

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

Valencia Barahona Virgilio Ramiro, Ing.

Michilena Calderón Jaime Roberto, Ing.

Carlos Herrera, Ing.

Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

Bluetooth es una tecnología utilizada para conectividad inalámbrica de corto alcance entre dispositivos tales como PDA's (*Personal Digital Assistant*), teléfonos celulares, teclados, máquinas de fax, computadoras de escritorio y portátiles, modems, proyectores, impresoras, etc. El principal mercado es la transferencia de datos y voz entre dispositivos y computadoras personales. 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 intenta proveer ventajas significantes sobre otras tecnologías inalámbricas similares, por ejemplo: funciona con RF pero no está sujeto a limitaciones propias de transmitir en estas frecuencias. La distancia de conexión en Bluetooth puede ser 10 metros o más dependiendo del incremento de la potencia del transmisor, con la ventaja que 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.

Aprovechando esta tecnología se diseñó un prototipo que permita tomar la lectura del consumo de energía eléctrica de un contador electromecánico del consumo de energía eléctrica, mediante una PDA (Pocket PC), todo esto se realiza con la ayuda de un sistema microprocesado y un "tranceiver" que se comunica mediante un enlace inalámbrico "bluetooth" con el equipo móvil mencionado.

1. PROTOTIPO "SMEE-BT"

"SMEE-BT" significa Sistema de Medición de Energía Eléctrica mediante Bluetooth y se refiere a un dispositivo que incluye *hardware* y *software* que permite la adquisición de datos del consumo eléctrico en una PDA mediante un enlace Bluetooth (inalámbrico), que incluye un sistema de almacenamiento en una base de datos que puede ser

observada en la misma PDA ó también en una PC de escritorio.

“SMEE-BT” permite medir, mostrar y almacenar de manera segura las revoluciones de un contador electromecánico de energía eléctrica, por medio de un sistema microprocesado que contiene un transceiver Bluetooth, el cual se comunica con una PDA para poder realizar el envío de la medición cuando se realice la petición de la misma, mediante una secuencia propietaria.

El “SMEE-BT” se desarrolló para probarse en una maqueta con un contador electromecánico de consumo de energía eléctrica real para su demostración.

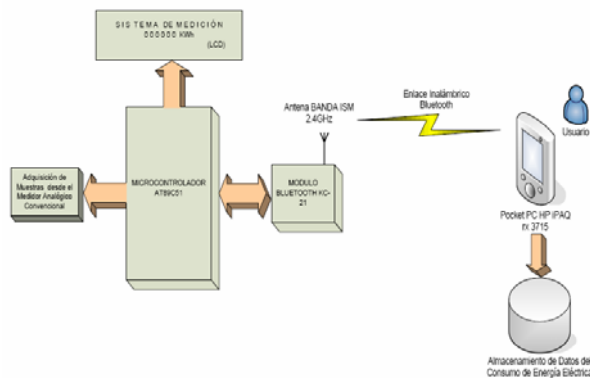


Figura 1 Diagrama de Bloques de SMEE

2. EXPLICACIÓN DE DISEÑO.

El Diseño general del SMEE-BT se basa en dos características básicas como son:

- La transmisión-recepción de datos vía enlace Bluetooth entre una PDA y el sistema microprocesado.
- Adquisición de datos del contador electromecánico de consumo de energía eléctrica y almacenamiento de los

mismos en un sistema microprocesado.

2.1 TRANSMISIÓN-RECEPCIÓN DE DATOS

Es la principal característica del SMEE-BT, ya que, mediante la transmisión y recepción de las secuencias predeterminadas, el prototipo puede obtener la medición del consumo de energía eléctrica de un contador electromecánico convencional.

