UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD TÉCNICA
CARRERA: ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Proyecto de Aplicación

Diseño de una estación meteorológica autónoma gestionada mediante mensajes SMS

Autor: Rubí Daniela Mujica Quisbert
Tutor: Lic Javier Yujra.
Nivel: Licenciatura.

La Paz - Bolivia

Agradecimientos

A Dios por haberme permitido llegar a esta etapa de mi vida.
Lic. Javier Yujra por su colaboración y enseñanzas.

Dedicatoria

A mis padres y mi hermana por su gran amor,
paciencia y apoyo incondicional.

ANEXOS

INDICE **PÁGINA**

RESUMEN DEL PROYECTO

La esracion metereologica puede ser instalada en cualquier lugar, tanto en zonas urbanas como en naturales, o campos, donde no se dispone de red electrica para su alimentacion ni una red de comunicaciones por cable debido a que funcionara mediante paneles solares y baterias. A fin de poder localizar el sistema en cualquier ubicación y su autorregulacion para disminuir el consumo.

Dicho proyecto consta de un desarrollo de hardware que engloba el diseño de los circuitos de capacitacion, el acondicionamiento de los sensores, la comunicación con el sistema GSM, la unidad central de procesado y la alimentacion.

El software desarrollado para la estacion metereologica controla la gestion de los usuarios, los niveles de bateria, los sensores y las comunicaciones. Como caracteristicas principales cabe destacar:

- El sistema de comunicaciones inalambrico, via red de comunicaciones GSM instaladas por las compañias telefonicas, consiguiendo una movilidad total.

- La faclidad para los usuarios a la hora de enviar sms a fin de conocer alguno de los parametros de la estacion metereologica y establecer parametros de alarma

CAPÍTULO 1. INTRODUCIÓN

1.1. Objetivo

La finalidad del proyecto ha sido la de diseñar una estación meteorológica autónoma y de fácil transporte, para su ubicación en cualquier lugar sin dependencia de ningún factor ya sea de comunicaciones o de alimentación.

Dicha estación es un elemento útil para poder tomar mediciones de diversas variables meteorológicas, sin necesidad de desplazarnos al lugar de emplazamiento de la estación.

Podrá ser emplazada en un campo para controlar de forma sencilla por un agricultor los efectos del clima en sus cosechas en un momento determinado, a fin de poder gestionar los recursos a su disposición. Otra aplicación sería la ubicación de la estación en una montaña, a fin de controlar posibles riesgos de incendios o como consulta para excursionistas antes de desplazarse al lugar.

Las medidas meteorológicas han sido elegidas por su fácil interpretación por un usuario, a fin de detectar posibles lluvias, niebla, heladas, riesgo de incendios, etc. Dichos parámetros y rangos de medición son:

- Temperatura (-20/45 ºC)
- Presión (0/2000 milibares)
- Humedad (0/100%)
- Iluminación (0/99999 Lux)

La autonomía de este tipo de dispositivos es un requisito interesante si se desean adquirir las variables meteorológicas en ciertos emplazamientos donde no existen líneas de comunicaciones ni redes eléctricas de alimentación.

Las comunicaciones del sistema se basaran en la red inalámbrica GSM de comunicaciones de teléfonos móviles y puede ser utilizada en prácticamente en cualquier lugar debido a la cobertura de las diferentes empresas de telefonía móvil como ser: VIVA, TIGO ENTEL.

Se pretende alimentar la estación meteorológica a partir de energía solar mediante paneles solares y baterías. Obviamente, este tipo de alimentación condiciona el diseño de todo el sistema, ya que el consumo del circuito electrónico debe ser el mínimo posible.

El sistema debe ser capaz de dar de alta/baja a los usuarios, atender las peticiones de alguno de los parámetros y habilitar alarmas. Las alarmas son los mensajes sms enviados por el sistema al usuario en el caso de sobrepasar un rango de valores predefinidos en las mediciones. Dicha característica es importante a fin de poder informar al usuario de una posible helada, lluvia, excesivo calor o iluminación.

1.2. Planteamiento del proyecto

En el siguiente diagrama de bloques se enumeran los elementos que componen el sistema de la estación meteorológica. Sigue el esquema típico de un Sistema de Adquisición y Distribución de señales basado en un microcontrolador.

Consta de cuatro partes diferenciables, dependiendo de la función que realizan en el sistema.

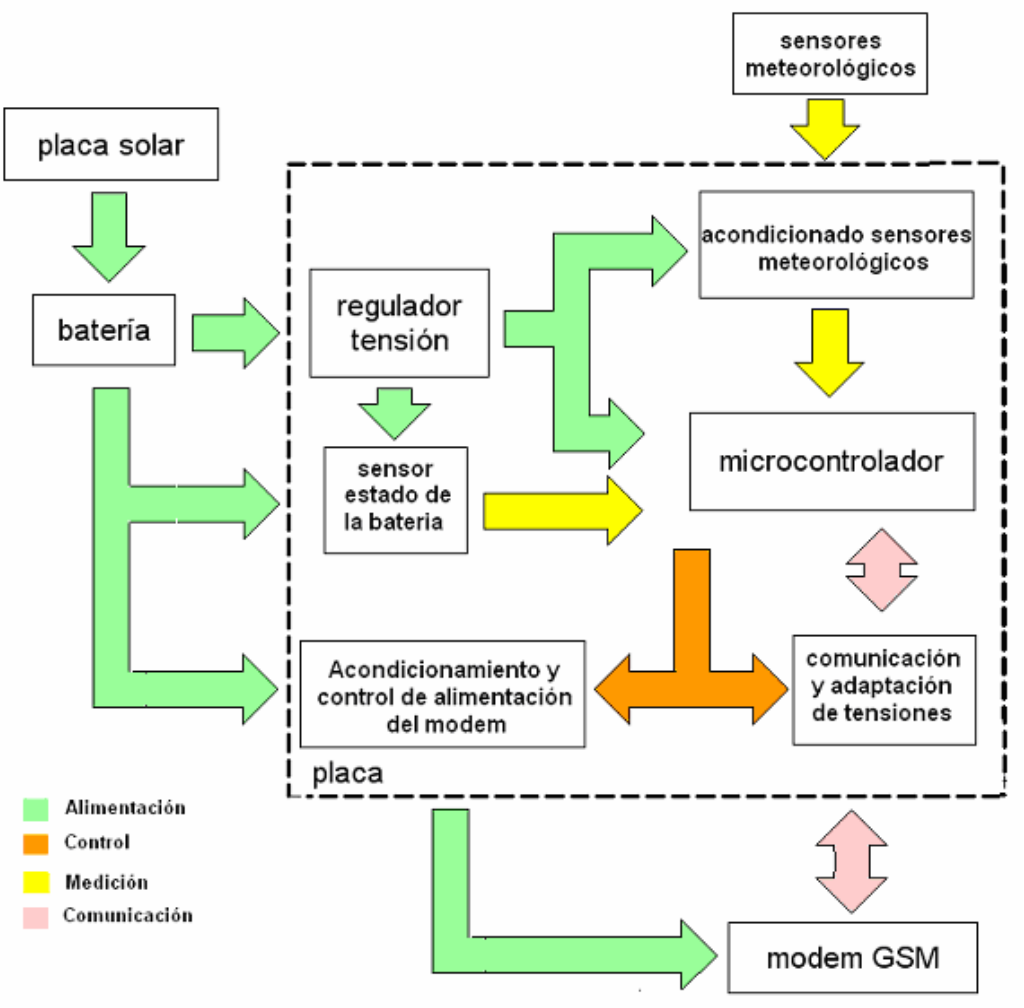


Fig. 1.1 Diagrama de bloques de la estación meteorológica

Sistema de alimentación.

Batería: La batería es el elemento de almacenamiento de energía necesario para alimentar el sistema cuando las condiciones de iluminación no sean suficientes para obtener potencia del panel solar.

Placa solar: Es el elemento utilizado para captar energía del ambiente proporcionando al sistema autonomía en su alimentación. Será elegida en función de las necesidades de consumo del circuito y teniendo en cuenta la ubicación de la estación meteorológica, ya que es importante para el cálculo de su dimensionado.

Regulador de tensión: Es necesario para acondicionar la tensión de la batería y la placa solar a los niveles requeridos para los dispositivos electrónicos que integran el sistema. El circuito será alimentado íntegramente a 5V, ya que los componentes serán seleccionados para funcionar en dicho rango de tensiones.

Sistema de adquisición y acondicionado de señales.

Sensores meteorológicos y acondicionamiento: Se compondrá de 4 sensores con sus respectivos circuitos de acondicionamiento y amplificación mediante un LM324N. Dichos sensores medirán: temperatura, humedad, presión atmosférica y luz. Por otra parte, se han utilizado circuitos acondicionadores para adaptar el rango de medida de los sensores a las tensiones de referencia del conversor analógico digital.

Estado de la batería: El estado de la carga de la batería es de gran importancia debido a que el MODEM no funciona con tensiones inferiores a 8V. Mediante un circuito se comprueba su estado y dependiendo de la carga de batería, varía el intervalo de tiempo de desconexión del MODEM.

Unidad central de control del sistema.

Microcontrolador: Constituye el centro de procesamiento de los datos enviados por los sensores y el resto de elementos que integran el proyecto. Dispone de puertos de entrada y salida mediante los que controla la alimentación del MODEM y del módulo de comunicación de RS-232.

Sistema de comunicaciones.

Acondicionamiento y comunicación: Adapta los niveles de tensión del microcontrolador a los niveles típicos en una comunicación RS232.

MODEM GSM: El MODEM GSM permite la comunicación entre el sistema y el usuario vía sms. Se comunica con el sistema mediante el Standard rs232.

CAPITULO 2. Unidad central de control

2.1 Introducción a los microcontroladores

Existen diferentes alternativas para implementar este bloque: máquinas de estado mediante elementos discretos digitales como TTLs, microcontroladores, microprocesadores, DSPs, FPGAs, ASICs, PsoC, etc.

La elección de microprocesadores para dicho proyecto es debido principalmente a dos factores:

- Son dispositivos programables que permiten programar unas funcionalidades específicas para una determinada aplicación.
- Integran en un chip no únicamente una unidad central de proceso sino también todas aquellas funcionalidades típicas de un controlador. Entre estas funcionalidades cabe destacar los puertos de entrada y salida digitales, los analógicos, puertos de comunicaciones, etc.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador aunque de limitadas prestaciones. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador incrustado (*Embedded controller*).

En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada. Sus puertos de entrada/salida soportan el conexionado de sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gestionar la tarea asignada.

Según el tipo empleado pueden diferenciarse en la capacidad y tipo de memoria, en el número de entradas/salidas, cantidad de temporizadores y de convertidores A/D y D/A.

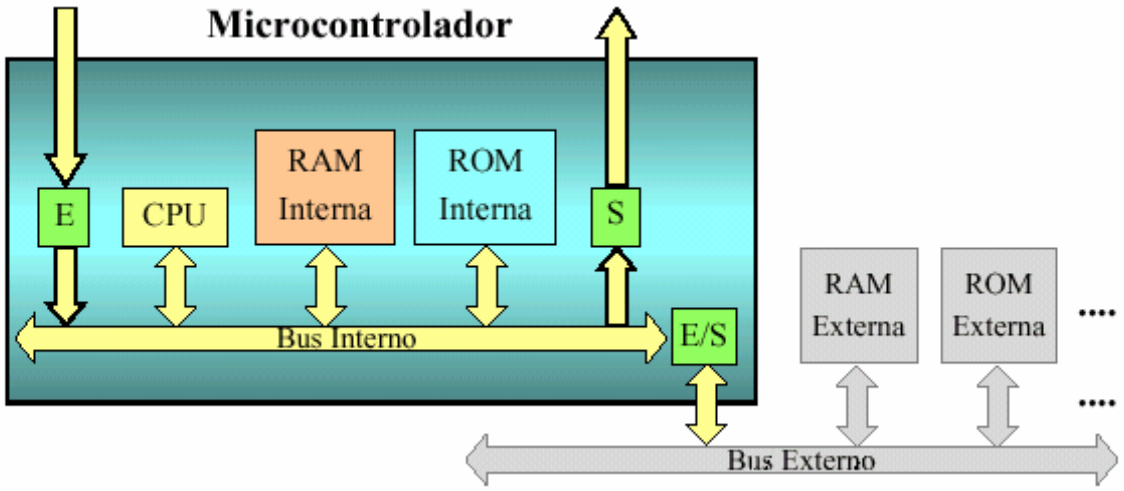


Fig. 2.1: Estructura típica de un microcontrolador.

2.2 Elección del microcontrolador

A la hora de escoger el microcontrolador a emplear en un diseño concreto hay que tener en cuenta multitud de factores: la documentación y herramientas de desarrollo disponibles, su precio, la cantidad de fabricantes que lo producen y por supuesto, las características del microcontrolador (tipo de memoria de programa, número de temporizadores, interrupciones, etc.). La elección de los microcontroladores de Microchip frente a otros, se debe a características como su bajo precio, velocidad, reducido consumo, pequeño tamaño, facilidad de uso, fácil programabilidad o la abundancia de información y de herramientas económicas de soporte.

El fabricante Microchip realiza una clasificación en gamas. Cada gama tiene unas características en común y que la distinguen de las demás.

La gama baja.

La gama baja de los PIC encuadra nueve modelos fundamentales en la actualidad. La memoria de programa puede contener 512 bytes, 1 k o 2 k con una longitud de palabra de 12 bits, y ser de tipo ROM, OTP o EEPROM. La memoria de datos SRAM puede tener una capacidad comprendida entre 25 y 73 bytes. Sólo disponen de un temporizador (TMR0), un repertorio de 33 instrucciones y un número de terminales para soportar las E/S comprendido entre 12 y 20. Al no disponer de interrupciones, la pila sólo tiene dos niveles de profundidad.

La tensión de alimentación admite un valor muy flexible comprendido entre 2 y 6,25 voltios, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo, menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz

La gama media.

En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseen los de la gama baja, haciéndolos más adecuados en las aplicaciones complejas. El repertorio es de 35 instrucciones y la longitud de las instrucciones es de 14 bits. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertas serie y diversos temporizadores.

Algunos modelos disponen de una memoria de instrucciones del tipo OTP y otros de memoria EEPROM. El temporizador TMR1 del que dispone esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asíncronamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo, posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.

Las líneas de E/S del puerto B presentan unas resistencias de carga *pull-up* activadas por software.

La gama alta.

En la actualidad, esta gama está formada principalmente por tres modelos cuyas características responden a microcontroladores de arquitectura abierta, siendo capaces de ampliar su configuración interna, añadiendo nuevos dispositivos de memoria y de E/S externas. Esta característica obliga a estos componentes a tener un elevado número de terminales comprendidos entre 40 y 44.

Admiten interrupciones, poseen puerto serie, varios temporizadores y mayor capacidad de memoria, que alcanza los 8k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos. El formato de las instrucciones es de 16 bits. El repertorio es de 55 o 58 instrucciones según modelo. La frecuencia máxima de funcionamiento es de 25Mhz, con un ciclo de instrucción de 160ns.

Para la realización de este proyecto es suficiente con utilizar un microcontrolador de la gama media que integre una memoria EEPROM y capacidad de transmisión serie de datos al módem GSM. Debe destacarse que la memoria EEPROM es necesaria para almacenar datos relevantes, tales como teléfonos de usuarios, que no deban perderse en el caso de fallo de la alimentación.

Entre los microcontroladores de gama media se ha seleccionado el 16F877A I/P LF por disponer de mayor capacidad de memoria flash, menor consumo, más posiciones EEPROM y RAM de datos que el resto de microcontroladores de la serie 16FXXX.

Características	16F873	16F874	16F876	16F877
Frecuencia Máxima	DC-20Mhz	DX-20Mhz	DX-20Mhz	**DX-20Mhz**
Memoria de programa FLASH Palabra de 14 bits	4KB	4KB	8KB	**8KB**
Posiciones RAM de datos	192	192	368	**368**
Posiciones EEPROM de datos	128	128	256	**256**
Ports E/S	A, B y C	A, B, C y D	A, B y C	**A, B, C y D**
N° de Pines	28	40	28	**40**
Interrupciones	13	14	13	**14**
Timers	3	3	3	**3**
Módulos CCP	2	2	2	**2**
Comunicaciones Serie	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	**MSSP, USART**
entrada en Convertidor A/D	5	8	5	**8**
Juego de Instrucciones	35 instruc	35 instruc	35 instruc	**35 instruc**
Longitud de la instrucción	14 bits	14 bits	14 bits	**14 bits**

Tabla 2.2 Comparativa gama 16FXXX

En la **Fig. 2.2**, se muestra un diagrama de bloques con la organización interna del PIC16F877A, que permite tener una visión de la arquitectura de este microcontrolador.

