

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA MANEJO DE CARTAS DE MENÚ EN RESTAURANTES USANDO TECNOLOGÍA INALÁMBRICA ZIGBEE

Muñoz Andrade Ricardo Andrés, Pérez Iturralde Luis Humberto, Flores Fernando  
Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito - Ecuador

**Resumen** – El presente trabajo parte de las crecientes aplicaciones de automatización en hogares y edificios de uso terciario, con sólidas bases en el conocimiento de las tecnologías inalámbricas y la programación para desarrollo de aplicativos.

Las bases y fundamentos teóricos en los que tiene inicio este estudio y desarrollo; incluyen los dos principales tópicos inmersos en el proyecto: el estándar ZigBee dentro de las redes de área local inalámbricas y la Inmótica para la automatización de edificios terciarios.

Se plantea el diseño a nivel hardware del sistema, las consideraciones generales e indicaciones de la estructuración del sistema tanto para el hardware computacional como para el hardware de comunicaciones no solo del prototipo sino también del receptor de órdenes.

Adicionalmente el presente trabajo muestra la estructuración a nivel software de los aplicativos para el prototipo y el receptor de órdenes; plantea la técnica de programación a tres niveles y el desarrollo de cada nivel mostrando las herramientas utilizadas y la manera en que el software fue estructurado.

*Índices – Domótica, Inmótica, Programación por Capas, Redes Inalámbricas, ZigBee.*

## I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### A. Redes WPAN-ZigBee

En la última década el crecimiento experimentado por las comunicaciones en el mundo ha sido muy importante, dentro de dicho crecimiento se destacan las soluciones de sistemas inalámbricos alcanzando tasas de transferencia de datos aceptables para los requerimientos y ofreciendo la capacidad de movilidad, dicha capacidad es su principal ventaja ante comunicaciones que utilizan medios físicos. Una PAN se compone de una interconexión de dispositivos utilizados para la comunicación en una cobertura de pocos metros, aunque en realidad pueden extenderse mediante conexiones a redes externas.

El grupo de trabajo dentro de la IEEE encargado del estudio de las redes inalámbricas de área personal (WPAN) es el 802.15 que a su vez se divide en cinco subgrupos de trabajo, los estudios de este grupo han permitido la creación de la documentación necesaria para la comunicación de dispositivos como los antes señalados usando esta tecnología. Las WPAN debido a sus prestaciones se convierten en una alternativa viable para soluciones en Domótica e Inmótica y es precisamente en estas soluciones en las cuales se encuentran enmarcados una gran parte de los esfuerzos de las industrias que usan esta tecnología.

ZigBee es una de las tecnologías líder globalmente para aplicaciones inalámbricas de corto alcance WPAN que buscan beneficiarse de tasas de datos relativamente bajas, priorizando un bajo consumo de potencia, de modo que los equipos empleados no necesiten cambios constantes de baterías de alimentación. Su aparición se remonta a los estudios de la Alianza ZigBee y se enmarca en IEEE 802.15.4; los documentos que entregan estas dos organizaciones son las directrices a tomar en cuenta para realizar implementaciones utilizando este estándar.

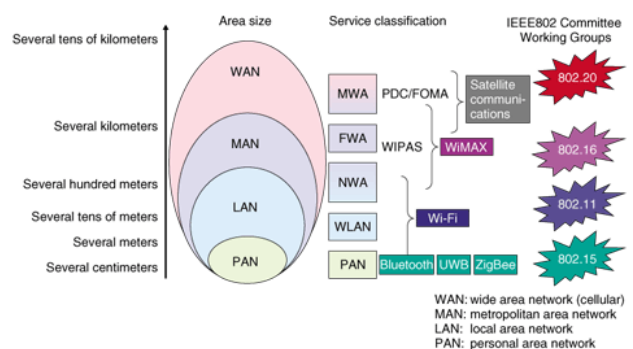


Fig. 1. Clasificación de las redes según su alcance y sus grupos de trabajo IEEE.

ZigBee adoptó tanto la capa física PHY como la capa de acceso al medio MAC del estándar IEEE 802.15.4; sin embargo proporcionó nuevas capas superiores a éstas que proporcionen un panorama más completo para la implementación de redes inalámbricas de corto alcance. Es así que IEEE 802.15.4 y ZigBee son tecnologías complementarias proporcionando una completa pila de protocolos para diseños y desarrollos económicos y sencillos.

Este estándar ofrece diferencias con otras tecnologías tanto en alcance, velocidades de transmisión y consumo de potencia que lo hacen propicio para aplicaciones con bajas tasas de transferencia y consumos de potencia mínimos.

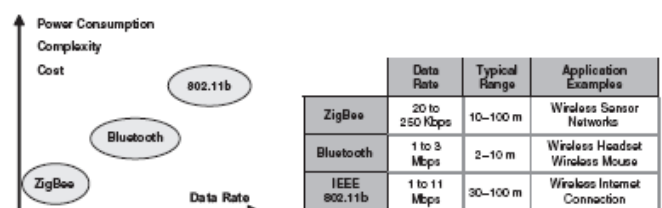


Fig. 2. Comparación entre ZigBee, Bluetooth e IEEE 802.11.b.

Las frecuencias de operación de ZigBee son 868 y 915 MHz además de 2.4GHz, su tasa de transmisión alcanza

250kbps. Los dispositivos ZigBee pueden ser de funciones completas o funciones reducidas dependiendo del alcance que tengan en su funcionamiento en la red, además dentro de una topología cada dispositivo cumple uno de los siguientes tres roles: coordinador, enrutador, o dispositivo normal.

Una red ZigBee puede tener tres topologías posibles: punto-punto, estrella o árbol. La formación de la topología es administrada por la capa de red y gracias a las prestaciones del estándar se tienen opciones de auto formación y auto recuperación que hacen de estas topologías sencillas de crear y robustas ante caídas.

Las bases de la comunicación se dan por el método de acceso al medio CSMA-CA y por el uso o no de beacons en la estructura de la red, permitiendo un acceso libre de colisiones a los diversos dispositivos pertenecientes a la red y el ahorro de energía mediante uso coordinado de potencia en los dispositivos.

