 pues es el más apropiado para el desarrollo de esta aplicación; las características por las cuales se consideró este microcontrolador se detallan a continuación:

### - Comunicación serial:

Para comunicación entre PIC y GDT

**Convertor análogo digital:** Se utilizó este puerto para medir los niveles de potencia de salida del Transmisor de TV

**Interrupciones:** Se utilizó para controlar la potencia según sea el caso.

**PORT D:** Se utiliza para el control de la potencia pues es el encargado de activar el relé respectivo que va a dar paso a los voltajes que se inyectan al equipo que está siendo controlado para aumentar o disminuir su potencia

**PORT B:** Además de que este puerto brinda la función de interrupción, este puerto se utiliza para habilitar otros relés que permitirán apagar el transmisor y bajar la potencia de éste.

### Implementación del PIC y hardware

El equipo de transmisión de TV Linear sobre el que se implementó nuestro equipo, presenta una serie de controles externos en el panel frontal del módulo de alimentación a través de un conector "REMOTO" DB9.

En la Fig. 2 se aprecia implementación de módulo GDT y el Hardware.

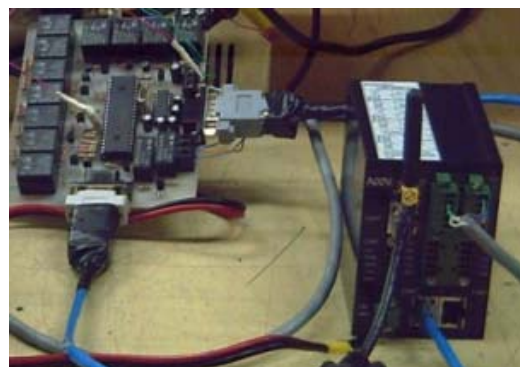


Figura 2. Hardware desarrollado y Módulo GPRS

La Figura 3. muestra un esquema de cómo están conectados todos los componentes del sistema con el equipo transmisor.



Figura 3. Sistema Integrado

A la izquierda se observa el Transmisor Linear, en medio el Hardware desarrollado y a la derecha el módulo GSM/GPRS.

#### 4. INTERFAZ HMI

El Software que se utilizó para el desarrollo de la interfaz HMI es Visual Basic 6, del grupo de programas de Visual Studio, debido a que el GDT tiene un archivo dll compatible con VB6, el cual hace posible la interacción entre el módulo y la PC. Además de la facilidad que brinda al ser un lenguaje de programación basado en eventos [5] [6].

Cabe destacar que este software de programación permite el uso de comandos Active X con los cuales se puede realizar una interfaz gráfica que sea atractiva, que tenga un ambiente amigable y fácil de utilizar para cualquier persona.

El programa principal fue desarrollado en su totalidad en Visual Basic 6 consta de 8 Formularios o Pantallas:

- Pantalla de Conexión y Desconexión.
- Pantalla de Monitoreo
- Pantalla de Control
- Pantalla de Reporte General por Días
- Pantalla de Reporte de Alarmas
- Pantalla de Reportes de Nivel de Audio
- Pantalla de Reporte de Nivel de Video
- Pantalla de Estado del Módem GDT

**Pantalla de Monitoreo:** En esta pantalla presenta de forma gráfica y amigable todas las señales que se reciben del transmisor de Tv tal como indica la figura 5., y estas son:

- Alarmas de Fuentes de +15 y -15 Voltios
- Potencia de Salida: De forma digital y Análoga

- Nivel de audio: De forma digital y Análoga
- Nivel de video: De forma digital y Análoga
- Voltaje del Amplificador de Potencia: De forma digital y Análoga

De esta pantalla es posible ingresar a varias pantallas que presentan reportes que se almacenan en una base de datos que se desarrolló en Microsoft Access.

Estos reportes son:

- Alarmas
- Potencia de Salida
- Nivel de Audio
- Nivel de Video
- Pantalla de Control

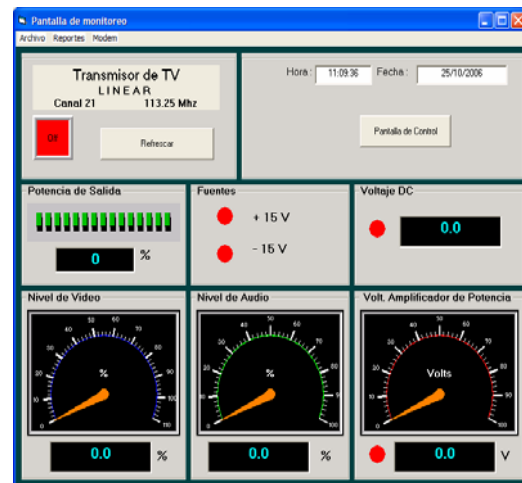


Figura 4. Pantalla de monitoreo

**Pantalla de Control:** En esta pantalla podemos controlar el estado del Transmisor (Tx) de Tv. Los parámetros de control que se pueden realizar son:

- Encender el transmisor
- Apagar el transmisor
- Aumentar la potencia del transmisor
- Disminuir la potencia del transmisor

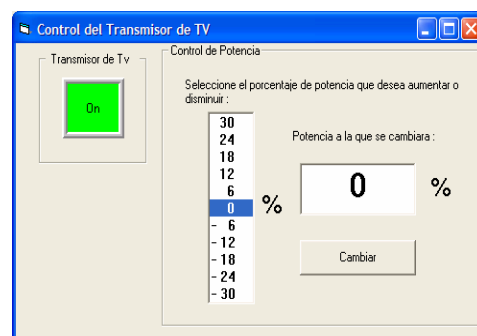


Figura 5. Pantalla de Control

La pantalla de Reportes de Alarmas, Potencia de Salida, Nivel de Audio y Nivel de Video son las que indican por fechas todos los eventos que se dieron lugar en determinado momento. De esta manera, la interfaz permite obtener información de la Base de Datos y conocer el estado de los parámetros a monitorear.

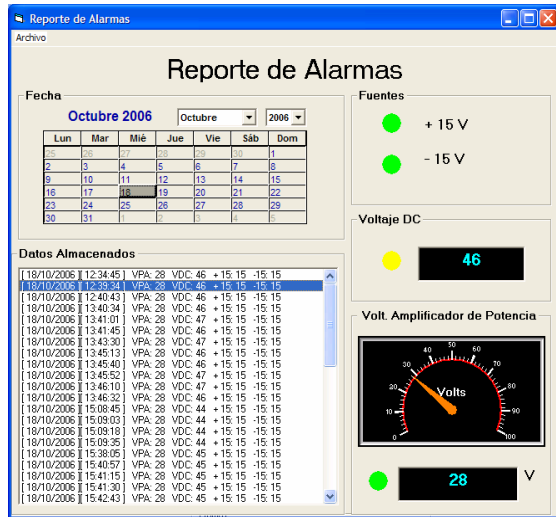


Figura 6. Ventana de Reporte de Alarmas

## 5. PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

### Pruebas y análisis de resultados del sistema integrado.

En las pruebas finales lo que se hizo fue conectar todos los elementos como se muestra en la figura 5.6, y se detallan a continuación:

- Conectar el GDT GT-331 con el HARDWARE adicional vía RS 232 y una de las salidas digitales, específicamente la 7 con el pin de interrupción del PIC.
- Conectar el GDT vía RS 232 con el Transmisor LINEAR.
- Conectar el HARDWARE adicional al conector "remoto DB9" del transmisor de TV.
- Instalar el HMI en el computador el Operador de Ecuatronic.
- Instalar el programa GGS en el Servidor.
- Vía Internet conectar el equipo del operador con el servidor
- El servidor a su vez vía Internet se conecta con Movistar y este a través de su red se comunica con el módulo GDT.

- Una vez que todos estos elementos han sido conectados se procede a el monitoreo y control del equipo Transmisor de TV con nuestra HMI.

Luego de conectados todos los elementos del prototipo se realizaron varias pruebas para constatar que todo funcione correctamente, es decir:

- Verificar conectividades
- Verificar funcionamiento de HMI
- Verificar lecturas de los datos y su almacenamiento
- Verificar la generación de reportes a partir de la Base de Datos.

Por último, una de las pruebas pendientes que se realizaron fue la prueba de control, en el cual mediante la HMI se envió mensajes hacia el módulo GDT que permitan que el HARDWARE realice las tareas de control propuestas. En este ensayo cabe resaltar la importancia de la sincronización existente en la comunicación del módulo GDT, puesto que se utilizan al mismo tiempo la salida digital al igual que el puerto COM2 conectado al microcontrolador; la salida digital se encarga de interrumpir el lazo repetitivo del programa del microcontrolador que esta verificando constantemente la generación de alarmas por parte de la variable analógica de potencia de salida, mientras que la comunicación serial se encarga de recibir los datos enviados desde la HMI y comparar para efectuar la tarea correspondiente que puede ser el aumento o disminución de potencia y de ser el caso el encendido / apagado el transmisor.

Algo que se debe tomar muy en cuenta es el retardo que existe desde que se envía un mensaje desde o hacia la HMI al módulo que es aproximadamente de 3 a 5 segundos, valor que podría ser mayor de acuerdo a la eficiencia del servicio de telefonía celular, además que hay que considerar los retrasos que se dan en los cables y en el tiempo de respuesta de los microcontroladores tanto en el transmisor LINEAR como el HARDWARE.

## 6. ANÁLISIS DE COSTOS

### Análisis de costos de transmisión

El número de bytes que transmite el Tx de TV para cada monitoreo es de 540 bytes, y en cada alarma es de 8 bytes.