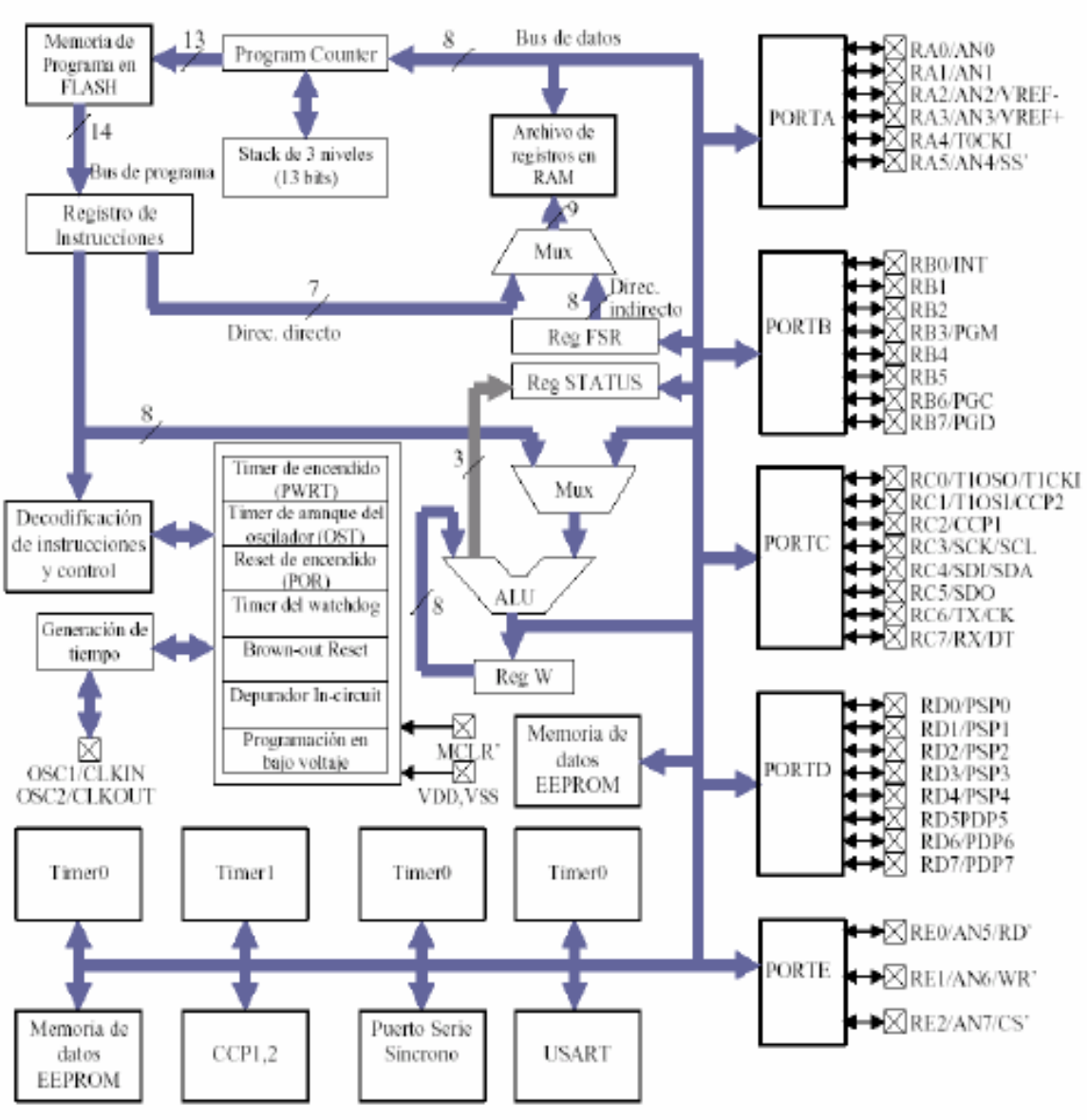


Fig. 2.2 Diagrama interno de un PIC 16F877A

2.2 Programación mediante MPLAB

MPLAB es una herramienta para escribir y desarrollar código en lenguaje ensamblador para los microcontroladores PIC. El MPLAB incorpora todas las herramientas necesarias para la realización de cualquier proyecto, ya que además de un editor de textos, cuenta con un simulador en el cual se puede ejecutar el código paso a paso para ver así su evolución y el estado en el que se encuentran sus registros en cada momento.

MPLAB permite realizar las siguientes tareas:

- Manejar el escritorio MPLAB.
- Crear un nuevo archivo de código fuente.
- Identificar y corregir errores simples.
- Ejecutar el simulador interno.
- Marcar puntos de interrupción.
- Crear ventanas de observación.
- Manejar ventanas para el seguimiento de errores.

El programa MPLAB posee una aplicación que permite la grabación del programa en el microcontrolador, siendo necesario en tal caso, disponer de un programador. En este proyecto se emplea el ICD2, debido a que permite tanto la grabación, como la ejecución del programa paso a paso, controlando siempre el cambio de estado de las variables. Una vez instalado el programa MPLAB, se instala el programador ICD2.

CAPITULO 3. Desarrollo del programa.

En este capítulo se describen la funciones del microcontrolador en el sistema y como se han implementado mediante las rutinas programadas.

3.1 Funciones del microcontrolador en el sistema

La función que realiza el microcontrolador en la estación meteorológica se agrupa en cinco bloques principales, los cuales se componen de diversas funciones que se irán desglosando en este capítulo.

- Gestión de los usuarios: Altas y bajas de los usuarios.
- Gestión de las alarmas y peticiones: Respuesta a los mensajes y activación de las alarmas.
- Gestión de los datos: Comprobación del estado de la batería y sensores meteorológicos.
- Gestión de la energía: Encendido y apagado del MODEM y de más periféricos.
- Gestión general de las funciones: Relacionar las diferentes funciones de forma coherente para su funcionamiento.

3.2 Definición de las entradas y salidas del PIC

A la hora de programar el PIC, se ha definido el uso de las diferentes entradas y salidas. El PIC utilizado consta de siete puertos de entrada que pueden ser configurados para la captación de señales analógicas. En este proyecto, se emplean únicamente cinco de ellos para las medidas de los sensores y del estado de la batería.

AN0- Entrada analógica sensor luminancia
AN1- Entrada analógica sensor temperatura
AN2- Entrada analógica sensor presión
AN3- Entrada analógica sensor humedad
AN7- Entrada analógica estado de la batería

Otros puertos a tener en consideración son los habilitados para la comunicación RS-232. Para ello el PIC tiene predefinidos dos puertos, los cuales se habilitan para tal efecto mediante el programa (RC6-Transmisión RS- 232, RC7-Recepción RS-232).

Debido a que el diseño del sistema se ha orientado para tener mínimo consumo de energía, mediante el PIC se habilitan los distintos elementos que forman la estación meteorológica. A través del PIC se controla la alimentación de los sensores, su acondicionamiento de señal (RDO) y la medición del estado de la batería (RD1), así como la conexión del MODEM (RD2) y la conexión del chip de comunicaciones RS-232 (RC5).

3.3 La programación de la estación meteorológica

El programa principal se encarga de configurar el microcontrolador y llamar a las diferentes funciones según que tarea deba realizar el PIC en cada momento. También, como parte de la estructura del programa principal deben incluirse 2 interrupciones (Interrupción del *Timer* y la Interrupción de la recepción de datos.

La Figura muestra la jerarquía de las diferentes funciones que se han utilizado.

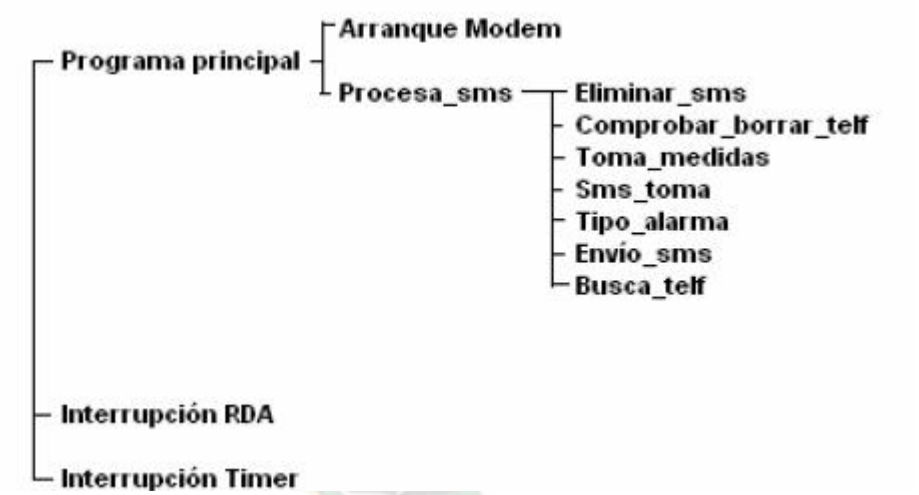


Fig.3.1 Estructura del programa

En el programa principal, se habilitan todos los parámetros del PIC para su correcto funcionamiento (inicializaciones de variables, definiciones de entradas y salidas, configuración del timer). La variable A se empleará como indicador de que posición de mensaje se ha de leer del MODEM.

Una vez inicializado el sistema, el programa principal entra en una rutina de espera de veinte minutos. Transcurrido ese tiempo se encenderá el MODEM y procederá a procesar los mensajes que se hayan transmitido desde los usuarios. Finalmente, se apagará el MODEM y se esperará otro intervalo de tiempo hasta la próxima conexión. El tiempo entre conexiones viene determinado por la variable X y depende del estado de la batería.

La temporización del tiempo entre conexiones se realiza mediante una interrupción activada por el timer 1. Cuando ha transcurrido el tiempo indicado por X, la interrupción pone la variable Habilita a cero indicando al programa principal que ya ha transcurrido el tiempo.

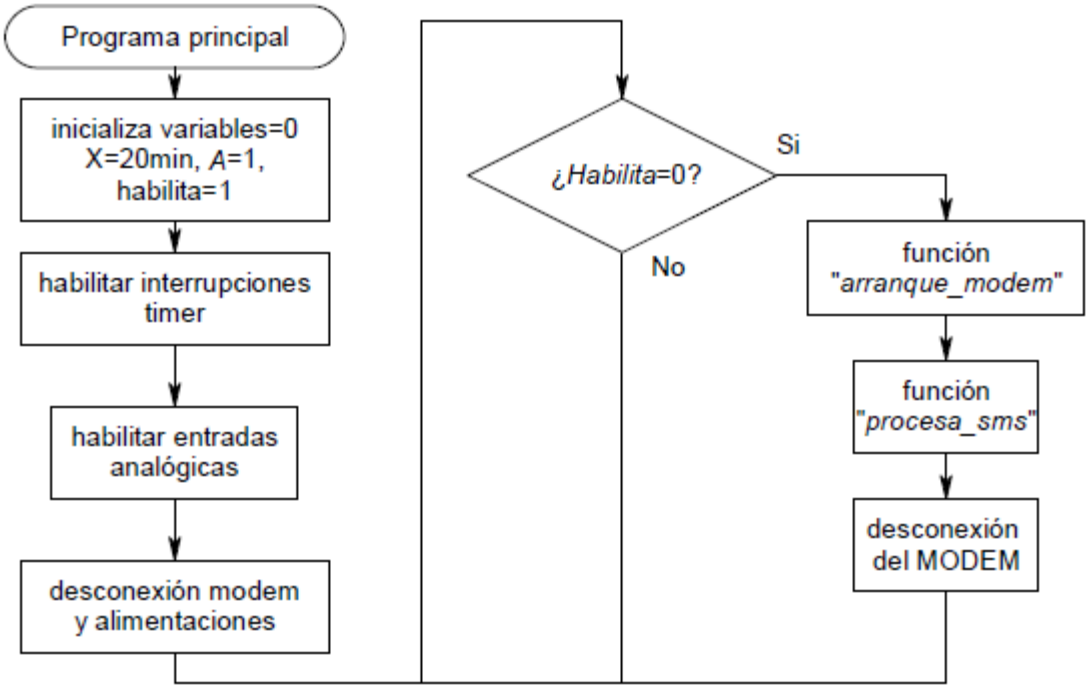


Fig. 3.2 Programa principal

Interrupción del temporizador

La interrupción provocada por el Timer 1 tiene por objeto medir los tiempos entre las conexiones del MODEM y así gestionar la energía en la batería.

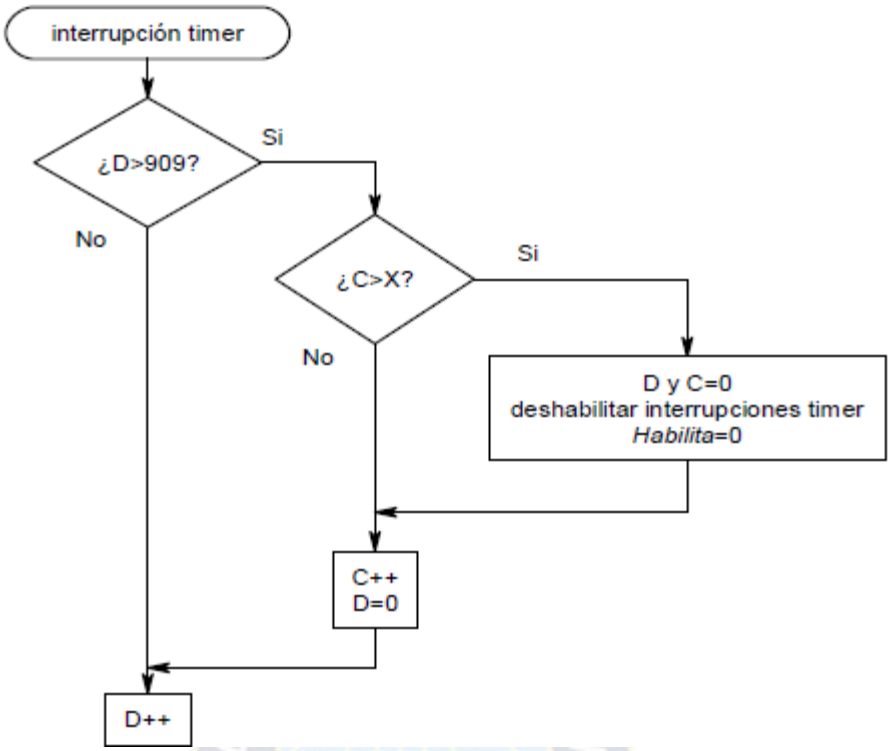


Fig. 3.3 Interrupción de temporización

La interrupción gestiona el incremento de dos variables locales, C y D. La llamada a la interrupción se realiza cada 33ms (valor predefinido anteriormente en la configuración del timer). Una vez producida la interrupción se incrementa el valor de la variable D.

Cuando se repita la operación 909 veces, es decir transcurridos 30 seg., se incrementará en una unidad la variable C. La variable C se incrementará hasta que alcance el valor límite de temporización determinado por la variable X.

$$T = 33ms * 909 = 30seg$$
$$T_{totoal} = T * valor\_variableX \qquad \textbf{(3.1)}$$

Finalizado el proceso se desactiva la interrupción y se pone a cero la variable *Habilita,* indicando así al programa principal que puede proceder con una nueva conexión del modem.

Interrupción para la recepción de datos Dicha interrupción se produce al recibir algún carácter proveniente del MODEM vía RS-232 (interrupción RDA, recepción de datos serie). Al conectar el MODEM se habilita la recepción de datos mediante esta

interrupción. Comprueba si hay información en los mensajes y si la información es correcta.

Del mensaje sólo se guarda la información necesaria, es decir, el número de teléfono y los datos relevantes del sms. Esto se debe a que el PIC tiene un espacio limitado para guardar datos en la RAM y así se consigue minimizar el espacio ocupado en memoria.

Para seleccionar los datos del mensaje que son de interés se tiene en cuenta la estructura de los mensajes. Los datos se reciben carácter a carácter. Mediante la variable *G*, se controla el inicio del mensaje y capturan los caracteres a partir de las terceras comillas, donde se encuentra el número de teléfono del usuario que lo ha enviado. Dicha operación se repite a partir de las comillas número seis donde se encuentra el texto del sms. Por ejemplo.

+CMGL: 1,"REC READ",**"**+34609287222",,"07/07/26,23:48:49+08**"**texto **OK**

Una vez terminada la recepción del sms, la función devuelve la variable “sms_nulo” indicando si hay mensaje o no, y si hubiera información se guarda el número de teléfono del usuario en la cadena de caracteres “num” y el mensaje en la cadena de caracteres “sms”.

Una vez finalizado el sms se recibe un ‘OK’ que indica el final de mensaje. Se deshabilita la recepción de sms (deshabilita interrupción RDA), ya que se ha de procesar la información recibida.

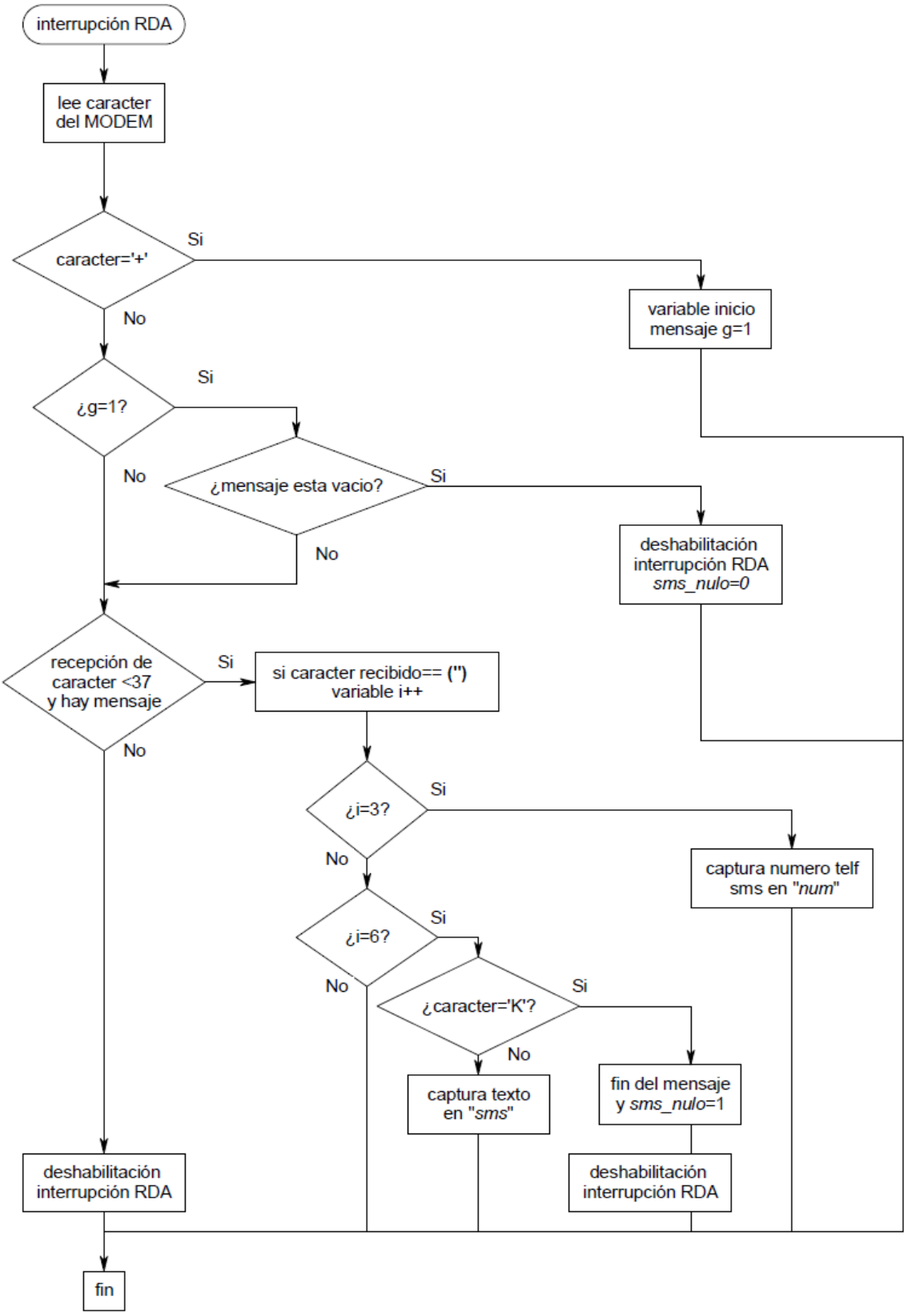


Fig. 3.4 Interrupción de recepción de datos

3.3.1 Gestión general de las funciones

Función "*procesa sms*"

Una vez encendido el MODEM y obtenido el mensaje mediante la interrupción RDA, la función *procesa_sms* se encarga de interpretar el mensaje y vigilar las alarmas. Dicha función se ejecuta después de la función "*arranque_modem*". Cabe destacar, que si se comprueba que han sido recibidos tres sms sin información (la variable B es la encargada de ello) el sistema se desconecta y espera el tiempo asignado en el timer para su próxima activación (activa la interrupción del timer). También, será reiniciada la variable *A*, cuya función en el programa es indicar el mensaje que se lee del MODEM.

