

CAPÍTULO V

SISTEMA DE TELEMETRÍA BASADO EN GSM/GPRS/SMS

5.1 GSM/GPRS/SMS en los Sistemas de Telemetría

Global System for Mobile Communications, o GSM, es un estándar de comunicación celular ampliamente usado en todo el mundo, se caracteriza por ser una tecnología digital en la que la información se comprime antes de ser enviada, optimizando el ancho de banda y adquiriendo todos los beneficios de las comunicaciones digitales. En la Tabla 9 se muestran las bandas de frecuencias empleadas para GSM.

Tabla 9. Bandas de frecuencia para GSM

Banda	Nombre	Canales	Uplink [MHz]	Downlink [MHz]
GSM 850	GSM 850	128-251	824-849	869-894
	P-GSM 900	1-124	890-915	935-960
GSM 900	E-GSM 900	975-1023	880-890	925-935
	R-GSM 900		876-880	921-925
GSM 1800	GSM 1800	512-885	1710-1785	1805-1880
GSM 1900	GSM 1900	512-810	1850-1910	1930-1990

En México los Operadores de telefonía celular basada en GSM emplean la banda GSM 1900.

GSM hace uso de varias técnicas para crear una comunicación adecuada y maximizar el ancho de banda disponible, de esta manera emplea SDMA (Space Division Multiple Access) dividiendo en celdas el área de cobertura y reutilizando los canales de frecuencias en celdas no contiguas. Emplea TDMA (Time Division Multiple Access) con lo que conmuta varias llamadas que emplean simultáneamente una misma banda de frecuencias. FDMA (Frequency Division Multiple Access) con lo que emplea diversos canales de frecuencias con usuarios dentro de una misma celda. FHMA (Frequency Hopping Multiple Access) con lo que se asignan frecuencias a los usuarios de una manera aleatoria.

El estándar GSM por sí sólo no es óptimo para el envío de datos pues sus características son más adecuadas para voz, por lo que surge una extensión denominada GPRS (General Packet Radio Service), el primer estándar de GPRS se debe al European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

GPRS permite velocidades de transferencia de 56 a 144 kbps y el envío de información se basa en paquetes, para mejor comprensión del lector, puede hacerse una analogía con el protocolo TCP/IP en el que las peticiones de la red y el envío de información se hace por medio de direccionamiento IP, en este caso se emplea un APN (Access Point Name) dando así a cada dispositivo un identificador, para el caso de GSM se hace por

medio de la tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) que es una tarjeta capaz de almacenar la información suficiente del usuario para que se pueda desmontar de un equipo celular e insertar en otro teniendo las mismas prestaciones de la red.

Con GPRS se puede tener en un equipo celular, servicios tales como WAP (Wireless Application Protocol), MMS (Multimedia Messaging Service), WWW (World Wide Web) y SMS (Short Messaging Service) entre otros.

Cuando se establece una llamada sobre GSM, se requiere un ancho de banda fijo y dos canales simultáneos, uno de subida y otro de bajada, aunque ninguno de los dos usuarios esté empleando el canal de comunicaciones, mientras la llamada esté activa, ningún otro usuario podrá emplearlo, por otro lado, si se tiene una llamada sobre GPRS, el usuario sólo usa el canal cuando está enviando o recibiendo un paquete, mientras esto no suceda, el canal se encuentra libre para otros usuarios.

GPRS emplea TDMA (Time Division Multiple Access) para que varios usuarios compartan un canal de frecuencias, si el usuario envía información será un canal de subida, si recibe información se tratará de un canal de bajada. La longitud de los paquetes corresponde a la ranura de tiempo de GSM.

Sobre SMS en telemetría, tiene un gran potencial pues es sumamente empleado como alarmas, esto es, se define un umbral para ciertas variables de instrumentación y se programa el dispositivo en cargado de adquirir los datos y de controlar un módem GSM/GPRS para que al rebasar cierto nivel envíe una alarma SMS a cualquier teléfono celular de algún Ingeniero en campo.

Otro uso de SMS dentro de la telemetría es para Telecomando, esto se refiere a la configuración remota de los equipos, de esta manera se puede enviar un SMS al dispositivo que adquiere los datos, previamente programado, para solicitarle algún cambio en la configuración o quizá hacerle una petición de envío de determinada información.

Cabe mencionar que a diferencia de GSM, GPRS se cobra por volumen de datos y no por tiempo de llamada, pues como ya se ha descrito cuando se están enviando paquetes el ancho de banda es compartido, mientras no se esté enviando o recibiendo, el canal de comunicación se encuentra libre para otros usuarios.

A continuación se describe un caso real en el que se solicitó la implementación de un sistema de telemetría basado en GSM/GPRS.

La Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (JUMAPA) es el organismo operador de dichas áreas en Celaya Guanajuato, para tener un control sobre los flujos de agua potable en diversos puntos y conocer el abastecimiento, es necesaria la instalación de sensores en 31 pozos, desde los cuales se requiere enviar la información recolectada hasta un punto donde se concentrará y administrará dicha información. En cada uno de los 31 puntos se estará tomando una muestra por sensor cada 15 minutos que se estarán enviando al centro de monitoreo, donde deberán desplegarse en una

interfaz gráfica. Se requiere gran fiabilidad en la transmisión de la información y el envío de alarmas a Ingenieros en campo.

Dados los requerimientos, se ha llegado a la conclusión de que lo más adecuado sería la implementación de un sistema de telemetría basado en GSM/GPRS pues el volumen de datos es muy bajo, la zona de pozos se encuentra totalmente dentro de la cobertura de telefonía celular, la fiabilidad de envío de los datos es grande y se cuenta con la opción de envío de alarmas SMS a Ingenieros en campo.

Para lo anterior, se instalarían tarjetas de adquisición de datos con entradas hasta para 6 sensores, pues son los que se han solicitado por cada punto a monitorear, se empleará una salida RS-232 mediante puerto serial, conector DB-9 y se contarán a módems GSM/GPRS, se configurará una conexión multipunto a punto, en la que se instalarán 31 módems, uno por cada punto y todos los envíos de lecturas se canalizarán al módem conectado a un servidor que será el centro de monitoreo.

Sobre el volumen de datos a contratar, los operadores ofrecen varios planes con una cantidad definida de Mbytes, para elegir la más adecuada, debe hacerse una planeación del volumen de datos mínimo requerido y dejar un margen de volumen de datos. Para este caso se tienen 6 sensores por punto, 31 puntos, se enviará una lectura cada 15 minutos y cada lectura emplea un volumen de 42 bytes, el formato de cada dato a enviar será:

“22/01/2010,11:36:30,2.71947442719959,5”

Donde se indica “fecha/hora/valor de la variable/número de canal”, por lo tanto se necesitará un mínimo de 22.3 Mbytes de capacidad para transferencias mensuales y 32 tarjetas SIM.

Cabe mencionar que se debe solicitar al operador un APN pues las tarjetas SIM de cada módem deberán estar configuradas como si fuera una red privada y enviar datos vía GPRS. También debe contemplarse el consumo de alarmas SMS, para ello deberá hacerse un estudio donde se defina el número probable de alarmas SMS mensual.

5.2 Selección de los equipos

Para mejor comprensión del lector sobre los sistemas de telemetría basados en GSM/GPRS/SMS se describirá a continuación el proceso de implementación de un sistema punto a punto incluyendo el diseño de un Datalogger y la mención de algunos equipos existentes en el mercado.

En la Figura 17 se muestra los elementos básicos de un sistema de telemetría.



Figura 17. Elementos básicos de un sistema de telemetría GSM/GPRS.

Objetivo:

Se implementará un sistema de telemetría el cual consistirá de un Datalogger basado en el microprocesador Rabbit RCM4200, capaz de registrar datos desde uno o varios sensores, un módem GSM/GPRS Transmisor conectado directamente al Datalogger, un módem GSM/GPRS Receptor conectado a una Computadora y un programa de monitoreo instalado en el ordenador donde se recibirán e interpretarán los datos.

Cabe mencionar que el Datalogger será la combinación del microprocesador Rabbit RCM4200 con una tableta de desarrollo con diversas conexiones de entradas y salidas.

Se define como un sistema punto a punto, pues en principio la comunicación se dará sólo entre dos terminales, la Terminal de salida compuesta por Datalogger más Módem Transmisor y la Terminal de entrada formada por el Módem Receptor más la Computadora.

En la Tabla 10 se especifican las funciones de cada elemento que integrará el sistema de Telemetría completo.

Tabla 10. Descripción de los elementos que componen el sistema de Telemetría.

