

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE EQUIPOS MÓVILES CON TECNOLOGÍA BLUETOOTH.

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

**VALENCIA BARAHONA VIRGILIO RAMIRO
MICHILENA CALDERÓN JAIME ROBERTO**

DIRECTOR: ING. CARLOS HERRERA.

Quito, OCTUBRE 2007

DECLARACIÓN

Nosotros, Virgilio Ramiro Valencia Barahona y Jaime Roberto Michilena Calderón, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

Virgilio Ramiro Valencia Barahona

Jaime Roberto Michilena Calderón

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Virgilio Ramiro Valencia Barahona y Jaime Roberto Michilena Calderón, bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Herrera
DIRECTOR DE PROYECTO

PRESENTACIÓN

Hace algunos años, Ericsson revolucionó el mundo de la conexión inalámbrica entre teléfonos celulares y otros dispositivos de oficina, los cuales forman redes inalámbricas de área personal (WPANs, 802.15); pero en ese tiempo, nadie sospechó el avance vertiginoso que tendría esta tecnología dentro del mercado de la comunicación y procesamiento de datos.

Mediante la creación del estándar Bluetooth, las compañías que conforman el Grupo de Interés Especial, permitieron reemplazar los cables, por una conexión inalámbrica que lidera la utilización de aplicaciones tales como; descarga de imágenes, envío de mensajería sin costo, impresión de fotos vía inalámbrica, envío de archivos, entre otros.

Cada vez, esta tecnología avanza más y más, lanzando al mercado nuevas soluciones y versiones del estándar inicial; logrando así, mejorar el enlace y la velocidad de comunicación entre las diferentes unidades Bluetooth.

La gran mayoría de dispositivos que contienen esta tecnología, se benefician por el ahorro de energía y el procesamiento de datos que realiza Bluetooth. Esta clase de conexión de corto alcance, es ideal para el intercambio de datos, logrando propagarse entre equipos como; PDAs, PCs portátiles, impresoras, access points, mouse, teclados, etc.

Este Proyecto de Titulación, describe una aplicación de telemetría para medidores analógicos del consumo de energía eléctrica, permitiendo tomar los registros del consumo mediante una Pocket PC y almacenarlos en una base de datos.

Para el desarrollo de este prototipo, se necesitan dos componentes específicos que son: la PDA y un sistema microprocesado. La PDA contiene una aplicación que se comunica vía Bluetooth con el sistema de adquisición de datos, para pedir las diferentes lecturas del consumo de energía eléctrica; en cambio, el sistema microprocesado contiene un microcontrolador que es el encargado de verificar el enlace bluetooth, tomar los datos del consumo y almacenarlos, mostrar el consumo en un LCD y guardarlos en una memoria eprom (I²C).

Básicamente las dos partes funcionan de forma dependiente, ya que por seguridad la aplicación envía códigos predeterminados, evitando que dispositivos no autorizados, puedan manejar el prototipo.

Estamos seguros que esta aplicación mejorará y acelerará el proceso de facturación del consumo de energía eléctrica, dentro de las empresas que proveen este servicio a los usuarios.

Los Autores.

RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación consta de cinco capítulos, en los cuales se detallan el diseño y construcción de un prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica mediante equipos móviles con tecnología Bluetooth.

En el primer capítulo se explica los orígenes, consideraciones, enlaces, datagramas y dispositivos que intervienen en la tecnología Bluetooth; además, se expone de manera especial el perfil o servicio de puerto serial, el cual es utilizado en la realización de nuestro Proyecto.

El segundo capítulo trata sobre el diseño del prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica, en donde ponemos a consideración los detalles, descripción y elementos constitutivos del hardware que conforman nuestro Prototipo; además, se detalla las características y el puerto de comunicaciones de la PDA utilizada.

El capítulo tres hace referencia al diseño de la aplicación para la PDA y el programa del sistema microprocesado. Se explica además de forma detallada las consideraciones que se realizan para que las dos aplicaciones sean dependientes entre sí.

En el capítulo cuatro encontramos las diferentes pruebas generales de funcionamiento que se realizaron a nuestro Prototipo; también indicamos las herramientas adicionales que nos ayudaron en la realización y puesta a punto del modelo de adquisición de datos.

En el quinto capítulo se exponen las conclusiones y recomendaciones referidas al presente Proyecto de Titulación.

ÍNDICE

CONTENIDO

Página.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

1.1.	INTRODUCCIÓN.....	12
1.2.	ORÍGENES Y DESARROLLO DE BLUETOOTH.....	13
1.2.1.	EL SIG DE BLUETOOTH	14
1.3.	CARACTERÍSTICAS DE BLUETOOTH.....	15
1.3.1.	CANALES DE TRANSMISIÓN BLUETOOTH.	16
1.3.2.	TRANSMISIÓN DE DATOS	17
1.3.3.	PICONETS Y SCATTERNETS	17
1.3.4.	ENLACES ENTRE DISPOSITIVOS BLUETOOTH.....	18
1.3.4.1.	SCO (Síncrono Orientado a la Conexión).....	19
1.3.4.2.	ACL (Asíncrono Sin Conexión).....	19
1.3.2.	DATAGRAMA BLUETOOTH.....	19
1.3.2.1.	Código de acceso del Datagrama Bluetooth.....	20
1.3.2.2.	Cabecera del Datagrama Bluetooth	21
1.3.2.3.	Carga útil del Datagrama Bluetooth	22
1.3.3.	CLASES DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH.....	22
1.4.	HARDWARE DEL DISPOSITIVO BLUETOOTH.....	23
1.4.1.	DIRECCIONAMIENTO DE EQUIPOS BLUETOOTH.....	25
1.4.1.1.	BD_ADDR, (Bluetooth Device Address)	25
1.4.1.2.	AM_ADDR, (Active Member Address)	25
1.4.1.3.	PM_ADDR, (Parked Member Address)	25
1.4.1.4.	AR_ADDR, (Access Request Address).....	25
1.5.	SOFTWARE DEL DISPOSITIVO BLUETOOTH	26
1.5.1	VERSIONES DE LA ESPECIFICACIÓN BLUETOOTH	26
1.5.1.1.	Versión 1.1.....	26
1.5.1.2.	Versión 1.2.....	27
1.5.1.3.	Versión 2.0.....	27
1.6.	PERFILES DE BLUETOOTH	28
1.6.1.	Perfil de Puerto Serial, (SPP)	29

1.7.	PILA DE PROTOCOLOS DE BLUETOOTH	29
1.7.1.	CAPA RADIO DE BLUETOOTH.....	33
1.7.2.	CAPA BANDA BASE DE BLUETOOTH.....	33
1.7.2.1.	Paquetes de la Capa Banda Base de Bluetooth	33
1.7.2.2.	Canales Lógicos de la Capa Banda Base de Bluetooth	37
1.7.2.3.	Estados y subestados del Controlador de Enlace	38
1.7.2.4.	Establecimiento de la conexión (búsqueda y paginación)	39
1.7.2.5.	Estados de respuesta, examinación e indagación del controlador de enlace	42
1.7.2.6.	Modos de conexión entre dispositivos Bluetooth.	43
1.7.2.7.	Sincronización entre dispositivos Bluetooth	48
1.7.2.8.	La seguridad de Bluetooth.....	48
1.7.3.	INTERFAZ CONTROLADOR DE HOST, (HCI)	49
1.7.4.	PROTOCOLO DE ADMINISTRACIÓN DEL ENLACE, (LMP)	49
1.7.5.	PROTOCOLO DE ADAPTACIÓN Y CONTROL LÓGICO DEL ENLACE L2CAP	49
1.7.5.1.	Requisitos funcionales de L2CAP	50
1.7.6.	PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO DEL SERVICIO, (SDP)	51
1.7.7.	PROTOCOLO DE REEMPLAZO DE CABLE, (RFCOMM)	51
1.7.8.	PROTOCOLOS DE CONTROL DE TELEFONÍA DE BLUETOOTH	51
1.7.8.1.	Control de Telefonía – Binario (TCS Binario).....	51
1.7.8.2.	Control de Telefonía – Comandos AT.....	52
1.7.9.	PROTOCOLOS ADOPTADOS DE BLUETOOTH	52
1.7.9.1.	Protocolo Punto a Punto, (PPP).....	52
1.7.9.2.	Protocolo TCP/UDP/IP	52
1.7.9.3.	Protocolo de Aplicación Inalámbrica, (WAP)	52
1.7.10.	PILAS DE PROTOCOLOS PARA LOS DISTINTOS MODELOS DE USO DE BLUETOOTH	53
1.7.10.1.	Transferencia de ficheros	53
1.7.10.2.	Puente ó Bridge de internet	54
1.7.10.3.	Acceso a LAN	54
1.8.	BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH	55

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA “SMEE”

2.1	INTRODUCCIÓN.....	58
2.2	DISEÑO GLOBAL DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA “SMEE”	58

2.2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	59
2.2.1.1	Enlace Bluetooth	59
2.2.1.2	Enlace entre el Prototipo y la PDA.....	59
2.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO A NIVEL DE HARDWARE.....	61
2.2.2.1	Microcontrolador AT89C51	61
2.2.2.2	Módulo Bluetooth “KC-21”	66
2.2.2.3	Display LCD 2x16	68
2.3	TERMINAL DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS (PDA).....	75
2.3.1	POCKET PC HP iPAQ RX 3715	75
2.3.1.1	Características Generales de la HP iPAQ rx 3715.....	76
2.3.1.2	Puerto Virtual de Comunicaciones de la HP iPAQ rx3715.....	78
2.3.1.3	Registro del Servicio del Puerto Serie	80
2.4	COMANDOS AT DEL MÓDULO BLUETOOTH KC-21	81
2.4.1	CONFIGURACIÓN DE COMANDOS AT EN EL MÓDULO BLUETOOTH KC-21	83
2.4.1.1	Comandos AT+ZV	84
2.5	CIRCUITO DISEÑADO PARA EL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA “SMEE”	88

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO PARA LA PDA Y PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.1	INTRODUCCIÓN.....	93
3.2	DISEÑO DEL PROGRAMA UTILIZADO EN LA PDA	93
3.2.1	PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA UTILIZADO EN LA PDA	93
3.2.2	SECUENCIA DE EXTRACCIÓN DE DATOS	94
3.2.3	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	95
3.2.3.1	Instalación del eMbedded Visual Basic 3.0	96
3.2.3.2	Creación de aplicaciones en eVB 3.0.....	99
3.2.3.3	Descripción de la interfaz de usuario del “SMEE”	101
3.2.4	FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA LA PDA.....	105
3.3	PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR.....	108

3.3.1	PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN PARA EL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.....	108
3.3.2	REGISTROS UTILIZADOS EN EL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.....	109
3.3.2.1	Registro de revoluciones.....	109
3.3.2.2	Secuencia de envío y recepción de datos.....	110
3.3.3	LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA EL MICROCONTROLADOR.....	111
3.3.3.1	Intérpretes y Ensambladores	112
3.3.3.2	Ejecución del Programa	113
3.3.4	FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR.....	113

CAPÍTULO 4

PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. “SMEE”

4.1	INTRODUCCIÓN.....	116
4.2	SISTEMA DE CONFIGURACIÓN DEL KC-21	116
4.2.1	CONFIGURACIÓN DEL KC-21 MEDIANTE UN PC.....	116
4.3	FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.....	120
4.4	HERRAMIENTAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DEL “SMEE”.....	122
4.4.1	PROGRAMAS ALTERNOS.....	123
4.4.1.1	Adaptador USB-Bluetooth y Software Bluesoleil	123
4.4.1.2	Hyperterminal Bluetooth	125
4.4.1.3	Bases de datos en la Pocket PC	127
4.4.1.4	ActiveSync	129
4.5	PRUEBAS DE CAMPO DEL “SMEE”	130
4.5.1	PRUEBAS EN EL MEDIDOR ANALÓGICO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Y EL FOTOTRANSISTOR.....	132
4.5.2	PRUEBAS EN EL “SMEE”	134
4.5.2.1	Pruebas de distancia en el módulo KC-21.....	136
4.5.2.2	Pruebas de materiales que influyen en el enlace Bluetooth.	136
4.6	LÍMITES DE TOLERANCIA DEL PROTOTIPO “SMEE”	138

4.6.1 FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO.....	138
4.6.2 DISTANCIA	139
4.6.3 UBICACIÓN	139
4.6.4 SATURACIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN	140

CAPÍTULO 5

5.1 CONCLUSIONES	130
5.2. RECOMENDACIONES.....	132

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ANEXOS

1. MÓDULO BLUETOOTH KC-21.
2. MICROCONTROLADOR AT89C51.
3. PERFIL DE PUERTO SERIE DE BLUETOOTH.
4. SOFTWARE PARA EL MICROCONTROLADOR.
5. SOFTWARE PARA LA PDA.
6. COSTOS REFERENCIALES DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.

CAPÍTULO I

ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

1.1. INTRODUCCIÓN

Bluetooth es una tecnología utilizada para conectividad inalámbrica de corto alcance entre dispositivos tales como PDAs (*Personal Digital Assistant*), teléfonos celulares, teclados, máquinas de fax, computadoras de escritorio y portátiles, modems, proyectores e impresoras; permitiendo transferir datos, voz e imágenes entre equipos que incorporen éste estándar. El enfoque de Bluetooth es similar a la tecnología de infrarrojo conocida como IrDA (*Infrared Data Association*); sin embargo, Bluetooth es una tecnología de radiofrecuencia (RF) que utiliza la banda de espectro disperso de 2.4 GHz.

Bluetooth provee significantes ventajas sobre otras tecnologías inalámbricas conocidas; debido a que funciona con RF y no está sujeto a limitaciones propias de transmitir en estas frecuencias. La distancia de conexión en Bluetooth es de 10 metros o más, dependiendo del incremento de la potencia de su transmisor; además, los dispositivos no necesitan estar en línea de vista, ya que las señales de RF pueden atravesar paredes y otros objetos no metálicos sin ningún problema.

Bluetooth es usado para aplicaciones en: redes residenciales, pequeñas oficinas o ambientes que son conocidos como redes inalámbricas de área personal (WPANs, *Wireless Personal Area Network*) 802.15.

En la figura 1.1 se indica los dispositivos más comunes, que pueden formar parte de una red de área personal.

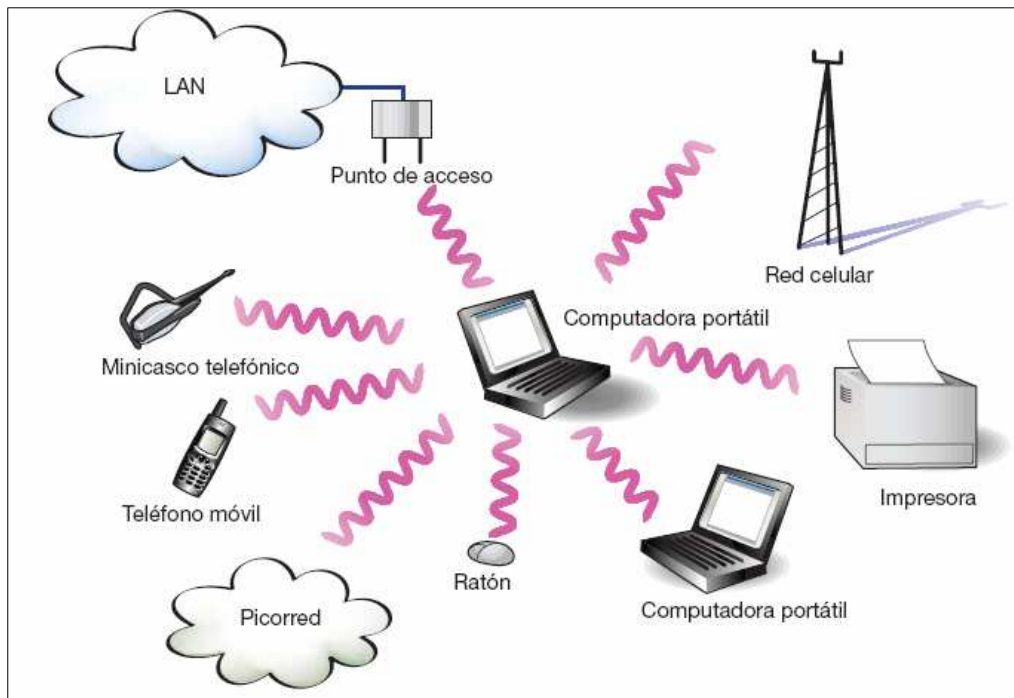


Figura 1.1 Ambiente global de Bluetooth

1.2. ORÍGENES Y DESARROLLO DE BLUETOOTH

La razón del nombre de esta tecnología, es que en el siglo X el rey Harald Blåtand de Dinamarca, apodado "diente azul" (*Bluetooth*), reunificó bajo su reinado numerosos pequeños reinos que existían en Dinamarca y Noruega que funcionaban con reglas distintas; de igual manera lo hace la tecnología Bluetooth, promovida por Ericsson (Suecia) y Nokia (Finlandia), dos compañías escandinavas, que a través de este estándar unificaron las telecomunicaciones y la industria del procesamiento de datos.¹

El desarrollo de Bluetooth empezó en 1994, cuando la compañía Ericsson empezó a estudiar alternativas para comunicar los teléfonos celulares con otros dispositivos. Su estudio permitió demostrar que el uso de enlaces de radio es el

más adecuado para establecer una conexión eficiente entre dispositivos, ya que el enlace no es directivo y no necesita línea de vista.

A principios de 1997, cuando los diseñadores ya habían empezado a trabajar con un chip transceiver, Ericsson despertó el interés de varios fabricantes como: 3Com, Intel, Lucent, Microsoft, entre otros, los cuales se unieron para formar el Grupo de Interés Especial de Bluetooth (*SIG, Special Interest Group*), lo cual se hizo realidad oficialmente en Mayo de 1998.²

Un año más tarde, 650 compañías firmaron un Acuerdo de Suscriptores de Bluetooth, y actualmente son 1900 empresas las que respaldan este estándar global.

En octubre de 2006, Nokia anunció el lanzamiento de Wibree como complemento de Bluetooth, dedicándolo a dispositivos que precisan un menor consumo de energía.³

1.2.1. EL SIG DE BLUETOOTH

El SIG (*Special Interest Group*) de Bluetooth es un grupo de compañías que trabajan juntas para desarrollar, promover, definir y publicar las especificaciones de esta tecnología inalámbrica de corto alcance, utilizada en la conexión entre dispositivos móviles y gestión de programas de calidad para que los usuarios disfruten de más beneficios.

Este grupo se fundó en febrero de 1998 por los siguientes promotores:

- Ericsson Mobile Communications AB.
- Intel Corporation.
- IBM Corporation.
- Toshiba Corporation.
- Nokia Mobile Phones.

En mayo del mismo año, se invitó a otras compañías para participar en el grupo, publicando la versión 1.0 de las especificaciones Bluetooth en julio de 1999. En diciembre de ese año, el núcleo inicial de promotores admitió a otras cuatro grandes compañías:

- Microsoft.
- Lucent.
- 3COM.
- Motorola.

Al ser partícipes del SIG, las compañías pueden dotar de Bluetooth a sus productos, con la garantía que ofrece el pertenecer al grupo y conocer las especificaciones técnicas de la tecnología; mientras que las compañías externas no pueden aplicarla al no poseer su patente.

En la figura 1.2 se puede apreciar los diferentes logotipos de las empresas que participaron inicialmente en el desarrollo de la tecnología Bluetooth.

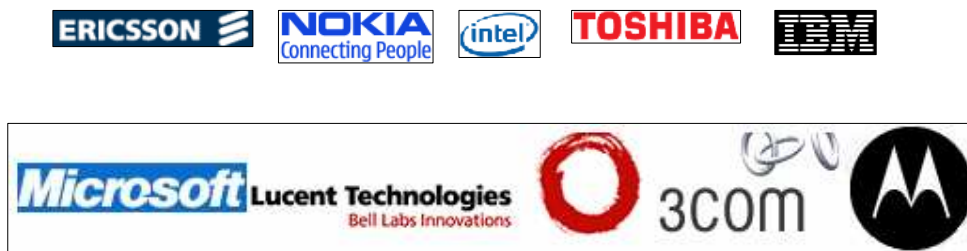


Figura 1.2 Algunos Integrantes del SIG

El SIG creció hasta llegar a más de 1800 miembros en abril de 2000.⁴

1.3. CARACTERÍSTICAS DE BLUETOOTH

La principal característica que lleva a la radiofrecuencia a ser superior sobre otras comunicaciones inalámbricas, es transmitir información con la ventaja de superar obstáculos entre el emisor y receptor. La tecnología Bluetooth es una especificación que presenta seguridad en el intercambio de datos y su principal

objetivo es reemplazar los cables que conectan unos dispositivos con otros por medio de un enlace de radio universal y de corto alcance.

1.3.1. CANALES DE TRANSMISIÓN BLUETOOTH.

La tecnología Bluetooth está constituida por un transmisor-receptor, que opera en la banda 2.4 GHz, bajo la tecnología de radio conocida como espectro disperso (transmite y recibe en la frecuencia de 2.4 GHz desde 2,402 GHz hasta 2,480 GHz en saltos de 1 MHz); además, utiliza un esquema de modulación por desplazamiento de frecuencia con filtros gaussianos (*GFSK, Gaussian Frequency Shift Keying*).

En la modulación GFSK, un 1 binario representa una desviación positiva de la portadora nominal de la frecuencia; mientras que un 0 representa una desviación negativa de la misma ⁵. Después de cada paquete enviado, los dispositivos Bluetooth conectados re-sintonizan su radio transmisor a una frecuencia diferente, saltando de un canal de radio a otro, a una alta velocidad (1600 saltos/segundo); ésta técnica se le conoce como espectro disperso con salto en frecuencia (*FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum*); de esta manera, los dispositivos Bluetooth utilizan toda la banda de 2.4 GHz y si una transmisión se interfiere sobre un canal, una retransmisión ocurrirá sobre un canal diferente, siempre y cuando esté libre.

En la figura 1.3 se observa los diferentes canales en los cuales ocurre la transmisión de información entre dispositivos Bluetooth.

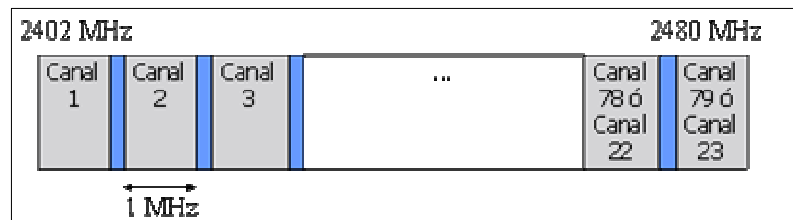


Figura 1.3 Canales de transmisión Bluetooth

En cada canal, se realiza una transmisión de datos durante una ranura de tiempo, cuya duración es de 625 μ seg. Los datos enviados por los dispositivos, se

intercalan durante el tiempo en el que dura la conexión entre ellos, que puede ser cada 1, 3, 5 o un número impar de ranuras.

En la figura 1.4 se puede apreciar el proceso de transmisión de datos por cada slot de tiempo.

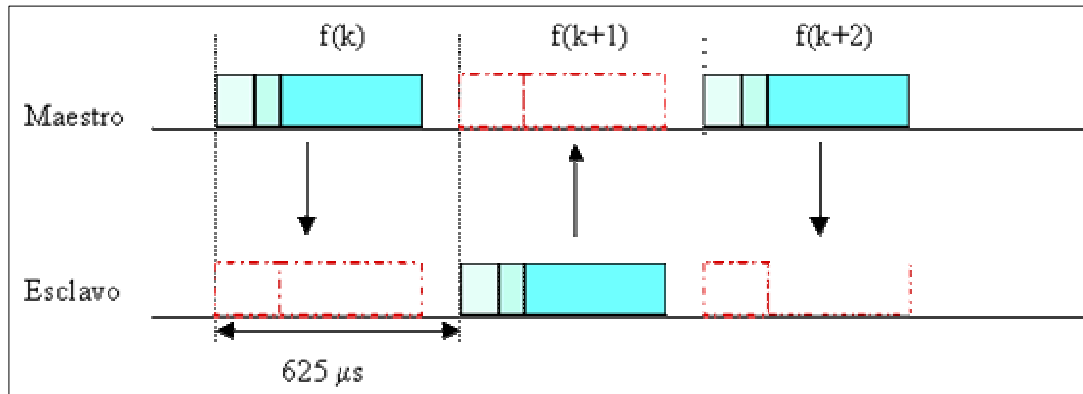


Figura 1.4 Transmisión de paquetes

1.3.2. TRANSMISIÓN DE DATOS

Bluetooth en materia de velocidad de transmisión, soporta nominalmente hasta 1Mbps (con la especificación actual) para el traslado de datos y dependiendo de la clase de enlace se puede tener: una transferencia de 721 Kbps en un sentido y 57.6 Kbps en la dirección de retorno (para un enlace asimétrico) ó hasta 432.6 Kbps en ambos sentidos (para un enlace simétrico) ⁶. Estas velocidades están limitadas para cierto tipo de aplicaciones como por ejemplo video en tiempo real, en tanto que para la transferencia de archivos e impresión, estas son perfectas.

1.3.3. PICONETS Y SCATTERNETS

Un dispositivo Bluetooth puede detectar a otros que estén cerca de él. Una vez que se descubren a estas unidades se establece entre ellos una red inalámbrica local. La forma de conexión más básica es punto a punto, con 2 dispositivos.

Cuando más dispositivos forman parte de la red, ésta recibe el nombre de Piconet. En una Piconet hay un número limitado de 8 miembros (incluyendo el maestro), compartiendo entre ellos el ancho de banda de Bluetooth.

Varias Piconets pueden comunicarse entre ellas y al juntarse forman una Scatternet. El dispositivo que hace de maestro en una Piconet, puede ser un esclavo en otra Piconet de esa Scatternet.⁷

En la figura 1.5 se indica la forma de comunicación existente entre Piconets de una Scatternet.

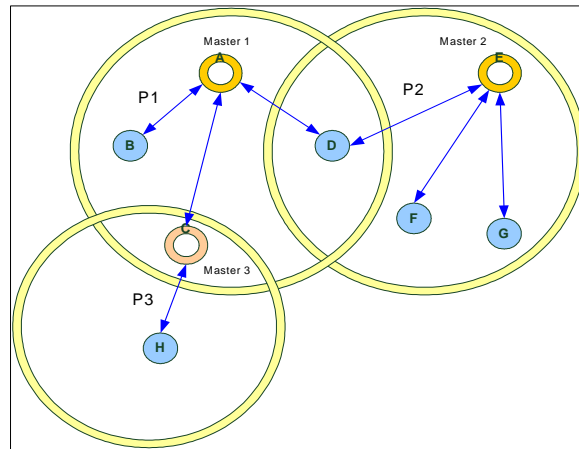


Figura 1.5 Piconets y Scatternets

1.3.4. ENLACES ENTRE DISPOSITIVOS BLUETOOTH

Existen dos tipos de transferencia de datos entre dispositivos: Los orientados a conexión de tipo síncrono (*SCO, Synchronous Connection Oriented*) y los no orientados a conexión de tipo asíncrono (*ACL, Asynchronous Connectionless*).⁸

En La figura 1.6 se muestra los diferentes tipos de enlace Bluetooth entre un dispositivo maestro y esclavo.

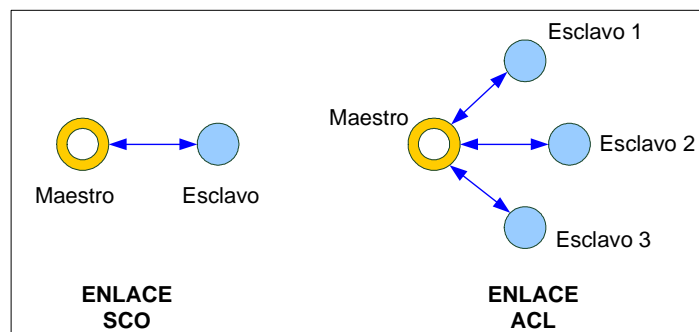


Figura 1.6 Tipos de enlaces físicos

1.3.4.1. SCO (Síncrono Orientado a la Conexión)

Es un enlace simétrico punto a punto entre un maestro y un solo esclavo en una Piconet. El maestro mantiene el enlace de SCO usando slots reservados. El enlace respectivo lleva principalmente información de voz y el maestro puede mantener hasta tres enlaces SCO simultáneos; mientras que los esclavos pueden mantener sólo dos enlaces de SCO con diferentes maestros ó hasta tres enlaces SCO con el mismo maestro. Los paquetes de SCO no se retransmiten nunca y se usan para transmisiones de 64 Kbps .⁹

1.3.4.2. ACL (Asíncrono Sin Conexión)

Es un enlace punto a multipunto entre el maestro y todos los esclavos que participan en una Piconet. En los slots no reservados para los enlaces de SCO, el maestro puede establecer un enlace ACL con cualquier esclavo, inclusive con el esclavo ya comprometido en un enlace SCO y sólo puede existir un único enlace ACL.¹⁰

1.3.2. DATAGRAMA BLUETOOTH.

El Datagrama Bluetooth, es la información que se intercambia entre dos unidades y está conformado por un conjunto de datos integrados por: el código de acceso, cabecera y carga útil.

Se han definido tres tipos de paquetes para el datagrama Bluetooth, los cuales pueden formarse por: sólo el Código de Acceso, el Código de Acceso y la Cabecera ó el Código de Acceso, la Cabecera y la Carga Útil.

En la figura 1.7 se muestra la disposición de los datos de un datagrama Bluetooth y los diferentes campos que lo conforman.

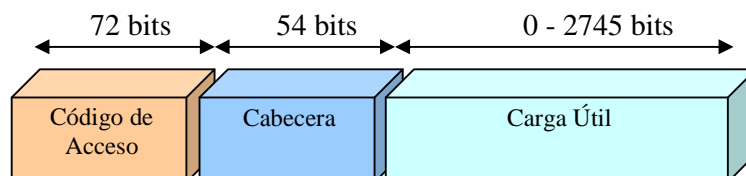


Figura 1.7 Formato de paquete¹¹

1.3.2.1. Código de acceso del Datagrama Bluetooth

Se deriva de la identidad maestra del dispositivo y se usa para la sincronización, la compensación del offset, la paginación y la búsqueda de equipos Bluetooth.

Está formado por 72 bits, cuando el datagrama lo conforman: el Código de Acceso y la Cabecera, pero si el datagrama sólo contiene el Código de Acceso, éste se compone únicamente por 68 bits.

En la figura 1.8 se identifica la división del paquete del Código de Acceso y los diferentes campos que lo componen.

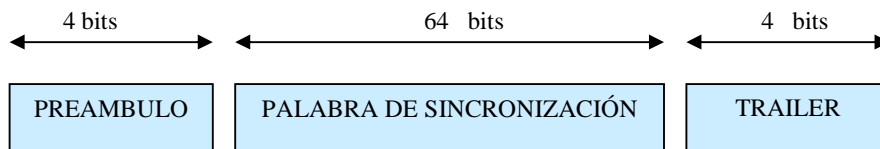


Figura 1.8 Formato del Código de Acceso

El preámbulo es un modelo fijo de 4 bits alternados entre ceros y unos, usados para facilitar la compensación de offset ó DC. La secuencia del preámbulo depende del bit menos significativo de la palabra de sincronización; si éste es 1, la secuencia del preámbulo será 1010; pero si dicho bit es 0, la cadena estará dispuesta por 0101, tal como se puede apreciar en la figura 1.9.



Figura 1.9 Formato del Preámbulo

La palabra de sincronismo, es una palabra código de 64 bits, derivada de la parte baja de dirección maestra del dispositivo Bluetooth (*LAP, Low Address Part*), formada por 24 bits.

La cola junto con los tres bits más significativos de la palabra de sincronización, forman un conjunto de ceros y unos alternados, que se usan para prolongar la compensación de offset. La secuencia de la cola puede ser 1010 ó 0101,

dependiendo si el bit más significativo de la palabra de sincronización es 0 ó 1 respectivamente, lo cual se puede observar en la figura 1.10.