En primer lugar se procede a comprobar el valor de *sms_nulo* a fin de determinar si hay mensaje o no. Si existe mensaje se procede a la eliminación del sms de la memoria del MODEM, ya que los datos de interés están guardados en la memoria del PIC.

Si el sms contiene información, se realiza la comprobación de que el usuario que lo ha enviado está dado de alta en el sistema. Para ello, se comprobará si el número recibido coincide con alguno de los almacenados en la memoria, y si su petición es ser dado de baja del sistema. Este buscará el número en la memoria y lo eliminará poniendo los valores de las alarmas asociados a los valores de origen.

Si no está dado de alta se comprueba si el sms es una petición de alta de un nuevo usuario, y si queda memoria disponible para darlo de alta. Si no fuera posible se le envía un sms denegando su petición. Una vez dado de alta el nuevo usuario, se establecerán las alarmas para ese usuario a los valores máximos. La palabra clave para darse de alta es "alta", así pues, también sería posible indicarlo mediante una contraseña o "alta+contraseña".

Si el usuario está dado de alta se comprueba si ha hecho una petición de alguno de los 4 parámetros o quiere activar alguna alarma. Si es así, le será enviado el sms correspondiente.

Una vez realizadas dichas funciones y enviado dicho sms al usuario, el sistema comprueba si se ha activado alguna alarma de alguno de los usuarios y le envía un sms avisándole de dicha alarma.

El desarrollo de las diferentes funciones se desglosa de la siguiente manera:

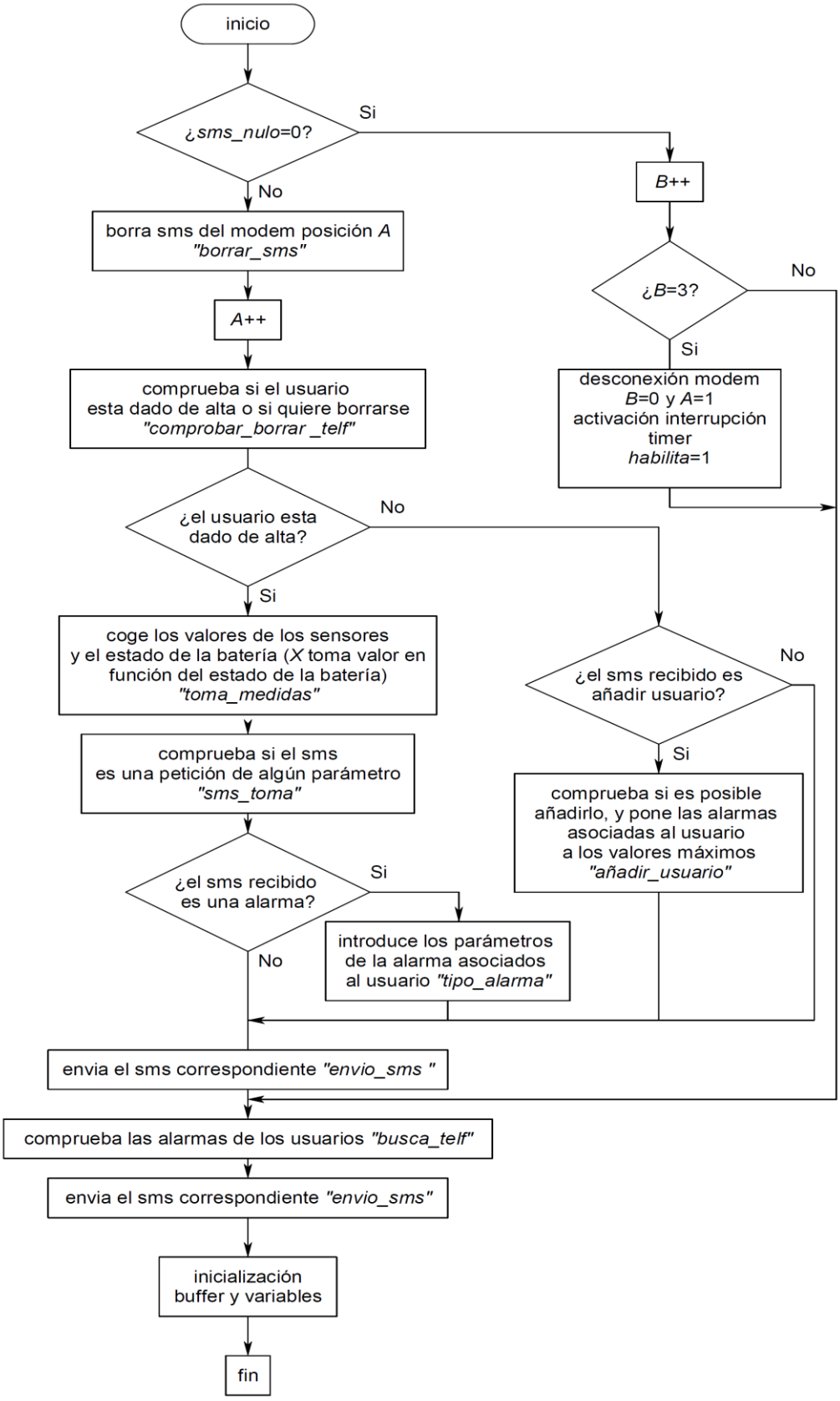


Fig. 3.5 Función *procesa_sms*

3.3.2 Gestión de la energía

El MODEM es el elemento que tiene mayor consumo de energía en el sistema.

Por este motivo, no puede permanecer encendido todo el tiempo y debe únicamente activarse durante intervalos de tiempo pequeños, durante los cuales se atienden tanto a la transmisión de mensajes como a su recepción.

La frecuencia de activación del MODEM depende del estado de la batería:

Carga batería 110mA	Tiempo en espera	Valor variable X
>11V	20 min.	40
11V-10V	40 min.	80
10V-9V	60 min.	120
<9V	120 min.	240

Tabla 3.1 Valores asignados a X en función de la carga

3.3.3 Gestión del MODEM

Las funciones que hacen referencia a la gestión de datos son las encargadas de habilitar el MODEM y hacer peticiones de mensajes, procesar los sms, separar la información de interés, eliminar los sms, enviar a los usuarios sms con la información requerida y realizar la captación de las medidas de los sensores.

Función "*arranque_MODEM*"

Esta habilita el encendido del MODEM y del chip de comunicaciones rs-232. Dicha función es llamada desde el programa principal. El MODEM tiene un tiempo de activación de 5 seg. Para poder recibir un sms son necesarios otros 5 seg. para que comience a recibirlos.

Se ha de habilitar la interrupción RDA, dicha interrupción permite la recepción en el PIC de caracteres y se activará cada vez que se reciba un caracter desde el MODEM.

Una vez realizadas dichas operaciones se procede a enviar al MODEM un mensaje para que nos permita leer el primer sms. El mensaje en cuestión será AT+CMGR=A. Dicho valor, variable A, irá incrementándose en sucesivas ocasiones, estando inicialmente a valor 1, a fin de leer el primer sms del MODEM.

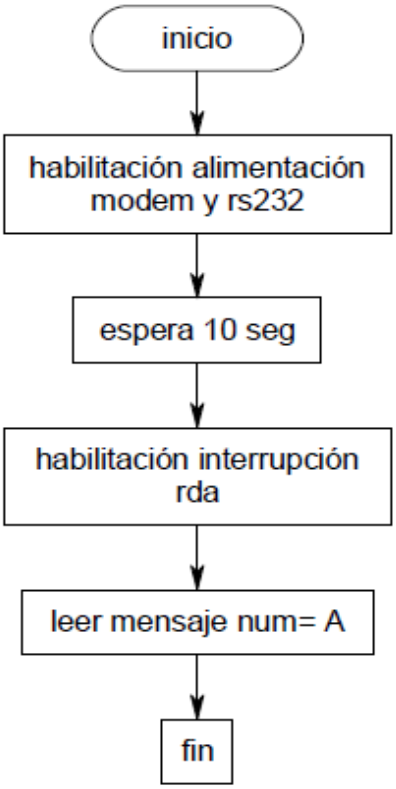


Fig. 3.6 Función *arranque_MODEM*

Función "*eliminar mensaje*"

Una vez se ha guardado en el PIC la información relevante del mensaje, se procede a su eliminación en la memoria del MODEM. Esta operación se realiza mediante el comando AT+CMGD=A, siendo A el número de posición del mensaje que se desea eliminar. Dicho valor irá incrementado para poder eliminar los sms sucesivos.

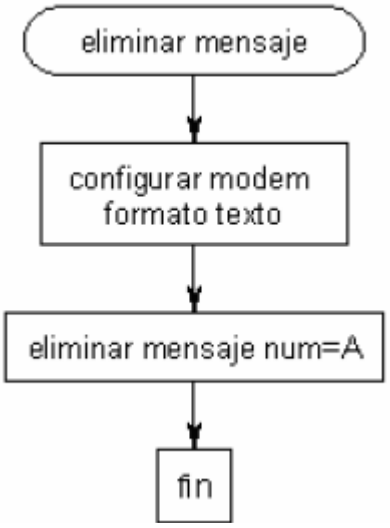


Fig. 3.7 Función *eliminar_sms*

Función "*envío sms*"

Esta es la encargada de enviar el sms correspondiente al usuario cuando este realiza una petición o bien, se activa una alarma. Esta función tiene como variable de entrada *sms_devuelto* la cual le indica que tipo de mensaje debe enviar. El valor de *sms_devuelto* viene determinado en las funciones posteriores. Por simplicidad para la interpretación de los flujogramas se indicará el mensaje que será enviado. No obstante, realmente toma un valor que en esta función interpreta que sms ha de enviar.

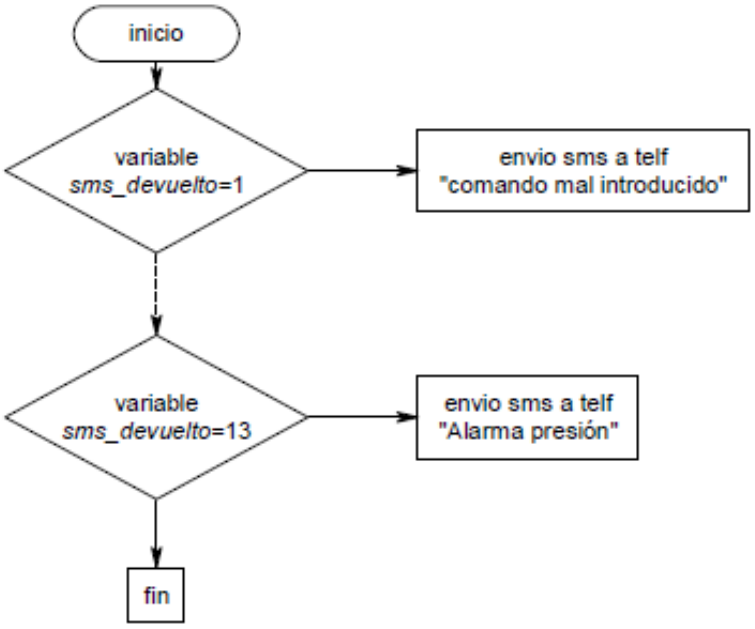


Fig. 3.8 Función envío sms

3.3.4 Gestión de los usuarios

Debido a la reducida capacidad de memoria de este PIC se ha limitado a dos posibles usuarios la estación meteorológica. Estos usuarios se identificaran por su número de teléfono, la respuesta será enviada a dicho número.

Cada uno de los usuarios podrá acceder al sistema mediante mensajes sms y pedir información de las variables meteorológicas, definir alarmas de aviso, o incluso gestionar la baja del propio usuario.

Los mensajes que pueden ser enviados por los usuarios son:

- Darse de alta: Alta
- Darse de baja: Baja
- Petición de mediciones: Temperatura
- Presión

- Humedad
- Luz

Activación de las alarmas:

- Alarma.temperatura(max:XXX/min:XXX)
- Alarma.presion(max:XXXX/min:XXXX)
- Alarma.humedad(max:XXX/min:XXX)
- Alarma.luz(max:XXXXX/min:XXXXX)

El sistema les responderá mediante los mensajes preestablecidos:

- Comando mal introducido
- Usuario borrado
- Usuario aceptado
- Memoria llena
- Usuario no registrado
- La temperatura es: +/-XXX F
- La presión es: XXX milibares
- La humedad es: XXX %
- La luminosidad es: XXXXX Lux
- Alarma introducida
- Alarma por Temperatura
- Alarma por Humedad
- Alarma por Presión
- Alarma por Luminosidad

Función "*comprobar borrar telf*"

Para verificar si un usuario está dado de alta en el sistema, se compara el número de teléfono recibido (variable num) con los números de teléfono que tiene el sistema en su memoria. Si se encuentra alguna coincidencia la variable *telf* indica la posición de memoria en la que se ha encontrado el teléfono del usuario y se activa la variable *usuario_valido*.

Para poder darse de baja hay que comprobar que el usuario está dado de alta en el sistema, y su petición sea un sms de baja (comprueba si la variable *sms* es una baja). Si es así, se procede a eliminarlo de la memoria del sistema y deshabilitar las alarmas

que tuviera establecidas. También cabe la posibilidad de que un usuario no registrado intente acceder a la estación. En tal caso, le será enviado un sms denegando su petición (variable *sms_devuelto* toma un valor correspondiente al mensaje "*usuario no registrado*").

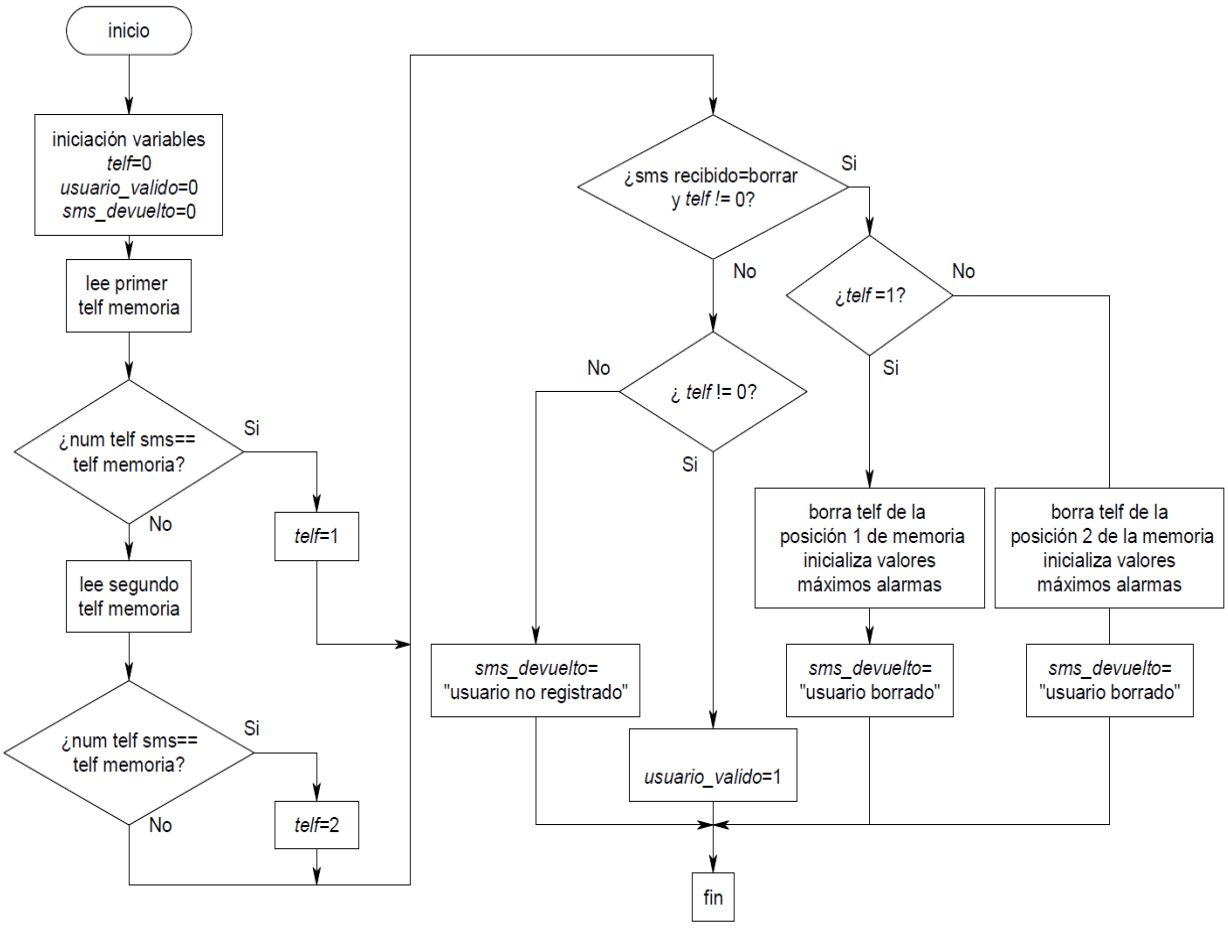


Fig. 3.9 Función *comprobar_borrar_telf*

Función "*añadir telf*"

Previamente al envío de un mensaje a un usuario que no está registrado, se comprueba mediante la función *añadir_telf*, véase **Fig. 3.11**, si su petición es darse de alta. Para ello, una vez comprobado si el sms enviado (variable sms) es una nueva alta, se verifica si existe alguna posición de memoria sin asignar para poder añadirlo.

Una vez localizada se procede al almacenado en memoria del nuevo usuario e inicialización de los valores asociados de las alarmas a valores máximos.

Finalmente, acaba la función asignando a la variable *sms_devuelto* la cadena de caracteres “memoria llena” o “usuario aceptado”.

