

Prototipo de una tarjeta para el control y localización vehicular utilizando mensajes SMS

Diana Moya, Edgar Benítez, Gonzalo Olmedo y Julio Larco

Resumen— En este artículo se describe la implementación de un prototipo para el control y localización vehicular denominado SCL (Sistema de Control y Localización) que hace uso del servicio de mensajes cortos (SMS) de la red GSM (*Global System for Mobile Communication*) para su administración, desde una interfaz gráfica de usuario desarrollada en J2ME (*Java2 Micro Edition*). Este sistema está constituido de dos partes principales: una Tarjeta de Control y Localización (TCL) y la interfaz en J2ME. Se detalla el diseño del hardware de la TCL, describiendo sus componentes, la interconexión entre los mismos y sus consideraciones técnicas; así como, las características generales de la aplicación en J2ME.

Palabras clave— GSM, SMS, PDU, GPS, J2ME, CLDC, MIDP, WMA, *PushRegistry*.

I. INTRODUCCIÓN

EL sistema GSM constituye uno de los principales avances en el campo de las redes móviles digitales, siendo en la actualidad la tecnología más ampliamente utilizada del mundo con más de 3 mil millones de abonados, representando el 81.2% de participación en el mercado en cuanto a las suscripciones inalámbricas digitales globales [1]. GSM es una norma abierta, que permite que cualquier fabricante produzca equipos compatibles, lo cual trae aparejados algunos beneficios, entre ellos, las oportunidades que brinda para los desarrolladores de aplicaciones.

Dentro de los servicios básicos de la red GSM, el servicio SMS es uno de los más difundidos y principalmente, uno de los menos costosos para el usuario. Estas cualidades hacen que el servicio de mensajes cortos SMS se convierta en una gran alternativa para ser usada como base en el desarrollo del presente trabajo, en comparación con otras tecnologías, como por ejemplo GPRS (*General Packet Radio Service*), que tiene mayor costo por datos transmitidos y no presenta cobertura en todo el país.

Por otro lado, el avance tecnológico cada vez más acelerado de los teléfonos celulares, los cuales siguen incorporando más funcionalidades, hace que

paralelamente se descontinúe la producción de algunos modelos, lo que implica que aumente la cantidad de aparatos que entran en desuso. Justamente, como una alternativa más económica para la implementación de este prototipo se utilizó un módem GSM de un teléfono celular descontinuado, logrando a su vez reciclar estos equipos celulares.

Este artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección II, se describen las características y el funcionamiento general del sistema SCL. En la sección III, se describe el cerebro de los procesos que se llevan a cabo en la TCL, implementado en un microcontrolador PIC. Las consideraciones técnicas de las entradas y salidas de la TCL son presentadas en la sección IV. En la sección V se describe el sistema de alimentación de la TCL. En las secciones VI y VII, se describen las comunicaciones entre el microcontrolador PIC con el módem GSM y con el módulo receptor GPS (*Global Positioning System*), respectivamente. En la sección VIII, se explican las características principales de la aplicación en J2ME. En la sección IX se muestra el resultado de la implementación del sistema SCL. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección X.

II. FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL SISTEMA

En esta sección se describe el funcionamiento general del sistema SCL, el cual consta de dos partes principales: la TCL, y la interfaz de usuario realizada en J2ME, las cuales se muestran en la Figura 1.

La TCL está gobernada por un microcontrolador PIC16F877A que se encarga del control de las salidas, monitoreo de las entradas, adquisición de la señal analógica proveniente de un sensor, y la comunicación con un módem GSM y con un módulo receptor GPS. El microcontrolador es el encargado de interpretar los mensajes SMS de entrada, y codificar en modo PDU (*Protocol Data Unit*) los mensajes SMS de reporte destinados hacia el teléfono celular del usuario, de acuerdo a sus requerimientos.

La TCL consta de 5 salidas y 5 entradas. Las 5 salidas se dividen en 3 digitales y 2 de potencia, y las 5 entradas se dividen en 4 digitales y una analógica, la cual ha sido considerada para sensor temperatura.

El bloque de acceso a la red GSM está conformado por un módem GSM de un celular en desuso. En este caso se ha utilizado un teléfono de la marca Sony Ericsson, modelo T290a. Este módem se comunica vía

Diana Moya, Edgar Benítez, Román Lara y Gonzalo Olmedo, Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, Departamento de Electrónica y Electrónica, Escuela Politécnica del Ejército, ESPE, Sangolquí, Ecuador, E-mails: ralara@espe.edu.ec, golmedo@espe.edu.ec.

serial con el microcontrolador mediante comandos AT específicos para el servicio de mensajes cortos.