Figura 1.10 Formato del Trailer del Código de Acceso

Existen tres tipos de código de Acceso y estos son:

- Código de Acceso al Canal.
- Código de Acceso de Dispositivo.
- Código de Búsqueda.

a. Código de Acceso al Canal (CAC)

El Código de Acceso al Canal (CAC), identifica una única Piconet y es incluido en todos los paquetes intercambiados en el canal.

b. Código de Acceso de Dispositivo (DAC).

El Código de Acceso de Dispositivo (DAC), es usado para procedimientos especiales de señalización como paginación y respuesta de equipos Bluetooth.

c. Código de Búsqueda (IAC).

En el Código de Acceso de Búsqueda o Indagación (IAC) hay dos variaciones. Un código de indagación general (GIAC), que se usa para la búsqueda otras unidades Bluetooth dentro del alcance y otro código de acceso de indagación dedicado (DIAC), que es usado para la búsqueda de un grupo de dispositivos que comparten características en común. ¹²

1.3.2.2. Cabecera del Datagrama Bluetooth

Constituida por 54 bits y contiene información para el reconocimiento de paquete, numeración de paquetes, reordenación de paquetes fuera de orden, el control de

flujo, dirección de esclavo y control de errores de la cabecera, repartidos en 6 campos principales, los cuales son:

- AM_ADDR: 3 bits de dirección de miembro activo.
- TIPO: 4 bits de tipo de código de paquete.
- FLUJO: 1 bits de control de flujo.
- ARQN: 1 bits de confirmación de recepción.
- SEQN: 1 bit de número de secuencia.
- HEC: 8 bits de chequeo de error de cabecera.

La cabecera total consiste en 18 bits, tal como se observa en la figura 1.11, y es codificado con corrección de error hacia delante (FEC) con una tasa de 1/3, resultando una cabecera de 54 bits.

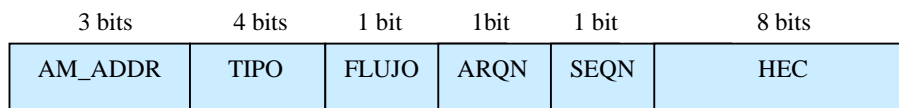


Figura 1.11 Formato de la Cabecera ¹³

1.3.2.3.Carga útil del Datagrama Bluetooth

Formada por bits desde 0 hasta 2745 y puede contener campos de voz, campos de datos o ambos. Si el payload tiene un campo de datos, la carga útil contendrá también una cabecera de la carga útil.

1.3.3. CLASES DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH

Como Bluetooth fue diseñado para aplicaciones móviles que consuman poca energía, la potencia del radio transmisor debe ser minimizada, para lo cual existen tres diferentes niveles de potencias que están definidas, las cuales proveen rangos de operación de aproximadamente desde 10 a 100 metros.

La clasificación de los dispositivos Bluetooth como "Clase 1" ó "Clase 2" es únicamente una referencia de la potencia de transmisión del dispositivo, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una clase con los de la otra.

Los dispositivos de "Clase 1" se definen para aquellos que tienen un alcance de 100 metros, mientras que los de "Clase 2" llegan a los 10 metros. Si un dispositivo de "Clase 1" desea conectarse con uno de "Clase 2", deben colocarse a la distancia de alcance del equipo de "Clase 2".

Cada dispositivo se clasifica dentro de 3 clases de potencia.

- Clase de Potencia 1.- Diseñada para unidades de cobertura amplia (~100 m.), con una potencia máxima de salida de 20 dBm.
- Clase de Potencia 2.- Para dispositivos de cobertura normal (~10 m.), con una potencia máxima de salida de 4 dBm.
- Clase del Potencia 3.- Elaborada para equipos de corto alcance (~10 cm.), con una potencia máxima de salida de 0 dBm.

Es importante aclarar que las distancias que indican las especificaciones, son medidas tomando punto a punto dos dispositivos de la misma clase, instalados a campo abierto y sin ninguna interferencia. La realidad es que en instalaciones normales ó en interiores de edificios, la distancia nominal baja según las condiciones ambientales.¹⁴

1.4. HARDWARE DEL DISPOSITIVO BLUETOOTH

Para alcanzar el objetivo de bajo consumo de potencia y bajo costo, se ideó una solución que se puede implementar en un solo chip, utilizando circuitos CMOS. De esta manera, se logra crear una solución muy compacta y que consume menos energía que un teléfono celular común.

El hardware que compone el dispositivo Bluetooth esta formado por dos partes esenciales:

- Un dispositivo de radio, encargado de modular y transmitir la señal.

- Un controlador digital, compuesto por: una unidad central de procesos (CPU), un procesador de señales digitales (*DSP - Digital Signal Processor*), llamado Link Controller o *controlador de Enlace* y de las interfaces con las cuales se conectan los dispositivos anfitriones.

El Controlador de Enlace está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos de solicitud de respuesta inmediata (*ARQ, Automatic Repeat reQuest*) y corrección de errores hacia delante (*FEC, Forward Error Correction*); además, se encarga de las funciones de transferencia de datos tanto asíncrona como síncrona, codificación de audio y encriptación de datos.¹⁵

La Unidad Central de Procesos del dispositivo, se encarga de atender las peticiones relacionadas con el dispositivo Bluetooth invitado y así simplificar su operación, para ello, sobre el CPU corre un software denominado Administrador de Enlace ó Link Manager, que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del Protocolo de Administración de Enlace (*LMP, Link Manager Protocol*).

Entre las tareas realizadas por el Controlador de Enlace (LC) y el Administrador de Enlace (LM), destacan las siguientes:

- Envío y Recepción de Datos.
- Emparejamiento y Peticiones.
- Determinación de Conexiones.
- Autenticación.
- Negociación y determinación de tipos de enlace.
- Determinación del tipo de cuerpo de cada paquete.¹⁶

1.4.1. DIRECCIONAMIENTO DE EQUIPOS BLUETOOTH

Se asignan cuatro tipos de direcciones a las diferentes unidades Bluetooth:

1.4.1.1. BD_ADDR, (Bluetooth Device Address)

La Dirección de Dispositivo Bluetooth, es única para cada transceptor y está establecida por un conjunto de 48 bits, los cuales son designados por cada fabricante, similar a la dirección MAC de las tarjetas de red (NIC) de los computadores, a fin de mantener una comunicación coherente entre los dispositivos en el momento del enlace Bluetooth.

1.4.1.2. AM_ADDR, (Active Member Address)

La Dirección de Miembro Activo, es un número de 3 bits y sólo es válido cuando el esclavo está activo en el canal de la Piconet.

1.4.1.3. PM_ADDR, (Parked Member Address)

La Dirección de Miembro Estacionado, es una dirección de 8 bits que distingue a los esclavos estacionados ó inactivos dentro de la Piconet, lo que significa que no están transmitiendo información por el canal.

1.4.1.4. AR_ADDR, (Access Request Address).

La Dirección de Petición de Acceso, es usada por el esclavo inactivo, para determinar la ventana o el slot de acceso que le permite enviar una petición de acceso hacia una unidad maestra y sólo es válido cuando el esclavo está inactivo en el canal y no es necesariamente única.¹⁷

En la figura 1.12 se visualiza el tamaño de un dispositivo Bluetooth, el cual es comparable con la longitud de un cerillo de fósforo.

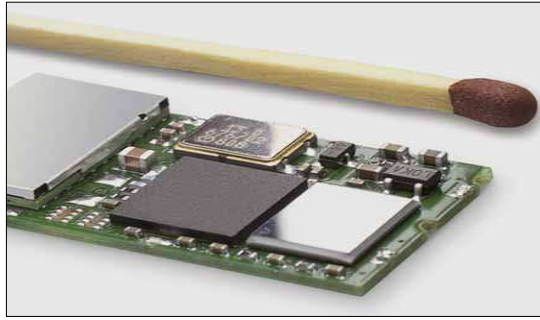


Figura 1.12 Chip Bluetooth

1.5. SOFTWARE DEL DISPOSITIVO BLUETOOTH

Para ampliar la compatibilidad entre dispositivos Bluetooth, los equipos que se agregan al estándar, utilizan diferentes protocolos y una interfaz denominada de Control de Host (*HCI, Host Controller Interface*) entre el dispositivo anfitrión (PC, teléfono celular, etc.) y el dispositivo maestro como tal (chip Bluetooth).

Los protocolos son un conjunto de reglas ó normas asociadas a un modelo, que permiten el intercambio de información entre dispositivos de forma segura y ordenada.

1.5.1 VERSIONES DE LA ESPECIFICACIÓN BLUETOOTH

Las versiones existentes de la especificación Bluetooth, han ido evolucionando de conformidad con el avance de la tecnología, entre ellas se encuentran:

- Bluetooth v.1.1
- Bluetooth v.1.2
- Bluetooth v.2.0

1.5.1.1. Versión 1.1

La versión 1.1 contiene las especificaciones básicas y conocidas para cada dispositivo Bluetooth, diseñado como un chip tranceptor de bajo costo, bajo consumo energético y corto alcance, el cual varía entre 10 y 100 metros. Ideal

para redes inalámbricas personales de corto alcance que usan la banda frecuencia libre, que oscila entre los 2.402 GHz y 2.480 GHz.

En esta versión, Bluetooth soporta un canal de datos y tres canales para la transmisión de voz. El canal de datos puede intercambiar información a una velocidad aproximada de 721 Kbps, usando una conexión punto a punto o una conexión multipunto con encriptación de datos.

1.5.1.2. Versión 1.2.

Provee una solución inalámbrica complementaria para co-existir Bluetooth y WiFi en el espectro de los 2.4 GHz, sin interferencia entre ellos.

La versión 1.2 usa la técnica de salto de frecuencia adaptivo (*AFH, Adaptive Frequency Hopping*), que ejecuta una transmisión más eficiente y un método seguro para el encriptamiento de datos.

Para mejorar las experiencias de los usuarios, la Versión 1.2, ofrece una calidad de voz (*Voice Quality - Enhanced Voice Processing*) con menor ruido ambiental, y provee una rápida configuración de la comunicación con los otros dispositivos Bluetooth dentro del rango del alcance, como por ejemplo: PDAs, HIDs (*Human Interface Devices*), computadores portátiles y de escritorio, headsets, impresoras y celulares.

1.5.1.3. Versión 2.0

La versión 2.0, creada para ser una especificación separada, principalmente incorpora la técnica de transmisión de datos reforzada (*EDR, Enhanced Data Rate*), que le permite mejorar las velocidades de transmisión hasta 3 Mbps; además, se ha logrado reducir el número de pasos para conectar dos aparatos Bluetooth en pocos segundos, aumentando su seguridad. La reducción de consumo se ha conseguido gracias a la función de "indagación valorada del canal (*Sniff Subrating*)", que aumenta la duración de la batería cinco veces más que las especificaciones anteriores. ¹⁸

1.6. PERFILES DE BLUETOOTH

Un perfil es el conjunto de rasgos característicos, que posee un dispositivo Bluetooth y que sirve para comunicar diferentes unidades, dependiendo de la aplicación deseada.

Los perfiles definidos por el Grupo de Interés Especial de Bluetooth, tienen la intención de asegurar la interoperabilidad entre las aplicaciones de Bluetooth y los dispositivos de diferentes fabricantes. Estos perfiles definen los roles y capacidades para aplicaciones específicas; además, pueden abarcar diferentes capas, protocolos, grados de seguridad y requerimientos de operación. Los protocolos pueden definir servicios requeridos para otras aplicaciones o para usuarios finales.

Todos los dispositivos Bluetooth deberán soportar el perfil de acceso genérico (*GAP, Generic Access Profile*) como mínimo. Este perfil, en particular define: el descubrimiento o hallazgo de dispositivos, procedimientos de conexión y maneras para tener varios niveles de seguridad.

Otro perfil universal, aunque no es requerido, es el de acceso a descubrimiento de servicios (*SDAP, Service Discovery Access Profile*), el cual define los protocolos y parámetros asociados para acceder a los perfiles. Un número de perfiles han sido definidos incluyendo el Perfil de Telefonía Binario (TCS BIN), Perfil de Comunicaciones de Radiofrecuencia (RFCOMM) y Perfil de Intercambio de Objetos (OBEX). Algunos de estos requieren la implementación de otros, y todos ellos requieren la implementación de perfiles genéricos.¹⁹

En la figura 1.13 se puede apreciar los diferentes perfiles que contiene un dispositivo Bluetooth completo.

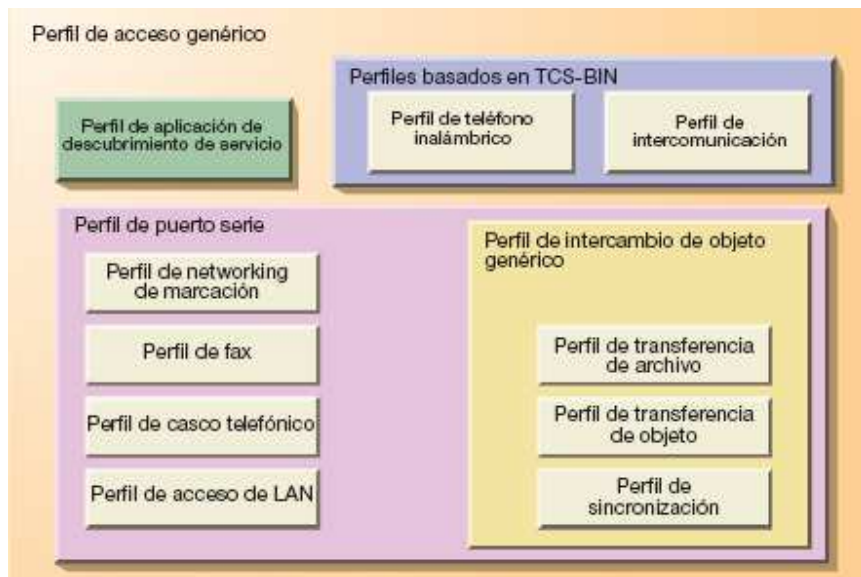


Figura 1.13 Perfiles de Bluetooth

Es importante destacar el Perfil de Puerto Serial, que es el de mayor interés en la realización de nuestro Proyecto.

1.6.1. Perfil de Puerto Serial, (SPP)

El Perfil de Puerto Serial, define cómo se da la comunicación entre los puertos seriales virtuales de los dispositivos Bluetooth. Este perfil proporciona la emulación de un cable serial que usa control y señalización RS-232 para el establecimiento del enlace Bluetooth entre dos unidades.²⁰

Además, el perfil asegura una velocidad de transmisión de datos de 128 Kbps y es dependiente del Perfil de Acceso Genérico (GAP). En el ANEXO 3 se encuentra detallada la especificación del Perfil de Puerto Serial por parte del Grupo de Interés Especial de Bluetooth.

1.7. PILA DE PROTOCOLOS DE BLUETOOTH

El objetivo de la pila de protocolos de Bluetooth, es permitir que las aplicaciones finales que llegan al usuario, se ejecuten de manera óptima y se logre un funcionamiento interactivo entre sus respectivas capas.

Las aplicaciones parejas que corresponden al cliente – servidor, funcionan en equipos remotos y sobre pilas idénticas de protocolos, en la figura 1.14 se puede apreciar una pila de protocolos que soporta la aplicación de intercambio de tarjetas de negocios.

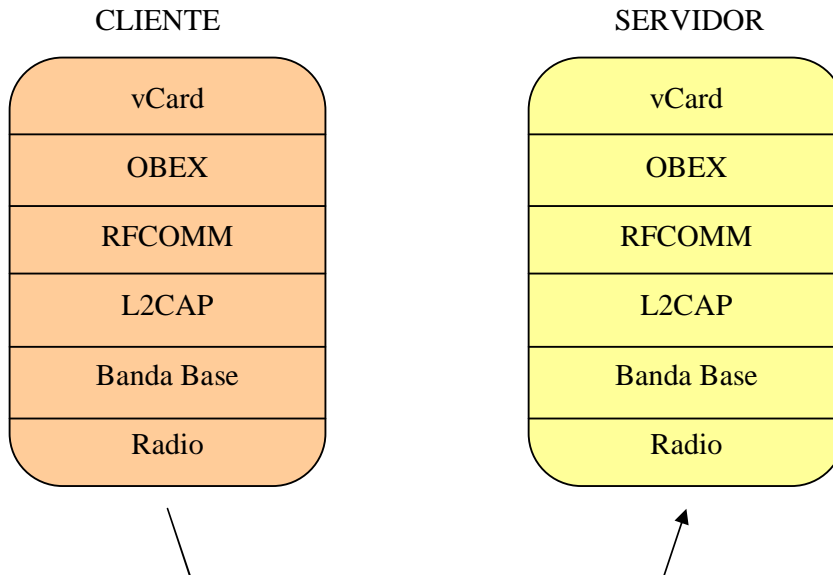


Figura 1.14 Pila de protocolos para el intercambio de tarjetas de negocios

La representación de la pila de protocolos observada, contiene tanto un convenio para la representación de objetos internos (vCard), así como también protocolos de transporte, que corresponden al resto de la pila. Cada una de estas pilas usan un enlace de datos y una capa física común.²¹

La figura 1.15 muestra la pila completa de protocolos de Bluetooth, tal como se define en la especificación; en la parte superior de la pila están las aplicaciones que soportan los modelos de uso de Bluetooth y en la parte inferior se encuentran las capas comunes, tales como Banda Base y Capa de Radio.

No todas las aplicaciones hacen uso de todos los protocolos que se muestran en la figura 1.15, sino que funcionan dependiendo de las necesidades de la aplicación.

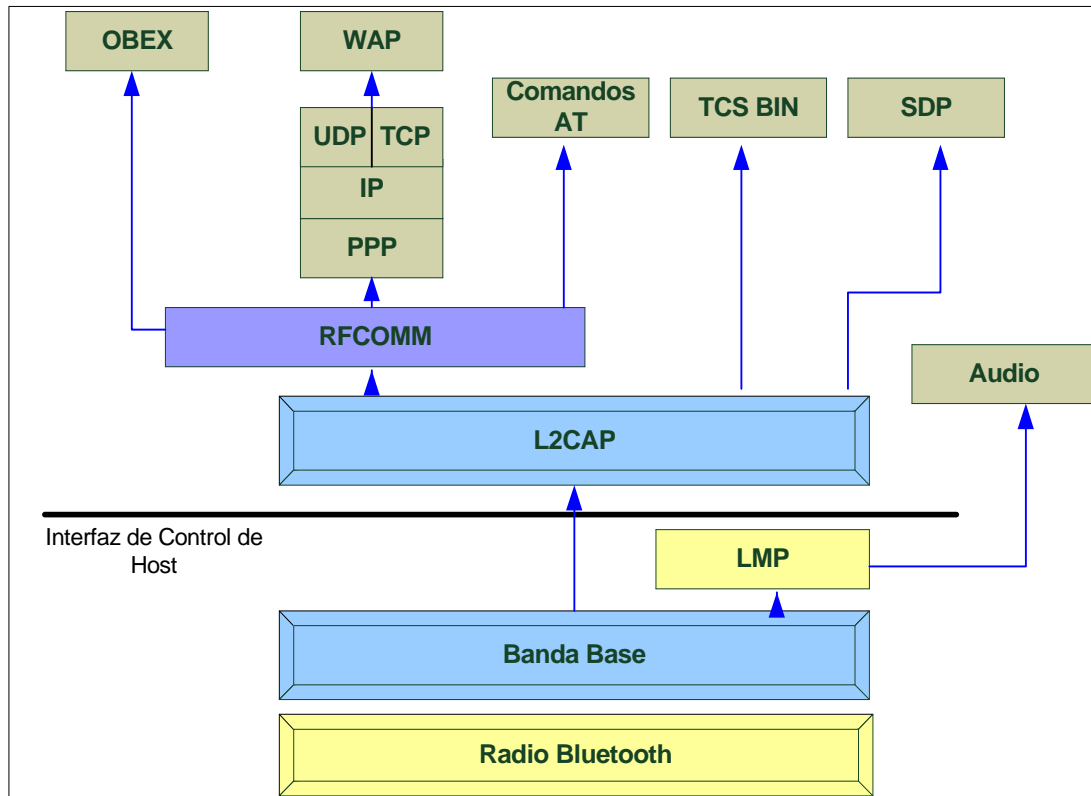


Figura 1.15 Pila de Protocolos de Bluetooth ²²

Como se observa en la figura 1.15, la pila completa de Bluetooth comprende protocolos específicos como: el Protocolo de Administración de Enlace (LMP) y el Protocolo de Adaptación y Control de Enlace Lógico (L2CAP); además presenta protocolos no específicos tales como: el *Protocolo de Intercambio de Objetos* (OBEX) y el *Protocolo de Datagramas de Usuario* (UDP).

El principio fundamental de la pila de protocolos de Bluetooth, es maximizar la reutilización de los protocolos existentes para diferentes propósitos en las capas superiores; lo que significa, utilizar protocolos ya creados como: WAP, WAE, IP, TCP, entre otros y de esta manera evitar la creación de nuevas reglas.

La reutilización de protocolos también ayuda a adaptar las aplicaciones existentes para trabajar con la tecnología Bluetooth y asegura el funcionamiento fluido y la interoperatividad de estas aplicaciones. La especificación está abierta, de modo que hace posible que los fabricantes implementen libremente sus protocolos

propietarios, permitiendo así el desarrollo de un gran número de nuevas aplicaciones que fomentan el crecimiento de la tecnología Bluetooth.

La pila de protocolos de Bluetooth puede dividirse en cuatro capas de acuerdo a su propósito y se distribuyen como se detalla en la tabla 1.1.

Capa de Protocolo	Protocolos en la pila
Protocolos esenciales de Bluetooth	Banda base, Protocolo de Administración de Enlace (LMP), Protocolo de Control y Adaptación de Enlace Lógico (L2CAP), Protocolo de Descubrimiento de Servicios (SDP).
Protocolo de reemplazo de cable	RFCOMM (Comunicaciones por Radio frecuencia)
Protocolos de control de telefonía	TCS Binario, Órdenes ó Comandos AT
Protocolos adoptados	PPP, UDP/TCP/IP, OBEX, WAP, vCard, vCal, IrMC, WAE

Tabla 1.1 Los protocolos y las capas en la pila de protocolos de Bluetooth

Además de las capas de protocolos de la tabla 1.1, la especificación define la Interfaz Controladora del Host (HCI), la cual envía órdenes al controlador de banda base y al administrador de enlace, proporcionando el acceso al estado del hardware y a los registros de control del dispositivo Bluetooth.

Los protocolos esenciales de Bluetooth comprenden exclusivamente un conjunto de reglas desarrollados por el Bluetooth SIG. Los protocolos RFCOMM (Comunicaciones por Radiofrecuencia) y TCS Binario (Control de Telefonía Binario), están basados en la norma ETSI TS 07.10 y la recomendación ITU Q.931, respectivamente. Los protocolos esenciales de Bluetooth (más la capa de Radio de Bluetooth), son requeridos por la mayoría de los dispositivos, mientras que el resto de protocolos solo se utilizan en aplicaciones específicas.²³

El protocolo de reemplazo de cable (RFCOMM), de control de telefonía y los protocolos adoptados, constituyen normas orientadas a la aplicación y su misión

consiste en permitir que las aplicaciones funcionen sobre los protocolos esenciales de Bluetooth.

1.7.1. CAPA RADIO DE BLUETOOTH

La capa radio de Bluetooth, es el nivel inferior definido en la especificación, y exige los requisitos necesarios de operación del dispositivo transceptor, para poder enviar la información y funcionar en la banda ISM de acceso público.²⁴

1.7.2. CAPA BANDA BASE DE BLUETOOTH

La capa Banda Base, maneja los canales y los enlaces físicos; además de otros servicios como: la corrección de errores, blanqueo de datos, selección del salto de frecuencia y seguridad de Bluetooth. La capa Banda Base se encuentra sobre de la capa de radio en la pila de protocolos y funciona como un Controlador de Enlace, que trabaja con el Administrador del Enlace, para llevar a cabo la conexión con otros dispositivos y el control de potencia del transmisor.

La capa Banda Base controla enlaces asíncronos y enlaces síncronos, maneja paquetes, realiza paginación y búsqueda para el acceso de dispositivos Bluetooth, averiguando las unidades que se encuentran dentro del área de cobertura.

El transceptor de Banda Base aplica un esquema de división de tiempo dúplex (TDD), de forma que, transmite y recibe información simultáneamente.²⁵

1.7.2.1. Paquetes de la Capa Banda Base de Bluetooth

Todos los datos en la Piconet se transmiten en paquetes y existen varios tipos definidos para la capa Banda Base.

Todas las capas superiores usan estos paquetes para constituir la PDU (*Protocol Data Unit*) de nivel superior y son:

- ID, NULL, POLL, FHS, DM1, que se definen tanto para enlaces SCO como para enlaces ACL.
- DH1, AUX1, DM3, DH3, DM5, DH5 se definen solo para enlaces ACL.

- HV1, HV2, HV3, DV se definen solo para enlaces SCO.

Los paquetes tienen un formato específico, representado en la Figura 1.7, así pues, cada paquete se compone de 3 entidades, el código del acceso (72 bits), la cabecera (54 bits), y la carga útil (de 0 a 2745 bits), explicados anteriormente.

a. Paquete ID

La identidad o paquete ID, consiste en el código de acceso del dispositivo (DAC) ó código de acceso de indagación (IAC) y tiene una longitud fija de 68 bits. Este paquete se usa, por ejemplo, en procesos de búsqueda, indagación y rutinas de respuesta de dispositivos Bluetooth.

b. Paquete NULL

El paquete NULL, no tiene ningún payload y por consiguiente sólo se compone por el código de acceso al canal y la cabecera del paquete. Su longitud total es de 126 bits y es usado primordialmente para devolver información acerca del éxito de una transmisión anterior hacia el dispositivo maestro.

c. Paquete POLL

El paquete POLL es muy similar al paquete NULL, ya que no posee payload, pero en contraste, éste requiere una confirmación del destinatario y es usado en una Piconet por el maestro para registrar a los esclavos, los cuales deben responder aún cuando ellos no tengan información para enviar al canal.

d. Paquete de Sincronización de Salto de Frecuencia (FHS, Frequency Hop Synchronization)

Es un paquete especial de control, que revela principalmente: la dirección y el reloj nativo del dispositivo Bluetooth remitente. El payload contiene 144 bits de información más un código de 16 bits de Corrección de Errores por Redundancia Cíclica (CRC).²⁶

e. Paquete DM1

Sirve para soportar mensajes de control en cualquier tipo de enlace y también lleva datos de usuario regulares, puesto que el paquete DM1 es reconocido en el enlace SCO.

f. Paquete HV1

El paquete HV1, lleva 10 bits de información y la longitud del payload es de 24 bits fijos. Los paquetes HV, se usan principalmente para transmisión de voz y nunca son retransmitidos.

El paquete HV1 puede llevarse a una velocidad de 64 Kbps en 1.25 mseg., con lo que es enviado en 2 slots de tiempo alternados.

g. Paquete HV2

Lleva 20 bits de información y la longitud del payload se fija en 240 bits. Se usa para la transmisión de voz a una velocidad de 64 Kbps en un tiempo de 2.5 mseg., con lo que es enviado cada 4 ranuras de tiempo.

h. Paquete HV3

Lleva 30 bits de información y la longitud del payload es fijada en 240 bits. Se usa para transmisión de voz a una velocidad de 64 Kbps en 3.75 mseg. y tiene es enviado cada 6 ranuras de tiempo.

i. Paquete DV

Es una combinación de paquetes de voz y datos. El payload es dividido internamente en un campo para la voz que corresponde a 80 bits y un campo de datos que contiene 150 bits.²⁷

j. Paquete DH1

Es similar al paquete DM1, excepto que la información es codificada en el payload y puede llevar 28 bytes de información más un código de 16 bits de corrección de

errores por redundancia cíclica (CRC). Se usa para una alta tasa de transmisión de datos y puede cubrirse en una sola ranura de tiempo.

k. Paquete DM3

Es un paquete DM1 con un payload extendido. Puede cubrirse en 3 ranuras de tiempo y contiene 123 bytes de información (incluido 2 bytes de cabecera del payload), más un código de 16 bits de CRC.

l. Paquete DH3

Este paquete es similar al DM3, sólo que la información en el payload no es codificada. Como resultado el paquete DH3 puede llevar 185 bytes de información (incluyendo 2 bytes de cabecera de payload), más un código de 16 bits de CRC. El paquete DH3 puede cubrir 3 slot de tiempo.

m. Paquete DM5

El paquete DM5 es un paquete DM1 con payload extendido y puede cubrir hasta 5 ranuras de tiempo. El payload contiene 226 bytes de información (incluyendo 2 bytes de cabecera de payload), más un código de 16 bits de CRC.

n. Paquete DH5

Este paquete es similar al DM5, sólo que la información del payload no es codificada. Este paquete puede llevar hasta 341 bytes de información (incluyendo 2 bytes de cabecera de payload), más un código de 16 bits de CRC. Puede cubrir 5 ranuras de tiempo.

o. Paquete AUX1

Se parece al paquete DH1 y puede llevar hasta 30 bytes de información (incluyendo 1 byte de la cabecera de payload), con lo que puede cubrir una sola ranura de tiempo.²⁸

1.7.2.2. Canales Lógicos de la Capa Banda Base de Bluetooth

En el sistema Bluetooth, se definen cinco canales lógicos:

- Canal de Control LC
- Canal de Control LM
- Canal de Usuario UA
- Canal de Usuario UI
- Canal de Usuario US

a. Canal LC (Control de Enlace)

El Canal de Control de Enlace, lleva información de control de enlace, control de flujo y caracterización del payload.

El canal LC se lleva en cada paquete, excepto en el paquete ID, que no contiene ninguna cabecera.

b. Canal LM (Administrador de Enlace)

El Canal de Administración del Enlace, lleva información de control intercambiada entre los administradores del enlace de los dispositivos maestro y esclavo, típicamente el canal LM usa paquetes DM.

c. Canal UA/UI (Usuario de Datos Asíncronico / Sincrónico)

El Canal UA lleva datos de usuarios asíncronicos, transparentes al nivel del Protocolo de Adaptación y Control de Enlace Lógico (L2CAP). Estos datos pueden transmitirse en uno o más paquetes de la capa Banda Base

d. Canal US (Usuario de Datos Sincrónicos)

El Canal US lleva datos de usuarios sincrónicos que se llevan sobre un enlace SCO.²⁹

El canal US sólo puede dirigirse hacia los paquetes SCO, ya que típicamente los otros canales están dirigidos hacia los paquetes ACL.

1.7.2.3. Estados y subestados del Controlador de Enlace ³⁰

El controlador de Bluetooth opera en dos estados principales:

a. Standby ó Reserva

Es un estado donde las unidades Bluetooth consumen un bajo porcentaje de potencia y en el cual su reloj de sincronismo está inactivo; además, no hay interacción con otros dispositivos.

b. Conexión

En este proceso, el maestro y el esclavo pueden intercambiar paquetes, usando el código de acceso al canal y el reloj nativo del maestro, para sincronizar el envío de datos. ³¹

Dentro de estos 2 estados principales, se encuentran siete subestados, que son procesos en los que puede encontrarse el controlador de enlace antes de pasar a un estado principal. Estos subestados se usan principalmente para añadir esclavos o hacer conexiones en la Piconet, y son los siguientes:

- page (paginación),
- page scan (análisis de la paginación),
- inquiry (búsqueda),
- inquiry scan (análisis de la búsqueda),
- master response (respuesta del maestro),
- slave response (respuesta del esclavo), e
- inquiry response (respuesta de búsqueda).

En la figura 1.16 se observa un diagrama de los estados y subestados en los que puede encontrarse el controlador de enlace.