El estándar emplea como direccionamiento, dos tipos de direcciones: cortas de 16 bits y extendidas de 64 bits que conjuntamente al identificador PAN escogido por el coordinador de una red permiten el intercambio de información. La arquitectura de ZigBee cuenta con 4 capas bien definidas e íntimamente relacionadas.

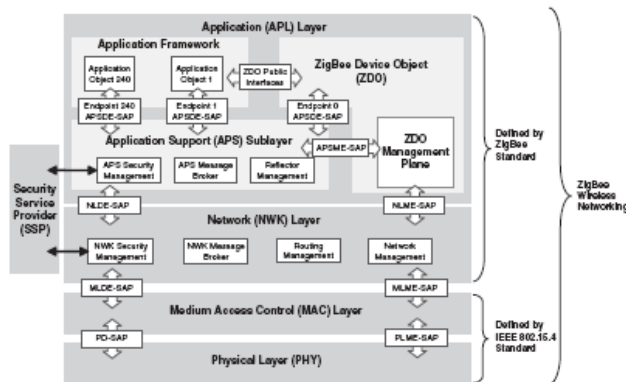


Fig. 3. Capas del protocolo ZigBee.

Las cuatro capas son: física (PHY), de control de acceso a la red (MAC), de red (NWK) y de aplicación (APL). Sus principales funciones son las siguientes:

1) **Capa física.-** Encargada del control y la comunicación con el transceptor de radio, es responsable de la activación para envío o recepción de paquetes, también selecciona el canal de frecuencia y se asegura que el mismo no se encuentre usado por otros dispositivos de otra red en ese momento. Permite también manejar ciertos indicadores de calidad sobre los paquetes recibidos basándose en factores propios de la señal como el RSS o el SNR, estos indicadores proveen información a las capas superiores para que sean ellas las encargadas de tomar acciones en pos de mejorar la comunicación.

2) **Capa MAC.-** Es una interfaz entre la capa física y la capa de red, responsable de los servicios de asociación y des asociación así como de la sincronización mediante beacons de ser el caso; en general de controlar la manera en que los dispositivos acceden al medio.

3) **Capa de red.-** Es la capa responsable de administrar la formación de la red y su enrutamiento; los dispositivos coordinadores y enrutadores son los encargados del descubrimiento y mantención de las rutas.

En el caso de un coordinador esta capa se encarga de establecer la nueva red y seleccionar la topología, además debe asignar las direcciones correspondientes a cada dispositivo de la red.

4) **Capa de aplicación.-** Contiene los objetos de aplicación que darán cierta capacidad aplicativa al dispositivo. Los objetos de aplicación se encargan de controlar y administrar las capas de un dispositivo ZigBee, puede haber más de 240 objetos de aplicación en un dispositivo.

Las comunicaciones se realizan como en cualquier red mediante mensajes que se encapsulan y des encapsulan en cada una de las capas las cuales añaden y retiran información que les ayuda a realizar sus funciones, algunas capas añaden información de cabecera y de cola mientras que otras solo añaden información de cabecera. Además existen diferentes tipos de trama como pueden ser: datos, beacons, comandos y acks (acknowledge).

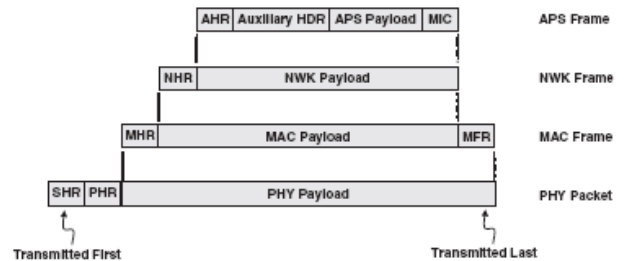


Fig. 4. Estructura del paquete ZigBee.

## B. Inmótica

La Inmótica busca la automatización de los sistemas con el único fin de obtener réditos en el equipamiento de edificios de uso terciario, industrial o comercial.

La Domótica es un término que al igual que la Inmótica está revolucionando el uso de la tecnología hacia espacios personales ofreciendo una mejor calidad de vida. La principal diferencia entre los dos términos es su aplicativo; la Domótica está pensada para domicilios y la Inmótica para edificios de uso de terceros, sin embargo las bases en que se sustentan ambas prácticas son bastante similares. En términos generales la Inmótica resulta de la búsqueda de un edificio inteligente con ayuda de la Domótica; en un hotel los dos conceptos Inmótica y Domótica son totalmente complementarios sin embargo en una vivienda residencial sólo es aplicable el concepto de Domótica.

Si bien esta práctica cuenta con muchos adeptos en la actualidad, le llevará su tiempo expandirse como todo movimiento nuevo. Su principal barrera es la de cambiar algunas mentalidades, ya que los costos de instalación hacen que ciertas empresas se echen para atrás sin tomar en cuenta que a largo plazo esta tecnología les otorgará varios beneficios.

El principal beneficio son las grandes reducciones que alcanzan en costos de energía y operación los dueños del local, los usuarios de un sistema inmótico

se benefician principalmente de su seguridad y comodidad, y los trabajadores del negocio pueden facilitar su trabajo y utilizar la información de los sistemas para mejorar su rendimiento. Su uso principal se da en los siguientes edificios: residencias, centros comerciales, oficinas, restaurantes, hoteles y hospitales. Su principal atención es el monitoreo del funcionamiento de un edificio o automatización de tareas; los principales subsistemas controlados en un edificio son: ascensores, control energético, aire acondicionado, iluminación, sensorización, alarmas, sistema de accesos, hardware y software con aplicaciones determinadas, etc.

Los sistemas inmóticos en su estructura deberían buscar satisfacer las siguientes tres propiedades:

- 1) Estandarización
- 2) Flexibilidad y escalabilidad
- 3) Sistemas centralizados y descentralizados

## II. DISEÑO DE HARDWARE

El prototipo está pensado en ser de fácil uso y manipulación; su interacción con el usuario utiliza una pantalla táctil, dicha interacción evita el uso de periféricos adicionales con algún tipo de conexión al diseño. Otro aspecto a tener en cuenta es el tamaño del dispositivo, dos factores son determinantes a este punto: el primer factor dependiente del tamaño es la visualización que tendrá el usuario del dispositivo y el segundo es la facilidad de manipulación del mismo. Las dimensiones del dispositivo requieren en lo posible cubrir las necesidades de los dos factores analizados, una carta de menú de restaurante comúnmente maneja el tamaño de una hoja A4 por lo que el prototipo busca tamaños no mayores a esta convención.