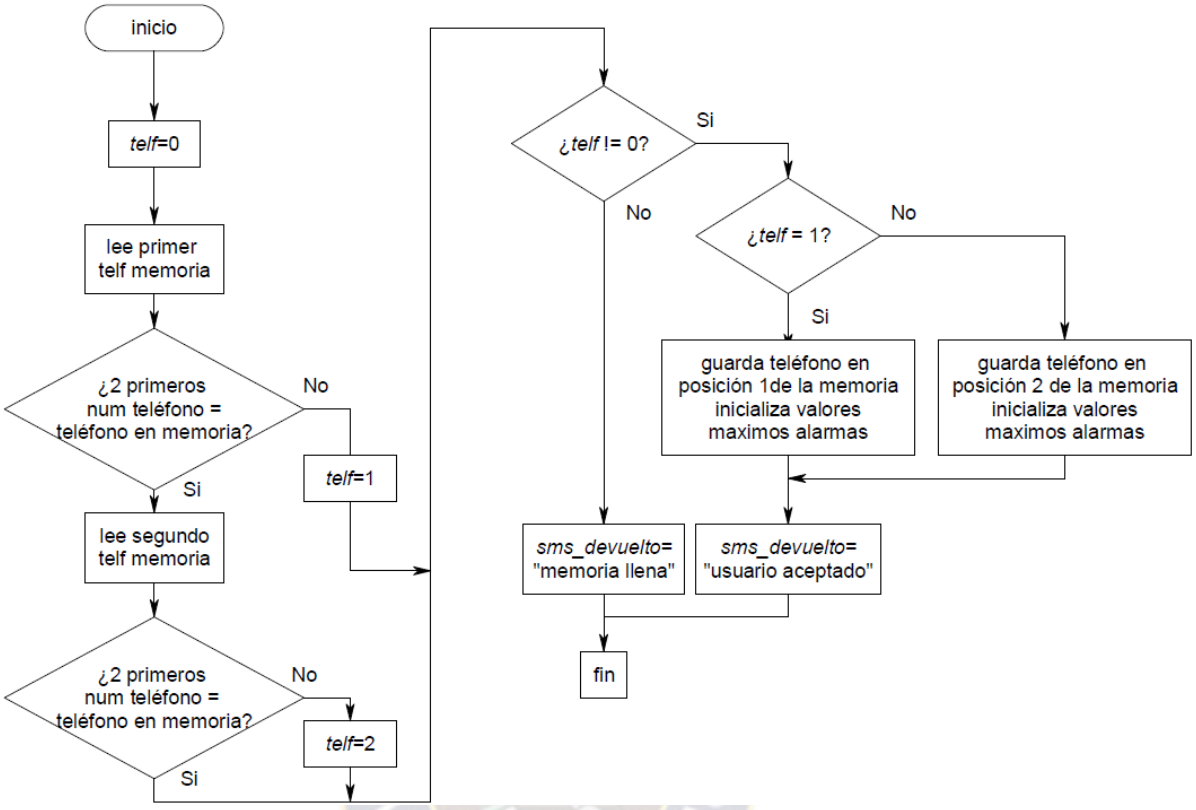


Fig. 3.10 Función *añadir_telf*

3.3.5 Gestión de alarmas y peticiones

El microcontrolador dispone de varias entradas analógicas que son utilizadas para captar la señal de los sensores. Todas estas entradas comparten un mismo conversor analógico/digital que está multiplexado. La toma de medidas se realiza de forma secuencial con un breve intervalo de tiempo entre cada medición (1ms).

Función “*toma medidas*”

La captura de las mediciones de los sensores. Se realiza mediante la función “*toma_medidas”*. Se activa la alimentación de los sensores, se capturan las medidas, y se ajustan a los formatos establecidos para cada tipo de señal. Además se determina el estado de la batería a partir de su tensión para una carga de 100 mA. El nivel de tensión medido determinará el tiempo que debe transcurrir hasta que vuelva a conectarse el modem, tabla 3.1.

Una vez capturados los valores se deshabilita la alimentación de los sensores y el circuito utilizado para verificar el estado de carga de la batería.

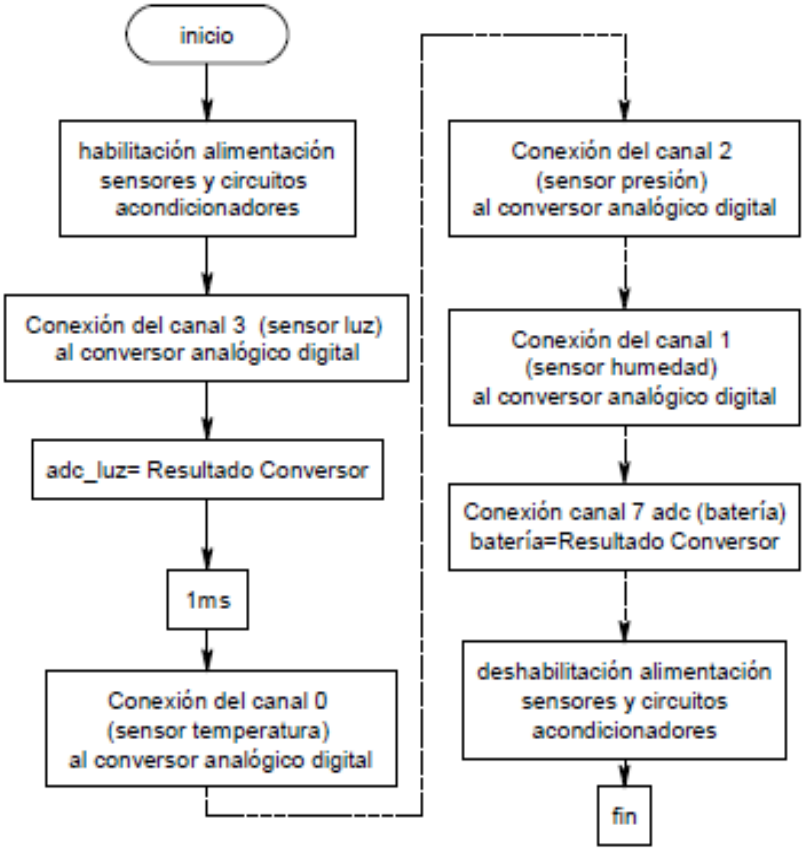


Fig. 3.11 Función "*toma_medidas*"

La función "*sms toma*"

Comprueba si el usuario ha realizado alguna consulta de las variables meteorológicas. Compara el mensaje de texto enviado con otros predefinidos como "temperatura", "presión", etc... Si encuentra alguna coincidencia envía un sms con la medida solicitada mediante *sms_devuelto*.

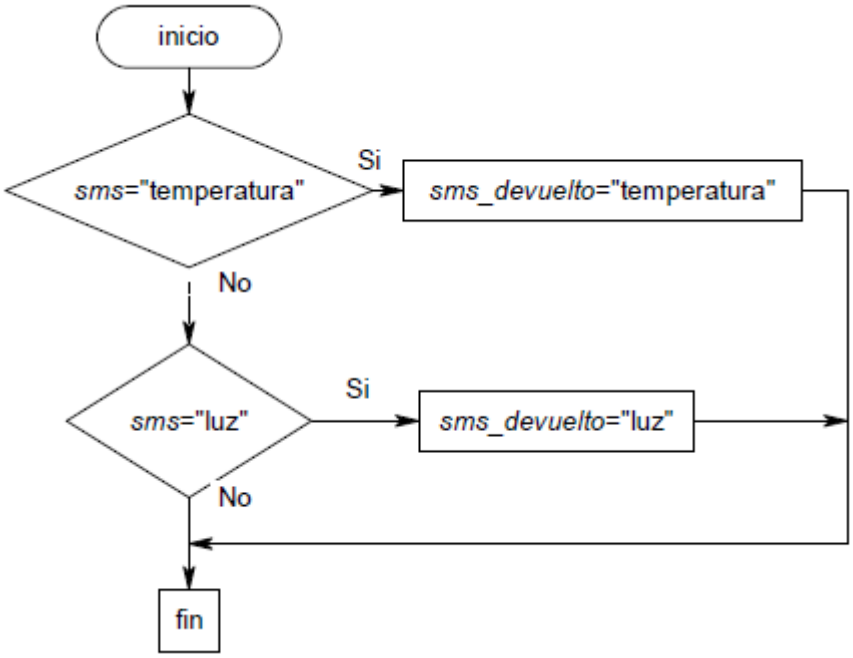


Fig. 3.12 Función *sms_toma*

Función "*tipo alarma*"

Una vez descartada la opción de petición de variables meteorológicas, se comprueba si ha enviado una petición de activación de alguna de las alarmas.

Mediante mensaje de texto predefinidos se establecen los límites máximos y mínimos a partir de los cuales el sistema deberá enviar un sms de alarma. La función se encargara de separar los valores máximos y mínimos y asociarlos al usuario.

Finalmente, esta función envía un mensaje confirmando que la alarma ha sido introducida correctamente.

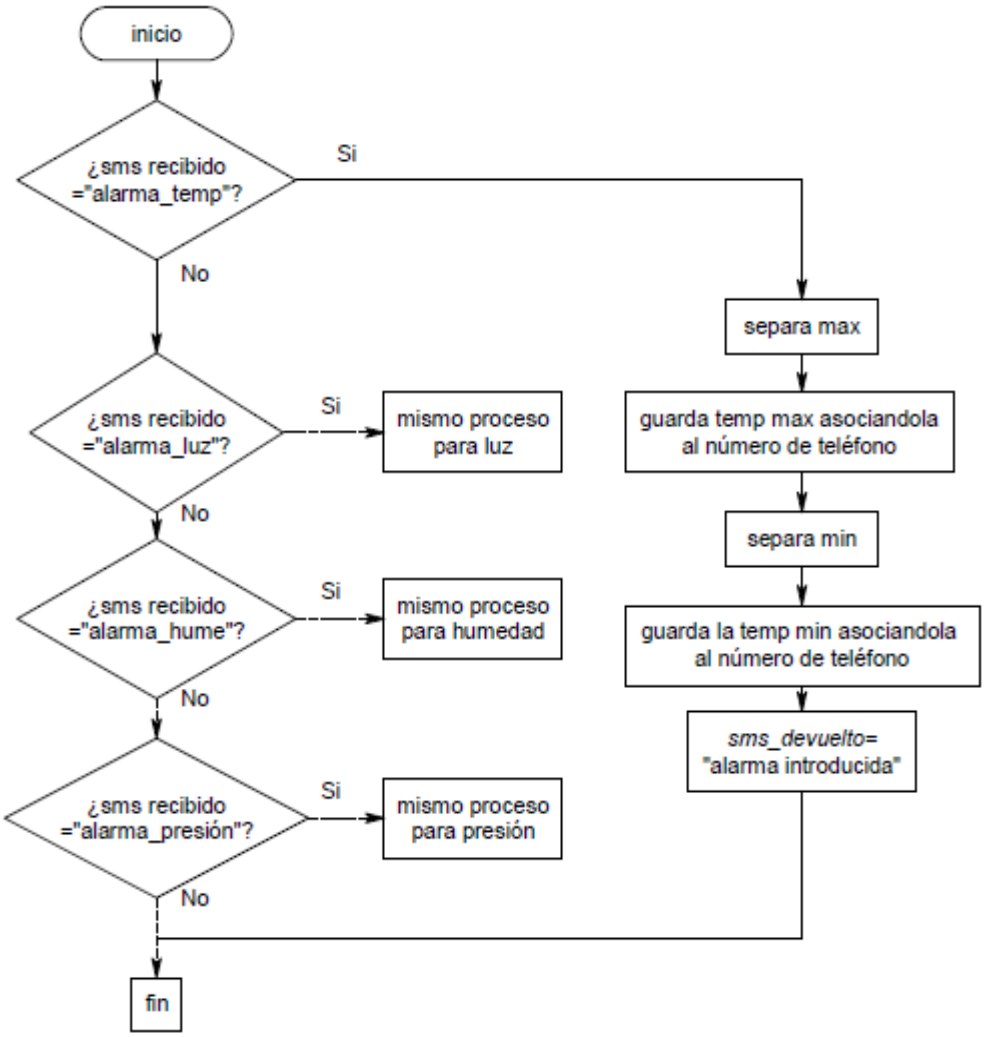


Fig. 3.13 Función *tipo_alarma*

Función "*busca telf*"

Para verificar el estado de las alarmas habilitadas por los usuarios, la función "*busca_telf*", se encarga de comparar las medidas obtenidas por los sensores con los límites establecidos por cada usuario. En el caso de que estos límites sean superados, envía un mensaje sms indicando el tipo de alarma. Dicho proceso de búsqueda lo realiza mediante la variable *telf.*

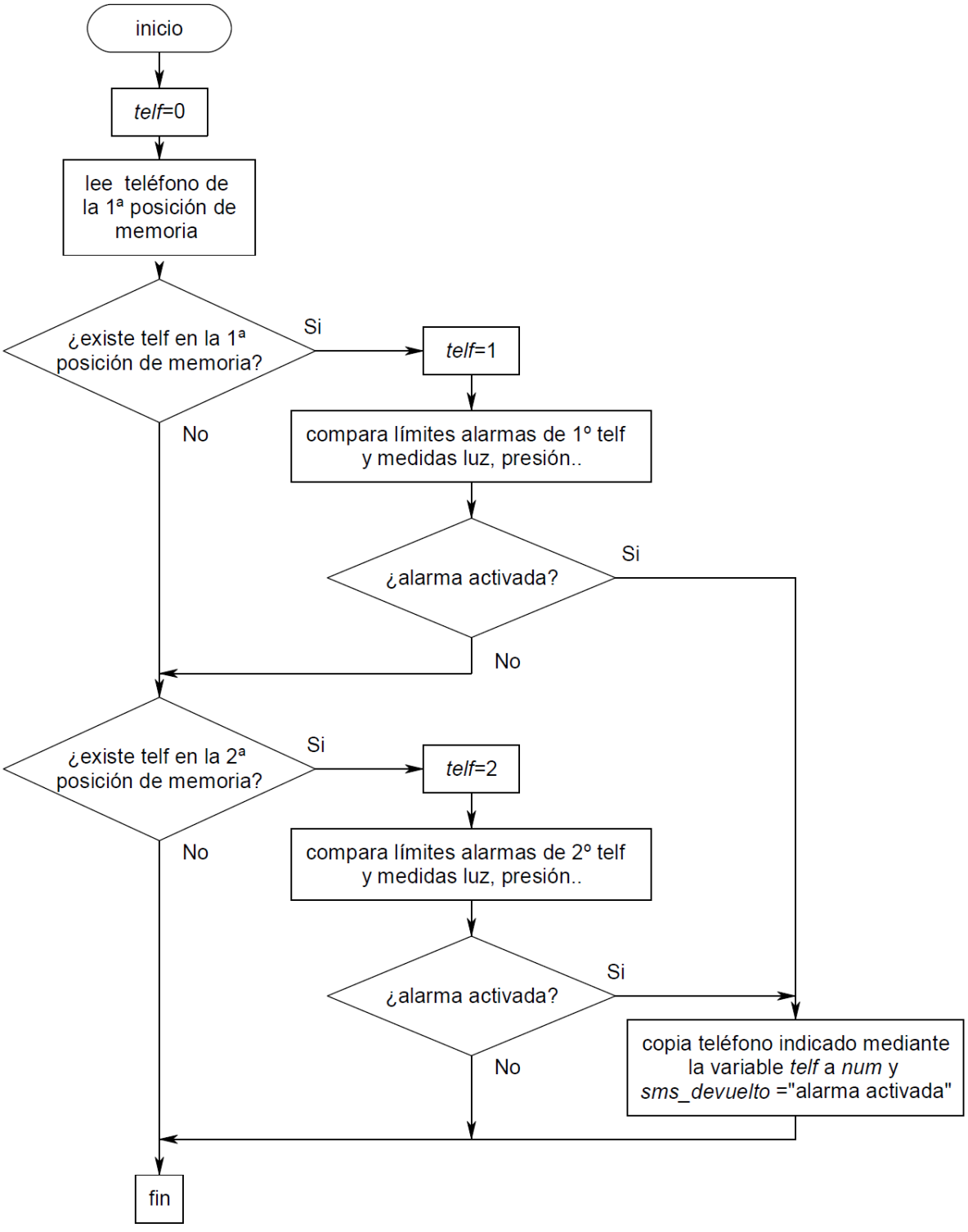


Fig. 3.14 Función *busca_telf*

CAPITULO 4. ADQUISICIÓN DE DATOS

4.1 Sistema de adquisición de las variables meteorológicas

El sistema de adquisición de las variables meteorológicas está formado por cada uno de los sensores y los circuitos de procesado analógico necesarios para acondicionar adecuadamente estas señales.

Por tratarse de una arquitectura de alto nivel se ha utilizado un circuito de acondicionamiento específico para cada sensor que adapta el margen de la mediada a los límites de referencia del conversor analógico digital, en este caso de 0 a 5V. Se han empleado filtros paso bajo a las salidas en cada uno de los circuitos acondicionadores a fin de disminuir los ruidos o posibles interferencias en cada una de las variables a medir.

4.1.1 Adquisición y adecuación de señal del Hidrómetro

El sensor de humedad generalmente tiene una tensión de alimentación de 5 ±0.2Vdc, y un error de linealidad del ±5%RH dentro del rango de medidas entre el 25% y el 90%RH. El margen que se desea medir comprende de 0 a 100% de humedad.

El fabricante en la hoja de características ya estipula el esquema que se debe seguir para adecuar la señal al sensor, por ejemplo el HU10 del fabricante Crown Industrial Estate como denota en la figura a continuación. En este caso se comporta como una fuente de intensidad y varía su intensidad de salida en función de la humedad relativa en el ambiente.

Circuito de medición:

Se debe conectar un capacitor y una resistencia para que realice la medición.

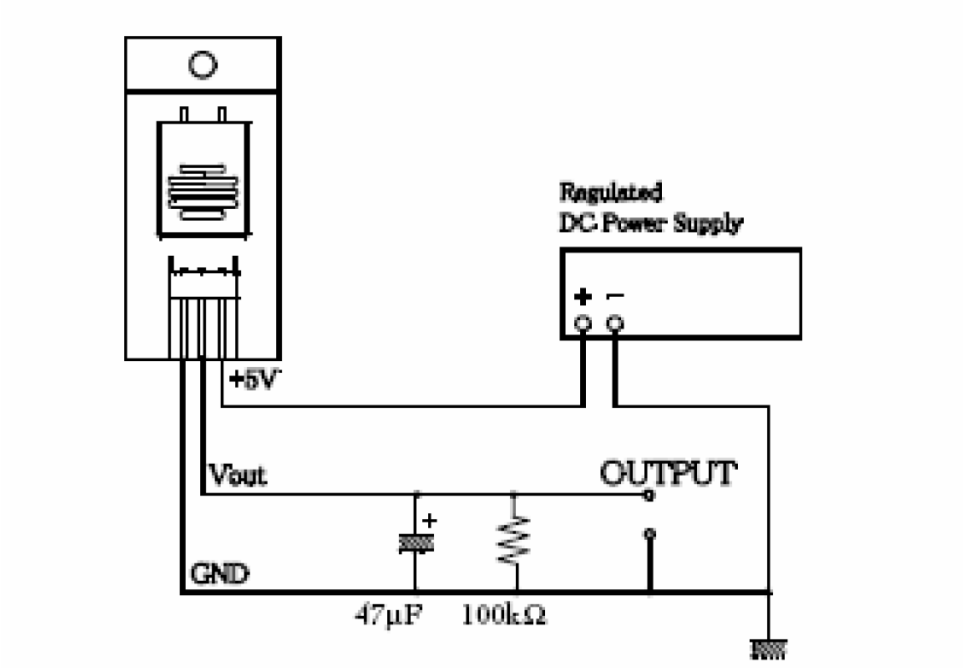


Fig. 4.1 Circuito de medición.