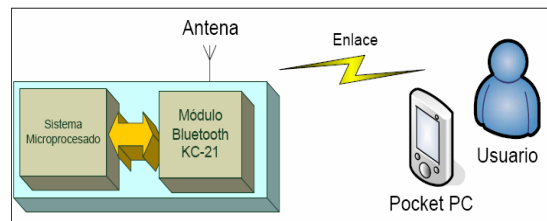


Figura 2 TX-RX de datos BT

2.2 ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONTADOR ELECTROMECAÁNICO DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La importancia de la adquisición de datos desde el contador electromecánico, es vital, ya que a través de un fototransistor, se puede detectar pulsos eléctricos que se almacenan, muestran y guardan tanto en los registros del microcontrolador, en la pantalla del LCD y en una memoria serial I²C respectivamente.

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

La PDA utilizada para la elaboración del proyecto fue una POCKET PC, marca: **HP**, modelo: **iPAQ rx 3715**, debido a que la Pocket Pc tiene como particularidad, la presencia de SPP.



Figura 3 Pocket PC.

El SPP (perfil de puerto serie Bluetooth), emula un puerto virtual de comunicaciones de datos el cual envía y recibe datos del sistema de medición de energía eléctrica “SMEE-BT”.

2.4. MODULO BLUETOOTH KC-21

El KC - 21 es un módulo de PCB de montura de superficie que contiene entre sus principales características una memoria flash, perfil de SPP de Bluetooth y configuración mediante comandos AT.

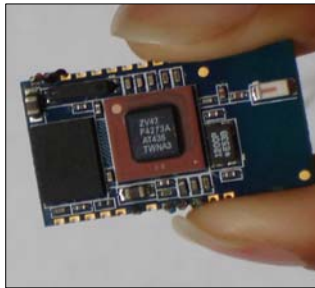


Figura 4 Módulo Bluetooth utilizado.

2.4.1. COMANDOS AT

Attention Command es el significado para la abreviatura “AT Command”, los cuales son instrucciones codificadas para la comunicación hombre-máquina. La configuración de los comandos AT en el módulo KC-21 depende de un sistema de adaptación que se realiza a través de un circuito conversor de niveles

RS232 a TTL por medio de un canal de comunicación serial.

El propósito de estos comandos es cambiar la configuración predeterminada del módulo para comunicarse con otros dispositivos.

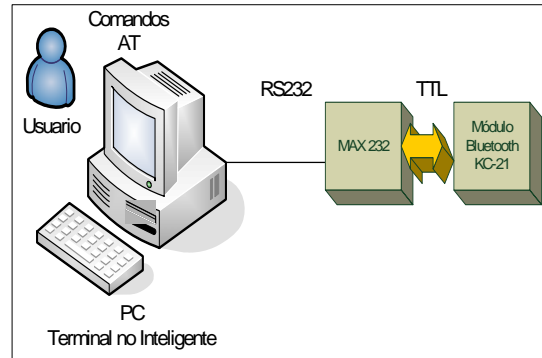


Figura 5 Configuración del módulo Bluetooth KC-21.

2.4.2. CONFIGURACIÓN DE LOS COMANDOS AT

Se inicia la aplicación “Hyperterminal”, en la que se configura un puerto serial de comunicaciones a una velocidad de transmisión de 115200bps y bits de datos, paridad, bits de parada y control de flujo deberán estar en: 8bits, “Ninguna”, 1 bit y “Ninguno” respectivamente.

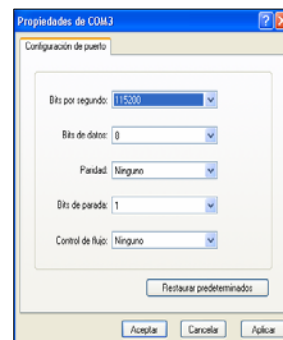
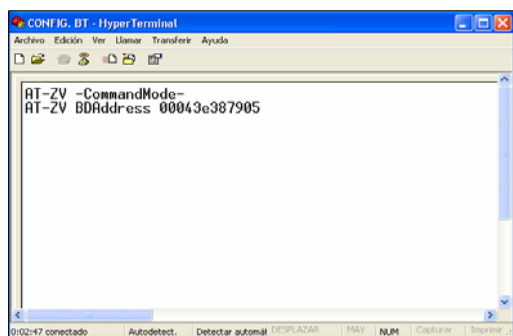


Figura 6 Inicio del Hyperterminal.

