



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRÓNICO
CON MENCIÓN EN SISTEMAS INDUSTRIALES

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO
AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA
UNA FINCA UBICADA EN EL SECTOR POPULAR DE BALERIO
ESTACIO”**

AUTORES:

JUAN CARLOS VÁSCONEZ CUZCO
FELIPE DE JESÚS CHAMBA TENEMAZA

DIRECTOR:

MSC. LUÍS CÓRDOVA RIVADENEIRA

GUAYAQUIL, MAYO DEL 2013

DEDICATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Juan Carlos Vásquez Cuzco portador de la cédula de ciudadanía N° 0919552034 y Felipe Chamba Tenemaza portador de la cedula de ciudadanía N°0910892249 estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana, declaramos que la responsabilidad del contenido de esta tesis de grado, nos corresponde exclusivamente y es propiedad intelectual de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, Mayo de 2013

Juan Carlos Vásquez

CI. 0919552034

Felipe Chamba Tenemaza

CI. 0910892249

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis Padres, por siempre demostrarme su amor y preocupación en todas las etapas de mi vida.

A mi esposa, que con su amor, comprensión y su apoyo incondicional, me ha dado la fortaleza para terminar con éxito este proyecto.

A mis hijos que son lo que me dan la fuerza y son mi motor diario para seguir adelante en la vida.

A la UPS, maestros y amigos que estuvieron siempre a mi lado y creyeron en mi como profesional y persona.

Juan Carlos Vásquez

DEDICATORIA

A Dios por siempre guiarme en mi formación humana y profesional. A mis padres, Ángel y Carmen, a mis hermanos, Fanny y César. Quienes con su amor, fidelidad, comprensión me han acompañado cada capítulo de este trabajo.

Su sola presencia en el trayecto de mi vida, han hecho que ésta tenga sentido.

A la UPS, maestros y amigos que me acogieron y creyeron en mi como profesional y persona con quienes compartí grandes momentos de mi vida mientras estuve en el aula.

Gracias, una vez más querido Dios por haberme permitido conocer excelentes amigos y seres humanos.

Felipe Chamba Tenemaza

AGRADECIMIENTO

Gracias, infinitas gracias a nuestro tutor, el Ing. Luis Córdova Rivadeneira, MSC.

A la Universidad Politécnica Salesiana, que con su formación profesional y humana, nos brinda la oportunidad de ser profesionales.

Al Sr. Cesar Verdesoto, presidente de la comuna Voluntad de Dios, que nos permitió asistir este proyecto en su finca ubicada en el Sector de Balerio Estacio.

ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA.....	i
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	15

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Delimitación del problema.....	16
1.3 Objetivos.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
1.4 Justificación.....	17
1.5 Hipótesis.....	18
1.6 Variables e indicadores.....	18
1.7 Metodología.....	18
1.7.1 Métodos.....	18
1.7.2 Técnicas.....	18
1.7.3 Instrumentos de investigación y recolección de datos.....	19

1.8	Población y muestra.....	19
1.9	Descripción de la propuesta.....	19
1.9.1	Beneficiarios.....	20
1.9.2	Impacto.....	20

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Sistemas domóticos.....	21
2.1.1	Confort.....	22
2.1.2	Seguridad.....	22
2.1.3	Comunicaciones.....	23
2.1.4	Redes telemáticas.....	23
2.2	Introducción a la comunicación inalámbrica.....	26
2.3	Zigbee como tecnología inalámbrica.....	27
2.3.1	Estándar IEEE 802.15.4.....	27
2.4	Características de Zigbee.....	27
2.4.1	Ventajas.....	29
2.4.2	Desventajas.....	30
2.5	Arquitectura de Zigbee.....	30
2.6	Topología.....	32
2.6.1	Topología en estrella.....	32
2.6.2	Topología en árbol.....	32
2.6.3	Topología de malla.....	32
2.6.4	Topología punto a punto.....	32
2.7	Comparación de tecnologías inalámbricas.....	33
2.8	Zigbee en aplicaciones domóticas.....	34
2.8.1	Servicios que ofrece Zigbee en el área domótica.....	36
2.8.1.1	Ahorro energético.....	36
2.8.1.2	Gestión eléctrica.....	36
2.8.1.3	Confort.....	36