El manejo y consumo de potencia es un aspecto sumamente importante. El estándar ZigBee tiene entre sus ventajas el bajo consumo de potencia, esta ventaja ayuda a que los módulos de comunicación no requieran constantes cambios de baterías, en general el prototipo intenta en lo posible tener largos periodos de servicio sin necesidad de conexión a fuentes de energía.

Por último el diseño estético del dispositivo debe ser lo suficientemente atractivo y debería en lo posible ser personalizado pensando en que el módulo será aparte de un equipamiento útil, un elemento diferenciador y de distinción al servicio de los clientes del restaurante.

El diseño consta de dos partes: el prototipo de la carta de menú interactiva y un computador central para recepción de las órdenes. Cada una de estas partes consta a su vez de dos partes estrechamente relacionadas, el hardware computacional y el hardware de comunicaciones (módulo ZigBee).

El prototipo busca una funcionalidad completamente inalámbrica facilitando su movilidad y el hardware computacional debe cumplir requerimientos mínimos para soporte de la aplicación visual. Los requerimientos son mínimos ya que el dispositivo está dedicado al uso de la carta interactiva sin descartar que con mayores prestaciones

en el hardware computacional funciones adicionales podrían habilitarse como navegación por internet, visualización de videos, música, etc.

El computador central solo utiliza la aplicación de recepción de pedidos como una más de sus tareas, necesita de ciertos requerimientos mínimos pero su elección está mucho más abierta que la necesaria para el hardware computacional del dispositivo ya que factores como movilidad o diseño sencillo no son primordiales como en el caso del prototipo de la carta de menú.

La topología a emplearse es la de estrella; el módulo ZigBee del computador receptor de ordenes debe cumplir los requerimientos de un FFD (dispositivo de funciones completas) necesarias para realizar el rol de coordinador dentro de la red, y los dispositivos en cada mesa necesitan comunicarse sólo con el computador central y sus requerimientos son los de un RFD (dispositivo de funciones reducidas).



Fig. 5. Topología estrella a emplearse en el diseño.

### A. Hardware de Comunicaciones

Se entiende por hardware de comunicaciones a los equipos físicos que se necesitan para realizar algún tipo de envío y recepción de información, cuando el tipo de comunicación a emplearse es del tipo inalámbrica dicho hardware emplea señales de radio frecuencia para cumplir con su cometido.

Los módulos de comunicación ZigBee implementan en su funcionamiento todas las características contempladas por el estándar. Para el diseño emplearemos el modelo XBee-PRO de la compañía Digi. Entre sus características tenemos:

1) **Alcances Teóricos:** Los XBee-PRO trabajan con 20dBm de potencia de transmisión en distancias de 100m (interiores) y 1600m (exteriores) con sensibilidades de recepción de -100dBm.

2) **Características eléctricas y potencias:** Su voltaje de alimentación está entre 2.8 y 3.4 V; con una alimentación de 3.3V para los dos módulos, los XBee-PRO pueden configurarse a valores entre 137 y 227mA para transmitir y 55mA en recepción.

3) **Seguridades y Capacidades de Red:** Manejan envíos y reconocimiento de tramas, XBee-PRO emplea 12 canales, como mecanismo de inmunidad a interferencia emplean DSSS, direccionamiento fuente/destino, soporte de envíos broadcast y unicast, topologías soportadas:

punto a punto y punto a multipunto, operación como rol de coordinador o dispositivo final.

4) **Soporte de Conversiones y Líneas de Entrada/Salida:** Conversión analógica/digital, entradas/salidas digitales y paso de líneas de entrada/salida.

5) **Facilidades de Uso:** Software X-CTU para configuración y pruebas, modos de comando AT y API para configuraciones locales o remotas, forma de fabrica pequeña y conjunto de comandos extensible.

Los módulos se montan sobre tarjetas de interfaz RS232 y USB sin requerir ningún tipo de soldadura, contienen receptáculos de 20 pines para ubicar el módulo.

La placa de montaje con interfaz RS232 se emplea en el lado del prototipo y la placa con interfaz USB se utiliza en la computadora central. En ambos lados la placa se encarga de realizar la conversión de voltajes de niveles RS232 que manejan los computadores a niveles CMOS empleados por los módulos ZigBee y viceversa; el envío de datos desde el hardware computacional se realiza mediante puerto serial, se puede requerir instalación de hardware y software adicional (controladores) para simular el puerto serial y/o conectar las dos partes del hardware: computacional y de comunicaciones.

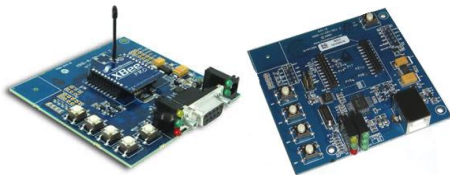


Fig. 6. Vista de las placas de montaje de los módulos ZigBee.

Los módulos tienen diversos tipos de modos de funcionamiento:

- 1) **Modo Idle.-** No recibe ni transmite información.
- 2) **Modo Transmisión.-** Transmite datos ya sea a través de radio frecuencia hacia la interfaz de aire o a través de la interfaz serial hacia el host.
- 3) **Modo Recepción.-** Recibe datos ya sea comunicándose a través de la interfaz de aire con otro dispositivo o a través de la interfaz serial con el host.
- 4) **Modo Sleep.-** Permite a un módulo entrar en un modo de bajo consumo cuando no está en uso, para cumplir esta función se requiere de ciertas configuraciones y de que el módulo no se encuentre ni enviando ni receptando información en dicho momento.
- 5) **Modo Comandos.-** Permite modificar o leer los parámetros del módulo, en este estado los caracteres que ingresan son interpretados como comandos. Se soportan dos opciones: Modo de Comandos AT y Modo de Comandos API.

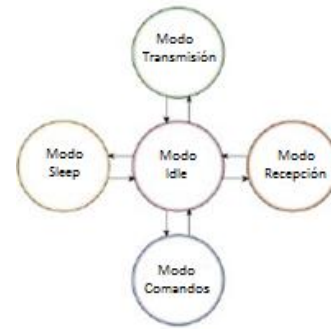


Fig. 7. Modos de operación de los módulos ZigBee.