4.1.2 Adquisición y adecuación de señal del Barómetro

Para realizar la medición se puede utilizar un sensor de silicio piezoresistivo de cuatro terminales. La referencia por el que lo denomina el fabricante es MPX2102.
Se toma este debido a que este sensor tiene una tensión diferencial de salida lineal en relación a la presión atmosférica. El margen de alimentación es de ±10V y ±16V, su sensibilidad es de 0,4mV/KPa y está compensado en temperaturas de 0 a 85ºC.

Fig. 4.2 Barómetro

La adaptación de la señal se realiza mediante un amplificador diferencial con una ganancia 10, formado por resistencias de un 1% de tolerancia y un amplificador LM324N. Las tensiones diferenciales de alimentación deben ser positivas, en este caso serán 5V y 12V, a fin de elevar el valor de la medición a tensiones positivas, así poder ser amplificadas y adecuadas al rango del microprocesador.

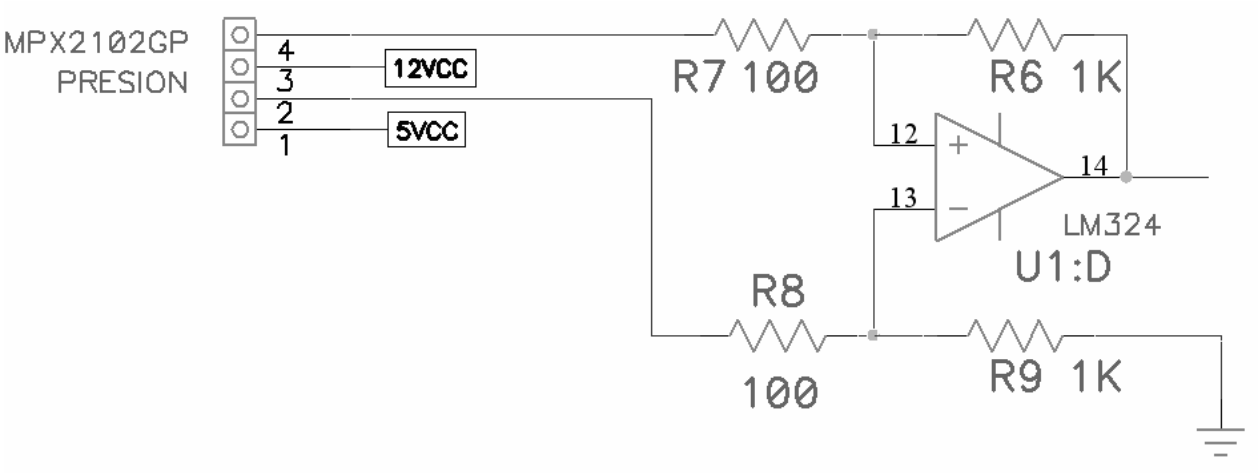


Fig. 4.3 Circuito de acondicionamiento del sensor de presión

4.1.3 Adquisición y adecuación de señal del Termómetro

El sensor de temperatura utilizado es un circuito integrado de tres terminales.

El TMP36 genera una tensión proporcional a la temperatura absoluta, cumpliendo una relación lineal de 10mV/K. Dicho sensor está específicamente recomendado para temperaturas de -40ºC hasta 125ºC, la salida a 25ºC será de 750mV según las especificaciones el fabricante. El margen de temperaturas que se ha seleccionado es de -40ºC a 50ºC.

Para acondicionar la señal se ha utilizado otro de los amplificadores operacionales integrados en el LM324N en configuración no inversor, se establece una ganancia de 5, la sensibilidad de la medida es de 50mV/Kelvin.

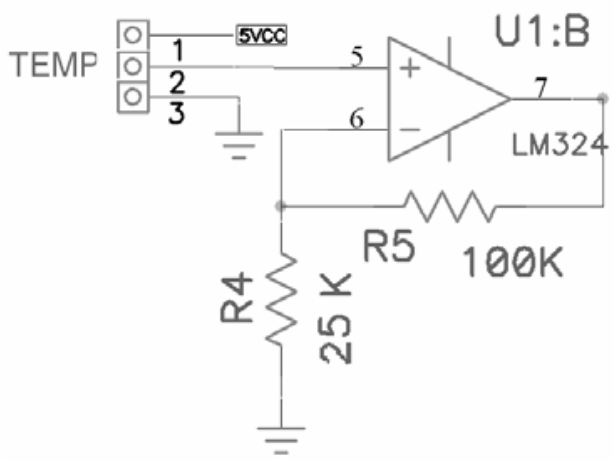


Fig. 4.4 Circuito de acondicionamiento del sensor de temperatura

4.1.4 Adquisición y adecuación de señal del Luxómetro

El sensor utilizado es un fotodiodo PN de silicio diseñado para aplicaciones lineales. Tiene una ventana de cristal fino diseñada para filtrar unas determinadas longitudes de onda de tal forma que se aproxime lo máximo posible a la respuesta espectral (Visible Light) del ojo humano. El ojo humano percibe de los 280nm a los 780nm.

El esquema eléctrico, es un conversor de corriente tensión con la entrada invertida de forma que tendremos a la salida Vo =R*I. Se ha empleado el LM324N para la amplificación de dicha señal.

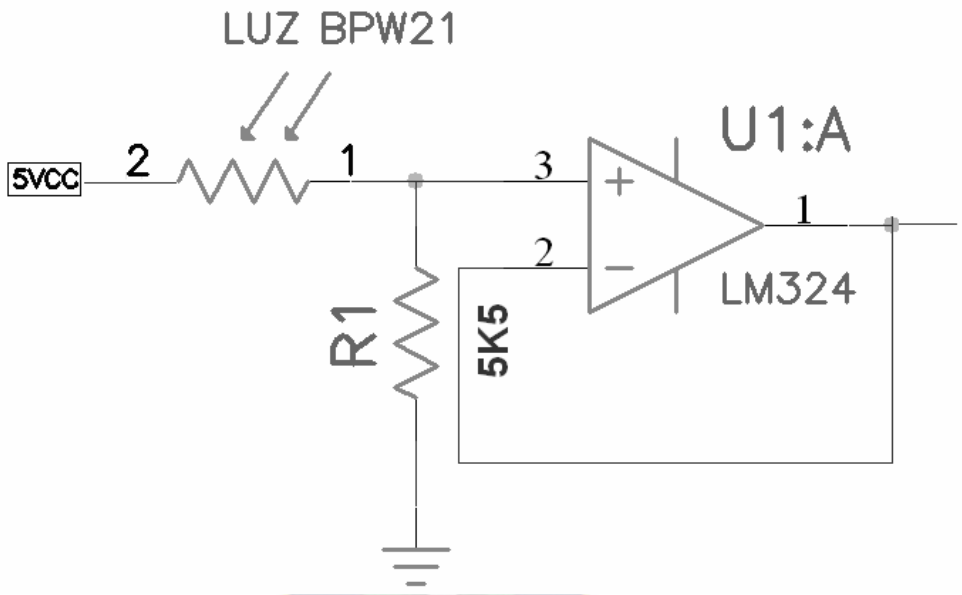


Fig. 4.5 Circuito de acondicionamiento del luxómetro

CAPITULO 5. ALIMENTACIÓN DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA

5.1 Alimentación de la placa

A la hora de plantear la realización del proyecto se debe tener en cuenta que los componentes debían de tener un consumo lo más bajo posible. Para ello se tomaron diversas consideraciones.

El PIC debe ser de bajo consumo, como consecuencia se optó por un 16F877A-LF (su consumo es de 3.8 mA) que permite una relación aceptable de prestaciones y consumo. Mediante el PIC se activa:

- La alimentación del circuito de captación de los sensores, ya que de este modo se consigue desconectarlos cuando no estén en uso.
- La habilitación de la comunicación con el MODEM, ya que el chip de comunicaciones Max222 permite su habilitación o desconexión mediante una de sus entradas.
- El control de la habilitación del MODEM.

La regulación de tensión a 5V se realiza mediante un regulador de bajo consumo, que tiene una corriente de fugas de tan solo 1.1 uA y por tanto, es ideal para alimentación de sistemas autónomos donde el ahorro de energía es fundamental.

El sistema tiene dos estados de funcionamiento; estado de reposo y el estado activo. En el estado de reposo únicamente funciona el microcontrolador reduciendo su consumo hasta unos 4 mA. Por otra parte, el sistema entra en estado activo durante unos dos minutos una vez que haya transcurrido un tiempo en estado de reposo. Inicialmente este tiempo es de 20 minutos pero puede aumentar si se detecta que la batería ha reducido su carga. El estado de carga se determina a partir de la tensión de la batería para un consumo aproximado de unos 100 mA. Nótese en la figura 5.1 como el microcontrolador puede inducir la descarga momentánea de la batería a través del MOSFET para así determinar el estado de carga.

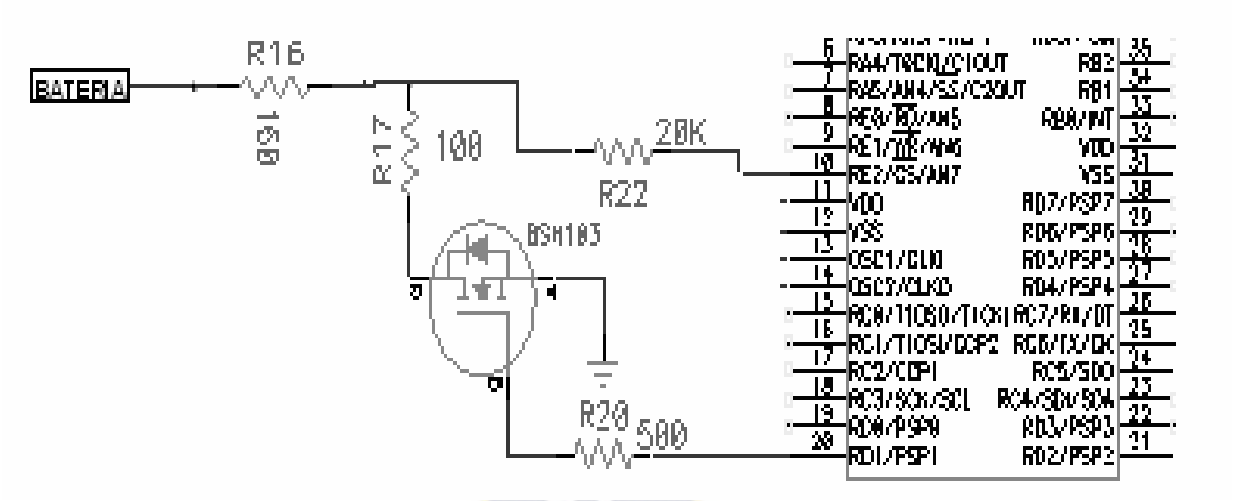


Fig. 5.1 Medición del estado de la batería

Durante el estado activo se conecta el modem, así como los sensores y sus circuitos acondicionadores. El consumo del sistema sube hasta unos 120 mA, siendo 110mA debidos al consumo del modem.

5.2 Elección de la batería

En primer lugar se estima el consumo diario de la placa, para ello se tiene en cuenta su funcionamiento durante 1 hora:

$$LAh = 54\,\text{min} * 4mA + 6\,\text{min} * 120mA = 15.6mAh$$

Si la batería a plena carga tiene una tensión de 12 V, la energía que necesitaría para el funcionamiento del sistema en un día será:

$$E_T = LAh * h * V$$
$$E_T = 15.6mAh * 24h * 12V$$
$$E = 4.49Wh / día$$

Una vez realizado el cálculo del consumo teórico, se calcula el consumo energético real, para hacer frente a los posibles factores de perdidas.

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Donde R es el parámetro de rendimiento global de la instalación, definido como:

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right)$$

Los factores de la última ecuación son los siguientes:

• Kb: Coeficiente de perdidas por rendimiento del acumulador

0.05 en sistemas que no demanden descargas intensas
0.1 en sistemas con descargas profundas

• Kc: Coeficiente de pérdidas en el convertidor:

0.05 para convertidores senoidales puros, trabajando en régimen optimo
0.1 en otras condiciones de trabajo

• Kv: Coeficiente de perdidas varias (rendimiento de la red):

0.05-0.15 Agrupa otras perdidas

• Ka: Coeficiente de autodescarga diario:

0.002 para baterías de baja autodescarga Ni-Cd
0.005 para baterías estacionarias de Pb-ácido
0.012 para baterías de alta autodescarga

• N: Número de días de autonomía de la instalación:

Serán los días que la instalación deberá funcionar bajo una irradiación mínima o nula. 4 – 15 días.

Pd: Profundidad de descarga diaria de la batería
Esta profundidad de descarga no debe ser superior al 80%

Una vez escogidos los valores adecuados para el sistema, se deduce el siguiente rendimiento:

$$R = (1 - 0.05 - 0 - 0.05) * \left(1 - \frac{0.005 * 4}{0.7}\right) = 0.825$$

Quedando la potencia real consumida:

$$E = \frac{4.49Wh/día}{0.825} = 5.44Wh/día$$

A partir de este valor se calcula la capacidad de la batería necesaria para su funcionamiento durante tres día con unas condiciones climáticas que incapacitarían la extracción de energía del panel.

$$C = \frac{E * N}{V * P_d} = \frac{3.49Wh * 3}{12V * 0.7} = 1.94Ah$$

La batería tendrá que tener una carga de 12V.

5.3 Elección del panel solar

Una vez seleccionada la batería, se ha de establecer cual es el tamaño de la placa solar. Para ello, se ha de tener en cuenta una serie de datos respecto a la ubicación del sistema. Se buscan los datos de mejor orientación de la placa solar en las peores condiciones posibles en dicho emplazamiento**.**

Será en invierno, donde es necesario un mejor aprovechamiento de la cantidad de luz disponible.

CAPITULO 6. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Se requiere que la estación meteorológica sea fácilmente accesible por los usuarios y estos puedan ser identificados. Al ser un sistema autónomo es necesario que dicho sistema tenga gran cobertura en el territorio español. Al no requerirse la transmisión de gran cantidad de datos ni grandes anchos de banda, debe ser lo más simple posible y económicamente viable. Considerando esta requisitos se optado por la transmisión mediante un modem GSM.

6.1 Características del MODEM GSM

Este modelo es el más sencillo ofrece una amplia gama de prestaciones, como comunicaciones de voz, fax y mensajería SMS, que serán suficientes para la realización del proyecto, el cual se centra en el envío de sms.

Las figuras a continuación muestran el aspecto físico de un módem gsm, así como un detalle de sus puertos externos.

Fig. 6.1 Aspecto exterior de los MODEM GSM

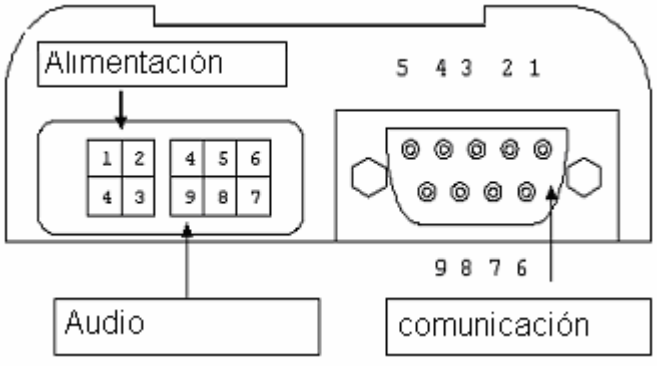


Fig. 6.2 Puertos MODEM

Existe tres tipos de puertos; puerto de alimentación, puerto de audio, puerto para la transmisión y recepción de datos (RSR232).

El puerto de alimentación consta de 4 pines, de los cuales, sólo son útiles tres; la masa (GND), tensión de alimentación (Power IN) y el encendido (ING).

CONECTOR	PIN	SEÑAL	USO	COLOR
4 PIN MICROFIT	1	Power IN	Power IN (+)	RojoOUT
	2	GND	Tierra	Negro
	3	IGN	Encendido	Amarillo
	4	PDN	Power Down	N.E

Tabla 6.1

El módem permite tensiones de alimentación comprendidas entre 8 a 32V.

El puerto de comunicación del módem GSM se compone de un conector de 9 pines. Este está constituido para poder ser conectado a cualquier tipo de periférico, como puede ser un PC o cualquier otro tipo de controlador. En el proyecto solamente se han utilizado los pines TX y RX. Por este motivo, se ha cortocircuitado los pines 1,4,6 del puerto serie del MODEM. La tabla 6.2 muestra la función de cada uno de los terminales.

CONECTOR	PIN	EIA	USO	IN/OUT
DB9 SERIAL RS232	1	DCD	DataCarrier	OUT
	2	RX	Recep Data	OUT
	3	TX	Trans Data	IN
	4	DTR	DataTerm.Ready	IN
	5	GND	Ground	
	6	DSR	DataSetReady	OUT
	7	RTS	RequesttoSend	IN
	8	CTS	Clear to Send	OUT
	9	RI	Ring ind.	OUT

Tabla 6.2 Función de los terminales

Para utilizar el módem en una aplicación concreta deben configurarse algunas de sus características. Concretamente, deben sincronizarse las velocidades del puerto RS232 con la del controlador y el modo de configuración de los mensajes SMS.

Existen dos modos de configuración; modo PDU y modo TXT.

Por cuestiones de simplicidad en la codificación se ha optado por la opción en modo texto.

Respuesta del módem en modo TXT:

+CMGR: "REC READ","+34670341212",,"05/05/10,16:54:28+04"
Mensaje de prueba

Respuesta del módem en modo PDU:

+CMGR: 1,,34
0791430607301 1F0040B914376301412F20000505001614582401 1C DB27B1E 569741E432082EAF97C561

Fig. 6.3 Diferencia entre la recepción de mensajes en modo TXT y PDU

6.2 Gestión del MODEM GSM

El control del GSM BASE por parte del microcontrolador se realiza a partir del puerto RS232 mediante los denominados comandos AT. Estos comandos se identifican con una cadena de caracteres en código ASCII.