2.8.1.4	Seguridad.....	37
2.8.1.5	Comunicaciones.....	37
2.9	Tecnología XBee.....	37
2.9.1	Módulos XBee.....	37
2.9.2	Funcionamiento de los módulos XBee.....	38
2.9.3	Conexión básica.....	38
2.9.4	Configuración de pines del módulo XBee.....	39
2.9.5	Modos de operación.....	42
2.9.5.1	Modo recibir/transmitir.....	42
2.9.5.2	Modo peer-to-peer.....	43
2.9.5.3	Modo con coordinador.....	43
2.9.5.4	Modo transparente.....	43
2.9.5.5	Modo API.....	43

CAPÍTULO III

3.1	Tecnología GSM.....	44
3.1.1	Definición de GSM.....	44
3.1.2	Arquitectura de la red de telefonía móvil GSM.....	44
3.1.3	Arquitectura de red GSM.....	45
3.1.4	Servicio SMS.....	45
3.2	Modem ME3006.....	46
3.2.1	Funciones e interfaces.....	47
3.2.2	Características técnicas.....	48
3.3	Los comandos AT.....	51
3.4	Interfaz RS-232.....	53

CAPÍTULO IV

4.1	Dispositivos utilizados en el proyecto.....	57
4.2	Descripción de los componentes que conforman el proyecto.....	57
4.2.1	Microcontrolador PIC 16F877A.....	57
4.2.2	Características importantes.....	60

4.2.3	El Encapsulado.....	62
CAPÍTULO V		
5.1	Diseño, construcción e implementación del sistema de control de riego automático.....	
5.2	Diseño por partes de la tarjeta de control.....	66
5.2.1	Fuente de alimentación.....	67
5.2.2	Interface de comunicación serial.....	67
5.2.3	Sistema de visualización.....	68
5.2.4	Teclado para el ingreso de datos.....	69
5.2.5	Interface para control externo con relés.....	70
5.3	Diseño de tarjetas de control de riego automático.....	71
5.4	Tarjeta de la fuente simétrica.....	73
5.5	Tarjeta de control de salidas de electroválvulas.....	74
5.6	Tarjeta de control de la bomba del pozo.....	75
5.7	Diseño sensor de humedad.....	75
5.8	Cálculo de frecuencia por resistencia del suelo.....	76
		79
CONCLUSIONES.....		
		87
RECOMENDACIONES.....		
		88
BIBLIOGRAFÍA.....		
		89
ANEXOS		
Fotos del sistema de riego y del sistema eléctrico		
	Foto N° 1: Cableado de alimentación a electroválvulas.....	
	Foto N° 2: Cableado de alimentación a electroválvulas.....	91
	Foto N° 3: Tubería del sistema eléctrico y agua.....	92
	Foto N° 4: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 1.....	92
	Foto N° 5: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 2.....	93
	Foto N° 6: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 3.....	93