2.4.3. CONFIGURACIÓN DEL MODULO KC-21

Iniciada la sesión de comunicación se procede a activar el circuito de configuración con su fuente de alimentación, en ese instante se aprecia en la pantalla un mensaje de enlace que enviará el módulo una vez que se encuentra en estado



activo.

Figura 7 Configuración de comandos AT.

El mensaje corresponde a que el módulo se encuentra en modo de línea de comandos para ser configurado y que su dirección BDAAddress es la que se encuentra en pantalla. Esta dirección que consta de 12 caracteres únicos para cada dispositivo BT en el mundo, hacen referencia a lo que sucede con las direcciones MAC en las tarjetas NIC de los PC's.

2.4.3.1. COMANDOS AT+ZV

Hay una lista completa de comandos AT del módulo KC-21, los cuales encontrar también en la página www.kcwirefree.com, pero únicamente en esta sección se explica los comandos que intervienen en la comunicación entre el sistema microprocesado y la PDA.

DefaultLocalName

Comando que se usa para cambiar el nombre "KCWirefreeDevice" que por default muestra el módulo a otros dispositivos.

Sintaxis: AT+ZV DefaultLocalName [nombre]

Respuesta: AT-ZV LocalName Ok

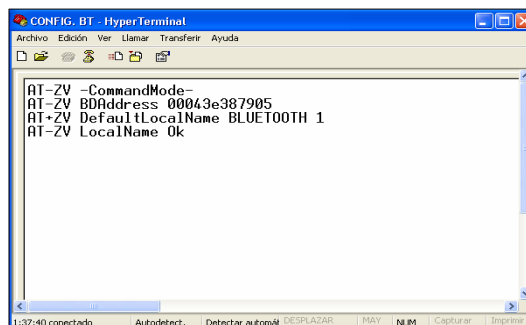


Figura 8 Comando DefaultLocalName.

ChangeDefaultBaud

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

Sintaxis: AT+ZV ChangeDefaultBaud [Veloc.]

Respuesta: AT-ZV Baudrate Changed

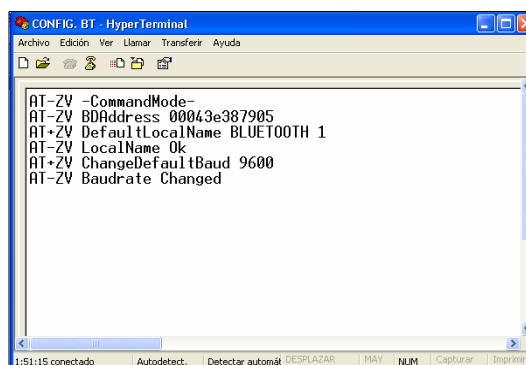


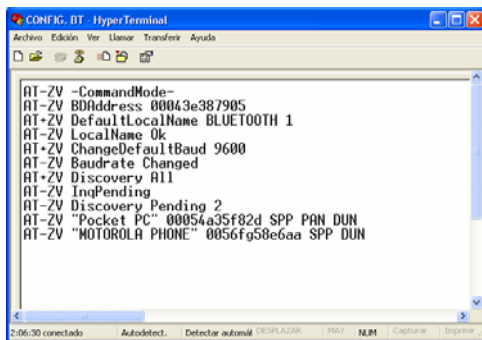
Figura 9 Comando ChangeDefaultBaud

Discovery

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 [num]



```
CONFIG_BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Usar Transferir Ayuda
AT-ZV -CommandMode-
AT-ZV BDAddress: 00043e387905
AT-ZV DefaultLocalName BLUETOOTH 1
AT-ZV LocalName 0k
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. Detector automático DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
```

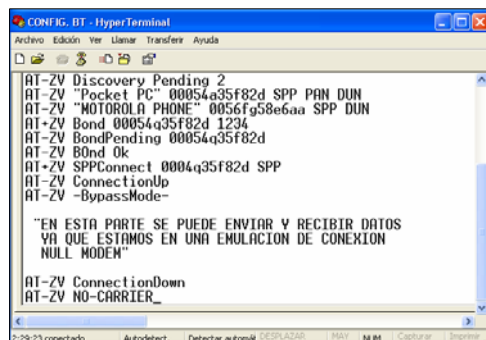
Figura 10 Comando Discovery.