La alimentación de los módulos se da mediante una batería de 9V para el caso de la placa de montaje RS232 ya que la placa USB obtiene la alimentación del computador al que se encuentra conectada, debido al bajo consumo de potencia de los dispositivos el tiempo de vida útil de la batería varía entre 6 y 18 meses aunque con configuraciones de modo sleep este tiempo puede extenderse aún más.

### B. Hardware Computacional

El hardware computacional se refiere a todos aquellos dispositivos que son utilizados en el diseño del prototipo de red que permite tanto la interacción con el software de las aplicaciones que manejan los usuarios, así como la interacción con el hardware de comunicaciones.

El prototipo de carta de menú interactivo pretende, de alguna manera, revolucionar el sistema de peticiones de órdenes en restaurantes, de tal manera que las personas que concurren al mismo como comensales puedan interactuar con el prototipo de la misma manera en la que interactúan con un mesero tradicional. De acuerdo a las tendencias actuales, el prototipo debe ser pequeño, de fácil manipulación y uso; el prototipo no puede ocupar demasiado espacio en el caso de que se piense en incrustarlo en la mesa ni ser de difícil manejo por el cliente.

El hardware computacional debe incluir una pantalla táctil, como terminal para interactuar con el usuario y a la vez con el hardware de comunicaciones. Una "Tablet PC" es una computadora, que está un paso delante de una PDA y un paso atrás de una computadora portátil. Una "Tablet PC" posee necesariamente una pantalla táctil, el usuario puede interactuar con esta computadora sin la necesidad de un mouse a través de la utilización de un "stylus" y es la opción más adecuada para este desarrollo por lo que la implementación busca un prototipo aproximado a este dispositivo.

Las características presentadas por la computadora que albergue la aplicación deben cumplir los requerimientos de la misma y los necesarios para el driver de control del módulo ZigBee. En términos generales, para poder alojar la aplicación, el hardware debe cumplir los requerimientos mínimos de middleware y de base de datos, es decir, de ".Net Framework" y de "MySQL", por lo que son ellos quienes determinan los requerimientos de hardware para soportar la aplicación de la carta de menú interactivo.

El módulo ZigBee que interactúa con la computadora se

conecta a la misma a través de un puerto serial. En el caso del prototipo de carta de menú interactivo se utiliza el puerto USB de la “Tablet PC” y a su vez también un adaptador de interfaces USB – SERIAL (conector DB-9).

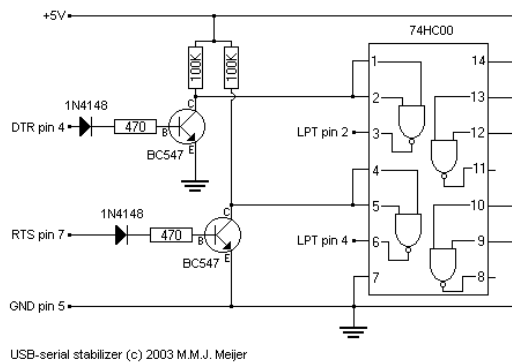


Fig. 8. Esquema de funcionamiento conector USB-Serial.

Es importante mencionar que el sistema de energía de la “Tablet PC” o dispositivo terminal es un aspecto vital para el funcionamiento de la red. El estado “suspendido” de las computadoras tiene un consumo de batería prácticamente nulo, lo que permite un ahorro de energía en el sistema de pedidos. Un restaurante típico trabaja durante 15 horas al día; si la batería puede trabajar constantemente durante 4 horas, se aseguraría el trabajo del dispositivo durante todo el día de trabajo aplicando el ahorro de energía por suspensión antes mencionado.

El computador receptor de órdenes es el computador central y cerebro de la red. El funcionamiento constante de este dispositivo es imprescindible ya que estará permanentemente recibiendo pedidos por parte de los prototipos de cartas de menú interactivos, una caída de servicio en este equipo es fatal para el funcionamiento del sistema de pedidos del restaurante así también una caída del hardware de comunicaciones a él asociado.

El computador debe cumplir ciertos requerimientos mínimos que permitan albergar y permitir el funcionamiento ininterrumpido de la aplicación que se encarga de la recepción de órdenes. Se pretende que la aplicación sea portable y que pueda ser utilizada en una computadora portátil o en una PC de escritorio con características mínimas que son presentadas a continuación.

- 1) **CPU:** Procesador frecuencia mínimo 1Ghz
- 2) **Memoria:** DDR2 2GB
- 3) **Disco duro:** 40GB
- 4) **Sistema Operativo:** Debe tener soporte de .NET Framework o emulación del mismo.
- 5) **Puertos:** USB 2.0

Es importante pensar que el usuario administrador del restaurante, podría utilizar el computador central para otros propósitos, como por ejemplo, un servicio de facturación, un inventario de materia prima, o simplemente para administrar la música del local. Esto haría que la planificación de capacidad para este computador sea diferente, es decir, tendrían que ser mayores las características en cuanto a procesamiento, memoria, sistema operativo y tarjetas externas o internas de este dispositivo, lo cual también repercute en el análisis de costo del equipo.

### III. DISEÑO DE SOFTWARE

#### A. Programación Dirigida por Eventos

La programación dirigida por eventos es una de las más revolucionarias permitiendo el desarrollo de programas e interfaces mucho más interactivos; la estructura y ejecución del programa se determinan por los eventos que ocurran en el sistema o que el mismo programa lleve a cabo. Este tipo de desarrollo está ligado directamente a una programación con herramientas visuales que conjugan una herramienta de diseño gráfica para la interfaz de usuario y un lenguaje de alto nivel.

Una aplicación, al ejecutarse, realiza inicializaciones y ejecuta código inicial para luego permanecer a la espera de que un evento se produzca, al recibir un evento entra en un rol de administrador de eventos cumpliendo las tareas asignadas a cada evento cuando estos se producen. La mayoría de lenguajes destinados a este tipo de programación emplean un conjunto de elementos (objetos, controles, etc.) a los cuales se les asigna una serie de eventos.