Foto N° 7: Cableado y uniones del sistema eléctrico.....	94
Foto N° 8: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 4.....	94
Foto N° 9: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 4.....	95
Foto N° 10: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 5.....	95
Foto N° 11: Electroválvulas y aspersores para irrigación del cultivo zona 6.....	96
Foto N° 12: Cableado y uniones del sistema eléctrico.....	96
Foto N° 13: Cableado y uniones del sistema eléctrico.....	97
Foto N° 14: Medición de Tensión en el terreno.....	97
Foto N° 15: Medición de resistencia en el terreno con el sensor de humedad.....	98
Foto N° 16: Reconocimiento y distribución de zonas.....	98
Foto N° 17: Reconocimiento del terreno y distribución de las zonas.....	99
Foto N° 18: Colocación de tubería para irrigación.....	99
Foto N° 19: Colocación de tubería para irrigación.....	100
Foto N° 20: Falta de agua en plantación.....	100
Foto N° 21: Reservorio de agua para irrigación del terreno.....	101
Foto N° 22: Ubicación de la bomba en el pozo.....	101
Foto N° 23: Ubicación de la bomba en el pozo.....	102
Foto N° 24: Ubicación de la bomba en el pozo.....	102
Foto N° 25: Montaje del sistema de control electrónico.....	103
Foto N° 26: Mensaje de inicio del sistema de riego.....	103
Foto N° 27: Mensaje de “falta agua” en el reservorio.....	104
Foto N° 28: Teclado para ingreso de datos y menú.....	104
Foto N° 29: Tarjeta principal del controlador y manejo de comunicación.....	105
Foto N° 30: Pines utilizados para comunicación inalámbrica del XBee.....	105
Foto N° 31: Fuente de alimentación del sistema de riego.....	106
Foto N° 32: Tarjeta de sensor de nivel del sistema de riego.....	106
Foto N° 33: Tarjeta de salida de fuerza del sistema de riego.....	107
	107
Diagrama eléctrico del sistema de riego, sensores y electroválvulas.....	108
Programación utilizada en el Microcontrolador 16F877A.....	109
Métodos de medir la humedad del suelo.....	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Comparación de tecnologías.....	
Tabla N° 2: Distribución de pines del dispositivo XBee.....	
Tabla N° 3: Tabla de frecuencias de redes GSM.....	
Tabla N° 4: Encendido y funcionamiento del modem MG3006.....	
Tabla N° 5: Pines de conexión del puerto serie.....	34
Tabla N° 6: Características del PIC 16F877A.....	41
Tabla N° 7: Descripción de los pines del Microcontrolador 16f877A.....	49
Tabla N° 8: Datos de la humedad del suelo con su respectiva frecuencia.....	51
Tabla N° 9: Datos de la prueba experimental para la medición de resistencia en el suelo.....	55 61
Tabla N° 10: Cronograma 1 de ejecución del proyecto.....	65
Tabla N° 11: Cronograma 2 de ejecución del proyecto.....	77
Tabla N° 12: Cronograma 3 de ejecución del proyecto.....	
Tabla N° 13: Tabla final de costos del proyecto.....	80
	81
	83
	84
	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema de un enlace domótico.....	
Figura N° 2: Sistemas de conexión domótica, conexión estrella.....	
Figura N° 3: Arquitectura domótica descentralizada.....	
Figura N° 4: Arquitectura domótica centralizada.....	
Figura N° 5: Sistema domótico cableado.....	21
Figura N° 6: Sistema domótico inalámbrico.....	22
Figura N° 7: Tipos de redes inalámbricas.....	24
Figura N° 8: Sistema de Zigbee spectrum.....	24
Figura N° 9: Diferentes capas que conforman la pila de protocolos para Zigbee.....	25
Figura N° 10: Aplicaciones de Zigbee.....	25
Figura N° 11: Zócalo demostrativo para módulo XBee.....	26
Figura N° 12: Conexiones requeridas para un módulo XBee.....	28
Figura N° 13: Diagrama de pines del módulo XBee, vista superior.....	30
Figura N° 14: Módulos XBee.....	35
Figura N° 15: Módulos XBee PRO.....	38
Figura N° 16: Arquitectura de red GSM.....	38
Figura N° 17: Modem ME 3006 de la corporación ZTE.....	39
Figura N° 18: Identificación de pines de un conector DB9 macho.....	41
Figura N° 19: Identificación de pines de un conector DB9 hembra.....	42
Figura N° 20: Conexión del puerto serial al Microcontrolador.....	45
Figura N° 21: Cable de modem – Microcontrolador.....	46
Figura N° 22: Estructura interna del Microcontrolador.....	54
Figura N° 23: Distribución de pines del PIC 16F877A.....	54
Figura N° 24: Esquema general del sistema de riego.....	55

Figura N° 25: Diseño de la fuente de alimentación simétrica.....	56
Figura N° 26: Interface serial con el Integrado MAX 232.....	58
Figura N° 27: Pantalla LCD de monitoreo del sistema de riego.....	62
Figura N° 28: Conexión del teclado con el PIC 16F877A.....	66
Figura N° 29: Teclado matricial 4x4 y distribución de pines.....	67
Figura N° 30: Conexión de los pines de salidas con el PIC 16F877A.....	68
Figura N° 31: Interface de potencia con relé para control de las electroválvulas.....	69
Figura N° 32: Diseño de pista de la tarjeta de control automático de riego.....	70
Figura N° 33: Pista de la tarjeta de alimentación simétrica.....	71
Figura N° 34: Pista de la tarjeta de control de salidas con relés.....	72
Figura N° 35: Pista de la tarjeta de control de la bomba del pozo.....	73
Figura N° 36: Diagrama electrónico del sensor de humedad con 555.....	74
Figura N° 37: Pista de la tarjeta de sensor de humedad.....	74
Figura N° 38: Diagrama eléctrico del sistema de riego, sensores y electroválvulas...	75
Figura N° 39: Diagrama de la barrera comúnmente utilizada para tomar muestras de suelo.....	76 78
Figura N° 40: Preparación de los bloques de yeso.....	78
Figura N° 41: Bloques de yeso colocados en el suelo.....	108
	135
	140
	140