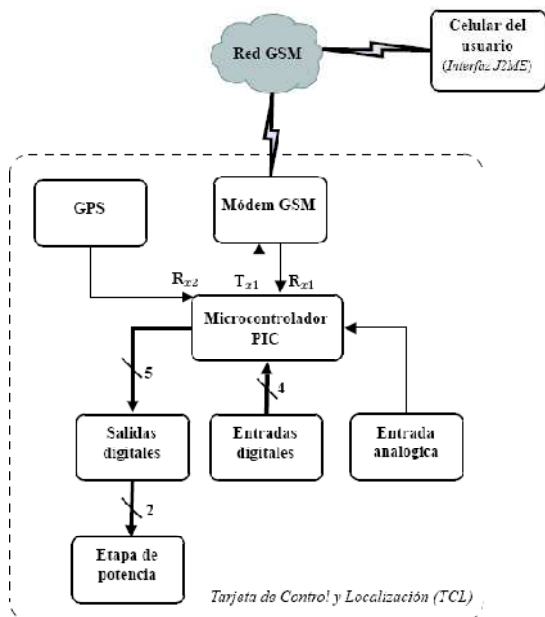


Fig. 1. Diagrama de bloques del sistema SCL.

El bloque que permite obtener la posición geográfica de la tarjeta se compone del módulo receptor GPS GS405, del fabricante *SPK Electronics Co., Ltd* [2]. Este módulo envía la información de posicionamiento al microcontrolador a través de comunicación serial utilizando el protocolo NMEA.

La interfaz de usuario se trata de una aplicación en J2ME, constituida por menús y formularios que permiten al usuario la interacción con el sistema de una manera fácil y amigable. Esta aplicación debe instalarse en un teléfono celular que soporte la plataforma Java (configuración CLDC 1.0 y perfil MIDP 2.0). Esta aplicación se encarga de enviar las peticiones del usuario y atender los reportes y notificaciones provenientes de la tarjeta, a través de mensajes SMS.

III. MICROCONTROLADOR PIC16F877A

El microcontrolador PIC16F877A pertenece a la familia Microchip de microcontroladores de gama media, con bus de datos de 8 bits y 40 pines. Las características generales de este microcontrolador se muestran en la Tabla I. Información más detallada con respecto a las especificaciones y funcionamiento del PIC16F877A, se puede encontrar en la web del fabricante [3].

En la Tabla II se detalla como se han distribuido los pines del PIC para implementar las diferentes funciones de control, monitoreo y comunicación con cada uno de los componentes del hardware.

Para el desarrollo del programa del microcontrolador PIC se utilizó el compilador de C PCW de la casa CCS Inc. Este compilador dispone de un entorno de desarrollo integrado (IDE) que permite implementar cada una de las fases de las que se compone el desarrollo de software de un proyecto, desde la edición hasta la compilación pasando por la depuración de errores.

Este compilador traduce el código C del archivo fuente (.c) a lenguaje de máquina entendido por los microcontroladores PIC, generando así un archivo (.HEX) en formato hexadecimal.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877A.

Características	PIC16F877A
Frecuencia máxima	20 MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8 K
Posiciones RAM de datos	368 B
Posiciones EEPROM de datos	256 B
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP (Capture/Compare/PWM)	2
Comunicación serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Canales de conversión A/D de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 instrucciones
Longitud de cada instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	RISC

TABLA II
DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNACIÓN DE LA PINES
DEL MICROCONTROLADOR
PIC.

No.	Nombre del Pin	Tipo	Función	Descripción
13	OSC ₁ /CLK _{IN}	I	Circuito de reloj	Oscilador de cristal
14	OSC ₂ /CLK _{OUT}	O	Circuito de reloj	Oscilador de cristal
1	MCLR	I	Circuito de reset	Reset
2	RA ₀ /AN ₀	I/O	Entrada analógica	Sensor de Temp.
3	RA ₁ /AN ₁	I/O	Indicador salida 1	Led indicador
4	RA ₂ /AN ₂	I/O	Indicador salida 2	Led indicador
5	RA ₃ /AN ₃	I/O	Indicador salida 3	Led indicador
33	RB ₀ /INT	I/O	Módem GSM	R _x de com. serial
34	RB ₁	I/O	Módem GSM	T _x de com. serial
35	RB ₂	I/O	Receptor GPS	R _x de com. serial
37	RB ₄	I/O	Entrada 4	Entrada digital
38	RB ₅	I/O	Entrada 3	Entrada digital
39	RB ₆	I/O	Entrada 2	Entrada digital
40	RB ₇	I/O	Entrada 1	Entrada digital
22	RD ₃	I/O	Salida 5	Salida de potencia
27	RD ₄	I/O	Salida 4	Salida de potencia
28	RD ₅	I/O	Salida 3	Salida digital
29	RD ₆	I/O	Salida 2	Salida digital
30	RD ₇	I/O	Salida 1	Salida digital
8	RE ₀ /AN ₅	I/O	Ind. I/O de SMS	Led indicador
12,31	V _{SS}	P	Alimentación	P=Power, Tierra
11,32	V _{DD}	P	Alimentación	Fuente positiva

IV. ENTRADAS Y SALIDAS DE LA TCL

Las entradas y salidas de la TCL están organizadas de la siguiente manera:

A. Entradas digitales

La TCL presenta 4 entradas digitales que se conectan a los pines RB4 al RB7 del puerto B del microcontrolador PIC como se observa en la Figura 2, con el fin de aprovechar la interrupción relacionada a un cambio en cualquiera de los bits del nibble más alto del puerto B. De esta manera, cuando existe un cambio en el estado de los sensores conectados a las entradas digitales, se produce una interrupción en el programa, lo cual permite el tratamiento de esta información y la notificación respectiva al usuario.

