



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE HUMEDAD UTILIZANDO  
TECNOLOGÍA BLUETOOTH Y DESARROLLO DE APLICACIÓN ANDROID  
PARA SU MONITOREO MEDIANTE SMARTPHONE.**

Previa la obtención del Título

**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

ELABORADO POR:

Gary Rolando Torres Villón

Guayaquil, 20 de Febrero del 2014



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Gary Rolando Torres Villón** como requerimiento parcial para la obtención del  
título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

Guayaquil, 20 de Febrero del 2014

DIRECTOR

---

MsC. Edwin Palacios Meléndez

REVISADO POR

---

Ing. Armando Heras Sánchez  
Revisor Metodológico

---

MsC. Bayardo Bohórquez Heras  
Revisor de Contenido



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

GARY ROLANDO TORRES VILLÓN

**DECLARÓ QUE:**

El proyecto de tesis denominado “Sistema de Adquisición de Datos de Humedad utilizando tecnología Bluetooth y desarrollo de aplicación Android para su monitoreo mediante smartphone” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, 20 de Febrero del 2014

EL AUTOR

GARY ROLANDO TORRES VILLÓN



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

### **AUTORIZACIÓN**

Yo, GARY ROLANDO TORRES VILLÓN

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: “Sistema de Adquisición de Datos de Humedad utilizando tecnología Bluetooth y desarrollo de aplicación Android para su monitoreo mediante smartphone”, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, 20 de Febrero del 2014

EL AUTOR

GARY ROLANDO TORRES VILLÓN

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y por haberme dado tanto y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres por su apoyo incondicional, por entender que el camino no es fácil y por la paciencia que han tenido que tener conmigo. A mi abuelo Pepe, que fue él quien me incentivó a seguir una carrera de ingeniería con sus charlas de ciencia y tecnología que tanto le gusta y en lo personal eso fue fundamental.

**EL AUTOR**

**GARY ROLANDO TORRES VILLÓN**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por protegerme, por guiarme por el buen camino en una ciudad que no conocía.

A mi mami Carmita que la adoro tanto que es mi pilar fundamental, por sus consejos que siempre los escuché y por sus bendiciones que siempre me protegieron.

A mi padre Rolando, por su paciencia, por su apoyo, por no perder la fe en mí, por todo lo que me ha dado que sin eso el camino hubiese sido mucho más duro y difícil.

A ti mi hermana que te amo gracias por tu apoyo, por estar siempre de mi lado y por no delatarme cuando pudiste hacerlo.

A mis amigos incondicionales Susanna, Milton y Santiago por estar cuando los necesitaba, porque son parte de este viaje, y por hacerlo fácil y divertido.

A ti Sonja, amor mío, gracias por compartir tu vida conmigo y por darle equilibrio a mi vida que realmente lo necesitaba. Te amo.

A mi director de tesis MsC. Edwin Palacios Meléndez por su gran ayuda para hacer posible esta tesis y también a MsC. Bayardo Bohórquez Heras por sus consejos y por comprensión y ayuda cuando necesite un amigo.

EL AUTOR

GARY ROLANDO TORRES VILLÓN

Índice General	
Índice de Figuras .....	9
Índice de Tablas .....	11
Resumen.....	12
<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Introducción.....	13
1.2. Antecedentes.....	13
1.3. Justificación del Problema.....	14
1.4. Definición del Problema.....	14
1.5. Objetivos del Problema de Investigación.....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos.....	14
1.6. Idea a Defender.....	15
1.7. Metodología de Investigación.....	15
<b>CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica de Microcontroladores PIC.....</b>	<b>16</b>
2.1. Introducción a los Microcontroladores.....	16
2.2. Los sistemas de microcontroladores .....	17
2.3. Característica de los microcontroladores PIC.....	20
2.4. Arquitectura PIC: Gama media.....	20
2.3.1. Arquitectura Harvard.....	21
2.3.2. RISC, Diseño de CPU.....	22
2.3.3. Instrucciones de una palabra.....	23
2.3.4. Formato de Instrucciones.....	24
2.3.5. Versiones de dispositivos de gama media.....	25
2.5. Características Básicas de los PIC de gama media.....	26
2.4.1. Oscilador.....	26

2.4.2.	Reinicio del Sistema ( <i>System Reset</i> ).	30
2.4.3.	Interrupciones.	32
2.6.	Almacenamiento de Datos - EEPROM.	32
<b>CAPÍTULO 3: APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES</b>		
	<b>SMARTPHONE EN ANDROID.</b>	<b>34</b>
3.1.	Dispositivos Móviles.	34
3.2.	Clasificación de los Dispositivos Móviles.	36
3.3.	Estándares de Dispositivos Móviles.	38
3.4.	Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles.	39
3.4.1.	Symbian OS.	40
3.4.2.	Android OS.	41
3.4.3.	iPhone OS.	42
3.4.4.	BlackBerry OS.	43
3.4.5.	Windows Phone.	43
3.5.	Estándar de Desarrollo de Aplicaciones Nativas en Android.	44
3.6.	Programación App Inventor de Android.	46
<b>CAPÍTULO 4: DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>		
4.1.	Módulo de control PIC16F886.	48
4.2.	Programador P.PICI&T04	50
4.3.	Módulo Bluetooth.	51
4.4.	Desarrollo del Proyecto.	51
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
5.1.	Conclusiones.	58
5.2.	Recomendaciones.	58
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		
		60

## Índice de Figuras

### Capítulo 2.

Figura 2. 1: Microcontrolador que encierra todos los elementos de una microcomputadora en un solo circuito integrado.....	17
Figura 2. 2: Microcontrolador PIC.....	18
Figura 2. 3: Familia de los Microcontrolador PIC.....	19
Figura 2. 4: Memoria del PIC de gama media.....	21
Figura 2. 5: Diagrama de bloques de un procesador digital de Arquitectura Harvard.....	22
Figura 2. 6: Formato de instrucciones de gama media de los microcontroladores PIC.....	24
Figura 2. 7: Conexión a un oscilador externo.....	26
Figura 2. 8: Cristal de cuarzo de 1 MHz.....	27
Figura 2. 9: Conexión del oscilador XT al PIC16F884A.....	28
Figura 2. 10: Oscilador externo en modo LP, XT o HS.....	28
Figura 2. 11: Oscilador externo en modo EC.....	29
Figura 2. 12: Oscilador externo RC (resonante – capacitivo).....	29
Figura 2. 13: Conexión del oscilador XT al PIC16F884A.....	31

### Capítulo 3.

Figura 3. 1: Crecimiento en Ventas de teléfonos: celulares, smartphome; y laptops (computadoras portátiles) en el mundo.....	35
Figura 3. 2: Dispositivos de comunicación smartphome.....	36
Figura 3. 3: Dispositivos de reproducción multimedia.....	37
Figura 3. 4: Dispositivos de computación.....	37
Figura 3. 5: Consolas portátiles –PSVITA-.....	38
Figura 3. 6: Dispositivos móviles según los estándares.....	39
Figura 3. 7: Dispositivos móviles Nokia con Symbian OS.....	41
Figura 3. 8: Dispositivos móviles con Sistema Operativo Android.....	41
Figura 3. 9: Evolución de iPhone OS hasta iOS.....	42
Figura 3. 10: Dispositivo móvil BB con BlackBerry OS.....	43

Figura 3. 11: Dispositivo móvil Nokia con Sistema Operativo Windows Phone 8.0.....	44
Figura 3. 12: Plataformas APP Inventor.....	46

**Capítulo 4.**

Figura 4. 1: Módulo de entrenamiento MEI&T.....	48
Figura 4. 2: Puertos de Entrada y Salida (E/S) del MEI&T.....	49
Figura 4. 3: Programador P.PIC1&T04. ....	50
Figura 4. 4: Distribución de pines del módulo bluetooth.....	51
Figura 4. 5: Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos de humedad. ....	52
Figura 4. 6: Diagrama ASM del sistema de adquisición de datos de humedad. ....	53
Figura 4. 7: Interfaz gráfica de Appinventor. ....	56
Figura 4. 8: Diagrama ASM del sistema de adquisición de datos de humedad. ....	57

## Índice de Tablas

### Capítulo 2.

Tabla 2. 1: Características de los PIC's de 8 bits.....	20
Tabla 2. 2: Selección del capacitor para operación del oscilador de cristal. ....	29
Tabla 2. 3: Selección de componentes para osciladores RC. ....	30

### Capítulo 4.

Tabla 4. 1: Interconexión entre dispositivos. ....	53
--	----

## Resumen

El trabajo de titulación denominado “SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE HUMEDAD UTILIZANDO TECNOLOGÍA BLUETOOTH Y DESARROLLO DE APLICACIÓN ANDROID PARA SO MONITOREO MEDIANTE SMARPHONE” en cual a través de la problemática encontrada nos permitió desarrollar la aplicación práctica mediante el sensor de humedad. Es decir, que el valor del sensor de humedad obtenido se envía y guarda en el PIC16F886 para ser enviado por Bluetooth a un dispositivo móvil sea este celular Smartphone o Tablet que tenga incorporado Android.

En la visualización por pantalla de los dispositivos móviles en mención, se requería programar en App Inventor, lo cual se tenía que investigar y aprender de programar bajo la plataforma Android.

En el Capítulo 1, se presenta la justificación, antecedentes y la definición del problema a investigar, así como también el objetivo general, objetivos específicos, idea a defender y la metodología de investigación.

En el Capítulo 2, se presenta la Fundamentación Teórica de Microcontroladores PIC lo que permitió el diseño del dispositivo electrónico.

En el Capítulo 3, se presenta las Aplicaciones para Dispositivos Móviles y se describe brevemente la plataforma de programación App Inventor bajo Android.

En el capítulo 4, se presenta el Desarrollo Experimental del Hardware y Software del trabajo de Titulación.

En el Capítulo 5, se presenta las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **1.1. Introducción.**

Existen en el mercado una gran variedad de dispositivos orientados a las tareas de adquisición de datos y monitoreo de variables físicas ambientales. Estos dispositivos, son capaces de trabajar en forma distribuida, generando gran variedad de topologías de redes para comunicarse entre ellos mediante protocolos de comunicación estándares cableados como: RS-485, HART, Profibus, Ethernet and Modbus. También existen capaces de hacerlo en forma inalámbrica, resaltando protocolos de comunicación como: Bluetooth, USB Wireless, Zigbee y WiFi entre otros.

Sin duda, IEEE 802.11g ha sido la versión más aceptada por el mercado de los computadores y equipos de comunicación de uso cotidiano como PDA's y Smartphones, y ha experimentado un crecimiento dramático, ya que una de sus principales características es la de ser 100% compatible con dispositivos basados en anteriores versiones como la IEEE 802.11b, permitiendo de esta manera la utilización de la infraestructura instalada previamente.

### **1.2. Antecedentes.**

Este trabajo se basa en un estudio de los protocolos de comunicación inalámbricos orientados a trabajar en forma distribuida para la medición, monitoreo y control de procesos industriales y su impacto en la optimización de los procesos productivos, así como en la medición de variables ambientales. Describe de forma precisa el diseño e implementación de una unidad de adquisición de datos, con capacidad de trabajar en red mediante un enlace inalámbrico IEEE 802.11b/g de forma autónoma por grandes periodos de tiempo de ser necesario.

Esta unidad de adquisición de datos cuenta con diversas características, entre las cuales se destacan la capacidad de leer hasta 5 variables análogas, en un rango de voltaje de 0 a 5 volts.

### **1.3. Justificación del Problema.**

El sistema desarrollado propicia el aprovechamiento de la infraestructura física e informática instalada, ya que puede utilizarse en la red existente o anexarse un nuevo segmento de red inalámbrica, permitiendo el acceso a los nodos de adquisición de datos o al equipo de cómputo o microcontrolador que actúe como unidad central del sistema.

También, hace posible acceder a los datos de la red con cualquier equipo de cómputo como una Laptop o Netbook, en el cual se cuente con una tarjeta de red inalámbrica o dispositivo móvil si es el caso.

### **1.4. Definición del Problema.**

Necesidad de elaborar un Sistema de Adquisición de Datos de Humedad utilizando tecnología Bluetooth y del desarrollo de una aplicación en Android para monitoreo mediante smartphone.

### **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

#### **1.5.1. Objetivo General.**

Implementar un Sistema de Adquisición de Datos de Humedad utilizando tecnología Bluetooth mediante el desarrollo de una aplicación en Android para monitoreo en smartphone...

#### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Describir la Fundamentación Teórica Estado de Microcontroladores PIC que permita adquirir los datos de humedad.

- Identificar las aplicaciones para dispositivos móviles smartphone en Android.
- Implementar el sistema de adquisición de datos de humedad utilizando tecnología Bluetooth.
- Desarrollar la aplicación en Android para dispositivos electrónicos móviles.

### **1.6. Idea a Defender.**

Mediante la implementación del Sistema de Adquisición de Datos de Humedad permitirá mejorar el proceso de aprendizaje y del desarrollo de aplicaciones en microcontroladores de nuevos saberes para desarrollar investigaciones de aplicaciones de los microcontroladores a nivel de pregrado.