Elemento	Descripción
Datalogger	Basado en el microprocesador Rabbit RCM4200, se tiene un Datalogger capaz de recibir hasta 25 canales digitales y 8 analógicos, este dispositivo debe programarse en lenguaje C, básicamente se indicarían todas las posibilidades de solicitud y respuesta, además de programar el lenguaje de comunicación con el Módem GSM/GPRS.
Módem GSM/GPRS Transmisor	Controlado por el Datalogger, su función será la de transmitir los datos recibidos desde los sensores, además de recibir peticiones desde el Módem GSM/GPRS Receptor y teléfonos celulares, ejemplos de estas peticiones son el solicitar datos en determinado momento o modificar la configuración del Datalogger.
Módem GSM/GPRS Receptor	Este dispositivo estará conectado a una Computadora y su función principal será la de recibir la información enviada por el Módem Transmisor, adicionalmente podrá solicitarse peticiones de envío de información determinada, el reenvío de información y cambios de configuración, entre otras funciones.
Ordenador	Se requiere de una Computadora cuyas características deben ser Windows XP o superior, memoria RAM 1 GB o superior, Disco Duro de 160 GB o superior y tener disponibles un puerto Serial y USB.
Software	Mediante el lenguaje de programación LabView de National Instruments, se programará una interfaz gráfica de monitoreo, la cual podrá visualizarse en el monitor de la Computadora, esta interfaz se puede diseñar según los requerimientos y puede incluir gráficas, tablas, históricos, señalización de alarmas, visualización de datos en tiempo real y permite la programación de envío de reportes por correo electrónico.

Por si el lector no está familiarizado con el término Datalogger, éste es un dispositivo capaz de recibir varias señales de sensores y retransmitirlas con determinadas características, por ejemplo, las digitaliza, amplifica y concentra para ser enviadas nuevamente.

Para la implementación del sistema de telemetría se definieron varias etapas, las cuáles se describen a continuación, para cada caso se comentará sobre los equipos empleados.

Etapla 1. Seleccionar los módems GSM/GPRS, definir funciones a emplear y enlistar comandos útiles.

Existen en el mercado varias opciones de módems GSM/GPRS, algunos muy completos en cuanto a opciones de configuración y funciones y otros que se enfocan en determinados propósitos, para el caso de un prototipo es recomendable tener equipos multipropósito aunque generalmente sean más caros, pues se busca explorar todas las opciones que nos ofrecen, experimentar y finalmente definir cuáles de esas funciones se ajustan más a las necesidades de cada proyecto.

Para la implementación de este sistema, se han comprado los módems modelo Spider GSM1308, del fabricante ENFORA. Figura 18.



Figura 18. Modem GSM/GPRS Spider GSM1308.

Este equipo presenta características muy completas y se le puede dar varias funciones, esta etapa inicial consistió en definir cuáles de estas funciones y configuraciones son de utilidad para el propósito de un sistema de telemetría punto a punto, para ello se definieron los comandos AT necesarios.

Los comandos AT, son una serie de instrucciones que forman un lenguaje de comunicación estandarizado y el cuál se emplea típicamente en equipos GSM y de Radio Frecuencia, al tratarse de un lenguaje estandarizado, los comandos que utilizaremos son universales, sin embargo existen algunos que aplican a determinados modelos de módems que dependerá de las funciones que soporten.

Aunque existen varias listas de comandos AT, se recomienda emplear el manual de comandos proporcionado por el fabricante del equipo, pues de esta manera aseguramos la compatibilidad de todos ellos con el módem que se haya adquirido.

La razón de que ésta haya sido la etapa inicial, es que se deben conocer las capacidades del módem y los comandos AT necesarios para su configuración y operación, una vez que se tenga esta información se puede proceder a la creación del algoritmo de programación que se implementará en el Datalogger.

Etapa 2. Programación del Microprocesador RCM4200.

Esta etapa comprendió la estructuración del programa que manipulará el sistema de telemetría y la implementación del mismo mediante Lenguaje de programación C. Dicha estructuración integra instrucciones, comandos de control de los módems, una primera interpretación de los datos de entrada al Datalogger, acciones de respuesta a determinadas entradas y la consideración de casos especiales y manejo de errores que puedan presentarse en el sistema.

Se habla de una “primera interpretación” pues posteriormente el Software programado realizará una nueva interpretación de la información ya que deberá separarla y procesarla realizando y mostrando gráficas, tablas o incluso los datos en tiempo real. En cambio el microprocesador debe definir si se trata de una señal analógica o digital, definir el canal del que se recibe y con esto, su destino.

A continuación se describe el algoritmo a seguir para la programación del microprocesador que integrará el Datalogger, el código dependerá del dispositivo, sólo se especifican los comandos AT necesarios para realizar las funciones requeridas por un sistema de telemetría punto a punto.

Algoritmo de programación:

- a) Indicar librerías y funciones para el uso de puerto serial.
- b) Indicar librerías para lectura de entradas analógicas o digitales, en el caso del microprocesador RCM4200 de Rabbit Semiconductor, existen librerías y funciones específicas para activar una o varias de sus 8 entradas analógicas y 25 entradas digitales.
- c) Comprobar comunicación con el MODEM mediante comando “AT”:
La prueba inicial es enviar los caracteres “AT” desde uno de los puertos del microprocesador al Módem GSM, el programa compilado en el módulo Rabbit deberá esperar los caracteres “OK”, una vez recibidos se puede decir que existe una correcta comunicación entre el módulo Rabbit y el módem.