Una consideración importante respecto al estado de las entradas, es que mientras éstas no se encuentren conectadas a ningún sensor, y por lo tanto, no reciban señal alguna, el estado por defecto es un 1 lógico, debido

a que se han activado las resistencias de *pull-up* del puerto B, configurables a través de software.

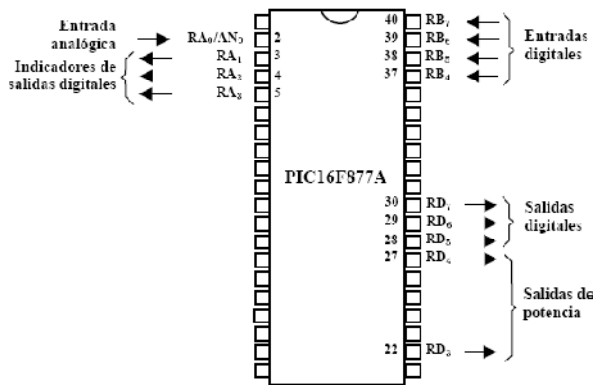


Fig. 2. Distribución de los pines del microcontrolador PIC16F877A para las entradas y salidas de la TCL.

B. Salidas digitales

Las salidas digitales de la TCL corresponden a los pines RD5 a RD7 del PIC como se observa en la Figura 2, tienen una corriente máxima de salida de 25 mA, de acuerdo a las especificaciones eléctricas del PIC16F877A. Además, se han incluido leds indicadores de estado conectados a los pines RA1 a RA3, por cada una de las salidas, con el objetivo de permitir al usuario visualizar el estado de las mismas.

C. Salidas de potencia

La TCL cuenta con dos salidas de potencia que permiten la conexión de dispositivos que trabajan con corriente alterna.

Para la implementación de estas salidas se utilizó relés de 6A/250VAC o 6A/28VDC, máx. 10A a 125VAC, los cuales se activan con una tensión de 12 V.

Para acoplar estos relés al microcontrolador se implementaron circuitos, uno para cada salida de potencia, que utilizan transistores de propósito general NPN 2N3904. En la Figura 3 se muestra el circuito para una de estas salidas (salida 5). Además, se colocaron leds indicadores para visualizar su estado.

D. Entrada analógica

La entrada analógica ha sido implementada utilizando el primer canal del módulo de conversión A/D incorporado en el microcontrolador PIC16F877A, correspondiente al pin RA0, como se muestra en la Figura 2. El módulo de conversión A/D se configuró con una resolución de 10 bits, es decir que la señal analógica se convertirá en un número binario de 10 bits (0 a 1023 decimal).

En la TCL se ha considerado que la entrada analógica tenga como objetivo el sensamiento de temperatura, para lo cual, se ha conectado directamente al pin RA0 del PIC, la salida del sensor de temperatura LM35DZ

mostrado en la Figura 4, que tiene las siguientes características:

- Calibrado directamente en grados centígrados.
- Factor de escala lineal de +10,0 mV/°C.
- Precisión de 0,5°C (a +25°C).
- Evaluado en el rango de -55°C a +150°C.
- Operación desde 4 a 30 V.
- Baja impedancia de salida, 0,1 - para una carga de 1 mA.
-

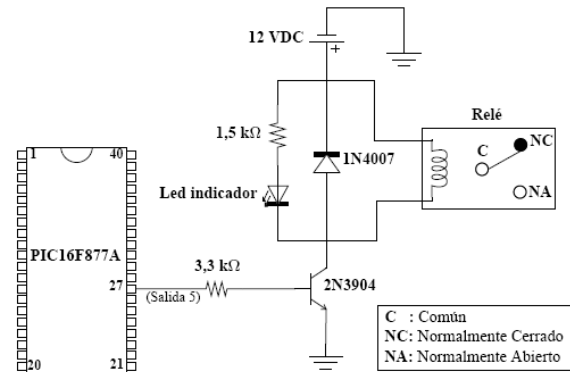


Fig. 3. Circuito implementado para la etapa de potencia de la salida 5.



(a) Encapsulado de plástico TO-92.



(b) Vista desde abajo.

Fig. 4. Sensor de temperatura LM35DZ.

V. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN

La TCL trabaja con tres tensiones para la alimentación de las distintas partes que la conforman, las mismas son: 12 V, 5 V y 3,3 V DC. El circuito de este sistema se muestra en la Figura 5.

La tensión de 12 V, para el caso de aplicaciones en vehículos, puede ser tomada de la batería de los mismos, y para otras aplicaciones, es necesaria la conexión a una fuente de alimentación que suministre este voltaje. Los 12 V permitirán la activación de los relés de las salidas de potencia como se muestra en la Figura 3, una vez que los transistores entren en el estado de corte. Además, esta tensión ingresa a un circuito regulador de 5 V DC, basado en el integrado LM317, que servirá para alimentar tanto al microcontrolador como al resto de elementos de la TCL, incluyendo la batería del teléfono celular con excepción del módulo receptor GPS.

Por otra parte, debido a que el módulo receptor GPS requiere para su alimentación una tensión de 3,3 V, se ha implementado un circuito regulador adicional, basado en el integrado LM1117T, el mismo que se encarga de convertir los 5 V que recibe a su entrada a 3,3 V.

