



La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.***

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y  
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA LA  
FACTURACIÓN Y MONITOREO EN ESTACIONAMIENTOS  
ROTATIVOS TARIFADOS (ZONA AZUL) UTILIZANDO  
TECNOLOGÍA GPRS, IMPRESIÓN Y LECTURA DE CÓDIGOS DE  
BARRAS E IDENTIFICACIÓN POR RADIOFRECUENCIA (RFID)**

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

**TORRES GARCÍA LUIS RICARDO**

**lrtorresg@gmail.com**

**DIRECTOR: ING. PABLO SALINAS**

**psalinas@pcservicios.com.ec**

**Quito, Febrero 2011**

## DECLARACIÓN

Yo, Luis Ricardo Torres García, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

---

Luis Ricardo Torres García

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Ricardo Torres García, bajo mi supervisión.

---

Ing. Pablo Salinas  
DIRECTOR DEL PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Mi primer y más grande agradecimiento es para Dios por haber permitido mi existencia hasta la culminación de mi carrera.

Agradezco inmensamente a las dos familias, con las que en mis años de estudiante he alternado el desarrollo de mi vida, en especial a mis padres y tíos que han sido un apoyo fundamental.

A mis hermanos y primos por el apoyo, la camaradería y por el hecho de haber compartido con ellos tantos buenos y malos momentos.

Al director de este proyecto y amigo mío, Ing. Pablo Salinas, por su guía y apoyo en el desarrollo del prototipo, así como por las tantas experiencias y conocimientos que no ha dudado en transmitirme.

Al Ing. Diego Reinoso, un gran amigo y maestro, porque me sacado de muchas dudas que se han presentado en el desarrollo del proyecto.

A mis compañeros y amigos, tanto a los del colegio que pese al tiempo todavía los veo como a los de la universidad, por alegrarme la vida y por todas esas experiencias compartidas.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera me han apoyado en la culminación de este proyecto.

*Luizao*

## **DEDICATORIA**

A mi madre, cuyo sacrificio ha sido la mayor inspiración de este trabajo.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>xv</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ESTACIONAMIENTOS ROTATIVOS TARIFADOS EN EL ECUADOR .....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO .....	2
1.3 SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO EN EL ECUADOR .....	3
1.3.1 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN AMBATO.....	3
1.3.2 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN CUENCA.....	4
1.3.3 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN IBARRA.....	6
1.3.4 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN LOJA .....	8
1.3.5 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN QUITO .....	10
1.3.6 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN RIOBAMBA .....	12
1.4 ANÁLISIS COMPARATIVO .....	13
1.5 PROBLEMAS CON LOS ESTACIONAMIENTOS ROTATIVOS TARIFADOS .....	14
1.6 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN .....	16
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>17</b>
<b>DISEÑO DEL PROTOTIPO .....</b>	<b>17</b>
2.1 INTRODUCCIÓN.....	17
2.2 CONSIDERACIONES SOBRE LA EMISIÓN DE COMPROBANTES .....	19

2.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO A LA INTEMPERIE .....	20
2.3.1 SEGURIDAD .....	20
2.3.2 TAMAÑO Y PESO .....	20
2.3.3 MATERIAL DE LA CAJA CONTENEDORA .....	21
2.3.4 CONTINUIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO .....	21
2.3.5 IMPERMEABILIDAD .....	21
2.4 DIAGRAMA EN BLOQUES DEL PROTOTIPO .....	21
2.5 HARDWARE DEL PROTOTIPO .....	23
2.5.1 SISTEMA MICROPROCESADO .....	24
2.5.1.1 Selección del microcontrolador .....	24
2.5.1.1.1 Disponibilidad de interfaces seriales .....	25
2.5.1.1.2 Cantidad de pines y entradas de interrupción .....	26
2.5.1.1.3 Velocidad de Procesamiento .....	26
2.5.1.1.4 Herramientas de Programación .....	27
2.5.1.1.5 Memorias .....	28
2.5.1.2 ATmega644p .....	28
2.5.1.3 Otros Circuitos Integrados .....	31
2.5.1.3.1 CI. MAX232 .....	31
2.5.1.3.2 CI. 74LS157 .....	32
2.5.1.4 Fuente .....	33
2.5.1.4.1 MC33063A .....	33
2.5.1.4.2 Diseño de la Fuente .....	34
2.5.2 MÓDULO DE ENTRADA .....	36
2.5.2.1 Teclado (botones de selección) .....	36
2.5.2.1.1 Funciones de los botones .....	37
2.5.2.1.2 Conexión del teclado con el microcontrolador .....	38



2.5.2.2 Lectorde RFID .....	39
2.5.2.2.1 ID-12.....	40
2.5.2.2.2 <i>Conexión del Lector RFID con el Microcontrolador</i> .....	41
2.5.2.3 Lector de Códigos de Barras .....	42
2.5.2.3.1 LS 6800 .....	43
2.5.2.3.2 <i>Conexión del Lector de Códigos de Barras con el Microcontrolador</i> .....	44
2.5.3 MÓDULO DE SALIDA .....	45
2.5.3.1 Display .....	45
2.5.3.1.1 <i>Conexión del Display con el Microcontrolador</i> .....	46
2.5.4 MÓDULO DE FACTURACIÓN.....	47
2.5.4.1 Impresora de Códigos de Barras .....	47
2.5.4.1.1 STP-103 .....	48
2.5.4.1.2 <i>Conexión de la Impresora de Códigos de Barras con el Microcontrolador</i> .....	48
2.5.4.2 Monedero Electrónico .....	49
2.5.4.2.1 <i>Computer Coin Selector (Equipo Selector de Monedas)</i> .....	49
2.5.4.2.2 <i>Conexión del Monedero Electrónico con el Microcontrolador</i> ..	50
2.5.5 MÓDULO DE COMUNICACIONES .....	51
2.5.5.1 Módem GSM/GPRS .....	52
2.5.5.1.1 <i>Fastrack Supreme 20</i> .....	53
2.6 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE EN EL SERVIDOR .....	56
2.6.1 SISTEMA DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS.....	57
2.6.1.1 GPRS ( <i>General Packet Radio System</i> ).....	58
2.6.1.2 UDP ( <i>User Datagram Protocol</i> ) .....	58
2.6.2 SOCKETS.....	59
2.6.2.1 Programación del Socket UDP .....	60

2.6.2.1.1	<i>Apertura del socket</i> .....	61
2.6.2.1.2	<i>Asociación del socket a un puerto</i> .....	61
2.6.2.1.3	<i>Lectura del mensaje</i> .....	62
2.6.2.1.4	<i>Procesamiento del mensaje</i> .....	63
2.6.3	SECUENCIAS DE CARACTERES.....	63
2.5.3.1	Formato de las Secuencias .....	64
<b>CAPÍTULO 3</b> .....		<b>66</b>
<b>CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO</b> .....		<b>66</b>
3.1	INTRODUCCIÓN.....	66
3.2	FASE 1: HERRAMIENTAS DE DESARROLLO.....	66
3.2.1	AVR STUDIO .....	66
3.2.1.1	LENGUAJE C .....	67
3.2.1.2	WINAVR .....	68
3.2.2	PROTEUS VSM.....	68
3.2.2.1	ISIS .....	68
3.2.2.2	ARES .....	70
3.3	FASE 2: PCB Y FIRMWARE .....	72
3.3.1	ELABORACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO .....	72
3.3.1.1	Diagrama Esquemático.....	72
3.3.1.2	ELABORACIÓN DEL PCB .....	74
3.3.2	FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR.....	77
3.3.2.1	Programa Principal .....	77
3.3.2.2	Subrutinas de Interrupción .....	79
3.3.2.2.1	<i>Solicitud de interrupción externa (INT2)</i> .....	79
3.3.2.2.2	<i>Solicitud de interrupción externa (PCINT0)</i> .....	80
3.3.2.2.3	<i>Recepción completa en el USART0</i> .....	81

3.3.2.2.4 <i>Recepción completa en el USART1</i> .....	82
3.3.2.3 SUBRUTINAS PARA EL MANEJO DEL DISPLAY .....	82
3.3.2.3.1 <i>Subrutina para iniciar el display</i> .....	84
3.3.2.3.2 <i>Subrutina para mostrar una pantalla</i> .....	84
3.3.2.4 Subrutina para Envío de Caracteres .....	86
3.3.2.4.1 <i>Envío de información con el módem</i> .....	87
3.3.2.4.2 <i>Impresión de comprobantes</i> .....	87
3.4 FASE 3: ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO .....	88
3.4.1 CAJA CONTENEDORA .....	88
3.4.2 MONTAJE .....	89
<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>91</b>
<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>91</b>
4.1 INTRODUCCIÓN.....	91
4.2 INICIO DEL PROTOTIPO .....	91
4.3 TEST DE ESTADO DE COMUNICACIONES .....	92
4.4 FACTURACIÓN CON CLIENTE FIJO .....	93
4.5 FACTURACIÓN CON CLIENTE NORMAL.....	96
4.6 FACTURACIÓN CON CLIENTE OCASIONAL .....	97
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>100</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
5.1 CONCLUSIONES .....	100
5.2 RECOMENDACIONES .....	101
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. 1 Señalización de los Estacionamientos Rotativos Tarifados</i> .....	2
<i>Figura 1. 2 Estacionamientos Rotativos Tarifados en Cuenca</i> .....	5
<i>Figura 1. 3 Estacionamientos Rotativos en Ibarra</i> .....	6
<i>Figura 1. 4 Área de Señalización del SIMERT de la ciudad de Loja (zona central)</i> 8	
<i>Figura 1. 5 Mapa de expansión de la Zona Azul en Quito</i> .....	10
<i>Figura 1. 6 Vista del anverso y reverso de las cartillas que se vendían para el uso de los estacionamientos en la Zona Azul</i> .....	11
<i>Figura 2. 1 Parquímetro para el control de un solo estacionamiento</i> .....	18
<i>Figura 2. 2 Parquímetros para el control de varios estacionamientos</i> .....	18
<i>Figura 2. 3 Diagrama en bloques de los componentes del prototipo</i> .....	22
<i>Figura 2. 4 Esquema en diagrama de bloques del hardware</i> .....	23
<i>Figura 2. 5 Utilización de los puertos seriales del microcontrolador</i> .....	25
<i>Figura 2. 6 Error en la comunicación serial en función de la frecuencia de reloj y tasa de transmisión</i> .....	27
<i>Figura 2. 7 Distribución de los pines del microcontrolador ATmega644p</i> .....	30
<i>Figura 2. 8 Circuito de Reset y circuito para operación con cristal externo</i> .....	30
<i>Figura 2. 9 Distribución de pines y circuitería interna del CI. Max232</i> .....	31
<i>Figura 2. 10 Descripción de pines y tabla lógica del CI. 74157</i> .....	33
<i>Figura 2. 11 Descripción de pines y circuitería interna del CI. MC3306A</i> .....	33
<i>Figura 2. 12 Fuente de polarización con el integrado MC3306A</i> .....	34
<i>Figura 2. 13 Fuente de polarización para el sistema microprocesado</i> .....	36
<i>Figura 2. 14 Distribución de los botones alrededor de la pantalla</i> .....	36
<i>Figura 2. 15 Pantalla de Bienvenida (Selección de tipo de usuario)</i> .....	37
<i>Figura 2. 16 Pantalla para selección del tiempo de estacionamiento</i> .....	37
<i>Figura 2. 17 Pantalla de tarifas para el cliente ocasional</i> .....	38
<i>Figura 2. 18 Circuito esquemático equivalente a un pin de E/S</i> .....	38
<i>Figura 2. 19 Rebotes que se presentan luego de una pulsación</i> .....	39
<i>Figura 2. 20 Conexión del teclado con el microcontrolador</i> .....	39

<i>Figura 2. 21 Vista superior, placa auxiliar y diagrama de pines del ID-12</i> .....	40
<i>Figura 2. 22 Conexión del lector de RFID con el microcontrolador</i> .....	41
<i>Figura 2. 23 Lectores de códigos de barras</i> .....	42
<i>Figura 2. 24 Lector de códigos de barras</i> .....	43
<i>Figura 2. 25 Conexión con el lector de códigos de barras</i> .....	44
<i>Figura 2. 26 Vista frontal y diagrama de bloques del display</i> .....	45
<i>Figura 2. 27 Conexión del display con el microcontrolador</i> .....	46
<i>Figura 2. 28 Impresora térmica STP 103</i> .....	48
<i>Figura 2. 29 Conexión de la impresora con el microcontrolador</i> .....	49
<i>Figura 2. 30 Monedero electrónico seleccionado</i> .....	50
<i>Figura 2. 31 Conexión del monedero con el microcontrolador</i> .....	51
<i>Figura 2. 32 Diagrama de Comunicaciones</i> .....	52
<i>Figura 2. 33 Fastrack Supreme 20</i> .....	53
<i>Figura 2. 34 Conector DB15 hembra</i> .....	55
<i>Figura 2. 35 Conexión del módem con el microcontrolador</i> .....	56
<i>Figura 2. 36 Sockets, protocolos y puertos</i> .....	57
<i>Figura 2. 37 Formato del datagrama UDP</i> .....	59
<i>Figura 3. 1 Ambiente de trabajo del módulo ISIS de Proteus</i> .....	69
<i>Figura 3. 2 Entorno de desarrollo del módulo ARES</i> .....	70
<i>Figura 3. 3 Visualización en 3D del circuito impreso</i> .....	71
<i>Figura 3. 4 Diagrama esquemático de la placa del sistema microprocesado</i> .....	73
<i>Figura 3. 5 Capa superior del PCB del prototipo</i> .....	75
<i>Figura 3. 6 Capa inferior del PCB del prototipo</i> .....	75
<i>Figura 3. 7 Vista superior de la placa en fibra de vidrio</i> .....	76
<i>Figura 3.8 Vista inferior de la placa</i> .....	76
<i>Figura 3. 9 Diagrama de flujo del programa principal</i> .....	78
<i>Figura 3. 10 Subrutina de interrupción para contar las monedas ingresadas</i> .....	80
<i>Figura 3. 11 Diagrama de flujo para subrutina de interrupción (PCINT0)</i> .....	80
<i>Figura 3. 12 Subrutina de interrupción para la recepción del USART0</i> .....	81
<i>Figura 3. 13 Subrutina de interrupción por recepción completa en el USART1</i> .....	82
<i>Figura 3. 14 Cambio en los atributos de la imagen y cuadrícula de Paint</i> .....	84
<i>Figura 3. 15 Pantalla de menú dibujada en Paint</i> .....	84

<i>Figura 3. 16 Conversión de la imagen en un conjunto de bytes.</i>	85
<i>Figura 3. 17 Subrutina para mostrar una pantalla</i>	86
<i>Figura 3. 18 Diagrama de flujo para el envío de un carácter.</i>	87
<i>Figura 3. 19 Dimensiones de la caja contenedora.</i>	89
<i>Figura 3. 20 Caja contenedora.</i>	89
<i>Figura 3. 21 Montaje del PCB y la impresora.</i>	90
<i>Figura 3. 22 Montaje de los dispositivos en la parte delantera de la caja.</i>	90
<i>Figura 4. 1 Pantalla para la selección del tipo de cliente</i>	91
<i>Figura 4. 2 Secuencia de inicio de operación del prototipo</i>	92
<i>Figura 4. 3 Pantalla que indica error en el estado de las comunicaciones</i>	93
<i>Figura 4. 4 Pantalla para pedir que se acerque la tarjeta de RFID</i>	94
<i>Figura 4. 5 Menú con tiempos que el usuario puede elegir</i>	94
<i>Figura 4. 6 Pantalla para indicarle al usuario que retire el comprobante</i>	95
<i>Figura 4. 7 Impresión del comprobante de pago con el usuario VIP</i>	95
<i>Figura 4. 8 Recepción de la secuencia por tarificación con el usuario VIP</i>	96
<i>Figura 4. 9 Pantalla para pedir que se acerque la cartilla de códigos de barras</i>	96
<i>Figura 4. 10 Impresión del comprobante de pago con el usuario normal</i>	97
<i>Figura 4. 11 Recepción de la secuencia por tarificación con el usuario normal</i>	97
<i>Figura 4. 12 Pantalla para indicar las distintas tarifas y tiempos equivalentes.</i>	98
<i>Figura 4. 13 Impresión del comprobante de pago con el usuario ocasional</i>	98
<i>Figura 4. 14 Recepción de la secuencia por tarificación con usuario ocasional</i>	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. 1 Costos por el uso de los estacionamientos y tiempo máximo de uso.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 1. 2 Límites de las Zonas Tarifas del SIMERT.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 1. 3 Motivos y valores de las sanciones fijadas por el SIMERT.....</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 1. 4 Tipos de infracciones y multas establecidas por el SEROT .....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 1. 5 Características de operación de los sistemas rotativos tarifados .....</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 2. 1 Tipo de comunicación con los diferentes dispositivos. ....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2. 2 Frecuencia de reloj de tres microcontroladores diferentes .....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2. 3 Disponibilidad de memoria de tres microcontroladores diferentes .....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 2. 4 Comparación entre los niveles de voltaje para TTL y RS-232 .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2. 5 Asignación de señales a los pines del CI. Max232 .....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 2. 6 Valores de los elementos de la fuente. ....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2. 7 Características principales del ID-12 .....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 2. 8 Descripción de los parámetros del display seleccionado.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 2. 9 Parámetros del monedero electrónico seleccionado .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 2. 10 Características eléctricas del Fastrack Supreme .....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 2. 11 Distribución de pines del conector serial.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 2. 12 Agrupación de los caracteres de la secuenciavalida por campos.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 2. 13 Detalle de los campos que conforman la secuencia valida .....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 2. 14 Valores que pueden tomar los campos de la secuencia valida .....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 3. 1 Interrupciones tomadas en cuenta para el firmware del prototipo. ....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 3. 2 Lista de comandos para el manejo del display. ....</i>	<i>83</i>
<i>Tabla 3. 3 Comando usado para imprimir el código de barras. ....</i>	<i>88</i>

## RESUMEN

Los sistemas de estacionamiento rotativo tarifado han sido una de tantas medidas creadas para dar solución a los problemas de estacionamiento de vehículos en las grandes ciudades. Ante la importancia que en el Ecuador han tenido en los últimos años estos sistemas, y en base a todos los inconvenientes que presentan en su operación, se ha visto la necesidad de implementar mecanismos orientados a mejorar el servicio que actualmente ofrecen. Es así que este proyecto se muestra como una alternativa para mejorar el cobro por el uso de los estacionamientos y robustecer el control que se ejerce en estos sistemas.

Este trabajo inicia detallando la situación actual de los diferentes sistemas de estacionamiento rotativo tarifado que operan en el Ecuador, se enfatiza en la descripción de los mecanismos que se emplean tanto en la facturación como en el control de las plazas. Luego se hace un análisis para determinar cuáles son los principales problemas que tienen estos sistemas y se indica de qué manera el prototipo desarrollado podrá ayudar a solucionarlos.

El capítulo 2 analiza el detalle técnico de los elementos que integran el prototipo, empezando con el sistema microprocesado y continuando con cada uno de los dispositivos, tanto de entrada como de salida y de comunicaciones. Al final del capítulo se aborda lo relacionado con el desarrollo del socket de comunicaciones que se ejecuta en el servidor de monitoreo.

El capítulo 3 da a conocer en primer lugar las bases de software necesarias para la realización del prototipo, tanto para la elaboración de los diagramas circuitales del PCB (*printed circuit board* – circuito impreso) del sistema microprocesado como para el desarrollo del firmware para el microcontrolador. A continuación se presentan los diferentes diagramas de flujo que determinan el funcionamiento del prototipo y luego se muestran los procesos de montaje e instalación.

El capítulo 4 incluye los resultados de las diferentes pruebas de funcionamiento realizadas con el prototipo, y finalmente en el último capítulo se listan las conclusiones obtenidas a lo largo del desarrollo de este proyecto, así como las recomendaciones para futuras mejoras y aplicaciones.



## PRESENTACIÓN

El proyecto incluye el diseño y construcción de un prototipo para la facturación y control de las plazas en un sistema de estacionamiento rotativo tarifado. El prototipo consiste principalmente en un sistema microprocesado, el cual se conecta con varios dispositivos de entrada, salida y de comunicaciones.

Como dispositivos de entrada se tiene dos lectores, uno de RFID y otro de códigos de barras, además se dispone de un teclado y un monedero electrónico. Los dispositivos de salida son un display gráfico y una impresora térmica, mientras que en la parte de comunicaciones se usa un módem GPRS.

El prototipo es capaz de interactuar con tres tipos de clientes diferentes, para realizar el cobro por el uso de los estacionamientos. El primer tipo de usuario se identifica con una tarjeta de RFID, el segundo con un código de barras y el tercero solo debe ingresar el dinero correspondiente al tiempo de ocupación en el monedero electrónico.

Por cada evento de cobro debido al uso de un estacionamiento, el prototipo imprime un comprobante de pago con información importante para el control, por ejemplo la hora de llegada y la hora en la que el vehículo debe ser retirado. Además en cada comprobante se imprime un código de barras, la lectura de la información contenida en dicho código permite robustecer y agilizar el control.

El módem GPRS permite la comunicación del prototipo con el servidor de Open Source para realizar el monitoreo remoto de los estacionamientos, así como para llevar un registro que permita ejercer un control más sólido en el uso de los estacionamientos.

## **CAPÍTULO 1**

# **DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ESTACIONAMIENTOS ROTATIVOS TARIFADOS EN EL ECUADOR**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

En el año 2009, se matricularon en el país 905.651 vehículos, correspondiendo a la provincia del Guayas el mayor número con 238.824, en segundo lugar se ubica la provincia de Pichincha con 213.999 vehículos, cifras que en conjunto representan el 50% del total de automotores existentes en el país, le sigue en importancia Azuay con 72.881 vehículos, Manabí con 60.685 y Tungurahua con 43.747<sup>1</sup>.

Las estadísticas más recientes dicen que en el Ecuador hay cerca de un millón de vehículos y que en las ciudades grandes como Quito y Guayaquil, en las que se concentran las mayores cantidades, existen estimados de 430.000 y 250.000 unidades respectivamente. Es impresionante darse cuenta que solo en la ciudad de Quito se concentra casi la mitad del total del parque automotor nacional.

Así como en Quito, las mayores concentraciones de vehículos tienen lugar en las principales ciudades del país, las que en su mayoría no cuentan con los establecimientos suficientes para satisfacer la demanda de estacionamientos, razón por la cual el parqueo en las calles es la única alternativa. Sin embargo se ha visto la necesidad de ejercer algún tipo de control sobre estos estacionamientos, para que su uso sea el correcto.

---

<sup>1</sup>INEC, "Anuario de Transportes", 2011  
[http://www.inec.gob.ec/web/guest/publicaciones/anuarios/inv\\_eco/transportes](http://www.inec.gob.ec/web/guest/publicaciones/anuarios/inv_eco/transportes)

Este capítulo presenta un estudio general de los principales sistemas de estacionamiento rotativo tarifado que operan en el Ecuador, sus características generales; evolución, organización y estructura; teniendo en cuenta principalmente los mecanismos que son empleados en la facturación y control de las plazas. Al final se resaltan las vulnerabilidades que sufren estos sistemas con el propósito de justificar el desarrollo del prototipo, el cual es el objetivo del presente trabajo.

## 1.2 SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO

Los sistemas de estacionamiento tarifado surgen de la necesidad de generar espacios para estacionar en sectores de la ciudad, donde existe una importante demanda de los mismos. Esta situación tiene cabida principalmente en los centros históricos, comerciales y financieros de las ciudades, donde la oferta de lugares de parqueo es limitada, fundamentalmente por enmarcarse estas actividades en los cascos históricos y entornos inmediatos, en los cuales el espacio físico no está diseñado para absorber la demanda de la población que concurre en vehículo a estos centros.

Los sistemas de estacionamiento rotativo tarifado usan señalización vertical y horizontal para indicar su cobertura. La figura 1.1 muestra un rotulo, el cual indica que los estacionamientos ubicados junto a la vereda son tarifados.



*Figura 1. 1 Señalización de los Estacionamientos Rotativos Tarifados<sup>2</sup>*

---

<sup>2</sup>Municipio de Montevideo, "Sistema de Estacionamiento Tarifado", 2011  
<http://www.montevideo.gub.uy/ciudadania/transito/estacionamiento-tarifado/sistema-de-estacionamiento-tarifado>

Es necesario entonces crear un mecanismo que apunte a generar la rotación de los vehículos estacionados, para establecer límites en los horarios de estacionamiento y determinar zonas específicas a estos efectos. De esta manera se optimiza el uso del espacio, logrando la mayor cantidad de actos de estacionamiento posibles.

### **1.3 SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO EN EL ECUADOR**

La idea de un sistema de estacionamiento rotativo tarifado en el Ecuador se ha materializado en ciudades de la región Sierra, se puede dar como ejemplos a las siguientes ciudades: Ambato, Cuenca, Ibarra, Loja y Quito. Los diferentes sistemas que operan en cada una de las ciudades mencionadas son los que se describen en este capítulo.

En Azogues comenzó, a inicios del año 2011, el funcionamiento del SEMERTAZ (Servicio Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado de Azogues), el servicio cubre cuatro zonas distribuidas en el centro de la ciudad.

En Puyo se estudia la posibilidad de crear un sistema de estacionamiento rotativo tarifado, a octubre de 2010 tuvo lugar la revisión de los proyectos, pero se prevé un pronto funcionamiento.

#### **1.3.1 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN AMBATO**

El SIMERT (Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado) fue creado los primeros meses de 2007 con el fin de descongestionar el casco central de la ciudad de Ambato, ya que de acuerdo a estudios realizados en ese tiempo; en la zona céntrica eran estacionados, sin ningún tipo de control, un promedio de 1.583 vehículos al día.

El Plan Piloto del sistema comprendía 348 puestos de estacionamiento ubicados en 50 cuadras, y se estimaba con ellos conseguir una recaudación mensual de US\$ 2.200, debiendo el usuario cancelar US\$ 0,40 por estacionar su vehículo durante una hora. El tiempo máximo de estacionamiento se estableció en 2 horas.

En enero de 2009 se puso en marcha la segunda etapa del proyecto, consiguiendo así el sistema abarcar un total de 100 cuadras de la ciudad. Luego, en diciembre del mismo año, con el objetivo de mejorar el flujo vehicular se amplió nuevamente la cobertura del sistema.

A mediados de marzo de 2010 el sistema entró en su tercera etapa y con ella se aumentaron 300 sitios de estacionamiento en aproximadamente 28 cuadras, con el último incremento se tiene un total de 1.300 espacios ubicados a lo largo de 131 cuadras enmarcadas en el centro de la ciudad.

En octubre de 2010 comenzó el expendio de tickets de US\$ 0,10 y US\$ 0,20. El ticket de US\$ 0,10 sirve para quienes desean estacionar su vehículo durante 15 minutos y con el de US\$ 0,20 se puede usar el estacionamiento hasta media hora.

La venta de tickets sigue siendo hoy por hoy el mecanismo de cobro por el uso de los estacionamientos. Las personas que venden los tickets, vendedores y supervisores, son las encargadas de controlar el correcto uso de las plazas.

En cuanto a las principales sanciones: la multa por estacionar en lugares prohibidos es de US\$ 19,20; si un vehículo permanece estacionado por más de dos horas, este es inmovilizado con un candado en la llanta delantera derecha; por tratar de retirar el candado y no escuchar las advertencias de los controladores la multa es de US\$ 4,80; y por no colocar el ticket en el parabrisas el conductor debe pagar US\$ 12,00<sup>3</sup>.

### **1.3.2 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN CUENCA**

En la ciudad de Cuenca se encuentra operando la EMTET (Empresa Pública Municipal de Servicios de Terminales de Transporte Terrestre y Estacionamiento Tarifado) junto con el SERT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado) desde el 3 de marzo de 2003, donde actualmente cubre 136 manzanas en el

---

<sup>3</sup>Municipio de Ambato, "SIMERT", 2010  
[http://www.ambato.gov.ec/sitio2/index.php?option=com\\_content&view=article&id=310:216-19-no-2010-simert-comunica-sobre-adquisicion-de-tickets&catid=43](http://www.ambato.gov.ec/sitio2/index.php?option=com_content&view=article&id=310:216-19-no-2010-simert-comunica-sobre-adquisicion-de-tickets&catid=43)

centro de la ciudad<sup>4</sup>. La figura 1.2 indica la señalización que se usa en las calles donde opera el SERT.



*Figura 1. 2 Estacionamientos Rotativos Tarifados en Cuenca<sup>5</sup>*

Actualmente en la ciudad existen tres zonas reguladas asociadas con el sistema: el Centro Histórico, la Feria Libre y El Ejido, pero ahora se estudia la posibilidad de incrementar dos adicionales, las calles anexas al mercado Doce de Abril y la avenida Remigio Crespo Toral.

En el caso de la avenida Remigio Crespo se incluirían 295 plazas de estacionamiento dentro del proyecto, limitadas desde la avenida Loja hasta la avenida Solano y entre la calle Julio Matovelle con la avenida Doce de Abril. Mientras que en los alrededores del mercado 12 de Abril se incluirían 200 plazas enmarcadas entre las calles Eloy Alfaro, Sarasti, Jaime Roldós, Padre Monroy y Cacique Chaparra.

El mecanismo de cobro por el uso de los estacionamientos consiste en la venta de tarjetas prepago de diferente valor. El costo por estacionar el vehículo media hora es de US\$ 0,25, y de un dólar por el tiempo máximo de estacionamiento que

---

<sup>4</sup>Valdivieso, A., "Diseño de un Sistema Rotativo Tarifado para el Parque Central de la Ciudad de Loja", E.P.N., Quito, 2008, pág. 3.

<sup>5</sup>Diario El Mercurio, "Más de 1000 infracciones debido al mal estacionamiento por semana", 27 de Febrero de 2011, <http://www.elmercurio.com.ec/271165-mas-de-1000-infracciones-debido-al-mal-estacionamiento-por-semana.html>

es de 2 horas. El sistema permite el pago de una mensualidad por la ocupación de una plaza, generalmente para las instituciones que lo soliciten.

En el caso de detección de adulteración en la tarjeta o por pasarse del tiempo estipulado; las multas varían entre US\$ 10,00 y US\$ 24,00. También existe una sanción por parquearse en zona prohibida que es de US\$ 28,00, en cuyo caso el vehículo es remolcado por una grúa hasta los patios del sistema.