ABSTRACT

La presente tesis titulada “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio”, la que se realizó con el fin de utilizar la tecnología que hoy en día ha avanzado mucho para llevarla al campo y ayudar en esta ardua labor agrícola y a la vez beneficiar a las familias que habitan este sector marginal de Guayaquil.

Para este sistema automatizado se aplicó la electrónica a los sistemas domóticos ya que éstos son los que permiten realizar tareas de control dentro y fuera del hogar. Este control se implementó con el Microcontrolador 16F877A que es el que realiza toda la operación de control del sistema de riego, y la programación se la realizó con el software microcode studio plus. El sistema cuenta con 2 sensores de nivel de agua, el uno ubicado en el reservorio de irrigación y el otro en un pozo localizado a 170 m de distancia de la zona de cultivo que es donde se bombea el agua, estos controlan los niveles del reservorio y pozo, y el encendido de esta bomba es por comunicación inalámbrica, utilizando los módulos XBee pro ya que la distancia entre estos es larga.

También el sistema consta de un modem GSM ME3006, que se utilizó para generar mensajes de texto cada vez que el sistema de riego se encuentre activo y esta información sea recibida por el o los usuarios que lo requieran.

Además como parte del proyecto se implementó transductores para poder sensar la humedad del suelo, generando un valor de frecuencia por medio de la variación de la resistencia del terreno cada vez que este lo requiera (menor humedad, mayor resistencia) donde este valor de frecuencia es leído por el Microcontrolador y comparado con los datos previamente ubicados en la programación. De esta manera el sistema puede funcionar de forma automática ya que los datos de irrigación son proporcionados por el suelo.

Como control adicional el sistema puede trabajar de forma manual, de tal forma que el usuario elija por medio de un teclado que parte del terreno desea que este sea irrigado.

INTRODUCCIÓN

Desde la inserción en el manejo de medios de información, sean de voz, datos, e incluso la internet, la comunicación inalámbrica ha tenido una gran aceptación como medio de enlace entre diferentes dispositivos, como por ejemplo en Sistemas Domóticos, bajo Bluetooth, Infrarrojos, Radio Frecuencia, Wifi, etc.

Su aceptación tuvo éxito por su fácil manipulación, es decir poder movilizar sin los molestos cables dentro de su distancia permitida.

Con la comunicación inalámbrica y la interrelación del puerto serie y algunos dispositivos, se pudo crear el proyecto " DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALÁMBRICA PARA UNA FINCA UBICADA EN EL SECTOR POPULAR DE BALERIO ESTACIO". El proyecto abarca lo que es la comunicación inalámbrica en la frecuencia de banda libre de 2.4Ghz con un alcance de 300 metros en línea de vista y de 30 a 50 metros sin línea de vista. El panel principal recibe datos de humedad, control de nivel, que son procesados y controlados por un Microcontrolador que a su vez envía señal al XBee para su comunicación inalámbrica al panel del pozo gobernado por otro Microcontrolador que envía a encender una bomba.

Dada la necesidad en la agricultura y sobre todo la constancia que esta conlleva a permanecer en los lugares donde se necesita un riego constante y controlado, para que los productos del agro no se dañen o lo que es peor se pierdan en su totalidad surge esta necesidad de automatizar un sector a través de un sistema de riego, el mismo que controla las diferentes áreas de sembrío las cuales poseen varios sensores que interactúan con un Microcontrolador que tomará las decisiones de riego en el caso de surgir la necesidad.