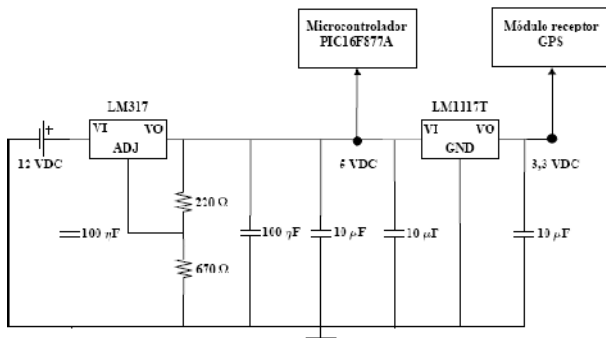


Fig. 5. Sistema de alimentación de la TCL.

VI. COMUNICACIÓN CON EL MÓDEM GSM

Un módem GSM es similar a un módem *dial-up*, con la diferencia que es inalámbrico y trabaja con la red GSM. En este prototipo, el módem GSM es utilizado para permitir el envío de mensajes SMS desde la TCL a la interfaz de usuario en J2ME, así como recibir mensajes provenientes desde ésta hacia la TCL. Para este propósito, se utilizó el módem embebido de un teléfono celular de la marca Sony Ericsson, modelo T290a, el mismo que se presenta en la Figura 6, logrando a su vez, cumplir con el objetivo de reutilizar equipos terminales que se encuentren en desuso.



Fig. 6. Equipomóvil Sony Ericsson T290a.

La Figura 7 muestra la conexión entre el módem GSM y el microcontrolador. Es importante mencionar que los pines de transmisión y recepción del microcontrolador trabajan con niveles TTL de 0-0,8 V para el estado lógico 0, y 2-5 V para el estado lógico 1; mientras que el módem GSM del teléfono celular trabaja con niveles TTL de 0 V (estado lógico 0) y 3,3 V (estado lógico 1). Por esta razón, en la conexión entre el Tx del PIC y el Rx del módem, fue necesario añadir un circuito regulador con un diodo zéner de 3,3 V para obtener el voltaje deseado en este pin Rx y así, evitar inconvenientes de incompatibilidad de niveles de voltaje. En el otro sentido de la comunicación serial (Rx del PIC y Tx del módem) no se presenta este inconveniente de incompatibilidad.

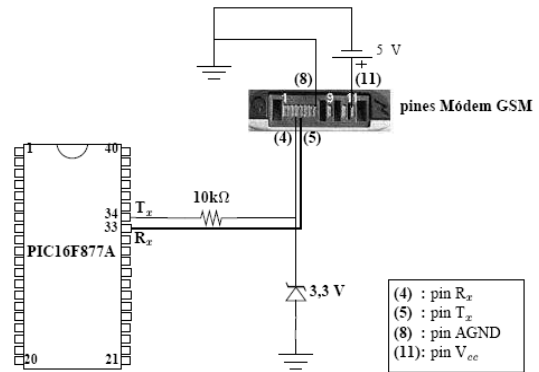


Fig. 7. Conexión entre el módem GSM del celular y el microcontrolador PIC.

Para la comunicación entre el microcontrolador PIC y el módem GSM, se hizo uso de una extensión de los comandos AT convencionales, conocidos como comandos AT+, los mismos que permiten gestionar la base de datos de los teléfonos celulares, la lista de los mensajes SMS recibidos, enviar mensajes SMS, entre otras opciones de configuración. A continuación se menciona los comandos AT+, específicos para el trabajo con mensajes SMS, que fueron empleados para la comunicación del microcontrolador con el módem GSM en este prototipo:

1. **AT+CPMS** (*Preferred Message Storage*). Selecciona la memoria de almacenamiento a ser usada para lectura y escritura de los SMS.
2. **AT+CMGF** (*Message Format*). Selecciona el formato de entrada y salida para los mensajes SMS a ser utilizado por el teléfono, el mismo puede ser modo PDU o modo texto.
3. **AT+CMGR** (*Read Message*). Lee el mensaje ubicado en una posición específica de la memoria seleccionada con el comando AT+CPMS.
4. **AT+CMGL** (*List Message*). Devuelve una lista de mensajes dependiendo de su estado, de acuerdo a las siguientes cadenas:
 - "REC UNREAD": mensajes recibidos pero no leídos.
 - "REC READ": mensajes recibidos y leídos.
 - "STO UNSEND": mensajes escritos y almacenados pero no enviados.
 - "STO SENT": mensajes enviados.
 - "ALL": todos los mensajes.
5. **AT+CMGS** (*Send Message*). Permite enviar un mensaje SMS desde un equipo terminal a otro ya sea en modo texto o en modo PDU.
6. **AT+CMGD** (*Delete Message*). Elimina el mensaje ubicado en una posición específica de la memoria seleccionada con el comando AT+CPMS.

Información más detallada de los comandos AT y AT+ se puede encontrar en [4] y [5].