SPPConnect

Es el comando de enlace entre el KC-21 y otros dispositivos mediante el servicio de Puerto Serie.

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

Respuesta: AT-ZV ConnectionUp
AT-ZV -BypassMode-



```
CONFIG_BT - HyperTerminal
Archivo Edición Ver Usar 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 00054a35f82d 1234
AT-ZV BondPending 00054a35f82d
AT-ZV BOND Ok
AT-ZV SPPConnect 000435f82d SPP
AT-ZV ConnectionUp
AT-ZV -BypassMode-
"EN ESTA PARTE SE PUEDE ENVIAR Y RECIBIR DATOS
VA QUE ESTAMOS EN UNA EMULACION DE CONEXION
NULL MODEM"
AT-ZV ConnectionDown
AT-ZV NO-CARRIER_
2:29:23 conectado Autodetect. Detector automático DESPLAZAR MAY NUM Capturar Imprimir
```

Figura 11 Comando SPPConnect.

3. PROCESO PARA OBTENER LA MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE LA PDA.

El enlace se establece mediante una sucesión de pasos que inicia la PDA de la siguiente manera:

1. En la PDA se enciende el dispositivo BT interno.

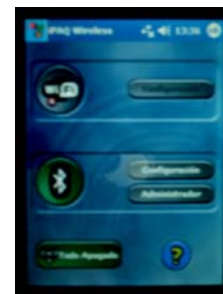


Figura 12 Bluetooth en la PDA.

2. El dispositivo BT interno de la PDA trata de establecer un enlace con otros módulos BT (KC-21) no conocidos, mediante la negociación de su MAC Address.

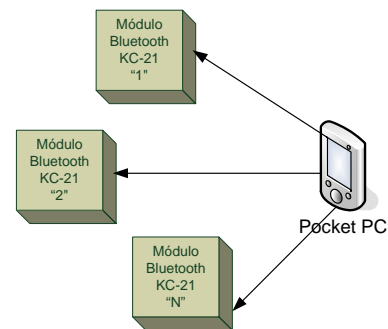


Figura 13 Enlace punto-punto entre la PDA y un módulo KC-21.

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 serie).

4. La PDA a través de una aplicación, solicita la lectura del consumo de energía eléctrica al microcontrolador a través de un cierto conjunto de caracteres preestablecidos.

5. El microcontrolador autentifica la secuencia de caracteres y envía la información solicitada al modulo Bluetooth (KC-21) conectado al puerto serial del mismo.

6. El módulo KC-21 envía la información del consumo de Energía Eléctrica hacia la PDA a través del canal inalámbrico establecido.