#### B. Desarrollo de Programas

La creación de un programa requiere una técnica para la obtención de resultados óptimos, dicha técnica sugiere que el programa desarrollado cumpla los siguientes detalles:

- 1) **Debe ser correcto**, debe cumplir los requerimientos detallados previos al diseño.
- 2) **Debe ser claro**, debe facilitar su desarrollo y posterior mantenimiento; su estructura debe buscar sencillez, coherencia y estilo en la edición.
- 3) **Debe ser eficiente**, aparte de cumplir con las tareas para las que fue creado debe utilizar eficientemente los recursos.
- 4) **Debe ser portable**, permitir su ejecución en plataformas de hardware y software distintas a la plataforma en la que fue creado.

El software a diseñarse buscará en lo posible alinearse a los parámetros detallados, teniendo en cuenta el alcance que pretende este diseño. Existen un sinnúmero de tendencias con respecto a la forma en que se estructura un programa. Dentro de las arquitecturas más comunes y que usualmente son adaptadas por los diseñadores en lugar de crear nuevas tendencias tenemos:

- 1) **Monolítica:** Estructura en grupos funcionales muy acoplados.
- 2) **Cliente/servidor:** Reparto no claro de la carga de cómputo entre 2 partes independientes que interactúan entre sí.
- 3) **De tres capas:** Especialización de una arquitectura cliente/servidor donde el reparto se da de una manera clara en tres funciones.

#### C. Arquitectura de 3 Capas

Al dividir el desarrollo del software se busca una separación lógica de los componentes inmersos en el desarrollo, las 3 capas a manejarse son: de presentación, de negocio y de datos. Es importante no confundir los términos

capas y niveles; el primero tiene relación con una segmentación del tipo lógico mientras que el segundo tiene que ver con una segmentación a nivel físico usando varios computadores que alojen determinada capa. El diseño empleado en el prototipo y en la máquina central que recepta las órdenes usa tres capas y un solo nivel.

Las 3 capas y sus funciones principales son las siguientes:

1) **Presentación.-** Maneja la presentación del programa al usuario debe ser concisa, amigable y de fácil uso.

2) **Negocio.-** Se encarga de las funciones lógicas y de control; se definen las reglas que se siguen para un correcto funcionamiento del programa, su estructura se encargará de la manipulación de los datos existentes así como procesar la información enviada o solicitada por la capa presentación. Tiene comunicación con las otras dos capas y es la parte medular de la arquitectura, para el caso del diseño planteado en el que existe de por medio una comunicación inalámbrica con otro diseño de tres capas residente en otro dispositivo la interacción se da a nivel de esta capa.

3) **Datos.-** Su función es la de realizar transacciones consistentes y precisas con la base de datos donde la información a usar por el sistema es almacenada, su interacción se da con la capa de negocio y se emplean sistemas de gestión de bases de datos para la obtención, ingreso o modificación de información en la base de datos.

El sistema, al igual que a nivel de hardware, también en software consta de dos partes, la primera reside en el prototipo de carta de menú y la segunda en el computador receptor de órdenes. Las dos partes manejan la lógica ya descrita: arquitectura de tres capas con un nivel. Las capas son similares en ambos extremos con mayor enriquecimiento en la presentación de la carta de menú y con mayores funciones en cuanto a base de datos por las funciones complementarias a llevar a cabo en el receptor de órdenes.

Las herramientas empleadas para realizar el software son las siguientes, para la capa presentación y de negocio se emplea Visual Studio con programación en Visual Studio .NET mientras que para la base de datos se emplea MySQL con su gestor de base de datos y realizando las conexiones necesarias mediante programación en Visual Studio .NET se completa la arquitectura en cada uno de los extremos.

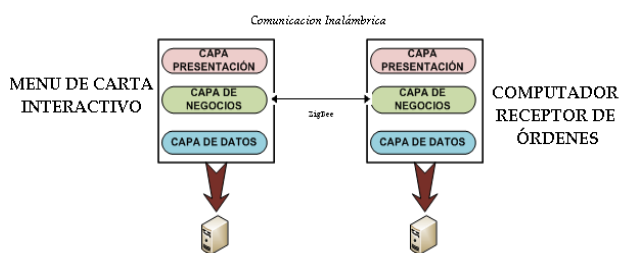


Fig. 9. Esquema general del sistema.

#### D. Requerimientos del Sistema

Dentro del ámbito de desarrollo de software y aplicaciones, un requerimiento es una necesidad sobre la

forma, la estructura o la funcionalidad de un servicio o producto. Definido por la IEEE, un requerimiento es una capacidad que un usuario necesita para poder resolver un problema, lograr un objetivo, o para satisfacer un contrato, estándar o documentación impuesta.

Cada uno de los componentes del sistema requiere cumplir con lo siguiente:

#### 1) Receptor de Ordenes:

- Administración de las mesas del restaurante
- Escucha continua y recepción de órdenes
- Escucha continua y emisión de cuentas
- Visualización y manejo de disponibilidad de productos
- Visualización y manejo de disponibilidad de meseros
- Asignación equitativa de meseros
- Manejo sencillo e intuitivo
- Bajo consumo en hardware

#### 2) Carta de menú interactivo:

- Presentación de las categorías de alimentos
- Presentación de los productos dentro de cada categoría
- Selección de productos en tipo y cantidad
- Visualización y envío de la orden
- Modificaciones previas al envío de la orden
- Petición de cuenta
- Asignación de mesero
- Llamado de mesero
- Manejo sencillo e intuitivo
- Bajo consumo en hardware

#### E. Casos de Uso

Son una técnica usada en la arquitectura e ingeniería de software, empleada para capturar los requisitos que conlleven a un nuevo software o a una actualización de los existentes, su objetivo es proporcionar el escenario o escenarios que indican la forma en que interactúa el sistema con sus usuarios.

Los casos de uso son la secuencia de interacciones resultantes de los eventos que activa el usuario en el sistema; realizar un diagrama que documente los casos de uso ayuda a especificar las comunicaciones y comportamientos con el software.

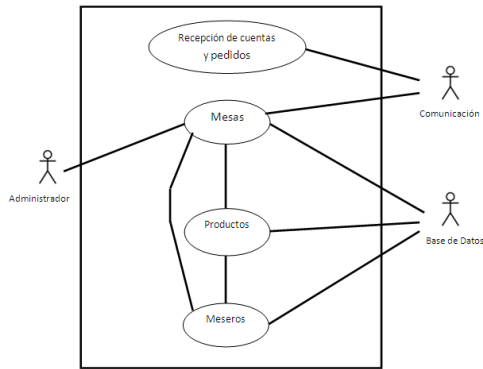


Fig. 10. Casos de uso software receptor de órdenes.