B. Formatos del SMS

Hay dos maneras de enviar y recibir mensajes SMS definidos a continuación:

- **Modo texto.** Los mensajes pueden estar conformados por caracteres de texto, números y símbolos especiales.
- **Modo PDU.** La estructura dentro de la cual viaja un SMS se denomina PDU la cual además de llevar la información propia del mensaje de texto, lleva otra serie de caracteres con los que se pueden hacer algunas funciones de control en la presentación del mensaje. Una de las principales ventajas que este modo presenta, es que el mensaje antes de ser enviado a la red debe pasar por un algoritmo, el cual hace una codificación a nivel de bits con lo que si el mensaje se intenta leer no podrá ser interpretado a primera vista.

Los mensajes enviados desde la interfaz de usuario en J2ME hacia la TCL, son mensajes que contienen los requerimientos del usuario de configuración, control, reporte, localización o temperatura. Estos mensajes son leídos por el PIC en modo texto para poder extraer la información necesaria y ejecutar las operaciones respectivas. Por otro lado, los mensajes de notificación, confirmación o reporte, enviados desde el módem GSM de la TCL a la interfaz de usuario en J2ME, se encuentran en modo PDU, debido a que de esta manera es posible enrutar los mensajes SMS hacia un puerto específico del teléfono celular del usuario, en el cual se encuentra instalada la aplicación de administración en J2ME que está escuchando a los mensajes que arriban a este puerto y provocan su activación.

La trama PDU utilizada para el envío de mensajes SMS, denominada SMS-SUBMIT, se muestra en la Figura 8. Para cumplir con el propósito de enviar un SMS hacia un puerto específico, se tiene que indicar que existe una cabecera en el campo de datos de usuario (UD, *User Data*) adicional al mensaje propiamente dicho, y esto se logra poniendo a 1 el bit UDHI (*User Data Header Indicator*), del campo PDU-TYPE, mostrado en la Figura 8.

C. Campo de datos de usuario UD

El campo UD contiene la parte de texto del mensaje SMS. Opcionalmente, el campo UD también puede contener una cabecera de datos de usuario (UDH, *User Data Header*) de 8 bits. El campo UDH está conformado de la longitud de cabecera de datos de usuario (UDHL, *User Data Header Length*) seguida de una secuencia de elementos de información. Los elementos de información tienen los siguientes propósitos:

- **Control de SMS.** En esta categoría, los elementos de información contienen algunas instrucciones de control de SMS tales como información de concatenación, direccionamiento

a puertos de aplicación, parámetros de control del SMSC, entre otras.

- **Objetos EMS básicos y extendidos.** En esta categoría los elementos de información contienen la definición de objetos EMS (*Enhanced Messaging Service*) tales como melodías, imágenes, animaciones, etc.

La estructura del campo UD se muestra en la Figura 9. El primer octeto del campo UDH, denominado UDHL, indica la longitud del UDH. Si el texto es codificado con 7 bits, entonces pueden ser necesarios bits de relleno entre el UDH y la parte restante del campo UD. Estos bits de relleno garantizan que el texto, el cual sigue al UDH, siempre empezará en el límite de un septeto. Esto es importante para permitir a los equipos celulares más antiguos, que no soporten el concepto de UDH, interpretar la parte de texto del mensaje.

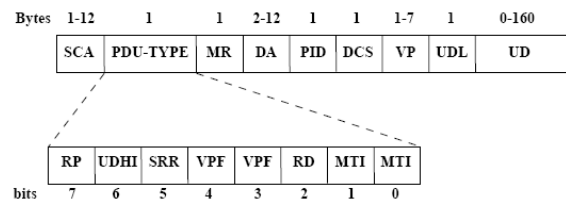


Fig. 8. Trama SMS-SUBMIT.

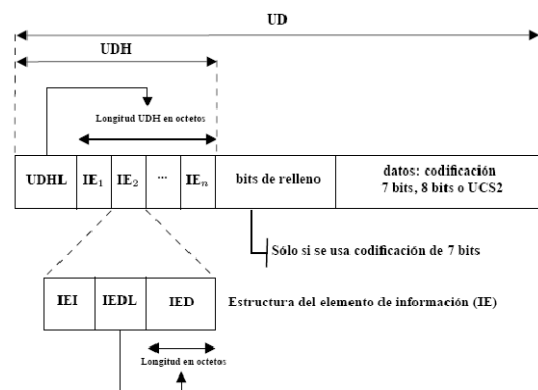


Fig. 9. Estructura del campo UD.

D. Direccionamiento de puertos de aplicación

El direccionamiento de puertos de aplicación es una característica que permite el enrutamiento de un mensaje recibido al puerto de una aplicación identificada, la cual se encuentra corriendo en el equipo celular. El direccionamiento a puertos de aplicación puede realizarse usando dos elementos de información distintos. El primer elemento de información es usado para puertos de dirección de 8 bits mientras que el segundo elemento de información es usado para puertos de dirección de 16 bits.

Para aplicaciones con puertos de dirección de 8 bits, se usa el elemento de información mostrado en la Tabla III.

TABLA III
ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO DE PUERTOS DE APLICACIÓN,
DIRECCIÓN DE 8 BITS.

IEI	0x04 Esquema de direccionamiento de puertos de aplicación, dirección de 8 bits
IEDL	0x02 (2 octetos)
IED	Octeto 1 Puerto destino Este octeto indica la dirección de 8 bits del puerto del receptor. Octeto 2 Puerto origen Este octeto indica la dirección de 8 bits del puerto del emisor.