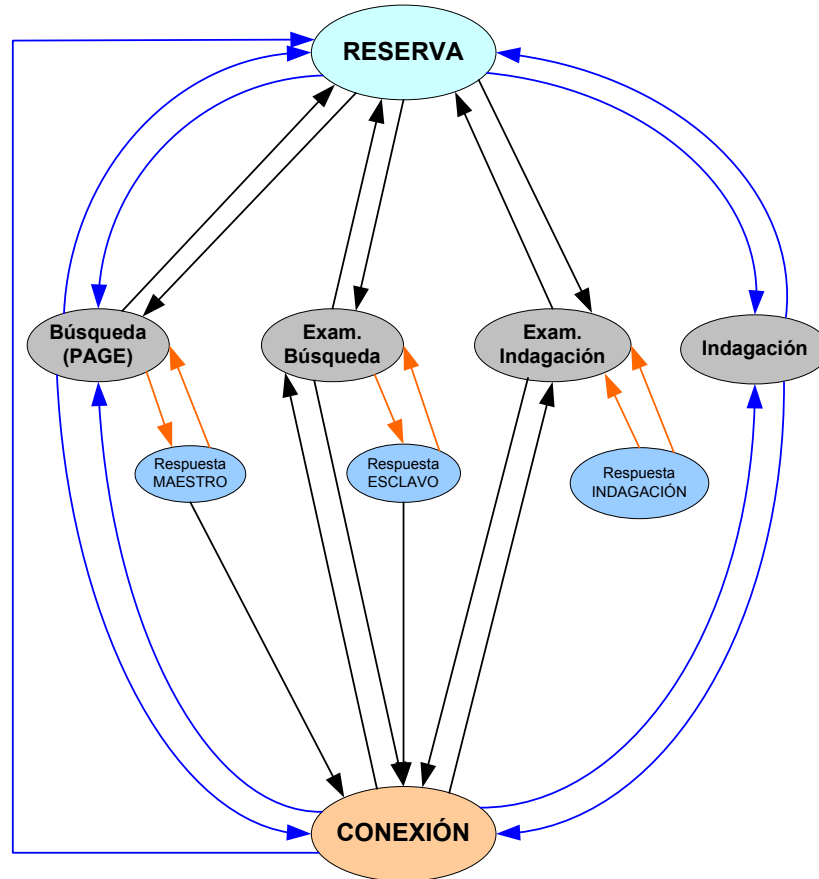


Figura 1.16 Estados principales y subestados del controlador de enlace ³²

1.7.2.4. Establecimiento de la conexión (búsqueda y paginación) ³³

Normalmente, una conexión entre dos dispositivos Bluetooth ocurre de la siguiente manera:

Cuando la unidad maestra no sabe nada acerca de un equipo remoto, debe seguirse un procedimiento de búsqueda de dicho dispositivo y a continuación, uno de paginación. Si se conocen detalles de la unidad remota, sólo se necesita realizar el procedimiento de paginación.

El procedimiento de **búsqueda**, permite a un dispositivo maestro: descubrir cuántos equipos están dentro de su cobertura, determinar sus direcciones y sincronizar su reloj nativo con el de las demás unidades.

En este proceso, la unidad fuente envía los paquetes respectivos hacia una unidad invitada y a continuación recibe la respuesta desde este equipo. La unidad destino que recibe los paquetes, estará en un estado de análisis de búsqueda y atenta a recibir peticiones de acceso.

Después de que este procedimiento de búsqueda se ha completado, se puede establecer una conexión, usando el proceso de paginación.

En la figura 1.17 se puede apreciar el intercambio de paquetes de búsqueda entre un dispositivo maestro y un esclavo.

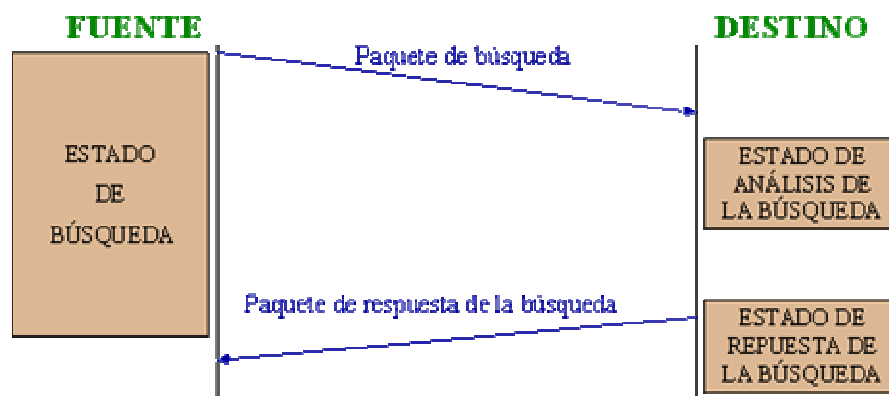


Figura 1.17 Cronograma del procedimiento de búsqueda

Con el procedimiento de **paginación**, se puede lograr una conexión verdadera, siguiendo un proceso de búsqueda y sólo se requiere la dirección del dispositivo Bluetooth para establecer dicha conexión. La unidad que establece la conexión, lleva a cabo el procedimiento de paginación y desempeña el papel de maestro dentro del enlace.

El procedimiento de paginación se desarrolla de la siguiente manera:

- a. El aparato fuente, pagina el aparato destino. (Estado de paginación).
- b. El destino recibe la paginación. (Estado de análisis de la paginación).
- c. El destino manda una contestación a la fuente. (Estado de Respuesta del Esclavo).
- d. La fuente manda un paquete Sincronización de Salto de Frecuencia (FHS) al destino. (Estado de Respuesta del Maestro).
- e. El destino manda una segunda contestación a la fuente. (Estado de Respuesta del Esclavo).
- f. El destino y la fuente proceden a intercambiar los parámetros del canal. (Estado de Respuesta del Maestro y Estado de la Respuesta del Esclavo).

En la figura 1.18 se indica el proceso de paginación entre un equipo maestro y el destino, antes de poder establecer una conexión.

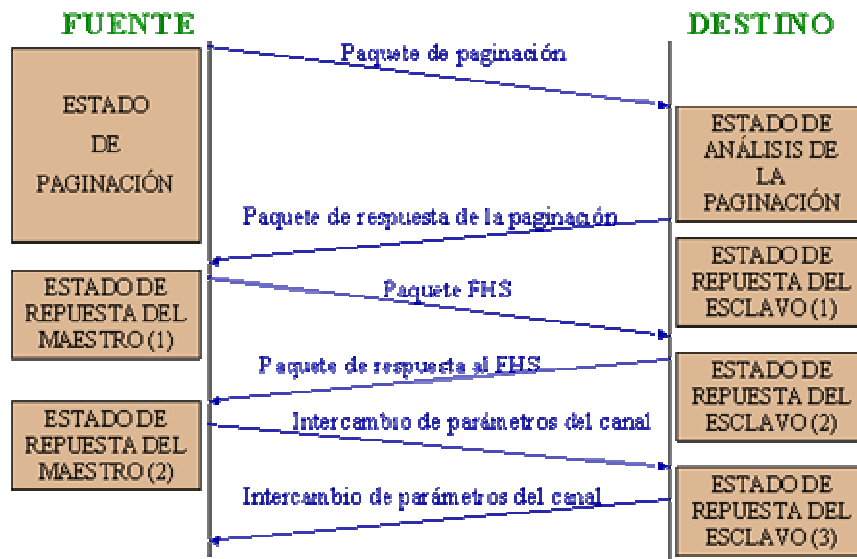


Figura 1.18 Cronograma del procedimiento de paginación

Si el proceso de paginación y búsqueda son exitosos, se entra en un estado de conexión, el mismo que empieza con un paquete POLL (Sondeo), mandado por el maestro, para verificar que ese esclavo se ha sincronizado con el reloj y con el

canal de frecuencia del maestro. El esclavo puede responder con cualquier tipo de paquete de confirmación.

1.7.2.5.Estados de respuesta, examinación e indagación del controlador de enlace ³⁴

a. Respuesta de búsqueda

Cuando un mensaje de búsqueda es recibido con éxito por un esclavo, hay una sincronización del salto de frecuencia entre el maestro y el invitado. Ambos dispositivos entran en una rutina de respuesta para intercambiar información referente al establecimiento del enlace. Es importante que para la conexión de las unidades en la Piconet se use el mismo código de acceso al canal, la misma secuencia de salto al canal y que se sincronicen los relojes internos de los dispositivos.

b. Respuesta del esclavo

Después de haber recibido su propio código de acceso, la unidad esclava transmite un mensaje de respuesta, que consiste en enviar al canal el mismo código de acceso en un solo slot de tiempo.

c. Respuesta del maestro

Cuando el maestro ha recibido la respuesta del esclavo, éste entrará en la rutina de respuesta del maestro, que se basa en transmitir un paquete de sincronización de salto de frecuencia (FHS), el cual contiene el tiempo del reloj maestro, los 48 bits de la dirección del maestro (BD_ADDR), bits de paridad y la clase del dispositivo.

Después de este envío, el maestro estará presto por una segunda contestación del esclavo, donde reconocerá la recepción del paquete FHS.

d. Respuesta de Indagación

Para el funcionamiento de indagación, hay sólo una respuesta del esclavo y ninguna del maestro. El maestro escucha entre los mensajes de indagación para

poder responder cualquiera de ellos, en cambio el esclavo es el que indaga y solicita las respuestas del maestro.

e. Examinación de búsqueda

En este estado, la unidad escucha su propio código de acceso al dispositivo (DAC) para la duración de la ventana de examinación. Durante esta ventana, la unidad escucha un solo salto de frecuencia a la vez.

La secuencia de saltos de búsqueda es determinada por la dirección del dispositivo Bluetooth (BD_ADDR), lo que significa que cada 1.28 seg. se selecciona una frecuencia diferente.

f. Examinación de indagación

Es muy similar al estado de examinación de búsqueda, sin embargo, en lugar de examinar el código de acceso del dispositivo Bluetooth, el receptor examina la longitud suficiente del código de acceso de indagación para inspeccionar cualquiera de las frecuencias de indagación.

g. Indagación.

En el sistema Bluetooth, se define un procedimiento de indagación para aplicaciones donde la dirección del dispositivo destino es desconocida para la fuente. Alternativamente, el proceso de indagación puede usarse para descubrir otras unidades Bluetooth dentro del área de cobertura.

1.7.2.6. Modos de conexión entre dispositivos Bluetooth. ³⁵

Un aparato de Bluetooth que se encuentra en el estado de Conexión, puede estar en uno de los cuatro modos siguientes:

- Modo Active
- Modo Hold
- Modo Park
- Modo Sniff

a. Modo Active

En el modo activo, la unidad Bluetooth participa la mayoría de tiempo en el canal de la Piconet; maestro y esclavo intercambian datos en los slots de tiempo de forma alternada. El maestro planifica la transmisión basada en las demandas de tráfico hacia y desde los diferentes esclavos; además, soporta transmisiones regulares para mantener a los esclavos sincronizados al canal y se realizan varias optimizaciones en el intercambio de datos, con el propósito de ahorrar potencia en su transmisor.

Los esclavos activos que tienen la Dirección de Miembro Activo (AM_ADDR, *Active Member Address*), escuchan en sus respectivos slots de tiempo que corresponden a 625 μ seg. Si un esclavo activo no es direccionado, permanece inactivo hasta la próxima transmisión del maestro.

En la figura 1.19 se puede apreciar el intercambio de datos entre maestro y esclavos de una Piconet, en el Modo Active.

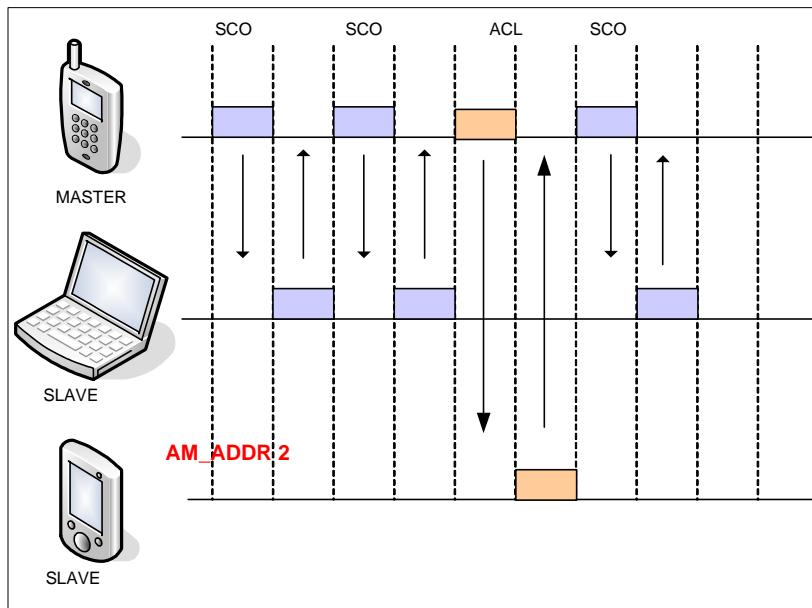


Figura 1.19. Modo de Conexión Activo

b. Modo Sniff

Los dispositivos sincronizados a una Piconet, pueden entrar en uno de los tres modos de ahorro de energía: *Sniff*, *Hold* y *Park*, en los cuales la actividad del dispositivo es menor.

En el modo SNIFF, un dispositivo esclavo escucha al canal de la Piconet en una tasa reducida, lo que minimiza su ciclo de trabajo. El intervalo SNIFF es programable y depende de la aplicación; además, tiene el mayor ciclo de vida de los tres modos de ahorro de energía.

Los esclavos entran en este modo, cuando el maestro lo ordena ó si el esclavo así lo requiere.

En la figura 1.20 se indica el intercambio de datos entre maestro y esclavos de una Piconet, en el Modo Sniff.

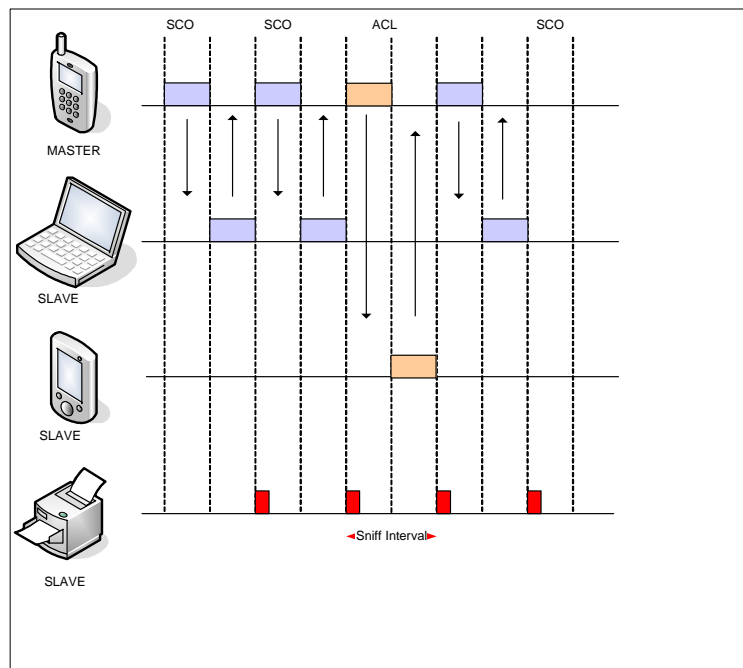


Figura 1.20 Modo Sniff

c. Modo Hold

En este modo sólo está funcionando un contador interno del dispositivo invitado. Las unidades esclavas también pueden demandar ser puestas en modo HOLD, para tener capacidad de hacer otros procesos como: Scan, Page, Inquiry o atender a otra Piconet.

La transferencia de datos indica de forma instantánea cuando las unidades abandonan el modo HOLD, instante en el que se ponen de acuerdo maestro y esclavo.

Mientras dura este modo, la unidad esclavo guarda su Dirección de Miembro Activo (AM_ADDR) y tiene un ciclo de trabajo intermedio entre los tres modos de ahorro de energía. En este modo, los paquetes ACL no son soportados, pero sí lo podrían ser los SCO; por ejemplo, un teléfono móvil Bluetooth en modo Hold, podría soportar enlaces de voz, pero no de mensajes de texto.

En la figura 1.21 se puede apreciar el modo Hold entre dispositivos maestro y esclavos de una Piconet.

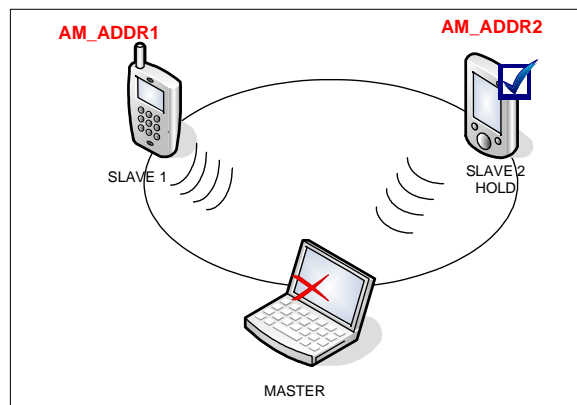


Figura 1.21 Modo Hold

d. Modo Park

En el modo PARK, un dispositivo se encuentra aún sincronizado a la Piconet, pero no participa en el tráfico. Este modo se usa para conectar más de siete esclavos a un único maestro y tiene el ciclo de trabajo más corto de los tres modos de ahorro de energía, por lo que es un modo en el cual el consumo de potencia es muy bajo, ya que el esclavo tiene muy poca actividad.

Como se puede observar en la figura 1.22, el esclavo ya no tiene su Dirección de Miembro Activo (AM_ADDR) y en su reemplazo, recibe la Dirección de Miembro Inactivo (PM_ADDR, *Parked Member Address*), que es usada por el maestro para hacer UN-PARK a un esclavo y la Dirección de Respuesta de Acceso (AR_ADDR, *Access Request Address*), que utiliza el esclavo para preguntar al maestro cómo hacer UN-PARK y salir así de este modo.

En la figura 1.22 se puede apreciar los dispositivos maestro y esclavos de una Piconet en el modo Park.

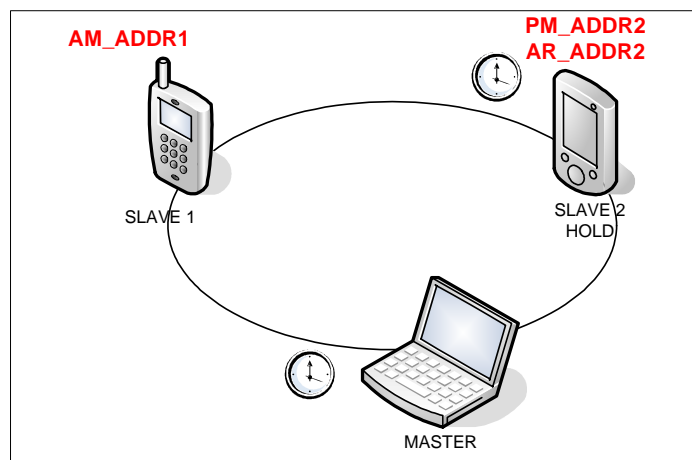


Figura 1.22 Modo Park

1.7.2.7. Sincronización entre dispositivos Bluetooth ³⁶

El transceptor de Bluetooth usa un esquema dúplex de división de tiempo (TDD), lo que significa que transmite y recibe información simultáneamente y de manera síncrona. El tiempo de transmisión de un paquete por el maestro, se realiza dentro de un slot de tiempo que dura 625 µseg.

La sincronización, se realiza con la ayuda del reloj maestro del sistema y sirve para transmitir en el canal de la Piconet, necesita conocer tres datos:

a. Secuencia de salto del canal

Usada para obtener la sucesión de saltos de frecuencia, para lo cual necesita la Dirección del Dispositivo Bluetooth del maestro (BD_ADDR).

b. Fase de la sucesión de los saltos

La cual es determinada por el reloj de sistema del maestro.

c. Código de Acceso al Canal

Explicado anteriormente, se obtiene de la parte baja de la Dirección de Aparato Bluetooth del maestro (BD_ADDR).

Una vez que se conocen estos datos, los esclavos adaptan sus relojes internos, que presentan una desviación de tiempo, para poder igualarse al reloj maestro de la Piconet, dando entonces un valor estimado de reloj por cada dispositivo invitado. La desviación es cero para el reloj del maestro, debido a que éste es la referencia dentro del canal.

1.7.2.8. La seguridad de Bluetooth

En la capa de enlace, la seguridad se realiza por autenticación de las dos partes y de manera encriptada. Para esta seguridad, necesitamos una dirección pública que es única para cada aparato (BD_ADDR), dos claves secretas (claves de autenticación y de encriptado) y un generador de números aleatorios. Primero,

un equipo realiza la autenticación enviando un desafío y el otro aparato, responde con el fin de legitimar a dicha unidad dentro del enlace.

El desafío se basa en la dirección del dispositivo (BD_ADDR) y en una clave del enlace compartida entre ellos.

1.7.3. INTERFAZ CONTROLADOR DE HOST, (HCI) ³⁷

El Interfaz Controlador de Host, proporciona una adaptación uniforme y un método para acceder al estado de hardware del dispositivo Bluetooth. Contiene un comando de interfaz, el cual controla y administra el enlace entre la Banda Base y el Administrador de enlace; además, contiene un registro de control de eventos para unir de manera lógica, la información proveniente de las capas superiores hacia las capas inferiores y viceversa.

1.7.4. PROTOCOLO DE ADMINISTRACIÓN DEL ENLACE, (LMP) ³⁸

La Administración del Enlace lleva a cabo el establecimiento, la autenticación y la configuración de la conexión; además, descubre otros administradores de enlaces remotos y se comunica con ellos por medio del Protocolo de Administración del Enlace (*LMP, Link Manager Protocol*).

El Protocolo de Administración del Enlace se compone esencialmente de varias PDUs (*Unidades de Datos de Protocolo*), que se mandan de un dispositivo a otro y son determinadas por la Dirección de Miembro Activo (AM_ADDR) en la cabecera del paquete. Las PDUs del Administrador del Enlace siempre se envían como paquetes en un solo slot de tiempo.

1.7.5. PROTOCOLO DE ADAPTACIÓN Y CONTROL LÓGICO DEL ENLACE L2CAP ³⁹

El Control Lógico del Enlace y el Protocolo de la Capa de Adaptación (L2CAP) están situados sobre la capa Banda Base y reside en capa de enlace de datos. L2CAP proporciona servicios orientados y no orientados a la conexión hacia los protocolos de capas superiores, con capacidades tales como: multiplexación, segmentación y reensamblaje, calidad de servicio y concentración de grupos de

datos. L2CAP permite que los protocolos de aplicaciones de niveles superiores, transmitan y reciban paquetes de datos de hasta 64 kbytes de longitud.

En Banda Base se definen dos tipos de enlace: enlaces Orientados a la Conexión (SCO) y enlaces asíncronos sin conexión (ACL). Los enlaces SCO soportan tráfico en tiempo real de voz, usando un ancho de banda reservado y los enlaces ACL soportan tráfico de datos con retransmisión de paquetes en caso de error o pérdida de los mismos.

La Especificación L2CAP se define sólo para enlaces de ACL y no hay planificada una definición para enlaces de SCO.

1.7.5.1. Requisitos funcionales de L2CAP ⁴⁰

L2CAP sostiene varios requisitos importantes de protocolo, como son:

a. Multiplexación de protocolo

L2CAP debe soportar multiplexación de protocolo y debe ser capaz de distinguir entre protocolos de capa superior tal como el Protocolo de Descubrimiento de Servicio (SDP), RFCOMM, y el Control de Telefonía.

b. Segmentación y reensamblado

Los paquetes de datos que exceden la unidad máxima de transferencia (MTU), deben ser segmentados antes de transmitirse. De igual modo, los múltiples paquetes recibidos de Banda Base pueden ser reensamblados en un solo paquete L2CAP más grande. La función de Segmentación y Reensamblado (SAR) es absolutamente necesaria para soportar el uso de protocolos que utilizan paquetes más grandes que los que se usan en Banda Base.

c. Calidad del Servicio

El proceso de establecimiento de conexión L2CAP permite el intercambio de información dependiendo de la calidad del servicio (QoS) esperada entre dos unidades de Bluetooth.

1.7.6. PROTOCOLO DE DESCUBRIMIENTO DEL SERVICIO, (SDP) ⁴¹

El Protocolo de Descubrimiento del Servicio (SDP), proporciona a las aplicaciones una manera para descubrir qué servicios están disponibles y determinar sus principales características, ya que el entorno cambia dinámicamente.

El Protocolo de Descubrimiento de Servicios (SDP), se define como los clientes Bluetooth que hacen una petición, para descubrir los servicios de equipos servidores Bluetooth disponibles. El protocolo define cómo un cliente puede buscar un servicio basado en atributos específicos, a menos que el cliente conozca algo de los servicios disponibles; además, proporciona medios para el descubrimiento de nuevos servicios, que se vuelven accesibles cuando el cliente entra en un área donde un servidor Bluetooth está operando.

1.7.7. PROTOCOLO DE REEMPLAZO DE CABLE, (RFCOMM) ⁴²

El protocolo RFCOMM, es un conjunto de reglas que permiten la emulación de un puerto de comunicaciones serial. El protocolo cubre aplicaciones que hacen uso de los puertos de entrada y salida de la unidad Bluetooth.

RFCOMM emula señales de control y datos RS-232 sobre la Banda Base de Bluetooth y provee capacidades de transporte para los servicios de niveles superiores.

1.7.8. PROTOCOLOS DE CONTROL DE TELEFONÍA DE BLUETOOTH ⁴³

1.7.8.1. Control de Telefonía – Binario (TCS Binario)

El Control de Telefonía – Binario, TCS Binario ó TCS BIN, es un protocolo orientado a bit que define el control y la señalización para el establecimiento de llamadas de voz y datos entre las unidades Bluetooth. El protocolo define la señalización para el establecimiento y liberación de llamadas entre las unidades, así como también, la señalización para facilitar el manejo de grupos de dispositivos Bluetooth; además, TCS BIN proporciona funcionalidad para intercambiar señales sin relación de información en las llamadas continuas.

1.7.8.2. Control de Telefonía – Comandos AT

Un número de comandos AT son soportados para transmitir señales de control de telefonía, que sirven básicamente para la comunicación entre el usuario y el dispositivo Bluetooth, con el fin de configurar parámetros de operación del equipo. Estos comandos usan la emulación de puerto serial RFCOMM, para la transmisión y recepción de datos.

Dependiendo del fabricante, el conjunto de comandos AT es propietario y único para cada clase de dispositivo.

1.7.9. PROTOCOLOS ADOPTADOS DE BLUETOOTH ⁴⁴

1.7.9.1. Protocolo Punto a Punto, (PPP)

Este protocolo está diseñado para funcionar junto con RFCOMM para lograr conexiones punto a punto entre unidades Bluetooth. PPP es un protocolo orientado a paquete y se debe por tanto usar su mecanismo serial para convertir los datos del paquete, en un flujo de bits en serie.

1.7.9.2. Protocolo TCP/UDP/IP

Las normas de TCP/UDP/IP se definen para operar en dispositivos Bluetooth que deseen conectarse a través de otras unidades a diferentes servicios o perfiles de Bluetooth, como por ejemplo al Internet a través de una Red de Área Personal (PAN).

1.7.9.3. Protocolo de Aplicación Inalámbrica, (WAP) ⁴⁵

El protocolo de Aplicación Inalámbrica (WAP) es una especificación protocolar inalámbrica, que permite que el usuario se conecte a dispositivos próximos e interactúe con los mismos.

Con un teléfono que posea este protocolo, es posible establecer contacto con un "punto de acceso a informaciones" que suministre datos y noticias relevantes para el ambiente en que se encuentra el usuario. Por ejemplo, un aeropuerto, un centro

comercial o un museo. Este punto de acceso también puede servir para acceder a servicios (WAP) generales de Internet.

Otra aplicación podría ser el uso de un teléfono con servicio WAP vía Bluetooth, el cual es usado como control remoto interactivo; donde el usuario puede controlar una unidad Bluetooth navegando por las páginas WAP del dispositivo, las cuales contienen enlaces especiales que activan las funciones o procesos de otros circuitos controlados por el dispositivo. Eso ofrece posibilidades ilimitadas, como por ejemplo la utilización del teléfono como interruptor de luz o llave de una puerta, o incluso para controlar el sistema de alarma doméstico.

1.7.10. PILAS DE PROTOCOLOS PARA LOS DISTINTOS MODELOS DE USO DE BLUETOOTH ⁴⁶

Una vez estudiados los protocolos de la arquitectura de Bluetooth, podemos referirnos a los diferentes modelos de uso de dichas reglas, que existen para aplicaciones especiales.

1.7.10.1. Transferencia de ficheros

En la figura 1.23, se presenta la pila de protocolos requerida para este modelo de uso. Para la transferencia de ficheros se requiere la utilización del protocolo OBEX, que permite el intercambio de objetos de una forma sencilla y que funciona sobre el Protocolo de Comunicaciones por Radio frecuencia (RFCOMM). El Servicio de Descubrimiento de Dispositivos (SDP), es necesario para descubrir el tipo de servicios disponibles para la transferencia de datos.

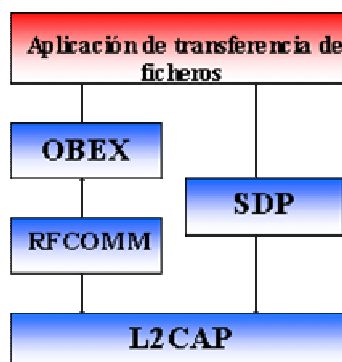


Figura 1.23 Pila de protocolos para transferencia de ficheros

1.7.10.2. Puente ó Bridge de internet

En este modelo se necesita principalmente una pila de protocolos de dos ramas (además de la de SDP), los cuales se usan para acceder a Internet mediante Bluetooth. En una de las pilas tenemos Órdenes AT sobre RFCOMM que son necesarias para controlar el teléfono móvil o módem. En la otra pila encontramos PPP sobre RFCOMM que se precisan para transferir los datos útiles, tal como se muestra en la figura 1.24.

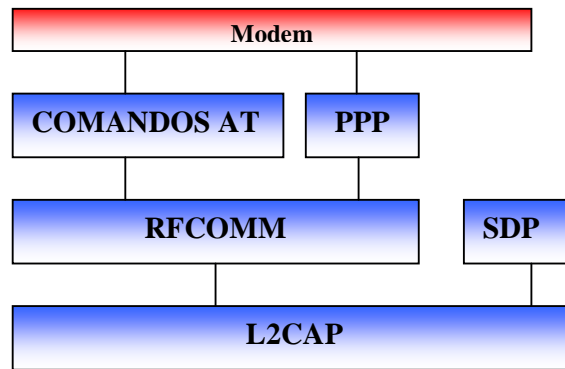


Figura 1.24 Pila de protocolos para el modelo de puente de internet

1.7.10.3. Acceso a LAN

Esta pila de protocolos se usa para formar parte de una red de área local inalámbrica y es casi idéntica a la del modelo anterior, excepto que no se usan las órdenes AT. La pila de protocolos necesaria para este modelo, se muestra en la figura 1.25.

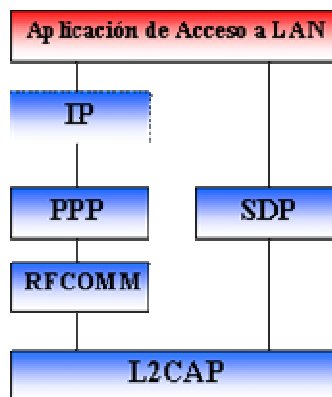


Figura 1.25 Pila de protocolos para el modelo de uso de acceso a LAN

1.8. BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH ⁴⁷

Para finalizar y con el objeto de presentar un resumen de las características de Bluetooth, a continuación se presentan las particularidades de la tecnología asociadas con sus correspondientes ventajas o beneficios.