Cabe mencionar que cada vez que se introduzca un comando se debe enviar al final un “ENTER” o el equivalente a la tecla ENTER del teclado.

- d) El siguiente paso será preparar el módem para hacer una llamada de datos y establecer comunicación transparente, se emplearán los siguientes comandos:

AT&F <este comando da un reset a la configuración actual del módem>

AT+CBST=7,0,0 <prepara al módem para una velocidad de operación, una comunicación asíncrona y transparente>

AT+ICF=3,0 <prepara al módem para operar con un formato de 8 bits, 1 bit de parada y sin paridad>

AT+IFC=0,0 <con este comando indicamos que no se requiere control de flujo para esta aplicación>

ATSO=1 <configuramos al módem para contestar automáticamente a una llamada transparente al primer "ring">

AT&W <guardamos la configuración en memoria>

Nota: si en alguna aplicación se requiriera cambiar la velocidad de transmisión, se puede emplear el comando:

AT+IPR=115200 <prepara al módem para operar a una velocidad de 115200 baud>

e) Después de la configuración del módem, antes descrita, es necesario esperar los caracteres "CONNECT" del módem, en señal de que se ha creado una comunicación transparente.

Es importante comprender que a partir de este momento, todo lo que sea enviado a través del puerto serial, será transmitido desde un módem hasta el otro, será en este momento cuando debemos enviar los datos de interés, es decir, las muestras recolectadas de cada sensor.

f) Una vez que ha terminado el proceso de envío de datos, es necesario terminar la llamada para regresar el estado de "comandos" para poder ingresar comandos AT, esto se logra mediante el comando:

ATH <terminar la llamada>

g) Verificar si se han recibido mensajes.

Recordemos que una de las características de un sistema de telemetría basado en GSM/GPRS es la de recepción y envío mensajes de texto basado en el protocolo SMS (Short Messaging Service), que entre otras aplicaciones tiene la de:

i) Envío de alarmas

ii) Envío de telecomandos

El envío de alarmas puede hacerse a otro módem GSM conectado a una computadora o a cualquier dispositivo móvil que soporte el SMS (teléfonos celulares).

El envío de telecomandos se refiere a modificar la configuración de un sistema o hacer la solicitud de envío de determinada información de manera remota, para este caso, se hace por medio de mensajes de texto.

Una vez que se ha finalizado la llamada desde el módulo Rabbit, es necesario verificar si se han recibido mensajes mientras el módem se encontraba en la llamada de datos, pues de haber recibido alguno en este lapso de tiempo, no se habrá generado ninguna alerta. El comando será:

```
AT+CMGL="REC UNREAD"
```

Si no existen mensajes nuevos, el módem responderá únicamente con un "OK", en caso de existir mensajes nuevos, estos se enlistarán con el siguiente formato:

```
+CMGL:X, "REC UNREAD", "+525512680009", "10/03/29,11:18:30-24"  
ESTE ES EL MENSAJE DE TEXTO
```

Donde el "X" es el número de registro en el que se ha almacenado el mensaje, "+525512680009" es el número del que se ha enviado el mensaje de texto y "10/03/29,11:18:30-24" es la fecha y hora de envío.

Dicho formato se enlistará por cada mensaje no leído que se tenga, el trabajo del Módulo Rabbit será detectar de esta línea de texto el mensaje de texto y actuar con base en dicha solicitud. Por ejemplo, se podría programar previamente al microprocesador para enviar determinada información cada que reciba la palabra "LEER CANAL 3", de esta manera al detectar en el mensaje de texto estos caracteres, deberá enviar al número del remitente la información solicitada.

Por otro lado, como ya se ha mencionado, el Sistema de Telemetría basado en GSM/GPRS deberá tener entre sus funciones el envío de alarmas SMS, de esta manera ante determinada situación definida por la programación se enviara cierto mensaje a determinado número, para ello se debe enviar al módem GSM/GPRS el siguiente comando:

```
AT+CMGS="+0445512680009"
```

Después de dar un "ENTER" aparecerá el siguiente carácter:

```
>
```

Enseguida se deberá escribir el mensaje de no más de 160 caracteres pues el protocolo SMS nos indica que ésta deberá ser la extensión de los mensajes, una vez rebasada esta cantidad estaríamos enviando 2 o más mensajes de texto.

Finalmente tendríamos lo siguiente:

```
AT+CMGS="+0445512680009"
```

```
>MENSAJE
```

```
+CMGS: 10
```


Donde "+CMGS: 10" será el comando que nos regrese el módem como confirmación de envío.

Otros comandos de interés para esta sección pueden ser consultar mensajes ubicados en algún slot de memoria o borrar mensajes de un slot determinado, a continuación se describen estos comandos:

AT+CMGR=X

Este comando sirve para borrar un mensaje determinado, donde "X" es el número de registro que se desea borrar.