### **1.7. Metodología de Investigación.**

El trabajo de titulación es exploratorio, ya que como objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco abordado o estudiado. Se revisa el estado del arte de los microcontroladores y sus aplicaciones, los mismos que se encuentran en diversos estudios afines pero en otros contextos.

También es de carácter explicativo, porque describen teorías o fenómenos que responden a las causas en los que ocurrieron los eventos físicos o sociales. Es decir, que es explicativo, porque se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste.

Finalmente, puedo decir que el trabajo de titulación corresponde al paradigma empírico-analítico.

## **CAPÍTULO 2: Fundamentación Teórica de Microcontroladores PIC.**

En el presente capítulo se fundamentará el empleo de los microcontroladores PIC, para lo cual se investigó en libros disponibles en google académico, en repositorios digitales y de documentos de tesis realizadas en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

### **2.1. Introducción a los Microcontroladores.**

El inicio de esta tecnología data a finales del año 1969, en la cual Noyce Bob y Moore Gordon fabricaron los primeros chips de memorias para ordenadores de escritorio. Aunque no entraremos en detalle histórico de los microcontroladores, Valdés P., F. E, & Pallas A., R. (2007) define lo que se entiende por microcontrolador y a la vez establece la diferencia con el microprocesador, en la que se exponen los recursos comúnmente disponibles en un microcontrolador, haciendo énfasis en aquellos recursos propios de estos dispositivos y que no tienen los microprocesadores en general.

Los microcontroladores PIC han evolucionado tecnológicamente mediante las diversas gamas, tales como las de gama baja, media y alta, las dos últimas con elevadas prestaciones, según García B., E. (2012), Microchip mantiene la arquitectura básica que tan buenos resultados ha obtenido con las gama baja y media, y que se han reducido las limitaciones en los de gama alta (PIC18, PIC24 y dsPIC).

En un estudio similar de microcontroladores en la que se describe los integrados en un solo chip de silicio (González, A. J., 2013), los mismos que son muy utilizados en artículos domésticos tales como: hornos microondas, controles remotos de TV, cocinas, equipos de alta fidelidad, reproductores de CD/DVD, ordenadores personales, frigoríficos, etc.

Además, Aranguren, G., & Nozal, L. (1996) indica que los microcontroladores tienen una serie de aspectos didácticos en que superan a los sistemas sencillos basados en microprocesadores, siendo fáciles de utilizar en procesos pequeños mediante aplicaciones como convertidores analógicos/digitales, digitales/analógicos, etc.

## 2.2. Los sistemas de microcontroladores

Un microcontrolador es un ordenador de en un único chip. La palabra micro indica que el dispositivo es pequeño, y controlador indica que el dispositivo se puede usar en aplicaciones de control. Mientras que Rossano, V. (2013) describe lo siguiente:

Para resolver el problema de la complejidad y el alto costo de los sistemas basados en microprocesadores, se crean los microcontroladores, que no es otra cosa que un sistema de microcomputadora completo. Es decir, un microcontrolador contiene en un solo circuito integrado (ver figura 2.1) el microprocesador, la memoria de datos, la memoria de programa y las unidades de entrada/salida, lo cual lo hace muy pequeño, barato y fácil de manejar, por lo que es ideal para muchas aplicaciones de propósito específico. (p. 17)

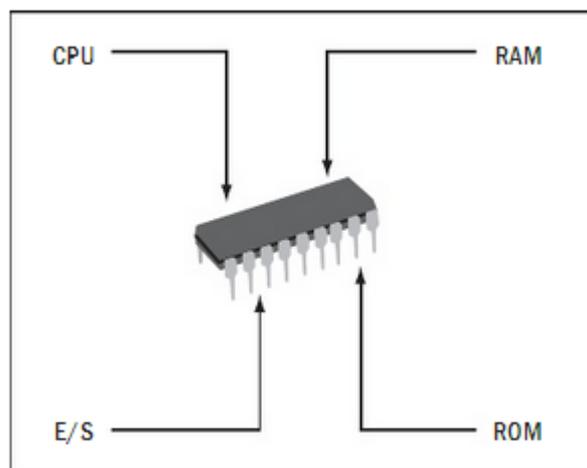


Figura 2. 1: Microcontrolador que encierra todos los elementos de una microcomputadora en un solo circuito integrado.

Fuente: Rossano, V. (2013)

Otro término usado para los microcontroladores es el de controlador embebido, puesto que la mayoría de los microcontroladores se integran (o se embeben) junto con los dispositivos que se encargan de controlar.

Un microprocesador se diferencia de un microcontrolador en diversos aspectos. La diferencia principal estriba en que un microprocesador necesita varios componentes para su funcionamiento, como son la memoria de programa, la memoria de datos, los dispositivos de E/S y el circuito del reloj externo. (Valdivieso, 2013, p. 26 )

En general, el único requerimiento de un sistema microcontrolador es que se encuentre en un único chip (ver figura 2.2). En aplicaciones prácticas, se pueden necesitar otros componentes adicionales para realizar la interfaz del microcontrolador con el entorno. Según Melchor H., N. (2009), con la aparición de la familia de microcontroladores PIC, el tiempo de desarrollo de un proyecto electrónico se ha reducido a varias horas.

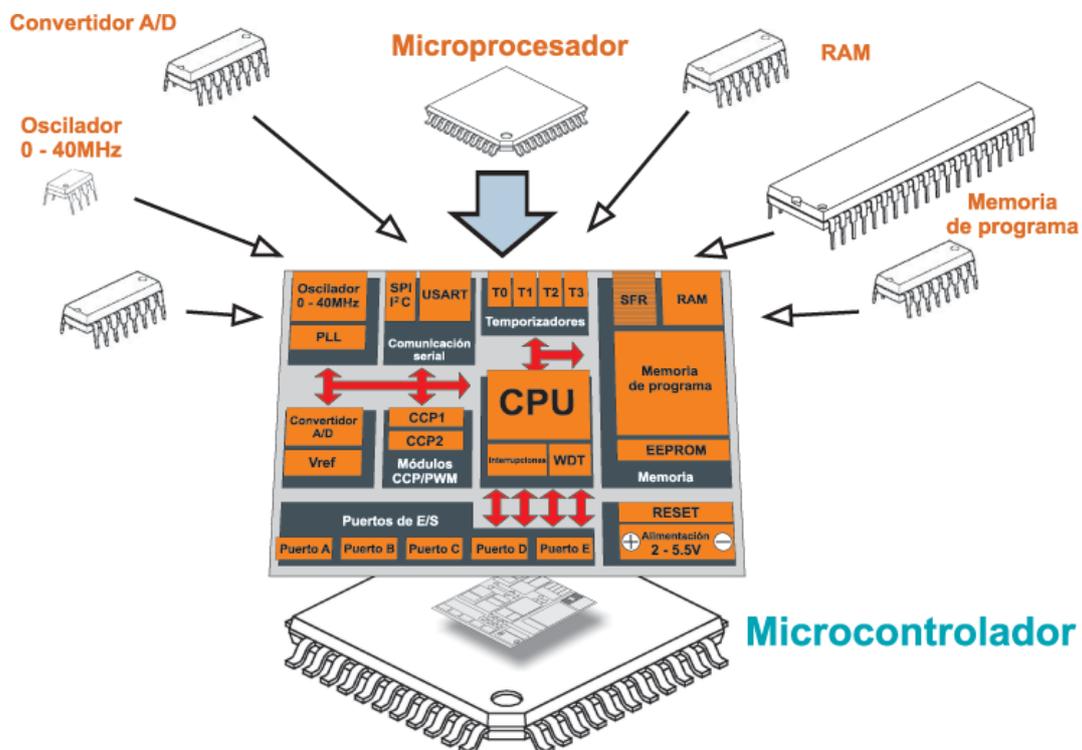


Figura 2. 2: Microcontrolador PIC.  
Fuente: Verle, M. (2010)

Finalmente, se puede resumir brevemente que los sistemas de microcontroladores son cada vez más utilizados en diversas áreas y con distintas aplicaciones, mientras que para Rossano, V. (2013) el diseñar circuitos con microcontroladores con aplicaciones sencillas hasta las aplicaciones más complejas, desde aficionados hasta profesionales, incluso a nivel industrial, cada vez son más los sistemas que son gobernados por uno o varios microcontroladores.

Un microcontrolador es una poderosa herramienta que al diseñador le permite manipular los datos de E/S de forma sofisticada bajo el control de un programa (Hernández, M., 2009).

Los microcontroladores se clasifican por el número de bits (véase la figura 2.3), los más populares y económicos son los microcontroladores de 8 bits su uso es muy frecuente para diversas aplicaciones; mientras que los microcontroladores de 16 bits y 32 bits son robustos, pero costosos y, normalmente, pero no son recomendables para aplicaciones de menor envergadura.

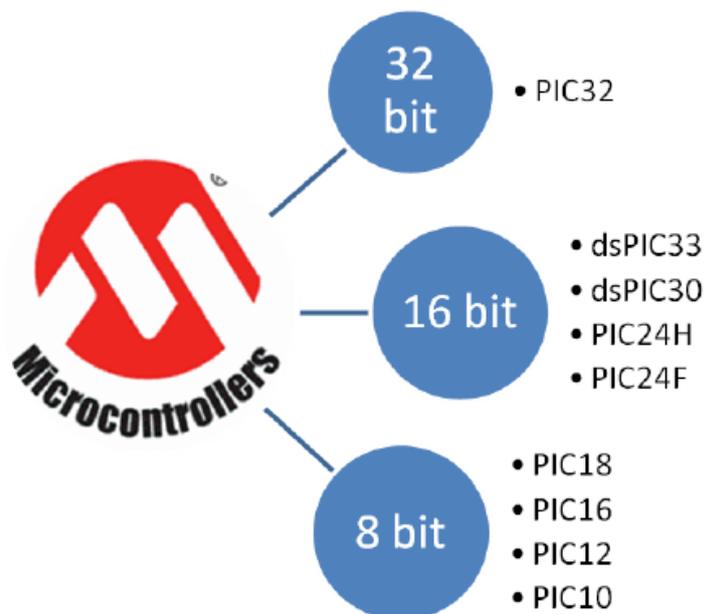


Figura 2. 3: Familia de los Microcontrolador PIC.  
Fuente: Autor.

### 2.3. Característica de los microcontroladores PIC.

En la tabla 2.1 se muestran en resumen las diferentes gamas (baja, media, mejorada media y alta) que corresponden a los microcontroladores PIC de 8 bits.

Tabla 2. 1: Características de los PIC's de 8 bits.

Arquitectura	'Baseline'	'Midrange'	'Enhanced midrange'	PIC18
Nº Pins	6-40	8-64	8-64	18-100
Funcionamiento	5 MIPS	5 MIPS	8 MIPS	10-16 MIPS
Instrucciones	33, instrucciones 12 bits	35, instrucciones 14 bits	49, instrucciones 14 bits	75, instrucciones 16 bits
Memoria de programa	Más de 3 KB	Más de 14 KB	Más de 56 KB	Más de 128 KB
Memoria de datos	Más de 138 Bytes	Más de 368 Bytes	Más de 4 KB	Más de 4 KB
Características principales	Bajos coste Fácil de aprender y usar	Buena relación calidad/precio Periféricos integrados (I2C, ADC,..)	Optimizados para código C Mapa de memoria simplificado	Multiplicador Hardware Periféricos avanzados (USB, CAN,..)
Familias	PIC10, PIC12, PIC16	PIC2, PIC16	PIC12F1xxx, PIC16F1xxx	

Fuente: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

### 2.4. Arquitectura PIC: Gama media.

Microcontroladores PIC son únicos en muchos sentidos. Comenzamos mencionando varias características generales de la PIC: la arquitectura de Harvard, el diseño de procesadores RISC, las instrucciones de una sola palabra, la máquina y la configuración de memoria de datos y formatos de instrucciones característicos.

Mientras que Valdés P., F. E., & Pallás A., R. (2007), indica que los PIC's de gama media disponen de un repertorio de 35 instrucciones de 14 bits cada una, en la cual la memoria de programa llegaría a 8k (8192) palabras de 14 bits, organizadas en páginas de 2k (2048) palabras cada una.

### 2.4.1. Arquitectura Harvard.

Los microcontroladores PIC por lo general no utilizan la arquitectura Von Neumann convencional, pero emplean un diseño de hardware diferente, conocida como la arquitectura Harvard. Originalmente, la arquitectura de Harvard se refirió a un diseño por ordenador en el que los datos y la instrucción usaban diferentes rutas de señal y áreas de almacenamiento. En otras palabras, los datos y las instrucciones no se encuentran en la misma área de memoria pero en si se encuentran separados.

Para Valdés P., F. E., & Pallás A., R. (2007), el término Harvard se debe al nombre del lugar donde Howard Aiken diseño los ordenadores Mark I, II, III y IV, los mismos fueron los primeros en emplear memorias separadas tanto para instrucciones como datos.