Con el fin de reducir el congestionamiento vehicular en el Centro Histórico, se han retirado tramos del parqueo tarifado. Esto ha causado que se incremente el uso de parqueaderos privados. Esta medida ha hecho que la circulación por la zona sea más ágil, sin embargo la cantidad de estacionamientos privados no es suficiente para cubrir la gran demanda de usuarios presentes en horas pico.

### 1.3.3 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN IBARRA

La figura 1.3 indica la señalización usada por el sistema de estacionamiento rotativo tarifado de Ibarra en una de las principales avenidas de la ciudad.



*Figura 1. 3 Estacionamientos Rotativos en Ibarra<sup>6</sup>*

El sistema SERIBARRA (Sistema de Estacionamiento Rotativo y Tarifado de Ibarra) fue creado a inicios de agosto de 2008 con el objetivo de despejar el centro de la ciudad. Se usó en ese entonces señalización vertical azul, como se indica en la figura 1.3, y los sitios de estacionamiento se marcaban con

---

<sup>6</sup>Ibarra es todo, "SERIBARRA aún deja secuelas", 2010

<http://www.ibarraestodo.com/noticias/noticias-antteriores/3100-seribarra-aun-deja-secuelas-.html>

señalización tanto de color verde como de azul. Las plazas verdes se diferenciaban de las azules por estar ubicadas en lugares más concurridos, por lo tanto el pago era distinto. Las tarifas que se fijaron por cada hora de estacionamiento así como el tiempo máximo de ocupación de cada una de las plazas se detallan en la tabla 1.1.

	<b>Pago por hora (US\$)</b>	<b>Tiempo máximo de estacionamiento</b>
<b>Plaza verde</b>	0,40	3 horas
<b>Plaza azul</b>	0,80	1 hora

*Tabla 1. 1 Costos por el uso de los estacionamientos y tiempo máximo de uso*

Sin embargo hubo muchos inconvenientes por el funcionamiento de este sistema, quedando así anulada la ordenanza que permitía su operación en agosto de 2009.

El 25 de noviembre 2009, el Ingeniero Ramiro Chacón, Coordinador de Tránsito de la municipalidad, realizó la propuesta preliminar para la creación de un nuevo sistema de estacionamiento rotativo tarifado, sin embargo recién en mayo de 2010 se puso en marcha el funcionamiento del SISMERT (Sistema de Estacionamiento Municipal Rotativo Tarifado) para dar solución a los problemas de estacionamiento en la ciudad.

El cobro por el uso de las plazas se realiza por medio de la venta de tarjetas prepago. Las tarifas quedaron determinadas en US\$ 0,25 por media hora de estacionamiento y de US\$ 0,40 por cada hora. Existen también las plazas no tarifadas, las cuales; algunas son para uso del municipio, otras son de estacionamiento momentáneo (máximo 5 minutos), y unas pocas asignadas para las tricimotos, motocicletas y bicicletas que transitan por la ciudad.

El sistema considera contravención que un vehículo permanezca en una plaza de estacionamiento dentro de la zona regulada del SISMERT sin el documento que habilite la ocupación de dicha plaza, también lo es la alteración de dicho documento, o si este es colocado de forma incorrecta, o en un lugar poco visible.



Además es objeto de sanción que un vehículo permanezca en la zona regulada luego de haber transcurrido el tiempo acreditado por el documento habilitante. El tiempo máximo permitido es de 3 horas continuas.

La multa asociada a las diferentes contravenciones que no incluyen la inmovilización del vehículo es de US\$ 2,50 la primera vez, y de US\$ 5,00 por reincidencia. Si el vehículo es inmovilizado, la multa es de US\$ 5,00 más el pago por el tiempo de ocupación. Pero si el vehículo es trasladado a los patios del sistema, el infractor deberá pagar además los costos asociados al traslado y custodia que se generen.

### 1.3.4 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN LOJA<sup>7</sup>

En Loja, una ciudad de 190.976 habitantes, se adoptó hace ocho años una medida para descongestionar el tránsito, esta fue la creación del SIMERT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado), que en un inicio su cobertura era de 75 cuadras distribuidas en 35 manzanas ubicadas en el centro de la ciudad, como se muestra en la figura 1.4.

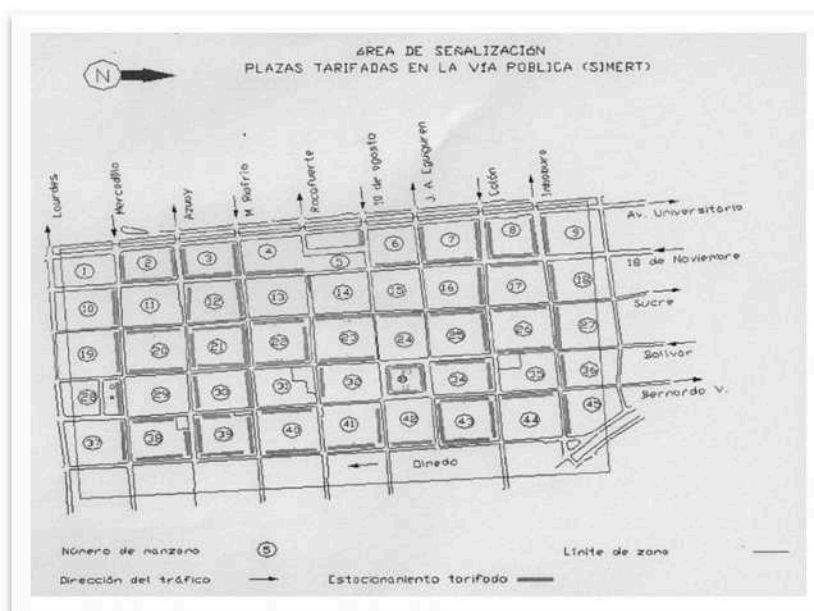


Figura 1. 4 Área de Señalización del SIMERT de la ciudad de Loja (zona central)

<sup>7</sup>Municipio de Loja, "SIMERT", 2011  
<http://www.loja.gov.ec/contenido/simert>

Actualmente el sistema se compone de 2.400 espacios para estacionamiento rotativo, localizados en el área central de la ciudad. El área del SIMERT está compuesta por 100 manzanas dentro de las cuales existen 174 cuadras aptas para estacionamiento. El sistema cuenta ahora con dos zonas, denominadas A y B, cuyos límites se detallan en la tabla 1.2.

	<b>Límites de la Zona A</b>	<b>Límites de la Zona B</b>
<b>Al norte:</b>	Calle José Félix de Valdivieso	Calle Miguel Cano Madrid
<b>Al sur:</b>	Calle Catacocha	Av. Isidro Ayora
<b>Al este:</b>	Calle Juan José Peña.	Av. Salvador Bustamante Celi
<b>Al oeste:</b>	Calle Ramón Pinto	Calle Velasco Ibarra

*Tabla 1. 2 Límites de las Zonas Tarifas del SIMERT*

El sistema opera de forma manual y el control se lo realiza por muestreo. Para poder hacer uso de una plaza de estacionamiento, el usuario debe comprar antes una tarjeta prepago. En esta tarjeta se debe indicar la fecha y hora del ingreso del vehículo al sistema. Las tarjetas cuentan con unos recuadros con hendiduras que el usuario deberá desprender para indicar su permanencia en el sistema. El costo de las tarjetas prepago es de US\$ 1,50 y US\$ 3,00, y el tiempo máximo de estacionamiento continuo es de 3 horas.

El usuario tendrá un tiempo de gracia de 15 minutos, que aplica luego de finalizado el tiempo registrado en la tarjeta, pero si el tiempo sobrepasado es de 16 a 30 minutos el controlador extenderá una citación al usuario, que corresponde a una multa de US\$ 3,00. Existen otras sanciones, las mismas que se detallan en la tabla 1.3.

<b>MOTIVO DE LA SANCIÓN</b>	<b>VALOR A PAGAR</b>
Ausencia de Tarjeta	US\$ 10,00
Alteración de Tarjeta	US\$ 10,00
Retraso de 16 a 30 min.	US\$ 3,00
Retraso de 31 a 60 min	US\$ 5,00 e inmovilización
Retraso de 121 min	US\$ 40,00 y remolque con grúa

*Tabla 1. 3 Motivos y valores de las sanciones fijadas por el SIMERT*

### 1.3.5 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN QUITO

El Sistema Zona Azul es un proyecto municipal que se enmarca en el Plan Maestro de Movilidad 2009 – 2025 y se sustenta en la Ordenanza Metropolitana No. 0221, la Resolución No. 0555, el Reglamento No. 0455, y la Ordenanza Metropolitana No. 031. Su objetivo principal es devolver a los usuarios el derecho a utilizar la vía pública de una manera organizada y ordenada a través de la generación de una oferta permanente de espacios libres para estacionamiento<sup>8</sup>.

La primera fase del Proyecto fue implementada en el sector de La Mariscal con 1.644 plazas de estacionamiento distribuidas en un área comprendida desde la Av. Patria hasta la Av. Colón y desde la Av. 10 de Agosto hasta la Av. 12 de Octubre. La figura 1.5 se presenta un mapa del centro-norte de Quito, en el que se resalta la cobertura de la Zona Azul.



Figura 1. 5 Mapa de expansión de la Zona Azul en Quito<sup>9</sup>

<sup>8</sup>Consejo Metropolitano de Quito, “Ordenanza Metropolitana No. 0111”, 2003 [http://www7.quito.gov.ec/mdmq\\_ordenanzas/Ordenanzas/ORDM-111%20-%20QUITO%20ZONA%20AZUL%20-%20SISTEMA%20DE%20ESTACIONAMIENTOS.pdf](http://www7.quito.gov.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDM-111%20-%20QUITO%20ZONA%20AZUL%20-%20SISTEMA%20DE%20ESTACIONAMIENTOS.pdf)

<sup>9</sup>Diario Hoy, “Zona azul abarca dos sectores más”, 27 de Enero de 2011 <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/zona-azul-abarca-dos-sectores-mas-455294.html>

En su segunda fase, etapa uno, la Zona Azul se amplía hasta los sectores de La Carolina y La Pradera en un perímetro delimitado por las avenidas: Francisco de Orellana al sur, 10 de Agosto al este, Naciones Unidas al norte y 6 de Diciembre al oeste. La etapa dos de la segunda fase del proyecto incluye dos zonas más de expansión en los sectores: el Congreso y Santa Prisca.

Para poner en marcha el Sistema Zona Azul, la EPMMOP a través de la Gerencia de Terminales y Estacionamientos realizó trabajos de: marcación de vías, 6.483m<sup>2</sup> en señalización horizontal, instalación de 570 rótulos en señalización vertical, se habilitó tres oficinas de Recaudo y una de Supervisión, incorporación de 112 efectivos de Policía Metropolitana para actividades de control y regulación, y se realizaron talleres de socialización con los 300 vigilantes del sector que se incorporaron al proyecto en calidad de Proveedores de las tarjetas Zona Azul.

Al arrancar el funcionamiento del sistema se vendían tarjetas prepago, como la que se indica en la figura 1.6, el costo de cada una de ellas dependía de las horas no consecutivas de uso de estacionamiento que permitían. Las tarjetas para dos horas de uso tenían un costo de US\$ 0,80, mientras que las de 4 y 6 horas costaban US\$ 1,60 y US\$ 2,40 respectivamente.



*Figura 1. 6 Vista del anverso y reverso de las cartillas que se vendían para el uso de los estacionamientos en la Zona Azul*

Para estacionar un vehículo en la Zona Azul, el usuario debe previamente adquirir una tarjeta prepago de los proveedores autorizados. Actualmente se venden tarjetas para usar una sola vez, que tienen un costo de US\$ 0,40 y facultan el uso del estacionamiento por no más de 60 minutos. Un vehículo puede permanecer en la Zona Azul por un tiempo no mayor a 120 minutos.

El sistema considera como contravenciones: el estacionar un vehículo en la zona tarifada sin haber realizado previamente el pago correspondiente al tiempo de estacionamiento, exceder el tiempo de uso del estacionamiento que haya sido cubierto mediante el pago de la tarifa respectiva y alterar, falsificar u ocultar intencionalmente el dispositivo de control respectivo. El valor que el infractor deberá cancelar en cualquiera de los casos mencionados corresponde al diez por ciento (10%) del salario mínimo unificado.

### **1.3.6 SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO EN RIOBAMBA**

En Riobamba se encuentra operando el SEROT (Sistema de Estacionamiento Rotativo Controlado Tarifado Manual). El objetivo principal del sistema es permitir que el estacionamiento en la vía pública se realice de una manera organizada y ordenada, a través de un sistema de control tarifado manual que permita la generación de una oferta permanente y continua de espacios libres para estacionamiento.

El SEROT arrancó su funcionamiento en el año de 2008 con 396 plazas ubicadas en 21 manzanas de la región céntrica de la ciudad. Se necesitó de 20 funcionarios y 3 inspectores para su operación. A inicios de 2009 entró a funcionar la segunda etapa del sistema, cubriendo así un total de 110 cuadras.

El mecanismo de cobro por el uso de estacionamientos se lo realiza a través de la venta de tarjetas prepago, cada una tiene un valor de US\$ 0.20, requisito único para que el usuario pueda hacer uso del parqueo por una hora dentro del sistema. Luego de transcurrido el tiempo correspondiente al pago realizado se le permite al usuario gozar de 10 minutos de gracia, pero si después de ello el vehículo sigue

estacionado se extiende la sanción respectiva, ya que es obligatoria la rotación del vehículo al final del periodo establecido.

El control en el uso de los estacionamientos está a cargo de inspectores y policías municipales, quienes tendrán asignadas áreas específicas para verificar que se cumplan con los tiempos de estacionamiento marcados en los vehículos.

Las multas por las diferentes infracciones consideradas por el sistema son emitidas por los controladores y/o inspectores en los casos que se explican en la tabla 1.4. Estas infracciones se deben a irregularidades relacionadas a las tarjetas prepago, ausencia o alteración, o a su vez por no respetar los tiempos señalados en los reglamentos del sistema<sup>10</sup>.

TIPO DE INFRACCIÓN	MULTA
Ausencia de tarjeta	US\$ 10 de multa e inmovilización
Alteración de tarjeta	US\$ 10 de multa e inmovilización
Retraso de 5 a 30 minutos luego del tiempo señalado.	US\$ 5 de multa e inmovilización
No respeto al tiempo máximo permitido indicado en la señalética.	US\$ 5 de multa e inmovilización
Retraso de 30 a 60 minutos luego del tiempo señalado.	US\$ 10 de multa e inmovilización
Retraso de más de 60 minutos luego del tiempo señalado.	US\$ 30 por servicio de remolque y multa

*Tabla 1. 4 Tipos de infracciones y multas establecidas por el SEROT*

## 1.4 ANÁLISIS COMPARATIVO

Después de haber revisado cómo funcionan los sistemas de estacionamiento rotativo tarifado, es necesario resumir de manera breve cuales son las virtudes que presentan cada uno de ellos, frente a los defectos correspondientes, este resumen se presenta en la tabla 1.5.

<sup>10</sup>Consejo Cantonal de Riobamba, "Ordenanza No. 010-2009", 2009  
<http://www.municipioderiobamba.gob.ec>

<b>Ciudad</b>	<b>Nombre del Sistema</b>	<b>Mecanismo de Cobro</b>	<b>Mecanismo de Control</b>
<b>Ambato</b>	SIMERT	Venta de Tickets (15, 30 o 60 minutos)	Vendedores y Supervisores
<b>Cuenca</b>	SERT	Venta de tarjetas prepago o pago de mensualidad	Controladores
<b>Ibarra</b>	SISMERT	Venta de tarjetas prepago	Inspectores y Supervisores
<b>Loja</b>	SIMERT	Venta de tarjetas prepago	Fichas de control, radios, motos, vehículos
<b>Quito</b>	ZONA AZUL	Venta de tarjetas prepago	Vendedores y policías metropolitanos
<b>Riobamba</b>	SEROT	Venta de tarjetas prepago	Empleados del sistema

*Tabla 1. 5 Características de operación de los sistemas rotativos tarifados*

## **1.5 PROBLEMAS CON LOS ESTACIONAMIENTOS ROTATIVOS TARIFADOS**

Se aprecia, luego de revisar la situación actual de los sistemas de estacionamiento rotativo tarifado en el país, que en su totalidad el mecanismo de cobro por el tiempo de estacionamiento se realiza a través de la venta de tarjetas prepago, y el control está a cargo de los mismos vendedores, de un grupo de supervisores, o de la policía municipal. Estas condiciones originan las siguientes irregularidades:

- Alteración en las tarjetas prepago. Este caso se da al momento en que el usuario escriba en la tarjeta prepago una hora o una fecha de llegada del vehículo al sistema que no sea verdadera. Este hecho corresponde un una infracción, y el usuario es sancionado al detectarse dicha anomalía, pero ocurre en repetidas ocasiones que el vigilante o inspector de turno no se percate a tiempo de la contravención cometida.
- Incumplimiento en los horarios de venta de las tarjetas prepago. Muchas veces alguien llega a querer hacer uso del sistema, pero no tiene la tarjeta

prepago. Esa persona necesita comprar una tarjeta prepago, pero en muchas ocasiones no hay un vendedor cerca. En ese caso el usuario puede perder mucho tiempo esperando hasta que un vendedor aparezca, porque si este deja su vehículo en el estacionamiento tarifado sin la tarjeta prepago, al volver puede encontrarse con la penosa sorpresa de que su vehículo ha sido inmovilizado.

- Incumplimiento en los horarios de control de los estacionamientos. Este es un problema relativo a la negligencia en el cumplimiento de los horarios establecidos por parte de quienes están designados a controlar el correcto uso de los estacionamientos.
- Evasión en el pago de las multas. Un ejemplo claro de esto se da en la ciudad de Cuenca, en la que los infractores adeudan un total de US\$ 1.390.000 al sistema desde su creación<sup>11</sup>.

Los diferentes sistemas como actualmente se muestran, debido a que su funcionamiento es manual, se prestan a que puedan darse varios tipos de fraude tanto por parte de quienes venden las tarjetas prepago como de quienes controlan el correcto uso de los estacionamientos, e incluso por parte de los usuarios.

Los frecuentes problemas existentes hacen que se produzca un malestar en los usuarios, los que en su mayoría manifiestan repetidamente su descontento y rechazo en contra del ineficiente sistema de estacionamiento que tienen en su ciudad.

Es necesario entonces implementar un equipo que permita controlar el correcto uso de los estacionamientos rotativos tarifados, y frenar así las diferentes irregularidades existentes en la mayoría de ciudades que cuentan con estos sistemas de estacionamiento rotativo tarifado.

---

<sup>11</sup>Diario El Tiempo, "SERT no recupera cartera vencida", 14 de Diciembre de 2009  
<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/29719-sert-no-recupera-cartera-vencida/>



## 1.6 PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

Es conveniente el diseño de un equipo electrónico, el que estará instalado en una acera donde tenga cobertura el sistema de estacionamiento rotativo tarifado. El usuario al acceder a este equipo electrónico, podrá indicar el tiempo de permanencia de su vehículo en la cobertura en el sistema y realizar el pago correspondiente. El equipo electrónico tiene la capacidad de realizar el cobro por el servicio de estacionamiento, y a su vez emite un comprobante para garantía del usuario sobre el pago realizado.

El comprobante de pago llevará impreso un identificador único, un código de barras, que contiene información tanto del usuario como de la transacción realizada; hora de llegada del vehículo, valor cancelado o descontado, etc.

Por cada evento de facturación el prototipo informa a un centro de control o central de monitoreo; la hora de llegada del usuario, el tiempo de estacionamiento indicado. Periódicamente el equipo envía reportes sobre su estado, la cantidad de dinero recaudado, también notifica de manera casi instantánea algún estado de alarma que se presente.

Una ventaja con la instalación del equipo electrónico es que el dinero recaudado estará seguro dentro del equipo. Además con ayuda de los reportes, entregados por el equipo al servidor, y con el debido control se podrá llevar un registro que garantice el correcto cobro de las multas.

De lo anotado, fácilmente se puede distinguir que un sistema de esta magnitud, entre sus componentes debería tener dispositivos: de entrada, de salida, de comunicación y otros que permitan la facturación.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DEL PROTOTIPO

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

En muchas de las grandes ciudades alrededor del mundo, se han desarrollado y se encuentran en operación equipos electrónicos capaces de cobrar por el tiempo de estacionamiento y/o controlar que se respeten los reglamentos sobre el uso de los espacios destinados al parqueo. Se pueden mencionar al respecto ciudades como: Londres, Madrid, Los Ángeles, Curitiba, etc.

En el Ecuador en cambio, si bien es cierto se encuentran funcionando varios sistemas de estacionamiento rotativo tarifado, en ninguno existe un parquímetro que ayude a automatizar el control en el uso de las plazas tarifadas. La única evolución que ha existido ha sido la expansión de sus coberturas en los centros de las ciudades en donde operan y el incremento en las tarifas. El servicio que ofrecen estos sistemas sigue siendo el mismo y los problemas han sido constantemente evadidos o las soluciones que se han dado no han tenido la efectividad esperada.

De los diferentes tipos de parquímetros electrónicos sobresalen dos categorías; los que sirven para la facturación y/o control de una sola plaza y los que son capaces de facturar por el uso de varios estacionamientos.

Los equipos destinados al control y/o la facturación de una sola plaza se asemejan a un temporizador, como el que se indica en la figura 2.1; estos equipos cuentan por lo general con una aguja que se desliza sobre una escala de tiempo, conforme el usuario ingrese monedas en el equipo, la pluma se aleja de su posición original, mientras transcurre el tiempo la pluma se desplaza lentamente en dirección al inicio, al cual regresará luego de transcurrido el tiempo por el que se ha pagado.



Figura 2. 1 Parquímetro para el control de un solo estacionamiento<sup>12</sup>

Por otro lado los equipos, como los que se muestran en la figura 2.2, que pueden facturar y de alguna manera llevar el control simultáneo de varios espacios de estacionamiento, por lo general de una misma cuadra, son dispositivos más complejos. En su mayoría estos equipos cuentan con una pantalla y un teclado para que el usuario pueda interactuar con el sistema; además, estos no solamente facturan el uso de los estacionamientos mediante el ingreso de monedas, sino que también pueden hacerlo a través de la lectura de tarjetas magnéticas o de RFID (siglas de *Radio-Frequency Identification*: identificación por radio frecuencia).



Figura 2. 2 Parquímetros para el control de varios estacionamientos<sup>13</sup>

<sup>12</sup>Can Stock Photo, "Estacionamiento ilustraciones y clipart"  
<http://www.canstockphoto.es/ilustracion/estacionamiento.html>

<sup>13</sup>Disponible en: <http://www.tecnologia-ciencia.com.ar/quien-invento-el-parquimetro>

Al prototipo desarrollado se lo denomina PROSERT (Prototipo para Sistemas de Estacionamiento Rotativo Tarifado) y es una iniciativa que pretende dar solución a: la facturación, el control y monitoreo de varios estacionamientos en un sistema rotativo tarifado. El equipo electrónico se compone de una pantalla, un teclado, un monedero electrónico, una impresora de tickets, dispositivos de lectura (lector de código de barras y lector de tarjetas RFID) y para hacer posible el monitoreo remoto de los estacionamientos dispone de un módem GPRS.

## **2.2 CONSIDERACIONES SOBRE LA EMISIÓN DE COMPROBANTES**

Para el diseño del prototipo PROSERT se ha establecido tres categorías de clientes:

- Clientes fijos.
- Clientes frecuentes.
- Clientes ocasionales.

Se considera cliente fijo a una persona que hace uso de un estacionamiento a diario. Esta persona debe ser registrada en el sistema, y a ella se le entregará una tarjeta de RFID, que le permitirá usar el estacionamiento tarifado. El usuario deberá pasar la tarjeta por el lector para ser identificado y deberá también seleccionar el tiempo de permanencia en el sistema. A este cliente se le podrá cobrar por el servicio de estacionamiento al final de cada mes.

Un cliente frecuente es quien hace uso de un estacionamiento una o dos veces por semana, este puede adquirir, como se hace actualmente en la mayoría de sistemas de estacionamientos, una cartilla con un código de barras, pero el usuario no tendrá que escribir nada, sino que solo deberá pasar el código por el respectivo lector para que el sistema lo identifique, además deberá señalar el tiempo que hará uso del sistema.

Un cliente ocasional es el que hace uso del estacionamiento tarifado, pero muy esporádicamente. Este usuario deberá utilizar únicamente el monedero

electrónico, el dinero depositado debe cubrir el tiempo que el usuario desee dejar estacionado su vehículo.

Al final de la transacción, para cualquier tipo de usuario, el equipo tendrá que imprimir un comprobante con un código de barras que el cliente deberá colocar dentro de su vehículo, de modo que sea visible desde el exterior.

Todas las operaciones realizadas con el equipo son reportadas al servidor de monitoreo. El prototipo arma una secuencia de caracteres por cada vez que un vehículo sea estacionado, la cual llega al servidor de monitoreo con la ayuda del módem y utilizando la redes GPRS e Internet.

## **2.3 CONSIDERACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO A LA INTEMPERIE**

Las principales características a tomar en cuenta, dado que el equipo funciona a la intemperie, son:

- Seguridad.
- Tamaño y peso.
- Material de la caja contenedora.
- Continuidad del servicio eléctrico.
- Impermeabilidad.

### **2.3.1 SEGURIDAD**

El prototipo "PROSERT" alberga en su interior un contenedor, donde son depositadas las monedas que han sido ingresadas. Además cuenta con varios equipos y dispositivos, cuyo valor total es considerable. Por lo tanto se tiene que de alguna manera garantizar que la inversión en equipos y la recaudación no se muestren vulnerables, en caso de que alguien quisiera violentar el sistema.

### **2.3.2 TAMAÑO Y PESO**

Los elementos internos no deben ser muy pesados para que el prototipo pueda colocarse fácilmente en donde sean realizadas las pruebas de funcionamiento.

También la dimensión de dichos elementos debe ser la menor posible, el objetivo es que la instalación del prototipo produzca la menor obstrucción en la acera.

### **2.3.3 MATERIAL DE LA CAJA CONTENEDORA**

El material de la caja debe presentar alta resistencia frente a las difíciles condiciones ambientales que se presenten (lluvia, granizada, temperaturas extremas<sup>14</sup>, etc.), también debe permitir la comunicación del módem sin interferencias. El material de la caja contenedora debe ser de preferencia metálico y las antenas deberán ser colocadas en el exterior.

### **2.3.4 CONTINUIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO**

Es importante monitorear el servicio eléctrico para que en caso de falla del mismo se puedan tomar acciones, ya que el prototipo no funciona sin el suministro de energía eléctrica. Más que una consideración, la continuidad del servicio eléctrico es una exigencia. En caso de ocurrir un imprevisto, se tiene pensado el uso de una batería de emergencia.

### **2.3.5 IMPERMEABILIDAD**

Es importante que el prototipo no permita el paso de agua al interior de la caja, de forma que no se produzca un daño en los dispositivos electrónicos internos. Además del agua se tiene que prevenir el ingreso de polvo, cuya acumulación dentro de la caja podría perjudicar el correcto funcionamiento del equipo, se ha prestado especial atención a este parámetro en la etapa de construcción del prototipo.

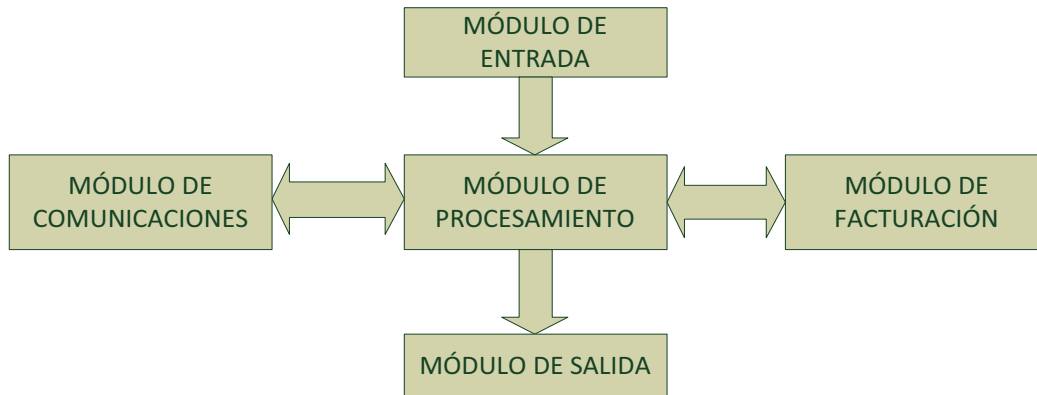
## **2.4 DIAGRAMA EN BLOQUES DEL PROTOTIPO**

La figura 2.3 presenta el diagrama en bloques del equipo electrónico implementado, para el control y la facturación en los sistemas de estacionamiento

---

<sup>14</sup>La compañía americana POM, dedicada a la elaboración de parquímetros, especifica para sus productos temperaturas de operación en el rango de -40°C a +85°C. En el Ecuador, según cifras del INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología), las temperaturas extremas no salen del rango anteriormente indicado.

rotativo tarifado, cada bloque corresponde a un módulo, que no es más que un conjunto de elementos con una funcionalidad en particular.



*Figura 2. 3 Diagrama en bloques de los componentes del prototipo*

La parte principal del prototipo, como se ve en la figura 2.3, es el sistema microprocesado o módulo de procesamiento. Al módulo de entrada corresponden todos los dispositivos de lectura e ingreso de datos que se usan. El módulo de salida se encarga de mostrar la información requerida. El módulo de facturación, en cambio, comprende los dispositivos que hacen posible el cobro por el uso de los estacionamientos como son: el monedero electrónico y la impresora de los comprobantes de pago. Por último el módulo de comunicaciones, que tiene comunicación bidireccional con el sistema microprocesado, es el que permite el monitoreo remoto de los estacionamientos, dispuestos en la cercanía del prototipo, desde un servidor con sistema operativo Linux.

Para poder explicar el proceso de diseño se consideran tres componentes básicos; hardware, firmware y software. A cada componente se asocian los diferentes módulos de entrada, salida y de comunicaciones. El hardware se compone de todas las partes físicas presentes en el prototipo. El firmware representa el conjunto de instrucciones que controla el funcionamiento de los circuitos electrónicos del sistema microprocesado, en este caso el firmware es el código de máquina que se escribe en la memoria de programa del microcontrolador. Por último el software está relacionado con el socket de comunicaciones que se ejecuta en el servidor de monitoreo.