AT+CMGL="ALL"

Comando para leer todos los mensajes en registro, se hayan leído o no, de esta manera podemos comprobar si se ha saturado la memoria de la tarjeta SIM y borrarlos.

AT+CMSS=X

Reenvía un mensaje grabado en la memoria, "X" es el número de registro del mensaje que queremos reenviar.

Cabe aclarar que mientras estamos realizando una llamada de datos, todo lo que entre al módem GSM/GPRS transmisor, se enviará como información y por ejemplo, si durante una transmisión de datos se requiere enviar alguna alarma urgente por SMS, al intentar introducir los comandos propios para el envío de un SMS estos no serán reconocidos como comandos sino como parte de la información, siendo así necesitamos diferenciar entre "modo envío" y "modo comandos", al haber enlazado una llamada de datos estamos en modo envío, mientras que el resto del tiempo que no se tiene una llamada será modo comandos. Para el caso de la alarma urgente mientras se está realizando una llamada, se puede pasar a modo comandos al mismo tiempo que la información se transmite, a continuación se describen los comandos necesarios:

Mientras estamos realizando la llamada, el único comando que se reconocerá y que nos hará salir de la llamada (sin colgar) será:

+++ <regresar a modo comandos>

Una vez enviado estos caracteres al módem GSM/GPRS y recibido un "OK", cualquier carácter que se ingrese, será reconocido como comando, una vez que se haya terminado de emplear el modo comandos y se requiera regresar a la llamada, se debe introducir el comando:

ATO <regresar a modo envío>

Estando dentro de la llamada, si se desea colgar, los comandos a introducir serán:

+++ <cambiar de modo envío a modo comandos>

ATH <colgar llamada activa>

Para verificar que se ha colgado correctamente, se debe recibir del módem el comando "NO CARRIER"

Para mejor comprensión del lector, en la Figura 19 se muestra un diagrama de flujo del programa a implementar en el microprocesador.