Una consecuencia de la arquitectura von Neumann, es que el procesador puede leer o escribir instrucciones o datos, pero a la vez es una desventaja ya que no puede hacer ambas cosas al mismo tiempo, debido a que ambas instrucciones y datos, utilizan mismas líneas de señal.

Por otro lado, en una máquina con arquitectura Harvard, el procesador puede leer y escribir instrucciones y datos hacia y desde la memoria al mismo tiempo. Esto da como resultado una máquina más rápido, aunque más compleja.

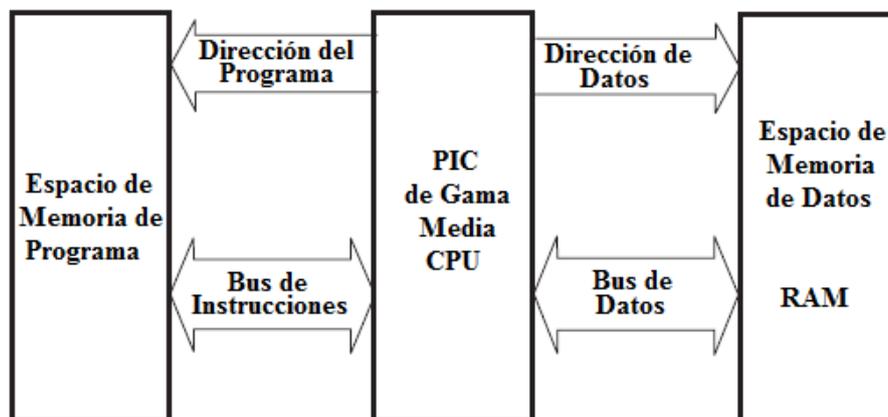


Figura 2. 4: Memoria del PIC de gama media.  
Fuente: El Autor

En la Figura 2.4 muestra el programa y el espacio de memoria de datos en un PIC de gama media.

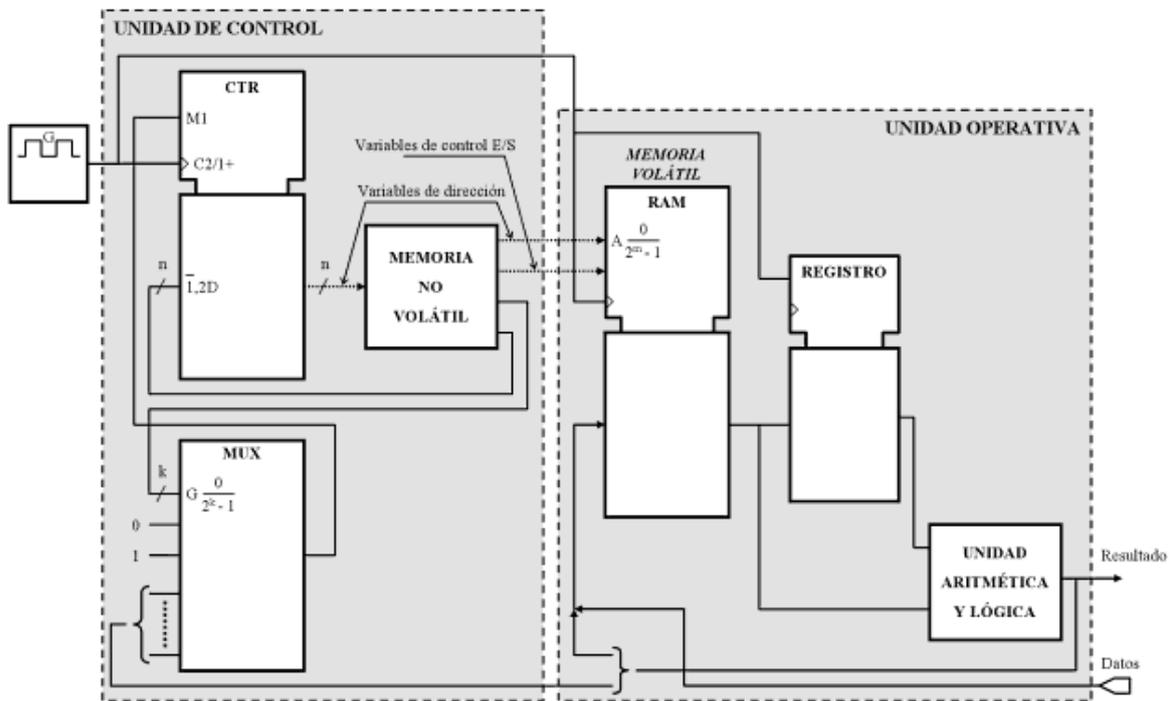


Figura 2. 5: Diagrama de bloques de un procesador digital de Arquitectura Harvard.  
Fuente: Pérez, E. M. (2007),

Mientras que para Pérez, E. M. (2007), describe que la arquitectura Harvard tiene un sistema secuencial síncrono (unidad de control), que posee un contador de entrada y salida en paralelo de  $n$  biestables, tal como se ilustra en la figura 2.5.

#### 2.4.2. RISC, Diseño de CPU.

Antes de describir brevemente una RISC, debemos conocer la CISC. El diseño de una CISC (Complete Instruction Set Computer) se basa en que cada instrucción de bajo nivel realiza varias operaciones. Por ejemplo, un Intel 80x86 puede disminuir un registro contador, determinar el estado de una bandera del procesador, y ejecutar una instrucción de salto si el indicador se activa o se desactiva.

Mientras que Melchor H., N. (2009), indica que en la arquitectura RISC, la CPU dispone de un repertorio corto de instrucciones sencillas, en la cual, cada instrucción ejecuta operaciones sencillas, es decir, la de mover un dato entre la CPU a la memoria a alta velocidad.

Otra instrucción CISC mueve un número de bytes de datos contenidos en un registro contador de un área apuntada por un registro fuente, en otra área apuntada por un registro de destino.

Cualquier CPU Intel CISC popular, contiene alrededor de 120 operaciones primitivas en su conjunto de instrucciones. La idea del diseño original de la arquitectura CISC fue proporcionar instrucciones de alto nivel con el fin de facilitar la aplicación de lenguajes de alto nivel. Supuestamente, esto se logra a través de un complejo conjunto de instrucciones, múltiples modos de direccionamiento y operaciones primitivas que realizan múltiples funciones.

Por el contrario, una máquina RISC (Reduced Instruction Set Computer) contiene menos instrucciones y cada instrucción realiza operaciones más elementales. Las consecuencias de esto son un área más pequeña de silicio, una ejecución más rápida y reducción del tamaño de programa, con un menor número de accesos a memoria principal. Los diseñadores de PIC han seguido la ruta RISC. Otras CPU's con diseño RISC son los MIPS, la energía de la PC de IBM, y la DEC Alpha.

### **2.4.3. Instrucciones de una palabra.**

Una de las consecuencias de la arquitectura Harvard del PIC es que las instrucciones pueden ser más ancho que el tamaño de los datos de 8 bits. Puesto que el dispositivo tiene buses separados para instrucciones y datos, es posible que las instrucciones a ser de un tamaño diferente que los elementos de datos. Ser capaz de variar el número de bits en cada código de operación de instrucciones hace posible la optimización de la memoria de programa y el

uso de instrucciones de una sola palabra que se pueden recuperar en un ciclo de bus.

#### 2.4.4. Formato de Instrucciones.

Todos los dispositivos (chips) de la familia de gama media de los PIC disponen instrucciones de 14 bits y un conjunto de 35 instrucciones. En la figura 2.6 se muestra el formato de instrucciones, la cual tiene tres modelos diferentes: instrucciones orientadas a byte, instrucciones orientadas a bits y las instrucciones literales y de control.

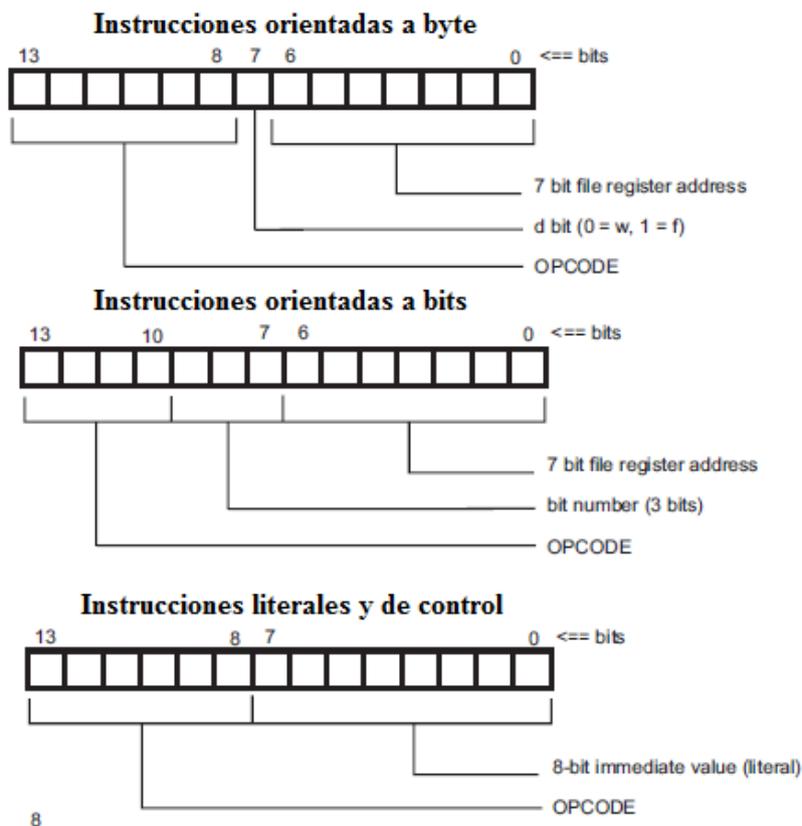


Figura 2. 6: Formato de instrucciones de gama media de los microcontroladores PIC  
Fuente: El Autor.

Hay que tener muy en cuenta que el campo de código de operación (OPCODE) tiene un número variable de bits en el conjunto de instrucciones PIC. Este esquema permite a la aplicación de 35 instrucciones diferentes, mientras se utiliza un mínimo de los 14 bits disponibles de código de operación.

También debemos tener en cuenta que las instrucciones que hacen referencia a un registro de archivos lo hacen en un campo de 7 bits, aunque el intervalo numérico de siete bits es de 128 valores. Debido a lo que se explicó recientemente, los PIC's de gama media ocupan más de 128 posiciones de memoria de datos, para lo cual deben recurrir a técnicas de bancos de datos. En este caso, un campo de bits en el registro de estado sirve para seleccionar el banco dirigido actualmente.

De manera similar y de lo aprendido en las clases de microcontroladores, la memoria del programa con un campo de 11 bits, permiten tener 2.048 direcciones, es decir, que si PIC tiene más de 2K de memoria de programa sería necesario adoptar un esquema de paginación en la que un registro de función especial se utiliza para seleccionar la página de memoria donde se encuentra la instrucción, esto sucede igual que en un microprocesador, donde la paginación sólo en dispositivos que exceden el límite de espacio de programa de 2K que se puede codificar en 11 bits.

#### **2.4.5. Versiones de dispositivos de gama media.**

Los nombres de los dispositivos utilizados por Microchip usan diferentes codificaciones para representar las diferentes versiones de los distintos dispositivos. Por ejemplo, la primera letra que sigue a la familia diseñada representa el tipo de memoria del dispositivo, de la siguiente manera:

1. La letra C, como en PIC16Cxxx, se refiere a los dispositivos con memoria tipo EPROM.
2. Las letras CR, como en PIC16CRxxx, se refieren a los dispositivos con memoria tipo ROM.
3. La letra F, como en PIC16Fxxx, se refiere a dispositivos con memoria flash.
4. La letra L inmediatamente después de PIC se refiere a dispositivos con un rango de voltaje extendido, es decir, que la designación PIC16LFxxx corresponde a los dispositivos con rango de voltaje extendido.

## 2.5. Características Básicas de los PIC de gama media.

Las características principales se refieren al oscilador dispositivo, restablezca mecanismo, la arquitectura de la CPU y el funcionamiento, la aritmética-lógica Unidad, organización de la memoria, las interrupciones, y el conjunto de instrucciones. Ya nos hemos referido a la arquitectura y las características generales de la CPU. Organización de la memoria se discute en una sección separada más adelante en este capítulo. Los demás temas se tratan en los apartados siguientes.

### 2.5.1. Oscilador.

Los microcontroladores PIC de gama media siempre requieren un dispositivo externo para producir los ciclos de reloj necesarios para su funcionamiento, es decir, que el PIC ejecuta una instrucción cada cuatro ciclos de reloj, por lo que la velocidad del oscilador determina el rendimiento del dispositivo, en la figura 2.7 se muestra el diagrama de bloques interno y de los pines de conexión para osciladores externos.