Codificación en ASCII	Descripción	Ejemplo
AT+CMGF=***X***	Configuración en modo PDU (si *X*=0) o en modo TXT (si *X*=1)	AT+CMGF=1
AT+CMGS	Mandar mensaje de texto	AT+CMGS=+34"**teléfono**" ***ENTER*** > Mensaje ***ctrl.-Z***
AT+CMGR=X	Leer el mensaje recibido Numero X	AT+CMGR=1
AT+CMGD=***X***	Borrar mensaje numero *X*	AT+CMGD=1

Tabla 6.3

6.3 Conexión con la estación meteorológica

El microcontrolador 16F877A i/p dispone de terminales para la transmisión de datos serie que se ajusta al protocolo de comunicaciones RSR232. El único problema para la interconexión entre estos terminales y los del puerto serie del módem reside en la diferencia entre sus niveles lógicos. Para solventar este inconveniente se puede utilizar un MAX222. Se ha elegido debido a que puede desconectarse mediante uno de sus puertos para así no consumir mientras no esté en uso por el sistema.

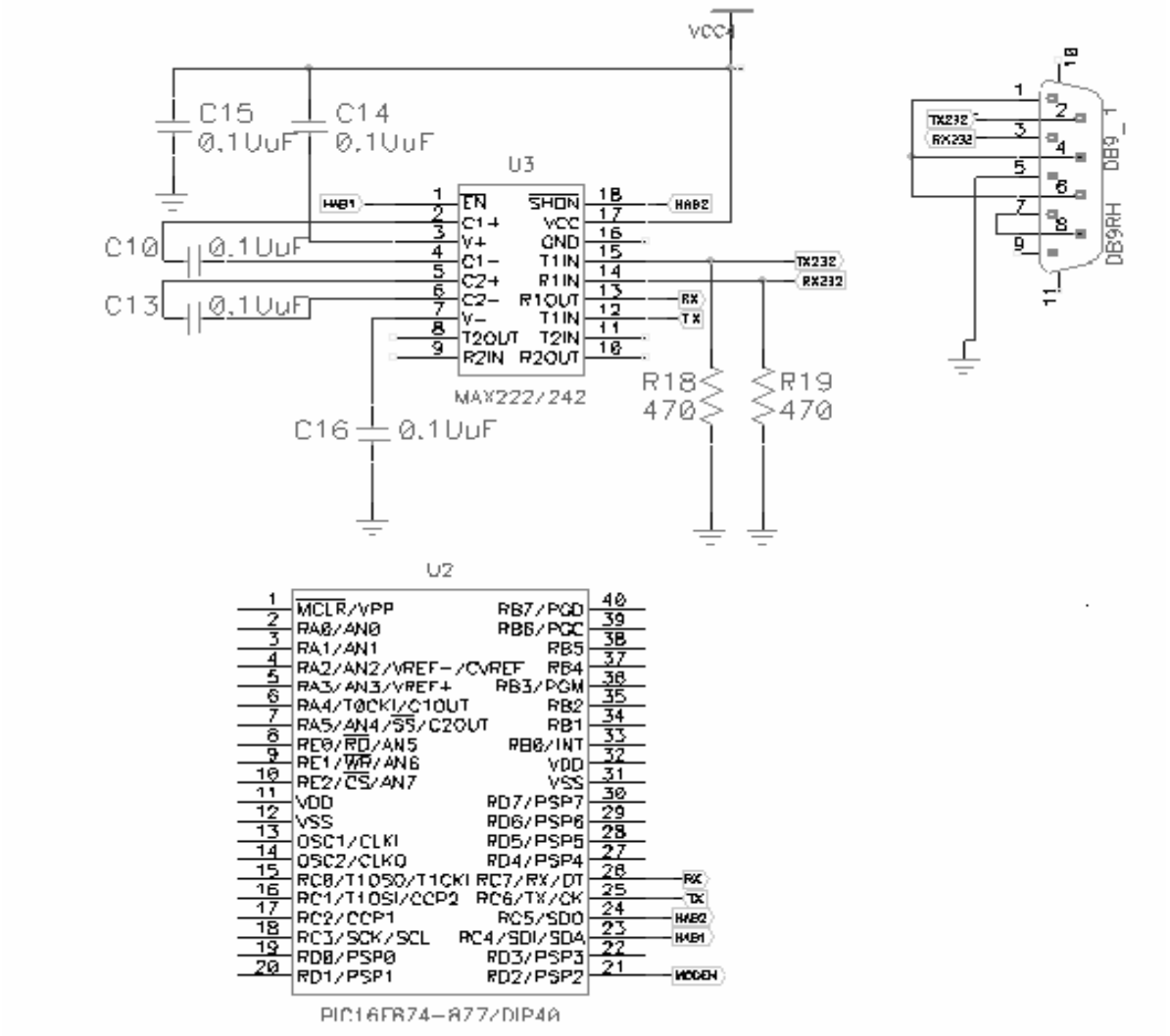


Fig. 6.4 Esquema de conexionado RS232 al PIC

CAPITULO 7. DISEÑO DE LA PLACA

7.1 Esquema general

Podemos observar la conexión del chip de comunicaciones así como la alimentación del MODEM. En la figura a continuación es posible ver la comunicación con el programador vía rj-45, así como los diferentes sensores, su acondicionamiento de señal, filtros, alimentación del sistema y control de la alimentación de diferentes partes del circuito.

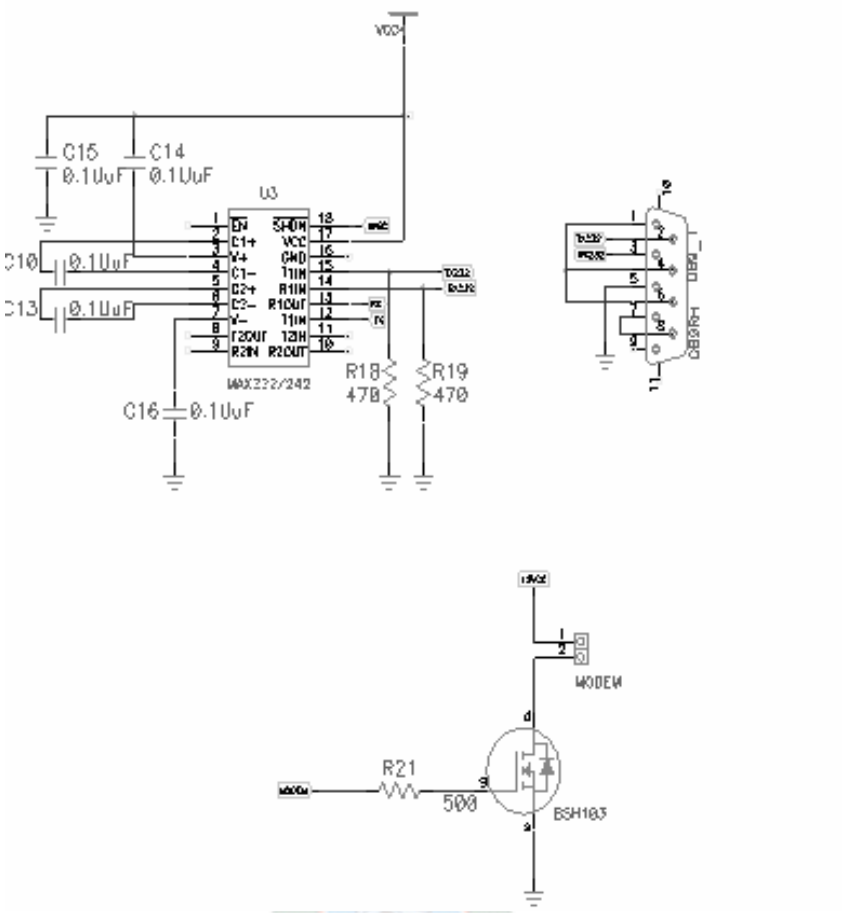


Fig. 7.1 Esquemático transmisión rs232 y control alimentación MODEM

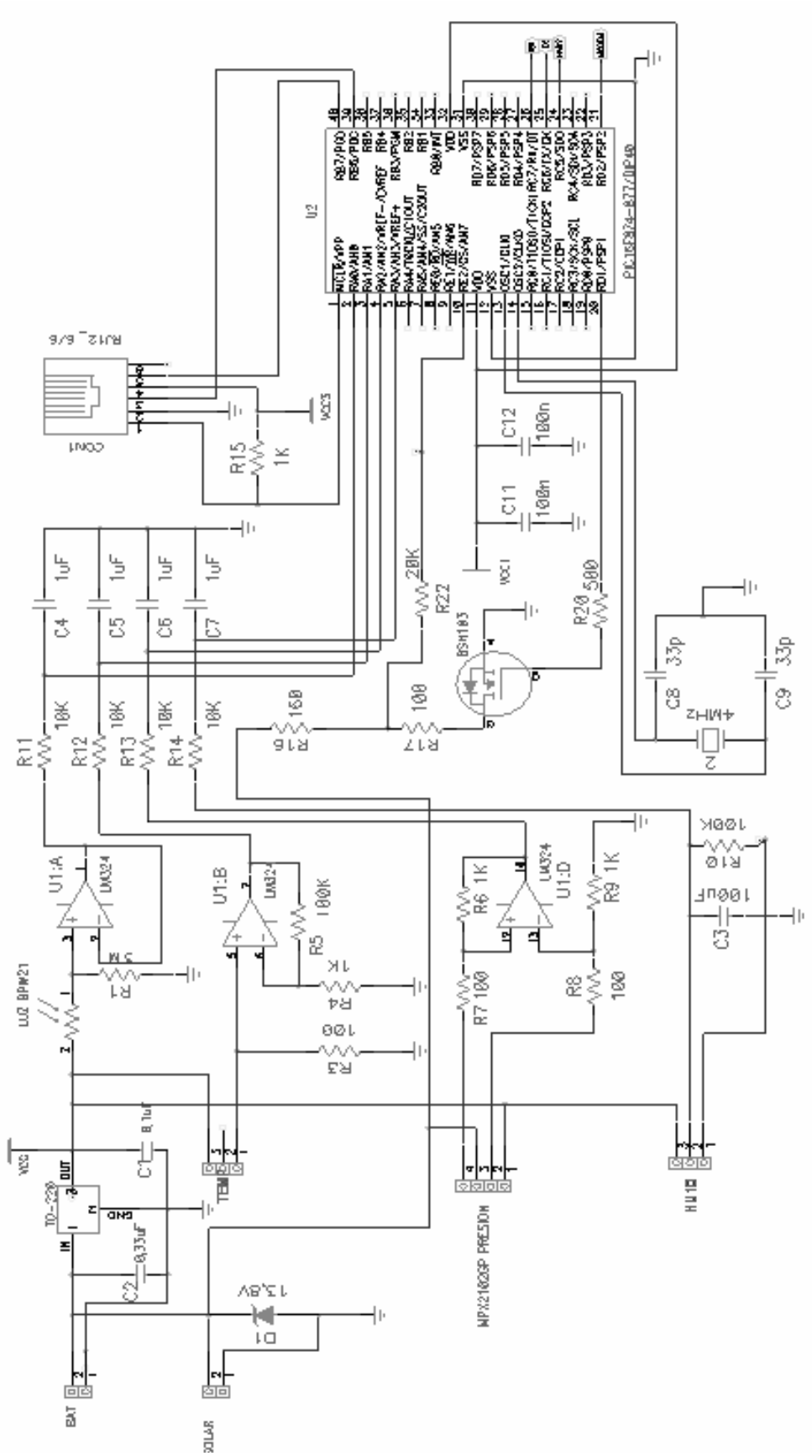


Fig. 7.2 Esquema sensores, alimentación y PIC

CONCLUSIONES

La finalidad del proyecto ha sido la de diseñar una estación meteorológica autónoma y de fácil transporte, para su ubicación en cualquier lugar sin dependencia de ningún factor ya sea de comunicaciones o de alimentación.

Los componentes fueron seleccionados con el objetivo de minimizar su consumo.

Aun así, gran parte del diseño ha sido condicionado por el elevado consumo del modem, habiendo de ajustar el tiempo de conexión de componentes a fin de poder compensarlo y pretendiendo que la placa solar no fuera de unas dimensiones incomodas para su transporte.

El diseño se podría ampliar en un futuro mediante memorias externas que permitieran la incorporación de un mayor número de usuarios. Otra posible mejoría sería un control más eficaz de los usuarios a través de un administrador. La posibilidad de Introducir más variables meteorológicas o en su defecto, establecer una red de estaciones meteorológicas que se comunicaran entre ellas y que el sistema fuera capaz de hacer predicciones simples en función de los parámetros captados, serian posibles mejoras o ampliaciones.

Dichas posibles ampliaciones afectarían al consumo del circuito, debido a que los periodos de conexión serian más largos, pudiéndose optimizar la energía captada por la placa solar mediante su orientación automática para una óptima orientación en cada momento.

BIBLIOGRAFÍA

http://www.microchip.com

http://www.alldatasheet.com

http://todopic.mforos.com/?cat=327473

http://www.unav.es/cti/curso-c/

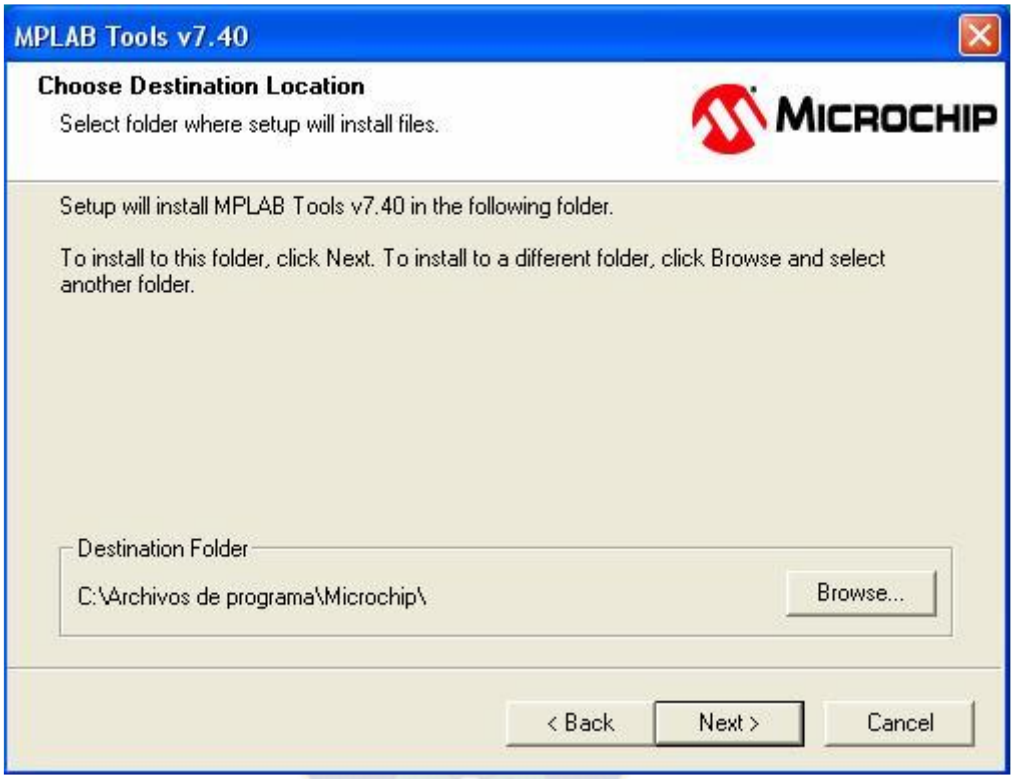
http://es.wikipedia.org/wiki/EIA

http://es.wikipedia.org/wiki/MAX232

Funcionamiento IC2 y MPLAB

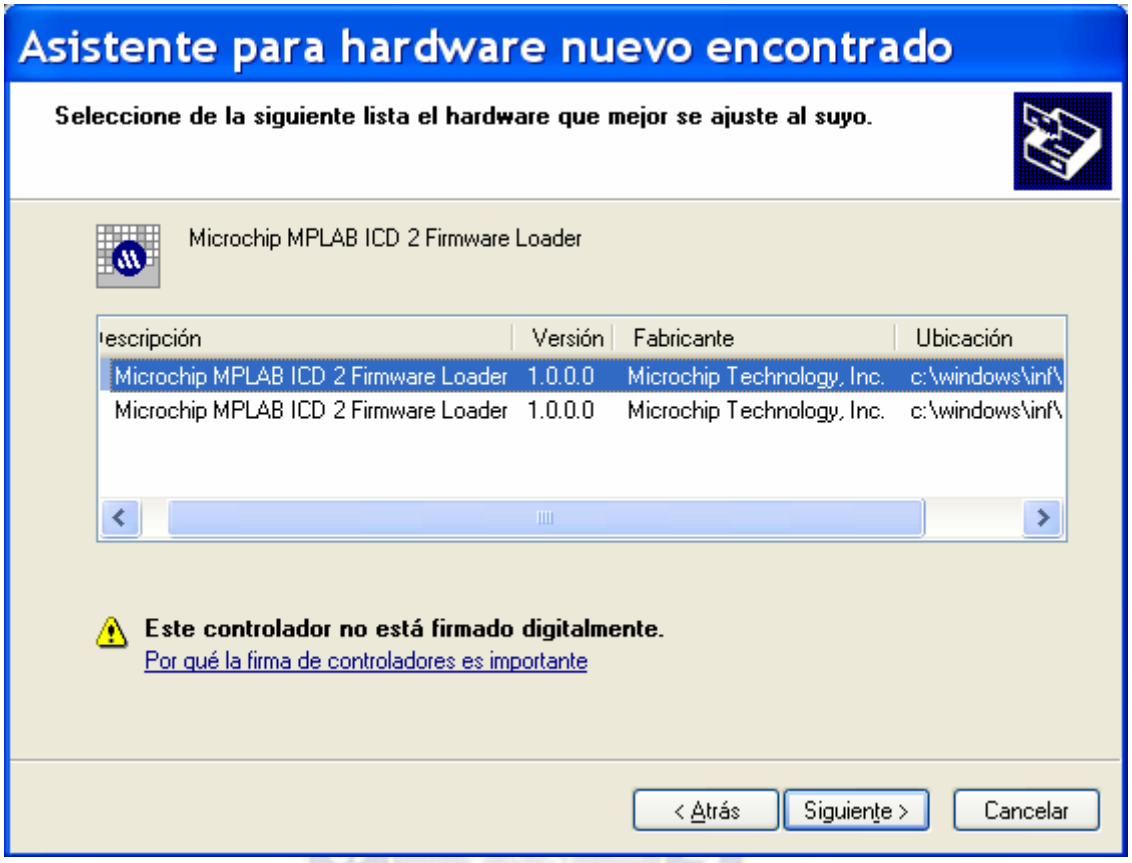
En el primer anexo, se centra en la instalación y configuración del programa MPLAB y e ICD2.

Procedemos a la instalación del programa MPLAB descargado de la web de microchip, ejecutando el asistente.