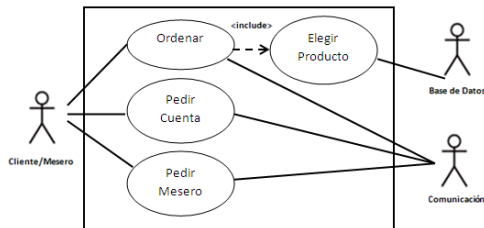


Fig. 11. Casos de uso software carta de menú.

## F. Diseño de Capas

### 1) Capa de datos:

Una base de datos se estructura por sus tipos de datos, vínculos o relaciones y restricciones a cumplir por los datos. El diseño de la misma consta de tres fases:

- Conceptual; descripción de alto nivel independiente del SGBD.
- Lógico; descripción de la estructura de la base que puede procesar un SGBD.
- Físico; descripción de la implementación, almacenamiento y acceso, dependiente del SGDB.

La base de datos para la aplicación receptora de órdenes almacena toda la información de categorías de productos y productos teniendo en cuenta su disponibilidad; además almacena la información de meseros con los que cuenta el restaurante, así como su disponibilidad.

La base de datos para la carta de menú es más sencilla ya que solo presentará las categorías de productos existentes y los productos para que el cliente los ordene.

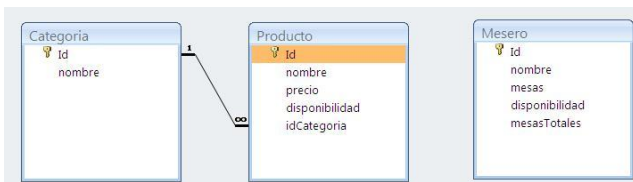


Fig. 12. Diagrama base de datos receptor de órdenes.

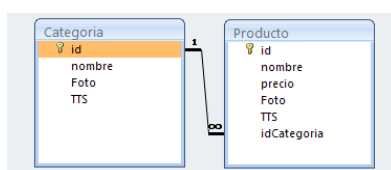


Fig. 13. Diagrama base de datos carta de menú.

### 2) Capa de negocios:

Todo el control de la aplicación, el lugar donde se definen reglas, validaciones, cálculos, flujos y procesos es la capa de negocios. Es la capa donde se engloba la lógica y el funcionamiento.

La capa de negocio es la capa que contiene los procesos a realizar con la información recibida desde la capa de presentación y responsabilizándose de que se le envíen las respuestas adecuadas a la capa de presentación. Es una capa intermedia, entre la capa de presentación y la capa de datos, se relaciona con ambas y procesa también la información devuelta por la capa de datos.

Algunas funciones son comunes a los dos programas y se importan en el código para utilizar sus funciones, otras funciones simples también son de uso en los dos aplicativos y son programadas para ayudar con ciertas funcionalidades; ciertas funciones son propias de cada software. Entre las funciones planteadas en esta capa se encuentran:

- Interacción con base de datos
- Conexión serial para envío inalámbrico
- Conversión binaria-decimal y viceversa
- Recepción de pedidos
- Envío de pedidos
- Funciones de estructuración de capa presentación

La carta de menú interactivo envía una trama de pedido que emplea valores binarios y para separar las tramas se emplea un símbolo fuera del alfabeto binario en este caso un valor decimal no binario:

Mesa	Producto	Cantidad	Separador
8 bits	8 bits	8 bits	1 símbolo

Fig. 14. Formato de trama de pedido.

- **Mesa**; identifica la mesa de la cual se envía el pedido, valores entre 1 y 255 (255 mesas posibles)
- **Producto**; identifica el producto solicitado, valores entre 1 y 254 (254 productos posibles)
- **Cantidad**; identifica la cantidad del producto, valores entre 1 y 254 (254 productos posibles)
- **Separador**; separa una trama de otra, valor decimal igual a 2 definido en la función de recepción de datos del receptor.

Al ser un prototipo el manejo de campos con longitud igual facilita el desarrollo de la aplicación pero modificaciones a dichos campos pueden ser realizadas sin mayor inconveniente como parte de la capa de negocio. Existen 2 tramas especiales que se componen para realizar las funciones de pedir cuenta y solicitar mesero, las dos utilizan el idMesa correspondiente pero emplean los siguientes valores en los campos restantes.

- **Trama Pedido de Cuenta:** Campos Producto y Cantidad utilizan el valor 11111111
- **Trama Solicitar Mesero:** Campos Producto y Cantidad utilizan el valor 00000000
- **Trama Cancelación de Pedido:** Campo Producto con valor 11111110 y campo cantidad con el número de elementos a cancelar

### 3) Capa de presentación:

El objetivo principal es su fácil entendimiento y uso, son el medio de interacción entre el usuario y el computador.

Una GUI o interfaz gráfica de usuario es un programa informático formado por imágenes y objetos visuales que interactúan con el usuario para entregarle ciertas funcionalidades; surgen de la necesidad de hacer las computadoras más accesibles al usuario común evitando conocimientos extensos sobre entornos bajos de línea de comandos.

Ambos programas constan de etiquetas, campos de texto, botones, imágenes y varios otros controles que ayudan a enriquecer la visualización y amigabilidad para ofrecer un uso intuitivo hacia el usuario.

A continuación se detallan los diagramas de flujo que muestran la navegación que el usuario tiene a través de las pantallas del programa.

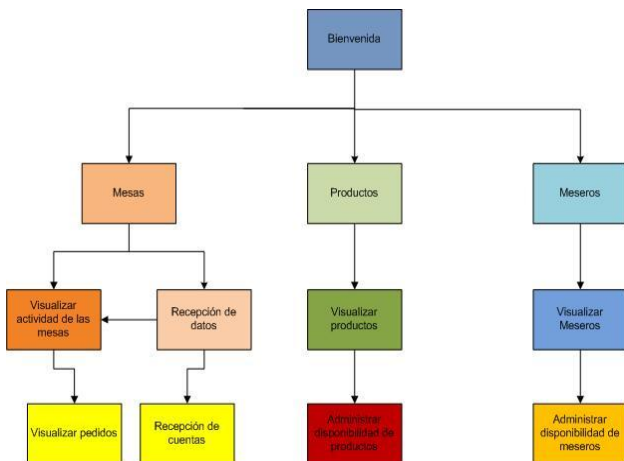


Fig. 15. Diagrama de navegación software receptor de pedidos.