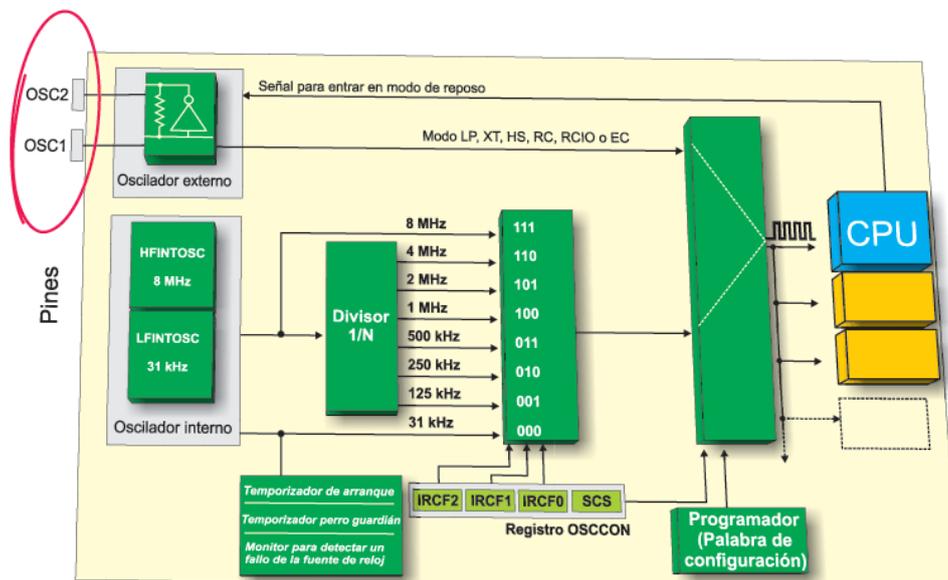


Figura 2. 7: Conexión a un oscilador externo.

Fuente: Verle, M. (2010)

Los PIC's de gama media soportan hasta ocho modos de oscilador diferentes: para el PIC16F877 se puede utilizar los ocho modos, mientras que

en el PIC16F84 sólo están disponibles cuatro modos de oscilador. El modo de oscilador se selecciona en el momento de la programación del dispositivo y no se puede cambiar en tiempo de ejecución. Los bits de configuración, que son banderas no volátiles establecidas durante la programación del dispositivo, determinan en qué modo el oscilador se utiliza por el programa. A continuación se muestran los diferentes tipos de osciladores:

1. LP – Cristal de Baja Frecuencia; puede operar en un rango de frecuencia de 35 a 200 KHz (ver figura 2.8).
2. XT – Cristal Resonador, permite trabajar con frecuencias comprendidas entre 100 KHz y 4 MHz (ver figura 2.8).
3. SA – Cristal Resonador de alta velocidad, para lo cual su velocidad está comprendida entre 4 y 10 MHz (ver figura 2.8).
4. RC - Resistencia Externa / capacitor, se compone de una resistencia y un capacitor, aunque su costo es bajo, la frecuencia no permite obtener estabilidad del oscilador.
5. EXTRC - Resistencia Externa / capacitor.
6. EXTRC - Resistencia Externa / capacitor con CLKOUT.
7. INTRC - Interna 4 MHz Resistor / Capacitor.
8. INTRC - Interna 4 MHz Resistor / Capacitor con CLKOUT



Figura 2. 8: Cristal de cuarzo de 1 MHz.  
Fuente: Verle, M. (2010)

En la figura 2.9, se muestra el conexionado entre el PIC16F84A y los modos de oscilador LP, XT y SA, es decir, que la conexión es en los pines 15 y 16. Mientras que la figura 2.10, se muestra la misma conexión pero con la vista interna del microcontrolador PIC.

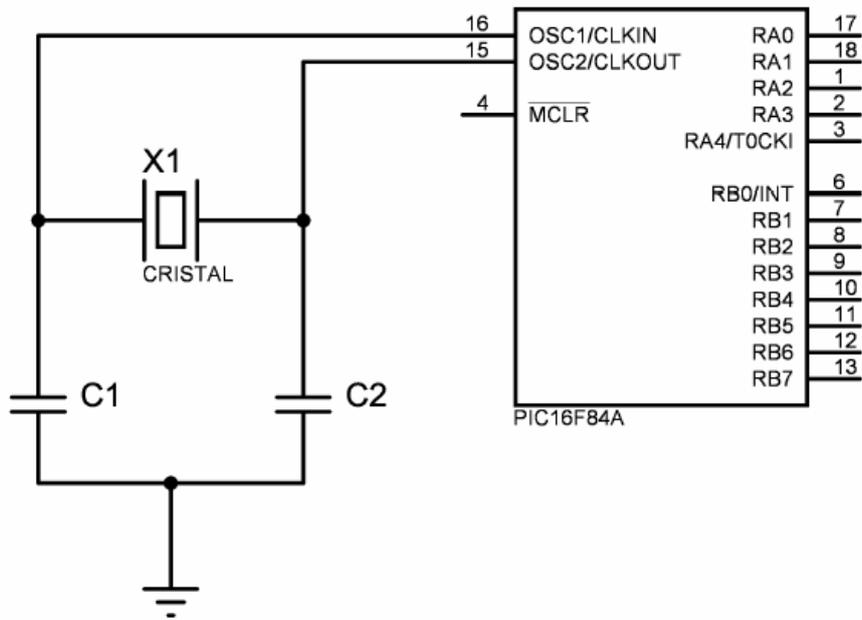


Figura 2. 9: Conexión del oscilador XT al PIC16F884A  
 Fuente: Ángulo U., J. M. A., & Ángulo M., I. A. (1997).  
 Elaborado por: El Autor.

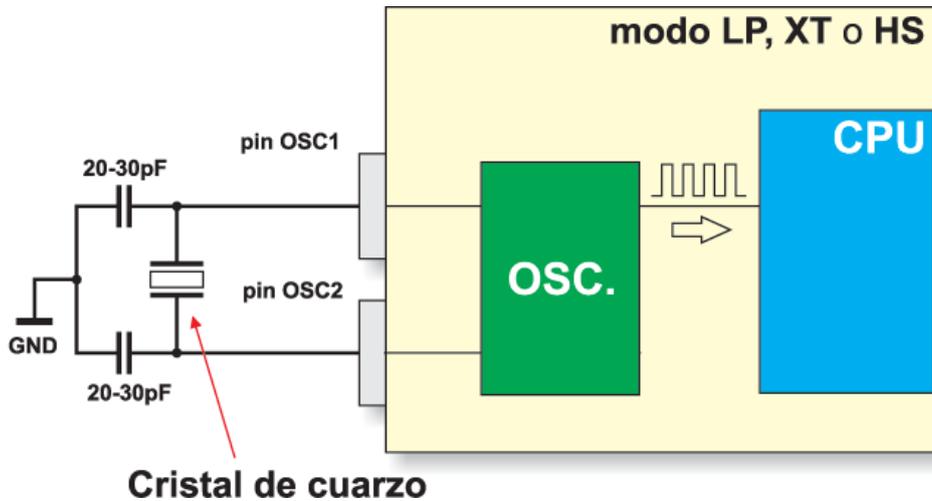


Figura 2. 10: Oscilador externo en modo LP, XT o HS.  
 Fuente: Verle, M. (2010)

Los capacitores que deben conectarse en la configuración de osciladores de cristal, deben seleccionarse de acuerdo a la tabla 2.2.

Tabla 2. 2: Selección del capacitor para operación del oscilador de cristal.

Modo	Frecuencia	C1 / C2
LP	32 kHz	68 pF / 100 pF
LP	200 kHz	15 pF / 33 pF
XT	100 kHz	100 pF / 150 pF
XT	2 MHz	15 pF / 33 pF
XT	4 MHz	15 pF / 33 pF
SA	4 MHz	15 pF / 33 pF
SA	10 MHz	15 pF / 33 pF

Elaborado: Autor

La figura 2.11 se muestran los osciladores externos en modo EC (external clock).

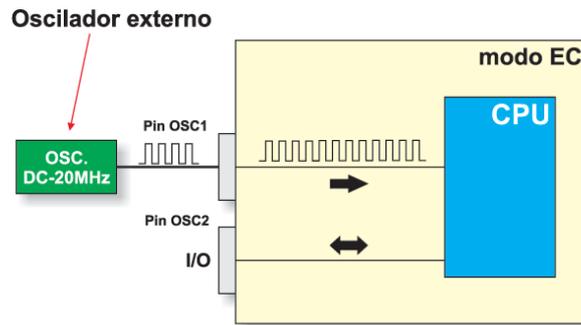


Figura 2. 11: Oscilador externo en modo EC.  
Fuente: Verle, M. (2010)

Mientras que otros microcontroladores pueden funcionar con resonadores o con un par resistor– capacitor (RC) externo (véase la figura 2.12).

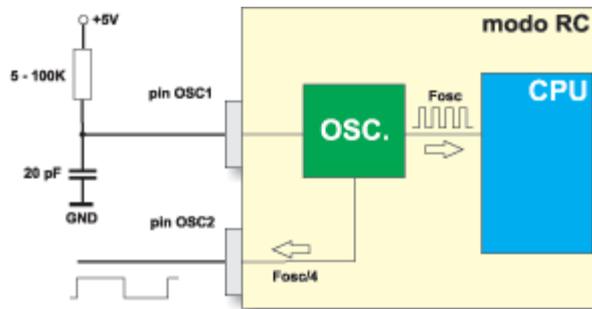


Figura 2. 12: Oscilador externo RC (resonante – capacitivo).  
Fuente: Verle, M. (2010)

En la tabla 2.3 se muestra los valores de la resistencia y del capacitor para el diseño del oscilador RC.

Tabla 2. 3: Selección de componentes para osciladores RC.

Capacitor (C1)	Resistencia (R1)	Frecuencia
20 pF	5 KΩ	4.61 MHz
	10 KΩ	2.66 MHz
	100 KΩ	311 kHz
100 pF	5 KΩ	1.34 MHz
	10 KΩ	756 kHz
	100 KΩ	82.8 kHz
300 pF	5 KΩ	428 kHz
	10 KΩ	243 kHz
	100 KΩ	26.2 kHz

Elaborado: Autor

### 2.5.2. Reinicio del Sistema (System Reset).

El mecanismo de reinicio coloca al PIC en una condición conocida, dicho mecanismo de reseteo se utiliza para obtener el control de un programa fuera de control o colgado en marcha, es decir, como una interrupción forzada en la ejecución del programa, o para hacer que el dispositivo se encuentre listo en el tiempo de carga del programa.

El pin  $\bar{MCLR}$  del microcontrolador produce la acción de restablecimiento cuando lee un cero lógico. El signo de exclamación que precede el nombre del pin (o una línea sobre ella) indica que la acción es activa a nivel bajo. Para evitar la activación accidental del  $\bar{MCLR}$  el pulsador debe estar conectado a la alimentación de tensión positiva a través de una resistencia de 5KΩ o 10KΩ.

Cuando una resistencia sirve para colocar un “1” lógico en una línea que se llama una resistencia pull-up. Los PIC’s de gama media son capaces de varias acciones de restablecimiento:

1. Restablecer durante el encendido (POR).
2. !MCLR restablecer el funcionamiento normal.
3. Restablecer durante el modo SLEEP.
4. Restablecimiento del temporizador Watchdog (WDT).
5. Reinicio Brown- out (BOR).
6. Reinicio de error de paridad.

Las dos primeras fuentes de reseteo (restablecimiento) de la lista anterior son los más comunes. Reseteo POR, sirve para llevar todos los registros del PIC a un estado inicial, incluyendo el registro de contador de programa. La segunda fuente de acción de reseteo ocurre cuando la línea !MCLR se lleva intencionadamente hacia abajo, por lo general por la acción de un pulsador para reinicio. Este pulsador es útil durante el desarrollo del programa, ya que proporciona una forma de fuerza de reiniciar la ejecución. En la figura 2.13, se muestra una conexión típica de la línea !MCLR para proporcionar una acción de reinicio.

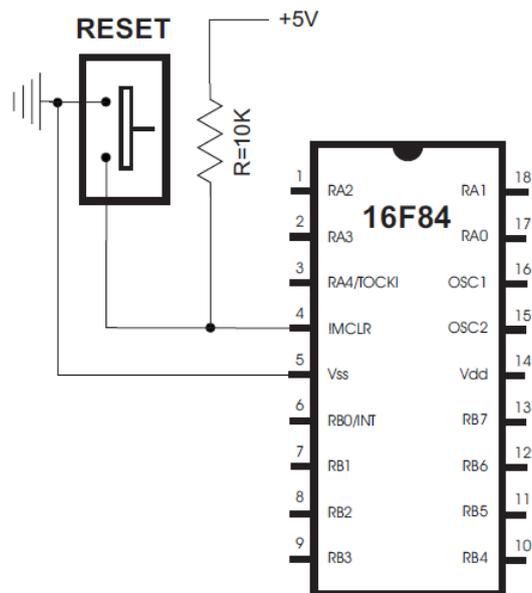


Figura 2. 13: Conexión del oscilador XT al PIC16F884A  
Fuente: Ángulo U., J. M. A., & Ángulo M., I. A. (1997).  
Elaborado por: El Autor.