En este capítulo se revisa únicamente lo correspondiente al hardware del prototipo y al software necesario en el servidor. La parte del firmware se especifica en el capítulo 3.

## 2.5 HARDWARE DEL PROTOTIPO

En la figura 2.4 se muestra el diagrama de bloques para el hardware del prototipo desarrollado "PROSERT", y por cada módulo se indican los dispositivos relacionados.

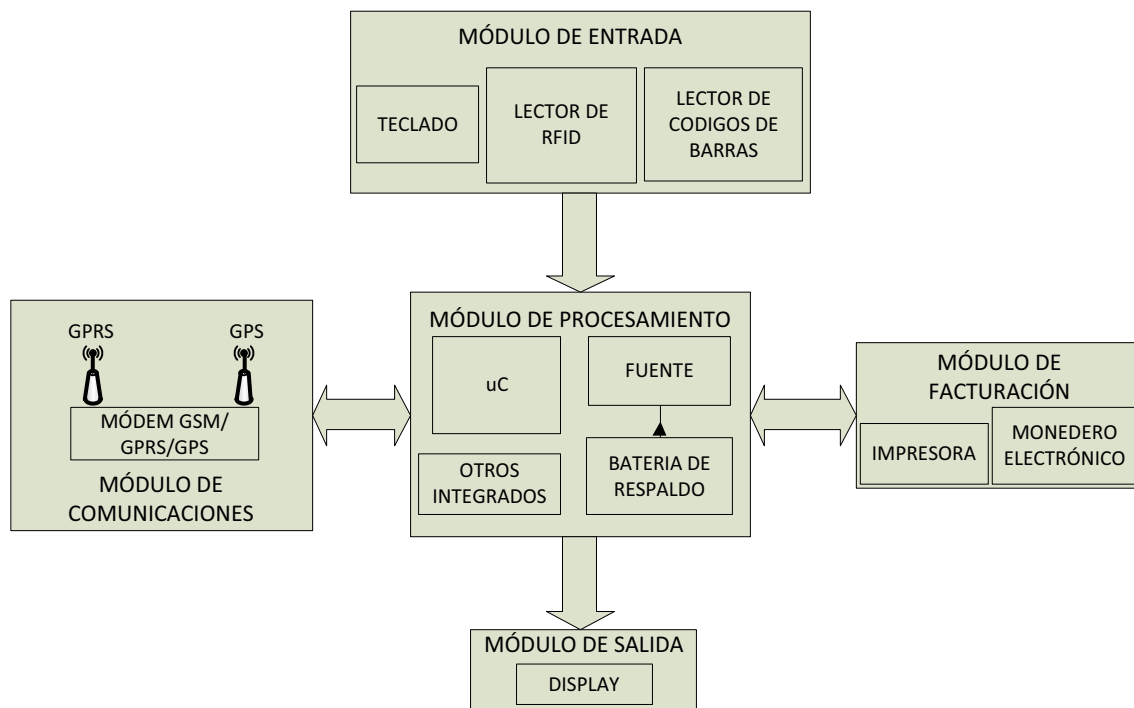


Figura 2. 4 Esquema en diagrama de bloques del hardware

La interacción entre el prototipo y el cliente es posible a través del display y el teclado. Cada tipo de cliente, con excepción del ocasional, debe de alguna manera identificarse en el sistema, para ello podrá usar una tarjeta de RFID o una cartilla con códigos de barras, por esto se incluyen en el diseño los dos lectores correspondientes. Para que el usuario pueda tener una garantía sobre el pago realizado y por motivos de control, este debe recibir un ticket o comprobante, por esa razón el prototipo dispone de una impresora de tickets.



A continuación se presenta en detalle la selección de cada uno de los componentes incluidos en los diferentes módulos que integran el prototipo, explicando también su funcionamiento y sus características principales.

## 2.5.1 SISTEMA MICROPROCESADO

El sistema microprocesado es el encargado de manejar los diferentes dispositivos periféricos, por lo tanto es la parte principal del prototipo. Los siguientes numerales presentan la selección del microcontrolador y la justificación respecto del uso de otros circuitos integrados.

### 2.5.1.1 Selección del microcontrolador

Dada la amplia oferta de chips se deben fijar parámetros que ayuden a la selección del microcontrolador más adecuado.

Para señalar los requerimientos del microcontrolador, lo más importante es considerar el tipo de comunicación que se establece con los diferentes dispositivos que se usan, dicha información se aprecia en la tabla 2.1, con cuyos datos se definen los parámetros de selección necesarios, en fin, el objetivo es determinar el número de entradas y salidas requeridas, al igual que las características periféricas; interfaces de comunicación y entradas de interrupción que permitan el completo funcionamiento del prototipo.

Dispositivo	Tipo de comunicación entre el dispositivo y el microcontrolador
Display	en paralelo (8 bits de datos)
Teclado	por interrupciones (3 líneas)
Impresora	salida serial
Monedero electrónico	entrada de interrupción
Lector de RFID	entrada serial
Lector de Códigos de Barras	entrada serial
Módem GSM/GPRS	serial (bidireccional)

*Tabla 2. 1 Tipo de comunicación con los diferentes dispositivos.*

Luego, con las explicaciones de los diferentes módulos que se abordan en temas posteriores, se justificarán debidamente los tipos de comunicación anotados en la tabla 2.1. La interfaz serial es muy común tanto en microcontroladores como en dispositivos periféricos como los que se usan en el desarrollo del prototipo, por eso es que se la toma muy en cuenta.

Las principales características necesarias para la selección del microcontrolador son: disponibilidad de más de un puerto serial, cantidad de pines, disponibilidad de un suficiente número de entradas de interrupción, velocidad de procesamiento, disponibilidad de herramientas de programación y la capacidad de almacenamiento de sus memorias.

#### 2.5.1.1.1 Disponibilidad de interfaces seriales

Es necesario más de un puerto serial, ya que el microcontrolador debe establecer comunicación serial con varios dispositivos: un módem (bidireccional), una impresora y dos lectores. Se podría pensar en usar un puerto por cada dispositivo, pero se necesitarían en ese caso 4 puertos seriales. Sin embargo, la mayoría de microcontroladores comerciales cuentan con uno o máximo dos puertos. En la figura 2.5 se muestra la solución por la que se ha optado con el fin de reducir el requerimiento a únicamente dos puertos seriales.

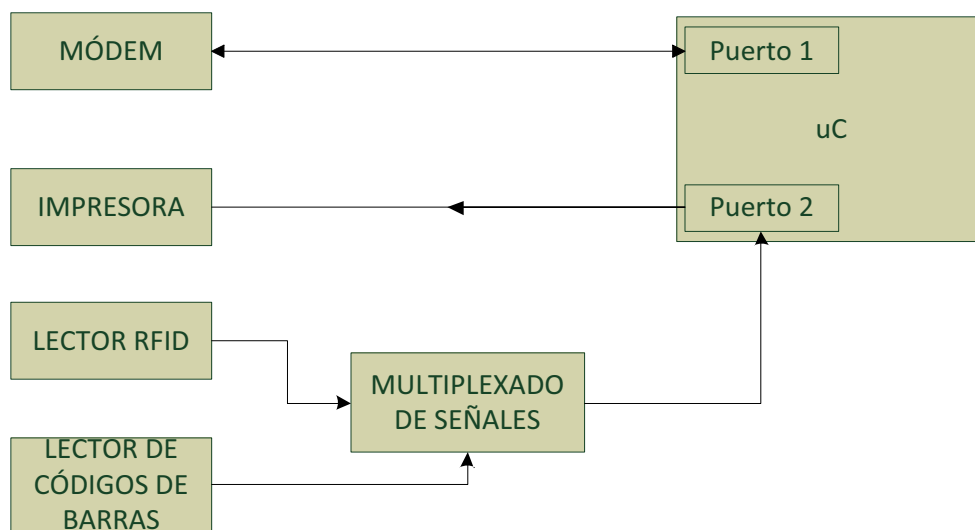


Figura 2. 5 Utilización de los puertos seriales del microcontrolador

### 2.5.1.1.2 Cantidad de pines y entradas de interrupción

Para manejar el display se necesita de un bus de 8 bits para datos y de seis líneas adicionales para el control, el teclado está conformado por solo tres pulsadores (3 entradas de interrupción), para los dos puertos seriales de comunicación se precisan 4 pines (2 TXs y 2 RXs), para el monedero electrónico se requiere únicamente de un pin que también debe ser entrada de interrupción. Para manejar el multiplexado de las señales, puesto que son solo dos, se necesita un solo pin de selección (dos estados). Además se debe considerar un pin para conectarlo a un zumbador.

Por consiguiente con un microcontrolador de 4 puertos de 8 bits cada uno, estaría cubierto el requerimiento en cuanto a la cantidad de pines, pero se debe considerar que al menos cuatro de ellos deberían poder ser configurados como entradas de interrupción.

### 2.5.1.1.3 Velocidad de Procesamiento

Dado que el equipo debe interactuar con el usuario, la respuesta del microcontrolador debe ser casi instantánea. La velocidad de procesamiento está relacionada a la frecuencia de operación del chip, llamada también frecuencia de reloj, por lo general en MHz, o con el número de ciclos de máquina que se tienen por cada segundo. Por lo general, los microcontroladores comerciales cuentan con fusibles que se pueden programar con el fin de seleccionar una frecuencia de reloj adecuada. En la tabla 2.2 se presenta la frecuencia de reloj de microcontroladores diferentes.

	<b>ATMega644P</b>	<b>Intel 8052</b>	<b>PIC16F747</b>
<b>Frecuencia de Reloj</b>	hasta 20MHz	hasta 12Mhz	hasta 8MHz

*Tabla 2. 2 Frecuencia de reloj de tres microcontroladores diferentes*

La potencia de disipación depende de la frecuencia de reloj que se escoja, por lo general, a mayor frecuencia de reloj mayor es la disipación. Pero también hay que considerar que el error en la comunicación serial es inversamente proporcional a

la frecuencia de reloj. En la figura 2.6 se presentan los porcentajes de error en la comunicación serial en función de la frecuencia de reloj y la tasa de transmisión, estos valores son exclusivos para el microcontrolador ATmega644P.

Baud Rate (bps)	$f_{osc} = 8.0000 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 11.0592 \text{ MHz}$				$f_{osc} = 14.7456 \text{ MHz}$			
	U2Xn = 0		U2Xn = 1		U2Xn = 0		U2Xn = 1		U2Xn = 0		U2Xn = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	207	0.2%	416	-0.1%	287	0.0%	575	0.0%	383	0.0%	767	0.0%
4800	103	0.2%	207	0.2%	143	0.0%	287	0.0%	191	0.0%	383	0.0%
9600	51	0.2%	103	0.2%	71	0.0%	143	0.0%	95	0.0%	191	0.0%
14.4k	34	-0.8%	68	0.6%	47	0.0%	95	0.0%	63	0.0%	127	0.0%
19.2k	25	0.2%	51	0.2%	35	0.0%	71	0.0%	47	0.0%	95	0.0%
28.8k	16	2.1%	34	-0.8%	23	0.0%	47	0.0%	31	0.0%	63	0.0%
38.4k	12	0.2%	25	0.2%	17	0.0%	35	0.0%	23	0.0%	47	0.0%
57.6k	8	-3.5%	16	2.1%	11	0.0%	23	0.0%	15	0.0%	31	0.0%
76.8k	6	-7.0%	12	0.2%	8	0.0%	17	0.0%	11	0.0%	23	0.0%
115.2k	3	8.5%	8	-3.5%	5	0.0%	11	0.0%	7	0.0%	15	0.0%
230.4k	1	8.5%	3	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	3	0.0%	7	0.0%
250k	1	0.0%	3	0.0%	2	-7.8%	5	-7.8%	3	-7.8%	6	5.3%
0.5M	0	0.0%	1	0.0%	-	-	2	-7.8%	1	-7.8%	3	-7.8%
1M	-	-	0	0.0%	-	-	-	-	0	-7.8%	1	-7.8%
Max. <sup>(1)</sup>	0.5 Mbps		1 Mbps		691.2 kbps		1.3824 Mbps		921.6 kbps		1.8432 Mbps	

Figura 2. 6 Error en la comunicación serial en función de la frecuencia de reloj y tasa de transmisión<sup>15</sup>

#### 2.5.1.1.4 Herramientas de Programación

Para los microcontroladores de Microchip (PICs) existen herramientas informáticas como Microcode o MPLab, con las cuales se puede desarrollar el firmware para el microcontrolador. Además estas aplicaciones pueden interactuar con diferentes tipos de circuitos programadores, los que son capaces de grabar el código de máquina en las memorias del microcontrolador.

Herramientas de programación similares a las que se usan para PICs se tienen para los microcontroladores de la familia AVR, las más conocidas son; BASCOMAVR, AVRSTUDIO, CODEVISION, etc. También se encuentra disponible en el mercado una amplia gama de programadores, los más comunes

<sup>15</sup>ATMEL, "Hoja de datos ATmega644p", 2011  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8011.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf)

son los que usan el estándar de comunicaciones SPI (siglas de *Serial Peripheral Interface*, en español interfaz periférico serial).

#### 2.5.1.1.5 Memorias

Por lo general un microcontrolador cuenta con varios tipos de memorias para su funcionamiento; las más importantes son; la memoria de programa (ROM) y la memoria de datos (RAM).

La memoria ROM (siglas de *Read Only Memory*: memoria solo de lectura) es la encargada de albergar el programa en sus localidades, por ello su característica de solo lectura. Sin embargo se requiere de programar esta memoria más de una vez, por lo tanto debe ser una memoria reprogramable, es así que últimamente estas memorias ROM son de tipo flash, y gracias a ello se tienen miles de ciclos de lectura/escritura. La memoria RAM (siglas de *Random Access Memory*: memoria de acceso aleatorio), en cambio, es la que permite manejar las diferentes variables que se utilizan en el programa.

En cuanto a requerimientos de memoria, mientras mayor la capacidad mejor, ya que se tendrán menos restricciones al momento de la programación del microcontrolador. En la tabla 2.3 se detallan las cantidades de memorias de tres microcontroladores diferentes.

	<b>ATMega644p</b>	<b>Intel 8052</b>	<b>PIC16F747</b>
<b>Memoria RAM</b>	4KB	256B	368B
<b>Memoria de Programa</b>	64KB	8KB	4KB

*Tabla 2. 3 Disponibilidad de memoria de tres microcontroladores diferentes*

#### 2.5.1.2 ATmega644p<sup>16</sup>

Se elige el microcontrolador ATmega644p porque cumple con los requisitos exigidos; cuenta con dos puertos seriales, la cantidad de memoria es la suficiente (64 KBytes de memoria de programa Flash, 2 KBytes de memoria EEPROM y 4

<sup>16</sup>ATMEL, "Hoja de datos ATmega644p", 2011  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8011.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf)

KBytes de SRAM), tiene 4 puertos de entrada/salida de 8 pines cada uno. Además, a cualquier pin de cualquier puerto E/S se le puede configurar como entrada de interrupción. A continuación se listan sus principales características y en la figura 2.6 se presenta su distribución de pines.

- Arquitectura RISC<sup>17</sup> avanzada.
- Hasta 16MIPS (*Millones de Instrucciones Por Segundo*).
- 64KBytes de Memoria Flash. Durabilidad: 10.000 ciclos escritura/ borrado.
- 2 KBytes de memoria EEPROM<sup>18</sup>: 100.000 ciclos escritura/borrado.
- 4 KByte de SRAM (RAM estática) interna.
- 2 temporizadores/contadores de 8 bits.
- 1 temporizador/contador de 16 bits.
- 6 canales PWM.
- 8 canales ADC de 10 bits.
- Interface a dos hilos TWI (*Two Wire interface*).
- 2 puertos seriales programables.
- Interfaz serial periférica SPI (*Serial Peripheral Interface*), Maestro/esclavo.
- Comparador análogo integrado.
- Oscilador RC interno calibrado.
- Fuentes de interrupción externas e internas.
- 32 líneas I/O programables.

---

<sup>17</sup>RISC, del inglés *Reduced Instruction Set Computer*, en español procesador de conjunto reducido de instrucciones.

<sup>18</sup>EEPROM son las siglas de *Electrically-Erasable Programmable Read Only Memory*, en español ROM programable y borrrable eléctricamente.

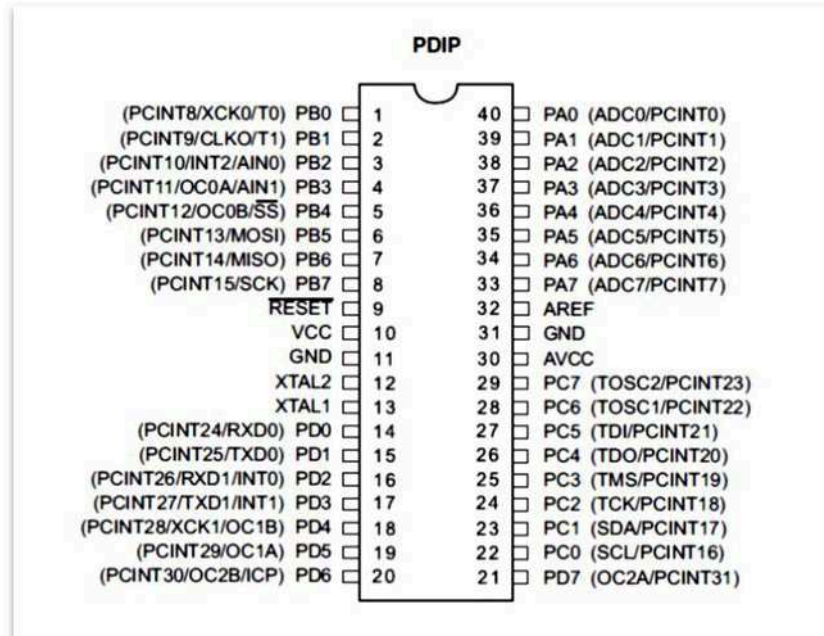


Figura 2. 7 Distribución de los pines del microcontrolador ATmega644p

Con el fin de tener un mínimo error en las comunicaciones seriales, lo aconsejable es usar un cristal externo, en este caso uno de 11,0952 MHz. Para mejorar la operación del cristal el fabricante recomienda colocar capacitores cerámicos entre cada uno de sus pines y tierra. La capacitancia de estos debe fluctuar entre 12 y 22 pF, cuando se trabaja en el rango de frecuencias de 0.9 a 16 MHz. En la figura 2.7 se presenta un diagrama esquemático con el circuito de reinicio o reset y la conexión con el cristal externo.

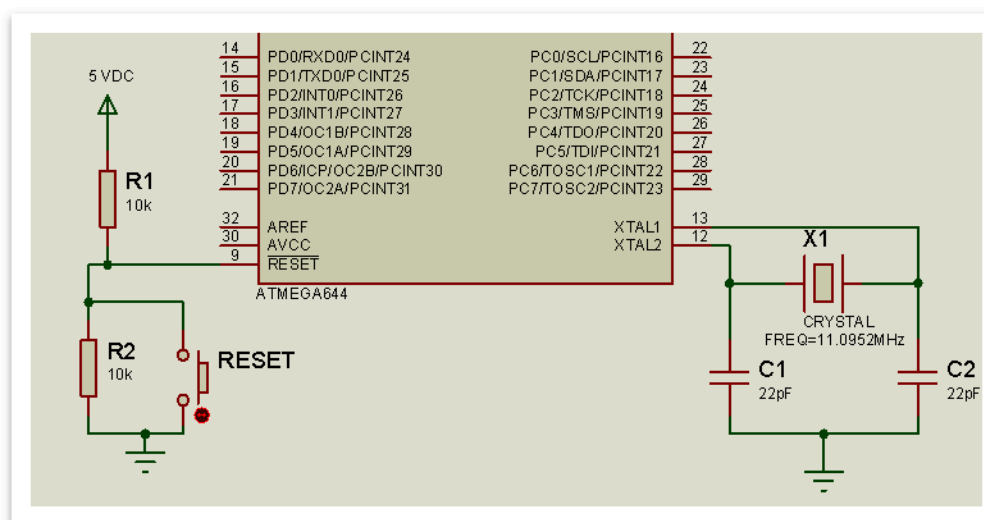


Figura 2. 8 Circuito de Reset y circuito para operación con cristal externo

### 2.5.1.3 Otros Circuitos Integrados

El corazón del sistema microprocesado es sin duda el microcontrolador ATmega644p, pero hay que considerar también ciertas características de los otros circuitos integrados que se usan. Puesto que el microcontrolador debe establecer comunicación serial con varios dispositivos, y que además se necesita una fuente regulada de voltaje para la polarización del sistema microprocesado, se requiere por lo tanto del uso de los circuitos integrados: MAX232, 74LS151 y MC33063A.

#### 2.5.1.3.1 CI. MAX232<sup>19</sup>

El circuito integrado MAX232 es un dispositivo usado para la conversión de niveles TTL/CMOS a voltajes del estándar TIA/EIA-232-F y viceversa. En la figura 2.9 se muestra la distribución de pines del circuito integrado Max 232 (izq.) y la descripción de la circuitería interna del chip (der.), se ve también la conexión con todos los capacitores necesarios para su normal funcionamiento.

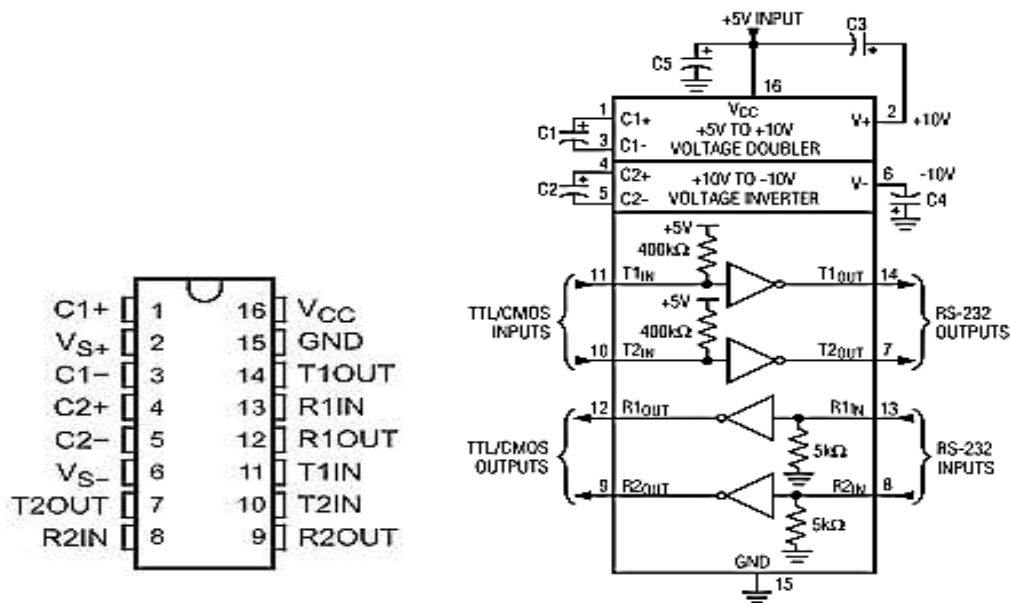


Figura 2. 9 Distribución de pines y circuitería interna del CI. Max232

En la tabla 2.4 se indican los rangos de valores de voltaje relativos a los estados alto y bajo para los estándares RS-232 y TTL.

<sup>19</sup>Texas Instruments, "Hoja de datos MAX232", 2011  
<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>



Niveles de Voltaje		
	Alto (H)	Bajo (L)
<b>RS-232</b>	-3V a -25V	+3V a +25V
<b>TTL</b>	2.4V a Vcc*	0.2V a 0.8V

\* Vcc puede variar de 4.75V a 5.25V.

*Tabla 2. 4 Comparación entre los niveles de voltaje para TTL y RS-232*

Como se aprecia en su distribución de pines, este encapsulado cuenta con dos convertidores de RS-232 a TTL/CMOS y dos de TTL/CMOS a RS-232. Estas entradas y salidas se usan en su totalidad en el sistema microprocesado, a continuación, en la tabla 2.5, se presenta la asignación de pines de acuerdo con el dispositivo periférico que se maneja.

Pin del CI MAX232		Función
No.	Nombre	
7	T2OUT	Transmitir los datos (RS-232) a la impresora
8	R2IN	Recibir los datos (RS-232) del lector de código de Barras
9	R2OUT	Transmitir los datos (TTL) al CI 74157 (pin3)
10	T2IN	Recibir los datos (TTL) del microcontrolador (pin17)
11	T1IN	Recibir los datos (TTL) del microcontrolador (pin15)
12	R1OUT	Transmitir los datos (TTL) al microcontrolador (pin 14)
13	R1IN	Recibir los datos (RS-232) del modem
14	T1OUT	Transmitir los (RS-232) datos al modem

*Tabla 2. 5 Asignación de señales a los pines del CI. Max232*

#### 2.5.1.3.2 CI. 74LS157<sup>20</sup>

El circuito integrado 74LS157 es un chip de 16 pines, que contiene cuatro multiplexores de 2 canales (TTL) a 1. La entrada de selección (pin1) es común para los 4 multiplexores, así como también la entrada de habilitación (pin 15). En

<sup>20</sup>National Semiconductor, "Hoja de datos 74157", 1989  
[http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/120/236599\\_DS.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/120/236599_DS.pdf)

la figura 2.10 se muestran tanto la distribución de pines del chip como la tabla lógica de su funcionamiento.

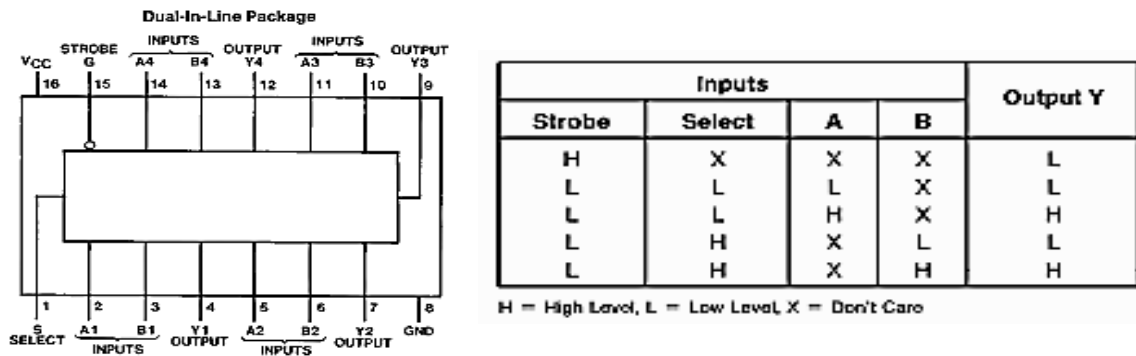


Figura 2. 10 Descripción de pines y tabla lógica del CI. 74157

### 2.5.1.4 Fuente

El diseño de la fuente se hace en base al circuito integrado MC33063A en su configuración *step down*. Las ventajas de este integrado respecto de otros, como el LM7805, se reflejan en una mayor corriente de salida y su alta eficiencia.

#### 2.5.1.4.1 MC33063A<sup>21</sup>

La figura 2.11 presenta la descripción de pines y la circuitería interna del circuito integrado MC33063A, que se usa para la polarización del sistema microprocesado.

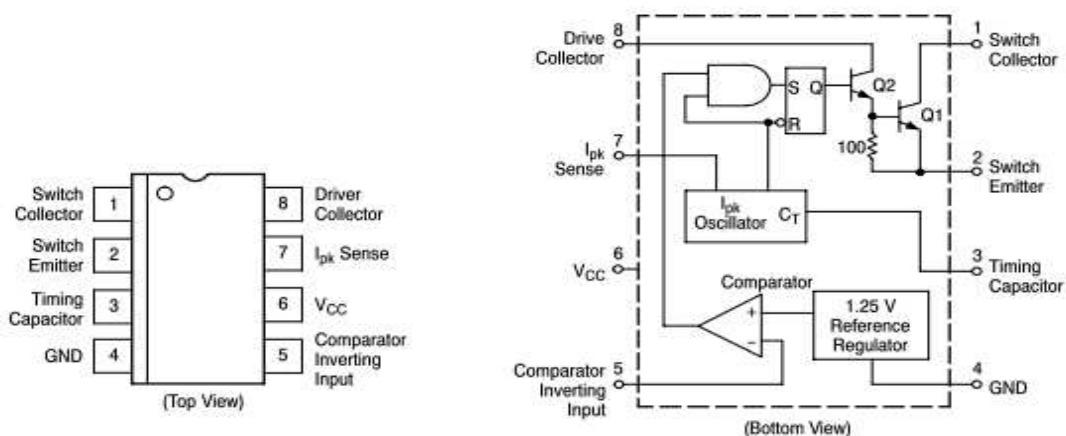


Figura 2. 11 Descripción de pines y circuitería interna del CI. MC3306A

12 Motorola, "Hoja de datos MC33063A", 1996  
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/motorola/MC34063A.pdf>

Este dispositivo se compone de una referencia de voltaje interna compensada en temperatura, un comparador, un oscilador, un controlador PWM con limitación de corriente activa, un driver, y un salida de interruptor de alta corriente.

El circuito integrado MC33063A es conocido como fuente switching o convertidor DC-DC. Puede operar con una entrada desde 3V hasta 40V, y su salida es ajustable, proporcionando una corriente de hasta 1.5A. Además este integrado puede funcionar como: convertidor de voltaje *step up* (voltaje de entrada menor que voltaje de salida); convertidor de voltaje *step down* (voltaje de entrada mayor que voltaje de salida); o inversor, todo depende de la configuración utilizada. En este caso se lo usa para la alimentación de energía del sistema microprocesado (5V), por ello se utiliza la configuración *step down*.

#### 2.5.1.4.2 Diseño de la Fuente

En la hoja de datos del integrado MC3306A se presenta, en las notas de aplicación, el esquemático de un circuito para obtener un nivel fijo a la salida de 5V DC (ver figura 2.12), pero con un máximo de corriente de 500mA.