TABLA IV
ESQUEMA DE DIRECCIONAMIENTO DE PUERTOS DE APLICACIÓN,
DIRECCIÓN DE 16 BITS

IEI	0x05 Esquema de direccionamiento de puertos de aplicación, dirección de 16 bits
IEDL	0x04 (4 octetos)
IED	Octetos 1 y 2 Puerto destino Estos octetos indican la dirección de 16 bits del puerto del receptor. Octetos 3 y 4 Puerto origen Estos octetos indican la dirección de 16 bits del puerto del emisor.

Más información respecto a las tecnologías y servicios de la mensajería móvil celular se puede encontrar en [6] e información específica referente al SMS y el formato PDU se puede encontrar en [7].

VII. COMUNICACIÓN CON EL MÓDULO RECEPTOR GPS

En la Figura 10 se muestra la conexión para la comunicación serial entre el microcontrolador PIC y el módulo receptor SPKGPS- GS405 cuyas principales especificaciones técnicas se presentan en la Tabla V. Se ha utilizado únicamente el pin transmisor del GPS y un pin configurado para la recepción en el microcontrolador PIC (pin 35), pues en este caso la comunicación es unidireccional ya que el microcontrolador PIC no enviará información al GPS.

La comunicación serial entre el módulo receptor GPS y el microcontrolador PIC se configuró con los siguientes parámetros, de acuerdo al protocolo de comunicación NMEA-0183, estándar definido por la *National Marine Electronics Association* (NMEA) para la comunicación entre instrumentos marinos y también receptores GPS:

- Bits por segundo: 4800
- Bits de datos: 8
- Paridad: ninguna
- Bits de parada: 1
- Control de flujo: ninguno

El microcontrolador es el encargado de analizar los mensajes NMEA-0183 provenientes del módulo receptor GPS. Específicamente se analizó el mensaje RMC (*Recommended Minimum Specific GNSS Data*) que contiene información del tiempo, fecha, posición, velocidad y rumbo, a partir de lo cual se obtienen los datos de longitud y latitud, para determinar la posición de la TCL.

La *SiRFStar III* es una tecnología que mejora considerablemente el desempeño de los receptores GPS. Sus principales ventajas son: tiempos más rápidos para determinar una posición, alta sensibilidad para adquirir

las señales de los satélites en entornos difíciles, bajo consumo de potencia para prolongar la vida de la batería. b10 m 2D RMS indica que el 98% de las lecturas del GPS se encuentran en un círculo de 10m de radio.

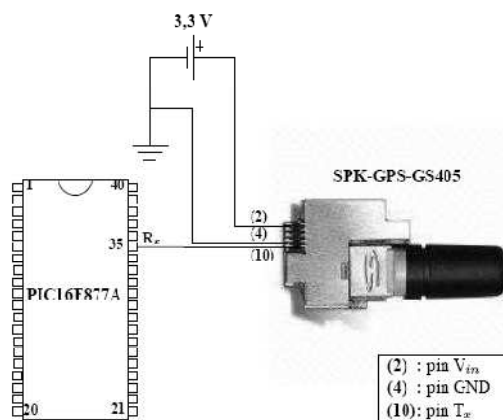


Fig. 10. Conexión entre el módulo receptor GPS y el microcontrolador PIC.

TABLA V
ESPECIFICACIONES DEL MÓDULO RECEPTOR SPK-GPS-GS405.

	Item	Descripción
Chipset	Receptor	Tecnología <i>SiRF Star III[®]</i>
General	Frecuencia	L1, 1575.42 MHz
	Código C/A	Tasa de chip de 1,023 MHz
	Número de canales	20
Tiempo de adquisición	Arranque en frío	42 seg. promedio
	Arranque en caliente	8 seg. promedio
Sensibilidad	Rastreo	-159 dBm
Precisión	Posicionamiento	10 m 2D RMS ^b
	Alimentación	Voltaje de entrada
	Consumo de potencia	inferior a 250 mW
	Consumo de corriente	~75 mA
Puerto serial	Interfaz eléctrica	Una interfaz serial full duplex UART TTL
	Mensajes de protocolo	NMEA-0183 (4800 bps) GGA, GSA, GSV, RMC /por segundo

VIII. INTERFAZ DE USUARIO EN J2ME

La aplicación desarrollada en el lenguaje de programación J2ME, constituye una interfaz que brinda al usuario la capacidad de configurar y administrar la TCL de una forma fácil y amigable, así como también recibir notificaciones, confirmaciones y reportes provenientes de ésta. La aplicación fue desarrollada bajo la configuración CLDC 1.0 y el perfil MIDP 2.0, explicados a continuación:

- **CLDC** (*Connected Limited Device Configuration*). Es una configuración o conjunto de APIs (*Application Programming Interface*), enfocada a una familia de dispositivos dotados de conexión y con restricciones de procesamiento y memoria, como los teléfonos celulares o PDAs.
- **MIDP** (*Mobile Information Device Profile*). Este perfil está construido sobre la configuración CLDC y establece las capacidades de un grupo más específico de dispositivos dentro de la familia definida por la configuración CLDC. MIDP está orientado a dispositivos como los teléfonos celulares

y PDAs de gama baja. Incluye APIs relacionadas con la semántica y control de la aplicación MIDP, interfaz de usuario, almacenamiento persistente, trabajo en red y temporizadores.