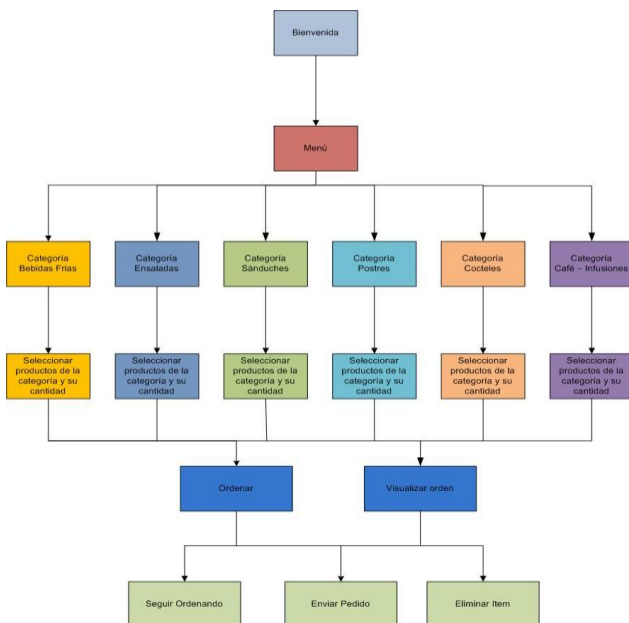


Fig. 16. Diagrama de navegación software carta de menú.

### G. Software de Dispositivos X-CTU

X-CTU es una herramienta del tipo stand-alone que permite la configuración de módulos XBee. La comunicación entre el hardware XBee y una PC se realiza a través de una interfaz serial, por lo que se necesita configurar los parámetros básicos de una comunicación de este tipo, esto se lo realiza en la pestaña PC Settings del software X-CTU. Los parámetros por defecto para la comunicación son: Tasa de Datos: 9600, Control de Flujo: HARDWARE, Bits de datos: 8, Paridad: Ninguna, Bits de Parada: 1.

A continuación se indican las tareas que cumple el software X-CTU.

- Ejecutar prueba de alcance
- Configuraciones avanzadas del Modem
- Configurar módulos remotos
- Cambiar la versión de firmware

### IV. FUNCIONALIDAD, COSTOS Y RESULTADOS

#### A. Diagrama Funcional del Prototipo

El prototipo forma parte de un sistema que consta de dos partes las cuales no contienen ningún tipo de interconexión física ya que se comunican por vía inalámbrica, sin embargo el sistema depende de cada una de las partes para su funcionalidad completa.

El prototipo consta del terminal computacional que para este caso es una Tablet PC con funcionalidades de pantalla táctil y del módulo ZigBee para la comunicación inalámbrica, su interconexión es a través de una interfaz serial-USB. El receptor de órdenes consta también de un computador conectado mediante interfaz USB hacia el módulo ZigBee para la comunicación inalámbrica.

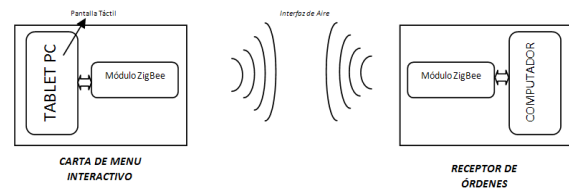


Fig. 17. Diagrama Físico del Sistema

Las dos partes que forman el sistema al igual que de modo físico se complementan de manera lógica para el funcionamiento general, cada uno de los programas emplean intercambio de información para cumplir determinadas acciones ya que sus funciones les permiten realizar el tratamiento de las tramas de información intercambiada. Los procedimientos que se llevan a cabo de manera lógica en una transacción normal se presentan a continuación mediante un diagrama de flujo.



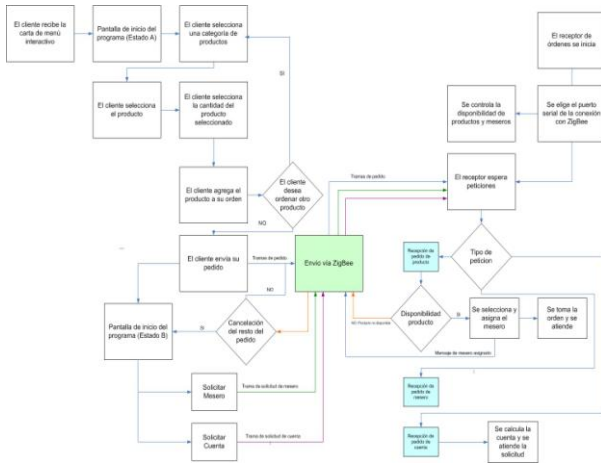


Fig. 18. Diagrama Lógico del Sistema

### B. Costos Generales del Sistema

Los costos se dividen en dos rubros, los costos de hardware y costos de software, teniendo en cuenta que el sistema puede proporcionarse con el hardware computacional o utilizar un hardware computacional que nos provea el cliente y que se ajusten a nuestros requerimientos; adicionalmente se muestran los costos con los dos tipos de hardware empleados en el presente prototipo.

TABLA I  
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE HARDWARE.

Implemento	Costo	
	Mini Acer Aspire One	Hp Pavilion TX1000
Hardware computacional	380 USD <sup>22</sup>	625 USD <sup>23</sup>
Implementación ZigBee Receptor de órdenes	90 USD <sup>24</sup>	
Implementación ZigBee Menu Interactivo	90 USD c/u	
Tablo Pen para pantalla táctil	80 USD <sup>25</sup> c/u	No aplica
Instalación y armado <sup>26</sup>	50 USD c/u	25 USD c/u
<b>Totales:</b>	690 USD	830 USD

Los valores de la implementación de software mostrados en la tabla 2 se justifican mediante la utilización del Modelo Constructivo de Costos (COCOMO). Este es un modelo matemático de base empírica utilizado para la estimación de precios de software. Este modelo está orientado a la magnitud del producto final, midiendo su tamaño, principalmente en líneas de código.