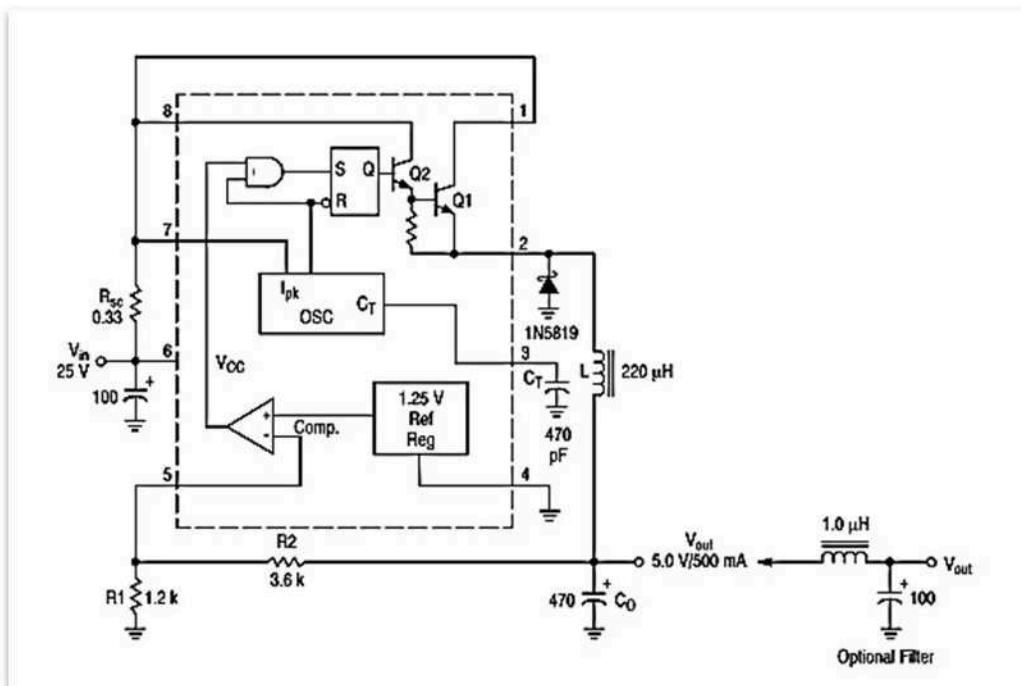


Figura 2. 12 Fuente de polarización con el integrado MC3306A

Sin embargo, es importante considerar que la fuente de alimentación no solo polariza a los circuitos integrados del sistema microprocesado, sino que también tiene a cargo la alimentación de energía del lector RFID y del display, desde esa perspectiva los requerimientos de corriente de salida son mayores. Por lo tanto se han realizado unos ajustes en los valores de los elementos de la fuente de la figura 2.12.

En primer lugar se incluirá a la entrada un diodo de protección (1N4007) para evitar daños cuando se polariza la placa de manera inversa. La corrección de la corriente de salida obliga al recalcu de la resistencia  $R_{SC}$ .

$$R_{SC} = \frac{0.3}{I_{pk}(switch)}$$

$$donde; I_{pk}(switch) = 2I_{out(max)} \quad (Ec. 2.1)$$

Ya que el requerimiento de corriente de salida es de un máximo de 1A, el nuevo valor de la resistencia  $R_{SC}$  es de  $0,15\Omega$ , pero para tener en cuenta posibles picos que se pudieran requerir, se escoge un valor menor de resistencia ( $0,1\Omega$ ). Con esta nueva resistencia se puede tener una corriente de salida de hasta 1,5 A, que es el máximo valor que puede entregar el circuito integrado. Adicionalmente a este cambio, se deben modificar los valores de los otros elementos que intervienen en la configuración, los nuevos valores calculados para los elementos pueden ser revisados en la tabla 2.6.

Elemento	Fuente de 5V/500mA	Fuente de 5V/1.5mA
<b>Rsc</b>	0.33 $\Omega$	0.1 $\Omega$
<b>R1</b>	1.2 K $\Omega$	12 K $\Omega$
<b>R2</b>	3.6 K $\Omega$	36 K $\Omega$
<b>CT</b>	470pF	470pF
<b>Co</b>	470uF	470uF
<b>L</b>	220uH	220uH

Tabla 2. 6 Valores de los elementos de la fuente.

La circuitería para la fuente de polarización se muestra en la figura 2.13, observe que en los valores de los elementos constan las modificaciones consideradas. El voltaje de entrada ( $V_{IN}$ ) debe ser un nivel DC mayor o igual a 12V.

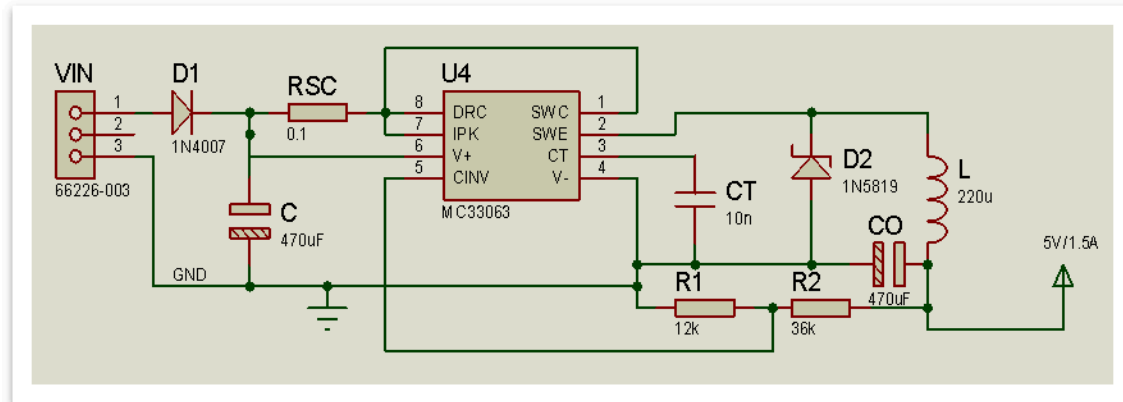


Figura 2. 13 Fuente de polarización para el sistema microprocesado

## 2.5.2 MÓDULO DE ENTRADA

Los módulos de entrada son el teclado y los lectores de RFID y de códigos de barras. De cada uno se presentará el diseño o selección, sus características importantes y el respectivo circuito para la conexión con el microcontrolador.

### 2.5.2.1 Teclado (botones de selección)

Es mejor que el teclado únicamente incluya tres teclas o botones, con las que el usuario podrá escoger de entre las diferentes opciones que muestren las pantallas del display, la figura 2.14 presenta un diagrama del teclado.

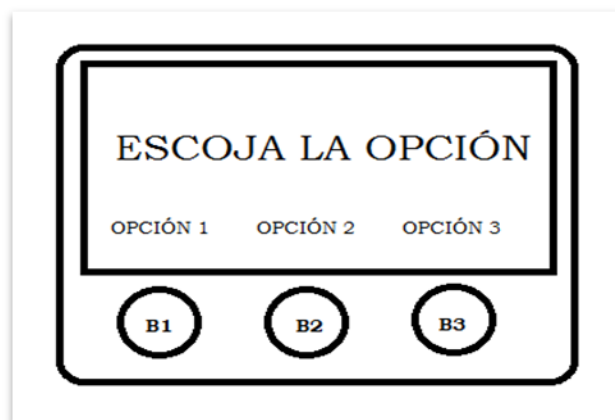


Figura 2. 14 Distribución de los botones alrededor de la pantalla

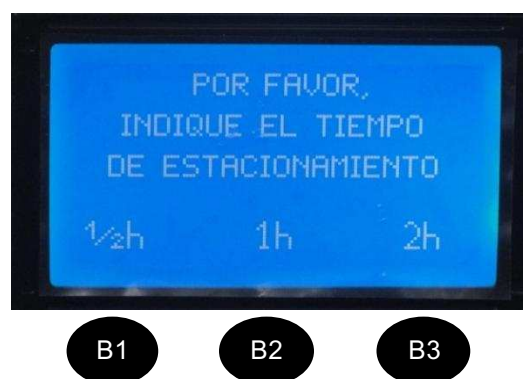
### 2.5.2.1.1 Funciones de los botones

La función de cada botón depende de la pantalla que se muestre. Para el caso de la pantalla de bienvenida, figura 2.15, los botones permiten la selección del tipo de usuario, de tal manera que si el usuario presionase el botón 1 (B1), estaría indicando el tipo de cliente que le corresponde, y del mismo modo con los demás botones.



*Figura 2. 15 Pantalla de Bienvenida (Selección de tipo de usuario)*

La figura 2.16 muestra una pantalla que solo aparece en el proceso de facturación con los clientes fijos y frecuentes, en ella se presentan opciones para que el usuario escoja el tiempo de estacionamiento que requiere. Con el botón 1 (B1) el usuario selecciona un tiempo de estacionamiento de media hora, mientras que con los botones 2 y 3, se indican tiempos correspondientes a una y dos horas respectivamente.



*Figura 2. 16 Pantalla para selección del tiempo de estacionamiento.*

La pantalla de la figura 2.17 se muestra únicamente al cliente ocasional, en este caso el botón 3 (B3) es el único que tiene validez, y sirve para que usuario indique al presionarlo que ya ha ingresado las monedas suficientes, luego de lo cual se imprime el comprobante correspondiente.

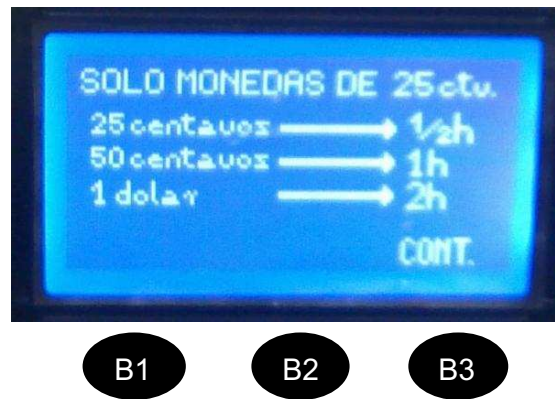


Figura 2. 17 Pantalla de tarifas para el cliente ocasional

#### 2.5.2.1.2 Conexión del teclado con el microcontrolador

Para manejar este sencillo teclado se necesitarán tres pines del microcontrolador, cada uno de ellos debe ser configurado como entrada de interrupción, además se deben activar las correspondientes resistencias de *pull-up*, llamadas también resistencias de polarización. La figura 2.18 muestra el esquema de un pin de E/S, en ella se puede notar como se conecta la resistencia de *pull-up* a cada uno de los pines.

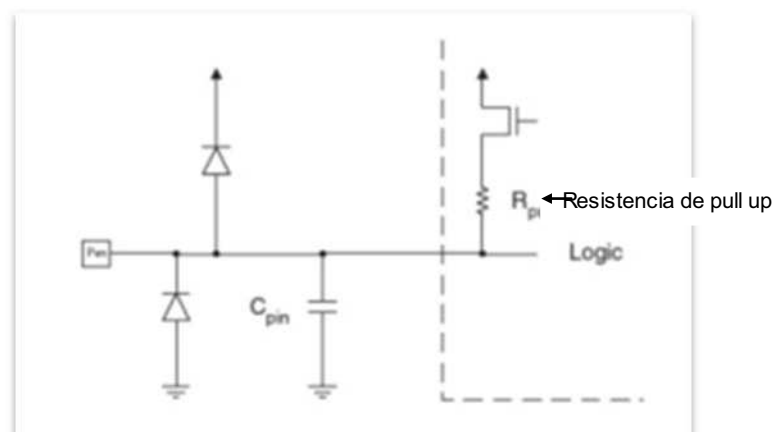


Figura 2. 18 Circuito esquemático equivalente a un pin de E/S

Es aconsejable usar capacitores en paralelo a los pulsadores, con el fin de evitar rebotes que pudieran producirse luego de cada pulsación, como se indica en la figura 2.19.

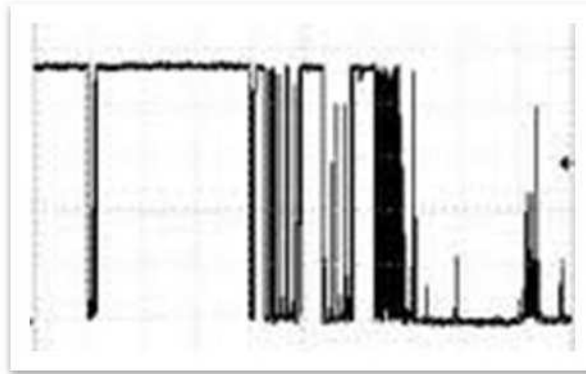


Figura 2. 19 Rebotes que se presentan luego de una pulsación

Las capacitancias para evitar rebotes pueden estar en el orden de unas pocas decenas de nano-faradios. La figura 2.20 presenta el diagrama de conexión entre los pulsadores y el microcontrolador.

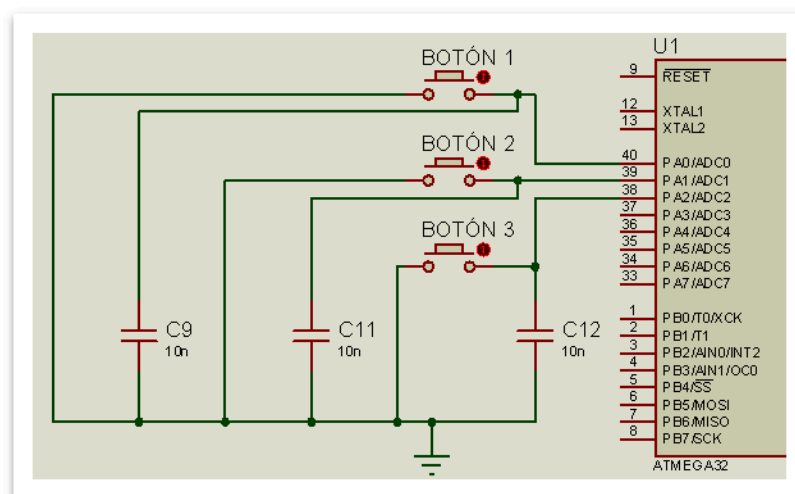


Figura 2. 20 Conexión del teclado con el microcontrolador

### 2.5.2.2 Lector de RFID

En el mercado existe una amplia oferta de dispositivos para la detección de tarjetas RFID, con diferentes características, como son; capacidad de lectura y/o escritura, alcance de lectura del tag (etiqueta RFID), tipos de tag que soportan, interfaz de comunicación, entre otros. De estas depende considerablemente el precio del equipo.



Las principales características que debe tener el lector de RFID son: que disponga de una interfaz de comunicación serial, y que tenga una antena de radiofrecuencia incorporada.

#### 2.5.2.2.1 ID-12

Tomando en cuenta requisitos que debe cumplir el lector de RFID, se escoge el dispositivo ID-12 de la empresa Innovations, ya que, además de cumplir con las imposiciones mínimas: es de reducidas dimensiones, su costo es bajo y no presenta mucha complejidad en su manejo.

El dispositivo ID-12 es un lector de tarjetas RFID que incluye una antena en su encapsulado. La figura 2.21 presenta varias imágenes del dispositivo seleccionado.

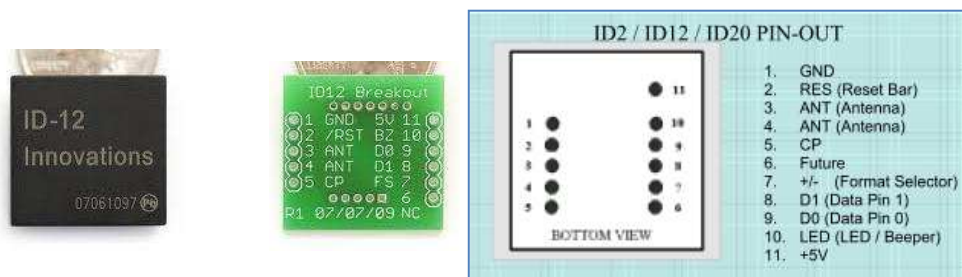


Figura 2. 21 Vista superior, placa auxiliar y diagrama de pines del ID-12<sup>22</sup>

El lector envía periódicamente señales para detectar la presencia de alguna etiqueta (tag) en sus inmediaciones. Cuando capta la señal de respuesta de alguna etiqueta (la cual contiene la información de identificación), extrae dicha información y la pasa al subsistema de procesamiento de datos.

Este lector cuenta además con dos pines exclusivos para conectar una antena externa, con el fin de expandir el campo de lectura del dispositivo (hasta 25 cm). En la tabla 2.7 se resaltan las características más relevantes del dispositivo. El rango de lectura de 12 cm que se indica en la tabla se consigue únicamente al

<sup>22</sup>Sparkfun, "Hoja de datos ID-12", 2005  
<http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ID-12-Datasheet.pdf>

conectarle al lector una antena externa, en la práctica con la antena interna el alcance no supera los 5 cm.

Parámetro	Valor
Rango de lectura	12 cm.
Dimensiones	26mm x 25mm x 7mm.
Frecuencia	125 KHz.
Formato de la tarjeta	EM4001 o compatible.
Codificación	Manchester 64 bits, modulo 64.
Voltaje	5V @ 30mA nominal.
Rango de voltaje	4.6 V hasta 5.4 V.
Interfaz serial	9600bps, 8, N, 1, TTL.

Tabla 2. 7 Características principales del ID-12

#### 2.5.2.2.2 Conexión del Lector RFID con el Microcontrolador

La figura 2.22 muestra la conexión entre el lector de RFID y el microcontrolador, se polariza al lector con la misma fuente que polariza al microcontrolador.

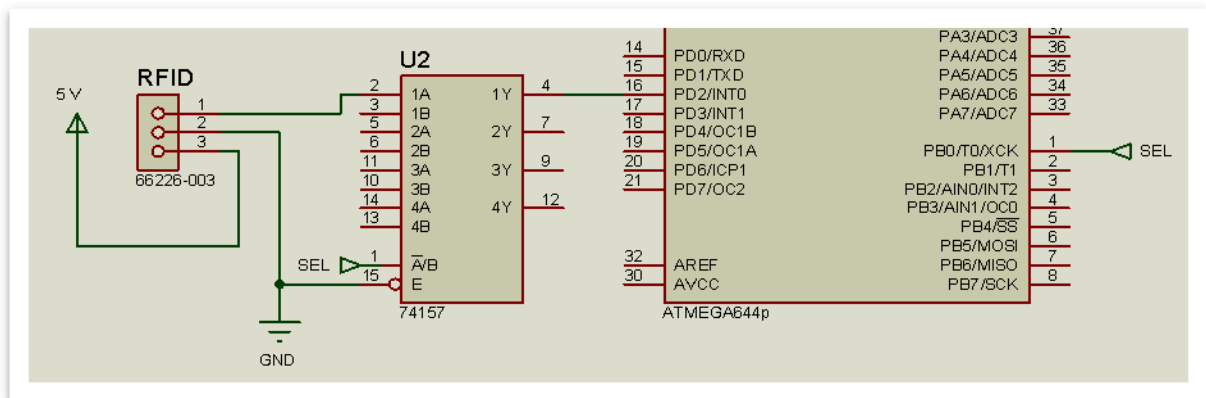


Figura 2. 22 Conexión del lector de RFID con el microcontrolador

La comunicación se realiza desde el lector RFID hacia el pín RXD1 (pín 16) del microcontrolador con los siguientes parámetros: 9600bps 8, N, 1<sup>23</sup>. Ya que la señal recibida es TTL no se necesita utilizar en este caso el CI. MAX232, sin

<sup>23</sup>9800bps 8, N, 1 es la lista de parámetros de la comunicación serial, quiere decir que la tasa de transferencia es de 9800bps, se envían 8 bits de datos, no se usa ningún tipo de paridad y se usa un bit de parada.

embargo por el mismo pin del microcontrolador se recibe la señal del lector de códigos de barras, por lo tanto es empleado el CI. 74157 para multiplexar las dos señales. Cuando en la línea de selección se tenga un nivel bajo será la señal del lector RFID la que se reciba en el USART1 del microcontrolador.

### 2.5.2.3 Lector de Códigos de Barras

El lector de códigos de barras es un escáner, que por medio de un láser lee un código de barras y transmite la serie numérica correspondiente a través de su interfaz de comunicación. Existen en varios modelos, hay los de mano o los fijos, y de acuerdo al medio de conexión o interfaz disponible se tiene con USB, puerto serial (DB9), Wifi, Bluetooth, PS2, etc. La figura 2.23 muestra dos lectores de códigos de barras muy populares en el mercado.



*Figura 2. 23 Lectores de códigos de barras.*

Internamente un lector de códigos de barras dispone de un decodificador, el cual debe reconocer el tipo de simbología usada en el código, para analizar el contenido leído por el escáner y transmitir la información a través de la interfaz. Existen también lectores que no cuentan con decodificador, en ese caso es el terminal al que están conectados quien realiza el proceso de decodificación. En general puede decirse que existen cuatro tipos principales de lectores:

- Lápiz óptico.
- Láser de pistola.
- CCD (siglas de *charge-coupled device*: dispositivo de carga acoplada).

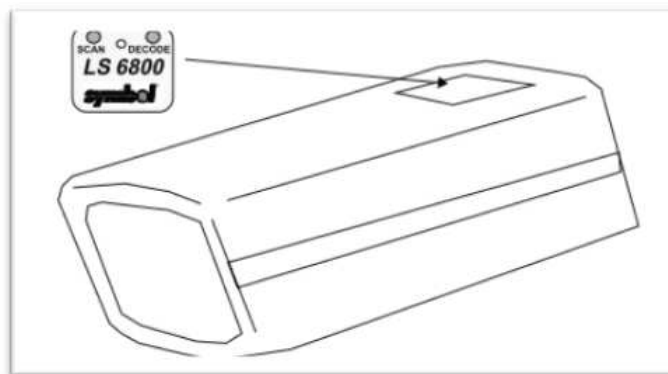
➤ Láser omnidireccional.

Tanto los lectores láser, como los CCD y los omnidireccionales se configuran leyendo comandos de programación impresos en menús de códigos de barras, sin embargo se puede encontrar que en algunos se modifique la configuración con interruptores DIP, o enviándoles los comandos de programación a través de su interfaz de comunicación.

Los requerimientos para la selección de este dispositivo son; que sea de instalación fija, que disponga de una interfaz serial y que la lectura la realice a través de un haz de láser. El último requerimiento se debe a la consideración de las muchas ventajas importantes de los lectores láser frente a los CCD. Con un lector láser se tiene una mayor velocidad en la lectura de los códigos y además presenta mejores características para funcionar a la intemperie.

*2.5.2.3.1 LS 6800*

Por cumplir con los requerimientos y su fácil instalación, se escoge al modelo LS 6800 de Symbol<sup>24</sup>. Este lector láser permite establecer comunicación serial (niveles RS 232) a través de un conector DB9. Como se puede ver en la figura 2.24, el lector cuenta con dos diodos indicadores. El led rojo indica el alineamiento del scanner con el código de barras, mientras que el led verde se enciende como resultado de una decodificación exitosa.



*Figura 2. 24 Lector de códigos de barras*

<sup>24</sup>Symbol, "Guía de Referencia del Escáner LS6800"  
<http://support.symbol.com/support/search.do?cmd=displayKC&docType=kc&externalId=3593301a.pdf&slicelId=&dialogID=213724372&stateId=1%200%20213718527>

Este equipo tiene la capacidad de decodificar códigos tanto de una como de dos dimensiones. Los códigos de una dimensión son los más conocidos, a éstos se los conoce también como lineales. A continuación se indican los códigos que se pueden decodificar con el lector seleccionado.

- Códigos 2-D: PDF417y MicroPDF417.
- Códigos 1-D: UPC-A, UPC-E, EAN-8, EAN-13, Código 39, Código 39 Full ASCII, Código Trióptico 39, Código 128, Código 93, Interleaved 2 of 5, Discreto 2 de 5, Codabar, UCC/EAN 128, Bookland EAN, Código cupón UPC/EAN y MSI Plessey.

#### 2.5.2.3.2 Conexión del Lector de Códigos de Barras con el Microcontrolador

Este bloque es unidireccional, la comunicación se realiza desde el lector de códigos de barras hacia el pin RXD1 (pin 16) del microcontrolador. Ya que se multiplexa la señal del lector de códigos de barras con la del lector de RFID, la configuración de la comunicación serial debe ser la misma (9600bps 8, N, 1). Antes de ingresar esta señal al multiplexor (CI. 74157) se debe convertir el voltaje (de niveles RS232 a niveles TTL) con el CI. MAX232. Cuando en la línea de selección del CI. 74157 se tenga un nivel alto, será la señal del lector de códigos de barras la que se reciba en el pin de recepción del USART1 del microcontrolador. En la figura 2.25 se indica el diagrama esquemático respectivo.

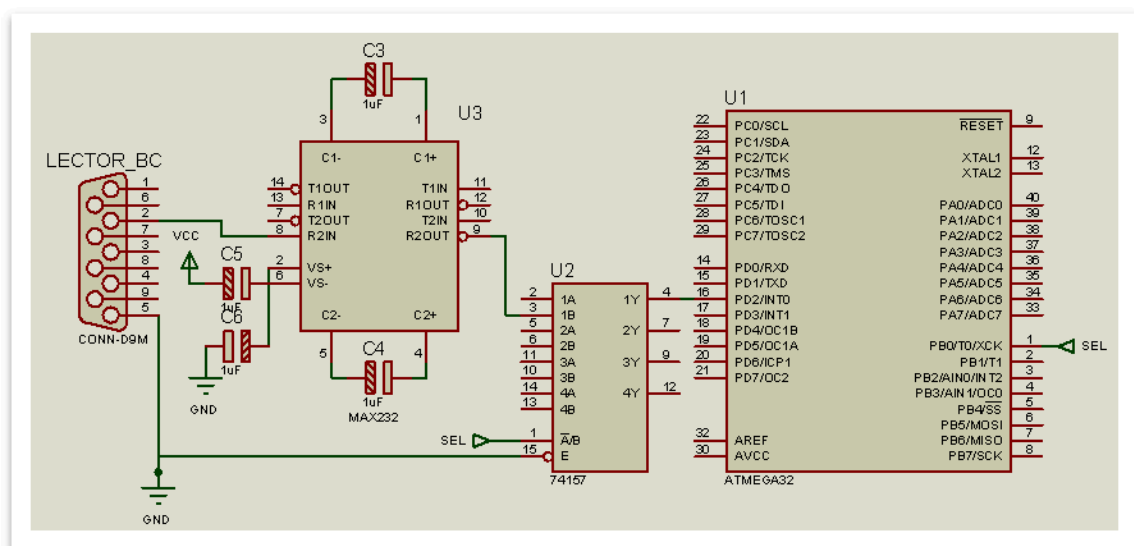


Figura 2. 25 Conexión con el lector de códigos de barras.

### 2.5.3 MÓDULO DE SALIDA

Este módulo únicamente se compone de un display gráfico, el cual muestra pantallas que guían al usuario en el proceso de facturación.

#### 2.5.3.1 Display

En el mercado electrónico existe una oferta muy amplia en cuanto a los displays, siendo los de tecnología LCD los preferidos. Para la selección del display fue importante considerar que la pantalla debe ser lo suficientemente grande, de modo que en ella se puedan mostrar las imágenes requeridas para realizar el cobro de los estacionamientos. Además el manejo y la conexión con el microcontrolador no deben presentar mucha dificultad. El display debe además presentar características adecuadas para funcionar a la intemperie.

El display elegido es una pantalla LCD gráfica de 128\*64 pixeles que corresponde al modelo JHD12864E<sup>25</sup>. En la figura 2.26 se incluye la vista frontal del display y el diagrama de bloques de su funcionamiento.

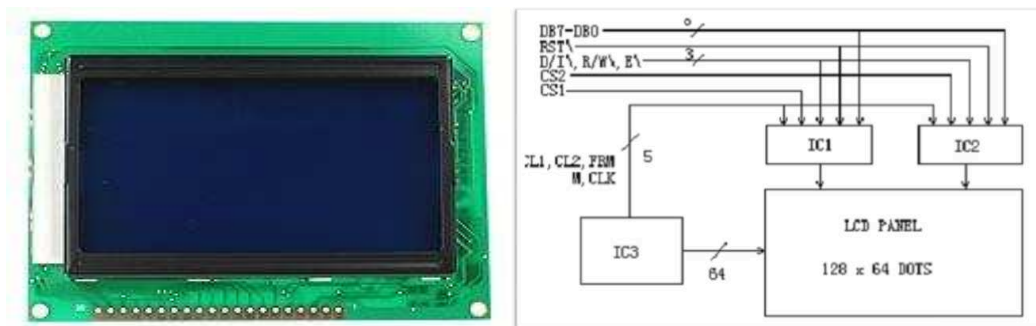


Figura 2. 26 Vista frontal y diagrama de bloques del display.

Como se indica en la figura 2.26, la tarjeta controladora del panel está compuesta básicamente por tres circuitos integrados; IC1, IC2 e IC3. IC1 e IC2 se encargan del barrido horizontal de la imagen, IC1 de la parte izquierda de la pantalla e IC2 de la parte derecha, asociadas a estos integrados se tiene las señales de control CS1 y CS2 respectivamente. Por otra parte el circuito integrado IC3 controla tanto

<sup>25</sup>E'go China, "Hoja de datos JHD12864E", 2003  
<http://www.egochina.net.cn/e-shop/ebay/Datasheet/JHD12864E.pdf>

a IC1 como a IC2, y se encarga del barrido vertical de la pantalla. Las características más importantes del display elegido se detallan en la tabla 2.8.

Parámetro	Descripción
Tamaño	93 mm de ancho * 70 mm de altura
Resolución	128*64 pixeles
Tecnología	STN (super-twisted-nematic)
Color	Azul
Interfaz	20 pines
Número de líneas de datos	8 bits en paralelo

Tabla 2. 8 Descripción de los parámetros del display seleccionado

#### 2.5.3.1.1 Conexión del Display con el Microcontrolador

El JHD12864E se trata de un display con bus de datos de 8 bits, por tanto se necesita usar por completo un puerto del microcontrolador, en este caso se escoge el puerto C. Sin embargo a más de los datos se debe manejar las diferentes señales de control, las cuales se usan para enviar comandos al display que le indiquen las funciones que debe realizar. En la figura 2.27 se presenta el diagrama esquemático con la conexión entre el microcontrolador y el display.