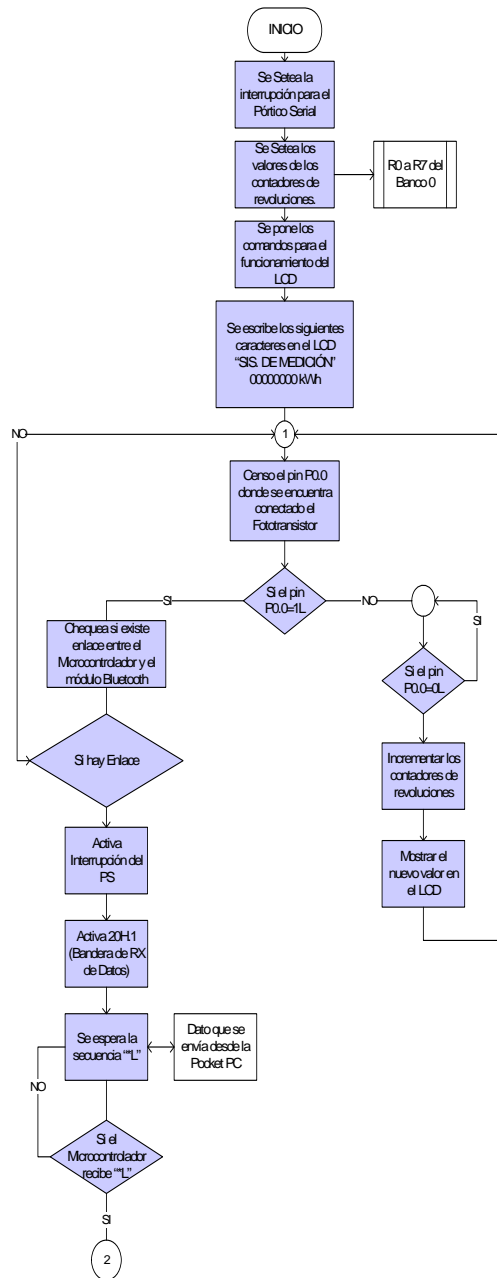
7. Luego la PDA almacena dicha información y envía otra secuencia de caracteres al microcontrolador indicándole que ya recibió los datos del consumo.

8. La PDA corta la comunicación con el modulo 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.

3.1. FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA MICROCONTROLADOR.



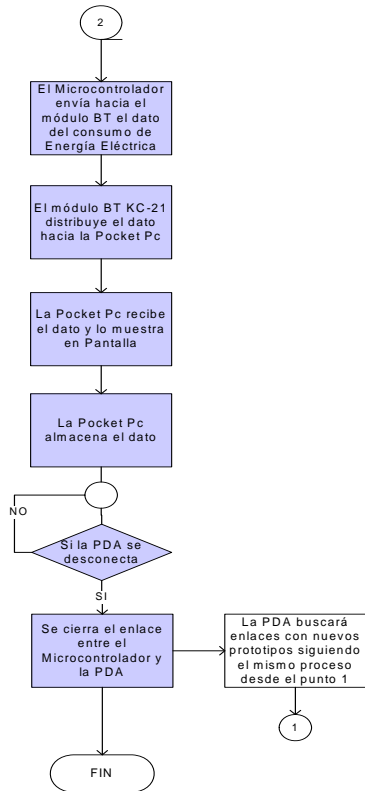
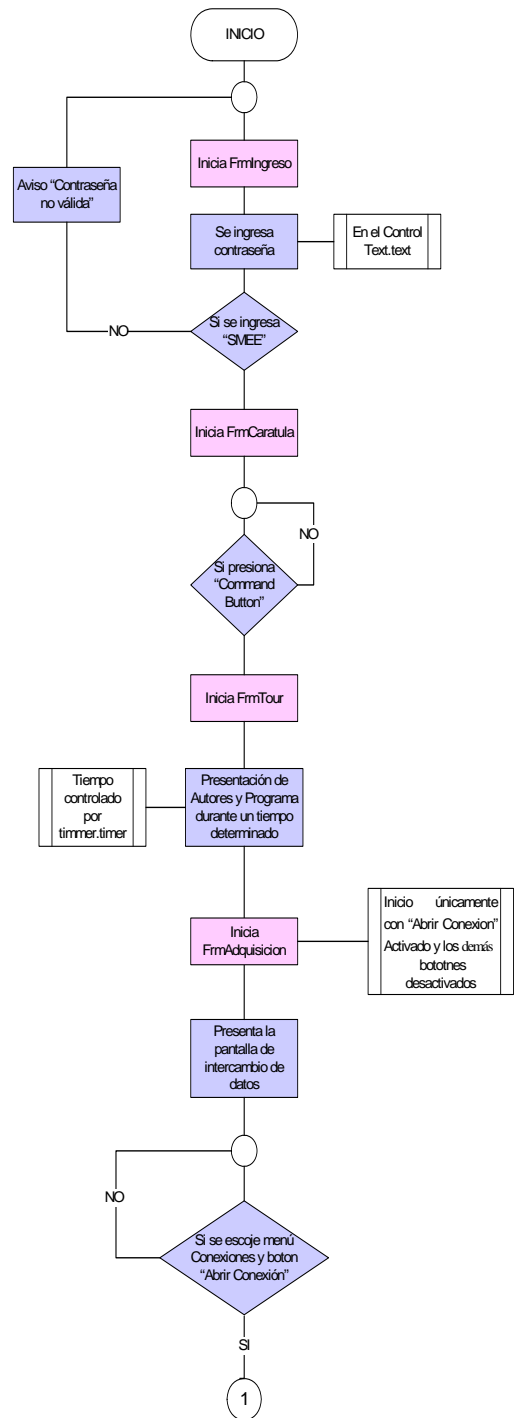