Gracias a los sistemas domóticos que se encuentran al alcance de todos, ya sea en la automatización de viviendas para facilitar el trabajo en el hogar, surge esta idea del control de riego usando esta tecnología, "si la domótica es utilizada para el beneficio de las personas dentro del hogar", ésta también puede ayudar a las personas en el campo y de la misma manera facilitar y permitir no estar tan pendientes de éstos para poder realizar tareas adicionales o paralelas al mismo tiempo.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se da cuando surge la necesidad de superar las anomalías que se dan en el agro y sobre todo cuando de una u otra forma no existe un buen control de riego en áreas de difícil acceso como es en la zona de la cooperativa Balerio Estacio, donde se encuentra y se requiere la implementación de este sistema de riego automático.

Tomando en consideración los estándares y códigos que se requiere para implementar este sistema y a su vez mejorar las cosechas de productos de consumo masivo como son las frutas, vegetales y hortalizas en esta zona de la ciudad de Guayaquil. Siendo beneficiados la familia Verdesoto y los vecinos de sus alrededores que comparten estos productos que son producidos en esta pequeña finca.

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La irrigación de un terreno agrícola ubicado en la cooperativa Balerio Estacio, que se hará a partir de la implementación de un sistema de riego por aspersión, será más utilizado en el verano, ya que recordemos que en los meses de lluvia como es de enero hasta abril no existe mayor necesidad de riego en la plantación.

Otra limitación es el difícil acceso a este sitio donde por situaciones del mal estado de las vías, no es posible tener una mayor frecuencia de visitas por parte de los dueños del lugar para tener un mejor control de la irrigación del cultivo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un proyecto técnico, en el que se cree el diseño de un sistema de Riego automático tecnificado y refleje también la descripción de los procesos de la irrigación del terreno agrícola.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Aplicar los sistemas protocolo de comunicaciones domóticos para la automatización de un sistema de riego.

Diseñar y evaluar el funcionamiento de los sistemas de control, sensores y actuadores utilizando un Microcontrolador.

Realizar el control de una aplicación domótica a través de mensajes SMS utilizando la tecnología GSM.

Determinar alcances y limitaciones de la aplicación de esta red implementada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Se desea implementar un sistema de riego muy novedoso que permita controlar con ayuda de sensores y actuadores al sistema de irrigación por sectores, a su vez comunicar su estado por medio de mensajes SMS o escritos a uno o varios teléfonos celulares además del proceso de encendido y apagado de las bombas que permiten la irrigación de los cultivos.

La necesidad de implementar este proyecto radica en que la mayoría de los sistemas de riego no son inteligentes o automatizados, y los que son presentan costos muy elevados sobre todo para una población de bajos recursos económicos como son nuestros usuarios.

Dicho Proyecto tiene como utilidad proteger los cultivos y mejorar el riego en las plantaciones de difícil acceso, utilizando diferentes recursos como el hardware y software diseñados para la correcta funcionabilidad en el sector implementado y aplicando los diferentes conocimientos adquiridos en la formación académica.

Este proyecto indica directamente, por medio de SMS y en tiempo real los diferentes procesos que se estarían aconteciendo en los cultivos cuando el sistema de riego esta puesto en marcha, y su fácil operación por parte del usuario.

1.5 HIPÓTESIS

Dentro de los sistemas de riego existen varios métodos o formas de realizarlo, pero aprovechando el sistema por aspersión aseguramos que exista un mejor riego a los cultivos y por ello una mejor producción y así obtener resultados positivos en las cosechas que se tendrán en los meses posteriores a la implementación de este proyecto.

1.6 VARIABLES E INDICADORES

Las variables que se obtendrán en el sistema serán los valores que entreguen los diferentes sensores de humedad dentro de las diferentes áreas ubicadas en los distintos cultivos de cada zona asignada y los sensores de nivel dentro de cada uno de los reservorios o piscina.

Los indicadores serán estados de los diferentes elementos del sistema enviados por mensajes de texto para proporcionarle al usuario información de qué bombas se encuentran encendidas de tal manera que el usuario se encuentre notificado del proceso sin estar presente en el sitio.

1.7 METODOLOGÍA

1.7.1 MÉTODOS

Se están utilizando el método experimental a través de la recolección de información de datos en tiempo real para el accionamiento de los sistemas y el método deductivo al obtener conclusiones para determinar los rangos de humedad necesarios para el riego del terreno.