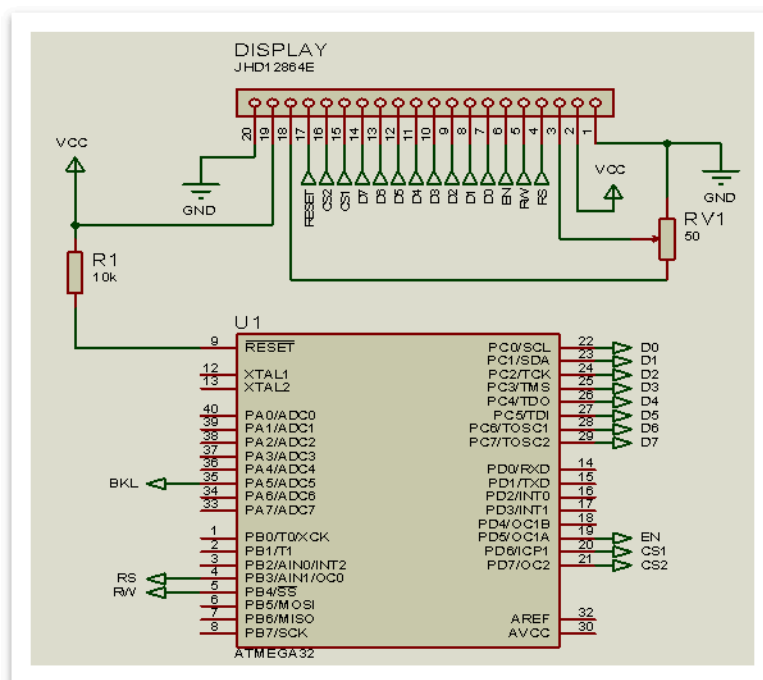


Figura 2. 27 Conexión del display con el microcontrolador.

El contraste de la pantalla se ajusta regulando el nivel de voltaje que ingresa por el pin 3 del display (V0), para ello se usa el potenciómetro (RV1) que funciona a manera de divisor de voltaje, ver figura 2.27.

## **2.5.4 MÓDULO DE FACTURACIÓN**

El módulo de facturación comprende dos dispositivos que son indispensables para realizar el cobro por el uso de los estacionamientos, estos son la impresora de códigos de barras y el monedero electrónico.

### **2.5.4.1 Impresora de Códigos de Barras**

Se tienen varias maneras de imprimir códigos de barras, las más comunes son; la impresión en película maestra, la impresión a láser y la impresión térmica<sup>26</sup>.

El método de impresión en película maestra se utiliza para imprimir códigos de barras en imprentas, principalmente en empaques de productos comerciales destinados al comercio detallista. Se crea un original en una impresora de buena resolución y se lo reproduce por medios fotomecánicos añadiéndolo al original de impresión del empaque. En cambio, la impresión a láser es un método que se usa para imprimir planillas de etiquetas en bajo volumen o en documentos serializados que se imprimen eventualmente. Por último, la impresión térmica es la mejor tecnología para imprimir altos volúmenes de etiquetas en demanda o por lotes. Se utilizan impresoras industriales de mediana o alta velocidad que pueden imprimir sobre papel térmico o normal.

Para seleccionar una impresora acorde a las imposiciones exigidas por el prototipo, se han planteado los siguientes requerimientos: alta calidad de impresión, el modelo debe ser de bajo costo y sus dimensiones reducidas, pero lo más importante es que la disponibilidad de una interfaz serial. Debe también existir una correspondencia entre los sistemas de código de barras que el equipo seleccionado imprime y los que el lector LS 6800 permite codificar.

---

<sup>26</sup>Tecnología de Identificación Automática, "Código de Barras y RFID", <http://www.idautomatica.com/informacion-tecnica/codigo-de-barras.php>



#### 2.5.4.1.1 STP-103<sup>27</sup>

La impresora STP 103 de BIXOLON, figura 2.28, es una impresora térmica de pequeñas dimensiones, bajo costo, rapidez en la impresión, operación a bajo ruido, etc. La impresora además dispone tanto de una interfaz serial como de una interfaz en paralelo en el mismo conector (DB 25).



*Figura 2. 28 Impresora térmica STP 103*

Se puede cambiar los parámetros de la comunicación serial, así como la densidad de impresión y otras características, simplemente al cambiar de posición a los microinterruptores que se encuentran en la parte inferior de la impresora.

#### 2.5.4.1.2 Conexión de la Impresora de Códigos de Barras con el Microcontrolador

La conexión es unidireccional, la comunicación se realiza desde el microcontrolador (pin 17) hacia la impresora. En este caso se requiere de la conversión de los niveles de voltaje (de TTL a RS232) con el CI. MAX232. Puesto que el pin de transmisión del puerto serial del microcontrolador, que se usa para la impresora, corresponde con el pin que recibe las señales de los dispositivos de lectura, la configuración de la comunicación serial es; 9600bps 8, N, 1. La figura 2.29 muestra el diagrama de conexión respectivo.

---

<sup>27</sup>BIXOLON, "Manual de usuario STP-103", 2011  
<http://www.synes.co.th/product/printers-modules/STP-103%20DataSheet.pdf>

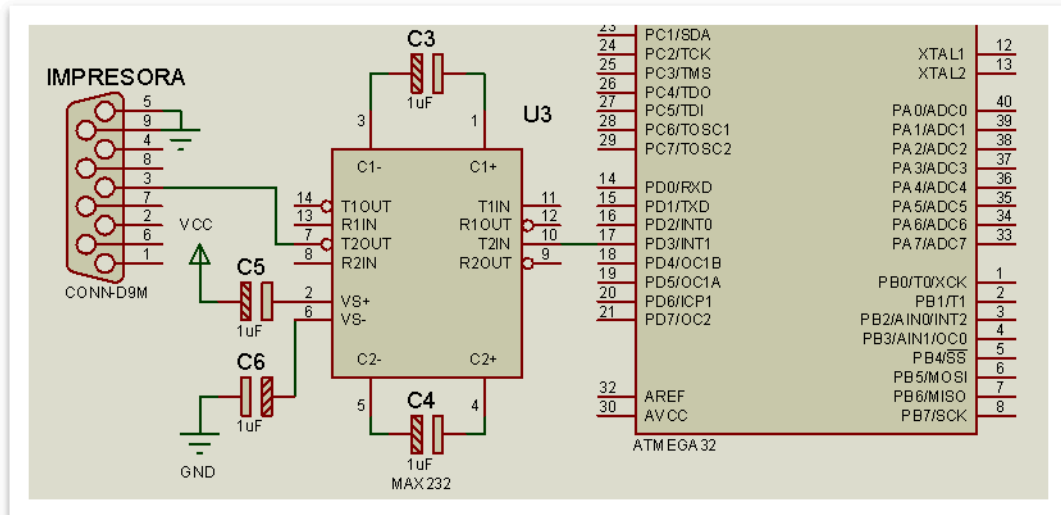


Figura 2. 29 Conexión de la impresora con el microcontrolador

### 2.5.4.2 Monedero Electrónico

Existen básicamente dos tipos de monederos electrónicos en el mercado, se tienen los que aceptan varios tipos de monedas (como en las estaciones de bus) y también los que aceptan un único tipo de moneda (como en los casinos). Los costos varían de acuerdo con la sensibilidad y confiabilidad que proporcione el equipo, así como también de la posibilidad de validar más de un tipo de moneda o la capacidad de dar vuelto.

Los requerimientos para el monedero son: tener dimensiones pequeñas, fácil conexión, alta sensibilidad (para la verificación) y bajo costo. No es muy importante el hecho de que tenga la capacidad de validar más de un tipo de moneda o que pueda dar cambio.

#### 2.5.4.2.1 Computer Coin Selector (Equipo Selector de Monedas)

El dispositivo seleccionado es el Computer Coin Selector<sup>28</sup>, que se lo encuentra normalmente en las máquinas de videojuegos o en las máquinas tragamonedas de los casinos. Este validador de monedas cuenta con tres sensores para realizar la verificación, en la figura 2.30 se aprecia que tiene dos ranuras, por la superior ingresan las monedas, mientras que por la inferior salen las monedas rechazadas.

<sup>28</sup>COINOPEXPRESS, "Computer Coin Selector", 2011  
[http://www.coinopexpress.com/products/parts/cash\\_handling/Computer\\_Coin\\_Selector\\_4881.html](http://www.coinopexpress.com/products/parts/cash_handling/Computer_Coin_Selector_4881.html)

Moneda de muestra



*Figura 2. 30 Monedero electrónico seleccionado*

Este equipo realiza la comparación entre la moneda ingresada con una moneda de muestra, lo cual limita a que se pueda usar un solo tipo de moneda a la vez. Por otro lado éste componente es muy confiable, ya que incluso discrimina entre monedas de nominación nacional y extranjera. En la tabla 2.9 se detallan las características principales del monedero seleccionado.

Parámetro	Valor
Voltaje de funcionamiento	12 V DC
Rango de temperatura de operación	-2.5°C - +85°C
Rango de diámetro de la moneda	18mm – 31mm
Rango de espesor de la moneda	1.2mm – 3mm
Dimensiones	Ancho: 63mm Altura: 124mm Profundidad: 151mm
Peso Neto	0.5Kg

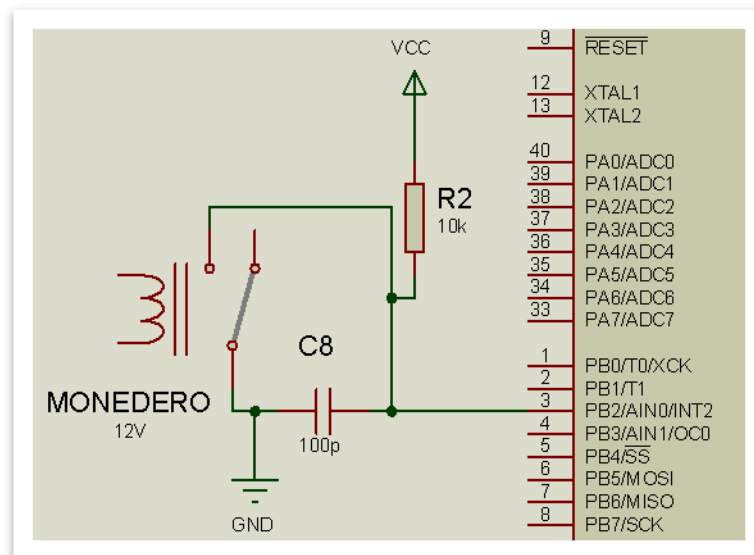
*Tabla 2. 9 Parámetros del monedero electrónico seleccionado*

#### *2.5.4.2.2 Conexión del Monedero Electrónico con el Microcontrolador*

Al momento de ingresar una moneda el equipo realiza la validación correspondiente, si la moneda no corresponde con la muestra, esta es expulsada,

pero si la moneda es válida, esta es aceptada y se produce la conmutación en las salidas de un relé. La salida normalmente abierta del relé se conecta a una entrada de interrupción del microcontrolador (pin 3).

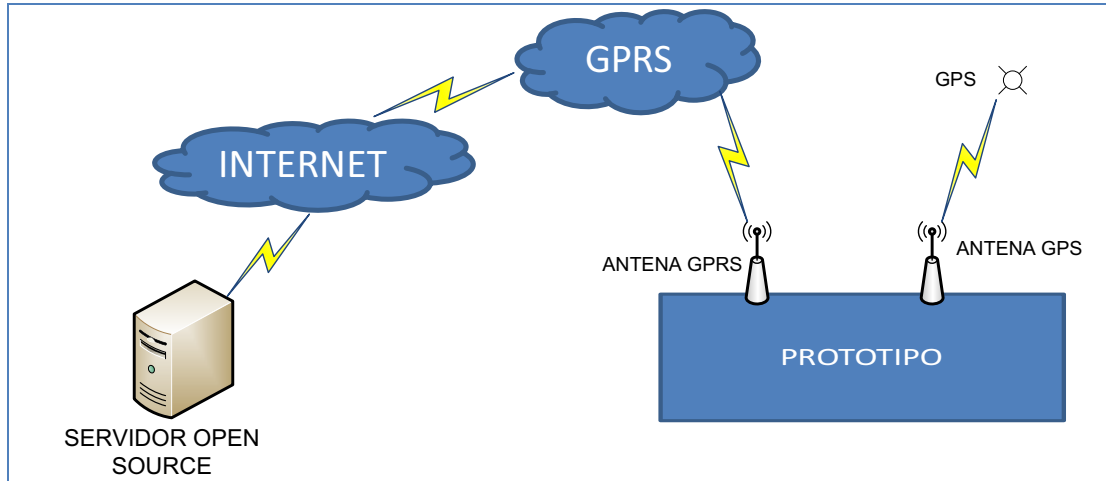
Normalmente se tiene un nivel alto de voltaje en la entrada de interrupción, pero al momento en el que ocurre la conmutación en las salidas del relé, se conecta el terminal común con el contacto normalmente abierto, ya que el terminal común está conectado a tierra se tiene un nivel bajo en ese instante, el cual ingresa por la entrada de interrupción, se aprovecha de esa transición para ejecutar la subrutina de interrupción correspondiente. La figura 2.31 indica el diagrama de conexión respectivo.



*Figura 2. 31 Conexión del monedero con el microcontrolador*

### 2.5.5 MÓDULO DE COMUNICACIONES

Por cada evento de facturación el prototipo, específicamente el microcontrolador, envía un comando al módem con la información necesaria, con el objetivo de que este transmita los datagramas UDP necesarios para realizar el monitoreo del estacionamiento correspondiente. El módulo de comunicaciones se compone únicamente de un módem GSM/GPRS y de un centro de control o monitoreo. En la figura 2.32 se presenta el diagrama de comunicaciones.



*Figura 2. 32 Diagrama de Comunicaciones*

### 2.5.5.1 Módem GSM/GPRS

Para la selección del dispositivo es importante tomar en cuenta algunas consideraciones como su tipo de interfaz de comunicación, el protocolo de comunicación y la disponibilidad en el mercado.

En Ecuador se puede encontrar una muy variada oferta de módulos GSM/GPRS en el mercado, pero entre las principales marcas están; Enfora, Telit y Sierra Wireless, que son las más conocidas y fuertes en el mercado mundial.

Las principales características que debe tener el módem son: puerto serial de comunicaciones, capacidad de envío de datagramas UDP, y protocolo de comunicaciones adecuado. Hay que tomar en cuenta que exista suficiente información técnica y el soporte necesario para el manejo del dispositivo. A continuación se hace una ampliación de cada requerimiento:

- El módulo debe disponer de un puerto serial de comunicaciones accesible a la aplicación, para la interacción con el microcontrolador. Además el módem debe permitir la bidireccionalidad de la comunicación.
- El soporte de GPRS es otra de las principales características que se debe tener en cuenta, debido a que sobre el stack de protocolos de GPRS se

puede soportar los protocolos TCP y UDP, se entiende por ende que un módulo GPRS tiene la capacidad de enviar datagramas UDP hacia Internet.

- El protocolo de comunicaciones debe estar estandarizado y no ser propietario para permitir la comunicación entre el microcontrolador y el módulo. Por ejemplo un tipo de comunicación, muy utilizada en módems y no propietaria, se la hace a través de los comandos AT.

#### 2.5.5.1.1 Fastrack Supreme 20

Tomando en cuenta todas las características antes mencionadas se escoge el modelo FASTRACK SUPREME 20 de la empresa SIERRA WIRELESS<sup>29</sup>, ya que aparte de cumplir con los requisitos necesarios incorpora un módulo GPS. Además se puede configurar este módem a través del envío de comandos AT por medio de su interfaz serial. La figura 2.32 muestra el módulo seleccionado.



Figura 2. 33 Fastrack Supreme 20

El módulo Fastrack Supreme 20 del fabricante Sierra Wireless es la evolución de la solución “Plug and Play” de la familia de “Wireless CPU”, su funcionamiento se basa en el procesador Q2687 y su cobertura es mundial gracias a la tecnología Cuatri-banda GSM-GPRS y EDGE. Este equipo introduce un estándar abierto IES (*Internal Expansion Socket*) que proporciona nuevas funcionalidades e interfaces de comunicaciones.

---

<sup>29</sup>SIERRA WIRELESS, “Manual de usuario Fastrack Supreme 20”, 2008

[http://www.multicap.be/files/product\\_download/1278577125/Sierra%20Wireless%20Wavecom%20AirLink%20Fastrack%20Supreme%20User%20Guide.pdf](http://www.multicap.be/files/product_download/1278577125/Sierra%20Wireless%20Wavecom%20AirLink%20Fastrack%20Supreme%20User%20Guide.pdf)

El módem seleccionado es un dispositivo GPRS clase 10 que incluye el stack de protocolos TCP/IP, y cuya velocidad en la transmisión de datos puede alcanzar una tasa de hasta 14,400 bps.

El Fastrack Supreme 20 incluye además un módulo GPS con las siguientes características principales:

- GPS banda L (1575.42 MHz) Code C/A.
- Consumo de corriente típico de 96 mA.
- El error en las mediciones de longitud y latitud oscila entre 3.7 y 13.9 metros.
- Antena activa de 20 canales.
- Entrega datos cada segundo.
- Utiliza el estándar NMEA<sup>30</sup> para el procesamiento de la información de posición, velocidad y tiempo.
- Rango de temperatura de operación entre -40° y 85°C.

En cuanto a soporte, el fabricante pone a disposición un foro en su página web, para ayudar a solucionar cualquier inquietud de sus clientes. La marca ya tiene 17 años de experiencia en el mercado de módulos Wireless CPU, siendo una de las pioneras en la actualidad.

En la tabla 2.10 se indica las características eléctricas del módulo Fastrack Supreme 20. El amplio rango de voltajes de operación del módem se debe a su sofisticada fuente de alimentación.

<b>Rango de voltajes de operación</b>	<b>5,5 V a 32 V DC.</b> <b>Voltaje nominal: 13,2 V DC.</b>
<b>Corriente Máxima</b>	500 mA promedio a 5,5 V. 2,5 A pico a 5,5 V.

*Tabla 2. 10 Características eléctricas del Fastrack Supreme*

---

<sup>30</sup>NMEA 0183 (o NMEA de forma abreviada) es una especificación combinada eléctrica y de datos entre aparatos electrónicos marinos y, también, más generalmente, receptores GPS.

El conector serial del módulo está comprendido de 15 pines (DB15). A continuación, en la figura 2.34 se muestra su distribución de pines.



*Figura 2. 34 Conector DB15 hembra*

En la tabla 2.11 se detalla la descripción de cada uno de los pines del conector serial del módulo, al revisar las señales que se transmiten se puede distinguir las análogas de las digitales. Las señales análogas están dedicadas exclusivamente a la transmisión y recepción de audio, cada una de estas señales requieren de una línea positiva y otra negativa. Por otro lado las señales digitales se usan tanto para la comunicación serial (RS-232), como para el control.

Pin #	Señal	I/O	Tipo I/O	Descripción
1	DCD	O	RS232	Data Carrier Detect
2	TXD	I	RS232	Transmit serial data
3	BOOT	I	CMOS	Boot
4	MIC2P	I	Analog	Microphone positive line
5	MIC2N	I	Analog	Microphone negative line
6	RXD	O	RS232	Receive serial data
7	DSR	O	RS232	Data Set Ready
8	DTR	I	RS232	Data Terminal Ready
9	GND	-	GND	Ground
10	SPK2P	O	Analog	Speaker positive line
11	CTS	O	RS232	Clear to Send
12	RTS	I	RS232	Request to Send
13	RI	O	RS232	Ring Indicator
14	RESET	I/O	Schmitt	Reset
15	SPK2N	O	Analog	Speaker negative line

*Tabla 2. 11 Distribución de pines del conector serial*



### 2.5.5.2 Conexión del Módem GSM/GPRS con el Microcontrolador

La comunicación entre el módulo GSM/GPRS y el microcontrolador es bidireccional, esta se realiza por medio de una interfaz serial RS232 a tres hilos. Se debe configurar el módem, utilizando comandos AT, y el puerto serial (USART0) del microcontrolador a 115200bps 8, N, 1. En la figura 2.35 se muestra el diagrama del circuito de comunicación entre el módem y el microcontrolador.

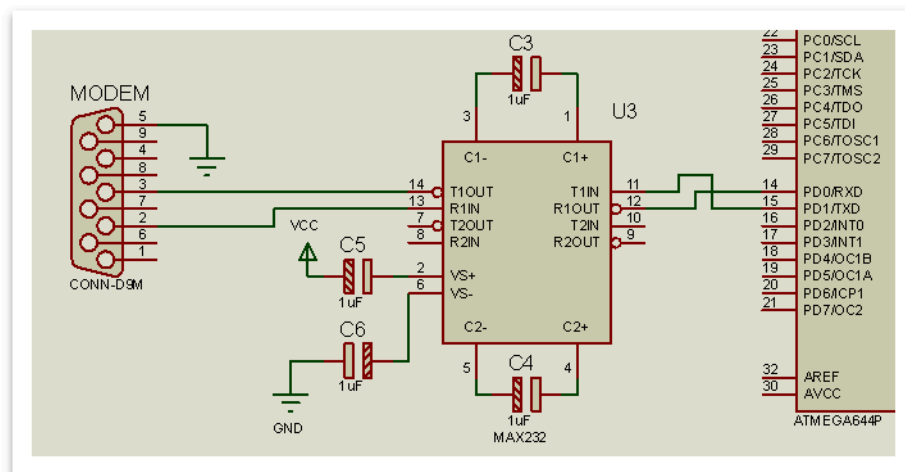


Figura 2. 35 Conexión del módem con el microcontrolador

### 2.5.5.3 Central de Monitoreo y Control (Servidor Open Source)

En la Central de Monitoreo y Control se compone de una computadora o servidor con acceso a Internet. El servidor trabaja con sistema operativo Linux, los requerimientos mínimos para su selección son; que cuente con una interfaz de red y demás requisitos mínimos exigidos por la distribución de Linux elegida.

De entre las muchas distribuciones de Linux hay unas orientadas para uso en servidores y otras para estaciones de trabajo normales. En este caso se debe escoger de entre las que son orientadas a servidores. Dada su gran popularidad se selecciona la distribución Centos en su versión 5.4.

## 2.6 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE EN EL SERVIDOR

El programa desarrollado para el servidor de monitoreo con sistema operativo Open Source, únicamente se encarga de mostrar los paquetes recibidos.

### 2.6.1 SISTEMA DE ENVÍO Y RECEPCIÓN DE DATOS

Los datos que envía el prototipo llegan al servidor de monitoreo remoto (Open Source) a través de las redes GPRS e Internet. Este servidor está identificado en internet por una dirección IP pública, además se debe especificar un puerto que es por el que llegan los datos.

El sistema microprocesado, específicamente el microcontrolador, es el encargado de armar las diferentes secuencias de caracteres para enviarlas a través del módem. Para que el monitoreo sea prácticamente en tiempo real se usa el protocolo UDP, y debido a sus características –no orientado a conexión- se debe incluir en cada una de las secuencias un indicador para identificar quién envía los datos.

Para que el servidor pueda recibir los datos desde internet ha sido necesario la programación y ejecución de un socket de comunicaciones. Este socket estará siempre escuchando el puerto seleccionado, para poder recibir los paquetes y procesarlos. Si el servidor cuenta con un firewall es importante revisar que el puerto a usar no presente ninguna restricción a la recepción de los paquetes.

La figura 2.36 muestra las relaciones que existen entre aplicaciones, sockets, protocolos y números de puertos.

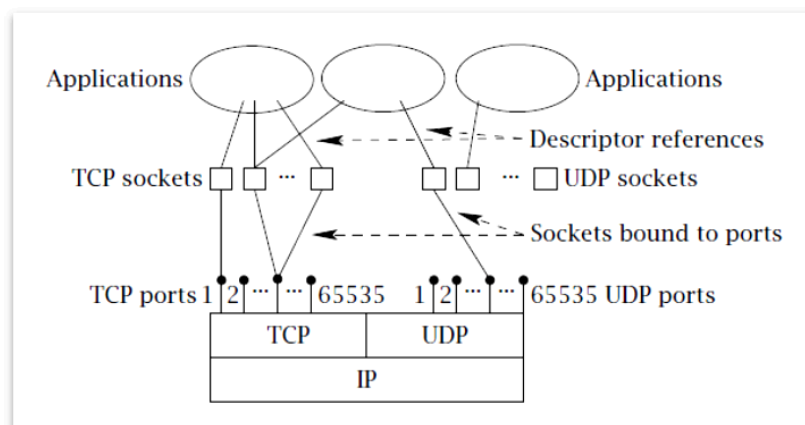


Figura 2. 36 Sockets, protocolos y puertos<sup>31</sup>

<sup>31</sup>Donahoo, Michael; Calvert, Kenneth, "TCP/IP Sockets in C", Morgan Kaufmann publications, USA, 2009.

Hay diferentes maneras en que se pueden dar estas relaciones. En algunos casos; un mismo programa puede simultáneamente manejar más de un socket; mientras que en otros; varios programas pueden simultáneamente usar el mismo socket. En cuanto a las relaciones entre sockets y puertos se aprecia que un puerto puede estar asociado con uno o más sockets.

#### **2.6.1.1 GPRS (*General Packet Radio System*)**

GPRS, sistema general de envío y recepción de paquetes vía radio, es una extensión de GSM (*Sistema Global para comunicaciones Móviles*) para la transmisión de datos sobre conexiones basadas en conmutación de paquetes. Este servicio permite velocidades de transferencia desde 56 hasta 144 Kbps.

Para fijar una conexión de GPRS con un módem inalámbrico es necesario especificar un APN (*Nombre del Punto de Acceso*), opcionalmente un nombre y contraseña de usuario, y muy raramente una dirección IP, todo debe ser proporcionado por el operador de red. La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (en kilo o megabytes), mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de tiempo de conexión, independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad. Por este motivo, se considera más adecuada la conexión conmutada para servicios como la voz que requieren un ancho de banda constante durante la transmisión, mientras que los servicios de paquetes como GPRS se orientan al tráfico de datos, como por ejemplo internet y mensajería<sup>32</sup>.

#### **2.6.1.2 UDP (*User Datagram Protocol*)**

UDP es un protocolo de capa transporte basado en el intercambio de datagramas o paquete de datos, el cual permite el envío de datagramas a través de la red sin que se haya establecido previamente una conexión, ya que el propio datagrama incorpora suficiente información de direccionamiento en su cabecera. Tampoco tiene confirmación ni control de flujo, por lo que los paquetes pueden adelantarse

---

<sup>32</sup>Wikipedia, "GPRS", 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/GPRS>

unos a otros; y tampoco se sabe si ha llegado correctamente, ya que no hay confirmación de entrega o recepción. Su uso principal es para protocolos como DHCP, BOOTP, DNS y demás protocolos en los que el intercambio de paquetes de la conexión/desconexión son mayores, o no son rentables con respecto a la información transmitida, así como para la transmisión de audio y vídeo en tiempo real, donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se manejan en esos casos<sup>33</sup>.

El protocolo UDP utiliza puertos para permitir la comunicación entre aplicaciones. El campo de puerto de un datagrama UDP tiene una longitud de 16 bits, por lo que el rango de valores válidos va de 0 a 65.535. El puerto 0 está reservado, pero es un valor permitido como puerto origen si el proceso emisor no espera recibir mensajes como respuesta. La figura 2.37 muestra un esquema del formato de un datagrama UDP.



Figura 2. 37 Formato del datagrama UDP

## 2.6.2 SOCKETS

Los sockets son puntos finales de enlaces de comunicaciones realizadas entre procesos que se ejecutan a través de la red. Los procesos son aplicaciones de usuario, de forma que pueden intercambiar información con otros procesos transmitiendo y recibiendo datos a través de sockets. Los sockets proporcionan una comunicación de dos vías punto a punto entre dos procesos.

<sup>33</sup>Wikipedia, "User Datagram Protocol", 2011. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Udp>

Los sockets permiten implementar una arquitectura cliente-servidor. Un socket es un fichero existente en la máquina cliente y en la máquina servidor que sirve en última instancia para que el programa servidor y el cliente lean y escriban la información.

Debido a que los sockets se desarrollaron en un inicio como parte del sistema operativo UNIX, los sockets usan conceptos de otras partes de este sistema. UNIX usa la siguiente lógica: open-read-write-close (abrir-leer-escribir-cerrar), así un proceso comienza por llamar a la función open para preparar el archivo, luego se llama a read o write para traer datos del archivo o almacenarlos en él. Finalmente el proceso llama a close para notificar que se ha terminado de usar el archivo.

#### **2.6.2.1 Programación del Socket UDP<sup>34</sup>**

La programación del socket consiste en escribir un archivo en lenguaje C. Este archivo al ser ejecutado deberá realizar todas las funciones necesarias para poder mostrar las secuencias de caracteres que provienen del prototipo. En este caso hay que preocuparse únicamente de desarrollar el servidor, ya que el cliente es implementado en el módem del prototipo. El servidor para los propósitos ya mencionados tiene a cargo las siguientes fases:

- Apertura del socket.
- Asociación del socket a un puerto.
- Lectura del mensaje.
- Procesamiento del mensaje.

Para explicar un poco la programación del socket se profundizará un poco en cada una de las tareas antes mencionadas.

---

<sup>34</sup>Ejemplos java y C/Linux, "Sockets UDP en C para Linux", 2007  
<http://www.chuidiang.com/clinix/sockets/udp/udp.php>

### 2.6.2.1.1 Apertura del socket

La función que realiza esta tarea se llama **socket()**. La forma en que se debe usar la función se muestra en el siguiente ejemplo:

```
int Descriptor;
Descriptor = socket (AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
```

En la primera línea únicamente se declara una variable auxiliar, mientras que con la segunda realmente se abre el socket. Sobre los parámetros de la función `socket()`, el primero indica el tipo de socket, familia de protocolos, que en este caso es un socket de red; el segundo quiere decir que es un socket UDP, y el tercer parámetro hace referencia al protocolo a utilizar, pero poniendo un 0 se encarga al sistema la elección de este parámetro.

### 2.6.2.1.2 Asociación del socket a un puerto

En UNIX para el establecimiento de conexiones con sockets hay 65536 puertos disponibles, del 0 al 65535, pero del 0 al 1023 están reservados para el sistema, el resto están a disposición del usuario. Cuando se abre un socket servidor, debe informarse al sistema operativo que se quiere atender a uno de estos puertos y eso se hace con la función `bind()`.

Para asociar al socket con el puerto se tiene dos posibilidades, la primera consiste en indicar directamente el número del puerto que se desea atender, mientras que con la segunda se debe escribir en el fichero `/etc/services` (con permisos de súper-usuario) el número de puerto que se quiere atender y darle un nombre que recuerde la utilidad del servicio. Por ejemplo se puede escribir en tal archivo la siguiente línea:

**Servicio1 2140/udp Servicio2                   # Socket para monitoreo**

- **Servicio1**     es el nombre que se da al servicio
- **2140**         es el número del puerto asociado al servicio

- **udp** indica que este puerto es no orientado a conexión
- **Servicio2** es un segundo nombre que damos al servicio (opcional)
- Lo que va a continuación del símbolo **#** solo es comentario.