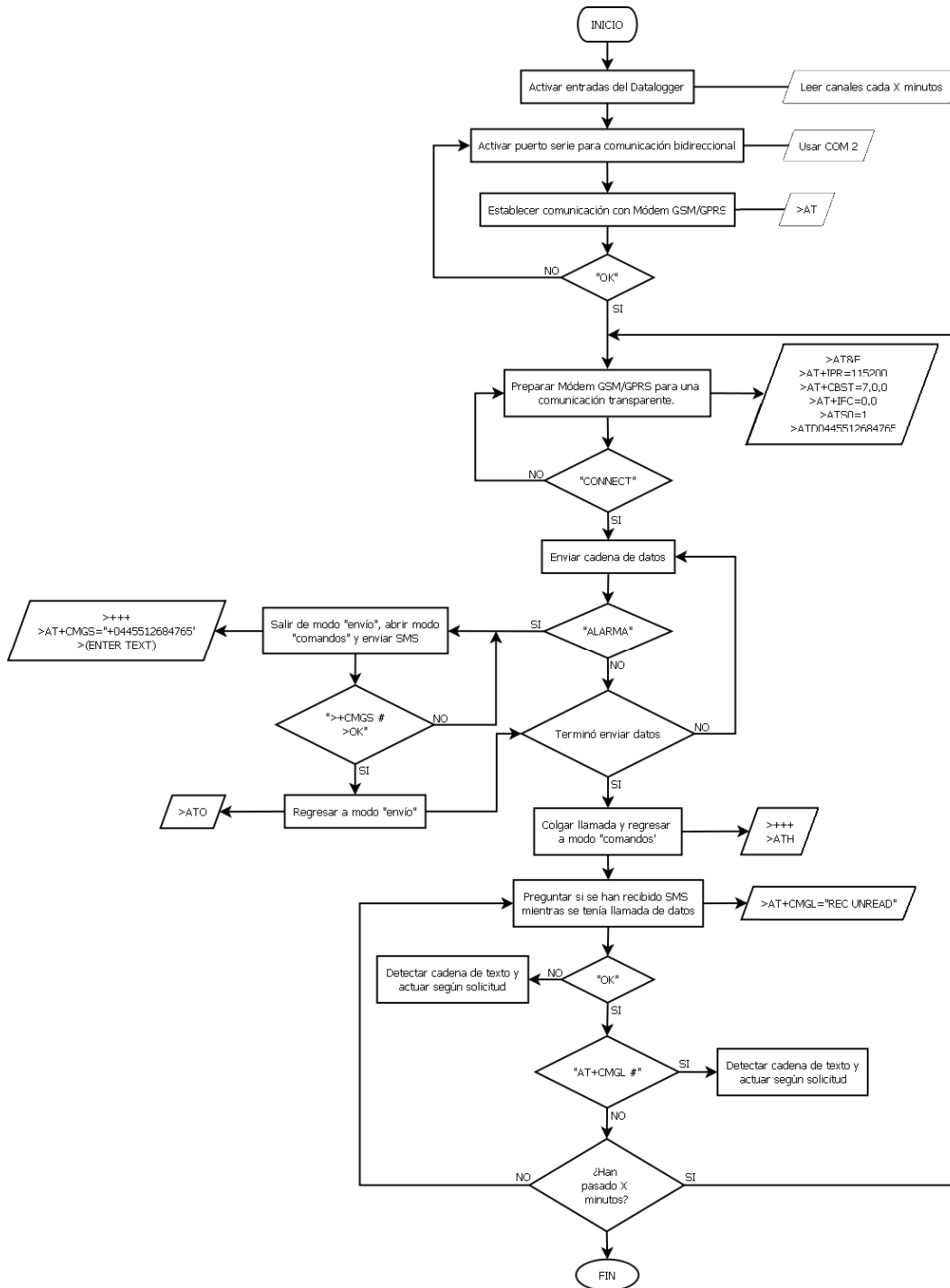


Figura 19. Diagrama de flujo del programa a implementar.

Etapa 3. Integración del Datalogger con el Módem GSM/GPRS Transmisor.

Una vez que el Datalogger ha sido programado bajo las características solicitadas, se debe confirmar que es capaz de recibir e interpretar la información desde sus diversas entradas, de controlar las acciones efectuadas por el Módem en cuanto a envío de dicha información y de actuar adecuadamente ante peticiones hechas por el módem.

Los comandos definidos en el algoritmos de programación fueron inicialmente probados conectando los módems a computadoras y empleando la HyperTerminal del Sistema Operativo, desde donde puede crearse una comunicación con dispositivos vía puerto serial y realizar las funciones descritas, tales como la creación de una llamada transparente de datos y el envío y recepción de mensajes SMS.

Etapa 4. Implementación de una interfaz gráfica de monitoreo.

Para desarrollar esta etapa, es necesario conocer el número de canales a monitorear, el protocolo de comunicación que se manejará en el Módem Receptor y definir los requerimientos del usuario final, es decir, la estructura en que se visualizará la información, si se requieren ventanas o pestañas, gráficas, tablas, envío de reportes, etc.

Para ellos existen lenguajes como Visual Basic donde se puede programar una interfaz gráfica o incluso software especializado como LabView de la empresa National Instruments que mediante programación por bloques, simplifica en gran medida la creación de una interfaz de monitoreo.

En la Figura 20 se muestra el diagrama general de los componentes del sistema de telemetría basado en GSM/GPRS.



Figura 20. Diagrama general de un sistema de telemetría basado en GSM/GPRS.

5.3 Pruebas con los equipos

A continuación se describe el proceso de implementación del sistema de telemetría basado en GSM/GPRS, se mostrarán algunos resultados en HyperTerminal y se propone una serie de pruebas para comprobar la fiabilidad del sistema de telemetría.

Los comandos AT enlistados en el algoritmo de programación son universales y funcionan en la gran mayoría de los módems GSM/GPRS, en la Figura 21 se muestra una captura de pantalla de HyperTerminal donde se han introducido algunos de estos comandos AT mostrando la respuesta del módem, más adelante se describe el significado de cada renglón.