1.7.2 TÉCNICAS

Se hace un análisis de humedad irrigando agua en diferentes áreas del terreno, así obtenemos diferentes valores de frecuencia, calibrando los sensores para de esta manera obtener un bajo margen de error cuando los diferentes cultivos necesiten de la irrigación de agua en la tierra.

1.7.3 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Hacemos uso de un Microcontrolador para el procesamiento de datos, recolectados por los sensores de humedad al Microcontrolador para que este realice el análisis, comparación y así decida si los diferentes actuadores deberán ser activados para el funcionamiento del sistema de irrigación. También se hizo uso de un osciloscopio para la comparación y medición de las frecuencias proporcionados por los sensores de humedad.

1.8 POBLACIÓN Y MUESTRA

Este proyecto será de gran utilidad para la población ubicada en la cooperativa Balerio Estacio, ya que mediante este sistema mejorará la producción de frutas y demás cultivos que son sembrados. De esta manera se demuestra que la ingeniería y en sí, la domótica puede ser aplicada en zonas libres y abiertas.

1.9 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Se pretende realizar un sistema de riego con control inalámbrico que se ubicará en el sector de Balerio Estacio, éste será implementado y puesto en funcionamiento en un terreno irregular denominado pequeña finca de aproximadamente 1 hectárea.

Para ello también se elaborarán algunos diseños de tarjetas electrónicas tales como:

Tarjeta de control de riego.

Tarjeta de fuerza.

Tarjetas para sensor de humedad.

Tarjetas para sensor de nivel de agua.

Las mismas servirán para el desarrollo y buen funcionamiento de todo el sistema de riego.

1.9.1 BENEFICIARIOS

Gente de la comunidad del sector marginal de la Balerio Estacio, la familia Verdesoto que es la encargada de dar vida a este sector.

1.9.2 IMPACTO

Motivación de los estudiantes que ven factible que toda la experiencia adquirida en las aulas y laboratorios se ven plasmadas para el beneficio de las personas. Esto es motivante ya que la domótica siendo uno de los sistemas más completos en la electrónica es utilizado para este fin y diversificar la ingeniería para muchos ámbitos y no solo a nivel industrial.

Los habitantes de este sector también se encuentran asombrados con el desarrollo de este sistema, ya que nunca imaginaron contar con tecnología que pueda beneficiar directamente al sector, pudiendo realizar las compras de los productos que se han

cultivado en esta finca sin salir a las avenidas principales, ahorrándoles tiempo para realizar otras actividades.

Algo que pudimos notar, es el aumento del interés de la juventud que habitan en este sector en conocer sobre la electrónica, mostrando inclinación a las carreras técnicas y asombrados preguntaban “¿Cuándo yo estudie electrónica podré hacer todos esos circuitos?”, entonces el gusto por las carreras técnicas fue notorio para estos jóvenes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS DOMÓTICOS

Los avances en las tecnologías han desarrollado con grandes pasos en los últimos años. Estos avances no solo se han producido en los campos de la industria, sino también ha llegado al sector de nuestros hogares o viviendas que es el sector domótico como se muestra en la siguiente figura N° 1.