La forma en que se debe usar la función `bind()` se muestra en el siguiente ejemplo:

```
struct sockaddr_in Direccion;
/* Aquí hay que rellenar la estructura Direccion */
Direccion= ...
bind (Descriptor, (struct sockaddr *)&Direccion, sizeof (Direccion));
```

El primer parámetro de la función es el descriptor de socket (int) obtenido con la función `socket()`. El segundo parámetro es un puntero a una estructura `sockaddr`, para poderla llenar adecuadamente. La variable `Direccion` se ha declarado como `struct sockaddr_in` por ser esta una estructura adecuada para sockets de red (AF\_INET), y que es compatible con la estructura `sockaddr`. Para los sockets que comunican procesos en la misma máquina (AF\_UNIX), se tiene la estructura `sockaddr_un`, que también es compatible con `sockaddr`. El tercer y último parámetro es el tamaño de la estructura `sockaddr_in`.

#### 2.6.2.1.3 Lectura del mensaje

La función para leer un mensaje por un socket UDP es **`recvfrom()`**. Esta función admite seis parámetros, los mismos que se indican a continuación:

- **Descriptor (int)** es el descriptor del socket que se quiere leer, ya se lo obtuvo antes con la función `socket()`.
- **(char \*)&buffer** es un puntero al buffer de datos.
- **sizeof(buffer)** es el número de los bytes que se quieren leer y que compondrán el mensaje.
- **0 (int)** es un entero con las opciones de recepción, este argumento es usado por los protocolos de capas inferiores.

- **(struct sockaddr \*)&Cliente** este argumento es la estructura sockaddr apuntando a la dirección del cliente.
- **&longtudCliente** es el puntero de un entero, en el que se obtiene el tamaño de la estructura sockaddr.

```

/* Contendrá los datos de la fuente del mensaje */
struct sockaddr_in Cliente;
/* Tamaño de la estructura anterior */
int longitudCliente = sizeof(Cliente);
/* Nuestro mensaje es simplemente un entero, 4 bytes. */
int buffer;
recvfrom (Descriptor, (char *)&buffer, sizeof(buffer), 0, (struct
sockaddr *)&Cliente, &longtudCliente);

```

#### 2.6.2.1.4 Procesamiento del mensaje

Con la función `recvfrom()` se logra almacenar el mensaje recibido en un buffer, para mostrar el mensaje contenido únicamente se usa la función **`printf()`**.

### 2.6.3 SECUENCIAS DE CARACTERES

Las secuencias de caracteres a enviar están sujetas a modificación de acuerdo a los requerimientos del sistema, sin embargo para efectos de pruebas se consideran las siguientes:

- Secuencia válida.
- Secuencia no válida.
- Secuencia de inicio.

Cuando empieza a funcionar el prototipo, o después de resetearlo, este chequea el estado de las comunicaciones, y si no hay ningún problema envía una secuencia de inicio al servidor de monitoreo. Por otro lado, el prototipo envía una secuencia no válida cuando hay algún problema de comunicación en el prototipo, pero sin embargo es posible el envío de información. Por último una secuencia válida es enviada luego de cada evento de facturación.



### 2.5.3.1 Formato de las Secuencias

Se envía una secuencia por cada evento de facturación. Un ejemplo de una secuencia válida es; SERTA0100110112918035710103BEC0ABD71. En la tabla 2.12 se descompone la secuencia válida en varios campos para su análisis, y en la tabla 2.13 se describe cada uno de los campos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SERT	A	01	001	101129	180357	000001	1	0103BEC0ABD7	1

*Tabla 2. 12 Agrupación de los caracteres de la secuencia válida por campos*

Las secuencias de inicio se componen únicamente de los seis primeros campos descritos en la tabla 2.13. Una secuencia no válida, en cambio, tiene todos los campos, pero la información que contienen, en especial la relacionada con la hora y la fecha, no es confiable. La secuencia no válida se envía cuando la comunicación con la red GPRS no tiene problemas, pero si los tiene la comunicación con el sistema GPS.

No.	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	FORMATO	VALIDACIÓN	REQUISITO
1	Patrón de inicio	4	carácter	SERT	Obligatorio
2	Tipo de secuencia	1	carácter	Tabla 2.16a	Obligatorio
3	Identificador de empresa	2	número	hasta 99 empresas	Obligatorio
4	Identificador de equipo	3	número	hasta 999 equipos/empresa	Obligatorio
5	Fecha	6	número	aammdd	Obligatorio
6	Hora	6	número	hhmmss	Obligatorio
7	Número de serie	6	Número	Hasta 999999	Obligatorio
8	Tipo de usuario	1	número	Tabla 2.16b	Obligatorio
9	ID del usuario	12	carácter	Según el valor del campo 7	Obligatorio
10	Tiempo de estacionamiento	1	número	Tabla 2.16d	Obligatorio

*Tabla 2. 13 Detalle de los campos que conforman la secuencia válida*

La tabla 2.14a lista los posibles valores que puede tomar el carácter del campo tipo de secuencia, la tabla 2.14b indica los en cambio los valores que puede tomar el campo 8, tipo de usuario, y por último la tabla 2.14c muestra una lista de los diferentes valores con los que se puede llenar el campo tiempo de estacionamiento.

<b>Tabla 2.14a (Campo 2)</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>A</b>	Secuencia válida
<b>V</b>	Secuencia no válida
<b>I</b>	Secuencia de inicio

<b>Tabla 2.14b (Campo 8)</b>		
<b>Código</b>	<b>Tipo de usuario</b>	<b>ID del usuario</b>
<b>1</b>	Usuario VIP	código EPC (tag)
<b>2</b>	Usuario normal	código EAN13
<b>3</b>	Usuario ocasional	000000000000

<b>Tabla 2.14c (Campo 10)</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	½ hora
<b>2</b>	1 hora
<b>3</b>	2 horas

*Tabla 2. 14 Valores que pueden tomar los campos de la secuencia válida*

## CAPÍTULO 3

### CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

La construcción del equipo se aborda en tres fases; la primera contempla una breve descripción de las herramientas de desarrollo que se usaron en este proyecto. La segunda agrupa la elaboración de los diagramas esquemáticos y circuitales, necesarios para la elaboración del PCB, con el desarrollo del firmware para el microcontrolador. La última fase incluye la construcción de la caja contenedora y el montaje de los dispositivos en ella.

#### 3.2 FASE 1: HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Para el desarrollo del prototipo PROSERT se han empleado varias herramientas de software, solo las más importantes se tratan a continuación.

##### 3.2.1 AVR STUDIO

AVR Studio es una herramienta que permite la edición, compilación, depuración y simulación de aplicaciones para microcontroladores AVR de 8 bits. Esta herramienta puede ser instalada y ejecutada en ambientes Windows NT/2000/XP/Vista/7<sup>35</sup>.

AVR Studio 4 cuenta con varias herramientas que facilitan la administración de un proyecto, como son; editor de código fuente, simulador, depurador y compilador. Además este programa se puede enlazar con otras aplicaciones afines, como es el caso de Proteus.

Con AVR Studio 4 es posible desarrollar aplicaciones tanto en lenguaje ensamblador como en lenguaje C. Sin embargo, si se decide por el camino del

---

<sup>35</sup>ATMEL, "AVR Studio 4", 2011  
[http://www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card.asp?tool\\_id=2725](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725)

lenguaje C, es necesaria la instalación adicional de software complementario, por ejemplo WinAVR o AVRlib.

### 3.2.1.1 LENGUAJE C

Existen varios lenguajes que se pueden usar para escribir el programa de un microcontrolador, con el editor de AVRStudio se puede desarrollar aplicaciones tanto en lenguaje ensamblador como en C, e incluso se pueden incluir nemónicos del ensamblador en un programa que se está escribiendo en lenguaje C. Por otro lado existen herramientas como BASCOMAVR<sup>36</sup> que permiten desarrollar aplicaciones en lenguaje Basic.

La programación en lenguaje Basic con BASCOMAVR no es muy complicada, debido a que en las ayudas que dispone esta herramienta se pueden revisar varios ejemplos. Sin embargo se requiere cargar varias librerías dependiendo de los requerimientos de la aplicación. Estas librerías son bastante útiles, simplifican el trabajo y reducen en gran medida el tiempo de programación, pero consumen en gran parte los recursos (memorias) del microcontrolador, por lo tanto no se explota al máximo las características del chip.

La otra forma es la programación en lenguaje ensamblador, que es lo más óptimo en cuanto a la ocupación de recursos del microcontrolador, es así que con este lenguaje se tiene un total control sobre el hardware del chip. Al ser de bajo nivel, el lenguaje ensamblador requiere de más instrucciones para realizar el mismo proceso, en comparación con un lenguaje de alto nivel. Por otro lado, requiere de más cuidado por parte del programador, pues es propenso a que los errores de lógica se reflejen fuertemente en la ejecución del programa.

El lenguaje ensamblador está muy ligado al dispositivo y a su manera de trabajo, lo cual es una desventaja importante cuando se quiere por ejemplo usar un dispositivo de otra familia, ya que el ensamblador es un lenguaje de propósito específico que trabaja solo con microcontroladores específicos.

---

<sup>36</sup>MSC Electronics, "BASCOMAVR", 2011  
[http:// http://www.mcselec.com/](http://www.mcselec.com/)

Por todo lo mencionado y tomando en cuenta el grado de abstracción que goza el programador, se puede decir que es más lento el desarrollo de programas comparables en lenguaje ensamblador que en un lenguaje de alto nivel.

El lenguaje C en cambio es de propósito general que puede trabajar con cualquier microcontrolador, siempre y cuando se disponga de un compilador C adecuado. Las ventajas que ofrece este lenguaje son; su eficiencia para realizar implementaciones óptimas y las facilidades que presta para realizar programas modulares y para utilizar el código de librerías existentes.

### **3.2.1.2 WINAVR<sup>37</sup>**

Para compilar, con AVR Studio, un programa escrito en lenguaje C es necesario la instalación adicional del paquete WinAVR, el cual se compone de muchos proyectos de código abierto. Esta herramienta sirve para el desarrollo de aplicaciones para microcontroladores RISC de la familia AVR de Atmel.

Entre los paquetes que trae consigo WinAVR, se destacan el compilador avr-gcc, el programador avr-dude y el depurador avr-gdb. Este conjunto de herramientas se encuentran en permanente actualización y son de libre distribución.

### **3.2.2 PROTEUS VSM**

Proteus es una compilación de programas para diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics, este paquete informático consta de dos módulos principales; ARES e ISIS<sup>38</sup>.

#### **3.2.2.1 ISIS**

ISIS, (*Intelligent Schematic Input System* - sistema de enrutado de esquemas inteligente), es un programa que permite elaborar el diagrama esquemático de un circuito con componentes muy variados, desde simples resistencias hasta microprocesadores de varios fabricantes, incluyendo además fuentes de

---

<sup>37</sup>Source Forge, "WinAVR", 2011. Disponible en: <http://winavr.sourceforge.net/>

<sup>38</sup>Labcenter Electronics, "The VSM Advantage", 2011. Disponible en: [http://www.labcenter.com/products/vsm\\_overview.cfm](http://www.labcenter.com/products/vsm_overview.cfm)

alimentación, generadores de señales, equipos de medición y muchos otros componentes con diferentes prestaciones. Los diseños realizados en ISIS pueden ser simulados en tiempo real mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS<sup>39</sup>.

VSM, (*Virtual System Modeling* – sistema virtual de modelado), es una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, todas las características de varias familias de microcontroladores, para ello el usuario debe cargar el archivo (.hex) del programa que determinará el comportamiento de cada uno de los periféricos del chip. Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos como: motores, displays, teclados, etc. La figura 3.1 indica cómo está organizado el ambiente de trabajo del módulo ISIS de Proteus.

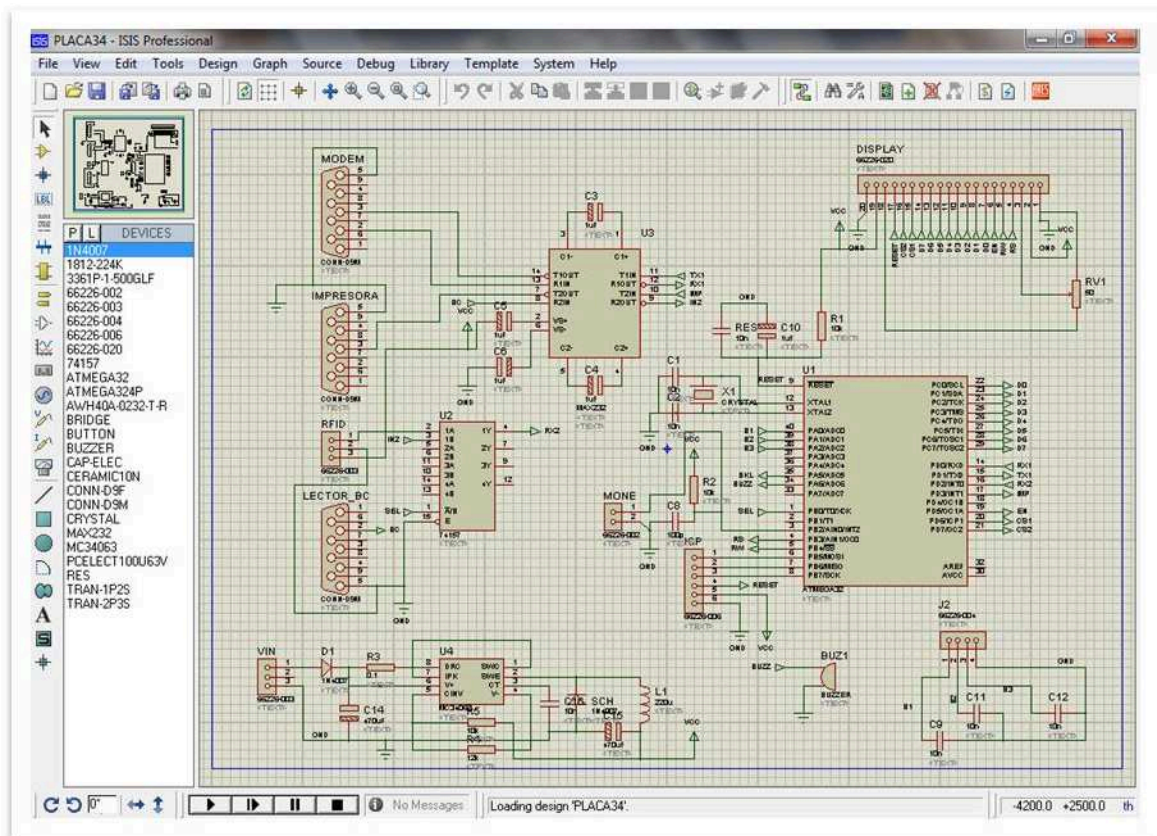


Figura 3. 1 Ambiente de trabajo del módulo ISIS de Proteus

<sup>39</sup>Wikipedia, "Proteus (electrónica)", 2011. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Proteus\\_\(electrónica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Proteus_(electrónica))

### 3.2.2.2 ARES

ARES (*Advanced Routing and Editing Software*— software de edición y ruteo avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se la utiliza para la elaboración de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (*Top Copper*) y de soldadura (*Bottom Copper*). Sin embargo, también es posible realizar placas con más de dos capas.

La ventaja de trabajar con los módulos de Proteus es que estos están relacionados entre sí. De este modo se puede pasar del diagrama esquemático de un circuito -que se ha elaborado y simulado con ISIS- al módulo ARES para la realización del circuito impreso. En la figura 3.2 se indica el entorno de desarrollo que presenta el módulo ARES.

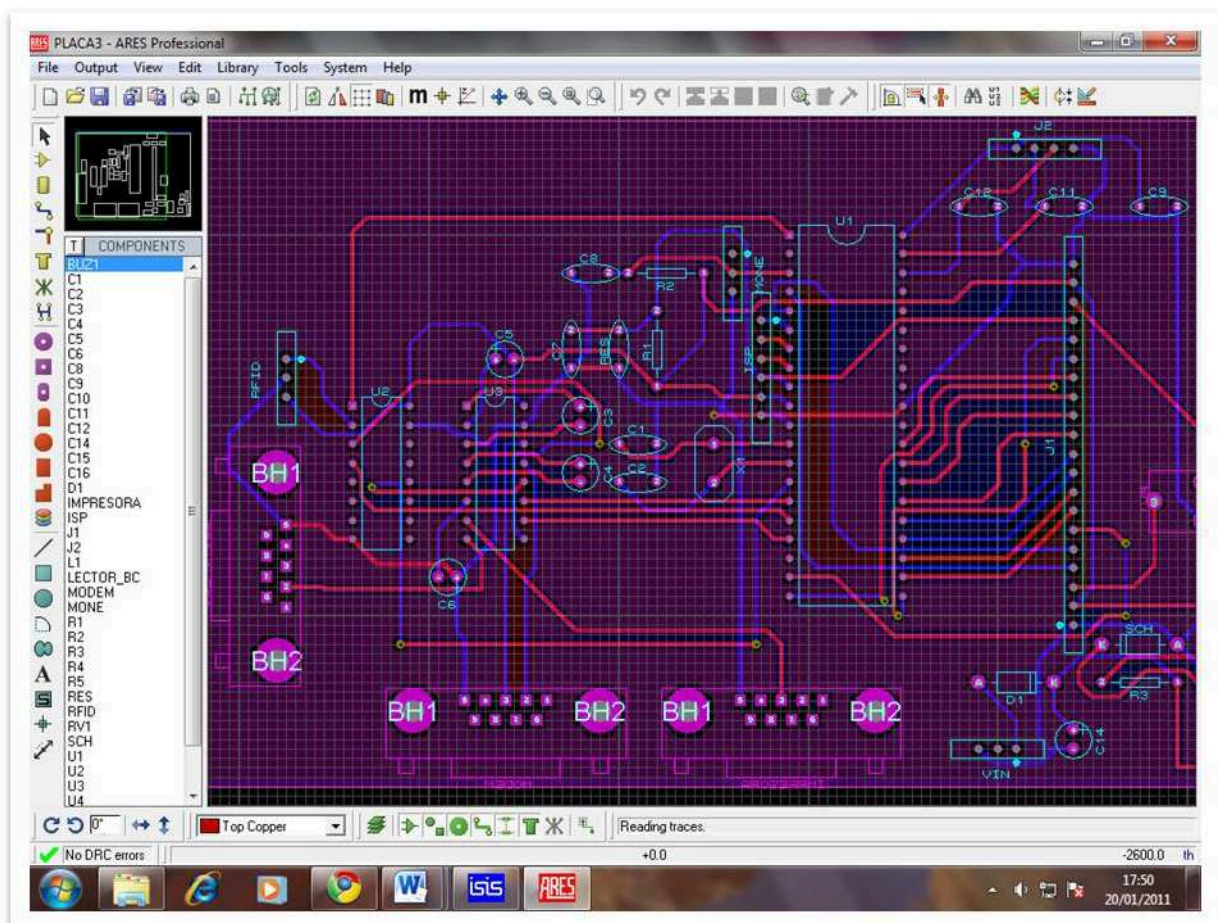


Figura 3. 2 Entorno de desarrollo del módulo ARES.

ARES posee características interesantes que facilitan la elaboración del circuito impreso, por ejemplo cuenta con la opción *Auto-router*, que se encarga de dibujar automáticamente y casi de manera instantánea todas las pistas del circuito, de acuerdo con el esquemático realizado en ISIS, sin embargo hay que cerciorarse de que las líneas de conducción tengan un ancho adecuado, también que la tolerancia entre líneas sea el suficiente como para que no hagan contacto entre ellas y se debe revisar que las superficies, en donde se sueldan los terminales de los elementos, tengan un tamaño adecuado.

Además con ARES se puede ver en diferentes formatos el resultado del ruteado de las pistas. Para tener una apreciación bastante real de cómo se verá el circuito, incluso con los elementos, se tiene la opción *3D Visualization*, que muestra una vista en tres dimensiones de la placa, se puede incluso rotar la imagen para poder apreciar ambos lados de la placa. La figura 3.3 muestra la vista en 3D de las capas superior e inferior del PBC del prototipo.

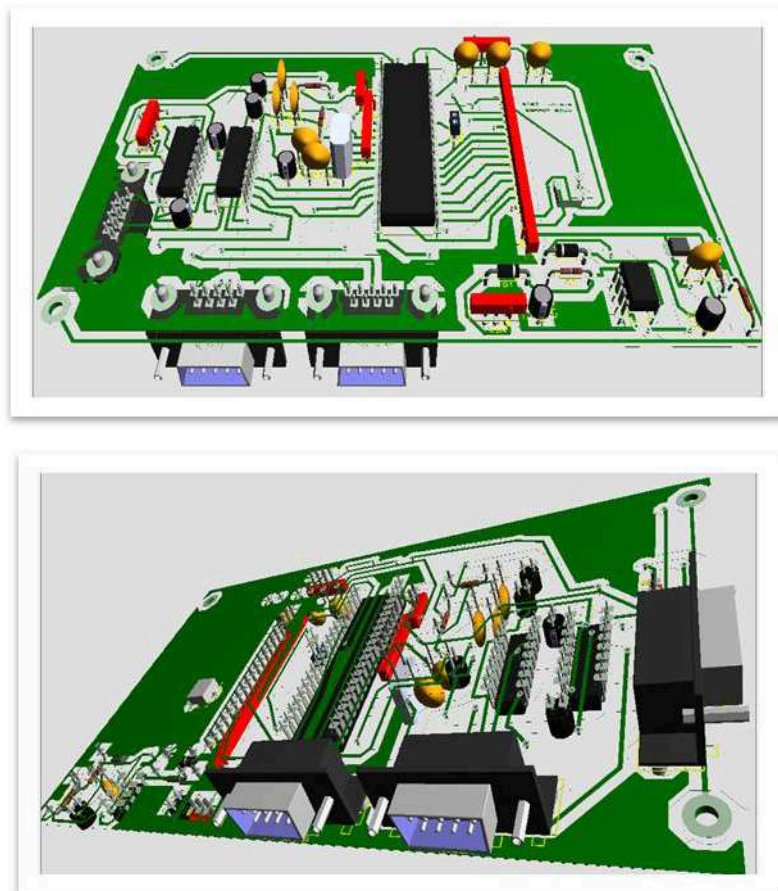


Figura 3. 3 Visualización en 3D del circuito impreso.



## **3.3 FASE 2: PCB Y FIRMWARE**

### **3.3.1 ELABORACIÓN DEL CIRCUITO IMPRESO**

El proceso de elaboración del circuito impreso abarca la ejecución ordenada de las siguientes actividades:

- Elaborar el diagrama esquemático.
- Elaborar los diagramas circuitales.
- Transferencia de las pistas en una placa de fibra de vidrio.
- Eliminar el exceso de cobre.
- Hacer los huecos.
- Acabados (antisolder, agujero metalizado, etc.).
- Soldar los elementos.

A continuación se indica la elaboración de los diagramas esquemáticos y circuitales, para ambos casos se usaron las herramientas de Proteus.

#### **3.3.1.1 Diagrama Esquemático**

Para realizar el circuito impreso se empieza con el diagrama esquemático del sistema microprocesado, que se muestra en la figura 3.4, en ella se ve el microcontrolador en la parte central, alrededor del cual se observan tanto los otros circuitos integrados como los diferentes conectores para comunicar a cada uno de los dispositivos. En la parte inferior izquierda se aprecia la circuitería correspondiente a la fuente de polarización.

Es muy importante chequear todas las conexiones existentes, ya que de ellas dependerá cómo se dibujen las líneas de conducción en los diagramas circuitales. Se debe verificar que exista una sola referencia (tierra), y también que los diferentes dispositivos estén correctamente polarizados.

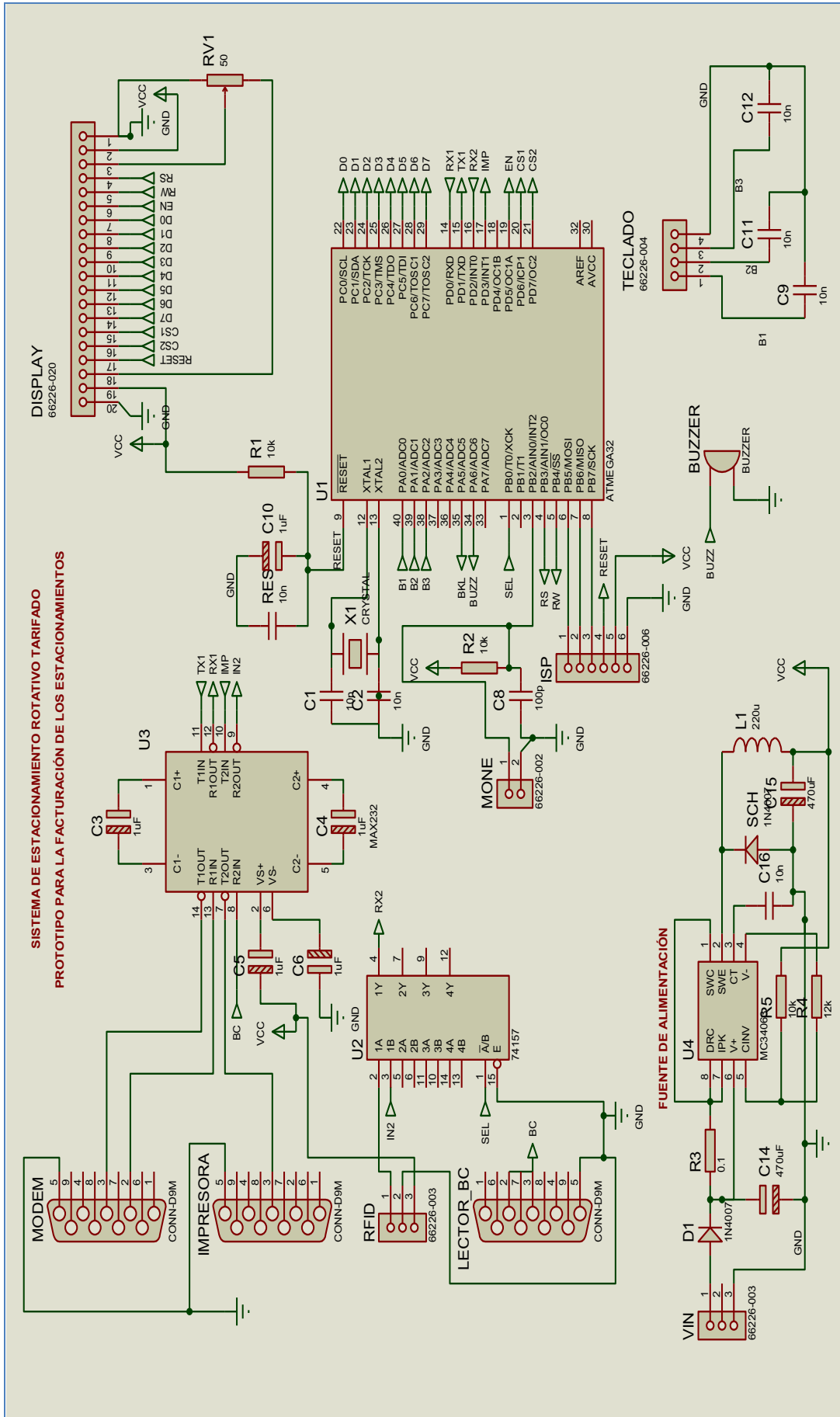


Figura 3. 4 Diagrama esquemático de la placa del sistema microprocesado

Proteus dispone de varias librerías, en caso de que en alguna de ellas no existiese algún dispositivo o elemento, se lo debe reemplazar por otro que tenga el mismo encapsulado. En este diagrama se han incluido todos los elementos y conectores necesarios.

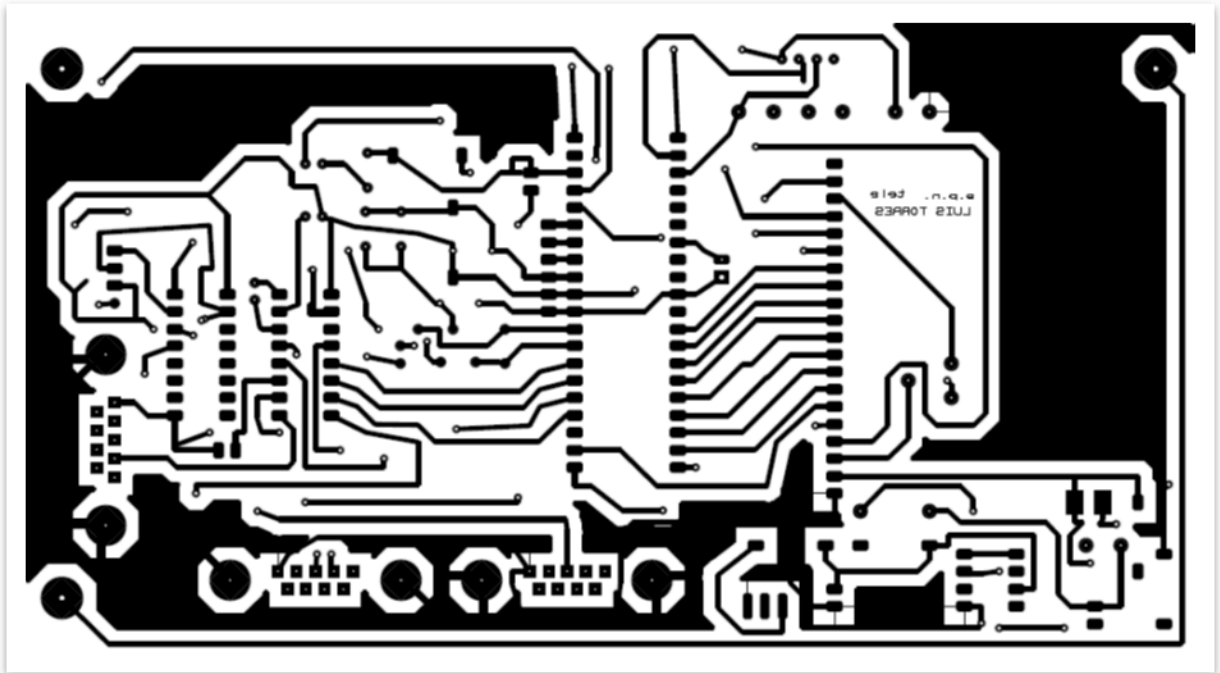
Se revisó la potencia de disipación de cada una de las resistencias y capacitores, ya que de ello dependen las dimensiones del elemento; asimismo, la polaridad en los capacitores electrolíticos.