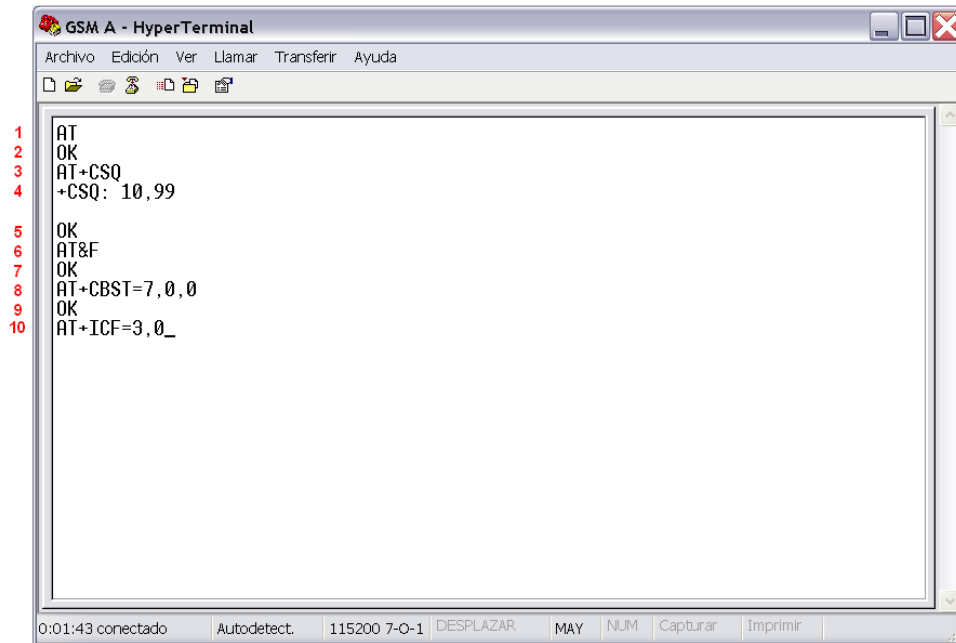


Figura 21. Introducción de comandos AT en HyperTerminal.

- 1) Se introduce comando “AT” que se ha definido como prueba inicial con la cual se conoce si existe comunicación entre el módem y el dispositivo que lo manejará.
- 2) El módem responde “OK” lo que indica que existe comunicación entre dispositivos.
- 3) “AT+CSQ” es un comando que interroga al módem sobre el nivel de potencia que está captando la antena.
- 4) El módem responde con un “+CSQ:” y el nivel de potencia actual o RSSI (Receive Signal Strength Indication), la interpretación del valor dependerá del módem, para el caso de este equipo, la siguiente tabla muestra el rango equivalente de potencia para los valores numéricos del módem.

Tabla 11. Equivalente RSSI

Valor	Potencia [dBm]
0	-113 o menos
1	-111
2-30	-109 a -53
31	-51 o mayor
99	No detectable

- 5) Ha concluido el comando anterior.
- 6) Se borra la configuración actual del módem.
- 7) Se ha borrado la última configuración del módem exitosamente.

8) Prepara al módem para operar a una velocidad de 9600 bps, una comunicación asíncrona y transparente.

9) La configuración ha sido grabada con éxito.

10) se prepara al módem para operar con un formato de 8 bits, 1 bit de parada y sin paridad.

La vista anterior corresponde a solo algunos comandos descritos en la sección 5.2, etapa 2 de este capítulo, es de esta manera como se verían en HyperTerminal y son los comandos que se deben enviar al módem por medio del Datalogger.

En la Figura 22 se muestra una ventana más de HyperTerminal donde se aplican al módem algunos comandos propios de SMS y se visualiza la respuesta dada por el módem.

```
1 AT
2 OK
3 AT+CMGL="REC UNREAD"
4 OK
5 AT+CMGS="+0445512684765"
6 > PRUEBA 1
7 +CMGS: 10
8 OK
9 +CMTI: "SM", 3
10 AT+CMGL="REC UNREAD"
11 +CMGL: 3, "REC UNREAD", "+525512684765", "10/04/15,17:38:10-20"
12 PRUEBA 1
13 AT+CMGL="ALL"
14 +CMGL: 1, "REC READ", "+525512680009", "10/03/29,11:18:30-24"
15 ALARMA REVISAR POZO 2
16 +CMGL: 2, "REC READ", "+525512680009", "10/03/29,12:36:50-24"
17 ALARMA REVISAR POZO C
18 +CMGL: 3, "REC READ", "+525512680009", "10/04/15,17:38:10-20"
19 PRUEBA 1
20 OK
```

0:25:50 conectado Autodetect. 115200 7-O-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir

Figura 22. Introducción de comandos AT en HyperTerminal.

1) Introducción del comando AT como prueba inicial de comunicación entre módem y la HyperTerminal del Sistema Operativo.

2) "OK" que indica que se tiene una correcta comunicación.

3) Introducción del comando AT+CMGL referido a visualización de mensajes, para este caso se ha empleado con "UNREAD" que nos mostrará los mensajes de texto que no han sido leídos.