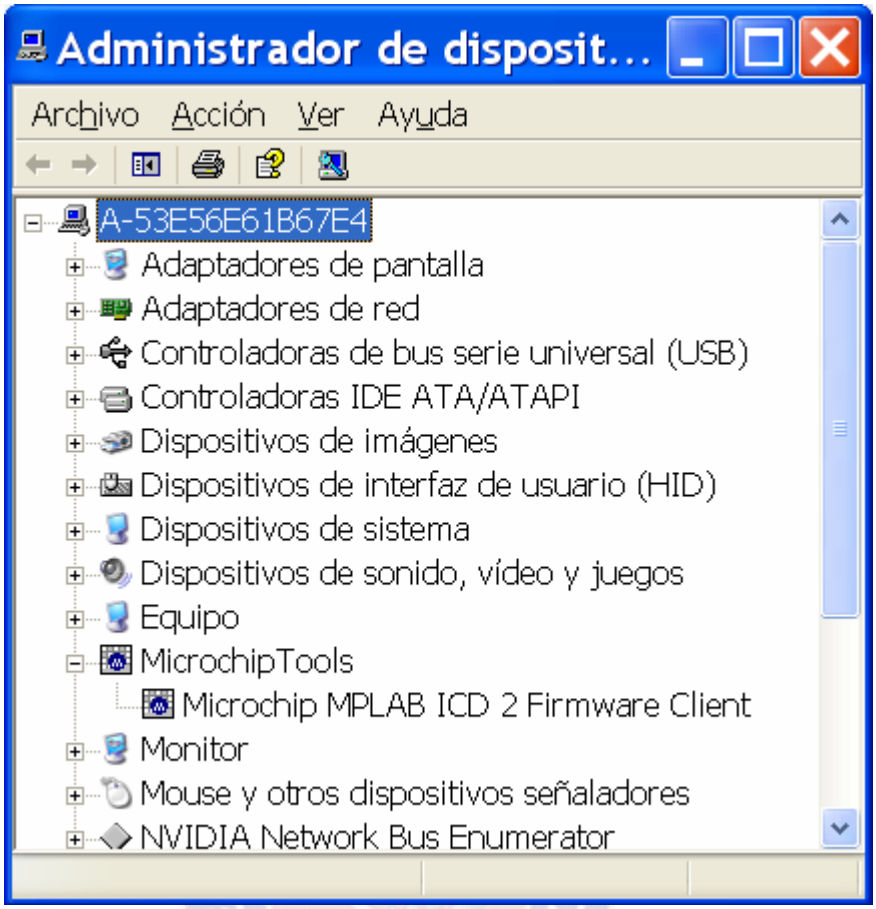
Instalación MPLAB

Al realizar la conexión vía usb del icd2, el asistente de nuevo hardware encontrado nos informa del nuevo dispositivo. Se habrá de instalar los 2 controladores que acompañan al programador**,** dichos controladores los podemos encontrar dentro de la carpeta de instalación del MPLAB.



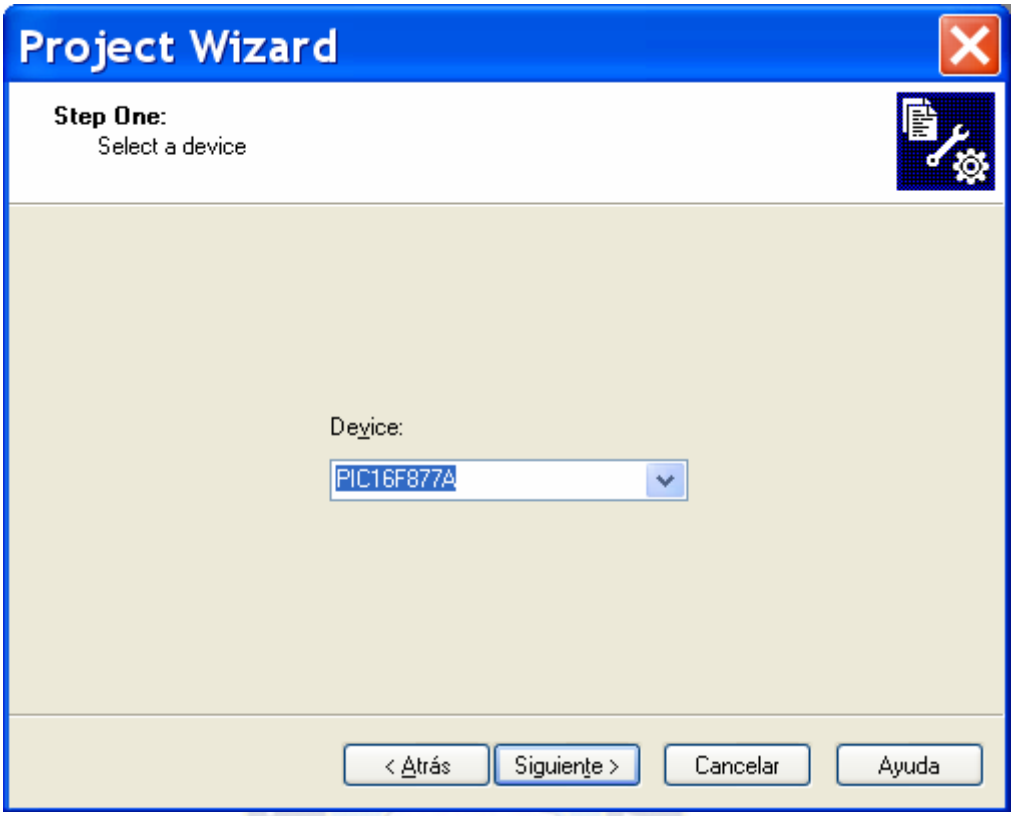
Instalación de los controladores ICD2

Una vez debidamente instalado el dispositivo, en el administrador de dispositivos comprobaremos su correcto funcionamiento,



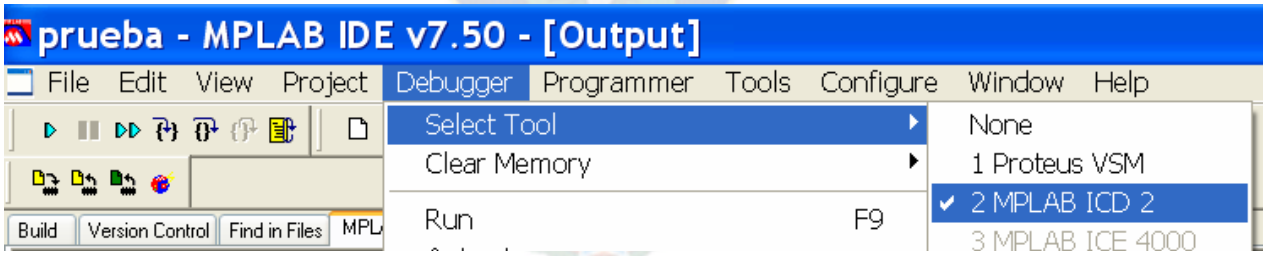
Comprobación de la instalación de controladores

Ejecutamos el programa MPLAB y creamos un nuevo proyecto, definiendo el PIC que utilizaremos, en este caso PIC16f877A,



Selección del PIC

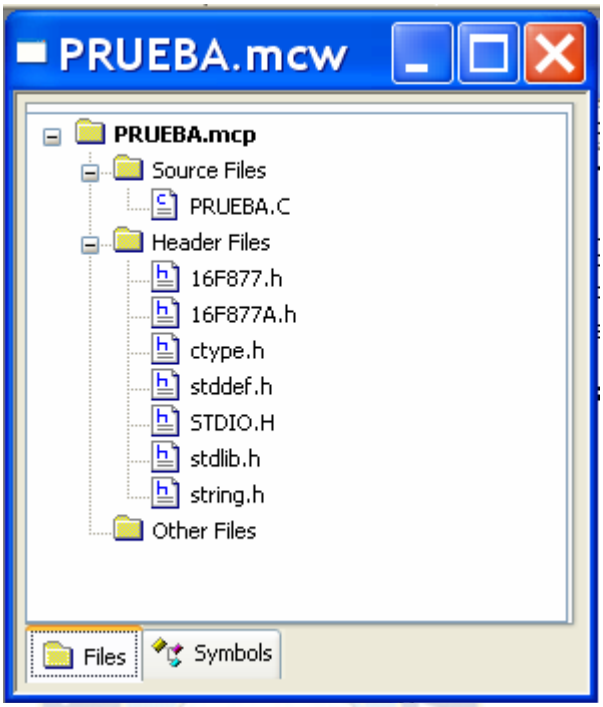
Ya creado el proyecto, se selecciona el dispositivo para realizar la compilacióny pruebas mediante *Debugger>select tool>icd2* seleccionamos el nuestro.



Elección del ICD2

Las opciones del *debugger* nos permiten insertar puntos de parada del programa, ejecutarlo paso a paso, continúo, leer el programa del PIC, también habrá opciones interesantes como *Watch*, en la cual podemos ver las variables empleadas y sus cambios de estado a tiempo real.

El proyecto costa de un programa principal, y librerías para la interpretación de las instrucciones del programa principal, también llamadas cabeceras.



Programa y librerías

Dichas librerías tienen una función específica dentro del programa

16f877.h contiene la definición de los pines de conexión del PIC

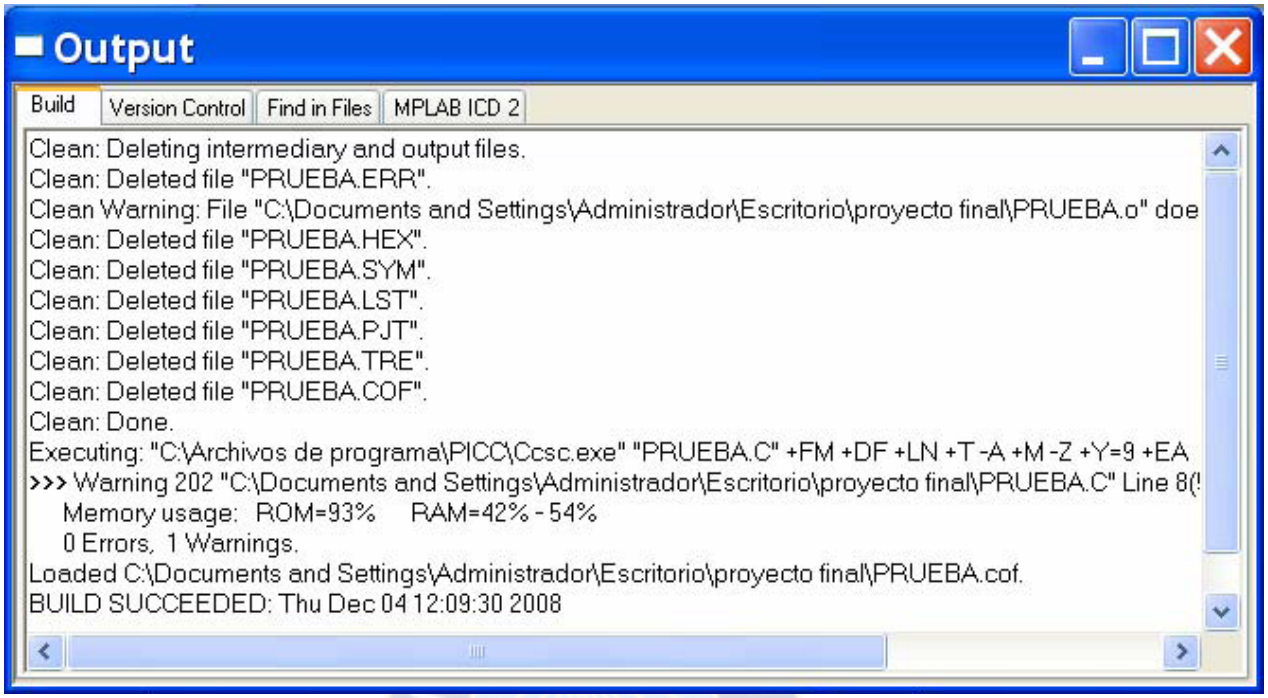
String.h contiene la definición de macros, constantes, funciones y tipos de utilidad para trabajar con cadenas de caracteres y algunas operaciones de manipulación de memoria.

Ctype.h fue diseñado para operaciones básicas con caractéres. Contiene los prototipos de las funciones y macros para clasificar caractéres.

Stdlib.h contiene los prototipos de funciones de C para gestión de memoriadinámica, control de procesos y otras.

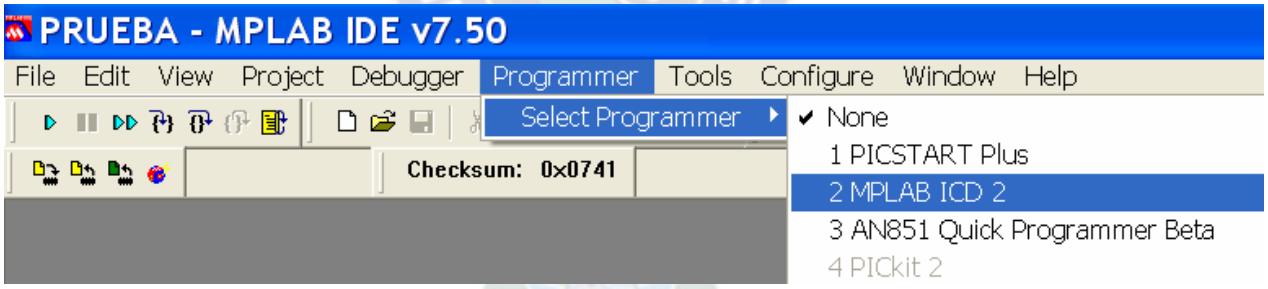
Stdio.h contiene las definiciones de macros, las constantes, las declaraciones de funciones y la definición de tipos usados por varias operaciones estándar de entrada y salida.

Una vez realizada la compilación el sistema nos informa de posibles errores, alertas y la cantidad de memoria del sistema ocupada.



Proyecto compilado

Una vez realizada la compilación del proyecto, configuraremos el programadorpara la grabación en el PIC, se procede a la desconexión del programador, el PIC ya estaría grabado y listo para su funcionamiento.

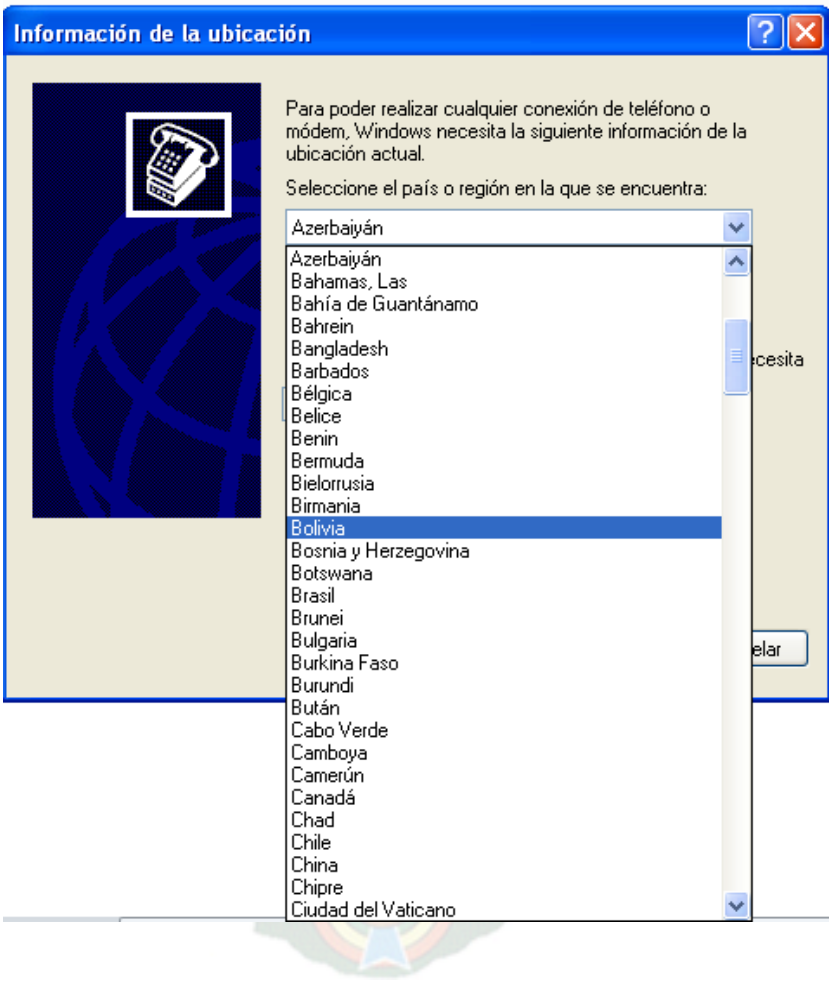


Grabación en el PIC

Configuración y uso del Hyper Terminal

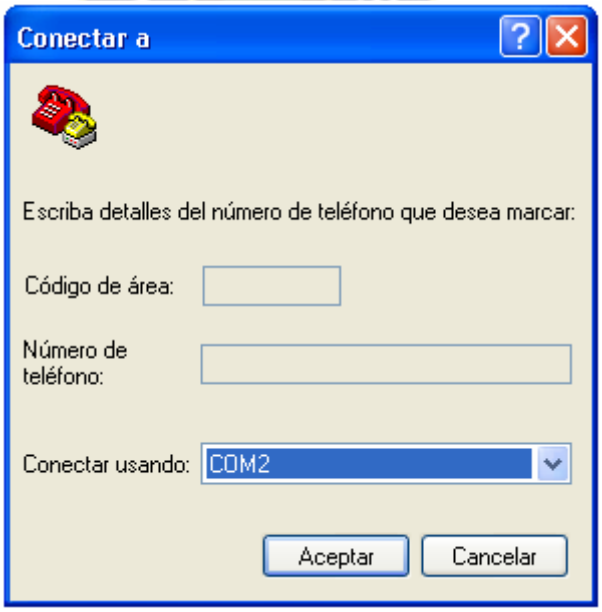
Durante la realización del proyecto se ha utilizado el HyperTerminal de Windows para supervisar la comunicación entre el módem GSM y el microcontrolador. Este anexo explica como crear la sesión para realizar dicho proceso, así como la configuración de velocidades, bits de datos, bits de paridad etc…

En primer lugar, se conecta el módem a su tensión de alimentación. Una vez conectado el puerto serie entre ambos, nos dirigiremos al menú del PC y abriremos el programa HyperTerminal. Este se encuentra en: *Inicio>Programas>Accesorios>Comunicación>HyperTerminal.* Seguidamente daremos nombre a la nueva conexión.