### **3.3.1.2 ELABORACIÓN DEL PCB**

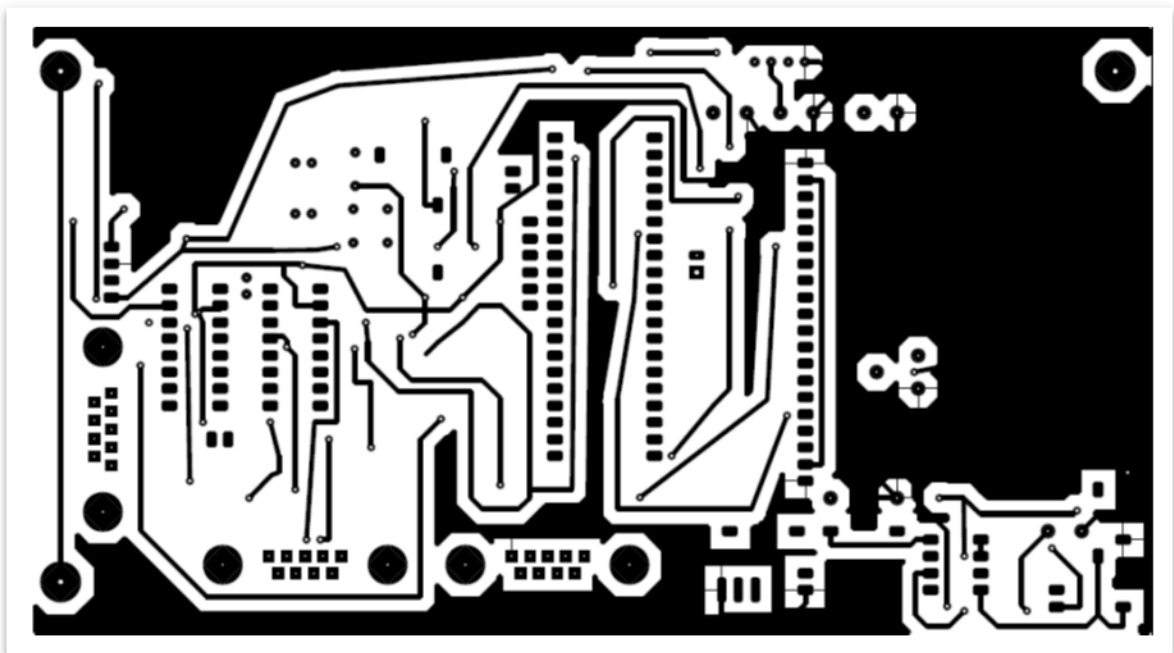
Una vez terminado el diagrama esquemático se pasa el diseño al módulo ARES. Lo primero es posicionar adecuadamente cada uno de los elementos. Luego se trazan las pistas o rutas de conducción. En ARES se tiene la opción de *Auto-router*, para que sea el software el que automáticamente genere las pistas.

Después de que el software haya dibujado las líneas de conducción, hay que tener cuidado de que las dimensiones de los contactos permitan soldar cómodamente a cada uno de los elementos. También es recomendable asegurar una distancia apropiada entre una y otra pista, para evitar contactos no deseados. En las figuras 3.5 y 3.6 se muestran, respectivamente, la capa superior y la capa inferior del PCB del prototipo, se incluye un plano de tierra en ambos lados para facilitar las conexiones.

Si bien las librerías de dispositivos que tiene Proteus son muy extensas y bastante completas, hay ciertos elementos que no pueden ser simulados, y otros que no tienen información sobre el encapsulado (PCB). Por lo tanto, para la simulación parcial del prototipo y el desarrollo de diagramas circuitales, ha sido necesaria la creación de librerías adicionales.



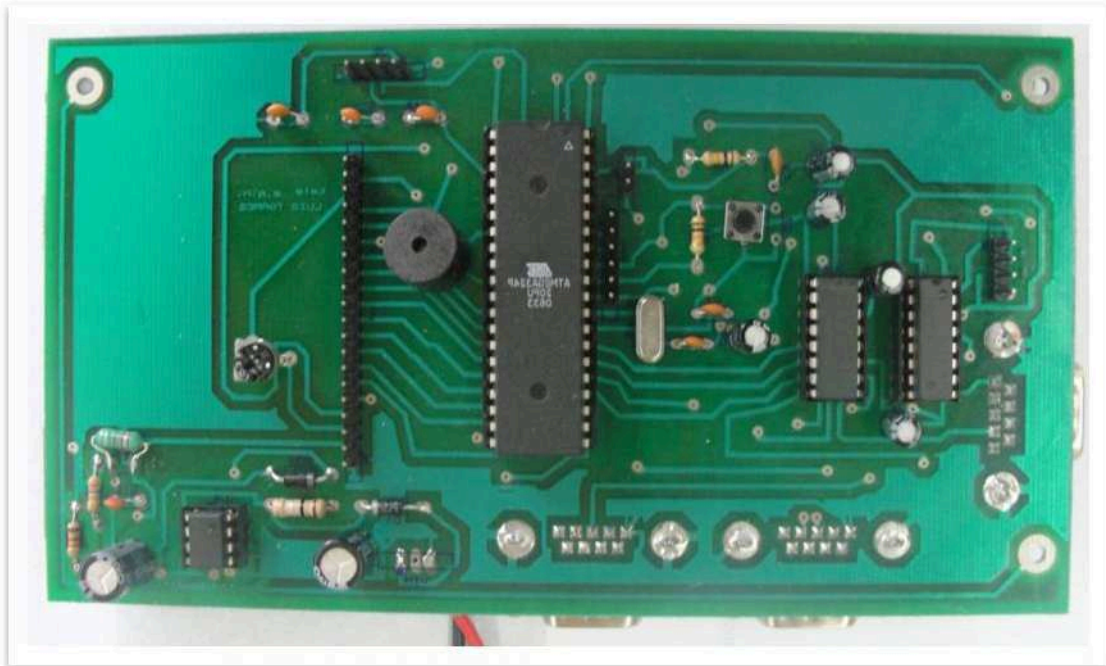
*Figura 3. 5 Capa superior del PCB del prototipo.*



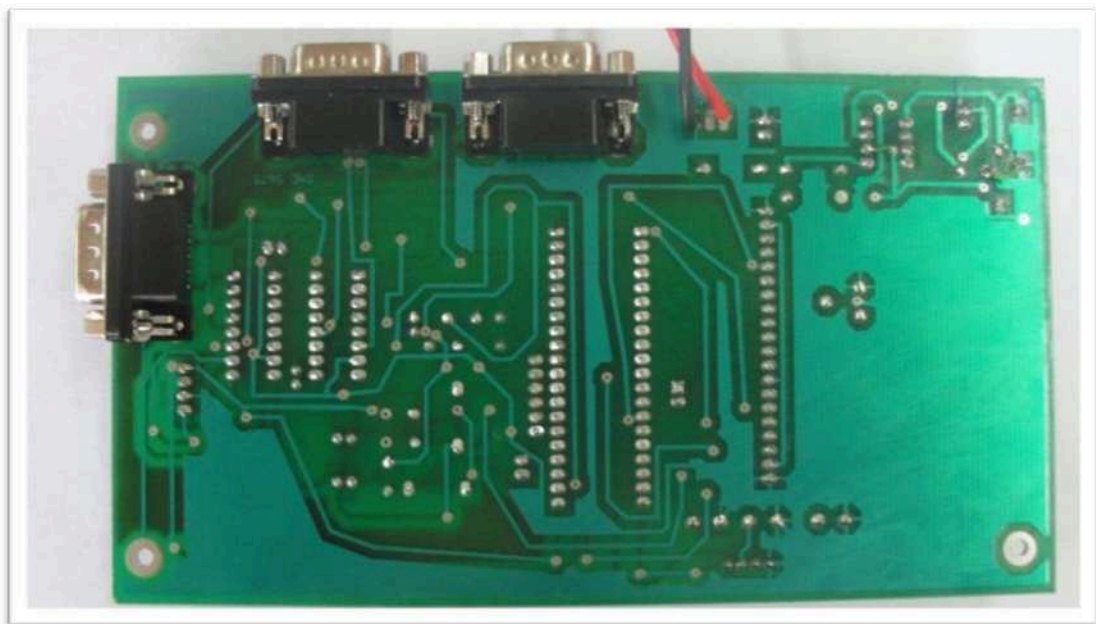
*Figura 3. 6 Capa inferior del PCB del prototipo*

Una vez listos los diagramas circuitales, se transfieren a una placa de fibra de vidrio con lámina de cobre en las dos caras; en ambas las perforaciones deben coincidir.

Una vez transferidos los diagramas circuitales a la placa se procede a retirar los excesos de cobre, luego se hacen los huecos y se dan los acabados finales, para posteriormente soldar los diferentes elementos y conectores. En las figuras 3.7 y 3.8 se muestran ambas caras del PCB con los elementos ya soldados.



*Figura 3. 7 Vista superior de la placa en fibra de vidrio.*



*Figura 3.8 Vista inferior de la placa.*

### 3.3.2 FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR

El firmware para el microcontrolador se desarrolla en Lenguaje C. Para la edición del programa se usa la herramienta AVRStudio 4.18 y su compilador AVR GCC (*GNU Compiler Collection*).

Gracias a la característica modular de la programación en C, se facilita enormemente la edición del código fuente. Por lo tanto, no se tiene un solo programa muy extenso, en su lugar hay un programa principal, no muy grande, y varias subrutinas. Se tienen dos tipos de subrutinas; las llamadas por el programa principal y las que se activan por interrupción.

La aplicación para el microcontrolador se compone principalmente de dos archivos; tesis.c y tesis.h. El archivo tesis.c es el más importante, ya que contiene: el programa principal, las subrutinas de interrupción y las funciones para configuración de puertos, el envío de comandos al módem y la impresión de los comprobantes de pago. Mientras que el archivo tesis.h es una librería que incluye funciones o subrutinas que permiten: el manejo del display, la configuración de los puertos seriales y el envío de caracteres a través de ellos.

#### 3.3.2.1 Programa Principal

Es importante la realización previa de un diagrama de flujo, pues facilita la edición del programa. En la figura 3.9 se puede ver que el diagrama no muestra mayor complejidad, ya que únicamente se muestran los bloques que indican los diferentes procesos. Los cambios de las variables que determinan el flujo del programa se realizan en su mayoría a través de subrutinas de interrupción.

En el módulo de definiciones se indican todas las constantes que se usan en el programa, por ejemplo: la frecuencia de operación del cristal, la velocidad de transmisión de cada uno de los puertos seriales del microcontrolador y se da también un nombre a cada uno de los pines del chip que se usaron.

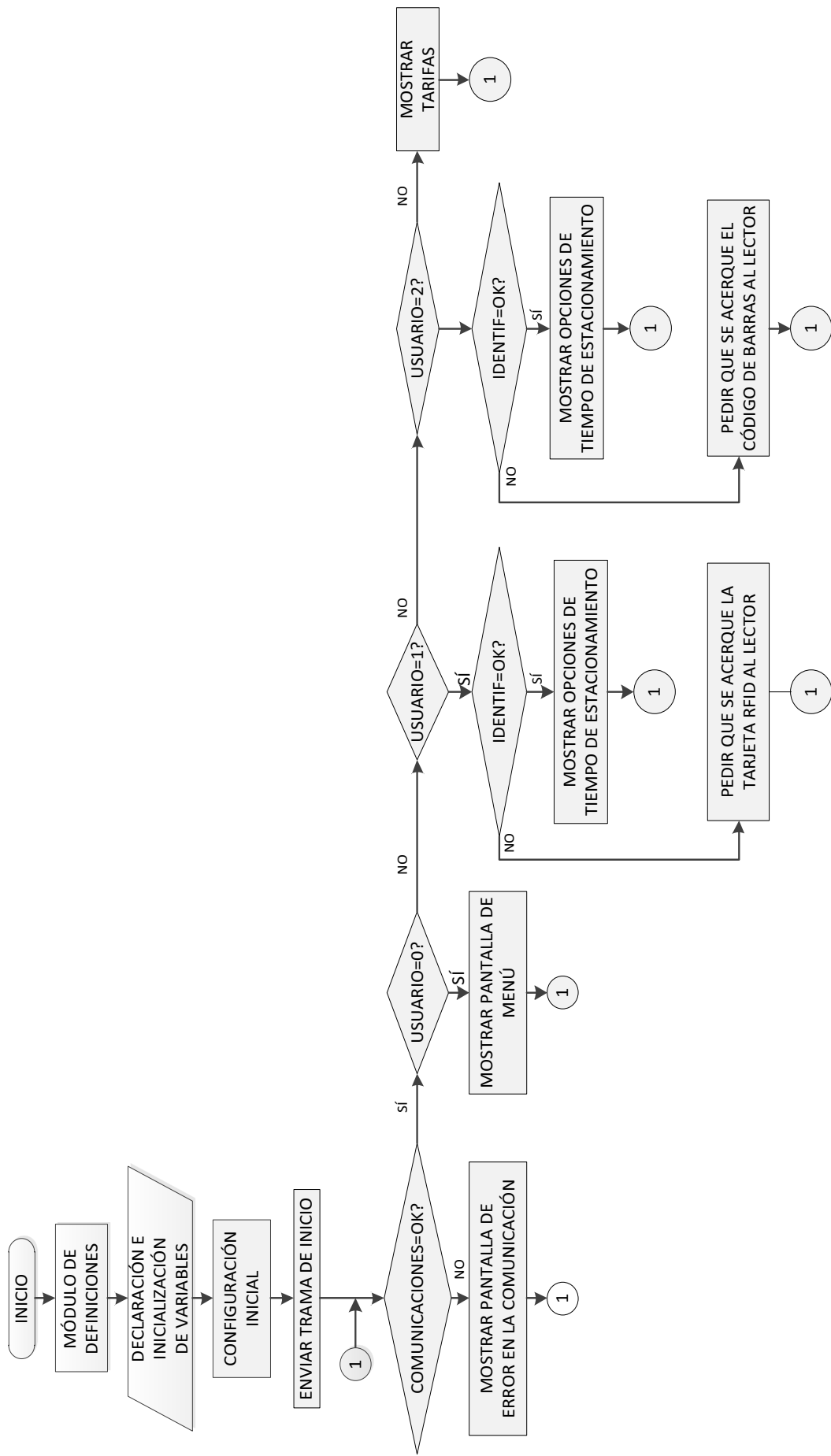


Figura 3. 9 Diagrama de flujo del programa principal

En la parte de declaración e inicialización de variables se enlista cada una de las variables y funciones que se usan en el desarrollo del programa, en el caso de las variables es necesario darles un valor inicial.

Luego, se configura el modo de operación inicial de cada uno de los puertos, como entradas o salidas, en caso de las entradas se debe determinar en cuáles activar las resistencias de *pull-up*. Esta parte incluye además la configuración de los registros que manejan las interrupciones.

### 3.3.2.2 Subrutinas de Interrupción

Las subrutinas de interrupción, en las que se cambian los valores de las variables, son las que determinan el flujo del programa. Las que se usan para el desarrollo del programa se detallan en la tabla 3.1, donde se enlistan jerárquicamente; es decir la de arriba tiene preferencia respecto de las de abajo.

INTERRUPCIÓN	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
<b>INT2</b>	Solicitud de interrupción externa	Detectar las monedas que se depositan en el monedero
<b>PCINT0</b>	Solicitud de interrupción por cambio en los pines del puerto A	Detectar cuando se presiona algún botón del teclado
<b>USART0_RX</b>	Recepción completa en el USART0	Recibir los caracteres enviados por el módem
<b>USART1_RX</b>	Recepción completa en el USART1	Recibir los caracteres enviados por los lectores de RFID y códigos de barras

*Tabla 3. 1 Interrupciones tomadas en cuenta para el firmware del prototipo.*

#### 3.3.2.2.1 Solicitud de interrupción externa (INT2)

La INT2 se usa para contar las monedas que ingresan por el monedero electrónico. Cada vez que se ingrese una moneda se incrementará un contador y al final de cada transacción se resetea la cuenta. En la figura 3.10 se indica el diagrama de flujo de la subrutina de interrupción.



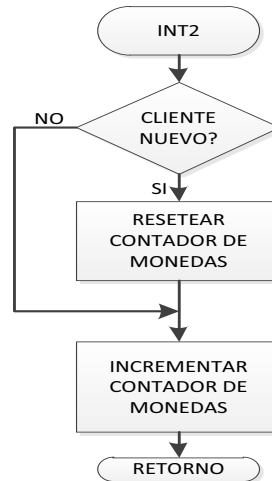


Figura 3. 10 Subrutina de interrupción para contar las monedas ingresadas.

### 3.3.2.2.2 Solicitud de interrupción externa (PCINT0)

Se activa esta interrupción cuando se detecta algún cambio en el estado en los pines del puerto A, que se encuentren configurados como entradas de interrupción. En este caso la interrupción se usa para detectar cuando se ha presionado uno de los tres botones del teclado. La subrutina de interrupción será compartida para los tres pulsadores, por lo tanto primero se debe identificar cuál de ellos originó la interrupción, para luego realizar la acción correspondiente. En la figura 3.10 se indica el diagrama de flujo de la subrutina de interrupción.

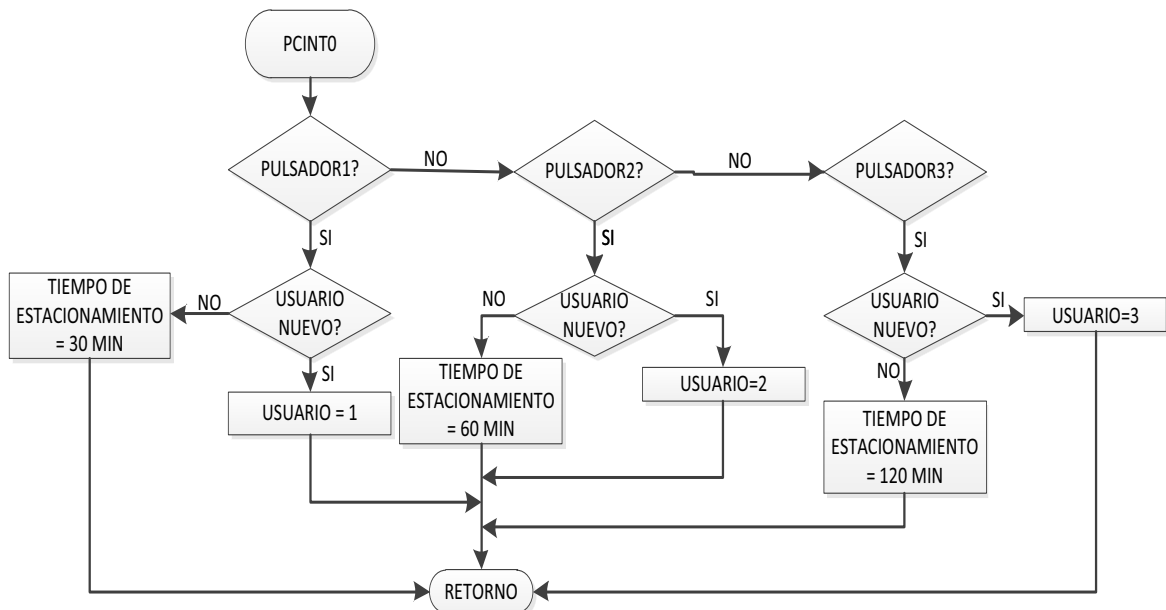


Figura 3. 11 Diagrama de flujo para subrutina de interrupción (PCINT0)

Las opciones que el usuario podrá seleccionar son relativas a la categoría de usuario que le corresponde y al tiempo de ocupación del estacionamiento que solicita.

### 3.3.2.2.3 Recepción completa en el USART0

El USART0 se usa para la comunicación con el módem, por el canal de recepción se recibirá información sobre el estado de la comunicación, hora y fecha. Por lo tanto la subrutina de interrupción se encargará de refrescar los indicadores de estado de las comunicaciones, así como de actualizar la hora y fecha.

Existen varios estados en las comunicaciones que se pueden detectar, uno es el de error en la comunicación GPS, otro cuando existe error con el servicio GPRS, otro estado es en cual se tienen problemas tanto con la comunicación del GPS como del GPRS, y el último es el que indica que ambas comunicaciones están funcionando correctamente. Todos los estados indicados pueden detectarse también de forma visual al observar el comportamiento de los dos leds que posee el módem. La figura 3.12 presenta el diagrama de flujo de la subrutina de interrupción por recepción completa con el USART0.



Figura 3. 12 Subrutina de interrupción para la recepción del USART0

#### 3.3.2.2.4 Recepción completa en el USART1

Por el USART1 se recibe tanto señales del lector de códigos de barras como del lector de RFID. La subrutina de interrupción, cuyo diagrama de flujo se indica en la figura 3.13, en primer lugar discrimina el tipo de usuario y luego almacena la información de identificación correspondiente.

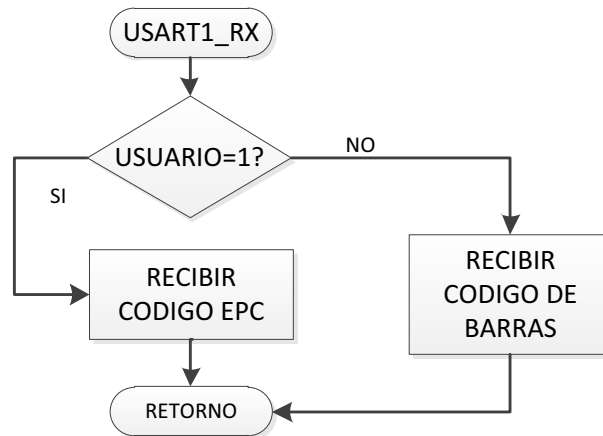


Figura 3. 13 Subrutina de interrupción por recepción completa en el USART1.

Se debe almacenar los caracteres recibidos en un buffer. Ya que al buffer pueden llegar tanto caracteres imprimibles como de control se debe discriminar la información correspondiente a los datos para moverla a una cadena que corresponda al tipo de usuario en cuestión.

#### 3.3.2.3 SUBRUTINAS PARA EL MANEJO DEL DISPLAY

Hay que tener en cuenta muchas tareas para el manejo del display, como son: el encender el display, habilitar la escritura, según se escriba en el lado derecho o izquierdo de la pantalla se debe escoger el chip correspondiente, etcétera. A continuación, en la tabla 3.2 se presenta una tabla con las instrucciones o comandos que se usan para manejar el display.

Es importante notar que con las instrucciones de prender y apagar el display, también con las que seleccionan la ubicación donde se empieza a mostrar la información, las líneas R/S y R/W tienen un voltaje de estado lógico bajo. Mientras que para las operaciones de lectura o escritura los niveles lógicos de dichas señales son diferentes.

Se han realizado dos subrutinas para el display, con la una se inicia el dispositivo, y con la otra se imprime una pantalla. Sin embargo, también es posible para futuras aplicaciones crear funciones que permitan imprimir caracteres, y con estos palabras y mensajes.

Instrucción	R/S	R/W	DB 7	DB 6	DB 5	DB 4	DB 3	DB 2	DB 1	DB 0	Función	
<b>Prender y apagar el display</b>	L	L	L	L	H	H	H	H	H	L/H	L: apagar display H: prender display	
<b>Seleccionar ubicación (Y); Eje vertical</b>	L	L	L	H	Rango de y: 0 – 63						Configura la ubicación Y en el contador de dirección Y	
<b>Seleccionar ubicación (X); Eje horizontal</b>	L	L	H	L	H	H	H	Rango de x: 0 - 7			Configura la ubicación X en el contador de dirección X	
<b>Seleccionar la línea de inicio del Display (Z)</b>	L	L	H	H	Rango de Z: 0 – 63						Indica a la RAM del display que se ubique en la parte superior del display	
<b>Leer estatus</b>	L	H	Ocupado	L	On/Off	Reset	L	L	L	L	Lee el estatus: <b>Ocupado:</b> L: Listo H: En operación <b>On/Off:</b> L: Prendido H: Apagado <b>Reset:</b> L: Normal H: Reset	
<b>Escribir datos en el display</b>	H	L	Datos a escribir									Escribe los datos (DB0:7) en la RAM del display.*
<b>Leer datos del display</b>	H	H	Datos a leer									Pasa los datos (DB0:7) de la RAM del display al bus de datos.

\* Después de ejecutada esta instrucción, se incrementa el contador Y automáticamente.

*Tabla 3. 2 Lista de comandos para el manejo del display.*

### 3.3.2.3.1 Subrutina para iniciar el display

Esta subrutina consiste únicamente en enviar comandos al display para inicializar los contadores que seleccionan la fila y columna donde empezará a mostrarse la información, pero lo más importante es incluir en esta subrutina el comando para prender el display.

### 3.3.2.3.2 Subrutina para mostrar una pantalla

Para mostrar la pantalla se necesita primero hacer el dibujo que se quiere mostrar, para tal propósito se puede usar por ejemplo Paint. Debido a que el Display usado tiene una resolución de 128\*64 pixeles se debe modificar los atributos de la imagen para que coincida con las características del Display. Una vez configurada la pantalla se realiza el dibujo, tal como se observará en el Display, adicionalmente se puede incluir una cuadrícula (Ctrl+M) para tener una mejor apreciación de cada pixel. En la figura 3.14 se indica tanto la ventana para el cambio de atributos de la imagen como la cuadrícula y en la figura 3.15 se presenta una de las tantas pantallas dibujadas

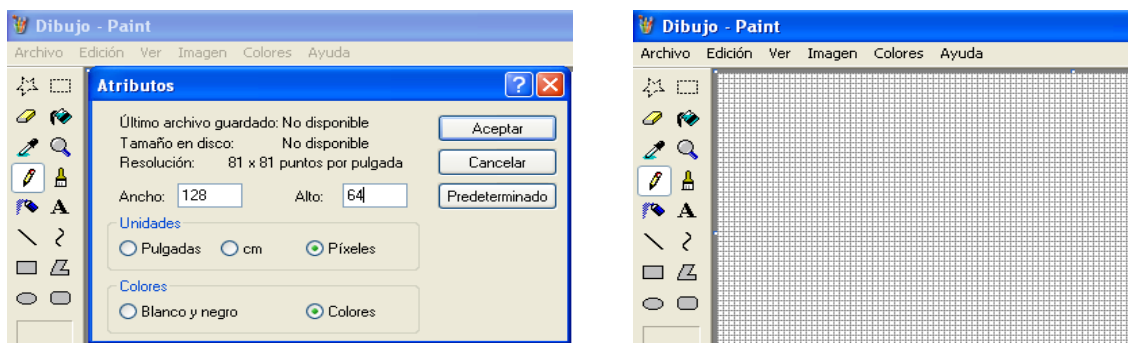


Figura 3. 14 Cambio en los atributos de la imagen y cuadrícula de Paint



Figura 3. 15 Pantalla de menú dibujada en Paint.

Una vez lista la imagen se la debe guardar en formato BMP. Se usa luego la aplicación denominada Bmp2asm, que convierte los archivos BMP en ASM. Solo se necesita indicar la ubicación del archivo del dibujo realizado y presionar la tecla *Convert*, entonces se podrá ver que aparecen en forma de texto todos los bytes, en total son 1024, que conforman la imagen. En la figura 3.16 se indica la ventana de la aplicación Bmp2asm, con la que se convierte las imágenes, archivos .bmp, en una cadena de bytes.

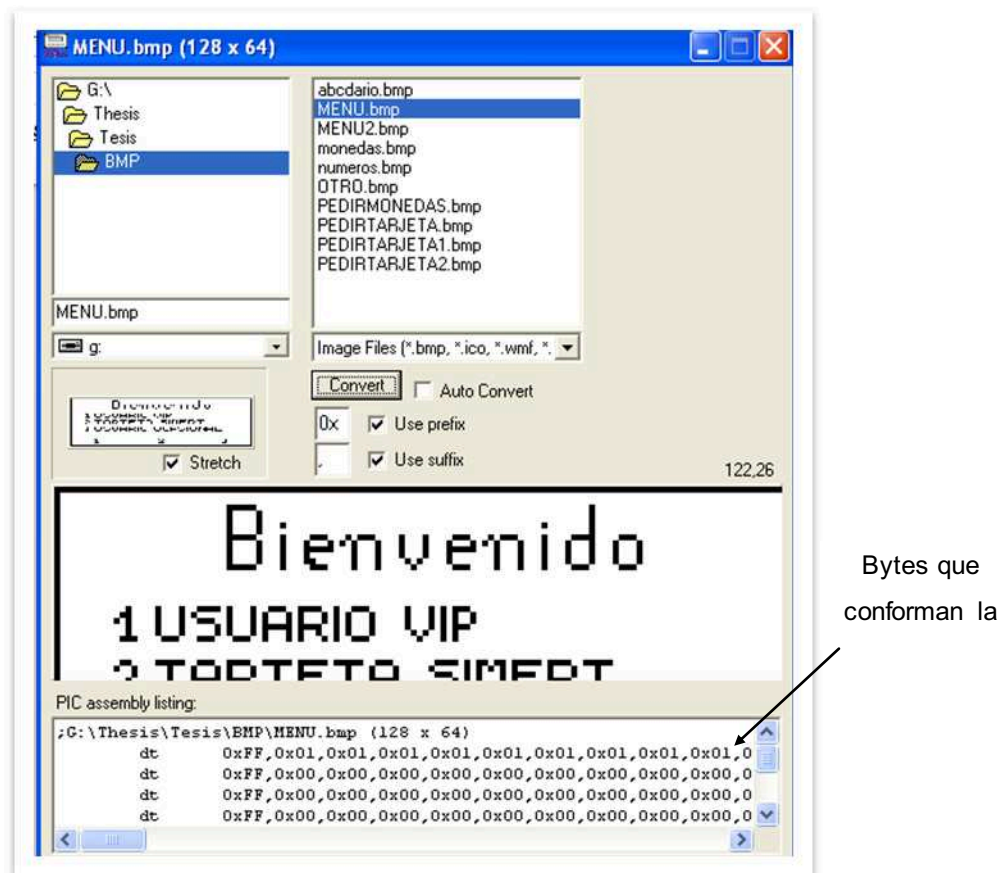


Figura 3. 16 Conversión de la imagen en un conjunto de bytes.