- 4) "OK" que nos indica que no existen mensajes sin leer en la memoria de la tarjeta SIM.
- 5) Se hace uso del comando AT+CMGS que nos permite enviar un mensaje SMS a determinado número, en esta prueba el mensaje se envió al mismo módem Transmisor, por lo tanto deberá recibirse y visualizarse en la misma pantalla de HyperTerminal.
- 6) Se escribe el mensaje a enviar, en este caso "PRUEBA 1"
- 7) Se obtiene una confirmación del módem que indica que se ha enviado el mensaje correctamente.
- 8) "OK" que se obtiene como confirmación de haber ejecutado un comando correctamente.
- 9) Después de transcurridos algunos segundos, el módem envía los caracteres +CMTI: "SM", 3 que indican que se ha recibido un nuevo mensaje y que se ha almacenado en el slot de memoria número 3 de la tarjeta SIM.
- 10) Introducción del comando AT+CMGL="REC UNREAD" que nos mostrará los mensajes no leídos.
- 11) A diferencia del punto 3), el módem despliega dos líneas de caracteres pues en esta segunda prueba si existe un SMS sin leer, de tal manera que se despliega la ubicación en memoria del mensaje, el número telefónico del remitente, la fecha y hora en que fue enviado.
- 12) Se muestra el texto recibido, "PRUEBA 1".
- 13) Nuevamente se hace uso del comando AT+CMGL, pero esta vez con la terminación "ALL", lo cual nos desplegará todos los mensajes almacenados en la memoria de la tarjeta SIM.
- 14) Se muestra el slot de memoria 1, número del remitente, fecha y hora de envío del mensaje SMS.
- 15) Se muestra el texto recibido y almacenado en el slot 1.
- 16) Muestra la información referente al slot de memoria 2.
- 17) Se muestra el texto recibido y almacenado en el slot de memoria 2.
- 18) Se muestra la información referente al slot de memoria 3.
- 19) Se muestra el texto recibido y almacenado en el slot de memoria 3.

20) "OK" que indica que se ha terminado de desplegar la lista de mensajes almacenados en la memoria de la tarjeta SIM.

Ya se ha mostrado una propuesta de algoritmo de programación y se han enlistado los comandos necesarios para crear una comunicación de datos entre dos módems GSM/GPRS mediante comandos AT, queda al lector definir el código de programación el cuál se adaptará al microprocesador empleado y el lenguaje de programación solicitado.

Es importante mencionar que un sistema de telemetría debe ser robusto, esto es que debe ser tolerante ante fallas y errores tanto internas como externas al sistema pues lo que buscamos es automatizar un proceso y evitar lo más posible un contacto directo de los operadores con los equipos para optimizar tiempos y costos de operación.

Para lograr un sistema confiable se requiere pasar por un proceso de pruebas en el que el diseñador piense en todas las situaciones ante las que podría enfrentarse su sistema, simularlas y analizar el comportamiento obtenido para de esta manera resolver previamente los problemas que pudieran observarse. Lo que se busca es provocar precisamente errores y alertas para anticipar una solución.

A continuación se enlistan algunas pruebas básicas que podrían aplicarse al sistema de telemetría, dejando al lector el idear otras.

a) Deberá conectarse el Datalogger al mayor número posible de sensores y visualizarse dicha información en la Computadora conectada al Módem Receptor, deberán probarse todos los canales disponibles en el Datalogger, si no se tienen el mismo número de sensores que de canales, se pueden rotar los sensores hasta haber cubierto todas las entradas.

b) Se deberán hacer peticiones al módem Transmisor desde el módem Receptor, solicitando el envío de información en determinado instante de tiempo, distinto del que se ha configurado previamente con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de esta opción. Siempre y cuando se haya programado dicha función.

c) Se deberán hacer peticiones al módem Transmisor desde cualquier teléfono celular de cualquier operador telefónico y desde el módem Receptor, solicitando el envío de información en determinado instante de tiempo, distinto del que se ha configurado previamente. Siempre y cuando se haya programado dicha función.

d) Deberá simularse una situación, en la que el Datalogger envíe una alarma por medio de un mensaje corto de texto a cualquier equipo celular previamente definido.

e) Deberá enviarse un mensaje corto de texto desde cualquier teléfono celular o desde el módem Receptor al módem Transmisor, para cambiar la configuración del Datalogger, por ejemplo cambiar el tiempo de envío de información entre muestra y muestra.

f) Una vez operando el sistema de Telemetría, simular pérdida de la información para conocer su respuesta, por ejemplo se puede cortar la energía en el Módem Transmisor, al restaurarla observar si comienza a operar nuevamente por sí mismo o si requiere de reconfiguración, por otro lado puede crearse una jaula de Faraday, la cual ocultará alguno de los Módems simulando pérdida de información o atenuación de la señal, igualmente se observará la respuesta del sistema ante esta situación.

g) Dejar el sistema de Telemetría operando durante 24 horas, durante este lapso de tiempo la información se estará almacenando en la Computadora y al final se generará un reporte el cuál se enviará por correo electrónico a varias cuentas. Esta prueba ayudará a definir la fiabilidad del sistema, en caso de haber habido alguna interrupción, analizar la razón y resolver el problema que lo causó, si ha funcionado adecuadamente para 24 horas repetir la prueba para un mayor periodo de tiempo.

h) Deberá interactuarse con la interfaz gráfica haciendo uso de todas sus funciones, visualizando información en tiempo real, consultando gráficas, tablas históricas y configurando el envío de reportes vía correo electrónico, entre otras funciones con el objeto de comprobar que nos hay errores en la programación de la interfaz.