### **2.5.3. Interrupciones.**

El mecanismo de interrupción proporciona una manera de tener el microcontrolador responder a eventos a medida que ocurren, en lugar de tener que sondear los dispositivos con el fin de determinar su estado. Por lo tanto, la interrupción funciona como un "golpecito en el hombro" en el microcontrolador, llamando su atención sobre un evento que requiere una acción o dispositivo que necesita servicio.

Después de responder o haciendo caso omiso de la interrupción, la CPU reanuda el proceso en que se detuvo. En las tecnologías informáticas del mecanismo de interrupción es un sistema de hardware/software complicado que a menudo incluye interrupciones programables controlados por IC's. Los procesadores y microprocesadores normalmente soportan las interrupciones mascarables y las interrupciones no enmascarables de hardware y software; interrupciones que se originan prácticamente en cualquier dispositivo conectado al sistema.

### **2.6. Almacenamiento de Datos - EEPROM.**

La EEPROM (pronunciado doble e PROM o e -cuadrado PROM) es un sinónimo de memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente. EEPROM se utiliza en los ordenadores y dispositivos digitales como el almacenamiento no volátil. EEPROM no es la memoria RAM, ya que la memoria RAM es volátil y EEPROM retiene sus datos después de que se desconecta la alimentación. EEPROM se encuentra en las unidades flash USB y en el almacenamiento no volátil de varios microcontroladores, incluyendo muchos países insulares del Pacífico.

Según Dogan (2008), la memoria EEPROM: "se trata de una memoria no volátil por lo que se puede borrar y programar bajo el control del programa, utilizadas para guardar información de configuración, valores máximos y mínimos, datos de identificación, etc.

Algunos microcontroladores tienen memorias EEPROM internas (por ejemplo, el PIC16F84 contiene una memoria EEPROM de 64 Bytes, donde cada Byte puede borrarse y programarse directamente a través del programa). Las memorias EEPROM son, normalmente, muy lentas".<sup>1</sup>

Una de las ventajas de la EEPROM es que se puede borrar y escrita eléctricamente, sin retirar el chip. La tecnología predecesora, llamado EPROM, requiere que el chip se retira del circuito y se coloca bajo luz ultravioleta. EEPROM simplifica el proceso de borrado y reescritura.

Memoria de datos EEPROM se refiere tanto a la memoria EEPROM a bordo y de circuitos integrados de memoria EEPROM como componentes de circuitos separados. En general, los elementos de EEPROM se clasifican de acuerdo con sus interfaces eléctricas en serie y en paralelo. La mayoría de las memorias EEPROM utilizadas en PIC's, son memorias EEPROM en serie, también llamados SEEPROM's.

El uso típico de EEPROM a bordo de memoria EEPROM y el CI es en el almacenamiento de contraseñas, códigos, valores de configuración, y otra información para ser recordado después de que el sistema esté apagado. Por ejemplo, un sistema de seguridad basado en PIC puede utilizar una memoria EEPROM para almacenar la contraseña del sistema. Desde EEPROM puede escribirse, el usuario puede cambiar la contraseña y el nuevo también será recordado.

---

<sup>1</sup> También disponible online en la página web: [http://cidcamicros.blogspot.com/2011/09/lecturas-informativas\\_1442.html](http://cidcamicros.blogspot.com/2011/09/lecturas-informativas_1442.html)

## **CAPÍTULO 3: APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS MÓVILES SMARTPHONE EN ANDROID.**

Para el presente capítulo se fundamentará teóricamente las aplicaciones de dispositivos móviles tipo smartphone mediante sistema operativo de Android. Hay muy pocos trabajos relacionados con desarrollo de apps para dispositivos móviles (smartphone), en cada uno de los párrafos se colocará la respectiva referencia, de un tema muy poco abordado en estudios de ingeniería en telecomunicaciones en el Ecuador.

En trabajos de graduación investigados se encontraron varias definiciones, aunque las referencias dadas no se pudieron localizar, por lo tanto, se hace referencia de las tesis, tesinas, proyectos de fin de carrera.

### **3.1. Dispositivos Móviles.**

Las aplicaciones móviles son un fenómeno reciente, sin embargo no es tan reciente como uno puede pensar. Aunque la industria de aplicaciones móviles ha visto un aumento desde el advenimiento de los teléfonos inteligentes, las aplicaciones móviles para los dispositivos móviles se han desarrollado ya en 1992<sup>2</sup>.

Según el trabajo investigativo del ETSIT de la UPM desarrollado por los doctorandos Blanco, P., Carnero, J., Fumero, A., Warterski, A., & Rodríguez, P. (2009), explican que los sistemas móviles comerciales no han resultado funcionalmente tan satisfactorios como prometían. Aunque las operadoras de celulares del Ecuador, han introducido al mercado teléfonos smartphone pero con muy poco despliegue de aplicaciones con fines comerciales (servicios de información, anuncios, localización, etc.) y académicos (aplicaciones para aprendizaje de asignaturas como cálculo, física, análisis de circuitos eléctricos, electrónica, etc.).

---

<sup>2</sup> Disponible online: <http://www.arlingtonian.com/archives/2628>

De acuerdo al proyecto fin de carrera de por Martínez G., F. L. (2010), describe que los dispositivos electrónicos móviles son equipos de tamaño pequeño, con capacidades de procesamiento, alimentación autónoma, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, diseñados específicamente para una función o pueden llevar a cabo otras funciones más generales.

Mientras que en la tesina desarrollada por Bianco, P. A. (2005), describe como aparatos electrónicos que sirven para la comunicación, procesamiento e intercambio de datos y pueden ser llevados por sus usuarios para enviar, recibir o compartir datos con otros dispositivos.

Posteriormente Bianco, P. et al. (2009) indican que en el año 2013 la fiebre de dispositivos móviles smartphone, ha revolucionado el mercado mundial, ya no solo en la venta de móviles sino también de las aplicaciones móviles conocidas como “apps” (véase la figura 3.1). Las marcas de teléfonos que revolucionan los dispositivos electrónicos móviles más robustos en Ecuador son: iPhone, Samsung, Nokia, Blackberry.

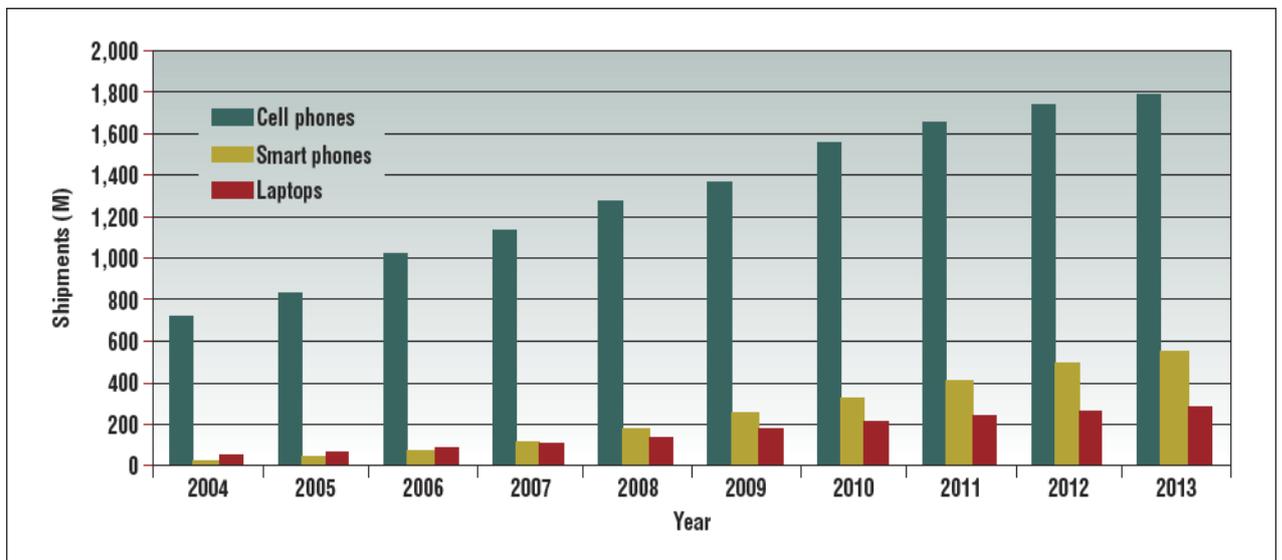


Figura 3. 1: Crecimiento en Ventas de teléfonos: celulares, smartphone; y laptops (computadoras portátiles) en el mundo.

Fuente: Want, R. (2009)

Resumiendo, podemos indicar que los dispositivos móviles son aquellos equipos electrónicos que deben cumplir algunas características esenciales:

- Tamaño reducido, es decir, que permita facilidad para transportarlo.
- Capacidad de almacenamiento como mínimo de 16 Gb de memoria y procesadores de alta velocidad.
- Tener puertos de E/S para conexión de dispositivos, tales como: impresoras, laptops, TV, Proyector o Infocus, etc.

### 3.2. Clasificación de los Dispositivos Móviles.

De manera similar a la definición de un dispositivo móvil, la manera en que se clasifican estos dispositivos depende de diferentes evaluaciones de cada una de las familias que reproducen, tales como: iPhone, iPad, iPod, Blackberry, Hp, Sony, Samsung, Nokia, etc. Los dispositivos móviles empezaron en la década de 1990, ahí era más fácil clasificar debido a una función determinada o dirigido de manera particular a un grupo de usuarios que pretendían tener estos aparatos. Los dispositivos móviles se clasifican de la siguiente manera:

1. Dispositivo de comunicación: permite la comunicación telefónica, aparte de ofrecer servicios de mensajes SMS, MMS y acceso WAP; en la cual se incluye teléfonos móviles y los teléfonos inteligentes Smartphone que incluyan sistemas de navegación, tal como se ilustra en la figura 3.2.



Figura 3. 2: Dispositivos de comunicación smartpone.  
Fuente: <http://www.tecnologiapyme.com/movilidad/el-smartphone-y-el-autonomo-como-amortizar-tu-nuevo-telefono>

2. Reproductor multimedia: son diseñados para reproducir varios formatos de audio, video e imágenes. Entre los dispositivos de reproducción multimedia se encuentran: DVD portátiles, MP3, MP4 e iPod (véase figura 3.3).



Figura 3. 3: Dispositivos de reproducción multimedia.

Fuente: Autor.

3. Dispositivos de computación: han sido diseñados para ofrecer mayores capacidades para procesar datos y acceso a internet, los dispositivos de computación utilizados son: laptops (portátiles), PDA (Asistentes personales digitales) como se ilustra en la figura 3.4.



Figura 3. 4: Dispositivos de computación.

Fuente: <http://the-gadgeteer.com/2011/12/21/is-there-still-a-market-for-pdas/>

4. Consolas portátiles: son diseñados para entretener a los usuarios bajo una plataforma para jugar y/o para acceder a la nube, tales como los PSP, PSVita (véase figura 3.5), Nintendo 3DS, Fujitel Games, etc.



Figura 3. 5: Consolas portátiles –PSVITA-.

Fuente: <http://www.redusers.com/noticias/reviews/ps-vita-la-poderosa-portatil-de-sony-para-videojuegos/>

En la actualidad estos dispositivos móviles también se los conoce como Smartphone, que en realidad son la evolución tecnológica de los teléfonos celulares tradicionales, lo que solo permitía comunicación telefónica no convencional (móvil); mientras que los smartphone ofrecen conexión a internet, aplicaciones (conocidos como apps) como las de un PC, cámara de video y video, y reproducir películas.

### 3.3. Estándares de Dispositivos Móviles.

De acuerdo a lo investigado y por los niveles de funciones que deben tener se propusieron los siguientes estándares para dispositivos móviles de:

- a. Datos Limitados: en este tipo de estándar disponen de una pequeña pantalla (LCD), para envío de texto SMS y limitado acceso WAP, es decir, que pertenecen a este estándar los teléfonos móviles no inteligentes (smartphone).
- b. Datos Básicos: en este tipo de estándar disponen de pantallas medianas (entre 120x120 y 240x240 pixeles), cuyo menu principal permite acceder a lista de contactos, SMS, enviar correos electrónicos y cuenta con un

buscador web básico, es decir, los teléfonos BlackBerry y los Teléfonos Inteligentes con teclado Qwerty.

- c. Datos Mejorados: en este tipo de estándar disponen de pantallas grandes por decirlo así que están por encima de los 240x120 pixeles, permitiendo inclusive ciertas funciones de los dispositivos móviles de datos básicos, y varias aplicaciones conocidas como apps (juegos, redes sociales, etc.). Los dispositivos móviles inteligentes smartphone incluyen sistemas operativos, tales como: Symbian OS, Windows Phone Mobile, Android, iPhone OS.

En la figura 3.6 e muestran los diferentes dispositivos móviles de acuerdo a los estándares ya descritos recientemente.



Figura 3. 6: Dispositivos móviles según los estándares.