Todo el bloque de caracteres hexadecimales que se obtienen con la conversión, 1024 bytes, debe ser almacenado en la memoria del microcontrolador (*FLASH*). Hay que tener en cuenta que además se deben incluir las librerías necesarias para poder manejar la memoria de programa: *pgmspace.h* y *eeprom.h*.

Una vez que se ha guardado el conjunto de bytes que conforman la imagen en la memoria del microcontrolador, el siguiente paso es realizar la subrutina que se

encargará de mostrar estos bytes en la pantalla, cada uno en la ubicación deseada.

Para la subrutina que muestra una pantalla se necesita como entradas: el número de pantalla que se le asigna y su tamaño en bytes. Una pantalla completa corresponde a un tamaño de 1024 bytes, media pantalla a 512 bytes y así sucesivamente. En la figura 3.17 se indica el diagrama de flujo de la subrutina.

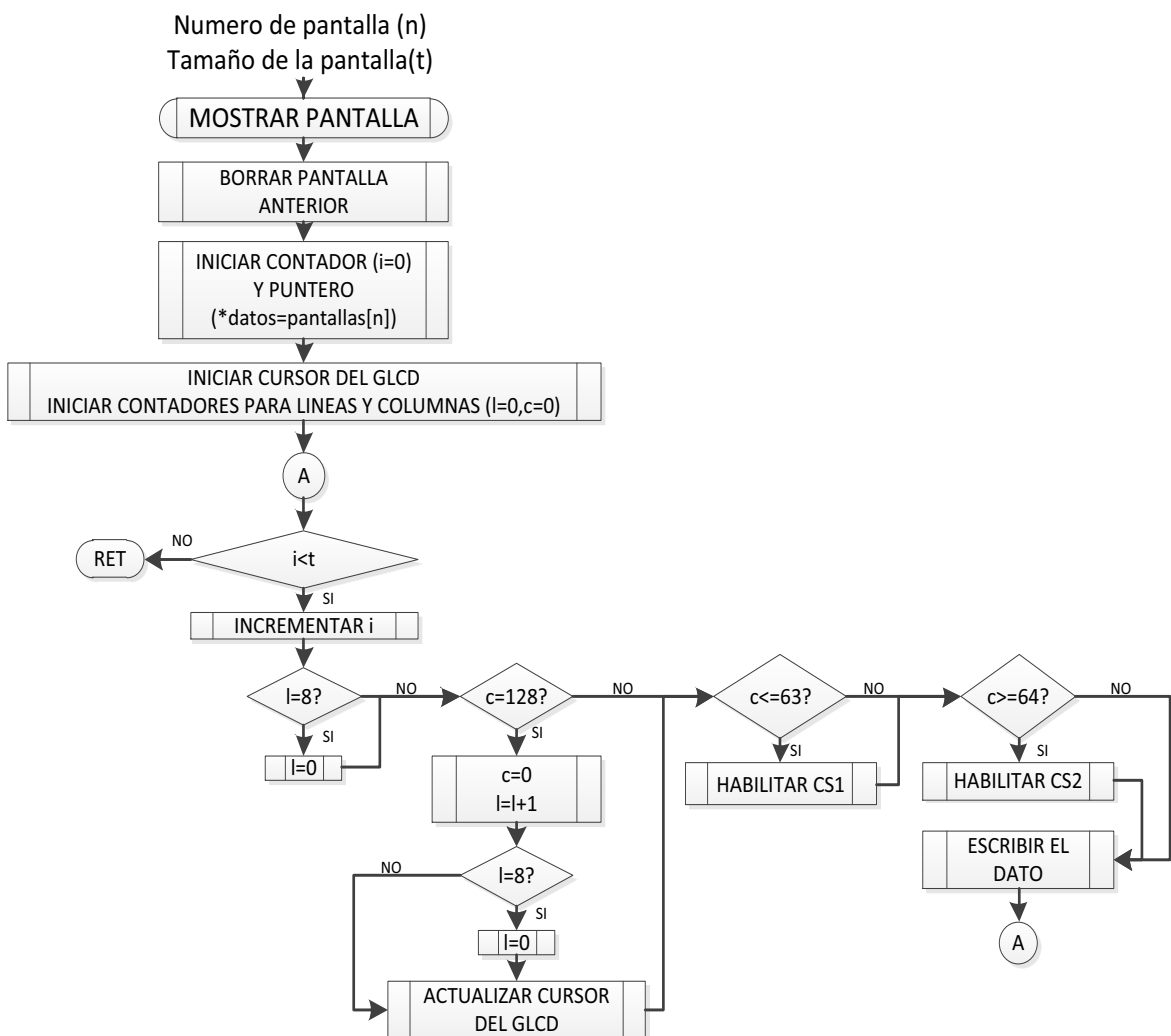
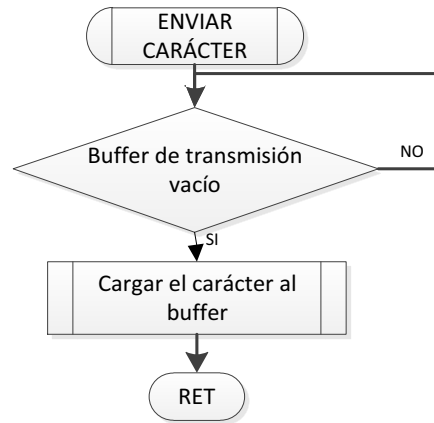


Figura 3. 17 Subrutina para mostrar una pantalla

### 3.3.2.4 Subrutina para Envío de Caracteres

Una transmisión de datos es iniciada cargando el dato que se quiere transmitir en el buffer de transmisión. Pero los datos del buffer pueden ser movidos al registro

de desplazamiento, para ser enviados, solo cuando el registro está listo para enviar un nuevo carácter, es decir cuando está vacío. En la figura 3.18 se presenta el diagrama de flujo de la subrutina.



*Figura 3. 18 Diagrama de flujo para el envío de un carácter.*

Con el uso de esta subrutina se realiza las funciones correspondientes al envío de comandos y a la impresión de comprobantes de pago por el uso de los estacionamientos.

#### *3.3.2.4.1 Envío de información con el módem*

Para el envío de las diferentes secuencias de caracteres es necesario que el microcontrolador le transmita al módem el siguiente comando:

`AT+SEND="200.124.229.23","2140","SECUENCIA"`

El primer argumento del anterior comando corresponde a la dirección IP del servidor de monitoreo, el segundo corresponde al puerto que se usa y el último debe contener todos los caracteres relativos a la secuencia que se desea enviar.

#### *3.3.2.4.2 Impresión de comprobantes*

Para la impresión de los comprobantes de pago, en especial de los códigos de barras, debe revisarse los comandos relacionados. El comando que permite la



impresión de códigos de barras es el GS  $k^{40}$ . Este comando tiene el formato indicado en la tabla 3.3.

ASCII	GS	K	M	n	d1,d2,...,dn
HEX	1D	6B	M	n	d1,d2,...,dn
DECIMAL	29	107	M	n	d1,d2,...,dn

*Tabla 3.3 Comando usado para imprimir el código de barras.*

El valor que toma m depende del sistema de código de barras que se desea imprimir, para el caso del sistema EAN13 m toma el valor de 67. En cambio n depende del número de caracteres que se quiere incluir en el código; con el valor de m escogido, n solo podrá ser 12 o 13. Y el rango de los valores que pueden tomar d1, d2,..., dn están entre 48 y 57, estos valores corresponden a los caracteres ASCII desde el cero hasta el nueve.

### **3.4 FASE 3: ENSAMBLAJE DEL PROTOTIPO**

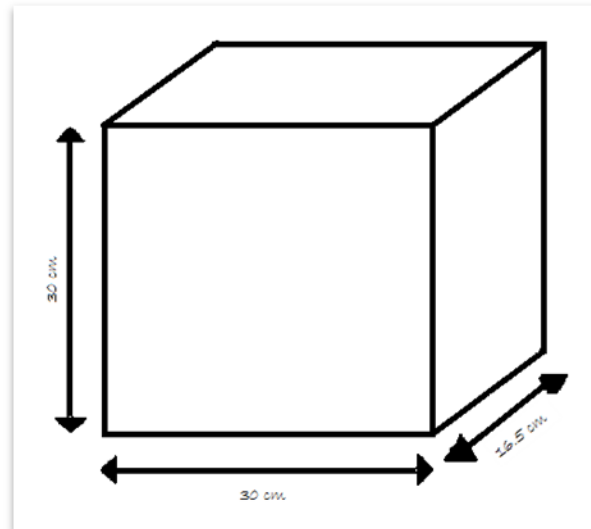
El ensamblaje del prototipo es la fase final de la construcción previa la realización de las pruebas de funcionamiento.

#### **3.4.1 CAJA CONTENEDORA**

Tomando en cuenta las condiciones del funcionamiento a la intemperie, el material de la caja contenedora del prototipo debe ser metálico. Ya que dentro de la caja se acomodan varios dispositivos, el dimensionamiento de ella ha sido importante. Para dimensionar adecuadamente la caja contenedora se debe tener en cuenta cada uno de los elementos que se incluirá en ella. En la figura 3.16 se muestran las dimensiones de la caja que se ha seleccionado.

---

<sup>40</sup>BIXOLON, "Manual de usuario STP-103", 2011  
[http://www.techpos.co.nz/brochures/Samsung\\_STP103.pdf](http://www.techpos.co.nz/brochures/Samsung_STP103.pdf)



*Figura 3. 19 Dimensiones de la caja contenedora.*

### 3.4.2 MONTAJE

Como se muestra en la figura 3.20, en primer lugar se hizo los agujeros en la parte frontal de la caja para poder montar cada uno de los elementos.



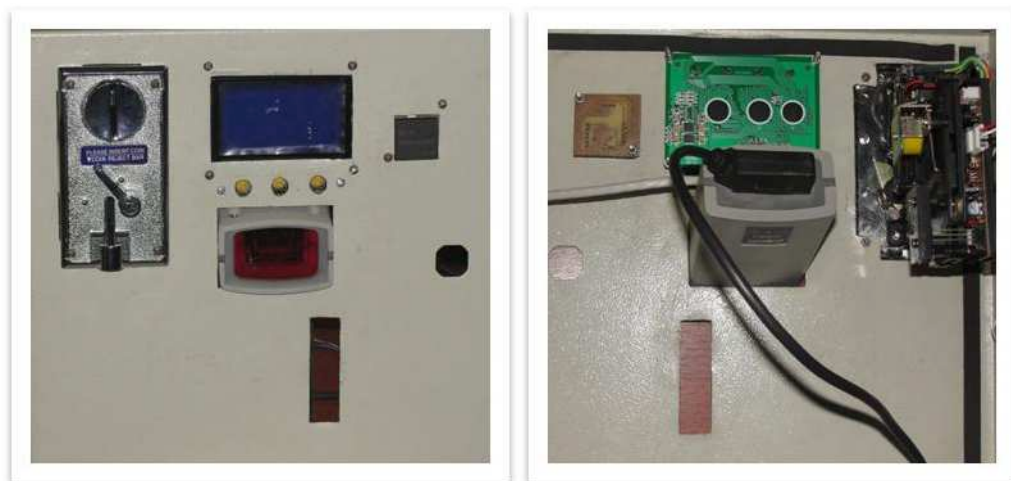
*Figura 3. 20 Caja contenedora.*

A continuación se ubica cada uno de los dispositivos en la caja, en primer lugar se fija la placa usando postes en la lámina trasera, pero al interior de la caja contenedora, la impresora también deberá ser sujeta de alguna manera al interior de la caja contenedora, se ha tenido en cuenta que la salida de papel este al nivel del borde de la caja, donde se une con la tapa delantera. En la figura 3.21 se presenta el montaje del PBC del sistema microprocesado y la impresora.



*Figura 3. 21 Montaje del PCB y la impresora.*

En la tapa delantera en cambio se montan los otros dispositivos; display, monedero, lector de RFID, lector de códigos de barras, y teclado; que son los que interactúan con el usuario en el proceso de tarificación. En la figura 3.22 se indica el montaje de los dispositivos en la cara frontal de la caja contenedora.



*Figura 3. 22 Montaje de los dispositivos en la parte delantera de la caja.*

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Las pruebas de funcionamiento realizadas se basan en comprobar el desempeño del equipo, la operación de los diferentes dispositivos que conforman cada uno de los módulos del prototipo y la recepción de datos en el servidor de monitoreo.

Los eventos considerados para la realización de pruebas han sido:

- Inicio del prototipo.
- Test de estado de comunicaciones.
- Facturación con cliente fijo (usuario VIP).
- Facturación con cliente frecuente (tarjeta SIMERT).
- Facturación con cliente ocasional (usuario ocasional).

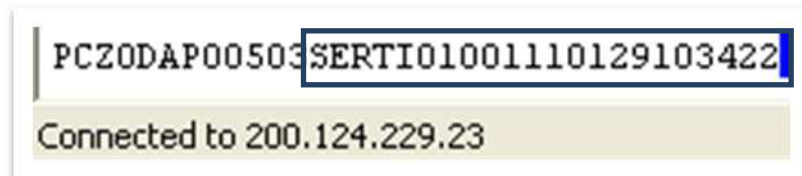
#### 4.2 INICIO DEL PROTOTIPO



*Figura 4. 1 Pantalla para la selección del tipo de cliente*

Al iniciar el aparece en la pantalla un mensaje de error en las comunicaciones, ya que el microcontrolador espera, por un tiempo de hasta un minuto, a que el módem le indique el estado de sus conexiones. Una vez que el módem reporta dicho estado, y si no hay ningún problema con él, la pantalla muestra el menú que se indica en la figura 4.1. Cada una de las opciones se ubica sobre un botón del teclado, el usuario deberá presionar uno de ellos según el tipo de cliente con el que se identifique.

También ocurre que al iniciar la operación, el sistema microprocesado envía una secuencia al servidor de monitoreo, como se indica en la figura 4.2, la cual únicamente contiene información que identifica al equipo en el sistema y también la hora y la fecha en la que inicia su operación.



*Figura 4. 2 Secuencia de inicio de operación del prototipo*

Con la información de la tabla 2.12 se puede fácilmente interpretar la serie alfanumérica de la secuencia de inicio, figura 4.2, en este caso indica que el equipo 001 de la empresa 01 ha iniciado operaciones el día 29 del mes 01 del año 2011 a las 10 horas con 34 minutos y 22 segundos.

### **4.3 TEST DE ESTADO DE COMUNICACIONES**

Al encender el equipo, así como también cuando el estado de comunicaciones transmitido por el módem indique algún problema, el display muestra una pantalla como la que se presenta en la figura 4.3.



*Figura 4. 3 Pantalla que indica error en el estado de las comunicaciones*

En el caso de existir un problema en la comunicación con el sistema GPS es posible enviar una secuencia para notificar al servidor el problema, pero si el problema es con el GPRS va ser imposible que se pueda enviar un comunicado al servidor.

Los problemas de comunicaciones pueden tener diversas causas, una de ellas puede ser algún problema con la red GPRS, otra muy común es el mal estado de los contactos del chip de datos que se inserta en el modem, o también alguna avería en el conector o el cable de la antena.

#### **4.4 FACTURACIÓN CON CLIENTE FIJO**

Una vez mostrada la pantalla de menú de usuario (figura 4.1) el usuario VIP, que es un usuario que hace uso diario de los estacionamientos, debe presionar el botón ubicado debajo de la opción 1. Entonces aparecerá una pantalla pidiéndole que acerque su tarjeta de usuario VIP, tarjeta RFID, al lector uno que es el lector de RFID, como se muestra en la figura 4.4.



*Figura 4. 4 Pantalla para pedir que se acerque la tarjeta de RFID*

Luego de que el usuario pasa la tarjeta por el lector correspondiente se cambia la pantalla que muestra el display por una que muestra un menú con diferentes tiempos, figura 4.5, de entre los cuales el usuario puede elegir.



*Figura 4. 5 Menú con tiempos que el usuario puede elegir*

Después de que el usuario ha seleccionado el tiempo, pulsando el botón respectivo, aparece momentáneamente una pantalla indicando que retire el recibo que en ese momento se imprime, figura 4.6.



*Figura 4. 6 Pantalla para indicarle al usuario que retire el comprobante*

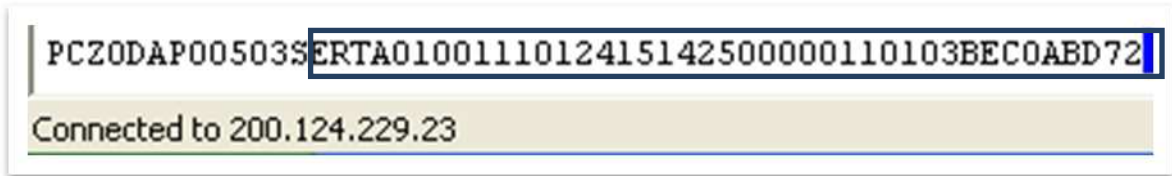
El mensaje de la figura 4.6 solo aparece por unos pocos segundos, luego de cual reaparece la pantalla que muestra el menú de usuario, figura 4.1. Al concluir el proceso de tarificación se envía la secuencia correspondiente al servidor. En la figura 4.7 puede verse la impresión del comprobante de pago mientras que en la figura 4.8 se muestra la secuencia recibida en el servidor de monitoreo.



*Figura 4. 7 Impresión del comprobante de pago con el usuario VIP*

La información que se imprime en el comprobante de pago corresponde en primer lugar a un encabezado, luego del cual se indica la fecha actual. A continuación se tiene el número de serie del comprobante, después se señala el tipo de usuario seguido de su respectiva identificación, código de la tarjeta. Finalmente se puede ver el tiempo valido, de acuerdo a la hora de llegada y al tiempo señalado por el usuario, y por último se tiene el código de barras asociado a la información indicada.





*Figura 4. 8 Recepción de la secuencia por tarificación con el usuario VIP*

Interpretando la información de la secuencia de la figura 4.8 se puede decir, que en equipo 001 de la empresa 01 se ha impreso el comprobante con número de serie 000001, correspondiente al usuario vip con código de identificación 0103BEC0ABD7, el cual ha llegado el día 24 del mes 01 del año 2011 a las 15 horas con 14 minutos y 25 segundos, y ha indicado que ocupara el estacionamiento por un tiempo no mayor a 1 hora.

#### **4.5 FACTURACIÓN CON CLIENTE NORMAL**

El proceso de facturación con el usuario normal es muy parecido al correspondiente proceso con el usuario VIP la única diferencia es que se usa otro lector, el lector 2 o el lector de código de barras, por ello hay únicamente un pequeño cambio en la pantalla de la figura 4.4, el resto del procedimiento es el mismo, e igual que con el usuario anterior al final se envía una secuencia al servidor. En la figura 4.9 se indica la pantalla que aparece en el caso de un cliente normal, la pantalla pide al cliente que acerque la tarjeta al lector de códigos de barras.



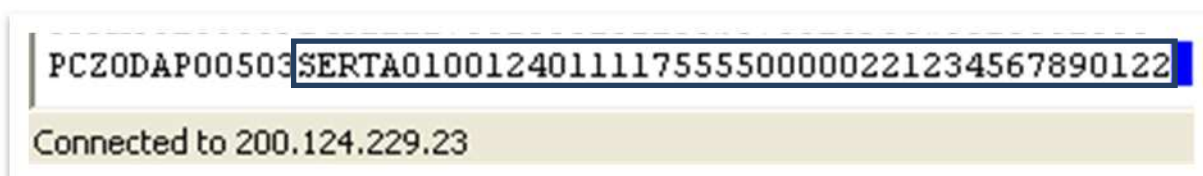
*Figura 4. 9 Pantalla para pedir que se acerque la cartilla de códigos de barras*

Como se ve en la figura 4.10, el comprobante impreso con el usuario normal es muy parecido al correspondiente con el usuario anterior, la única diferencia es que en el tipo de usuario esta un 2 y también que en la parte identificación se muestra la serie numérica representada por el código de barras que se ha pasado por el lector 2.



*Figura 4. 10 Impresión del comprobante de pago con el usuario normal*

Explicando la información contenida en la secuencia de datos enviada por la tarificación realizada con el usuario normal, figura 4.11, se puede mencionar: que en el equipo 001 de la empresa 01 se ha impreso el comprobante con número de serie 000002, el día 24 del mes 01 del año 2011, a las 17 horas con 55 minutos y 55 segundos, dado que el usuario del tipo 2 con identificación 123456789012 desea ocupar una plaza de estacionamiento por un tiempo no mayor a una hora.



*Figura 4. 11 Recepción de la secuencia por tarificación con el usuario normal*

#### **4.6 FACTURACIÓN CON CLIENTE OCASIONAL**

En este caso el usuario debe escoger la opción 3 de las posibilidades que muestra la pantalla de la figura 4.1, luego de lo cual se muestra una pantalla con las diferentes tarifas, para dar a conocer al usuario cuántas monedas debe

ingresar de acuerdo al tiempo que desea hacer uso del estacionamiento, figura 4.12.



*Figura 4. 12 Pantalla para indicar las distintas tarifas y tiempos equivalentes*

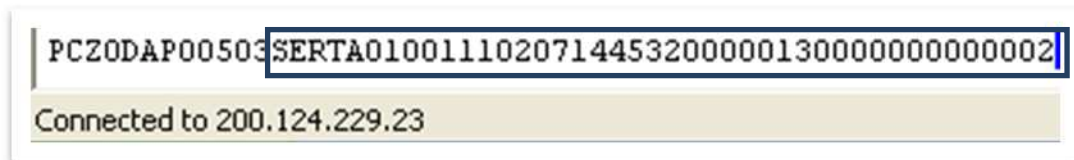
Según lo que indica la pantalla de la figura 4.12, si este usuario ocasional desea usar un estacionamiento por un tiempo no mayor a media hora, este deberá depositar una moneda de 25 centavos, pero si en cambio requiere de una hora de estacionamiento deberá este ingresar 2 monedas, por último para un tiempo de ocupación de una hora el número de monedas de 25 centavos que deberán ser depositadas equivale a 4.

La figura 4.13 indica que la impresión del comprobante debido a la facturación por el uso de un estacionamiento por un usuario normal no es distinta a la realizada con los otros usuarios, en este caso el tipo de usuario es 3 y el código de identificación para todos y cada uno de los usuarios de este tipo es el mismo (000000000000).



*Figura 4. 13 Impresión del comprobante de pago con el usuario ocasional*

La figura 4.14 indica que en el equipo 001 de la empresa 01 se ha impreso el comprobante de pago con número de serie 000001, correspondiente a un usuario ocasional, el mismo que ha llegado a las 14 horas con 45 minutos y 32 segundos, el día 07 del mes 02 del año 2011, y ha depositado 2 monedas de 25 centavos para poder hacer uso de un estacionamiento por un tiempo no mayor a una hora.



*Figura 4. 14 Recepción de la secuencia por tarificación con usuario ocasional*

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

Finalizado el proyecto se puede concluir que:

- ✓ Los mecanismos de facturación empleados en los diferentes sistemas de estacionamiento rotativo tarifado en el Ecuador son muy vulnerables con respecto a la facturación y control de las plazas, lo cual se refleja en evasiones al pago, abusos de estacionamiento, malestar en los usuarios, etc.
- ✓ En el Ecuador no se ha hecho nada para mejorar el servicio de los sistemas de estacionamientos rotativos tarifado, el equipo electrónico diseñado sería de gran utilidad, si hubiera decisión en las autoridades para apoyar el desarrollo y la puesta en práctica de iniciativas de este tipo.
- ✓ Se implementó un prototipo para la facturación y control de los sistemas de estacionamientos rotativos tarifados en base a un sistema microprocesado y usando un módem GPRS para el monitoreo remoto. La comunicación a través de GPRS es ideal por su alta disponibilidad y más que todo por su bajo costo, teniendo en cuenta que se paga una cantidad proporcional al volumen de información transmitida.
- ✓ El prototipo permite la interacción entre el usuario y el sistema, a través de una pantalla en la que se presentan opciones al usuario, y mediante un teclado se puede elegir entre ellas. Puesto que dispone de un lector de códigos de barras y otro de RFID, un cliente se identifica ya sea por el

código EPC del tag de RFID o por la serie numérica asociada al código de barras. Para los clientes ocasionales no hay necesidad de asociarle a cada uno un código de identificación distinto como con los otros tipos de clientes, simplemente se los podría diferenciar por el número de serie impreso en el comprobante emitido.

- ✓ Las ventajas asociadas a la instalación y operación del prototipo en ciudades como Quito podrían reflejarse: en un sistema de estacionamiento rotativo tarifado con un mejor servicio, en una fiscalización más robusta, y también en la posibilidad de llevar una estadística de uso que favorezca la creación de medidas que ayuden a solventar los problemas que se detecten en el sistema.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- ✓ El prototipo puede mejorarse, su futuro desarrollo bien puede servir a otro estudiante como proyecto de titulación. Se adjuntan los códigos fuentes, esquemáticos, PCB y diagramas para su facilidad.
- ✓ En lugar del display y los botones que se usan en el prototipo se podría usar una pantalla táctil. La pulsación repetida de los botones provoca desgaste en los mismos y que su vida útil no sea muy prolongada.
- ✓ Con el funcionamiento de este prototipo, los controladores deberían usar un lector de código de barras adecuado, por ejemplo el modelo MC 3090 de Symbol, con una aplicación específica que presente adecuadamente la información del código. O simplemente el controlador debería estar en plena capacidad de interpretar la información contenida en el código de barras.
- ✓ Las seguridades del prototipo se podrían mejorar, se puede usar por ejemplo un sensor que detecte cuando la puerta es abierta. También se podría pensar en una caja contenedora de mejores características.

- ✓ Si bien se han tomado en cuenta varias consideraciones relativas al funcionamiento a la intemperie del prototipo, se recomienda no exponerlo a condiciones climáticas extremas.
- ✓ Debido al alcance del presente proyecto solo se llega a mostrar los datos que llegan al servidor en una terminal de texto. La gestión de esos datos se presta a un futuro desarrollo.
- ✓ Otro aspecto que la mayoría de usuarios de estos sistemas reclaman es la poca seguridad que se tiene al dejar estacionado el vehículo en la plaza tarifada. Sería conveniente que el precio por estacionamiento incluya el pago de un seguro, que sirva para cubrir de alguna manera con los gastos que se produjeran en caso de ocurrir un delito mientras el auto se encuentra estacionado.
- ✓ Se recomienda, en este tipo de proyectos, empezar por comprobar separadamente el funcionamiento de cada uno de los dispositivos a usar. Por cada dispositivo, se debería realizar un pequeño programa para el microcontrolador con el fin de probar su funcionamiento.
- ✓ Es importante la elaboración de diagramas de flujo previa la edición del programa. Los diagramas de flujo facilitan la edición del programa y ayudan a identificar rápidamente los problemas.
- ✓ La fuente de polarización es una parte muy importante en un diseño electrónico, se recomienda el uso de dispositivos como el MC33063A en lugar de los tradicionales reguladores como el LM7805. Las ventajas del CI. MC33063 frente al LM7805 se reflejan en mayor estabilidad, y la posibilidad de generar picos de corriente cuando se requieren.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

### LIBROS:

- [1] DONAHO, Michael; CALVERT, Kenneth, "TCP/IP Sockets in C", Morgan Kaufmann publications, USA, 2009.
- [2] GADRE, Dhananjay, "Programming and customizing the avr microcontroller", Editorial McGraw-Hill, 2001.
- [3] HALONEN, Timo; ROMERO, Javier; MELERO, Juan, "GSM, GPRS and EDGE Performance", 2da. Ed., Editorial Wiley, England, 2003.
- [4] PARDUE, Joe, "C Programming for Microcontrollers". Editorial Smiley Micros, Knoxville, 2005.

### TESIS:

- [5] REINOSO, Andy; TOCAÍN, Christian, "Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una plataforma Open-Soft (LINUX)", EPN, Quito, 2009.
- [6] ROMERO, Vicente; Segura, Víctor, "Diseño y construcción de un equipo electrónico (computador a bordo) para el transporte escolar, usando la red GSM/GPRS para su monitoreo en un servidor open source (sockets) para el control y seguridad de sus usuarios", EPN, Quito, 2010.
- [7] VALDMIESO, Ángel, "Diseño de un Sistema Rotativo Tarifado para el Parque Central de la Ciudad de Loja", EPN, Quito, 2008.

### INTERNET:

- [8] ATMEL, "Hoja de datos ATmega644p", 2011  
[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc8011.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc8011.pdf)
- [9] Ejemplos java y C/Linux, "Sockets UDP en C para Linux", 2007  
<http://www.chuidiang.com/clinux/sockets/udp/udp.php>
- [10] SIERRA WIRELESS, "Manual de usuario Fastrack Supreme 20", 2008  
<http://www.sierrawireless.com/Support.aspx>
- [11] VELASCO, Alexandra; Premiando el abuso - autos y estacionamientos públicos.  
<http://www.quitoparatodos.org/index.php?view=article&catid=12%3Amultim>



[edia&id=53%3Apremiando-el-abuso-autos-y-estacionamientos-publicos&format=pdf&option=com\\_content&Itemid=12;](#)

**REVISTAS:**

- [12] TARAPOEZ, Edwin; “Algunos aspectos económicos para el debate sobre el tema de los parqueaderos en Bogotá”; TENDENCIAS, Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Nariño, Vol. IX. No. 1, 1er Semestre 2008, páginas 4767.

## ANEXOS

- ANEXO A:** GPRS
- ANEXO B:** FIRMWARE DEL MICROCONTROLADOR
- ANEXO C:** CÓDIGO FUENTE DEL SOCKET
- ANEXO D:** PROSERT – HOJA DE CARACTERÍSTICAS
- ANEXO E:** CARACTERÍSTICAS DEL MICROCONTROLADOR ATMEGA644P
- ANEXO F:** CARACTERÍSTICAS DEL MÓDEM FASTRACK SUPREME 20
- ANEXO G:** CARACTERÍSTICAS DE LA IMPRESORA STP-103
- ANEXO H:** CARACTERÍSTICAS DEL LECTOR DE CÓDIGOS DE BARRAS LS-6800
- ANEXO I:** CARACTERÍSTICAS DEL LECTOR RFID ID-12
- ANEXO J:** CARACTERÍSTICAS DEL CIRCUITO INTEGRADO MC33063
- ANEXO K:** CARACTERÍSTICAS DEL DISPLAY JHD1284E