- a. Usa la banda de frecuencia de 2.4 GHz ISM.
- b. Asegura que los aparatos Bluetooth puedan usarse en todo el Mundo.
- c. La Piconet puede estar conformada por hasta ocho dispositivos conectados mientras uno actúa como maestro y los otros como esclavos.
- d. Múltiples Piconets se pueden conectar unas con otras a través de la unidad maestra, incrementando el número total de equipos conectados.
- e. Bluetooth permite conectividad inalámbrica entre un PC fijo y un portátil.
- f. Simplifica la conectividad inalámbrica a Internet o a la red corporativa eliminando los incómodos cables propietarios que conectan los teléfonos móviles y los ordenadores fijos.
- g. Los dispositivos Bluetooth se pueden comunicar con otros equipos dentro de un rango de diez metros, los cuales son adecuados para todas las aplicaciones de redes de área personal para las que éste estándar ha sido diseñado.
- h. La Autenticación y encriptado mediante claves Públicas/Privadas son elementos básicos del estándar de Bluetooth, ya que nos proporciona un alto grado de seguridad para comunicaciones entre dispositivos de corto alcance.
- i. Bluetooth asegura interoperatividad entre aparatos y aumenta sobretodo la facilidad de uso y la experiencia del cliente.
- n. No requiere línea de vista entre los dispositivos que establecen una conexión.

En la figura 1.26 se observa la interacción entre dos dispositivos Bluetooth que se encuentran formando una Piconet.

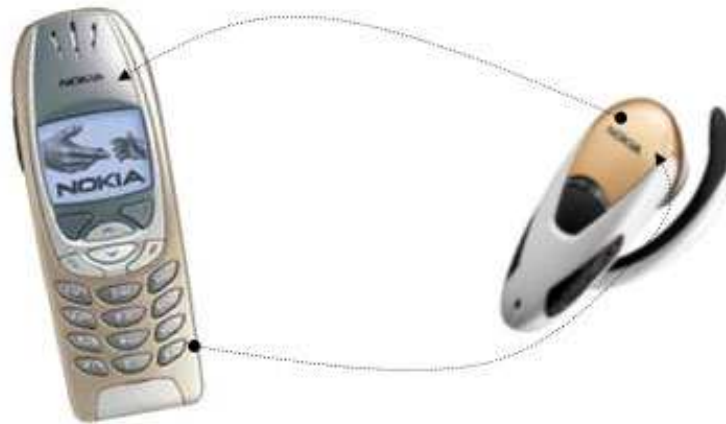


Figura 1.26 Aplicación en teléfonos celulares

Bluetooth es útil para la automatización del hogar, procesamiento de datos, envío de archivos, etc. Las aplicaciones de esta tecnología son muchas y permiten cambiar radicalmente la forma en la que los usuarios interactúan con los dispositivos y servicios electrónicos.

En la figura 1.27 se puede apreciar la conexión y la forma de validar servicios Bluetooth entre una PDA y un Headset (Auricular inalámbrico).



Figura 1.27 Aplicación en PDAs

La ventaja más evidente de Bluetooth, es que permite conectar entre sí todo tipo de dispositivos electrónicos (teléfonos, computadores, impresoras, fax, etc.) situados dentro de un radio limitado de 10 metros (ampliable a 100, aunque con mayor distorsión) sin necesidad de utilizar cables.

Por su puesto, Bluetooth todavía tiene algún pequeño problema que solucionar, ya que los microchips no son baratos y por su parte, la velocidad de transmisión, aunque considerable, pronto quedará corta por la capacidad de los móviles de tercera generación.

CAPÍTULO II

DISEÑO DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA “SMEE”

2.1 INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la difusión de la tecnología Bluetooth es muy grande, debido a que gran parte de dispositivos móviles, tienen integrado este estándar internacional, por lo cual fue necesario adoptar un componente móvil (PDA) con esta característica a nuestro Proyecto, para su funcionamiento óptimo.

A continuación se detalla en forma concreta cuales son los criterios utilizados para diseñar el Prototipo de Adquisición de Datos de Consumo de Energía Eléctrica.

2.2 DISEÑO GLOBAL DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA “SMEE”

El Prototipo de adquisición de datos, es diseñado con el fin de obtener las mediciones del consumo de energía eléctrica desde un medidor analógico, mediante la utilización de un sistema microprocesado que se comunica por Bluetooth con una Pocket PC, en donde se almacenan dichas mediciones.

Para el diseño del Prototipo de adquisición de datos, se debe tomar en cuenta muchos factores tanto en calidad de los elementos electrónicos como de factibilidad de desarrollo e implementación del mismo dentro de un escenario real. Esto se logra buscando las mejores alternativas en el mercado, con un proceso minucioso de elección de dichos componentes para obtener los mejores resultados.

En la figura 2.1 se indica un diagrama de bloques que constituyen el Prototipo adquisición de datos del consumo de energía eléctrica “SMEE”.

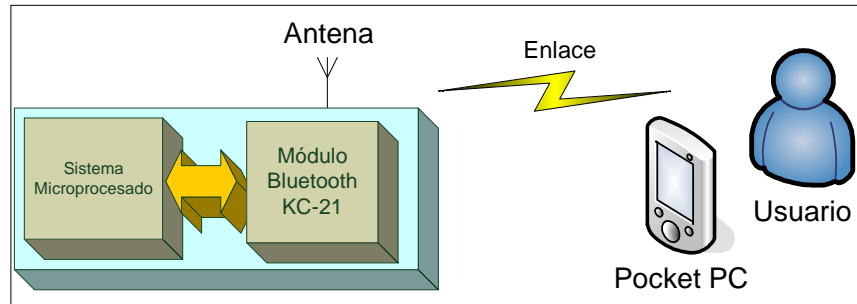


Figura 2.1 Prototipo de Medición del Consumo de Energía Eléctrica “SMEE”

2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Un enlace, es la conexión y el intercambio de información que existe entre dos o más dispositivos, ya sea por medio guiado o no guiado.

Dicho intercambio de información es posible debido a la existencia de un canal físico o virtual de comunicaciones que existe entre los involucrados en la comunicación.

2.2.1.1 Enlace Bluetooth

El enlace Bluetooth entre dispositivos, comprende la comunicación inalámbrica a corta distancia por medio de servicios o perfiles que este estándar provee.

Dicho enlace es realizado mediante una técnica de transmisión de datos, mediante saltos de frecuencia, para obtener un nivel de seguridad aceptable dentro de una banda libre.

2.2.1.2 Enlace entre el Prototipo y la PDA

En el diseño, el enlace se establece mediante un conjunto de pasos que inicia la PDA de la siguiente manera:

1. En la PDA encendemos el dispositivo Bluetooth interno, como se muestra en la figura 2.2

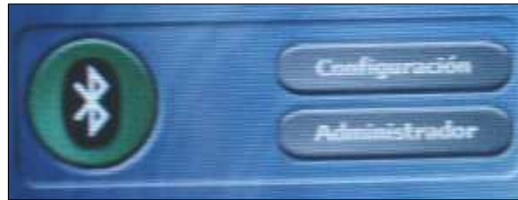


Figura 2.2 Encendido del Bluetooth en la PDA

2. El dispositivo Bluetooth interno de la PDA trata de establecer un enlace con otros módulos Bluetooth no conocidos, mediante la negociación de la dirección del dispositivo (MAC Address).
3. Una vez establecido el enlace, la PDA inicia una comunicación con un solo módulo a la vez (conexión punto-punto), a través de un puerto serial de comunicaciones VIRTUAL (perfil puerto serial).
4. La PDA, a través de una aplicación, solicita la lectura del consumo de energía eléctrica al microcontrolador por medio de un conjunto de caracteres preestablecidos.
5. El microcontrolador, autentifica la secuencia de caracteres y envía la información solicitada al módulo Bluetooth (KC-21) conectado al puerto serial del mismo.
6. El módulo Bluetooth KC-21, envía la información del consumo de energía eléctrica hacia la PDA a través del canal inalámbrico establecido.

7. Luego la PDA almacena dicha información y envía otra secuencia de caracteres al microcontrolador, indicándole que ya recibió los datos del consumo.
8. La PDA corta la comunicación con el módulo Bluetooth KC-21.
9. El microcontrolador sigue censando los dispositivos externos del prototipo hasta obtener una nueva comunicación.
10. Luego la PDA vuelve a repetir el mismo proceso con otro Prototipo.

2.2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO A NIVEL DE HARDWARE

El prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica “SMEE” se compone de varios elementos como son: un microcontrolador (AT89C51), un módulo Bluetooth (KC-21), un display LCD para la visualización de los contadores de revoluciones; elementos pasivos como capacitores, resistencias y transistores que complementan el hardware, además de un adaptador para obtener el voltaje DC, que se necesita tanto para la polarización y correcto funcionamiento de todos los dispositivos antes mencionados.

Seguidamente, se detalla cada uno de los elementos utilizados en el “SMEE”.

2.2.2.1 Microcontrolador AT89C51

El microcontrolador AT89C51, es una pieza clave para el montaje de nuestro sistema, ya que es el encargado de:

- a. Almacenar los pulsos para sensar el número de revoluciones que presenta el medidor del consumo de energía eléctrica.

b. Controlar el LCD donde se visualiza las revoluciones y/o Kilovatios/hora que un usuario ha consumido.

c. Establecer comunicación serial con el módulo Bluetooth KC-21, para enviar los datos respectivos hacia la Pocket PC mediante un enlace inalámbrico establecido.

En la figura 2.3 se indica la distribución de pines de los diferentes puertos del microcontrolador AT89C51.

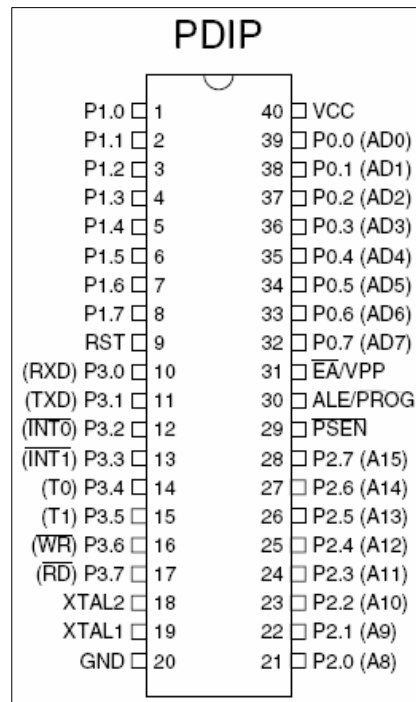


Figura 2.3 Distribución de Pines del Microcontrolador AT89C51

El microcontrolador desarrollado por ATMEL; “AT89C51”, se compone de 40 pines, los cuales están distribuidos en su mayoría por cuatro puertos de entrada y salida de datos en nivel TTL; además, presenta 4Kbytes de memoria de programa, 128 bytes de memoria de datos, 2 timers de hasta 16 bits, 1 puerto de

8 líneas para el funcionamiento mediante interrupciones (entre ellas la del Pórtico serial).¹

Éstas son algunas de las características más relevantes que se podrá ver en forma más detallada en el ANEXO 2.

*a. Interrupciones del microcontrolador AT89C51*²

Una interrupción, consiste en una detención del programa en curso, para realizar una determinada rutina que atienda la causa que ha provocado la interrupción.

Tras la terminación de dicha rutina de interrupción, se retorna al programa principal en el punto en el que se ejecutó la última instrucción.

Las causas que originan una interrupción pueden ser: externas, como la activación de un pin con el nivel lógico apropiado, e internas, como las que pueden producirse al desbordarse un temporizador, como el TMR0.

En las aplicaciones industriales, las interrupciones son un producto muy potente para atender los acontecimientos físicos en tiempo real. Existen diferentes tipos de interrupciones que también dependen del tipo de microcontrolador.

La fuente de interrupción que utilizaremos en forma prioritaria en este Proyecto, será la interrupción del pórtico serial, localizada en el espacio de memoria 23H, la cual se activará mediante la presencia de bits de entrada o salida en el buffer del microcontrolador.

En la figura 2.4 se observa el diagrama del circuito para la activación de la interrupción del pórtico serial.

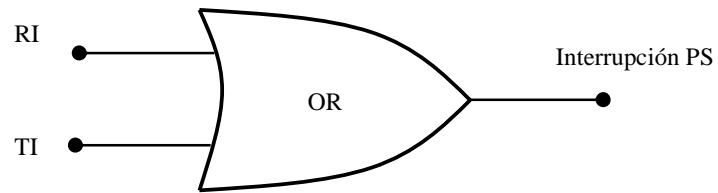


Figura 2.4 Diagrama interno del circuito de interrupción del pòrtico serial del Microcontrolador AT89C51

*b. Puerto serial de comunicaciones del microcontrolador AT89C51*³

El puerto serial de los microcontroladores MCS-51/52 trabaja en modo full-duplex, lo que significa que puede enviar y recibir datos simultáneamente; para poder enviar y recibir estos datos, existe un único registro que se denomina SBUF, localizado en la dirección de memoria 99H del SFR (*Registro de Función Especial*).

El puerto serial puede operar en 4 modos seleccionados por los bits del registro de comunicaciones (SCON), los cuales se indican en la figura 2.5.

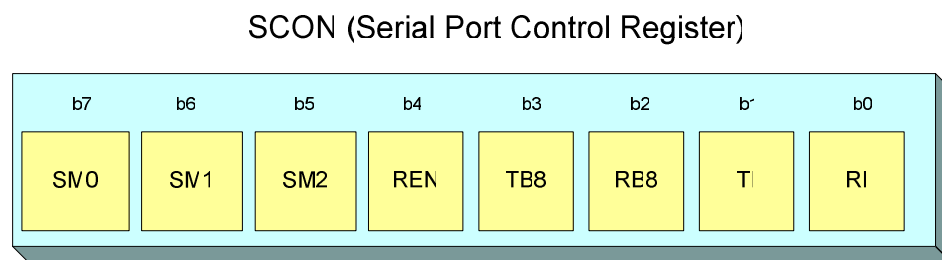


Figura 2.5 Distribución de los bits del registro de comunicaciones SCON

*c. Modos de operación del microcontrolador AT89C51*⁴

Los modos se configuran principalmente por dos razones principales que son: la velocidad de transmisión (fija o variable) y el número de bits que se envía o reciben (8 bits de datos u 8 bits de datos y 1 de paridad). El modo de operación

depende de la fijación de los bits SM0 y SM1 del SCON y se los detalla a continuación.

1. **MODO 0.-** La velocidad de transmisión está dada por la relación 1/12 de la frecuencia del reloj del microcontrolador y la palabra de información a enviar y recibir son 8 bits.
2. **MODO 1.-** Utiliza 10 bits transmitidos con la siguiente función: 1 bit de inicio, 8 bits de datos y 1 bit de parada; además, la velocidad de transmisión puede ser ajustada por el usuario mediante una fórmula que depende de la frecuencia del oscilador y el valor que se cargue al Timer 1, que funcionará como generador de una señal de reloj.
3. **MODO 2.-** Transmite 11 bits, con la siguiente función: 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paridad como imagen del bit TB8 del SCON y 1 bit de parada, mientras que la velocidad de transmisión es programable a 1/32 ó 1/64 de la frecuencia del oscilador.
4. **MODO 3.-** Al igual que el caso anterior se transmiten 11 bits, en el mismo orden que dicho modo, pero a diferencia del anterior, la velocidad de transmisión puede ser ajustada por el usuario de entre una amplia gama.

*d. Velocidad de transmisión de datos del microcontrolador AT89C51*⁵

Para esta operación, el Timer 1 es utilizado como generador de bps (bits por segundo), estos son obtenidos en los modos 1 y 3, por el valor de carga y desbordamiento del registro contador del timer y el valor de SMOD, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$V_{TX} = \frac{2^{SMOD}}{32} (\text{relación de desbordamiento del timer 1})$$

El Timer 1, puede ser configurado ya sea como temporizador o contador y en cualquiera de sus tres modos; como temporizador, hay que configurarlo en modo de autorecarga (TMOD = 20H), en este caso la velocidad de transmisión viene dada por la siguiente fórmula:

$$V_{TX} = \frac{2^{SMOD}}{32} \left(\frac{\text{frecuencia del oscilador}}{12(256 - TH1)} \right)$$

Se pueden lograr velocidades muy diversas dependiendo de la frecuencia del oscilador y el valor de recarga que se ponga en el timer 1

La tabla 2.1 muestra algunas de las velocidades de comunicación comúnmente utilizadas y como pueden ser obtenidas, de acuerdo con la frecuencia del oscilador y el valor de carga en el Timer 1.

Vel. Transmisión (bps)	Fosc (MHz)	SMOD	C/T Timer 1	MODO Timer 1	Valor de Recarga Timer 1
1200	11.0592	0	0	2	E8H
2400	11.0592	0	0	2	F4H
4800	11.0592	0	0	2	FAH
9600	11.0592	0	0	2	FDH
19200	11.0592	1	0	2	FDH

Tabla 2.1 Velocidades de Transmisión mas utilizadas en función de la frecuencia del oscilador y el valor de carga del Timer 1.

2.2.2.2 Módulo Bluetooth “KC-21”⁶

Es uno de los tantos módulos de Bluetooth disponibles en el mercado, el módulo Bluetooth KC - 21 incluye 14 entradas para todo uso y ofrece comunicación de alta velocidad hasta 921 Kbps.

El KC – 21, es un módulo de montaje de superficie, que contiene entre sus características: una memoria flash, perfil de SPP de Bluetooth y configuración mediante comandos AT.

En la figura 2.6 se muestra una imagen del módulo Bluetooth KC-21 y su distribución de pines.

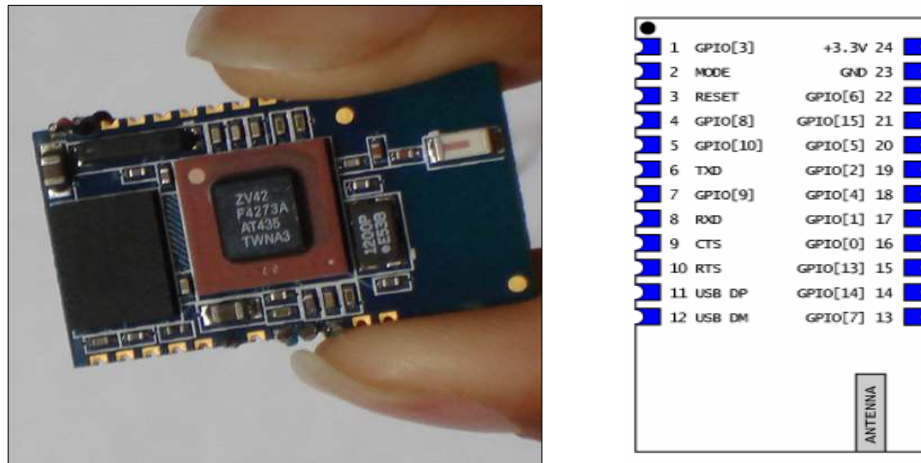


Figura 2.6 Imagen y distribución de pines del Módulo Bluetooth KC-21

En la tabla 2.2 se presenta un resumen de características y la información técnica del módulo Bluetooth KC-21.

Bluetooth versión 1.2 y perfil de Puerto serie

Clase de potencia 2

Módulo completo de Radiofrecuencia

Comunicación de datos de forma inalámbrica

Microprocesador ARM7 sobre los 48MHz

8Mb de memoria flash

Velocidad de envío de datos de hasta 921Kbps

Antena integrada

128-bit de encriptación para seguridad

Rango de cobertura de 20m sin obstáculos.

Interfaz Serial (SPI) sobre los 24MHz

14 pines de propósito general

Set de comandos AT

Capacidad de enlaces multipunto

Calidad FCC & Bluetooth

Protocolos: SPP, SDAP, GAP, and DUN

Protocolos soportados: RFCOMM, SDP y L2CAP

Tabla 2.2 Información técnica del *OEM Bluetooth Module KC-21*

Para el desarrollo de nuestro Proyecto, usamos dicho módulo como un transceiver inalámbrico (en la banda ISM 2,4 GHz.), conectado al sistema de captura de datos controlado por un AT89C51.

2.2.2.3 Display LCD 2x16 ⁷

El LCD está constituido por un circuito impreso en el que están integrados los controladores del display y los pines para la conexión del mismo. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege. En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, 2x16=32 caracteres en total.

A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. El usuario especifica los 16 caracteres que se van a visualizar.

El voltaje nominal de alimentación es de 5V, con un consumo menor de 5mA. El LCD tiene un aspecto físico como el mostrado en la figura 2.7

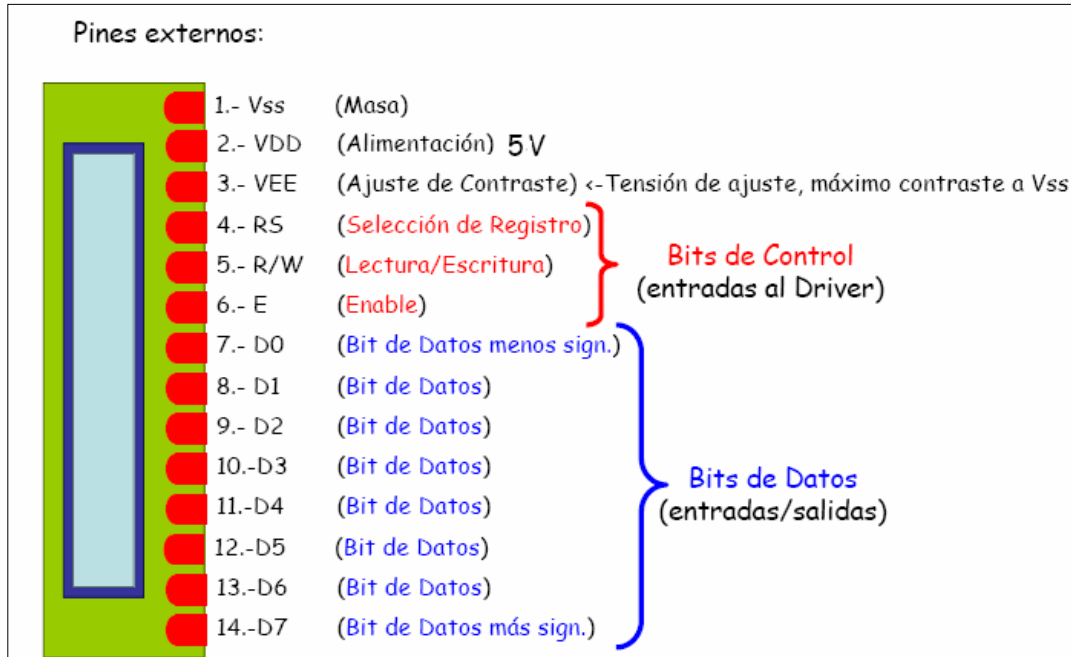


Figura 2.7 Aspecto físico y pines del LCD

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes y equivalen a las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc.

En la figura 2.8 se muestra gráficamente cómo es la matriz de representación de los caracteres. Se ha dibujado el carácter "A" y un carácter definido por el usuario.

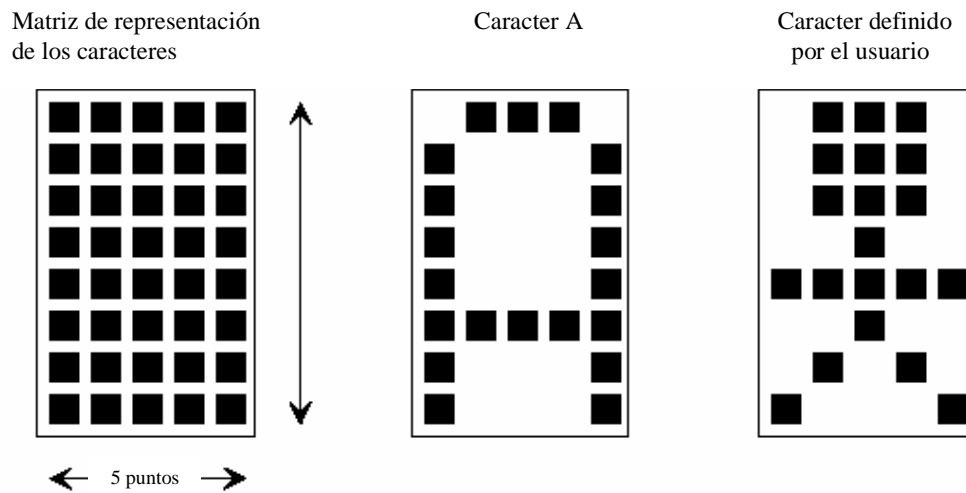


Figura 2.8 Matriz de representación de caracteres, representación del carácter A y de un carácter definido por el usuario

Los datos se transmiten por un bus de 8 bits (El display ofrece la posibilidad de trabajar con este bus multiplexado en dos grupos de 4 bits). Para el control del display son necesarios 3 bits: una señal de **enable (E)**, una para indicar **lectura/escritura (R/W)** y otra para seleccionar uno de los dos registros internos (**RS**).

La señal **E**, es la de validación de los datos. Cuando no se utiliza el display, esta señal debe permanecer a 0. Sólo en las transferencias de información (lecturas o escrituras), es cuando su nivel pasa a 1, lo cual indica una validación los datos.

En la figura 2.9 aparecen las señales necesarias para el funcionamiento y control del display mediante un microcontrolador.

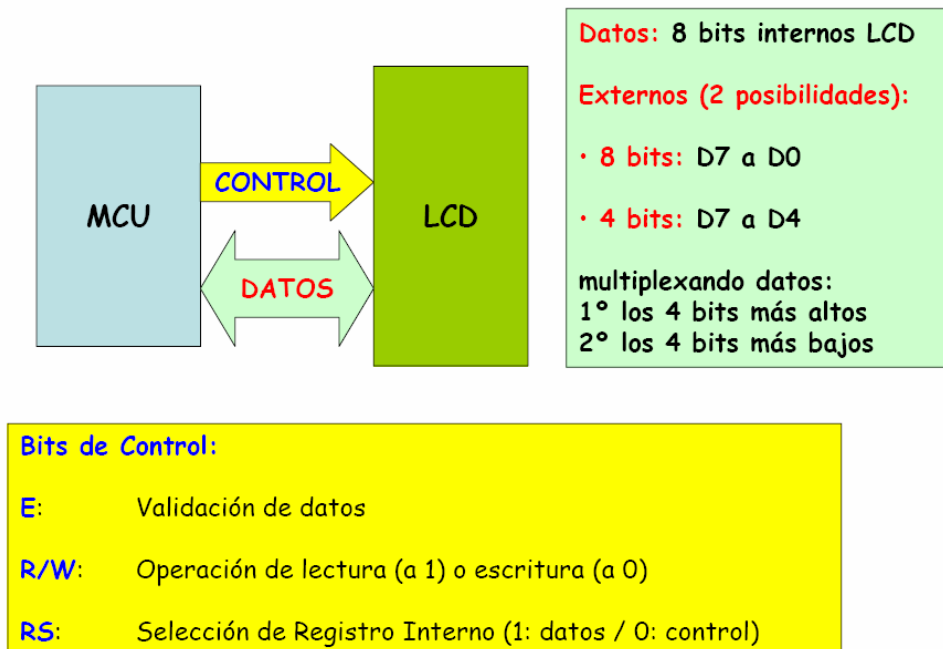


Figura 2.9 Interfaz del LCD con un sistema de control ⁸

Al controlar el display, los tiempos de ejecución de los comandos deben cumplirse tal como se explica a continuación, con el fin de que su inicialización sea completa.

a. Comandos del LCD

El LCD, se controla mediante comandos que se envían al registro de control del mismo, seleccionado la señal RS a nivel bajo (0). Cuando lo que se quiere es imprimir caracteres en el display o enviar información, se selecciona el registro de datos a nivel alto (1).

b. Descripción de los comandos

1. Borrar el display

Este comando borra todas las posiciones del display y sitúa el cursor en la posición inicial. El cursor se sitúa en la posición (1,1) y el comando típico de ejecución es 01H y se muestra en la figura 2.10.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Tiempo de ejecución:1.64 mS

Figura 2.10 Comando para borrar el LCD

2. Cursor a HOME

Envía el cursor a la posición inicial (1,1) y generalmente se usa 02H, tal como se observa en la figura 2.11.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	X

Tiempo de ejecución:1.64 mS

Figura 2.11 Comando para poner en la posición inicial al LCD

3. Establecer modo de funcionamiento

Actualiza el contador de direcciones en la forma especificada y establece si el display realiza desplazamientos o no. Estas acciones se llevan a cabo cada vez que se realiza una lectura o escritura en el display. Cuando I/D=1, el contador de direcciones se incrementa, lo que provoca que el cursor avance hacia la derecha cada vez que se imprime un carácter en el display. Cuando I/D=0, el contador se decrementa y el cursor se mueve hacia la izquierda al imprimir.

Con S=1 se indica al LCD que debe mover el display una posición a la derecha, cada vez que se imprime un carácter. Con S=0 el display debe permanecer quieto al imprimir. Normalmente se utiliza I/D=1 y S=0, por lo que el comando típico es 06H, tal como se aprecia en la figura 2.12.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

Tiempo de ejecución:40 μ S

Figura 2.12 Comando para modo de funcionamiento del LCD

4. Control ON/OFF

Activa o desactiva el display, el cursor y el parpadeo del mismo. Cuando D=1, se activa el LCD. Sí D=0, el LCD funciona normalmente pero no se visualiza ninguna información.

Con C=1, se activa el cursor, pero cuando C=0 el cursor no se ve. Adicionalmente con B=1, se hace que los caracteres situados en la posición del cursor parpadeen. En la figura 2.13 se muestra la disposición del comando descrito, generalmente utilizado con 0EH.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

Tiempo de ejecución:40 μ S

Figura 2.13 Comando de control del LCD

5. Desplazamiento del cursor/display

Desplaza una posición al cursor. Con S/C=1 se mueve el display, con S/C=0 el cursor se queda quieto; además, sí R/L=1 el cursor se desplaza a la derecha y con R/L=0 a la izquierda.

En la figura 2.14 se aprecia el comando para el desplazamiento del cursor del LCD.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X

Tiempo de ejecución:40 μ S

Figura 2.14 Comando de desplazamiento del cursor

6. Modo de transferencia de la información

Selecciona el bus de datos del display para trabajar a 8 bits (DL=1) ó a 4 bits (DL=0).

En la figura 2.15 se indica el comando para controlar la transferencia de datos por un bus de 8 ó 4 bits.

RA0	RA1	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X

Tiempo de ejecución:40 μ S

Figura 2.15 Comando de transferencia de datos hacia el LCD

c. Secuencia típica de inicialización del LCD

Después de encender el LCD, la línea superior aparece un poco más oscura que la inferior. Esto quiere decir que el display no ha sido inicializado todavía.

A partir de este momento, las transferencias hay que realizarlas en dos partes: las de control, que se envían para el inicio del LCD y las de datos, que sirven para imprimir caracteres en la pantalla.

En la figura 2.16 se indica un diagrama de las secuencias típicas de inicialización del LCD para trabajar con un bus de datos de 8 bits.

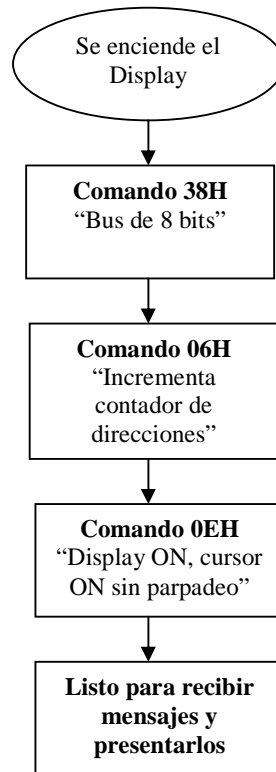


Figura 2.16 Códigos a enviar para inicializar el display.

2.3 TERMINAL DE EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS (PDA).

La PDA escogida para la elaboración de nuestro Proyecto, es una POCKET PC, marca: **HP**, modelo: **iPAQ rx 3715**; debido a que la Pocket Pc tiene como particularidad la presencia de SPP (perfil de puerto serial Bluetooth) dentro de las características de su módulo interno Bluetooth; dicha función, permite emular un puerto virtual de comunicaciones, el cual envía y recibe datos del prototipo de medición de energía eléctrica "SMEE".