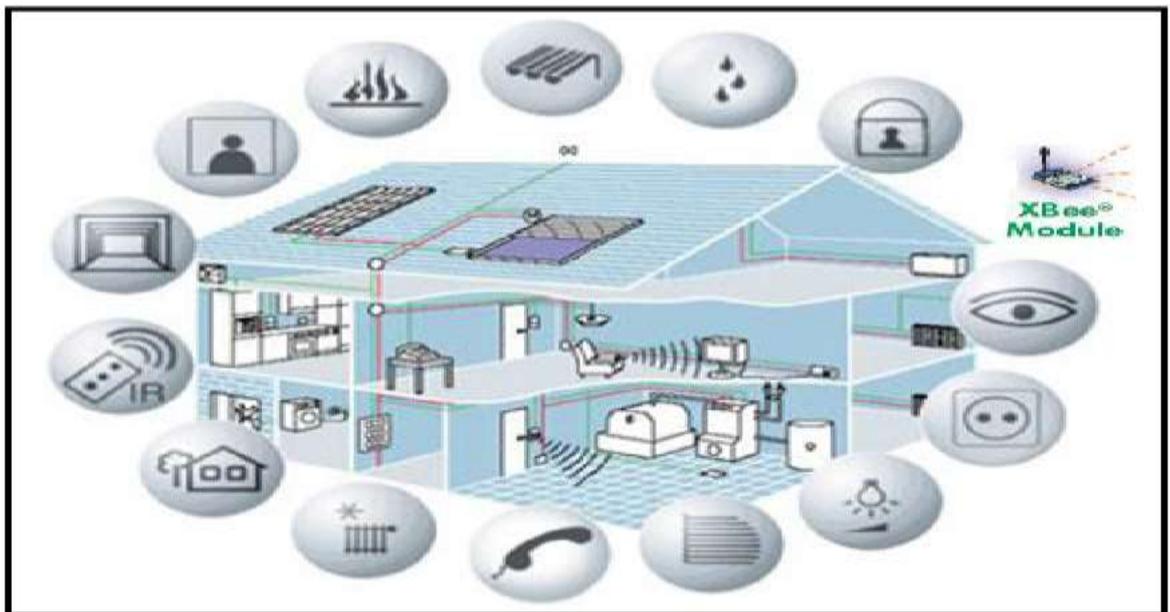


FIGURA N° 1: SISTEMA DE UN ENLACE DOMÓTICO.

FUENTE: ACUARELATV.NET, La domótica, Junio 2012, www.acuarelatv.net/2013/01/la-domotica.html.

www.acuarelatv.net/2013/01/la-domotica.html. [www- World Wide Web- \(Red Mundial Global\)](http://www-WorldWideWeb-(RedMundialGlobal))

El término domótica proviene de la unión de las palabras *domus* (que significa casa en latín) y robótica (de *robot*, que significa esclavo). Se entiende por domótica al conjunto de sistemas capaces de automatizar una vivienda y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, con su respectivo control como se observa en la figura N° 2.

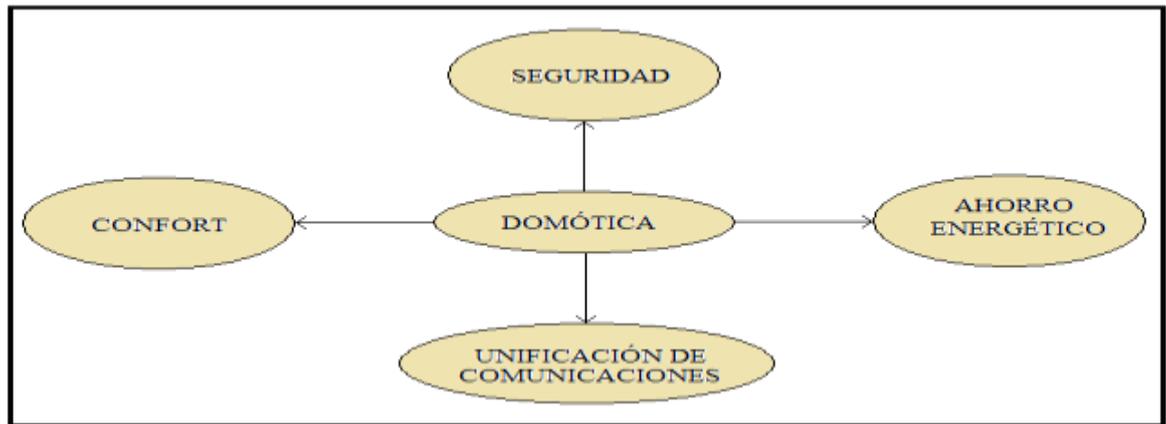


FIGURA N° 2: SISTEMAS DE CONEXIÓN DOMÓTICA, CONEXIÓN ESTRELLA.

FUENTE: TECHNODOMOTIC, Influencia de la globalización y las tic en la domótica, Junio 2012, <http://technodomotic.blogspot.com/2012/03/influencia-de-la-globalizacion-y-las.html>

2.1.1 CONFORT

Buena calidad de vida, a través de la automatización con el control de luces, persianas, ventanas, cortinas y enchufes, la climatización automática tanto por calefacción como por refrigeración, riego automático cuyo encendido dependerá de la ausencia de lluvias o de sequías prolongadas, con detectores de humedad situadas en el propio terreno de siembra, con electroválvulas que se activan según el sector a ser regado, y módulos de relés de potencia para el control de persianas, aire acondicionado o conectar los electrodomésticos como frigorífico, lavadora, lavaplatos, etc.