Las aplicaciones Java que se realizan utilizando el perfil MIDP sobre la configuración CLDC reciben el nombre de *MIDlets*. El binario de un *MIDlet* tiene la extensión *.jary* para el caso de esta aplicación su nombre es *Scl.jar* (Sistema de Control y Localización).

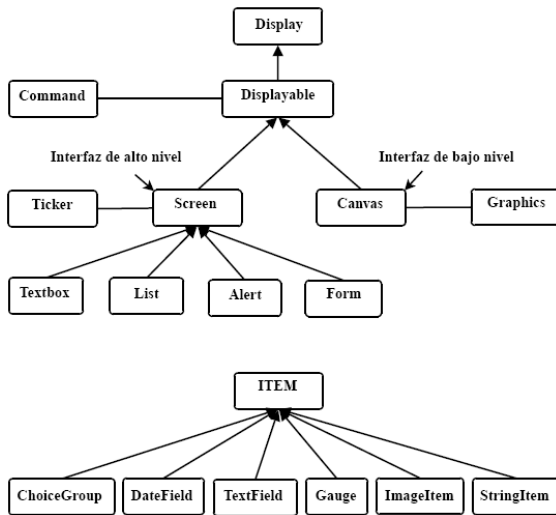


Fig. 11. Jerarquía de clases derivadas de *Displayable Item*.

Para el desarrollo de la aplicación se recurrió a las bondades de las interfaces de usuario de bajo y alto nivel definidas en J2ME, cuya jerarquía se puede ver en la Figura 11. Por lo tanto, la interfaz de usuario del sistema SCL es un conjunto de objetos de las clases *Displayable* e *Item*, entre ellos: formularios, listas y gráficos, que permiten realizar las siguientes operaciones:

1. **Autenticación de usuario.** La autenticación de usuario permite dar seguridad a la aplicación por medio de una clave que deberá ser ingresada en un formulario como el mostrado en la Figura 12, una vez que el usuario inicie la aplicación y sin la cual no podrá continuar con la visualización del menú principal presentado en la Figura 13. El valor por defecto es "123", y existen tres posibilidades de errar en la clave antes que se muestre una alerta de "Acceso Denegado" y se cierre la aplicación.

2. **Configuración.** Esta opción del menú principal despliega otro menú con las opciones de configuración del sistema SCL, las mismas que pueden apreciarse en la Figura 14 y se explican a continuación :

•**Configuración del Número del Sistema.** Permite que el usuario ingrese el número de teléfono correspondiente al módem conectado a la TCL. Además, tiene un campo para ingresar una clave de emergencia que permitirá realizar acciones de control limitadas desde un teléfono celular distinto al que contiene la aplicación J2ME. Una vez terminado el ingreso de estos dos parámetros, la aplicación procederá a enviar a la TCL el mensaje SMS respectivo con la información de configuración.

•**Configuración de etiquetas de entradas y salidas.** Permite que el usuario etiquete las entradas y salidas de la TCL, que son las que se desea controlar, con nombres familiares que le permitan tomar decisiones de control de una manera fácil.

•**Configuración de la clave de autenticación.** Permite cambiar la clave con la que se ingresa a la aplicación, cuyo valor por defecto es "123".

3. **Control del Sistema.** Permite al usuario realizar el control de las salidas de la TCL, mediante listas que le permiten seleccionar si activar o desactivar dichas salidas. Una vez que se ha terminado de seleccionar el estado de las salidas se enviará un mensaje SMS hacia la TCL con la información de control.

4. **Reporte.** Permite enviar un SMS a la TCL para solicitar información acerca del estado de las entradas y salidas de la misma.

5. **Localización.** Permite enviar un SMS a la TCL solicitando.

6. **Temperatura.** Esta opción permite enviar a la TCL un mensaje SMS solicitando la temperatura del ambiente en la que ésta se encuentra. Una vez que arribe el mensaje SMS con el valor de temperatura, se desplegará un formulario que muestra este valor en grados centígrados.

7. **Notificaciones.** Las notificaciones corresponden a los mensajes SMS que envía la TCL hacia la aplicación *Scl.jar* y que permiten que ésta se active automáticamente. Éstas contienen información de un cambio en alguna de las entradas o las respuestas a cada una de las solicitudes realizadas con las opciones del menú principal de la aplicación.

A. Wireless Messaging API (WMA)

La APIWMA es una extensión de las especificaciones CLDC y MIDP para el envío, la recepción y la gestión de SMS desde *MIDlets*.

Esta API está compuesta exclusivamente de interfaces ubicadas bajo el paquete *javax.wireless.messaging* es parte fundamental para el desarrollo de la interfaz de usuario del SCL, puesto que gracias a ella se logró controlar y configurar la TCL a través de mensajes SMS y además fue posible recibir la información proveniente desde ésta, para su procesamiento y poder mostrarla al usuario de una manera amigable.