2.3.1 POCKET PC HP iPAQ RX 3715

La PDA (Pocket PC) utilizada, nos provee de un puerto de envío y recepción de datos predeterminado, el cual puede ser diferente para cada equipo (Ej. COM 8 Puerto de Salida y COM 6 Puerto de Entrada).

Una imagen de la PDA, HP iPAQ rx 3715 se muestra en la figura 2.17.



Figura 2.17 Pocket PC HP iPAQ rx 3715

2.3.1.1 Características Generales de la HP iPAQ rx 3715

Dentro de las propiedades más relevantes de la PDA se encuentran los servicios o perfiles que presenta su módulo Bluetooth interno, los cuales son: servicio de red de área personal (*PAN, Personal Area Network*), perfil de puerto serial (*SPP, Serial Port Profile*), Envío de Objetos y Envío de Tarjeta Electrónica, lo cual nos permite tener una gama de oportunidades para poder comunicarnos con diversos dispositivos como: teléfonos móviles de diversas marcas, palms, smartphones, módulos integrados, entre otros.

En la Tabla 2.3 se presenta un resumen de las características de la PDA HP iPAQ rx 3715

General

Tipo de producto: Portátil
Dispositivos integrados: Altavoz,
display, cámara
Ancho: 7.1 cm
Profundidad: 1.6 cm
Alto: 11.4 cm

	Peso: 158 g
Descripción del fabricante sobre el producto	HP iPAQ Pocket PC rx3715 Mobile Media Companion le permite disfrutar de sus canciones, fotografías, vídeos y juegos allí donde se encuentre. El futuro del entretenimiento es digital, y ahora tiene la potencia que necesita al alcance de la mano.
Procesador	Procesador: Samsung S3C2440 400 MHz
Memoria	ROM: 128 MB – Flash Memoria RAM: 64 MB – SDRAM Tarjetas de memoria flash soportadas: SD MemoryCard, MultiMediaCard Compatibilidad: SDIO Memoria total disponible para el usuario: 155 MB
Display	Tipo de pantalla: 3.5" matriz activa TFT - transflectivo Imagen: 16 bits (64K colores) Resolución de pantalla: 240 x 320
Audio	Capacidad de grabar la voz: Sí Audio salida: Altavoz/altavoces Formatos de audio digital admitidos: MP3, WMA Audio entrada: Micrófono
Cámara digital	Resolución del sensor: 1.2 Megapíxel Zoom digital: 4 Iluminación mínima: 5 lux Formatos de captura: JPEG, H.263, Motion JPEG Resoluciones de imagen fija: 1280 x 960 Características: Espejo para autorretrato

Dispositivo de entrada	Tipo: Pantalla sensible al tacto, botón de navegación de 5 vías, lápiz
Diverso	Cumplimiento de normas: Certificado FCC Clase B , CSA, UL, cUL, NOM
Alimentación	Dispositivo de alimentación: Adaptador de corriente Voltaje necesario: CA 120/230 V (50/60 Hz)
Batería	Cantidad instalada (máximo soportado): 1 (instalados) / 1 (máx.) Tecnología / Factor de forma: Ion de litio Capacidad: 1440 mAh Duración (hasta): 14 horas Tiempo de recarga: 1.5 hora(s)
Sistemas operativos / software	OS proporcionado: Microsoft Windows Mobile for Pocket PC 2003 Second Ed.
Expansión / conectividad	Total ranuras de expansión (libres): 1 Tarjeta de memoria SD
Telecom	Conectividad Inalámbrica: IrDA, Bluetooth, IEEE 802.11b

Tabla 2.3 Otras características de la PDA HP iPAQ Pocket PC Rx3715 Mobile Media Companion ⁹

2.3.1.2 Puerto Virtual de Comunicaciones de la HP iPAQ rx3715

A diferencia de la mayoría de dispositivos móviles que tiene puertos de comunicaciones con medios guiados; la tecnología Bluetooth, permite abrir una comunicación específica virtual e inalámbrica a través del perfil de puerto serial (SPP).

Los datos son enviados a través del puerto de salida (Ej. COM 8) y son recibidos por un puerto de entrada (Ej. COM 6), a una velocidad que puede ser predeterminada al igual que otros parámetros de configuración como: paridad, bits de datos, etc.

En la figura 2.18 se indica la configuración inicial del puerto serie Bluetooth de la PDA.

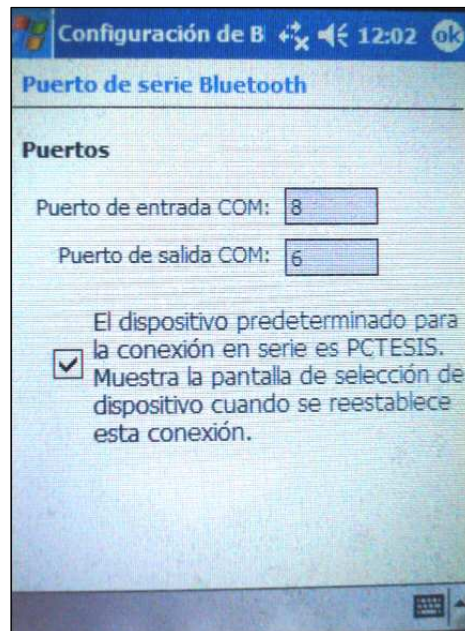


Figura 2.18 Configuración del puerto serial Bluetooth en la PDA

El perfil de comunicación serial (*Serial Port Profile*), define los requisitos de los dispositivos para emular por Bluetooth una comunicación serial punto a punto. El escenario ideal de este perfil es la sustitución del cable null modem (RS232).

El protocolo RFCOMM provee múltiples emulaciones de los puertos seriales RS-232 entre dos dispositivos Bluetooth. Las direcciones Bluetooth de los dos puntos terminales definen una sesión RFCOMM. Una sesión puede tener más de una conexión, dependiendo del número de dispositivos esclavos que se encuentren enlazados a un dispositivo maestro mediante este protocolo.

Una aplicación que ofrezca un servicio basado en el perfil de puerto serial (SPP) es un servidor SPP. Una aplicación que inicie una conexión a un servicio SPP es un cliente SPP. Cliente y servidor residen en los extremos de una sesión RFCOMM.

2.3.1.3 Registro del Servicio del Puerto Serial

Un perfil de puerto serial, debe inicializar los servicios que ofrece y registrarlos en el servidor de conexiones del puerto serial.

Un servicio de puerto serial viene representado por un par de objetos relacionados, que son:

1. Un objeto implementado por una interfaz, que escucha conexiones de clientes que demanden este servicio.
2. Un objeto implementado por otra interfaz, que describe el servicio y como puede ser accedido por dispositivos remotos.

En la figura 2.19 se muestran los perfiles de la PDA (puerto serial e intercambio de objeto genérico).

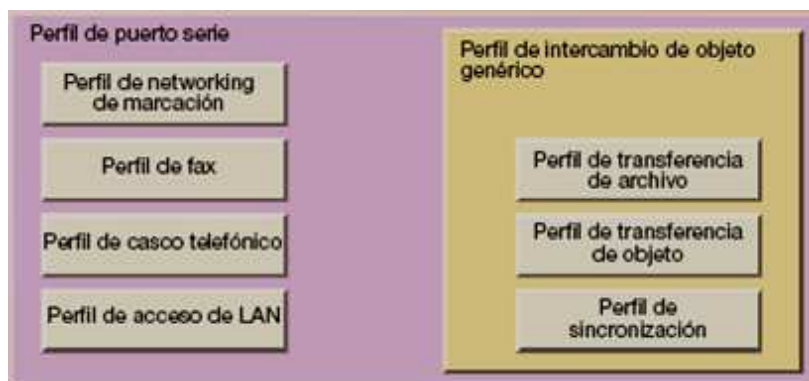


Figura 2.19 Perfil de puerto serial y de intercambio de objeto genérico de la PDA

2.4 COMANDOS AT DEL MÓDULO BLUETOOTH KC-21 ¹⁰

Comandos de Atención es el significado para la abreviatura “AT Command”, las cuales son instrucciones codificadas para la comunicación hombre-máquina. La configuración de los comandos AT en el módulo Bluetooth KC-21, dependen de un sistema de adaptación que se realiza a través de un circuito convertor de niveles RS232 a TTL por medio de un canal de comunicación serial, tal como se indica en la figura 2.20.

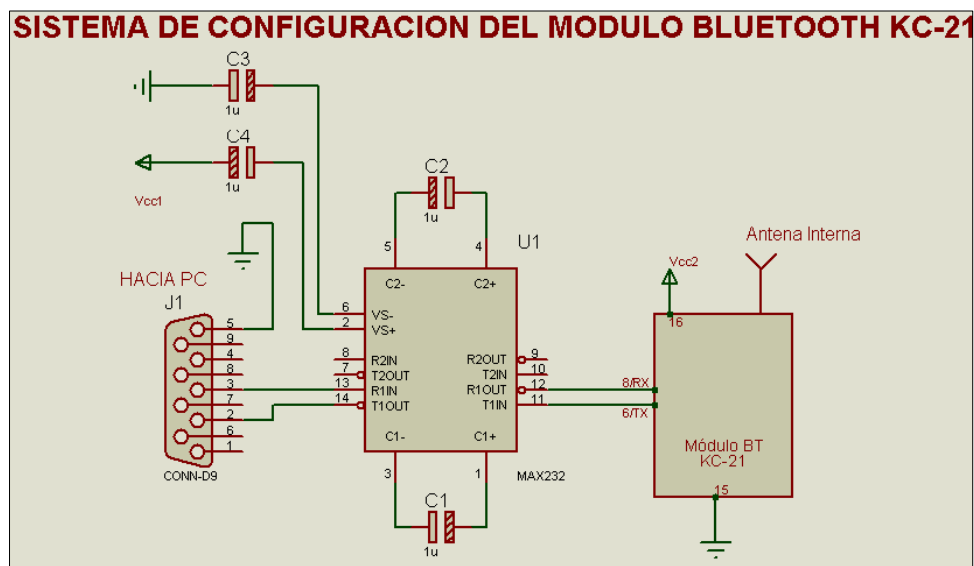


Figura 2.20 Sistema de Configuración del Módulo Bluetooth KC-21

El propósito de la ejecución de los comandos AT, es causar efecto en el modo de funcionamiento del módulo, cuando éste establezca comunicación con otros dispositivos.

Una vez preparado el circuito de configuración del módulo Bluetooth KC-21, es necesario que se ejecuten los comandos AT con la ayuda de una interfaz visual que emule un terminal no inteligente; como por ejemplo, “Hyperterminal” de Windows, el cual permite al usuario apreciar el resultado que se va presentando en la pantalla.

En la figura 2.21 se muestra un diagrama de bloques del sistema de configuración del módulo Bluetooth KC-21.

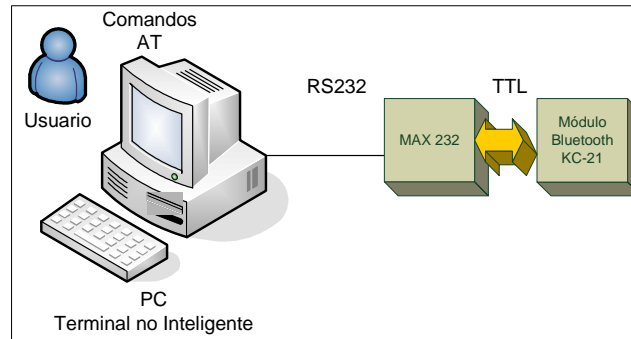


Figura 2.21 Diagrama de Bloques de la configuración del modulo Bluetooth KC-21

En el inicio de la aplicación “Hyperterminal”, se debe configurar un puerto de comunicaciones a una velocidad de transmisión de 115200 bps, ya que es la velocidad que por defecto viene configurada en el módulo KC-21.

Otros parámetros como bits de datos, paridad, bits de parada y control de flujo deben estar en: “8bits”, “Ninguna”, 1 bit y “Ninguno” respectivamente.

En la figura 2.22 se indica la pantalla de configuración de los parámetros iniciales para una comunicación serial con el módulo Bluetooth por medio del “Hyperterminal”.

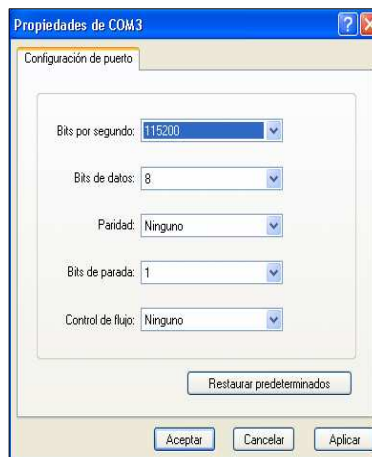


Figura 2.22 Configuración del puerto del Hyperterminal para la conexión con el módulo Bluetooth KC-21

2.4.1 CONFIGURACIÓN DE COMANDOS AT EN EL MÓDULO BLUETOOTH KC-21

Antes de iniciar la sesión de comandos AT con el módulo Bluetooth KC-21, se procede a conectar y activar su respectivo circuito de configuración con una fuente de alimentación de 5V; en ese instante, se puede apreciar en la pantalla un mensaje de inicio que envía el módulo, indicando que se encuentra en un estado activo.

La pantalla de configuración de comandos AT en el módulo KC-21 se muestra en la figura 2.23.

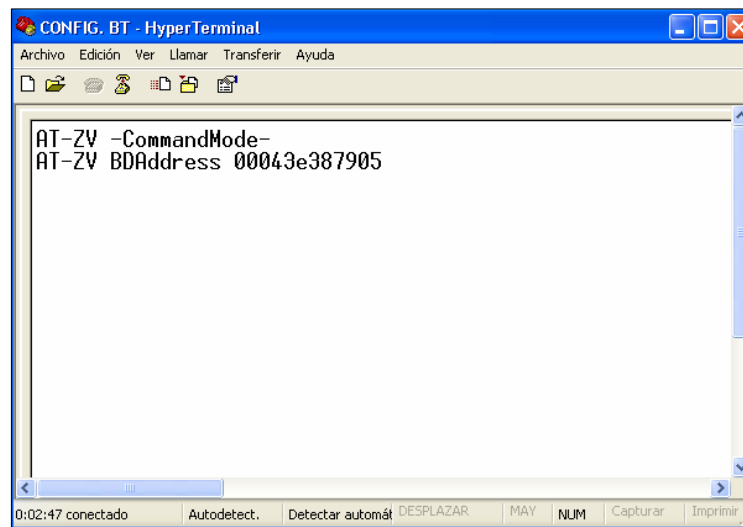


Figura 2.23 Configuración de Comandos AT en el Modulo KC-21

El mensaje corresponde a que el módulo se encuentra en modo de línea de comandos y listo para ser configurado; además, se puede observar su dirección Bluetooth (BDAAddress), la cual consta de 12 caracteres que son únicos para cada dispositivo Bluetooth en el mundo, haciendo una referencia análoga a lo que sucede con las direcciones MAC de las tarjetas de interfaz de red (NIC) de los PCs.

2.4.1.1 Comandos AT+ZV

La lista completa de comandos AT del módulo Bluetooth KC-21 están en el ANEXO 1, los cuales se pueden encontrar también en la página www.kcwirefree.com, pero únicamente en esta sección, explicaremos algunos comandos que no influyen de manera radical en el funcionamiento del módulo. Los comandos son los siguientes:

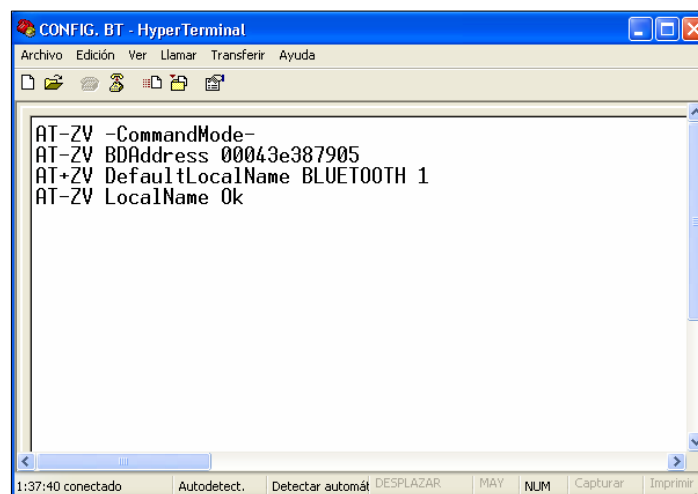
a. DefaultLocalName (Nombre Local de Dispositivo)

Es un comando usado para cambiar el nombre “KCWirefreeDevice” que por defecto muestra el módulo a otros dispositivos en el momento del establecimiento del enlace.

Sintaxis: AT+ZV DefaultLocalName [*nombre*]

Respuesta: AT -ZV LocalName Ok

En la figura 2.24 se muestra el comando DefaultLocalName en la pantalla del Hyperterminal.



```
CONFIG. BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAAddress 00043e387905
AT+ZV DefaultLocalName BLUETOOTH 1
AT-ZV LocalName Ok
1:37:40 conectado Autodetect. Detectar automát DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
```

Figura 2.24 Comando DefaultLocalName

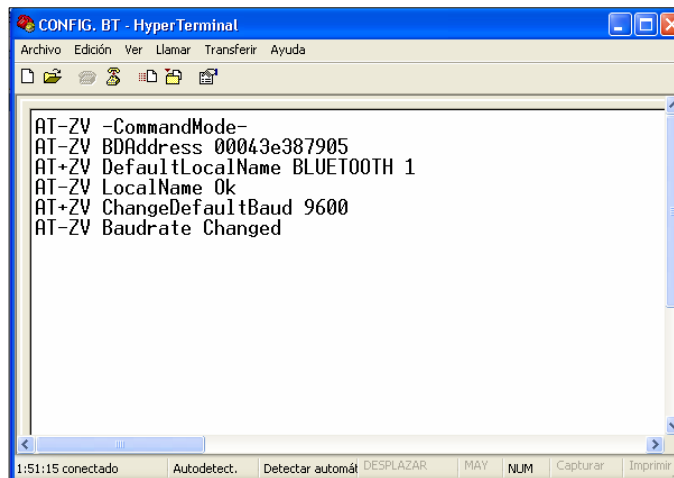
b. ChangeDefaultBaud (Cambio de Velocidad de Transmisión)

Se utiliza para cambiar la velocidad de la comunicación serial entre el PC y el módulo KC-21 que por defecto está en 115200 bps.

Sintaxis: AT+ZV ChangeDefaultBaud [*Velocidad*]

Respuesta: AT-ZV Baudrate Changed

El comando ChangeDefaultBaud en la pantalla del Hyperterminal se indica en la figura 2.25.



```
CONFIG. BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAAddress 00043e387905
AT+ZV DefaultLocalName BLUETOOTH 1
AT-ZV LocalName Ok
AT+ZV ChangeDefaultBaud 9600
AT-ZV Baudrate Changed
1:51:15 conectado Autodetect. Detectar automat. DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir...
```

Figura 2.25 Comando ChangeDefaultBaud

c. Discovery (Descubrimiento de dispositivos)

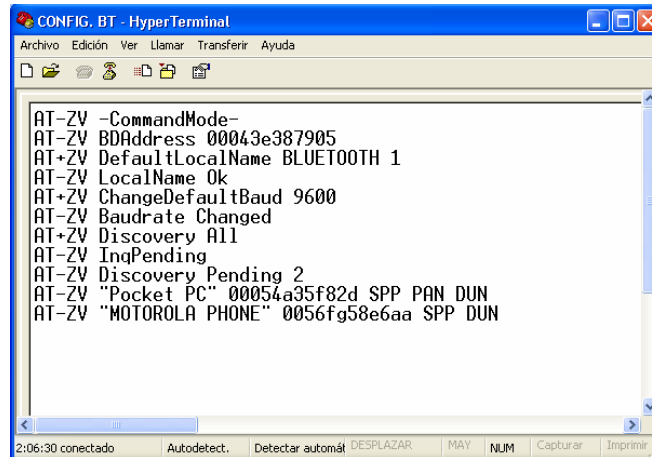
Se usa para descubrir servicios y dispositivos dentro del campo de acción del módulo.

Sintaxis: AT+ZV Discovery All

Respuesta: AT-ZV InqPendig

AT-ZV DiscoveryPending [*número de disp. encontrados*]

Luego de esto, el módulo presenta en pantalla una lista de los dispositivos encontrados, direcciones (BDAddress) y servicios descubiertos, tal como se muestra en la figura 2.26.



```
CONFIG. BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
[Icons]
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAddress 00043e387905
AT+ZV DefaultLocalName BLUETOOTH 1
AT-ZV LocalName Ok
AT+ZV ChangeDefaultBaud 9600
AT-ZV Baudrate Changed
AT+ZV Discovery All
AT-ZV InqPending
AT-ZV Discovery Pending 2
AT-ZV "Pocket PC" 00054a35f82d SPP PAN DUN
AT-ZV "MOTOROLA PHONE" 0056fg58e6aa SPP DUN
2:06:30 conectado Autodetect. Detectar automáticamente DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir...
```

Figura 2.26 Comando Discovery

d. *Bond (Enlace)*

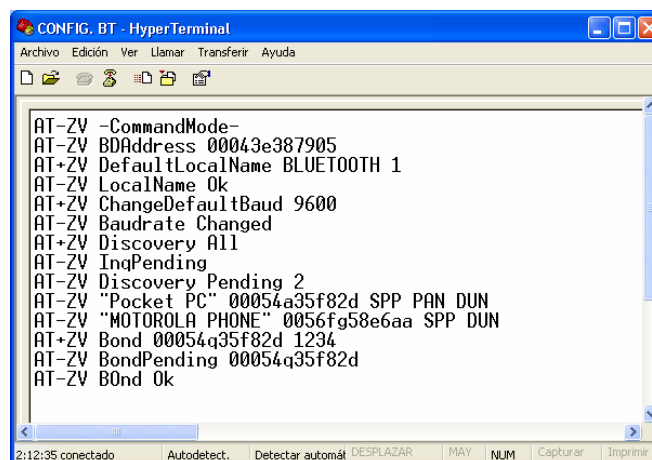
Este comando establece un enlace o emparejamiento entre el módulo Bluetooth KC-21 y otros dispositivos mediante el intercambio de un PIN de identificación.

Sintaxis: **AT+ZV Bond [BDAddress] [PIN]**

Respuesta: **AT-ZV BondPendig [BDAddress]**

AT-ZV Bond Ok

En la figura 2.27 se muestra el comando Bond en la pantalla del Hyperterminal.



```
CONFIG. BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
[Icons]
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAddress 00043e387905
AT+ZV DefaultLocalName BLUETOOTH 1
AT-ZV LocalName Ok
AT+ZV ChangeDefaultBaud 9600
AT-ZV Baudrate Changed
AT+ZV Discovery All
AT-ZV InqPending
AT-ZV Discovery Pending 2
AT-ZV "Pocket PC" 00054a35f82d SPP PAN DUN
AT-ZV "MOTOROLA PHONE" 0056fg58e6aa SPP DUN
AT+ZV Bond 00054a35f82d 1234
AT-ZV BondPendig 00054a35f82d
AT-ZV Bond Ok
2:12:35 conectado Autodetect. Detectar automáticamente DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir...
```

Figura 2.27 Comando Bond

En el proceso de BondPending o enlace pendiente, un dispositivo invitado (Ej. Una PDA), recibe un mensaje desde el módulo maestro para que le devuelva el número de identificación personal (PIN) y así poder emparejarse y crear un canal de comunicaciones entre ellos; en caso de que éste PIN no sea devuelto o se escriba de forma incorrecta, el módulo que inició el emparejamiento desconectará de todo enlace al otro dispositivo Bluetooth.

e. SPPConnect(Conexión de puerto serial)

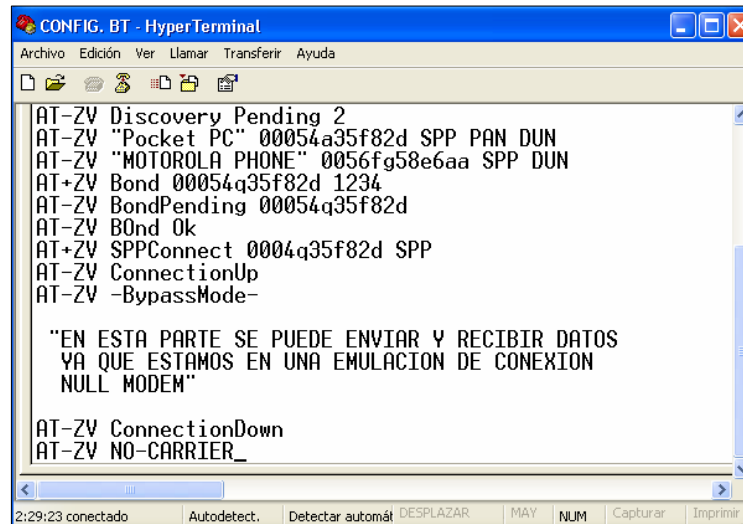
Es el comando de enlace entre el módulo Bluetooth KC-21 y otros dispositivos mediante el servicio de puerto serial.

Sintaxis: AT+ZV SPPConnect [BDAddress] [Service]

Respuesta: AT-ZV ConnectionUp

AT-ZV -BypassMode-

El comando SPPConnect desplegado en la pantalla del Hyperterminal se indica en la figura 2.28.



```
CONFIG. BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT-ZV Discovery Pending 2
AT-ZV "Pocket PC" 00054a35f82d SPP PAN DUN
AT-ZV "MOTOROLA PHONE" 0056fg58e6aa SPP DUN
AT+ZV Bond 00054q35f82d 1234
AT-ZV BondPending 00054q35f82d
AT-ZV B0nd Ok
AT+ZV SPPConnect 0004q35f82d SPP
AT-ZV ConnectionUp
AT-ZV -BypassMode-

"EN ESTA PARTE SE PUEDE ENVIAR Y RECIBIR DATOS
YA QUE ESTAMOS EN UNA EMULACION DE CONEXION
NULL MODEM"

AT-ZV ConnectionDown
AT-ZV NO-CARRIER_

2:29:23 conectado Autodetect. Detectar automát DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
```

Figura 2.28 Comando SPPConnect

En el momento que se ha establecido la conexión, entramos en modo Bypass, en donde podemos enviar y recibir datos, desde y hacia los diferentes dispositivos Bluetooth.

2.5 CIRCUITO DISEÑADO PARA EL PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA “SMEE”

En la Figura 2.29, se muestra el diagrama que constituye el “SMEE” con todos sus bloques constitutivos, indicando también el enlace del mismo con la PDA y a su vez con el usuario.

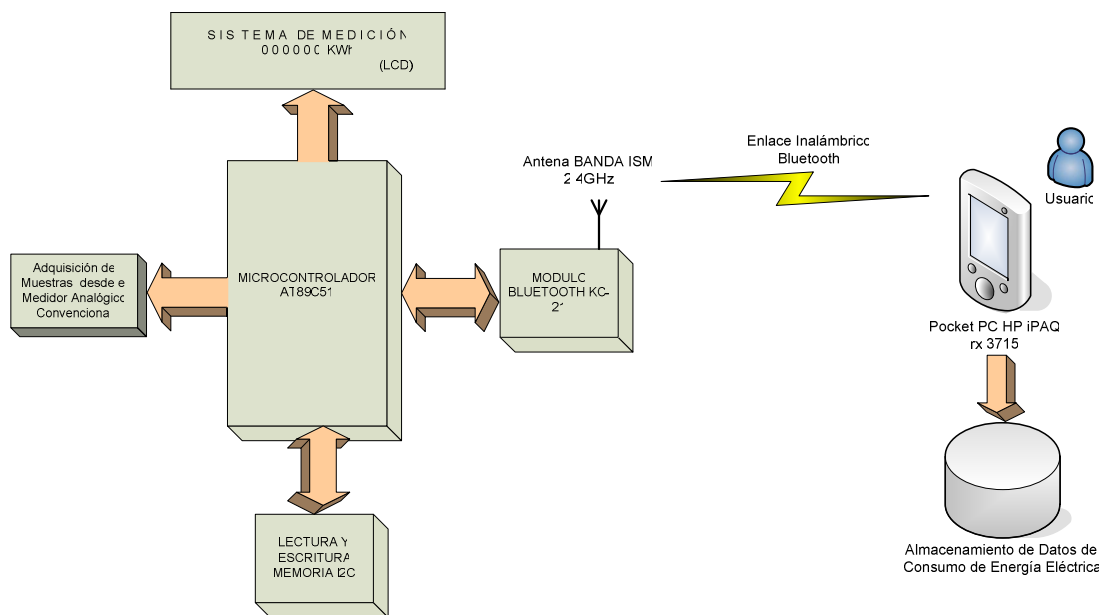


Figura 2.29 Diagrama de Bloques del SMEE

Dentro del prototipo de adquisición de datos, el microcontrolador AT89C51 es el eje central del manejo de los periféricos que constituyen el circuito, ya que éste sensa pulsos provenientes de un fototransistor, el cual presenta un voltaje

negativo al saber que se obtuvo una vuelta completa del disco principal del medidor analógico convencional.

La vuelta completa del disco se detecta, ya que hay una muesca ó pequeña ranura que deja pasar la luz entre el emisor y receptor del fototransistor.

Una vez detectadas las vueltas del disco principal del medidor, se van incrementando los registros del microcontrolador, lo cuales funcionan como contadores del consumo de energía eléctrica. Cada vez que se realiza este proceso de conteo, el microcontrolador está alerta sobre la presencia de una bandera de recepción de datos por el pòrtico serial; en dicho momento, se activa la interrupción respectiva para crear un canal de comunicaciones entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth KC-21, sin dejar de lado el conteo del consumo de energía eléctrica.

Cuando se establece el canal de comunicación, el microcontrolador esperará una secuencia predeterminada “*L”, para poder enviar hacia la PDA el dato del consumo de energía eléctrica almacenado, caso contrario, el microcontrolador no realizará ninguna acción de envió de datos; de esta forma, no hay manera alguna de que otro dispositivo Bluetooth que no tenga la aplicación que posee la PDA, pida la lectura del consumo al prototipo.

En la figura 2.30, se puede apreciar la placa del circuito que constituye el “SMEE” con todos los elementos de hardware descritos anteriormente, hay que tener en cuenta que el circuito esquemático y el ruteado de la placa (PCB) fueron realizados en el programa PROTEL DXP.

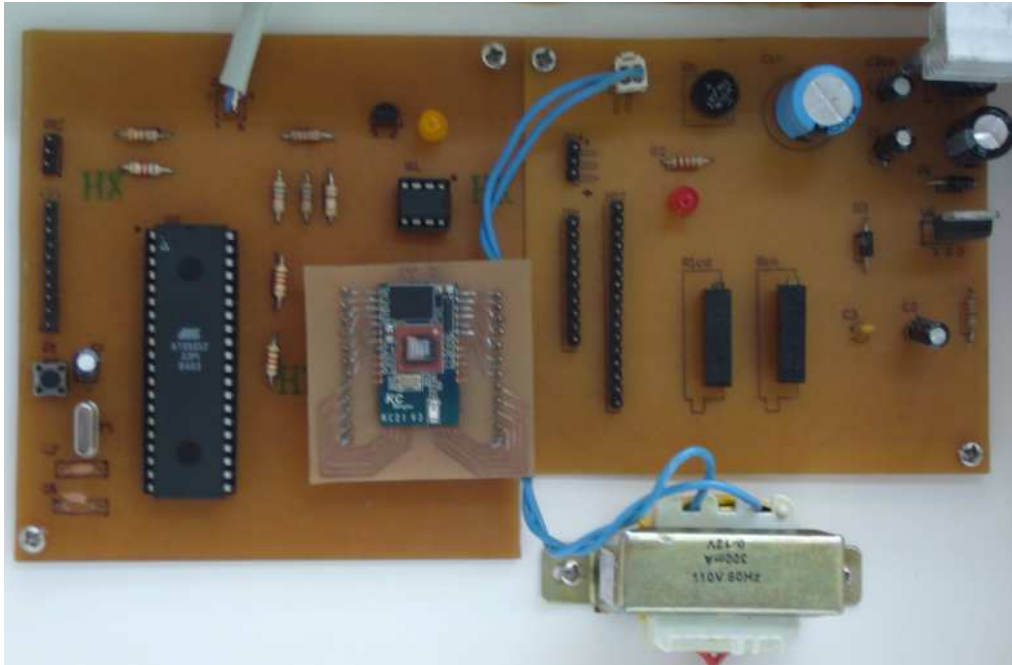


Figura 2.30 Hardware constitutivo del “SMEE”

A continuación se muestra en la figura 2.31 (a y b) y 2.32 (a y b), los planos de los circuitos (esquemático y PCB respectivamente) utilizados para la elaboración de la placa de nuestro Prototipo.