Fuente: <http://alexistechblog.com/2011/10/30/opinion-nokia-de-camino-hacia-la-era-windows-phone/>

### 3.4. Sistemas Operativos para Dispositivos Móviles.

Si bien es cierto cuando se escucha de sistemas operativos se piensa inmediatamente en Windows, Macintosh (Mac Os) y Ubuntu (open source); pero en los dispositivos móviles inteligentes son diferentes y variados, entre ellos tenemos los siguientes sistemas operativos:

- a. Symbian OS.
- b. Android.
- c. iPhone OS.

- d. BlackBerry OS.
- e. Windows Phone Mobile.

Asimismo, Rodríguez E., A. (2013) en su proyecto de grado indica que el sistema operativo es una capa compleja entre hardware y usuario, conocida como máquina virtual, que facilite al usuario las herramientas adecuadas para ejecutar las tareas.

#### **3.4.1. Symbian OS.**

Según lo indica Rodríguez E., A. (2013), Symbian OS ha sido uno de los sistemas operativos para dispositivos móviles inteligentes –smartphone–, donde su virtud principal es la capacidad que tiene el sistema de integrar y adaptar diferentes aplicaciones a través de rutinas y protocolos de comunicación.

Mientras que para los autores Jiménez A., H. W. & Rojas F., S. A. (2011), Symbian OS fue la alianza de algunas telefónicas (telefonía móvil), tales como: Nokia, Sony, Samsung, Siemens, Fujitsu, Lenovo, LG, entre otras. Sin embargo, Este sistema operativo fue diseñado específicamente para dispositivos inteligentes, que fueron competencia de las Palm o de Windows Mobile de Microsoft e inclusive otros Sistemas Operativos nuevos como Android, iOS de Apple y Blackberry 6 RIM.

Los dispositivos móviles de la marca Nokia (sin incluir los smartphone de la familia lumia) vienen instalados con Symbian OS, también operan con este sistema operativo en otras marcas tales como: Panasonic, Siemens, Motorola y Sony-Ericsson, Motorola, Siemens y Panasonic.

En la figura 3.7 se muestra dos diferentes dispositivos smartphone de la marca Nokia, uno con teclado Qwerty y touch screen (pantallas táctiles).



Figura 3. 7: Dispositivos móviles Nokia con Symbian OS.  
Fuente: [www.nokia.com](http://www.nokia.com)

### 3.4.2. Android OS.

Según Rodríguez E., A. (2013), el sistema operativo Android para dispositivos móviles smartphone (véase la figura 3.8) y tablets se basaron en las plataformas Linux y Java, buscando así un modelo estándar de programación para crear aplicaciones móviles una única vez y compatible con otros dispositivos smartphone.

El crecimiento de programadores para el desarrollo de aplicaciones que superan las 300.000 disponibles en la tienda de Android, la misma que es administrada por Google. Otra ventaja del sistema operativo Android con respecto a otros, es que es una plataforma abierta conocida como “open source”.



Figura 3. 8: Dispositivos móviles con Sistema Operativo Android.  
Fuente: <http://www.android.com/>

Debido a que Android es gratis u Open Source, se procedió a seleccionar Android como Sistema Operativo para desarrollar la aplicación que permita adquirir los datos de humedad y visualizarlos mediante un dispositivo móvil inteligente, ya sea smartphone o tableta.

### 3.4.3. iPhone OS.

Aunque en la actualidad se denomina iOS, desarrollado por la empresa Apple de Steve Jobs. Este Sistema Operativo fue diseñado para los dispositivos iPhone, pero también fue incorporado en otros dispositivos multimedia, como el iPod e iPad. El mismo cuenta con 4 capas:

- a. Del núcleo del sistema operativo.
- b. De servicios principales.
- c. De medios de comunicación.
- d. De cocoa touch.

De acuerdo a Rodríguez E., A. (2013), iPhone OS es una versión reducida de Mac OS X optimizadas para procesadores ARM, con la desventaja de que no se puede instalar aplicaciones sin la firma de Apple. También indica que iPhone OS tiene una interfaz de usuario muy interesante y amigable.

En la figura 3.9 se muestra la evolución de iPhone OS hasta llegar a la actualidad con el iOS 7.



Figura 3. 9: Evolución de iPhone OS hasta iOS.

Fuente: <http://guiaosc.org/que-es-ios/>

#### 3.4.4. BlackBerry OS.

Este sistema operativo fue desarrollado por *Research in Motion* (RIM), y su uso fue pensado para touch screen y/o touchpad. En el mismo proyecto de grado de Rodríguez E., A. (2013), indica que es un Sistema Operativo especial por la prestación de servicios para e-mail y teclado QWERTY, fue uno de los primeros sistemas atractivos para los usuarios por su manera sencilla de acceder a servicios de correo electrónico.

Adicionalmente, este sistema operativo dispone de una plataforma denominada BBM, para mensajes entre usuarios siempre que cuenten con el mismo programa. En la figura 3.10 se muestra el dispositivo inteligente BlackBerry.



Figura 3. 10: Dispositivo móvil BB con BlackBerry OS.

Fuente: <http://www.blackberrynoti.com/2013/02/telus-blackberry-os-101-estara.html>

#### 3.4.5. Windows Phone.

El sistema operativo Windows Phone inicialmente se denominaba *Pocket PC*, posteriormente toma el nombre de Windows Mobile para celulares inteligentes (smartphone) y finalmente después de algunas versiones esta toma el nombre de Windows Phone, la última versión es la 8.0 (ver figura 3.11) muy utilizada en los Nokia Lumia en todas las series disponibles.

Asimismo, Rodríguez E., A. (2013) indica Windows Phone sea ha reconstruido el sistema operativo móvil de Microsoft, para brindar una mejor experiencia a sus usuarios y se basa en el núcleo del sistema operativo Windows CE. También cita en su trabajo de grado, que Windows Phone presento el 15-Febrero-2010 su versión 7.0, aunque fue desarrollada desde el año 2008.



Figura 3. 11: Dispositivo móvil Nokia con Sistema Operativo Windows Phone 8.0.  
Fuente: <http://windowsphonedaily.com/2012/11/htc-windows-phone-8x-unboxing-benchmark-video.html#.Uwiw-I5NqU>

### 3.5. Estándar de Desarrollo de Aplicaciones Nativas en Android.

Para poder programar en cualquier plataforma de Android, se deben conocer previamente dos importantes dos pasos muy necesarios para iniciar a programar en Android:

- a. Se requiere que instalar el Android SDK y las herramientas de desarrollo (para poder programar).
- b. Posteriormente, se debe crear un proyecto de prueba para confirmar que esas herramientas estén correctamente instaladas y configuradas.

Muchas opciones están disponibles para la producción de aplicaciones móviles. La mayoría de ellos requieren un moderado nivel avanzado en la programación, pero las nuevas herramientas están comenzando a parecer que trae el desarrollo de aplicaciones - aplicaciones web al menos móviles - al alcance de un público no técnico.

En esta sección se describe una serie de procesos de desarrollo de aplicaciones, así como sus correspondientes herramientas, y proporciona vínculos a recursos externos y tutoriales. Este proceso consiste en el desarrollo de una aplicación desde cero que trabajará en una sola plataforma, utilizando el lenguaje de programación de esa plataforma. Este es el proceso más largo y más difícil, se requiere conocimientos avanzados de programación, y es muy limitado en el sentido de que si la aplicación tiene que trabajar tanto en iOS y Android, que tiene que ser desarrollado en dos ocasiones (una vez en cada lengua).

Muchas opciones están disponibles para la producción de aplicaciones móviles. La mayoría de ellos requieren un moderado a nivel avanzado en la programación, pero las nuevas herramientas están comenzando a parecer que trae el desarrollo de aplicaciones - aplicaciones web al menos móviles - al alcance de un público no técnico.

Las aplicaciones de Android están desarrolladas en Java y XML utilizando el Kit de Desarrollo de Software para Android (SDK), que incluye un depurador, un emulador de dispositivos y las bibliotecas de código requeridos. Las aplicaciones para Android se desarrollan nada vez más en SDK y un editor de código simple, sin embargo, es mucho más fácil usar un entorno de desarrollo integrado (IDE).

Los tres principales IDEs que soportan el desarrollo de Android son Eclipse, NetBeans e IntelliJ IDEA. Hay que tener en cuenta que tanto Eclipse

como NetBeans requieren tener instalado un plugin por separado, es decir, que para el plug-in de Eclipse se denomina Android Development Tools, o ADT.

### 3.6. Programación App Inventor de Android.

La plataforma App Inventor permite desarrollar aplicaciones ANDROID para los teléfonos inteligentes Smartphone a través de un navegador web, o bien un teléfono conectado o un emulador del teléfono en pantalla, tal como se muestra en la figura 3.12. Los servidores App Inventor del MIT Store trabajan en realizar el seguimiento de sus proyectos.

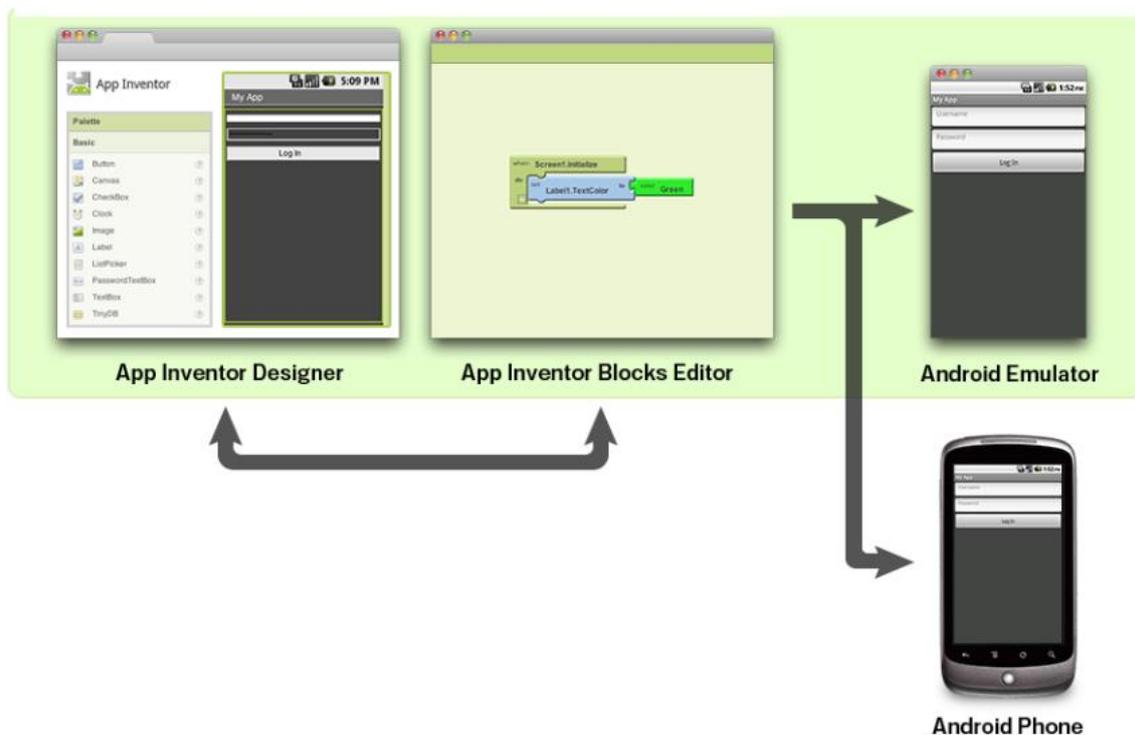


Figura 3. 12: Plataformas APP Inventor.  
Fuente: <http://beta.appinventor.mit.edu/>

Se puede diseñar aplicaciones trabajando con:

- a. *App Inventor Designer* (Diseñador), aquí se seleccionan los componentes para su aplicación.
- b. *App Inventor Blocks Editor* (Editor de bloques), aquí se ensambla bloques de programa que permiten especificar cómo los componentes

deben comportarse. Que se monten programas visualmente, encajando piezas juntas como las piezas de un rompecabezas.

El App (aplicación) aparece paso a paso en el teléfono a medida que añade piezas a la misma, para que pueda probar su trabajo a medida que construye. Si no disponemos un teléfono con Android, podemos construir aplicaciones utilizando el emulador de Android, dicho software se ejecuta en una computadora (de escritorio o portátil) comportándose como un teléfono.

El entorno de desarrollo de App Inventor es compatible con varios modelos populares de teléfonos Android, Mac OS X, GNU / Linux, y los sistemas operativos de Windows. Las aplicaciones creadas con App Inventor se pueden instalar en cualquier teléfono Android.

Antes de poder utilizar App Inventor, es necesario configurar el equipo e instalar el paquete de instalación de Inventor App en su ordenador. Ver: <http://explore.appinventor.mit.edu/content/setup>

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO EXPERIMENTAL

### 4.1. Módulo de control PIC16F886.

Existen diversidad de módulos de entrenamiento de microcontroladores, pero son muy grandes en dimensiones, se selecciona un módulo de producción nacional desarrollado por Ideas&Tecnologías, quienes trabajaron en conjunto con los alumnos que participaron en el Concurso Ecuatoriano de Robótica en Cuenca 2013.