El programa al funcionar las 24 horas del día y al solicitar datos cada minuto realizara un total de 1440 peticiones. Lo que quiere decir que en un día se han transmitido 777 Kbytes diarios, y en un mes el total de bytes transmitidos es de 2 Mbytes lo que quiere decir que Ecuatronic mensualmente deberá pagar 2,40 dólares para tener un monitoreo permanente de el transmisor. Esto sin tomar en cuenta que el operador puede pedir lecturas a cualquier instante que en el peor de los casos generaría otro Mbyte de transmisión con lo que el total a pagar ascendería a 3,6 dólares mensuales.

Por lo que resulta algo muy beneficioso para la empresa pues ya no van a enviar a los técnicos para que revisen que ocurría con los equipos sino que directamente en la comodidad de las oficinas van a saber si fue un simple corte de luz que es muy común en los cerros o de si de verdad el equipo sufrió algún daño.

Al enviar un técnico para que simplemente constate el estado del transmisor se gasta un aproximado de 70 dólares que se dividen entre gasolina del vehículo y gastos por viaje del técnico, aparte del salario que recibe normalmente.

De ahí que la solución que se presenta es mucho mejor y más barata a largo plazo, tomando en cuenta la inversión inicial que debe realizar Ecuatronic al comprar los equipos.

#### Análisis de Costo Acumulativo:

<b>Modulo GDT</b>	USD	550
<b>HARDWARE adicional</b>	USD	42
<b>Cables</b>	USD	3
<b>Conectores DB9</b>	USD	3
<b>SIM</b>	USD	5
<b>Tx por 3 Mbytes</b>	USD	3.60
<b>Total</b>	USD	606.40

Tabla 2. Costo Total del Equipo

El costo detallado previamente es referencial, pues solo considera costos de elementos y transmisiones. Es pertinente poner en consideración que no se toman en cuenta los costos de mano de obra cuantificadas en precio Hora/Hombre que son importantes mencionar en cuanto al tiempo utilizado para el proceso de Investigación y Desarrollo de Software y Hardware.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La transmisión vía GPRS es algo muy útil y de rápida implementación que no requiere de grandes inversiones para lograrlo debido a que no hace falta comprar equipos muy costosos, con tan solo adquirir el módem GSM/GPRS es suficiente para poder transmitir desde voz hasta datos desde cualquier lugar en donde exista cobertura celular.
2. El canal de transmisión de los datos es totalmente transparente para el usuario y tiene la gran ventaja de que los datos transmitidos van a estar en la nube de Internet y es muy sencillo el direccionar exactamente de donde se quiere recibir la información y se la puede recuperar desde cualquier punto con Internet.
3. El Hardware que se diseñó tiene un amplio rango de usos pues consta de varios relés que pueden activar y desactivar cualquier equipo electrónico, que en este proyecto específicamente se usan para variar la potencia de salida del transmisor de televisión y para apagar y prender el equipo como un reset.
4. Ecuatronic mensualmente deberá pagar 2,40 dólares para tener un monitoreo permanente de el transmisor, por lo que resulta algo muy beneficioso para la empresa pues ya no van a enviar a los técnicos para que revisen que ocurría con los equipos sino que directamente en la comodidad de las oficinas van a saber si fue un simple corte de luz que es muy común en los cerros o si de verdad el equipo sufrió algún daño.
5. El Software desarrollado es muy flexible y es muy adaptable al usuario y de una manera muy sencilla el operador en Ecuatronic va a poder saber el estado en el que se encuentra el equipo transmisor de televisión y de ser necesario puede enviar a los técnicos pero ya con un conocimiento previo de lo que le sucede al este.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GPRS Demystified, Hoffman John, Editorial McGraw Hill, 2003
- [2] An introduction to GSM, Redl Siegmund, Weber Matthias, Editorial Arctech House, 1995.
- [3] GSM Networks, Hein Gunnar, Editorial Arctech House, 1999 Conceptos de computación, Jamrich June, Editorial Thomson ,1999
- [4] [www.nxn.com.tw](http://www.nxn.com.tw)
- [5] Manual de Visual Basic, Cornel Gray, Editorial McGraw Hill, 1997
- [6] Microsoft Visual C++. NET , McGraw Hill, 2002



### **David Reyes P.**

Nacido en Cuenca, el 20 de Octubre de 1981, curso sus estudios en el Colegio San Gabriel en Quito y su Universidad en la Escuela Politécnica del Ejército en la misma ciudad. Finalizó su carrera en Ingeniería en Telecomunicaciones en Agosto del 2006. Actualmente se encuentra cursando CCNA2 y trabaja en Sistemtech.



### **Francisco Ayala E.**

Nacido en Quito, el 26 de Julio de 1981, curso sus estudios en el Colegio Spellman de Varones, Colegio San Gabriel de la ciudad de Quito y su carrera universitaria en la Escuela Politécnica del Ejército en la misma ciudad. Finalizó sus estudios en Ingeniería en Control y Automatización en Febrero del 2006.