Es importante acotar que el diseño de nuestro Prototipo fue realizado en dos partes; una parte donde se encuentran la alimentación del circuito y otra donde se localiza el almacenamiento, envío y recepción de datos. Estas dos partes o componentes van unidos con buses de datos y presentamos a continuación.

A cada uno de los esquemáticos mostrados anteriormente, le corresponde un ruteado, los cuales se presentan a continuación en las figuras 2.32 a y b.

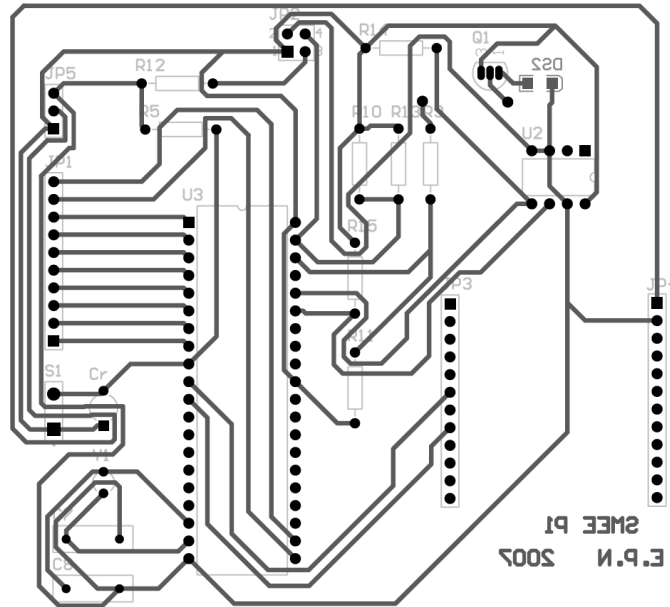


Figura 2.32 (a) Ruteado del SMEE (PBC 1)

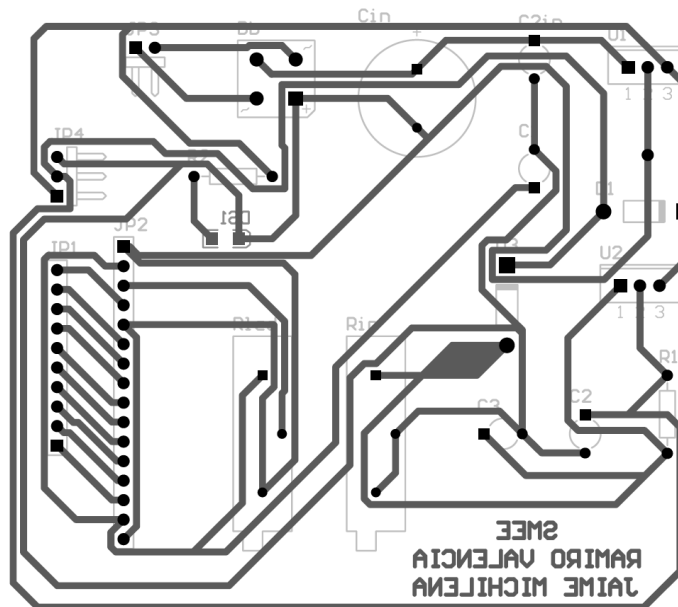


Figura 2.32 (b) Ruteado del SMEE (PBC 2)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA INTERFAZ DE USUARIO PARA LA PDA Y PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

3.1 INTRODUCCIÓN

En el creciente mercado de los PDAs (*Personal Digital Assistant*), se requieren cada vez más aplicaciones que cubran las necesidades de los usuarios de este tipo de tecnología. En este Proyecto se contempla el diseño y puesta en marcha de una aplicación para Pocket PC, que tomará las mediciones del consumo de energía eléctrica, desde un prototipo conectado a un medidor analógico convencional.

3.2 DISEÑO DEL PROGRAMA UTILIZADO EN LA PDA

El propósito esencial del prototipo de adquisición de datos "SMEE", es obtener la información del consumo de energía eléctrica por medio de un enlace Bluetooth establecido entre el prototipo y la PDA. Partiendo de este principio, el programa permite manejar el hardware descrito en el capítulo anterior.

3.2.1 PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN PARA EL DISEÑO DEL PROGRAMA UTILIZADO EN LA PDA

Para el desarrollo de la aplicación, hay que tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- La aplicación debe estar en capacidad de comunicarse mediante un enlace Bluetooth con un prototipo a la vez.

- El programa debe enviar una secuencia predeterminada de caracteres para poder recibir los datos del consumo de energía eléctrica desde el prototipo.
- Otro parámetro en consideración es la seguridad que ofrece el “SMEE”, la cual, evita que otro dispositivo que no tenga dicha aplicación, pueda obtener la lectura del consumo.

Tomando en consideración estos parámetros, es necesario indicar la secuencia de extracción de datos que envía la PDA hacia cada prototipo.

3.2.2 SECUENCIA DE EXTRACCIÓN DE DATOS

En la tabla 3.1 se muestra la sucesión de caracteres para la extracción de datos del “SMEE”

SECUENCIA	SIGNIFICADO	DESCRIPCION
*L	Lectura	Esa secuencia permite extraer el dato del consumo de energía eléctrica almacenada en cada prototipo por medio de un enlace Bluetooth creado entre la PDA y Prototipo de adquisición de datos.

Tabla 3.1 Secuencia de caracteres para extracción de datos del SMEE

Esta secuencia debe ser enviada en el mismo orden y con letra mayúscula para que el prototipo diseñado pueda estar alerta sobre el pedido de extracción de datos.

3.2.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ¹

En la figura 3.1 se indica el logotipo del lenguaje de programación utilizado para la realización de la interfaz de usuario, el Microsoft eMbedded Visual Basic 3.0



Figura 3.1 Logotipo del eMbedded Visual Basic 3.0

Para esta tarea se emplea el eMbedded Visual Tools 3.0, que es un conjunto de paquetes de desarrollo de servicios (*SDKs, Services Development Kits*) para SmartPhone y PocketPC que incluyen eMbedded Visual Basic 3.0 (eVB 3.0) y eMbedded Visual C++ 3.0 (eVC 3.0) compatibles con Windows CE.

Microsoft eMbedded Visual Tools 3.0, provee un ambiente de desarrollo para escribir aplicaciones móviles, que incluye compiladores y cuenta con la capacidad de depuración de programas.

Estas herramientas cuentan con respectivos ambientes de desarrollo, y para correr no requieren de otro ambiente de desarrollo adicional, tal como el Microsoft Visual Studio o Visual Studio .NET.

En la actualidad eMbedded Visual Tools 3.0 ha sido reemplazado por la tecnología .NET de Microsoft y sus herramientas y lenguajes relacionados.

La ventaja que presenta eMbedded Visual Tools 3.0 es que se puede descargar en forma gratuita directamente del sitio de Microsoft, mientras que .NET requiere el pago de las licencias correspondientes

La dirección para descargar el archivo de instalación (evt2002web_min.exe) de eMbedded Visual Tools 3.0 es:

<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=f663bf48-31ee-4cbe-aac5-0affd5fb27dd&displaylang=en> ²

Una ventaja por la cual escogimos realizar la interfaz de usuario con esta herramienta, es porque presenta cierta compatibilidad con la versión de Visual Basic 6.0, la cual es familiar para nosotros por su uso en los diferentes laboratorios en nuestra carrera.

En diferentes foros o documentación encontrada acerca de esta herramienta de desarrollo, se dice que el eMbedded Visual Basic 3.0 parece una versión aumentada de “Visual Basic for Applications” o una versión disminuida de “Visual Basic 6.0” y anteriores.

3.2.3.1 Instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ³

La instalación se realiza de la forma usual en la PC. Cuando se solicite ingresar una clave de registro, se escribe:

TRT7H-KD36T-FRH8D-6QH8P-VFJHQ.

Tal vez parece que se esta divulgando un número de serie ilegal; pero ésta es la clave pública proporcionada por Microsoft, tal como se puede notar en el sitio de descarga de la aplicación y se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2 Ventana de instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ⁴

Al elegir las herramientas que se instalarán, elige “eMbedded Visual Tools 3.0” y “Microsoft Windows SDK for Pocket PC 2002”, ya que es una PocketPC la que se va a programar.

La elección de estos parámetros se puede visualizar en la figura 3.3

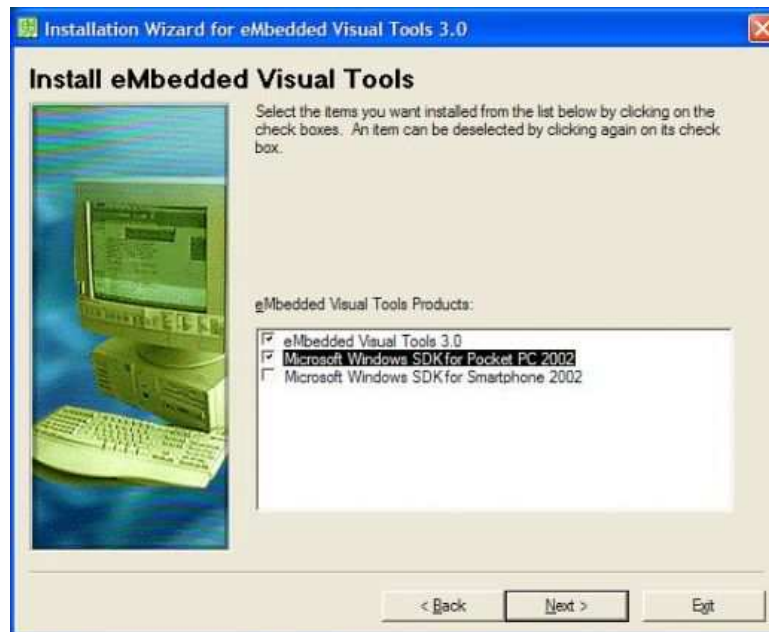


Figura 3.3 Ventana de instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ⁵

Luego se escoge la ruta o ubicación de la carpeta donde se instalan los archivos comunes, tal como se indica en la figura 3.4



Figura 3.4 Ventana de instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ⁶

Al llegar a la decisión de los lenguajes que se instalarán, se debe asegurar que esté marcado eMbedded Visual Basic 3.0, ya que es el lenguaje que usaremos para esta aplicación, como se indica en la figura 3.5.

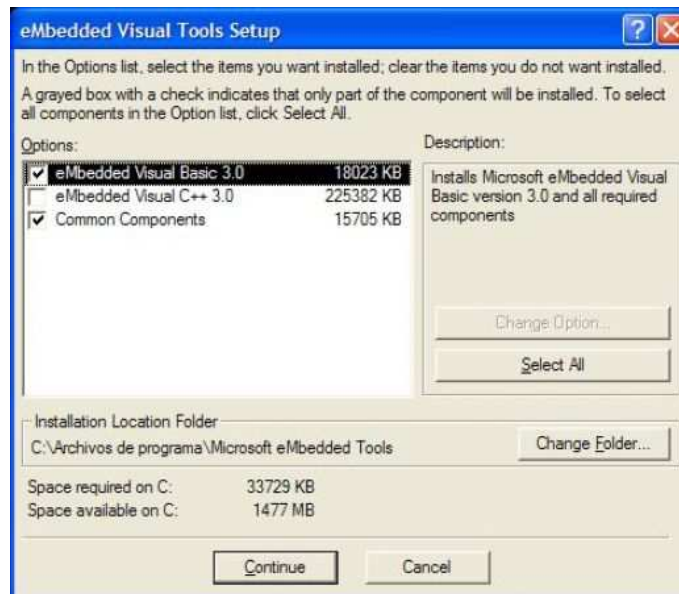


Figura 3.5 Ventana de instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ⁷

Al terminar la instalación, se abre el asistente de instalación del SDK para Pocket PC 2002. Elegimos la instalación personalizada y marcamos eMbedded Visual Basic (eVB). Además, en los componentes comunes, nos aseguramos de incluir el componente ActiveSync, tal como se muestra en la figura 3.6.

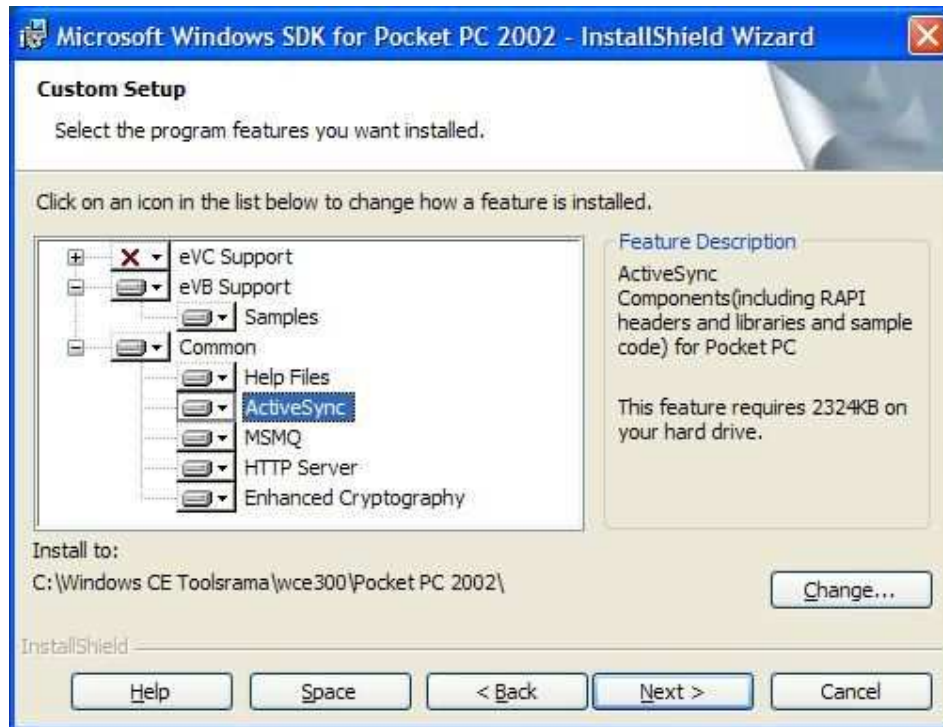


Figura 3.6 Ventana de instalación del eMbedded Visual Basic 3.0 ⁸

La PC ya sea de escritorio o portátil, debe tener instalado Microsoft ActiveSync para poder realizar la sincronización de información entre la PC y la Pocket PC.

3.2.3.2 Creación de aplicaciones en eVB 3.0

Antes de desarrollar una aplicación para PDAs, debemos tener muy en cuenta las limitaciones de visualización de pantalla de estos aparatos. No es posible desarrollar nuestras aplicaciones con Visual Basic 6.0 para después pasarlo a eVB 3.0, debido a que existe incompatibilidad en la extensión de los archivos ejecutables.

Hay dos formas principales de diseño de formularios a la hora de trabajar con PDAs:

- 1.- Navegación entre formularios
- 2.- Uso de pestañas (tabStrip)

Al momento de empezar eVB 3.0, aparece una pantalla como muestra la figura 3.7, en la cual se escoge Windows CE para Pocket PC 2002, lo cual nos permite realizar una aplicación embebida para nuestra PDA.

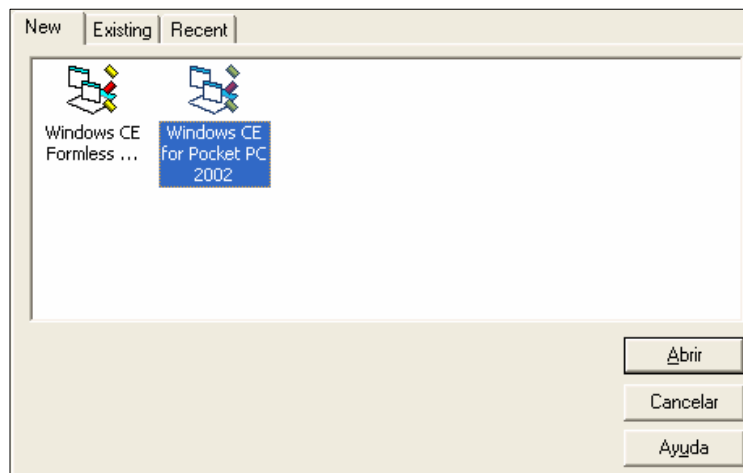


Figura 3.7 Ventana para escoger Windows CE para Pocket PC del eMbedded Visual Basic 3.0

Luego de esto, aparece una pantalla para la creación de formularios, módulos, entre otros, la cual es idéntica a la pantalla de inicio de VB 6.0.

En esta parte se procede a implementar los formularios que son vistos en la pantalla de la PDA y a su vez también escribiremos el código necesario para que la aplicación se ejecute de la manera prevista.

En la figura 3.8. se indica la ventana de creación de formularios en eVB 3.0.

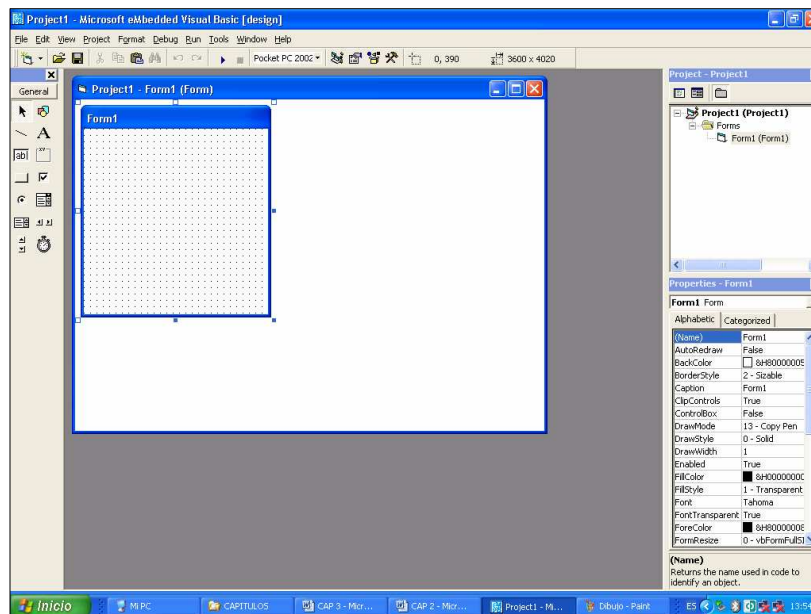


Figura 3.8 Ventana para la creación de formularios en eMbedded Visual Basic

Para nuestro Proyecto, realizamos una aplicación en eVB 3.0 por medio de navegación entre formularios, cuyo código fuente se encuentra en el ANEXO 4.

3.2.3.3 Descripción de la interfaz de usuario del “SMEE”

El desarrollo de la aplicación para la PDA, consta de formularios, los cuales tienen la capacidad de comunicarse con el prototipo a través del enlace activo de Bluetooth.

A continuación se indica cada una de las pantallas o formularios implícitos en el Proyecto.

a. Formulario de ingreso “FRMINGRESO”

En esta parte se presenta un cuadro de Texto, en el cual debemos ingresar la contraseña “SMEE”, en letras mayúsculas, para poder acceder al contenido del programa.

En la figura 3.9 se indica la pantalla que muestra el formulario de ingreso a la interfaz de usuario programada en el eVB 3.0 y en la PDA

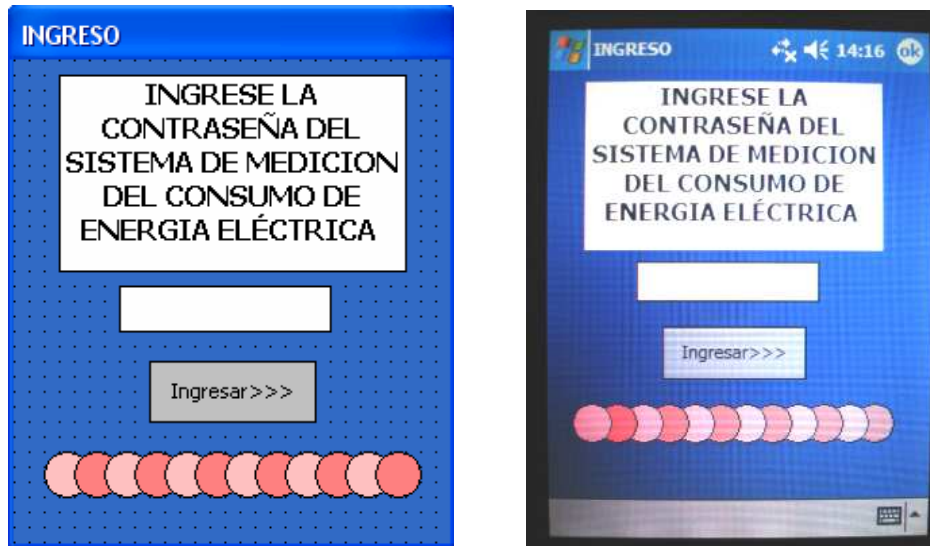


Figura 3.9 Pantalla FrmIngreso en eVB 3.0 y en la PDA

b. Formulario Carátula “FRMCARATULA”

Luego de validar la contraseña, la aplicación abre un formulario de carátula, donde está la presentación del Proyecto y un Command Button para acceder a la siguiente pantalla, la cual se muestra en la figura 3.10.

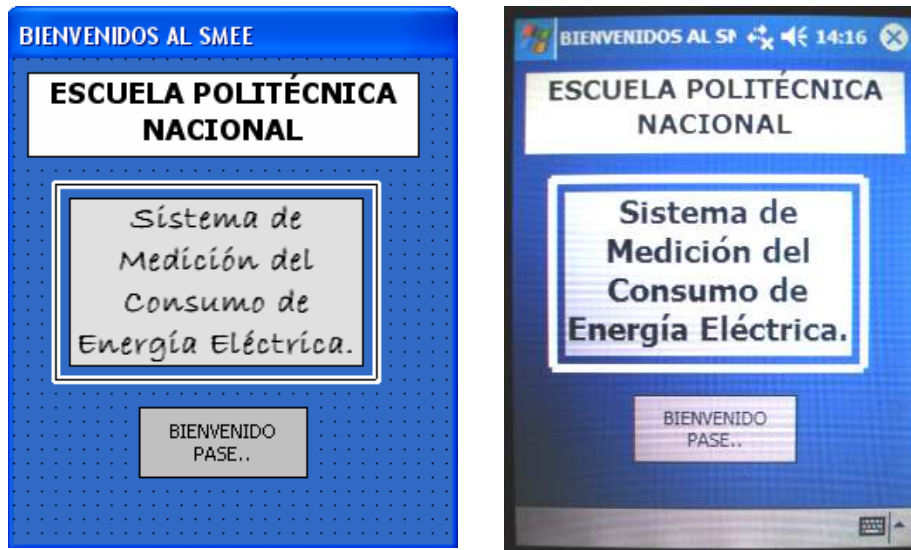


Figura 3.10 Pantalla FrmCaratula en eVB 3.0 y en la PDA

c. Formulario Autores “FRMTOUR”

Este formulario contiene los nombres de los autores del Proyecto y un timer que hace que la aplicación pase al siguiente formulario después de un tiempo de espera, tal como se indica en la figura 3.11.



Figura 3.11 Pantalla FrmTour en eVB 3.0 y en la PDA

d. Formulario Adquisición de Datos “FRMADQUISICIÓN”

Esta pantalla presenta el formulario principal de todo el Proyecto, en la que se realiza la comunicación con los diferentes prototipos y en donde se almacena el dato del consumo de energía eléctrica.

En la figura 3.12. se ilustra el formulario principal de adquisición de datos.

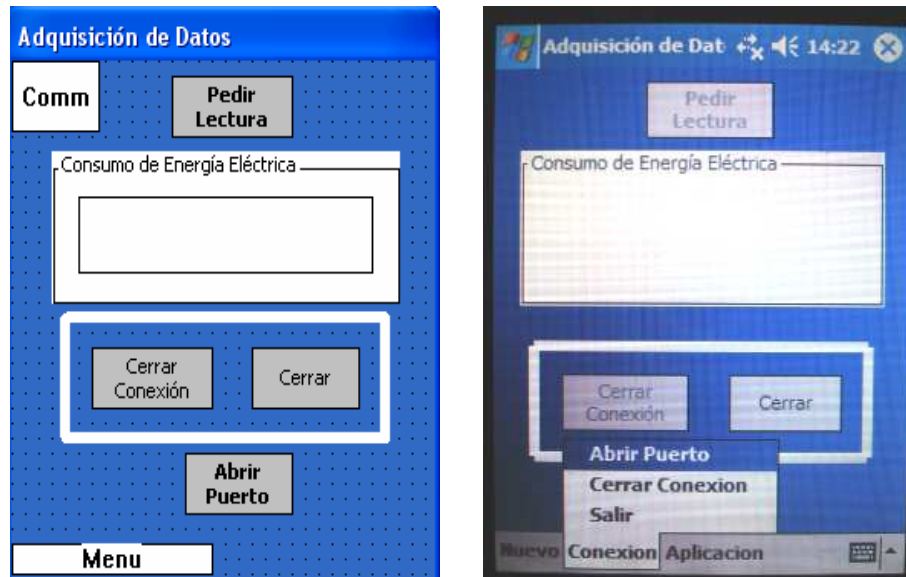


Figura 3.12 Pantalla FrmAdquisición en eVB 3.0 y en la PDA

Debido a que este formulario es importante dentro de la aplicación, es conveniente explicar los componentes principales y la función que cumplen dentro del mismo.

El formulario de adquisición de datos contiene entre otros componentes:

- **Comm** (Componente de comunicaciones).
- Un **Label** (Para mostrar la medida de las revoluciones del consumo de energía eléctrica).
- Tres **Command Button** (Para abrir conexión, pedir lectura y cerrar el programa).
- Un **MenuBar** (Para la realización de un Menú con 2 opciones).
- Además tenemos como referencia un **ADOCE Recorset 3.1**, para poder realizar una base de datos donde será almacenada la información del consumo de energía eléctrica de cada uno de los diferentes prototipos.

Una vez que ubicamos dichos componentes en el formulario, se procede a programar cada uno de estos componentes, para que cumplan una función

específica dentro del Proyecto que se detalla en los comentarios de la aplicación para la PDA en el ANEXO 5.

3.2.4 FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA LA PDA.

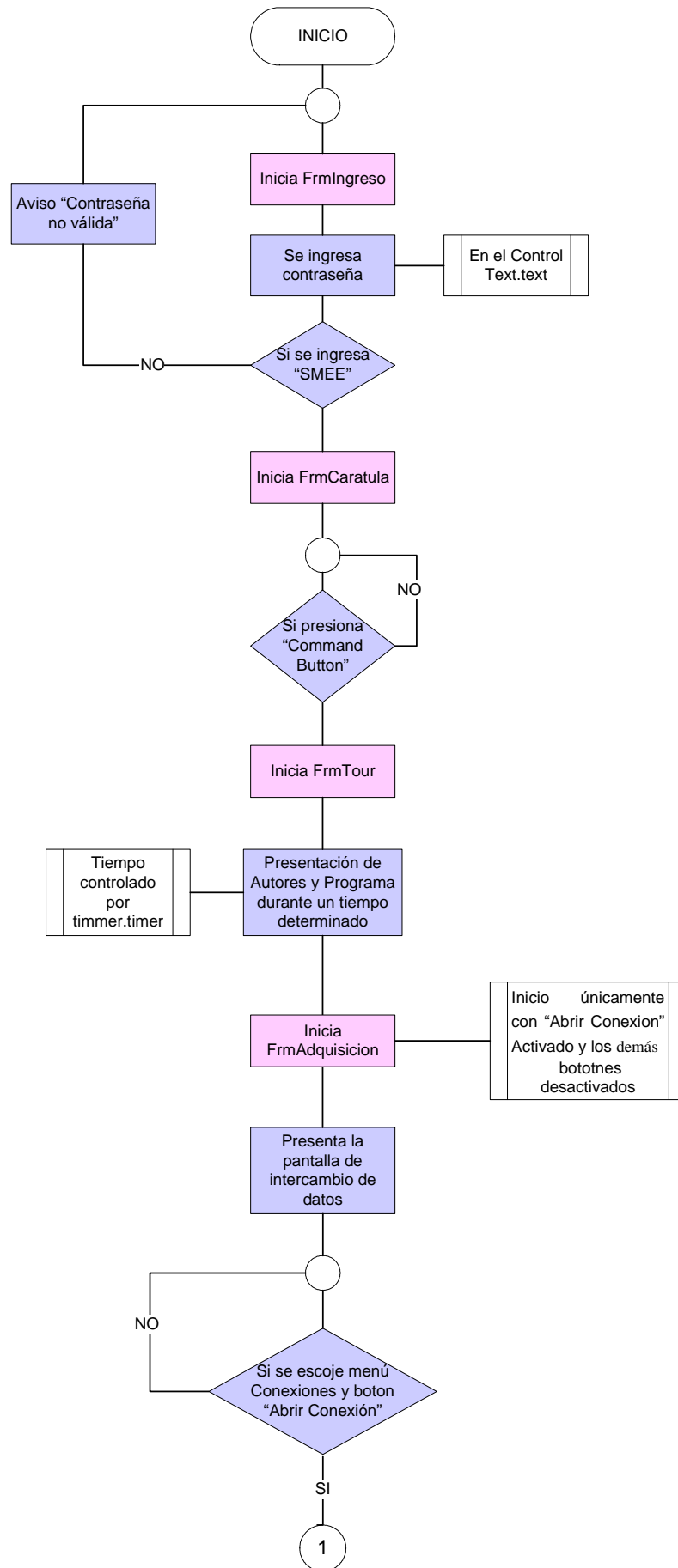
Una vez configurado el Prototipo, el “SMEE” empieza a trabajar en un estado de monitoreo para sensar los prototipos que se encuentran en el rango de acción del enlace Bluetooth, proceso que se mantiene hasta llegar a entablar un enlace con un máximo de 8 dispositivos, los cuales se muestran en la pantalla de la PDA, según el orden de aparición de cada modelo.

Cuando uno de los prototipos se ha comunicado con la PDA; la aplicación envía la secuencia de caracteres explicada anteriormente, para que a su vez el prototipo la lea y envíe dos tipos de datos:

1. Nombre del módulo (número de suministro del medidor convencional y equivalencia de revoluciones a KWh).
2. La medición de consumo de energía eléctrica (como número de revoluciones), que en ese instante se encuentren guardados en la memoria del microcontrolador.

Estos datos se envían en forma serial al módulo Bluetooth KC-21, el mismo que mediante el enlace Bluetooth ya establecido envía estos valores al programa desarrollado en la PDA, el cual los guarda en una base de datos.

Todo este proceso se encuentra descrito en el diagrama de flujo de cada uno de los formularios del programa, los que se aprecian en la figura 3.13.