Este módulo sirve para múltiples aplicaciones, por este motivo se escogió el módulo de entrenamiento MEI&T, que es programable debido a que dispone de un microcontrolador PIC16F886, el mismo se encuentra embebido mediante componentes electrónicos que le dan un valor agregado, facilitándonos en gran medida el desarrollo de proyectos electrónicos.



Figura 4. 1: Módulo de entrenamiento MEI&T.  
Fuente: El Autor.

El módulo de desarrollo le permite trabajar con señales analógicas y digitales del exterior que pueden provenir desde sensores. Además nos permite generar señales digitales que pueden ser usadas para controlar actuadores, tal como se muestra en la figura 4.2.

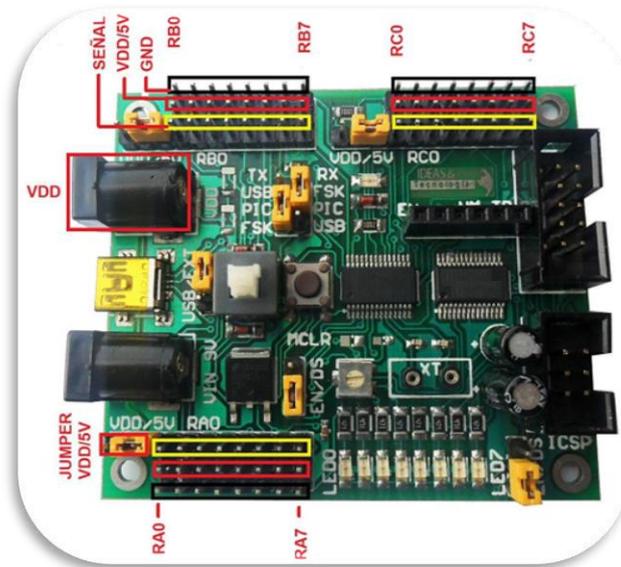


Figura 4. 2: Puertos de Entrada y Salida (E/S) del MEI&T.  
Fuente: El Autor.

A continuación, podemos ver más características acerca de las salidas y entradas del módulo entrenamiento:

- Puertos 25/24 Pines IN/OUT
- Puertos: A, B, C, E
- 11 entradas analógicas con 10 bit de resolución
- 3 Timers (Timer0 8bits, Timer1, 2 16bits)
- 2 PWM (CCP) de 10bits, frecuencia máx 20KHZ
- Oscilador interno 31KHz-8MHz
  - AN0=RA0, AN1=RA1, AN2=RA2, AN3=RA3, AN4=RA5, AN8=RB2, AN9=RB3, AN10=RB1 AN11=RB4, AN12=RB0, AN13=RB5
  - DIR1: RA2, NDIR1: RA4
- DIR2: RA3, NDIR2: RA5
- PWM1: RC1 PWM2: RC2
- ADCISENA: RB1 ADCISENB: RB2

## 4.2. Programador P.PICI&T04

El programador es muy importante ya que nos permite cargar o “quemar” el archivo “.HEX” en el microcontrolador PIC16F886. En la figura 4.3 se muestra el programador P.PICI&T04.

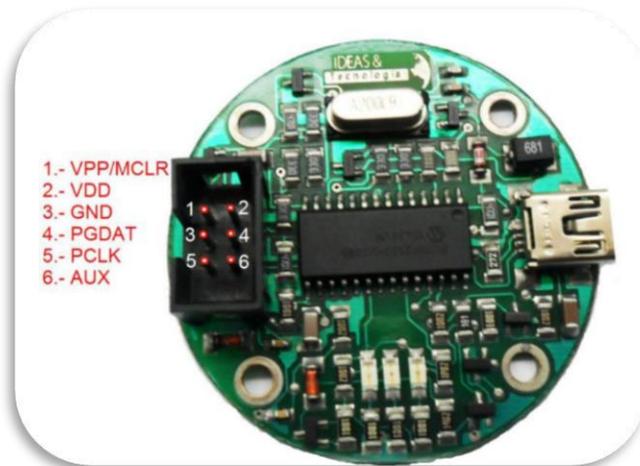


Figura 4. 3: Programador P.PICI&T04.  
Fuente: El Autor.

A continuación se detallan algunas características del programador P.PICI&T04:

- Soporte de todas las familias de PIC´s del fabricante microchip.
- Conexión Mini USB con el computador
- CD con software PICKIT 2
- Programador ICSP mediante bus de datos
- Led indicador de programación
- Led indicador de power
- Led indicador VDD
- VPP/MCLR: Señal para el pin MCLR del PIC
- VDD: Señal de voltaje para el pin VDD del PIC
- GND/VSS: Señal de referencia para el pin VSS del PIC
- PDAT: Señal de datos para el pin PDAT del PIC
- PCLK: Señal de reloj para el pin PCLK del PIC
- AUX: NC

### 4.3. Módulo Bluetooth.

A través del módulo se establecerá la comunicación vía Bluetooth, él mismo es compatible con los bluetooth incorporados en computadoras portátiles o teléfonos inteligente (smartphone) bajo la plataforma Android, mientras que al módulo de control PIC16F886 se comunica a través del puerto serial. En la figura 4.4 se muestra la distribución de pines del módulo de comunicación bluetooth.



Figura 4. 4: Distribución de pines del módulo bluetooth.  
Fuente: El Autor.

### 4.4. Desarrollo del Proyecto.

Para el trabajo de titulación, se procederá en este acápite a explicar brevemente cómo funciona el sistema de monitoreo de humedad de un área determinado. Para su implementación mediante los dispositivos electrónicos explicados en las secciones 4.1, 4.2, 4.3 y adicionalmente se hará uso de otra herramienta muy importante para la comunicación mediante la tecnología Bluetooth, es decir, desarrollar una aplicación para un teléfono inteligente (smartphone) cuyo sistema operativo está gobernado por Android con versión mínima 3.2.1. Finalmente la tarjeta se inicia haciendo la adquisición de datos de humedad mediante un sensor de temperatura.

El desarrollo de la aplicación en Android será instalada en un teléfono inteligente o Tablet, cuya función es la de realizar un enlace mediante Bluetooth para adquirir los datos enviados desde la tarjeta concentradora de datos de humedad. Y finalmente se podrá observar en el teléfono una aplicación cuyos datos de humedad estarán manifestados en un rango de 0% a 100% de humedad.

En la figura 4.5 se muestra el diagrama de bloques de lo que se desea desarrollar con el proyecto de titulación, en la cual todo se centra en la tarjeta controladora con PIC16F886, es la que se encarga de procesar los datos obtenidos por el sensor de humedad y posteriormente la tarjeta envía una señal al módulo de comunicación bluetooth para que pueda transmitir los datos al teléfono inteligente o Tablet y mostrarlos por pantalla a través de la aplicación desarrollada en Appinventor de Android.

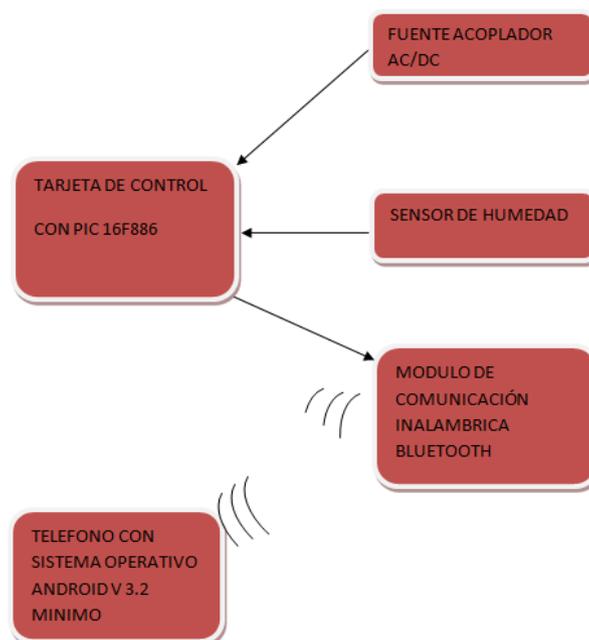


Figura 4. 5: Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos de humedad.  
Fuente: El Autor.

En la tabla 4.1 se muestran las interconexiones que deben tener los cuatros dispositivos electrónicos entre sí. Lo que debemos de recordar es que el sistema de entrenamiento o tarjeta de control, se considera como la tarjeta

maestra, es decir, es la que se encarga de recibir y transmitir datos, tanto al sensor de humedad como al teléfono inteligente respectivamente.

Tabla 4. 1: Interconexión entre dispositivos.

TARJETA DE CONTROL	MODULO BLUETOOTH
PIN RC6	PIN RX
PIN RC7	PIN TX
VDD/5V	VDD/5V
GND	GND
TARJETA DE CONTROL	SENSOR DE HUMEDAD
PIN RA0	OUT
VDD/5V	VDD/5V
GND	GND

Antes de mostrar la programación en lenguaje de alto nivel desarrollado en MikroBasic, se presenta el diagrama ASM (véase la figura 4.6), él mismo que nos permitirá realizar correctamente el código fuente que será cargado en el módulo de entrenamiento.

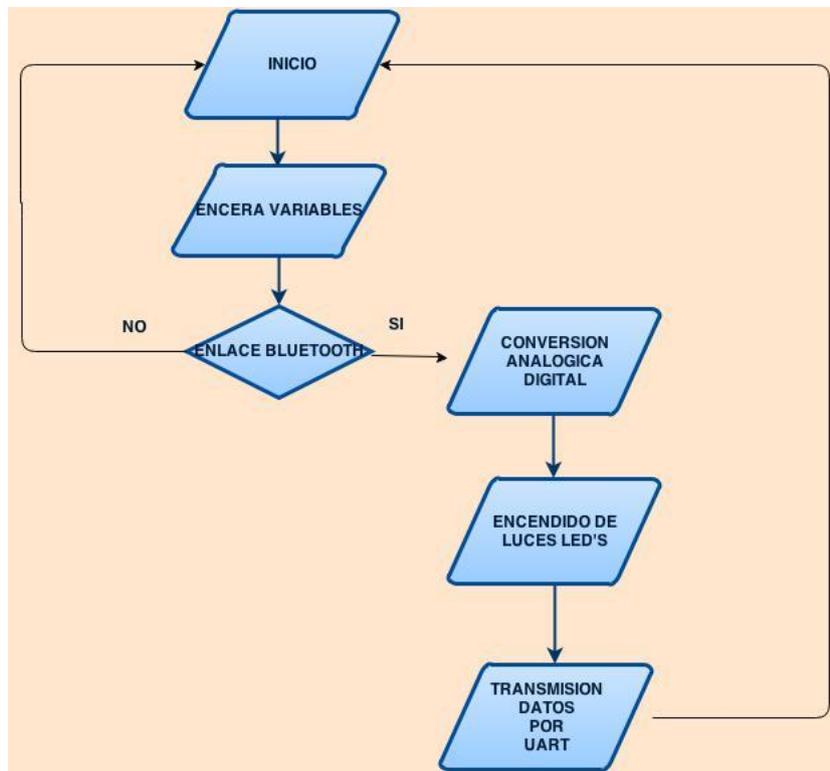


Figura 4. 6: Diagrama ASM del sistema de adquisición de datos de humedad.  
Fuente: El Autor.

A continuación se muestra el código fuente del sistema de adquisición de datos de humedad, el mismo que se desarrolló en la plataforma de programación MikroBasic Pro for PIC.

```
program datos_humedad
dim text      as string[8]
dim VALOR,TEMP_VALOR,HUMEDAD AS WORD
DIM PORCENTAJE AS FLOAT
main:
    OPTION_REG = 0X00
' Registro Oscilador de control
    OSCCON = 0X75 ' Oscilador interno de 8mhz
' Registro PUERTO A
    TRISA = 0X01 ' porta.0 como entrada analógica
    PORTA = 0X00
' Registro PUERTO B
    TRISB = 0X00
    PORTB = 0X00
' Registro PUERTO C
    TRISC = 0X80
    PORTC = 0X00
' Selección de registro analógico. 1 analógico, 0 digitales
    ANSEL = 0X01 ' AN<7:0>
    ANSELH = 0X00 ' AN<13:8>
'Inicio de comunicacion UART
    UART1_Init(9600)
    delay_ms(1000)
    while (TRUE)
        PORTB=0XFF          ' ENCENDIDO DE LUCES LED
        VALOR=Adc_Read(0)>>2 ' CONVERSION ANALOGICA/DIGITAL
        HUMEDAD= (100*VALOR-4080)/153 ' RELACION MATEMATICA EN
            ' PORCENTAJE
```

```

WordToStr(HUMEDAD ,text)      ' PASAR A MODO TEXTO
UART1_Write_Text(text)       ' TRANSMITIR DATO
UART1_Write_Text(" %")
Delay_ms(500)                 ' DELAY
PORTB=0X00                    ' APAGAR LUCES LED
Delay_ms(500)                 ' DELAY
wend
end.