Una consideración a tener en cuenta en la implementación de este sistema es la del licenciamiento de los programas, al utilizar programas de Microsoft® se requiere las licencias necesarias para evitar problemas de ley, por lo que, a pesar de que este sea un proyecto con fines meramente educativos hemos empleado una licencia de Visual Studio a través del Programa de Licenciamiento de Microsoft de la Escuela Politécnica Nacional.

TABLA II  
COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE.

Implemento	Costo
Software receptor de órdenes	680 USD
Software menú interactivo	340 USD
Licenciamiento	1100 USD <sup>27</sup>
<b>Totales:</b>	2120 USD

Los costos generales son:

TABLA III  
COSTOS GENERALES DE IMPLEMENTACIÓN.

Item	Costo <sup>28</sup>
Licenciamiento	1100 USD (Licencia VisualStudio 2005 Professional Edition)
Receptor de órdenes <sup>29</sup>	680 (software) + 90 (ZigBee) + 380 (PC) = 1150 USD
Carta de menú interactivo	340 (Software) + 90 (ZigBee) + 380 (PC) + 80 (Tablo Pen) + 50 (Instalación y armado) = 940 USD
<b>Total<sup>30</sup></b>	1150 (Receptor) + 340 (Software Carta menú) + 1100 (Licenciamiento) + 600x (carta de menú) = 2590 + 600x USD <sup>301</sup>
	1150 (Receptor) + 340 (Software) + 90 (ZigBee) + 625 (PC) + 25 (Instalación y armado) = 1080 USD
	1150 (Receptor) + 340 (Software Carta menú) + 1100 (Licenciamiento) + 740x (carta de menú) = 2590 + 740x USD

### V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### Libros:

- [1] Labiod, Houda. Afifi, Hossam, y De Santis, Constantino. (2007). Wi-Fi Bluetooth ZigBee and WiMax. Edición Springer. Holanda.
- [2] Gislason, Drew. (2008). ZigBee Wireless Networking. Newnes. USA
- [3] Farahani, Shahin. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers. Newnes. USA
- [4] Jelena, Mišić, y Vojislav B, Mišić. (2008). Wireless Personal Area Networks: Performance, Interconnections and Security with IEEE 802.15.4. University of Manitoba. Canadá.
- [5] Eady, Fred. (2007). Hands-On ZigBee Implementing 802.15.4 with Microcontrollers. Newnes. USA.
- [6] Romero, Cristóbal. (2006). Domótica E Inmótica: Viviendas Y Edificios Inteligentes. España

#### Artículos Técnicos:

- [7] Hernández, Enrique O. (2006). Introducción a Microsoft .NET. España.
- [8] Balena, Francesco (2003). Programación avanzada con Microsoft Visual Basic .NET. Mcgraw-Hill/Interamericana De España. España

[9] [8] Gilfillan, Ian (2003). La Biblia de MySQL. ANAYA Multimedia. España

#### *Materiales de Estudio:*

[10] Bernal, Iván. (2008). Material de Comunicaciones Inalámbricas. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador

#### *Recursos Web:*

[11] ZigBee Alliance (2010). ZigBee Building Automation. <http://www.zigbee.org/Markets/ZigBeeBuildingAutomation.aspx>

[12] Grupo de Trabajo IEEE 802.15.4 (2010). IEEE 802.15 WPAN™ Task Group 4. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>

[13] Saralain, Mijail. Tutorial de SPSS 8. <http://www.monografias.com/trabajos12/tutor/tutor.shtml>

[14] Digi International (2010). XBee® & XBee-PRO® 802.15.4 OEM RF Modules. <http://www.digi.com/products/wireless/point-multipoint/xbee-series1-module.jsp#overview>

[15] Loquendo Vocal Technology and Services. Loquendo Text-to-Speech (TTS). <http://www.loquendo.com/es/technology/TTS.htm>



**Fernando Flores C**, Graduado en la Escuela Politécnica Nacional en Electrónica y Telecomunicaciones en el año 1984. Actualmente y desde abril de 1982 se desenvuelve como docente del DETRI (Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información). Trabajó como Asesor de Teleinformática en ASETA desde Febrero de 1987 hasta Mayo de 2001. ([fernando.flores@epn.edu.ec](mailto:fernando.flores@epn.edu.ec))

## VI. BIOGRAFÍAS



**Luis Pérez**, nació en Ibarra-Ecuador el 26 de Abril de 1987. Se graduó en 2011 como Ingeniero en Electrónica y Redes de Información de la Escuela Politécnica Nacional. En el mismo año asistió al Curso “Information Technology for Developing Countries” en Shanghai-China. Actualmente ocupa el cargo de Ingeniero Postventa de la empresa Megasupply S.A de Servicios Tecnológicos y Networking.

Entre sus principales funciones y áreas de conocimiento se encuentran el diseño, instalación y troubleshooting de soluciones de redes cableadas, inalámbricas, telefonía IP, seguridades, virtualización y data center; para lo cual cuenta con varias certificaciones y cursos de marcas reconocidas como Cisco (CCNA, Cisco Sales Expert, Cisco Express Foundation Sales Specialist, Cisco Advanced IP Communications Sales Specialist, Cisco Unity Support Specialist), VMWare (VTSP5.0, VCP 5.0), NetApp (NetApp Acreditad Storage Architect Professional), etc. ([lhpi@hotmail.com](mailto:lhpi@hotmail.com))



**Ricardo A. Muñoz**, nació en Quito-Ecuador el 22 de Julio de 1986. Se graduó en 2011 como Ingeniero en Electrónica y Redes de Información de la Escuela Politécnica Nacional. Asiste al curso previo a la obtención de la Maestría en Auditoría y Evaluación de Sistemas Tecnológicos en la Escuela Politécnica

del Ejército. Ocupa el cargo de Ingeniero Postventa de la empresa Megasupply S.A de Servicios Tecnológicos y Networking, realizando tareas de configuración, diseño y troubleshooting de routing, switching, wireless, telefonía IP, QoS y Seguridad Informática. Ha realizado cursos y obtenido certificaciones como CCNA, CCDA, Cisco Unified Computing Technology Design Specialist, Cisco Routing and Switching Solutions Specialist y CCSA de Checkpoint. ([superandres100@hotmail.com](mailto:superandres100@hotmail.com))