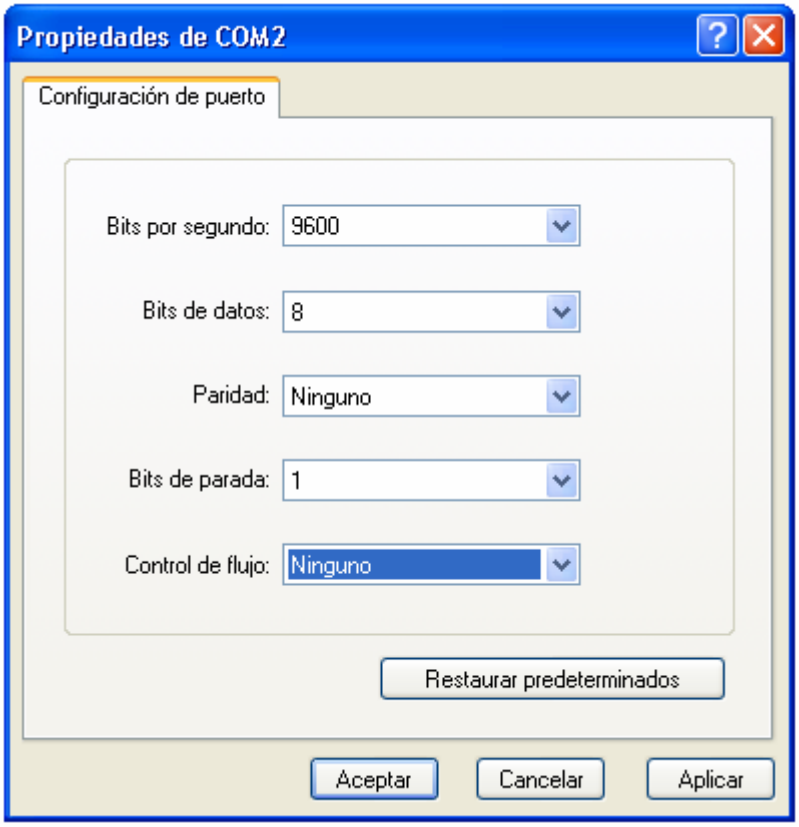


Inicio de comunicación con el hyperterminal

Luego seleccionaremos el puerto que estamos utilizando (COM1 o COM2) y a continuación visualizaremos otra ventana donde se seleccionará la velocidad de transmisión y recepción de datos, que deberá ser igual a la del módem.



Selección del puerto



Configuración del puerto de comunicaciones

Seguidamente se pulsará en la pestaña de *propiedades>configuración para acceder a Configuración ASCII* y seleccionamos Eco de los caracteres escritos localmente. Esto nos permitirá mandar datos por el puerto serie desde el PC.

Una vez hayamos realizado estos pasos ya estaremos preparados para poder interactuar con nuestro módem.

Primeros pasos a realizar: Puesta en marcha

Es muy importante que desactivemos el código PIN de la tarjeta antes de introducirla en el módem GSM. En caso contrario, la tarjeta estará esperando el código PIN y no nos permitirá poder realizar ninguna aplicación.

Abriremos la sesión del HyperTerminal en Windows como se ha explicado anteriormente.

Conectando la alimentación al módem el led de estado del módem tendría que encender. Posteriormente parpadeará, lo cual significa que se está registrando en red. Una vez registrado el parpadeo será a una frecuencia diferente.

DESARROLLO DEL PROGRAMA

```
#include <16F877A.h>
#DEVICE ADC=8
#include <STDIO.H>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,PUT,BROWNOUT
#use delay(clock=4000000)                        // Oscilador a 4 Mhz
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, brghlok,ERRORS)// RS232 Estándar
#use standard_io(b)

// VARIABLES EN RAM ////////////////////////////////////////////////////////////

intl flagcommand=0;
int usuario_valido=0;
short int borrar=0;
int i,j,k,f,g,s,r;
int telf;
int sms_nulo=0x00;
int sms_devuelto=0;
int cod;
int A=1;
int B=0;
long int C=0;
int habilita=1;
long int D=0;
int X=40;
long int h;
float valor;
int   adc_humedad=0x00;
int  adc_temperatura=0x00;
long int   adc_luz=0x00;
float   adc_presion=0x00;
float   adc_bateria=0x00;
char num_modem;
char rcvchar=0x00;
char num[11];
char sms[38];
char gestion[12];
char inicio[3]="34";
char caracter;

// CONSTANTES //////////////////////////////////////////////////////////////////

const char eliminar[5]="Baja";
const char autoriza[5]="Alta";
const char temperatura[12]="Temperatura";
const char presion[8]="Presion";
const char humedad[8]="Humedad";
const char luz[4]="Luz";
const char borrado[12]="00000000000";
const char alarmas[7]="Alarma";
const char alarma_temp[12]="Alarma.Temp";
const char alarma_luz[12]="Alarma.Luz";
const char alarma_pres[12]="Alarma.Pres";
const char alarma_hume[12]="Alarma.Hume";
```

```
//EEPROM TELF Locatizaciones//////////////////////////////////////////////////////

#define ROM_TELF1          0
#define ROM_TELF1_SIZE    11

#define ROM_TELF2         16
#define ROM_TELF2_SIZE    11

#define MAX222 PIN_C5
#define MODEM PIN_D2
#define SENSORES PIN_D0
#define BAT PIN_D1

// Declaración de Estructuras ////////////////////////////////////////////////////

struct panel_alarma
{
    long int luz_max;
    long int luz_min;
    int temp_max;
    int temp_min;
    int presion_max;
    int presion_min;
    int humedad_max;
    int humedad_min;
};

struct telf_alarmas
{
   struct panel_alarma telf[3];
};

struct telf_alarmas alarma;


// Declaración de Funciones //////////////////////////////////////////////////////

void inicbuff(void);
void arranque_modem(void);
void  addcbuff(char c);
void procesa_sms(void);
void anadir_telf(void);
void comprobar_borrar_telf(void);
void eliminar_sms(void);
void toma_adc(void);
void busca_telf(void);
void sms_toma(void);
void compara_alarma_adc(int m);
void envio_sms(void);
void alarmas_valor_max_min(int v);
void tipo_alarma(void);
```

```
#int_rda
void serial_int() {                        // Interrupción recepción serie USART
   rcvchar=0x00;                           // Inicializo caracter recibido
   if(kbhit()){                            // Si hay algo pendiente de recibir ...
      rcvchar=getc();
```

```
            {g++;}
        if(g==1)
            {s++;
             if(s==8)
                    { if(caracter=='0')
                        {   disable_interrupts(int_rda);    //deshabilita
                            disable_interrupts(global);     //interrupción rda
                            break;
                    }   }
            }
        if(k<37&&0<g)
        {switch(caracter){
             case '"':
                      i++;          // Si ha recibido un " aumenta el contador
             default:
                      if(i==3)
                        {num[(j++)-2]=caracter;}   // Añade caracter a num
                      if(i==6)
                            {sms[(k++)-3]=caracter; // Añade caracter a sms
                      if (caracter=='K')            //  final de mensaje
                            {sms_nulo=1;            // Si, hay sms
                             break;}
                        }   }
              }
         if(caracter=='K'&&sms_nulo==1)
                        {   gcommand=1;              //activa procesa_sms
                            disable_interrupts(int_rda);    //deshabilita
                            disable_interrupts(global);     //interrupción RDA
                            break;
                    }    }
}

#int_RTCC                                  // Interrupción desbordamiento timer
void RTCC_isr() {                          // del TIMERO RTCC
         if( D>909){                       // (909*0.033*X)/60= X min
              if(C > X)
                    {   habilita=0;      //habilita encendo modem
                        D=0;             // inicia las variables contador
                        C=0;
                        disable_interrupts(int_RTCC); // deshabilita
                     }                                // interrupción
              ++C;                                    // timer
              D=0;}
        ++D;
    }
```

```
// Programa Principal ////////////////////////////////////////////////////////

void main() {

    inicbuff();                                 // inicializar las variables
    num_modem=0;                                // Borra buffer al inicio
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_adc_ports(ALL_ANALOG);                // config puertos analog
    setup_counters(RTCC_INTERNAL,RTCC_DIV_128); // TIMER0: Clock Interno,
                                                //  Presescaler 128
    setup_timer_1(T1_DISABLED);                 // para 1 RTCC cada 33.3 miliseg
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);             // -> 1 Segundo = 30 RTCC
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_vref(FALSE);
    enable_interrupts(int_RTCC);                // Habilitar Interrup timer
    enable_interrupts(global);
    output_low (MAX222);                        // Deshabilitación
    output_low (MODEM);                         // alimentaciones
    output_low (SENSORES);
    output_low (BAT);
    X=40;                                       // X= 20 min
    A=1;                                        // inicialización  lectura sms
    delay_ms(5000);
         inicio:
            if(habilita==0)
             {  arranque_modem();}
                if(flagcommand) procesa_sms();
    goto inicio;
}

// DESARROLLO DE LAS FUNCIONES ///////////////////////////////////////////////

// Inicializar las variables y buffers//////////////////////

void inicbuff(void){                    // Inicia a \0 cbuff ----------------

           for(i=0;i<11;i++)
                           { num[i]=0x00; }     // a 0 el buffer de num
           for(i=0;i<38;i++)
                           { sms[i]=0x00; }     // aa 0 el buffer de sms

            i,j,k,f,s,g,r=0x00;                 // inicializa variables
            sms_nulo=0x00;
            sms_devuelto=0;
            flagcommand=0;
    }
```

```
// Procesar SMS ////////////////////////////////////////////////////

void procesa_sms(void){

    flagcommand=0;              // Desactivo flag de comando pendiente.
    if(sms_nulo==0)
            {       B++;        //cuenta sms vacios
                    A++;        // contador de sms
                    if(B==3)
                            {   habilita=1; //deshabilita encendido modem
                                A=1;        // reinicia el contador de sms
                                D,C,B=0;    // reinica variables
                                output_low (MODEM);     // desconecta  modem
                                output_low (MAX222);    // desconexion rs232
                                enable_interrupts(int_RTCC);// habilitación
                                enable_interrupts(global);  // interrup timer
                            }
                     busca_telf();              // busca alarmas usuarios
                    if(sms_devuelto>9)      // ¿hay alguna alarma activada?
                            {
                                envio_sms();    // envio de aviso al usuario
                            }
            }
    if(sms_nulo==1)
    {   eliminar_sms();                         // elimina sms  del modem
        A++;                                    // aumenta contador de sms
        comprobar_borrar_telf();                // comprobación si el usuario
            strcpy(gestion , autoriza);         // esta registrado
            if((!strncmp(sms, gestion,4))&& usuario_valido==0)
                        {anadir_telf();}        // nueva alta
            if(usuario_valido==1)
                {   setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
                    setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
                    toma_adc();                 // captura de los parametros
                    sms_toma();                 // comprobación tipo sms
                    strcpy(gestion , alarmas);  // si el sms es una alarma
                        if(!strncmp(sms, gestion,4))
                            {tipo_alarma();}    // introducción de la alarma
                        }
            envio_sms();                        // envio de sms
            busca_telf();                       // busca alarmas usuarios
                if(sms_devuelto>9)              // ¿alguna alarma activada?
                    {
                        envio_sms();            // envio de aviso al usuario
                    }
    }
inicbuff();
}
// Eliminar SMS ////////////////////////////////////////////////////

void eliminar_sms(void){
        delay_ms(50);
        printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
        delay_ms(1000);
        printf("\r\AT+CMGD=");          // eliminar mensaje del modem
        printf("%d",A);                 // posición A
        printf("\r\n");
    }
```

```
// Inicializar el modem ////////////////////////////////////////////////////

void arranque_modem(void){
        if(B==0)
            {
                output_high (MODEM);                // encendido modem
                output_high (MAX222);                // encendido rs232
                delay_ms (10000);
            }
            enable_interrupts(int_rda);             // Habilita Interrup RDA
            enable_interrupts(global);
            printf("\r\ATE0\r\n");
            printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");              // Modem  formato texto
            delay_ms(1000);
            printf("\r\AT+CMGR=");                  // Leer mensaje modem
            printf("%d",A);                          // posición A
            printf("\r\n");
            }

// Leer teléfono de la ROM ////////////////////////////////////////////////

void leer_eeprom_string(char * array, int8 address, int8 max_size)
{
   int8 i=0;

   *array=0;

   while (i<max_size)
   {
      *array=read_eeprom(address+i);
      if (*array == 0) {i=max_size;}
      else {
         array++;
         *array=0;
      }
      i++;
   }
}

// Escribir teléfono en la ROM ////////////////////////////////////////////

void escribir_eeprom_string(char * array, int8 address, int8 max_size)
{
   int8 i=0;

   while (i<max_size) {
      write_eeprom(address+i,*array);
      if (*array == 0) {i=max_size;}
      array++;
      i++;
   }
}
```

```
// Comprobar borrar telf ////////////////////////////////////////////////////

void comprobar_borrar_telf(void)
{   telf=0;                         // inicialización de las variables
    usuario_valido=0;
    sms_devuelto=0;
    leer_eeprom_string(gestion, ROM_TELF1, ROM_TELF1_SIZE);  //lee telf 1 ROM
        if(!strncmp(num, gestion,11))   // compara 1 telf ROM con el recibido
            {telf=1;}
    leer_eeprom_string(gestion, ROM_TELF2, ROM_TELF2_SIZE); //lee telf 2 ROM
        if(!strncmp(num, gestion,11))   // compara 2 telf ROM con el recibido
            {telf=2;}
    strcpy(gestion , eliminar);     // comprueba si es petición baja usuario
        if(!strncmp(sms, gestion,4))
                    { borrar=1;}
        if(borrar==1&&telf!=0)
            {   strcpy(gestion , borrado);
                if(telf==1)         // elimina el usuario 1 y sus alarmas
                {escribir_eeprom_string(gestion, ROM_TELF1, ROM_TELF1_SIZE);
                    alarmas_valor_max_min(telf);
                }
                else if(telf==2)    // elimina el usuario 1 y sus alarmas
                {escribir_eeprom_string(gestion, ROM_TELF2, ROM_TELF2_SIZE);
                    alarmas_valor_max_min(telf);
                }
                sms_devuelto=1;             // "usuario borrado"
                borrar=0;
                break;
                        }
        else if (telf!=0)
                    {   usuario_valido=1;
                        break;}
        else if (telf==0)
                        sms_devuelto=4;         // "usuario no registrado"

}

// coloca las alarmas de un usuario a los valores máximos ////////////////////

void alarmas_valor_max_min(int v)
{
    alarma.telf[v].temp_max=318;
    alarma.telf[v].temp_min=253;
    alarma.telf[v].presion_max=2000;
    alarma.telf[v].presion_min=0;
    alarma.telf[v].luz_max=99999;
    alarma.telf[v].luz_min=0;
    alarma.telf[v].humedad_max=99;
    alarma.telf[v].humedad_min=0;
}
```

```
// Tomar mediciones sensores y estado de la batería ////////////////////

void toma_adc(void){

    output_high (SENSORES);          // habilitación  sensores
    output_high (BAT);               // habilitación test de bateria
    delay_ms(1);                     // habilitación acondicionamiento

    set_adc_channel(7);      // Lectura del canal7 -> bateria
        delay_ms(1);
        valor=read_adc();
        adc_bateria=valor/18.5;
        valor=0;
        delay_ms(1);

    if (adc_bateria<9)               // valor de X para la temporización
            {X=240;}                 //  en función de la batería
    else if (adc_bateria<10)
            {X=120;}
    else if (adc_bateria<11)
            {X=80;}
    else if (adc_bateria>=11)
            {X=40;}

   set_adc_channel(3);       // Lectura del canal 5 -> AN0 LDR
        delay_ms(1);
        valor=read_adc();
        adc_luz=valor*388;
        valor=0;

   set_adc_channel(0);       // Lectura del canal 4 -> AN1 temperatura
        delay_ms(1);
        valor=read_adc();
        adc_temperatura=(valor*0.256)+253;
        valor=0;
        delay_ms(1);

    set_adc_channel(2);      // Lectura del canal 1 -> AN4 presion
        delay_ms(1);
         valor=read_adc();
         adc_presion= valor*7.843;
        valor=0;
        delay_ms(1);

   set_adc_channel(1);       // Lectura del canal 0 -> AN5 humedad
        delay_ms(1);
        valor=read_adc();
        adc_humedad=((valor*0.64)*0.02)+1.03;
         valor=0;
        delay_ms(1);

output_low (BAT);            // desconexión sensores
output_low (SENSORES);       // desconexión test batería
}
```

```
// Enviar SMS ////////////////////////////////////////////////////

void envio_sms(void){

        switch(sms_devuelto){
                case 0:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                                    for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Comando mal introducido%c\r\n", cod);
                            printf("\r\n");
                            break;

                case 1:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                                    for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Usuario borrado%c\r\n",  cod);
                            printf("\r\n");
                            break;

                case 2:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                                    for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Usuario aceptado%c\r\n",  cod);
                            printf("\r\n");
                            break;

                case 3:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                                    for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Memoria llena%c\r\n",  cod);
                            printf("\r\n");
                            break;
```

```
case 4:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
            delay_ms(10000);
            printf("\r\AT+CMGS=+");
                    for(j=0;j<11;j++)
                            {printf("%c",num[j]);}
            printf("\r\n");
            delay_ms(5000);
            cod= 0x1A;
            printf("\r\Usuario no registrado%c\r\n",  cod);
            printf("\r\n");
            break;

case 5:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
            delay_ms(10000);
            printf("\r\AT+CMGS=+");
                    for(j=0;j<11;j++)
                            {printf("%c",num[j]);}
            printf("\r\n");
            delay_ms(5000);
            cod= 0x1A;
            adc_temperatura=adc_temperatura-273;
            printf("\r\La temperatura es
            :%d grados%c\r\n",adc_temperatura,  cod);
            printf("\r\n");
            break;

case 6:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
            delay_ms(10000);
            printf("\r\AT+CMGS=+");
                    for(j=0;j<11;j++)
                            {printf("%c",num[j]);}
            printf("\r\n");
            delay_ms(5000);
            cod= 0x1A;
            printf("\r\La presion es:
             %f%c\r\n", adc_presion,  cod);
            printf("\r\n");
            break;

case 7:     printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
            delay_ms(10000);
            printf("\r\AT+CMGS=+");
                    for(j=0;j<11;j++)
                            {printf("%c",num[j]);}
            printf("\r\n");
            delay_ms(5000);
            cod= 0x1A;
            printf("\r\La humedad es:
            %d porciento%c\r\n", adc_humedad,  cod);
            printf("\r\n");
            break;
```

```
                case l2:    printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                                    for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Alarma luz%c\r\n",cod);
                            printf("\r\n");
                            break;

                case l3:    printf("\r\AT+CMGF=1\r\n");
                            delay_ms(10000);
                            printf("\r\AT+CMGS=+");
                            for(j=0;j<11;j++)
                                            {printf("%c",num[j]);}
                            printf("\r\n");
                            delay_ms(5000);
                            cod= 0x1A;
                            printf("\r\Alarma presion %c\r\n",cod);
                            printf("\r\n");
                            break;
                    }
}
```