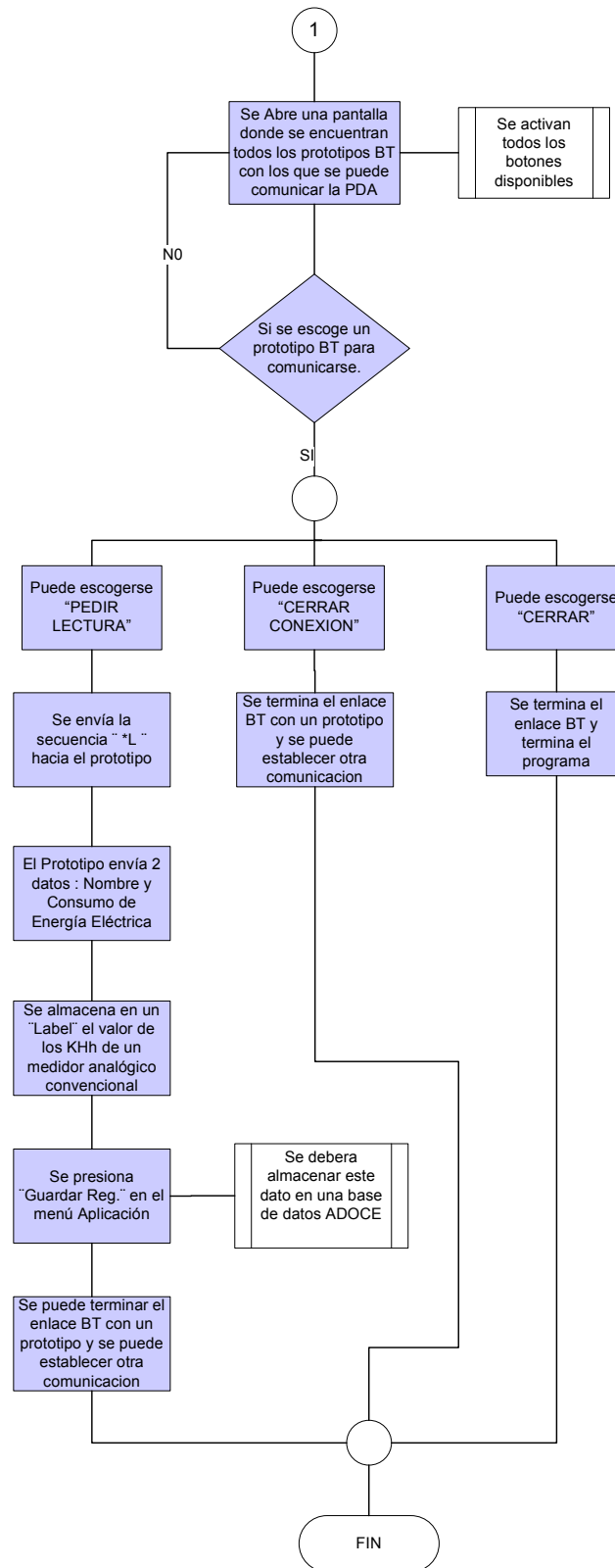


Figura 3.13 Diagrama de Flujo del programa para PDAs desarrollado en eMbedded Visual Basic 3.0

3.3 PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR

El propósito general del prototipo controlado por el AT89C51, es sensor pulsos provenientes de un fototransistor para generar un sistema de conteo, el cual es almacenado en los registros y enviado a la PDA en el momento que se indique una extracción de datos.

3.3.1 PARÁMETROS DE CONSIDERACIÓN PARA EL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

Para implementar el software del sistema controlado por un AT89C51, hay que tomar en cuenta varios aspectos, ente ellos:

- Primero el sistema debe tener la capacidad de comunicarse mediante un enlace Bluetooth con una PDA que posea la aplicación antes descrita.
- El Prototipo debe sensor pulsos provenientes de un fototransistor, el cual detecta un nivel bajo de voltaje (0L), debido al paso de una muesca en el disco del medidor analógico.
- El Prototipo debe realizar un conteo de estos pulsos y generar un contador de las revoluciones obtenidas.
- El Prototipo debe estar dispuesto a recibir la secuencia de extracción de datos válida para poder decodificar la lectura del consumo de energía eléctrica y enviarla a la PDA a través del modulo Bluetooth KC-21.
- El Prototipo, debe ser capaz de enviar los datos del consumo en cualquier momento y circunstancia, sin dejar de lado el conteo de las revoluciones que el medidor genera a través del fototransistor.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se indican a continuación los registros del microcontrolador utilizados en el programa y su función específica dentro del mismo.

3.3.2 REGISTROS UTILIZADOS EN EL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

Para la realización del programa es necesario establecer localidades dentro del microcontrolador, las cuales guardan el dato del consumo de energía eléctrica (número en revoluciones del disco principal del medidor). Además, se predefine el puerto del microcontrolador AT89C51 que controla los periféricos para monitorear y sensor el consumo de energía eléctrica.

3.3.2.1 Registro de revoluciones

Dentro del programa para el microcontrolador usamos una combinación de registros para poder realizar el conteo de las revoluciones que se podrán ver en un LCD, tal como se indica en la tabla 3.2

Registro	Banco	Uso
R5	Banco 0	Conteo de Revoluciones
R6	Banco 0	Conteo de Revoluciones
R7	Banco 0	Conteo de Revoluciones

Tabla 3.2 Disposición de los registros para conteo de revoluciones

El Prototipo está diseñado para contar un máximo de 999999 revoluciones. En la figura 3.14 se aprecia, cual es la parte de las revoluciones que cada uno de los registros controla.

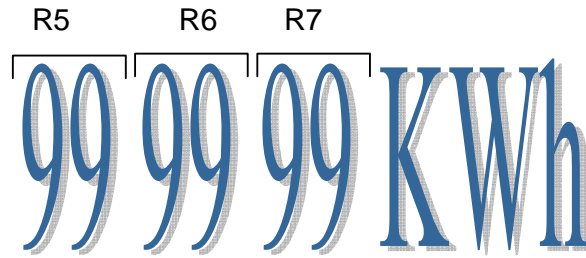


Figura 3.14 Revoluciones máximas controladas por los registros del microcontrolador.

3.3.2.2 Secuencia de envío y recepción de datos.

Por medio de la interrupción del pòrtico serial del microcontrolador, se realiza la secuencia de envío y recepción de datos, con el fin de almacenar, comparar y ejecutar las instrucciones deseadas en el momento de la interrupción.

El siguiente código, es el encargado de controlar la recepción de la secuencia de extracción de datos del consumo de energía eléctrica.

```

.*****
;
;INTERRUPCIÓN DEL PÓRTICO SERIAL
.*****
;
RECIBE:      PUSH ACC
             JB   TI,SI_PEDIR
             CLR  RI
             MOV  A,SBUF
             CJNE A,#2AH,TRAMA1
             SETB 20H.0           ;BANDERA DE "*"
             SETB P0.2

TRAMA1:     JB   20H.0,PEDIR
             LJMP NO_PEDIR

PEDIR:      CJNE A,#4CH,NO_PEDIR
             SETB P0.1
             CLR  20H.0

```

```
NO_PEDIR:    SETB 20H.1          ;BANDERA DE "L"
              POP  ACC
              LJMP PORTA
SI_PEDIR:    POP  ACC
              CLR  20H.0
              CLR  20H.1
PORTA:       RET
```

Esta subrutina prevee la recepción de las secuencias predeterminadas (“*L”) y excluye a otra subrutina la parte de transmisión de datos.

3.3.3 LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN PARA EL MICROCONTROLADOR

Para la realización del programa, se eligió el lenguaje **ASSEMBLER** de los microcontroladores de la familia MSC-51/52, por ser un lenguaje de bajo nivel que permite interactuar de mejor manera con los componentes del microcontrolador, también es llamado lenguaje de máquina, debido a que el microcontrolador trabaja con una secuencia de señales digitales para efectuar la operación que se desea.

Por medio de instrucciones y secuencias de señales concretas, se realiza una determinada operación; como por ejemplo, efectuar la comunicación serial y la temporización entre el microcontrolador y el módulo Bluetooth KC-21.

El set de instrucciones de un microprocesador, es el conjunto de entradas binarias que producen acciones definidas durante un ciclo de instrucción. Un set de instrucciones es para el microprocesador lo mismo que una tabla de verdad es para una compuerta lógica, un registro de desplazamiento o un circuito sumador.

Por supuesto, las acciones que realiza un microprocesador con cada instrucción, son más complejas que las que realizan los dispositivos y elementos pasivos que conforman el circuito del prototipo.

Para la realización de un programa en lenguaje ASSEMBLER se deben realizar los siguientes pasos generales:

1. Definir los campos y constantes del programa del microcontrolador.

Damos a los campos y constantes un nombre y un contenido inicial, siempre que se necesite tomar su contenido, debemos recordar solo el nombre de dicho campo o constante.

2. Codificar la rutina del programa del microcontrolador.

Usando los códigos nemotécnicos construimos las instrucciones. Siempre que tengamos que saltar a otra instrucción, definiremos delante una etiqueta, así, no hay que considerar cual es la dirección a la que se quiere saltar.

Luego de realizar estos pasos, obtenemos un programa codificado en un lenguaje ensamblador, a lo que llamamos programa fuente. Luego de pasar el lenguaje fuente por un compilador, obtenemos un lenguaje de máquina o hexadecimal.

3.3.3.1 Intérpretes y Ensambladores

Un intérprete, es un software encargado de leer una a una, todas las instrucciones o mnemónicos de un programa, pasándolas al código de máquina y de esa manera las proporciona al microprocesador para que las ejecute.

Los ENSAMBLADORES o COMPILADORES que leen las instrucciones, las colocan una detrás de otra en lenguaje de máquina, calculan las direcciones relativas de cada campo o etiqueta y dan como resultado un programa que se llama código hexadecimal, con lo cual tenemos un programa listo para ser ejecutado.

3.3.3.2 Ejecución del Programa

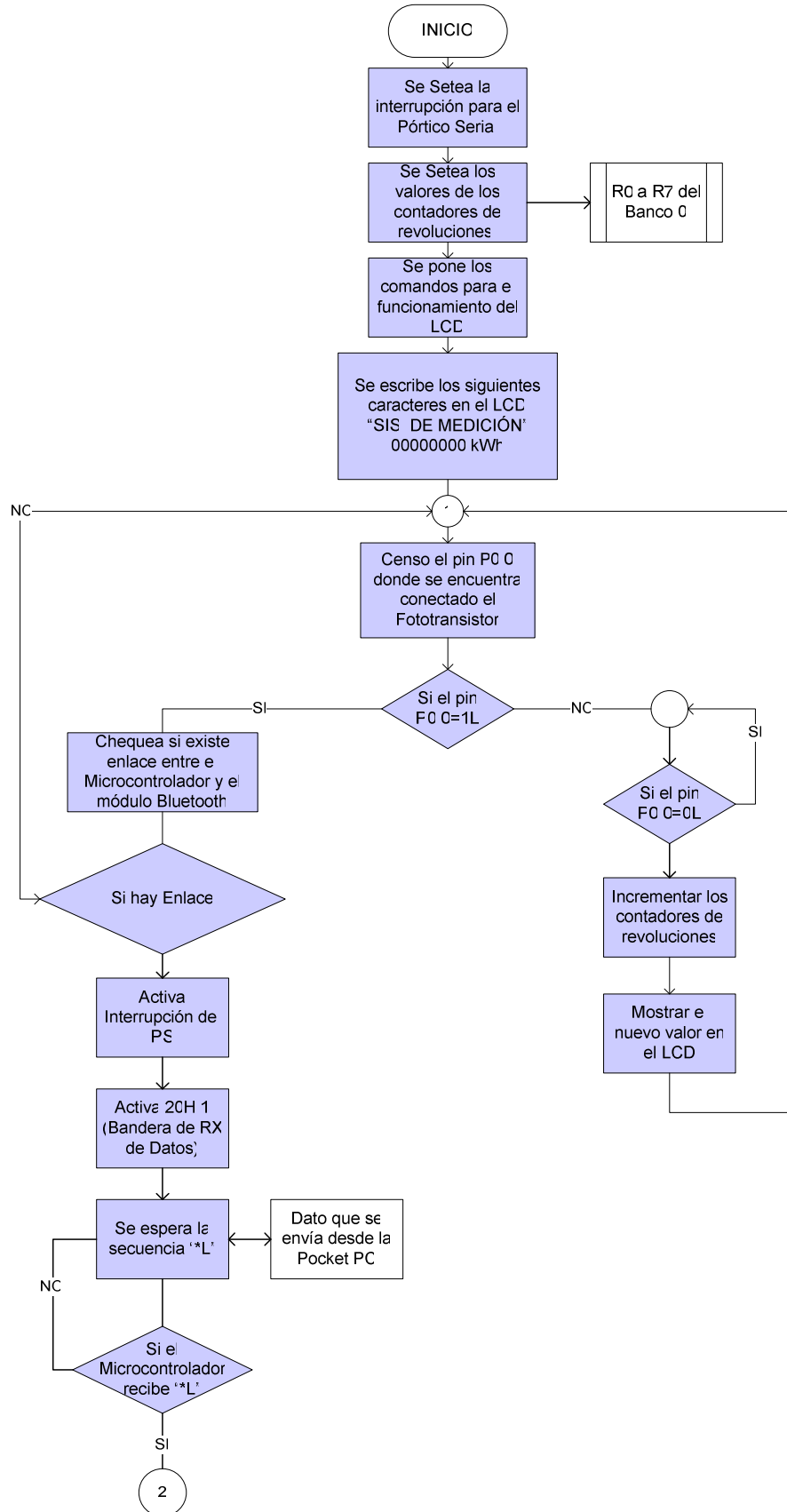
El programa final en código de máquina lo ejecuta el microprocesador directamente según los siguientes pasos:

- a. Lee instrucción
- b. Incrementa puntero a la siguiente instrucción
- c. Ejecuta instrucción

3.3.4 FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PARA EL MICROCONTROLADOR.

El Prototipo funciona una vez que se conectan correctamente todos los elementos constitutivos del hardware, posteriormente se procede a encender el sistema por medio de la aplicación desarrollada para la PDA, la cual hace de intermediaria para el enlace Bluetooth entre ésta y el módulo KC-21, que a su vez tiene una comunicación serial con el microcontrolador.

Todo el proceso se encuentra descrito en el diagrama de flujo de la figura 3.15.



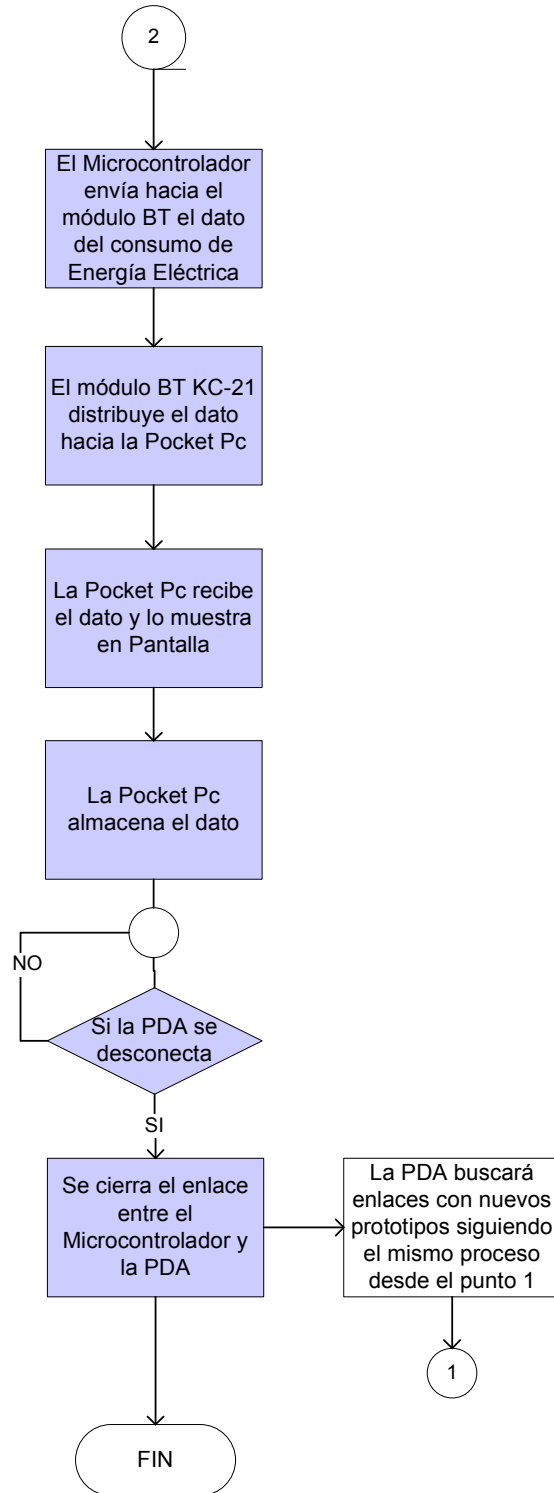


Figura 3.15 Diagrama de flujo del programa desarrollado para el Microcontrolador AT89C51.

CAPITULO IV

PRUEBAS DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA. “SMEE”

4.1 INTRODUCCIÓN

Tratándose de un Prototipo, las pruebas de campo son un valuarde indispensable para comprobar la funcionalidad y el alcance del mismo.

A continuación presentamos las pruebas realizadas al sistema de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica “SMEE”, y las demás herramientas que nos ayudaron con el desarrollo de este trabajo.

4.2 SISTEMA DE CONFIGURACIÓN DEL KC-21

4.2.1 CONFIGURACIÓN DEL KC-21 MEDIANTE UN PC

La configuración del módulo Bluetooth es importante, ya que necesita ciertos parámetros fundamentales para establecerse como transceiver dentro del “SMEE”. Estos parámetros de configuración son principalmente para:

- Establecer comunicación entre el módulo y el microcontrolador AT89C51
- Observar el nombre local del dispositivo Bluetooth (“Default Local Name”), en módulo en la PDA.

Para definir la configuración del módulo Bluetooth KC-21 antes mencionado, es necesario tener al alcance un PC con puerto serial y un circuito convertidor de niveles RS232-TTL, el cual es la interfaz entre la comunicación del computador y el módulo Bluetooth KC-21.

Una vez que se tienen los elementos suficientes para la configuración del KC-21, se explica a continuación los pasos para establecer los cambios óptimos en el módulo Bluetooth.

1. Conectar el cable de configuración entre el puerto serial del computador y la placa de configuración del KC-21, tal como se observa en la figura 4.1.

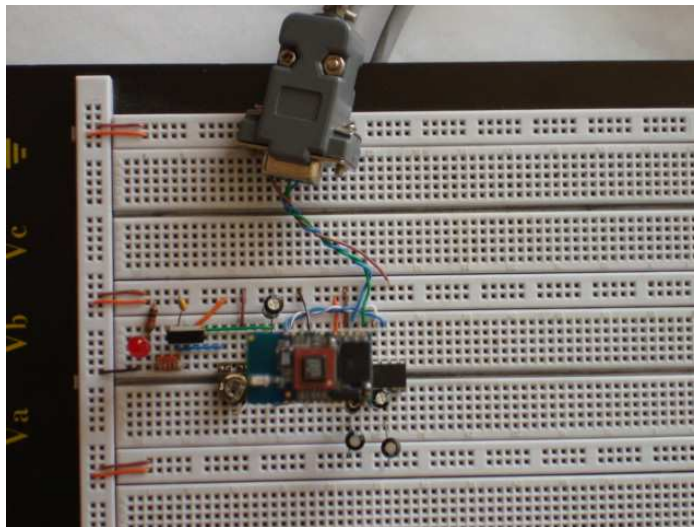


Figura 4.1 Configuración del KC-21 mediante un PC con puerto serial.

2. Abrir el programa hyperterminal con el fin de configurar el módulo KC-21 (parámetros de conexión son: 1/n/8/115200) y verificar que el puerto serial no esté en uso por otro programa.

3. Alimentar el circuito de configuración del módulo Bluetooth KC-21, que consta básicamente de un convertidor de niveles RS323 - TTL.
4. Digitar la tecla Enter y automáticamente se desplegará una pantalla como la que se muestra en la figura 4.2.

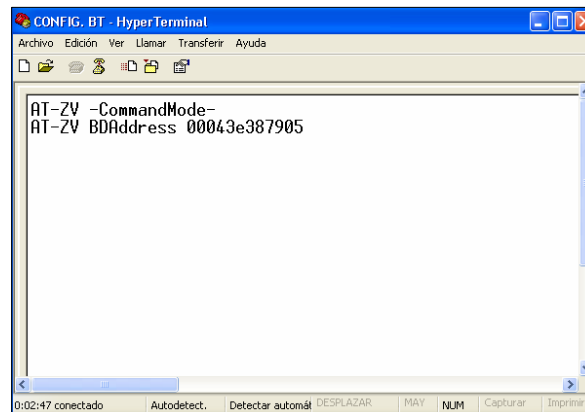


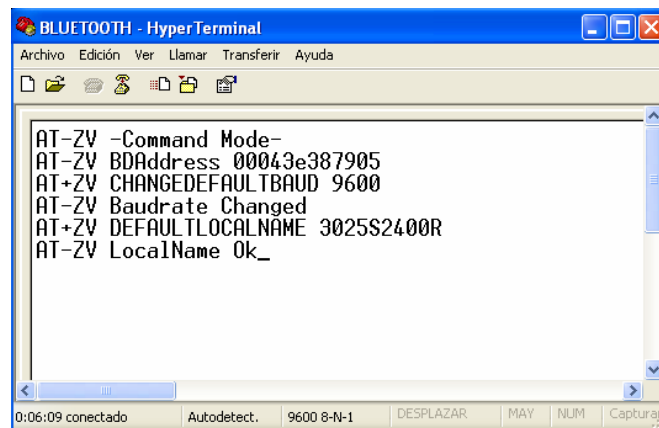
Figura 4.2 Pantalla inicial de configuración del Módulo KC-21

En la figura 4.2, se observa que el KC-21 está listo para recibir comandos AT y además muestra su dirección de dispositivo Bluetooth o dirección MAC.

A partir de este punto de inicio, se escribe en la pantalla el comando **AT+ZV CHANGEDEFAULTRATE 9600**, con la finalidad de establecer una comunicación adecuada con el sistema microprocesado que trabaja a dicha velocidad de transmisión.

Luego digitaremos el siguiente comando: **AT+ZV DEFAULTLOCALNAME "XXXXSYYYR"**, donde XXXX representa el número de suministro eléctrico del medidor convencional e YYYY representa el número de revoluciones que equivalen a 1 KWh en el medidor. Todo esto se hace con el fin de procesar este dato en la PDA y realizar las respectivas operaciones en el momento de presentar la base de datos de las mediciones de consumo de energía eléctrica.

En la figura 4.3 se observa la pantalla del hyperterminal, donde se digitan los comandos antes mencionados.



```
BLUETOOTH - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Llamar Transferir Ayuda
AT-ZV -Command Mode-
AT-ZV BDAAddress 00043e387905
AT+ZV CHANGEDEFAULTBAUD 9600
AT-ZV Baudrate Changed
AT+ZV DEFAULTLOCALNAME 3025S2400R
AT-ZV LocalName Ok_
0:06:09 conectado Autodetect. 9600 8-N-1 DESPLAZAR MAY NUM Capturar...
```

Figura 4.3 Comandos del KC-21 para inicializar la comunicación con el sistema microprocesado.

En la figura 4.3 podemos apreciar un ejemplo de nombre local del módulo Bluetooth, el cual está configurado como: "3025S2400R", lo que significa que el

número de suministro del medidor es 3025 y que el número de revoluciones que equivalen a 1 KWh son 2400.

Estos parámetros son importantes en la construcción de la base de datos, que será almacenada en la PDA con cada una de las respectivas lecturas y los datos de cada medidor.

Una vez terminados estos pasos, el módulo KC-21 está listo para operar en el sistema de adquisición de datos "SMEE", como receptor o transmisor de datos.

4.3 FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Cuando el KC-21 ha sido configurado, el usuario puede colocarlo en la placa principal del sistema "SMEE", con la finalidad de usar el prototipo en la extracción de datos del consumo de energía eléctrica.

A continuación detallaremos los pasos para el funcionamiento del sistema principal.

1. Realizar una ranura de aproximadamente de 2mm x 2mm en el disco del medidor de energía eléctrica, proceso que se debe realizar con un taladro luego de retirar la tapa principal de cada medidor analógico.

2. Colocar la ranura del fototransistor en el disco del medidor analógico del consumo de energía eléctrica, que marca las revoluciones.
3. Encender el prototipo del “SMEE” y observar en el LCD el cambio de revoluciones que existe a medida que gira el disco principal del medidor.
4. Luego para poder extraer los datos observados en el LCD, se necesita establecer una conexión inalámbrica “Bluetooth”, entre el PDA y el módulo KC-21 del “SMEE”.
5. Procedemos a encender el dispositivo Bluetooth de la PDA.
6. Luego iniciamos la aplicación de la PDA, realizada en eVB 3.0 descrita en el capítulo 3, hasta llegar al formulario principal de adquisición de datos.
7. Una vez que estemos en el menú CONEXIÓN, escogemos Abrir Conexión y realizamos un enlace con cualquiera de los dispositivos (máximo 7) KC-21 de cada “SMEE”.
8. Luego presionar el botón de PEDIR LECTURA, aparece inmediatamente en un recuadro de la aplicación, el valor (en revoluciones) del consumo de energía eléctrica. Además de enviar el dato antes mencionado, el “SMEE” también envía su **DefaultLocalName**, el cual nos sirve para poder apreciar la medición en la base de datos con su respectivo número de suministro eléctrico.

9. Luego en el menú APLICACIÓN se escoge GUARDAR REG para enviar dicha lectura (convertida en KWh), hacia un registro en la base de datos creada.

En la figura 4.4 se aprecia la pantalla de adquisición de datos de la PDA, en la cual se encuentran: la lectura del consumo de energía eléctrica y el menú Aplicación para guardar el dato requerido en la base de datos.



Figura 4.4 Aplicación de Intercambio de Datos en eVB 3.0

4.4 HERRAMIENTAS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRUEBAS DEL “SMEE”.

Para la realización de las diferentes pruebas de campo, se efectuaron una sucesión de pasos, que culminaron en la realización total del Proyecto.

En cada actividad se utilizó diferentes herramientas de ayuda en el desarrollo de aplicaciones con tecnología Bluetooth, las cuales explicamos a continuación.

4.4.1 PROGRAMAS ALTERNOS

La realización de programas que trasmitan y reciban datos (caracteres), fue fundamental en el inicio del desarrollo del nuestro Proyecto, ya que al poder intercambiar información, se pudo entablar una comunicación entre la PDA y el prototipo “SMEE”.

4.4.1.1 Adaptador USB-Bluetooth y Software Bluesoleil ¹

Esta herramienta fue útil para poder intercambiar datos entre un PC y la PDA, ya que la PC emula el sistema microprocesado, enviando datos desde el hyperterminal hacia la aplicación de la PDA, la cual procesa los datos y los almacena en la base de datos seleccionada.

En la figura 4.5 se puede observar el adaptador USB-Bluetooth y su respectivo software, utilizados para intercambiar datos entre la PC y la PDA.



Figura 4.5 Adaptador USB-BLUETOOTH y Software Bluesoleil

Además el software Bluesoleil sirve para descubrir dispositivos y servicios activos de Bluetooth.

En la figura 4.6, presentamos los diferentes servicios Bluetooth, observados en el software “BLUESOLEIL”, que presta la PDA.

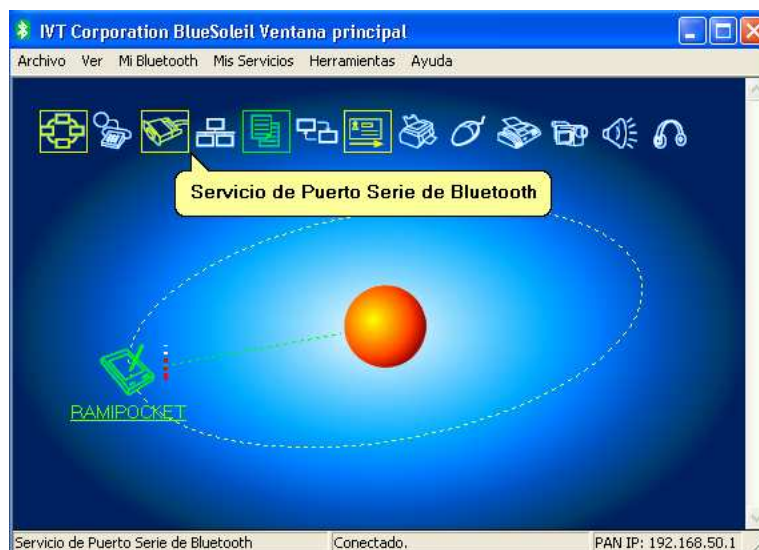


Figura 4.6 Servicios disponibles en la PDA

Dentro de los 4 servicios que presenta la PDA, el más importante es el “Servicio de Puerto Serie de Bluetooth”, ya que nos permite comunicarnos con el módulo KC-21 del prototipo y emular así una comunicación serial virtual.

Además podemos acceder dentro de este programa a un estado de conexión de los diferentes dispositivos enlazados con el adaptador Usb-Bluetooth, tal como se muestra en la figura 4.7.

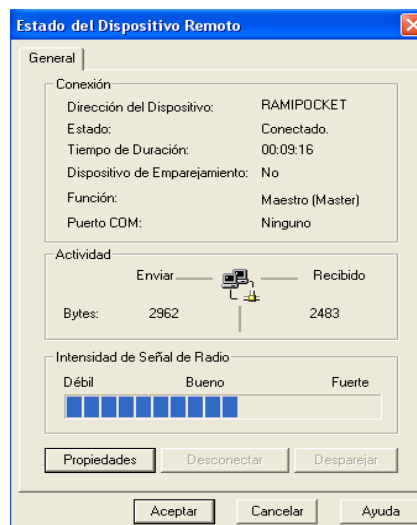


Figura 4.7 Estado de conexión de la PDA medido por el software Bluesoleil

4.4.1.2 Hyperterminal Bluetooth

Esta fue la primera aplicación realizada en eVB 3.0, la cual consiste en enviar y recibir caracteres entre la PC y la PDA mediante un enlace Bluetooth, para lo cual se utiliza el adaptador USB-Bluetooth anteriormente explicado, que da la propiedad al PC de ser un trancceptor de datos mediante este estándar global.

En la figura 4.8 se puede observar el enlace Bluetooth entre la PC y la PDA, realizado a través del adaptador USB-Bluetooth.

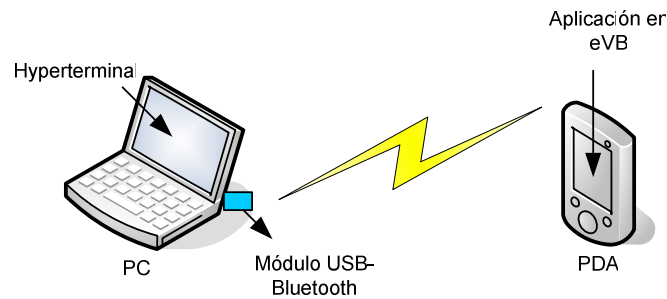


Figura 4.8 Modelo del enlace Bluetooth entre la PDA y el PC

Con el “Hyperterminal Bluetooth”, se puede Intercambiar caracteres a través de un enlace BT desde la PC a la PDA, cuyos datos son observados en un textbox de la PDA; además se realiza el proceso contrario, al enviar caracteres desde la PDA hacia el PC, los cuales se aprecian en la pantalla del programa Hyperterminal del PC, tal como se muestra en la figura 4.9.

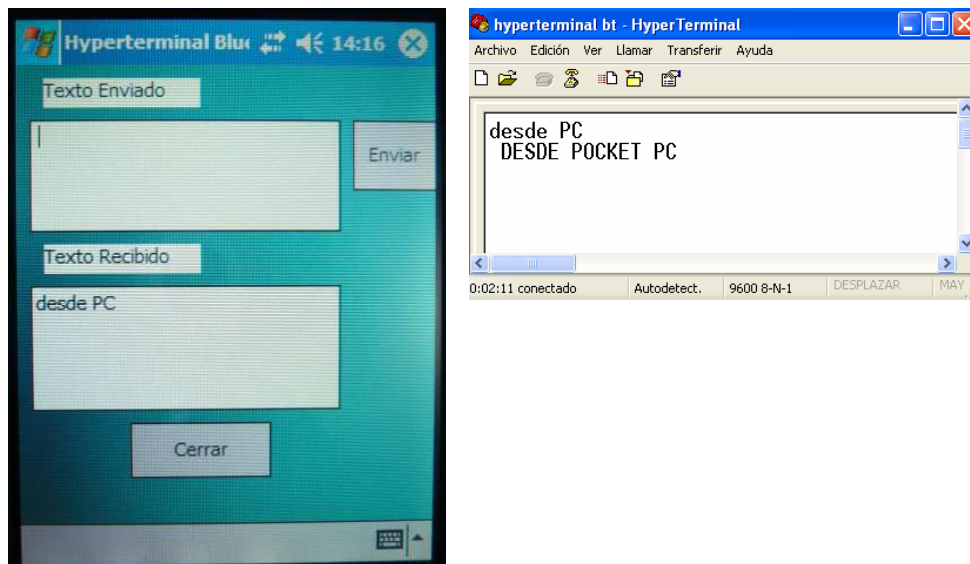


Figura 4.9 Intercambio de datos entre la PC y la PDA

Esta aplicación fue fundamental, ya que a partir de este punto se empezó a desarrollar el programa principal de la PDA, la cual envía por Bluetooth una secuencia predeterminada hacia el sistema microprocesado, para poder así obtener la lectura del consumo de energía eléctrica.