Figura 13 Diagrama de flujo del microcontrolador.

En la figura anterior se observa el proceso realizado por el sistema microprocesado para poder enviar la medición del consumo de energía eléctrica hacia la PDA.

3.2. FUNCIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE LA PDA.

En la siguiente figura se aprecia el proceso que cumple la PDA, para pedir al sistema microprocesado, la lectura del consumo de energía eléctrica.



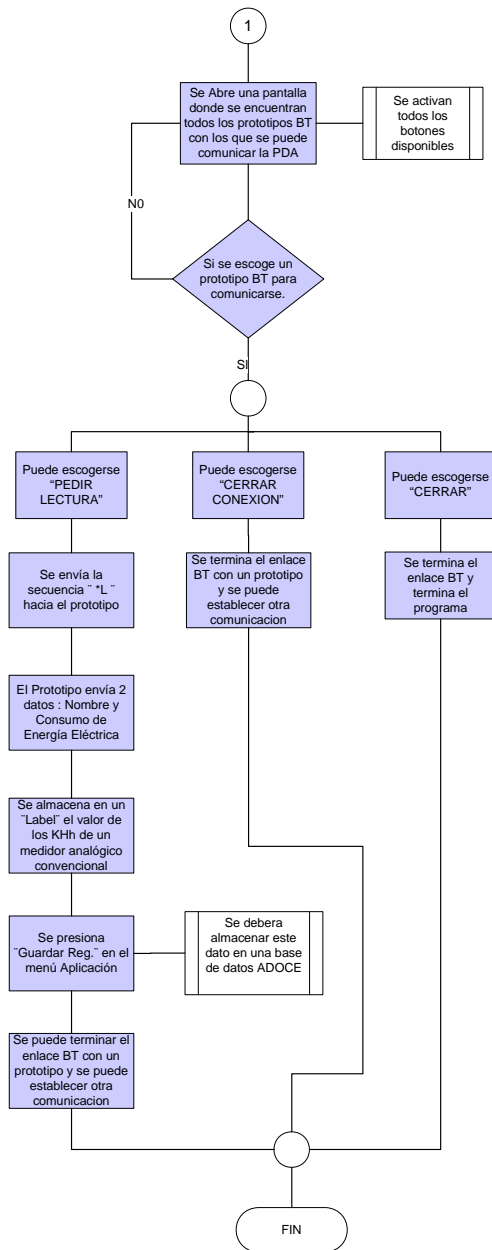


Figura 14 Diagrama de flujo de la PDA.

4. PRUEBAS DE CAMPO DEL “SMEE”

Las pruebas de campo son necesarias para determinar el buen funcionamiento del prototipo, en cuanto a factores que influyen directamente en la comunicación entre la PDA y el sistema

microprocesado; como son la distancia y materiales alrededor del “SMEE”.

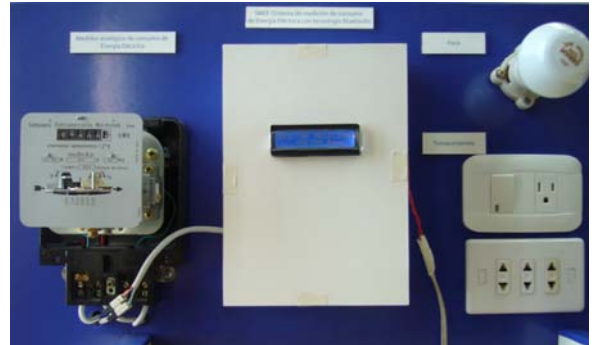


Figura 15 Montaje total del prototipo del “SMEE”.