```

### **Desarrollo de la programación en Appinventor.**

En la figura 4.7 se muestra la interfaz de la plataforma Appinventor de Android, en la misma se desarrolla una programación sencilla mediante bloques funcionales.

En la figura 4.8 se muestra la programación en Appinventor de la aplicación que debe ser instalada en el teléfono inteligente que disponga del Sistema Operativo Android, no es complicado programar en bloques, pero requerí de mucha investigación y ser autodidacta a la hora de aprender a programar en Appinventor; lo importante es saber que se pretende lograr con la aplicación.

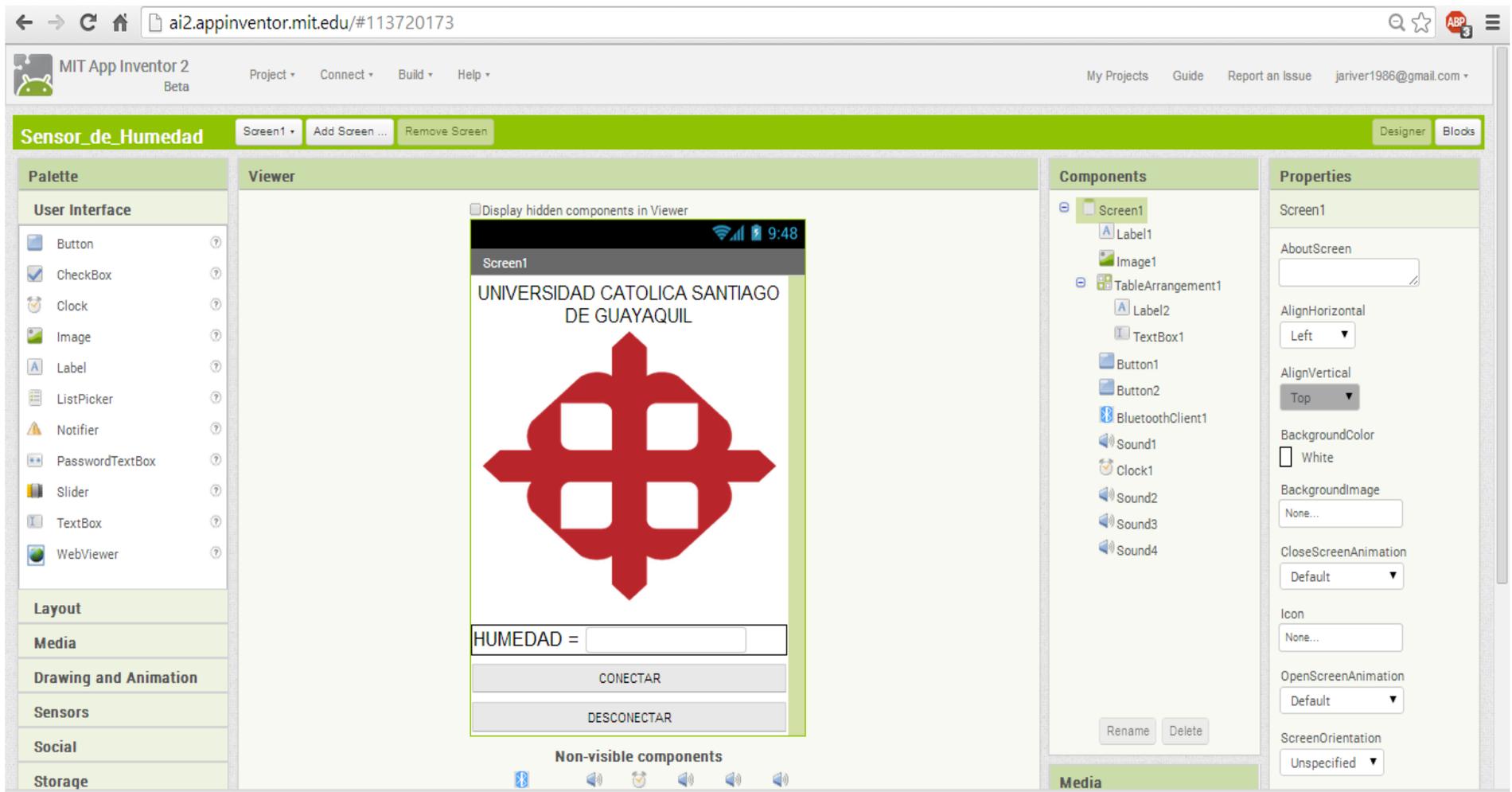


Figura 4. 7: Interfaz gráfica de Appinventor.  
Fuente: El Autor.

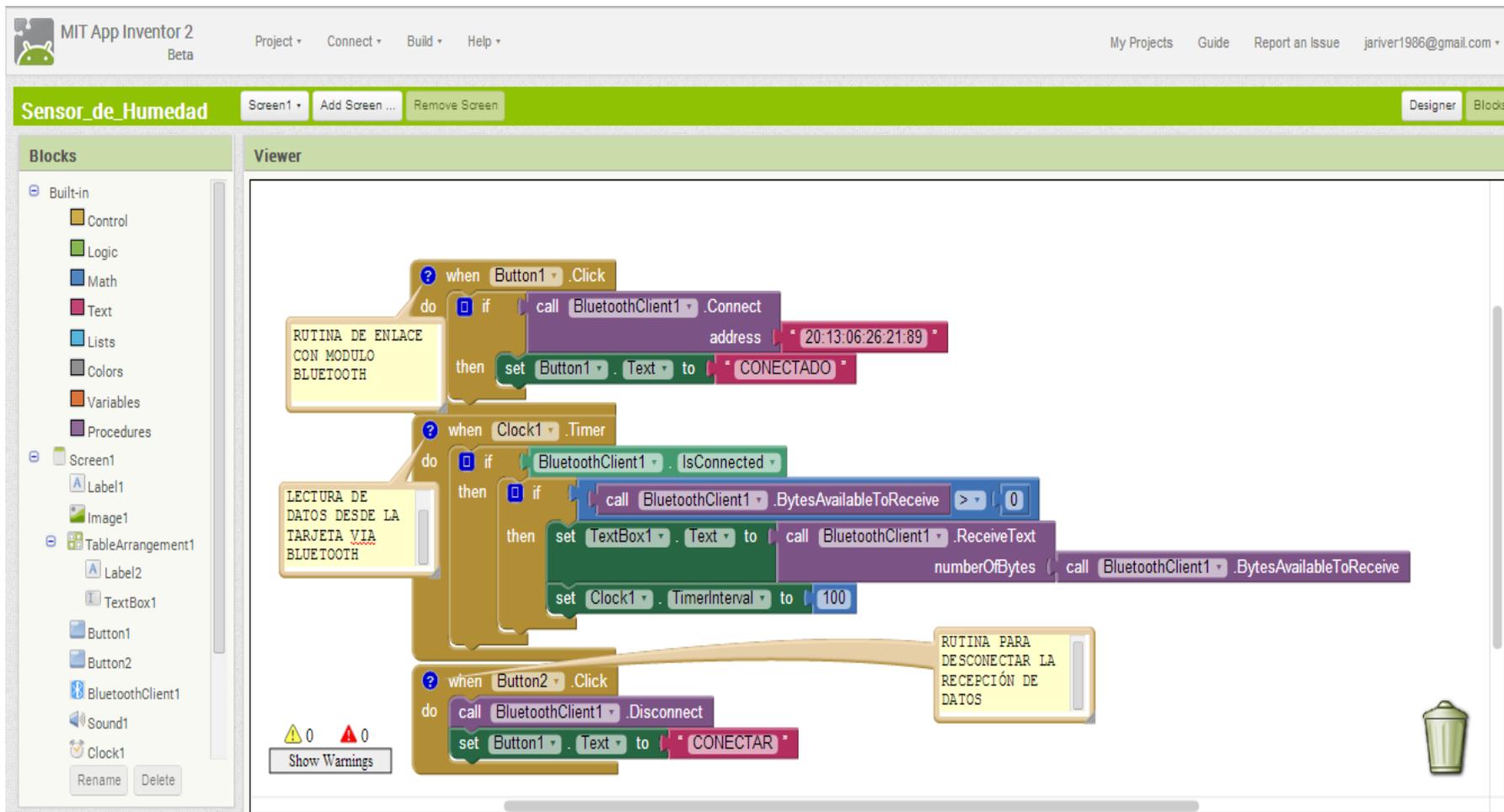


Figura 4. 8: Programación en Appinventor del sistema de adquisición de datos de humedad.  
Fuente: El Autor.

## **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **5.1. Conclusiones.**

- A través del Estado del Arte de los Sistemas Microcontroladores, se pudo fundamentar y comprender la importancia de los microcontroladores.
- También se describió brevemente los dispositivos inteligentes o teléfonos smartphone, que dependen de sistemas operativos cerrado y otros de código abierto como Android, la mayoría vienen instalados en celulares Samsung, Huawei e inclusive Nokia. Los otros sistemas operativos permiten desarrollar aplicaciones “app” pero las plataformas para ser programadas no son gratuitas.
- La parte experimental nos permitió validar correctamente la aplicación para adquirir datos del sensor de humedad siendo procesado por el microcontrolador PIC16F886 y finalmente es transmitido por Bluetooth hacia cualquier dispositivo móvil que cuente con el Sistema Operativo Android.

### **5.2. Recomendaciones.**

- Incluir en las carreras de Ingeniería en Telecomunicaciones y Electrónica en Control y Automatismo, asignaturas como Programación para Dispositivos Móviles o Desarrollo de Aplicaciones de Código Abierto, etc., o que sean incluidos por ejemplo en las materias de X Ciclo tales como Integración de Tecnologías.
- Proponer temas de investigación o de trabajos de titulación, para que los estudiantes puedan desarrollar un sinnúmero de aplicaciones prácticas de microcontroladores.

- Adquirir más dispositivos electrónicos de entrenamiento para microcontroladores PIC y que sean utilizados en las clases de ambas carreras de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.
  
- Proponer cursos de educación continua para estudiantes, egresados, exalumnos y profesionales en Programación para Aplicaciones en Dispositivos Móviles Inteligentes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ángulo U., J. M. & Ángulo M., I. A. (1997). *Microcontroladores PIC: diseño práctico de aplicaciones*. McGraw-Hill Interamericana de España.

Aranguren, G., & Nozal, L., (1996). *Prácticas con microcontroladores PIC*. Actas TAAE, 96.

Bianco, P. A. (2005). *Desarrollo de Aplicaciones Basadas en XML Web Services para Dispositivos Móviles con Microsoft.NET Compact Framework*. Tesina publicada en la Facultad de Ingeniería y Tecnología Informática, Buenos Aires, Argentina.

García B., E. (2008). *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC*. Barcelona: Marcombo.

González L., A. J. (2013). *Aplicaciones prácticas de Microcontroladores a través de la plataforma de programación MatLab*. Trabajo de titulación no publicado de Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Jiménez A., H. W. & Rojas F., S. A. (2011). *Análisis, Diseño e Implementación de un Software para la atención a clientes mediante dispositivos móviles para el proceso de pedidos de DISTRAVES S.A*. Trabajo de grado como Especialista en Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. Disponible online en la web: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/137742.pdf>

Melchor H., N. (2009). *Tarjeta de Desarrollo para Microcontroladores PIC*. (Tesis de Pregrado, Instituto Politécnico Nacional). Recuperado de <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/8682/205.pdf?sequence=1>.

Pérez, E. M. (2007). *Microcontroladores PIC: Sistema Integrado para el autoaprendizaje*. Barcelona: Marcombo.

Rodríguez E., A. (2013). *Guía para la Construcción de Aplicaciones Móviles en la Plataforma Windows Phone*. Proyecto de Grado de Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, Universidad Católica de Pereira. Pereira, Colombia. Disponible online de la página web: <http://ibsa.mx:8080/ucp/bitstream/handle/10785/1729/CDMIST66.pdf?sequence=2>

Rossano, V. (2013). *Electrónica & Microcontroladores PIC*. USERSHOP. Recuperado el 10 de diciembre 2013, de <http://books.google.es/>.

Valdés P., F. E., & Pallás A., R. (2007). *Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC* (Vol. 1149). Barcelona: Marcombo.

Valdivieso N., D. (2013). *Construcción de un Controlador de temperatura ambiental y humedad del suelo de un invernadero de tomate riñón orgánico utilizando el Microcontrolador PIC 16F877A*. Recuperado el 12 de diciembre de 2013, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6394/1/CD-4912.pdf>.

Verle, M. (2010). *PIC Microcontrollers – Programming in Basic*. Belgrado: mikroElektronika.

Want, R. (2009). *When Cell Phones Become Computers*. IEEE Pervasive Computing, vol. 8, no. 2, pp. 2-5, April-June, 2009. También disponible y recuperado el 15 de diciembre del 2013 online: <http://www.computer.org/csdl/mags/pc/2009/02/mpc2009020002.pdf>