4.4.1.3 Bases de datos en la Pocket PC

Una vez realizada la actividad anterior, procedimos a realizar la aplicación principal para la adquisición de datos del consumo de energía eléctrica, explicada en el capítulo 3.

Pero un paso muy importante para la culminación de toda la aplicación fue guardar cada lectura del consumo de energía eléctrica en un registro dentro de una base de datos, la cual se actualiza a medida que se ingresan los registros.

La aplicación principal realiza una conexión con la base de datos y por ende con los registros, para poder inscribir cada uno de los datos que se necesiten. Esta conexión está explicada en el ANEXO del programa para la PDA.

En la figura 4.10 se aprecia la pantalla de la base de datos en la PDA, la cual guarda los registros a medida que se toman los valores del consumo de energía eléctrica.

	Lectura	Revoluciones	Hora
27	0,71KWh	001722 Rev.	15:10:41
28	0,71KWh	001726 Rev.	15:11:11
29	0,72KWh	001747 Rev.	8:25:31
30	0,73KWh	001752 Rev.	8:25:48
31	0,73KWh	001752 Rev.	8:26:05
32	0,73KWh	001758 Rev.	8:33:15
33	0,73KWh	001772 Rev.	8:55:22
34	8,53KWh	005120 Rev.	13:45:51
35	8,53KWh	005120 Rev.	13:46:27

Figura 4.10 Base de datos de la PDA.

Además esta base de datos (*.cdb) de la PDA es sincronizada en la PC, para poder ser convertida (a *.mdb) y observada en un programa como Microsoft Office Access .

A continuación, en la figura 4.11 se muestra la base de datos observada en Microsoft Access, que anteriormente fue sincronizada desde la PDA hacia el PC a través de un programa como el ActiveSync.

Suministro	Lectura	Revoluciones	Hora	Fecha
Med.30345	1,37KWh	003298 Rev.	22:24:26	03/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	22:24:36	03/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	22:24:47	03/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	22:24:54	03/06/07
Med.3025	0,23KWh	000559 Rev.	10:41:54	04/06/07
Med.3025	0,24KWh	000579 Rev.	10:42:27	04/06/07
Med.3025	0,25KWh	000601 Rev.	12:13:08	04/06/07
Med.3025	0,26KWh	000627 Rev.	12:31:08	04/06/07
Med.3025	0,26KWh	000634 Rev.	12:38:58	04/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	19:37:52	06/06/07
Med.30345	1,37KWh	003298 Rev.	19:38:03	06/06/07
Med.3025	0,66KWh	001598 Rev.	14:50:14	07/06/07
Med.3025	0,67KWh	001624 Rev.	14:51:13	07/06/07
Med.3025	0,68KWh	001642 Rev.	14:51:41	07/06/07
Med.3025	0,69KWh	001660 Rev.	14:53:09	07/06/07
Med.3025	0,69KWh	001671 Rev.	14:54:27	07/06/07
Med.3025	0,70KWh	001700 Rev.	14:56:00	07/06/07
Med.3025	0,71KWh	001708 Rev.	14:57:26	07/06/07
Med.3025	0,71KWh	001722 Rev.	15:10:41	07/06/07
Med.3025	0,71KWh	001726 Rev.	15:11:11	07/06/07
Med.3025	0,72KWh	001747 Rev.	8:25:31	08/06/07
Med.3025	0,73KWh	001752 Rev.	8:25:48	08/06/07
Med.3025	0,73KWh	001752 Rev.	8:26:05	08/06/07
Med.3025	0,73KWh	001758 Rev.	8:33:15	08/06/07
Med.3025	0,73KWh	001772 Rev.	8:55:22	08/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	13:45:51	13/06/07
Med.3025	8,53KWh	005120 Rev.	13:46:27	13/06/07
*				

Figura 4.11 Base de datos de observada en el PC.

4.4.1.4 ActiveSync ²

El programa ActiveSync, lo usamos en el Proyecto para poder instalar, desinstalar y convertir archivos entre la PDA y el PC, con lo cual se obtiene la base de datos de la “Pocket Pc” en el computador personal y se puede observar por ejemplo desde Microsoft Access.

En la figura 4.12 se indica la sincronización que se realiza entre la PDA y la PC a través del programa ActiveSync.

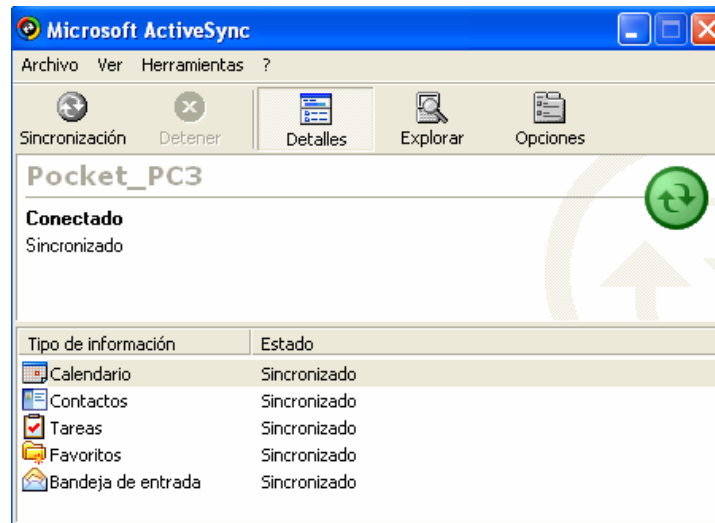


Figura 4.12 Microsoft ActiveSync.

Todas las herramientas de ayuda explicadas anteriormente fueron un valioso aporte en las pruebas preliminares para comprobar el funcionamiento del prototipo diseñado, ya que al realizar paso a paso los enlaces y los programas, se pudo demostrar y verificar la comunicación entre la PDA y el prototipo, evitando así futuros contratiempos.

4.5 PRUEBAS DE CAMPO DEL “SMEE”

Las pruebas de campo son necesarias para poder determinar el funcionamiento del prototipo y observar los factores que influyen directamente en la comunicación entre la PDA y el sistema microprocesado; como son la distancia y materiales alrededor del “SMEE”.

En la figura 4.13 se muestra el montaje completo del prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica “SMEE”, con todos sus elementos que constituyen el entorno de medición.

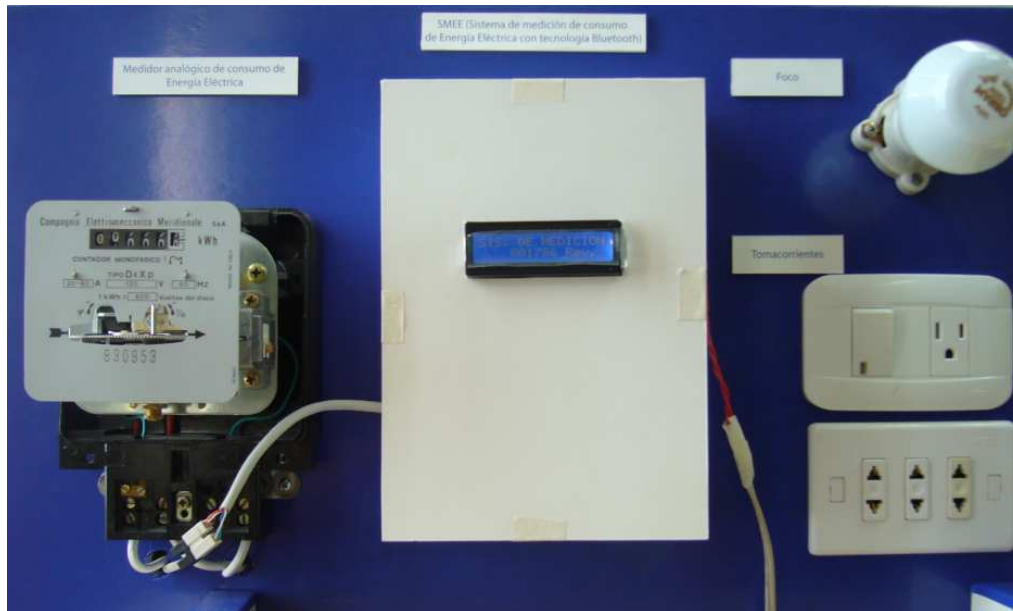


Figura 4.13 Montaje total del prototipo del “SMEE”.

En la figura 4.13, podemos observar el medidor analógico del consumo de energía eléctrica, el fototransistor que lee las revoluciones del disco del medidor, la placa del “SMEE” y los elementos que hacen carga al medidor para poder girar el disco.

4.5.1 PRUEBAS EN EL MEDIDOR ANALÓGICO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO Y EL FOTOTRANSISTOR



Figura 4.14 Medidor analógico y fototransistor.

En la figura 4.14 se observa el fototransistor que va junto al disco del medidor analógico, para poder detectar la ranura que se realizó y enviar dicha transición al sistema microprocesado.

La prueba realizada entre estos dos elementos fue la medición de la transición (negativa), que presenta el fototransistor a medida que la ranura del disco deja pasar la luz entre el emisor y el detector del mismo.

En la figura 4.15 se aprecia la respuesta del fototransistor, que se tiene al dejar pasar luz entre el emisor y receptor de dicho elemento electrónico.

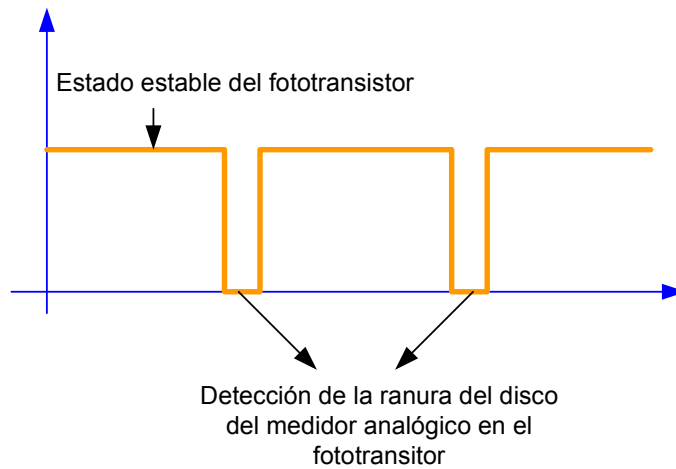


Figura 4.15 Respuesta del fototransistor.

El ensayo realizado al fototransistor se logró con éxito, ya que este elemento fue manipulado en el exterior del disco del medidor analógico para probar su respuesta con un motor de corriente continua, tal como se indica en la figura 4.16; llegando el fototransistor a una respuesta óptima con un máximo de 3530 r.p.m y un período de señal aproximado de $1,7 \times 10^{-2}$ s.

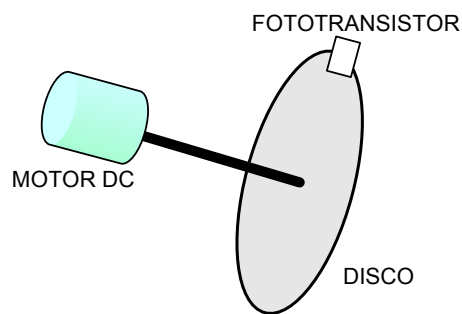


Figura 4.16 Prueba al fototransistor con un motor DC.

4.5.2 PRUEBAS EN EL “SMEE”

En la figura 4.17 se aprecia el circuito completo del sistema microprocesado del prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica.

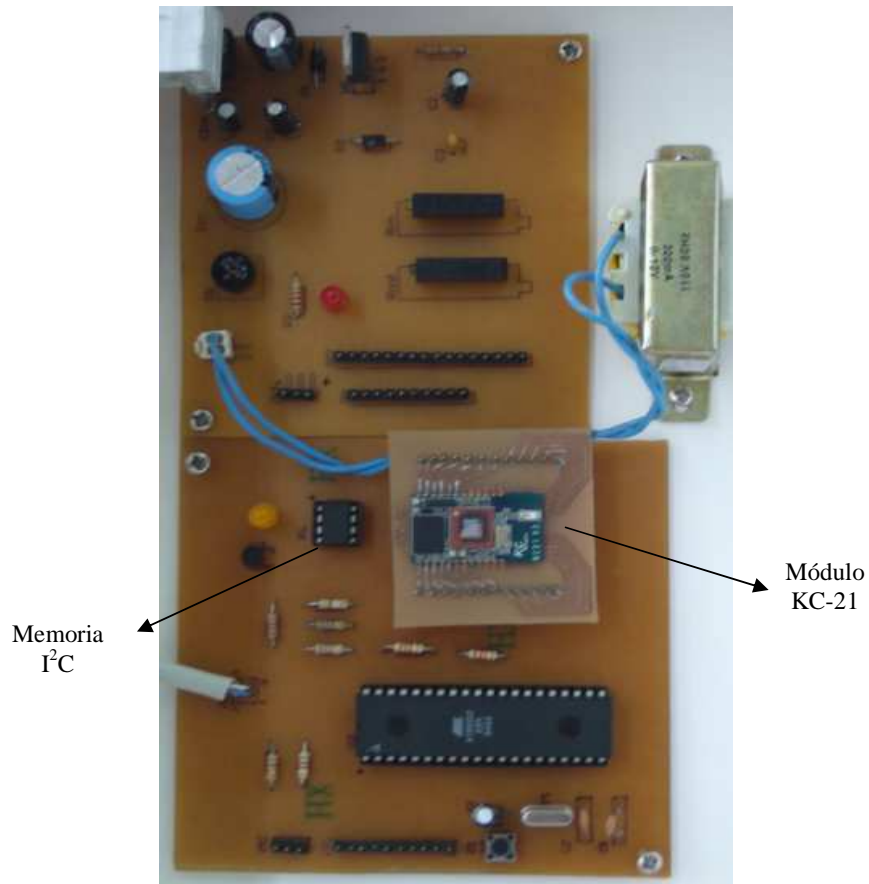


Figura 4.17 Placa principal del “SMEE”.

En la figura 4.17 se observa dos elementos importantes del sistema microprocesado a los cuales se realizaron las pruebas respectivas como son: la memoria EPROM I²C y el módulo Bluetooth KC-21.

La prueba realizada a la memoria I²C “AT24C08A” fue la lectura y escritura de los datos del consumo de energía eléctrica dentro de sus registros. Este proceso se añadió al sistema en caso de pérdida de energía eléctrica durante tiempo determinado, por lo cual el sistema guarda el último dato recolectado en la memoria y al inicializar el programa, lo primero que realiza es cargar el último dato guardado para mostrarlo en el LCD.

El test resultó positivo, ya que la memoria logró guardar y mostrar los datos del consumo de energía eléctrica utilizando el protocolo I²C, creado inicialmente por Philips para incorporar elementos en una línea de datos y una línea de reloj.

En la figura 4.18 se indica la conexión I²C típica entre elementos maestros y esclavos, las cuales se realizan con las líneas de datos SDA y de reloj SCL.

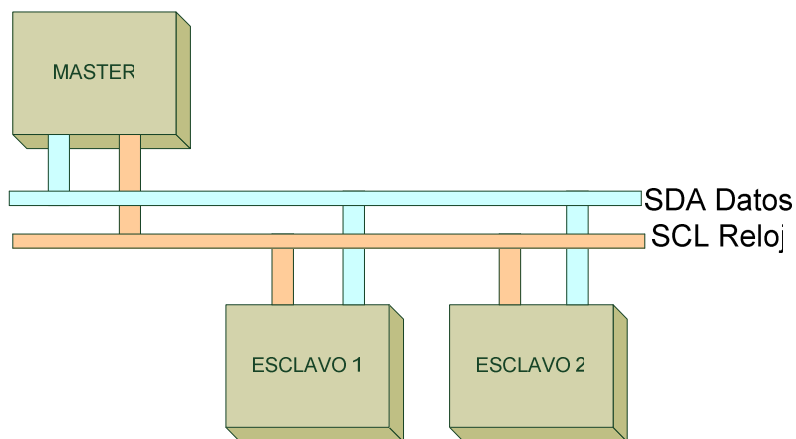


Figura 4.18 Conexión de elementos I²C.

La siguiente prueba dentro del “SMEE”, fue al módulo Bluetooth KC-21, el cual es el elemento principal dentro del objetivo del proyecto, por lo cual se realizaron 2

tipos de pruebas al módulo anteriormente mencionado, las cuales son pruebas de distancia y de materiales que influyen en el enlace Bluetooth.

4.5.2.1 Pruebas de distancia en el módulo KC-21

En cuanto a la distancia hay un patrón que predomina en la calidad del enlace Bluetooth, ya que al aire libre y sin obstáculos, la distancia máxima a la que funciona la comunicación entre la PDA y el módulo KC-21 es 9m a 9,50m.

Pero a medida que se incluyen materiales u obstáculos en medio de la comunicación la calidad del enlace se va deteriorando.

4.5.2.2 Pruebas de materiales que influyen en el enlace Bluetooth.

Los materiales son un factor predominante en el mantenimiento de la conexión Bluetooth entre 2 o más dispositivos, dentro de nuestro Proyecto de Titulación se realizaron pruebas con los siguientes escenarios para apreciar la distancia máxima a la que la comunicación se pierde.

El primer material que tratamos fueron paredes de concreto, tomando una medición aproximada de 7m a 7,50m, tal como se aprecia en la figura 4.19.

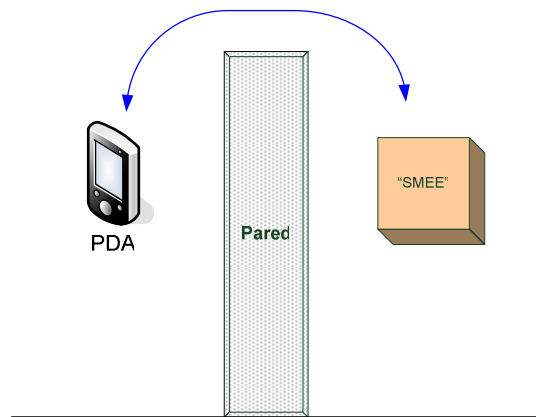


Figura 4.19 Medición de enlace con paredes de concreto.

El segundo escenario que se observó fue con paredes y árboles, contexto en el cual la medición aproximada fue de 7m a 7,50m, mostrado a continuación en la figura 4.20.

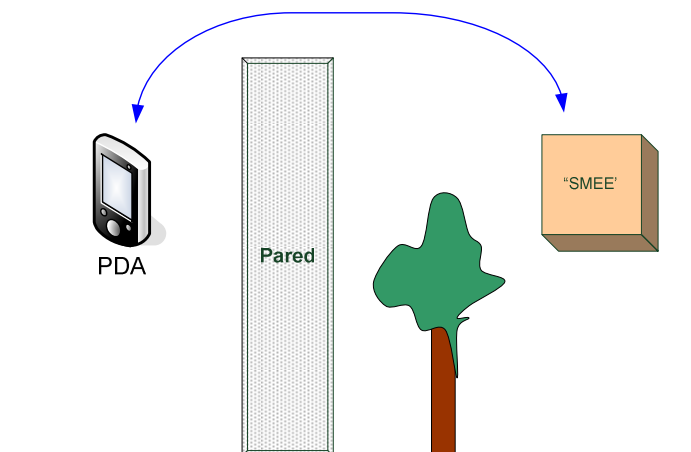


Figura 4.20 Medición de enlace con paredes de concreto y árboles.

El tercer material es detrás de puertas de madera o metal, pudiendo apreciar que la comunicación baja entre 6m a 6,50m.

En la figura 4.21 se observa el caso de comunicación más crítico, ya que los materiales presentes en este evento, no dejan pasar las señales con mucha facilidad.

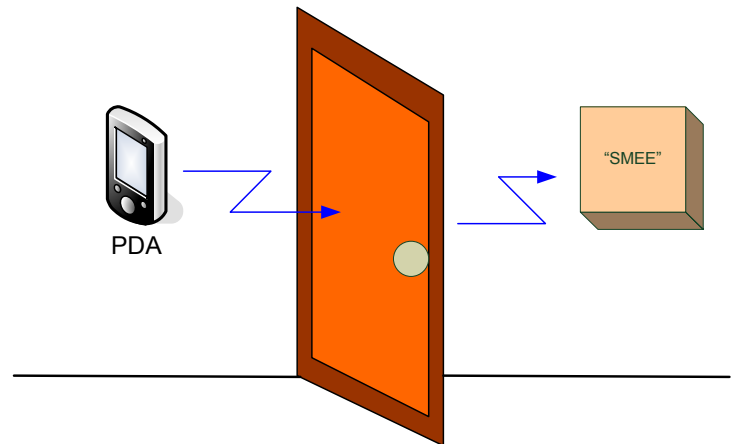


Figura 4.21 Medición de enlace con puertas de madera.

Cabe recalcar que las mediciones realizadas fueron hechas de acuerdo con los materiales más comunes que se pueden encontrar en una medición real.

4.6 LÍMITES DE TOLERANCIA DEL PROTOTIPO “SMEE”

4.6.1 FALTA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO

Al producirse un corte en el suministro de energía eléctrica se produce a la par un corte en la fuente de alimentación principal del prototipo diseñado. Por lo que a su vez este deja de funcionar, pero previendo este escenario se colocó una memoria EPROM explicada anteriormente, para que si esto sucede, se grabe el último dato registrado por los contadores en dicha memoria y al reanudarse el fluido eléctrico

no se haya perdido datos valiosos a cerca del numero de vueltas que se registraron antes del imprevisto.

4.6.2 DISTANCIA

Como todo dispositivo que funciona con el estándar Bluetooth convencional, que trabaja de forma correcta en una distancia de 10 m. aproximadamente, en las condiciones más favorables. Esta distancia del enlace puede variar por algunos factores externos a nosotros como son:

- Cantidad de dispositivos en las inmediaciones (mas de 8)
- Separación mayor a los 10 m. entre el prototipo y la PDA

4.6.3 UBICACIÓN

La ubicación tanto del medidor como del prototipo son muy importantes a la hora de tener una conexión optima entre ambos, por lo que es muy importante que no se sobrepasen ciertos rangos de tolerancia en algunos factores como:

- Presencia excesiva de vegetación
- Paredes o cubiertas en los medidores de materiales muy gruesos o muy reflectivos.

4.6.4 SATURACIÓN DEL MEDIO DE TRANSMISIÓN

La saturación del medio es una parte esencial ya que al ser el aire nuestro medio de transmisión todo lo que afecte a su composición hasta llevarlo a niveles de saturación también afectará al correcto funcionamiento del enlace entre el prototipo y la PDA.

Los factores que consideramos problema para nuestra transmisión son:

Lugares con presencia masiva de dispositivos que utilicen tecnología Bluetooth en espacios reducidos como: Universidades, Centros Comerciales, Parques entre otros sitios de la ciudad que tengan un exagerado nivel de ruido ambiental como: intersecciones de vías de transporte, terminales, mercados, zonas industriales

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El Grupo de Interés Especial de Bluetooth, aporta científica y tecnológicamente con el desarrollo continuo de sus investigaciones, para mejorar, automatizar, converger servicios y procesar la información a través de la utilización del estándar Bluetooth.
- Mediante el uso de Bluetooth, se ha podido integrar diversos equipos, para que funcionen y se sincronicen dentro de un espacio reducido con ayuda de un enlace inalámbrico, lo que deja de lado el uso de un cableado previo de los dispositivos.
- El aprendizaje de los distintos modelos de datagramas que utiliza el estándar Bluetooth, es de trascendental importancia para comprender el funcionamiento y posibles fallas que puedan suscitarse dentro de un enlace de corto alcance.
- El alcance que tiene hoy en día Bluetooth es considerable, ya que esta tecnología puede ser encontrada en muchos dispositivos de los cuales podemos obtener varios beneficios, para poder realizar diversas aplicaciones que aporten en el avance de la investigación.
- El desarrollo de prototipos que puedan simplificar y automatizar las tareas comunes, constituyen un ahorro de tiempo, mejoramiento y confiabilidad de los sistemas que generalmente utiliza el ser humano.

-
- El Sistema de Adquisición de Datos del Consumo de Energía Eléctrica “SMEE”, es un sistema confiable que beneficia la calidad, originalidad y confiabilidad, dentro de un grupo de sistemas nacionales y extranjeros que realizan el proceso de medición de servicios.

 - En relación al campo de acción, el presente trabajo investigativo constituye un aporte para mejorar el proceso de medición del consumo de energía eléctrica a nivel local y nacional.
 - Mediante el correcto diseño e implementación, es posible unificar y complementar tecnologías, para dar posibles y útiles soluciones, a los diferentes escenarios que requieren el aporte de la ingeniería para facilitar tareas cotidianas.

 - La recopilación de información, el estudio sistemático de componentes y la correcta implementación de tecnologías de comunicación entre dispositivos Bluetooth, permitieron elaborar el Sistema de Medición de datos del consumo de Energía Eléctrica “SMEE”.

 - El alcance del enlace Bluetooth entre la PDA y el módulo KC-21, es lo suficientemente adecuado para garantizar la confiabilidad de los datos de consumo de energía eléctrica obtenidos en escenarios reales de funcionamiento.

 - Con la utilización del “SMEE”, se puede ahorrar un significativo gasto humano y de tiempo en la toma del consumo de energía eléctrica porque evita tener línea de vista o contacto físico con el medidor analógico, el cual puede estar en sitios poco accesibles.

 - El sistema de medición de consumo de energía eléctrica “SMEE” con la utilización de tecnología inalámbrica Bluetooth, es una contribución tecnológica altamente valorada en el campo de la distribución de energía

eléctrica, ya que elimina los reclamos por la incorrecta toma de valores de consumo en los medidores y malos entendidos suscitados por descuidos del personal encargado de la toma de los mismos.

- Mediante PDAs o PALMs, se puede acceder a los datos de consumo de energía eléctrica de un medidor analógico mediante un enlace inalámbrico Bluetooth, y realizar toma de valores de consumo sin errores.
- El “SMEE” implementa un esquema de “no papeles”, sino de una base de datos detallada, que garantiza la uniformidad y seguridad de los valores de consumo de energía eléctrica obtenidos de los medidores analógicos.

5.2. RECOMENDACIONES

- El “SMEE” no debe interferir con los equipos analógicos de medición de energía eléctrica, ya que puede ocasionar alteración de la información, por lo tanto la correcta evaluación del sitio de colocación y la realización de un correcto diseño, mediante pruebas de campo, permitirán solucionar este inconveniente.
- No se debe cambiar el sitio definido del “SMEE”, ya que esto podría ocasionar mal funcionamiento del Prototipo y toma de valores erróneos de consumo de energía eléctrica.
- Tomar como referencia este trabajo, para futuros proyectos de avance tecnológico en el campo de automatización y manejo de información se refiere.
- Las empresas eléctricas, estatales y privadas, deben implementar un sistema de medición automático, con el fin de mejorar y acelerar el proceso de facturación de los usuarios que usan dicho servicio.

- El “SMEE”, se puede utilizar como una buena base de investigación, para implementar otros sistemas de medición de varios servicios como; agua potable, gas por tubería, entre otros.
- Es recomendable en un futuro, actualizar este prototipo con nuevas tecnologías inalámbricas, que sean más eficientes o puedan tener un mejor alcance de conexión.

BIBLIOGRAFÍA

- √ WIKIPEDIA, <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, **“BLUETOOTH”**, 28 de Junio de 2007.
- √ MENDOZA, Roberth, **“ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE COMUNICACIONES INALAMBRICAS EN UNA INTRANET”**, TESIS E.P.N, Diciembre 2001.
- √ MORROW, Robert, **“BLETOOTH OPERATION AND USE”**, Ed. McGraw-Hill, **2002**.
- √ ELECTRÓNICA FÁCIL, <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/tutorial109.html>, **“BLUETOOTH”**.
- √ ZONA BLUETOOTH, http://www.zonablueetooth.com/que_es_bluetooth2.htm, **“BLUETOOTH”**.
- √ BERNAL Iván, PhD. **“COMUNICACIONES INALAMBRICAS - BLUETOOTH”**, E.P.N, **2005**.
- √ HELPY, <http://www.helpy.com.ar/Bluetooth/Que-es-Bluetooth.htm>, **“QUÉ ES BLUETOOTH”**.
- √ LYCOS, <http://usuarios.lycos.es/XESC2000/Projectes/2494/tecno.html>, **“TECNOLOGÍA BLUETOOTH”**.
- √ RODRIGUEZ Oscar; MAYA Ricardo, **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA BLUETOOTH”**, TESIS, UNIVERSIDAD DEL VALLE, Santiago de Cali, 2003
- √ http://miron.disca.upv.es/pei/Trabajos/2001_2002/BLUETOOTH/BLUETOOTH.htm, **“BLUETOOTH”**, **2001**.

- √ PAGINA OFICIAL DE BLUETOOTH, <http://www.bluetooth.com>,
"BLUETOOTH".

- √ PALOWIRELESS, <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/radio.asp>,
"CAPA DE RADIO".

- √ PALOWIRELESS, <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/baseband.asp>,
"CAPA BANDA BASE".

- √ PALOWIRELESS, <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/l2cap.asp>,
"L2CAP".

- √ PALOWIRELESS, <http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/sdp.asp>,
"SDP".

- √ PALOWIRELESS, http://www.palowireless.com/infotooth/tutorial/k5_spp.asp,
"SPP".

- √ NOKIA LATINOAMERICA,
http://www.latinamerica.nokia.com/Ita_es/phones/technologies/wap/wap_over_bluetooth/index.htm, **"WAP VÍA BLUETOOTH"**.

- √ DOMINGUEZ Rufino, **"APUNTES DE LA MATERIA DE MICROPROCESADORES I"**, Instituto Tecnológico del Mar, Mazatlán 2003, CAPITULO 8.

- √ DOMINGUEZ Rufino, **"APUNTES DE LA MATERIA DE MICROPROCESADORES I"**, Instituto Tecnológico del Mar, Mazatlán 2003, CAPITULO 9.

- √ FABRICANTE DEL MÓDULO KC-21, <http://www.kcwirefree.com>

- √ DOMINGUEZ Fernando, **"CURSO DE MICROCONTROLADORES CON PICs"**, I.E.S. Juan de la Cierva, 2004

- √ ANONIMO, **"CONEXIÓN DE PERIFERICOS A UN MICROCONTROLADOR"**, Universidad de Oviedo, 2003

- √ CARACTERÍSTICAS DE LA POCKET PC iPAQ rx 3715,
<http://www.w3c.org/TR/1999/REC-html401-19991224/loose.dtd>, 2007

- √ HALBINGER Armando, **“DESARROLLO DE APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES”**, <http://blogs.msdn.com/blogs.msdn.com/armanhal>, 2004

- √ MICROSOFT,
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?familyid=f663bf48-31ee-4cbe-aac5-0affd5fb27dd&displaylang=en>, 2005

- √ ALVARADO Roberto, **“MICROSOFT EMBEDDED VISUAL BASIC 3.0”**,
<http://www.vb-mundo.com>, 2005

- √ Software BLUESOLEIL, IVT Corporation, 2002 – 2004.

- √ Microsoft Active Sync, version 3.8, Microsoft Corporation, 1996 – 2004.