En la figura anterior se muestra el montaje completo del “SMEE”, con todos los elementos que constituyen el entorno de medida del sistema.

Se puede observar: el contador electromecánico de consumo de energía eléctrica, el fototransistor que lee las revoluciones del disco del contador, la placa del “SMEE” y los elementos que hacen carga al contador para poder girar el disco.

4.1 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.

4.2 PRUEBAS DE MATERIALES QUE INFLUYEN EN EL ENLACE BLUETOOTH.

Los materiales ubicados entre el enlace Bluetooth son un factor predominante en la conexión Bluetooth entre 2 o más dispositivos, dentro del proyecto se realizó pruebas con los varios escenarios para apreciar la distancia máxima a la que esta comunicación se pierde.

El primer material de prueba son paredes de concreto, tomando una medición aproximada de 7m a 7,50m.

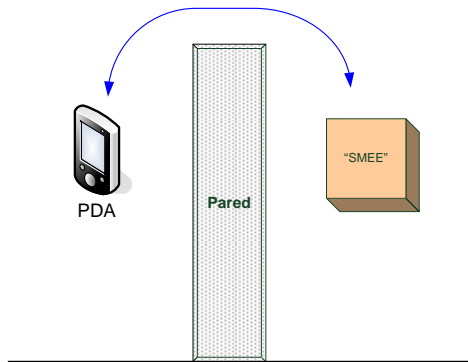


Figura 16 Medición de enlace con paredes de concreto.

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

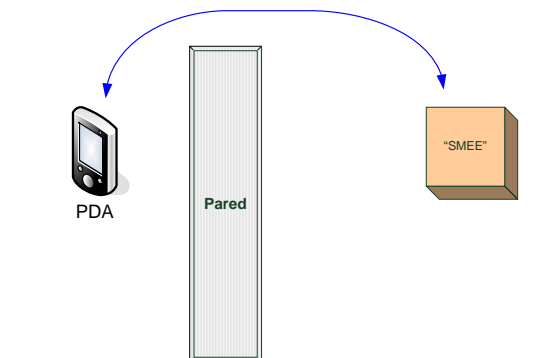


Figura 17 Medición de enlace con paredes de concreto y árboles.

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

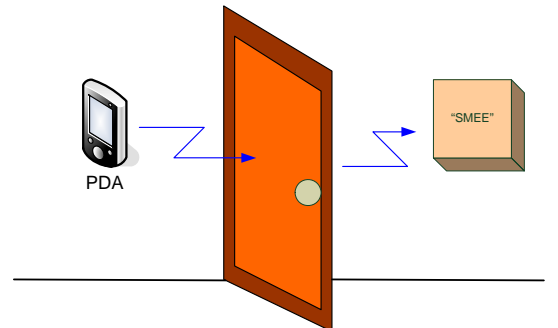


Figura 18 Medición de enlace con puertas de madera.

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

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- 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 alcance que tiene hoy en día Bluetooth es considerable, ya que esta tecnología puede ser

encontrada en muchos dispositivos de los cuales se puede 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.
- 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.

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.

- 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.

BIOGRAFIA AUTORES

Ramiro Valencia Barahona



Nacido en Quito, Ecuador, el 09 de Noviembre de 1982. Sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Fisco-Misional “San Francisco” de Ibarra, donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático. Actualmente se desempeña como ayudante de Laboratorio de Comunicación Digital y Sistemas Microprocesados en la Escuela Politécnica Nacional. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la EPN.

Jaime Michilena Calderón



Nacido en Atuntaqui, Ecuador, el 19 de Febrero de 1983. Sus estudios secundarios los realizó en el Colegio Fisco-Misional “San Francisco”, donde obtuvo el título de Bachiller en Ciencias Especialización Físico Matemático. Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones de la EPN