B. La API PushRegistry

La API *PushRegistry* permite la ejecución de *MIDlets* sin intervención del usuario. Un *MIDlet* puede ser iniciado de dos formas:

- A través de una alarma o temporizador, y
- A través de una conexión entrante que puede ser una conexión TCP, un datagrama UDP o un SMS.

Esta API tiene como corazón la clase *javax.microedition.io.PushRegistry* y permite que la aplicación *Scl.jar* se active únicamente cuando arriben mensajes provenientes de la TCL, puesto que ésta envía los mensajes a un puerto específico en el que se encuentra escuchando la aplicación. Estos mensajes no podrán ser leídos como mensajes SMS regulares,

proveyendo a su vez de mayor seguridad a la información de control y localización.



Fig. 12. Formulario de autenticación de la aplicación *Scl.jar* instalada en un teléfono celular Nokia N95 8G.



Fig. 13. Menú Principal de la aplicación *Scl.jar*.



Fig. 14. Formulario con las opciones de configuración del sistema SCL.



Fig. 15. Formulario de posición de la aplicación *Scl.jar*.

IX. IMPLEMENTACIÓN DEL SCL

En la Figura 17 se puede observar la TCL implementada y en la Figura 18 se puede observar el dispositivo de control y localización que contiene en su interior a la TCL, así como el menú principal de la aplicación J2ME corriendo en un teléfono celular Nokia N95.



Fig. 16. Pantalla del mapa de la ESPE con el resultado de una solicitud de localización.

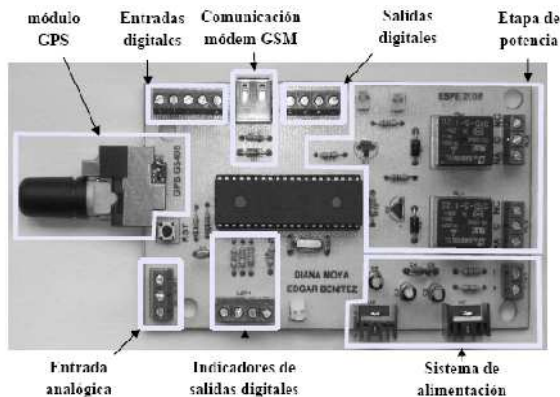


Fig. 17. Circuito implementado de la TCL.



Fig. 18. Sistema de Control y Localización.

X. CONCLUSIONES

El formato de envío de mensajes SMS mediante tramas PDU, permite enviar información de control, adicional al texto del mensaje propiamente dicho, tal es el caso del direccionamiento del mensaje SMS hacia un puerto de aplicación específico, de manera que pueda activar una aplicación residente en el teléfono celular del usuario. Esta característica ha permitido dotar de amigabilidad al *MIDlet Scl.jar* en la interacción con el sistema.

La implementación del prototipo con salidas de potencia incorporadas, es una gran ventaja respecto a sistemas de control similares que sólo disponen de salidas digitales y dejan a cargo del usuario adecuar estas salidas a una etapa de potencia mediante el uso de relés o dispositivos que cumplan con el mismo propósito.

La API *PushRegistry* tiene disponible a partir del perfil MIDP 2.0 y permite activar *MIDlet* sin la intervención del usuario, ya sea a través de una conexión entrante o mediante la configuración de alarmas. Esto brinda la posibilidad de desarrollar una gran cantidad de aplicaciones que hagan uso de esta API, como es el caso de este proyecto.

La API *PushRegistry*, provee a la aplicación *Scl.jar* de total interactividad con la TCL, permitiendo al usuario recibir notificaciones y confirmaciones sobre los cambios en el estado del sistema de manera amigable, sin emplear códigos que tenga que memorizar.

La API WMA permite implementar el envío y recepción de mensajes SMS desde y hacia la aplicación J2ME, siendo este medio de comunicación, tan extendido y aceptado por los suscriptores de telefonía celular, la base del presente proyecto.

Es importante considerar que las operaciones de control y localización de este prototipo no se realizan en tiempo real, debido a que dependen de los retardos en la transmisión de los mensajes SMS dentro de la red GSM y la congestión en la misma.

REFERENCIAS

- [1] World Cellular Information Service, Subscriptions by Technology, [http://www.wcisdata.com/newt/1/wcis/research/subscriptions by technology.html](http://www.wcisdata.com/newt/1/wcis/research/subscriptions%20by%20technology.html), Agosto 2008.
- [2] SPK Electronics Co., Ltd., SPK-GPS-GS405 Smart antenna, www.spkecl.com/manufacturer/18278/18278.html.
- [3] Microchip Technology Inc., PIC16F877A, www.microchip.com/www.products/Devices.aspx?dDocName=en010242, Octubre 2003.

- [4] Sony Ericsson, Developers Guide AT Commands Online Reference, developer.sonyericsson.com/util/SearchCMS.do?criteria=commands, Octubre 2004.
- [5] Eveliux, Comandos AT, eveliux.com/mx/index2.php?option=comcontent&do_pdf=1&id=150, Julio 2007.
- [6] Le Bodic, Gwenaël, Mobile Messaging Technologies and Services-SMS, EMS and MMS, Segunda Edición, John Wiley & Sons, Ltd, Inglaterra 2005.
- [7] DreamFabric, SMS and the PDU format, www.dreamfabric.com/sms/, Enero 2005.