2.1.2 SEGURIDAD

Seguridad en el hogar, que incluye alarmas en cada cuarto, en ausencias prolongadas de las personas dueñas de casa, el control de accesos, control biométrico, con la posibilidad de visualización remota de la vivienda y la ayuda de sensores de presencia y sensores magnéticos de apertura de puertas o ventanas, detectores de correspondencia al buzón, detectores de humo, detección de escapes de gas.

2.1.3 COMUNICACIONES

Control remoto. Desde cualquier teléfono móvil se puede conectar con el sistema domótico para activar o desactivar los servicios deseados.

Distribución de audio y vídeo. Se puede hacer que la música de un reproductor se escuche en toda la casa o ver en la televisión la señal del vídeo-portero.

2.1.4 REDES TELEMÁTICAS

Estas redes permiten llevar a cabo una gran variedad de acciones sin moverse de casa, como la compra a distancia, realizar operaciones financieras, enviar mensajes a cualquier parte.

El sistema domótico está compuesto por tres elementos principales:

- a) Sensores. Captan cualquier tipo de cambio físico en el interior de una vivienda y transmiten la información a la unidad de control para que actúe al modo de trabajo que se ha establecido.
- b) Actuadores. Son aparatos que actúan con la unidad de control, transforma aquellos datos como:(subir persianas, realizar una llamada).
- c) Unidad de control. Componente principal del sistema, es la parte encargada de gestionar la información y enviar los datos necesarios hacia el actuador para resolver los problemas. Tiene las interfaces necesarias para presentar la información por (pantalla, monitor, etc.).

Características, el sistema domótico puede ser:

Descentralizado. Sensores y actuadores poseen sistemas de autocontrol que permite la interacción directa de unos con otros como muestra la figura N° 3.

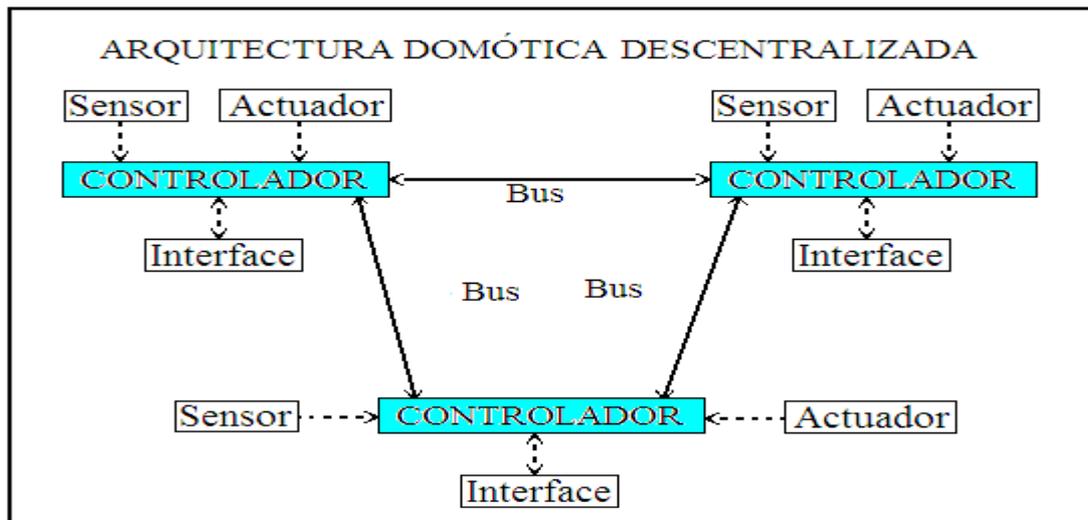


FIGURA N° 3: ARQUITECTURA DOMÓTICA DESCENTRALIZADA

FUENTE: LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA, Junio 2012,

http://static.flickr.com/54/140442089_66eb916409_o.jpg

Centralizado. Los sensores son conectados a las entradas del controlador y los actuadores a la salida. Por lo que toda la información es controlada por la unidad central, recibiendo los datos de las diferentes partes de la instalación captando, y gestionando todas las modificaciones. Para controlarlo se utiliza un módulo de control, la cual es programable y es la encargada de transformar la información que proviene de las entradas como se muestra en la figura N° 4.

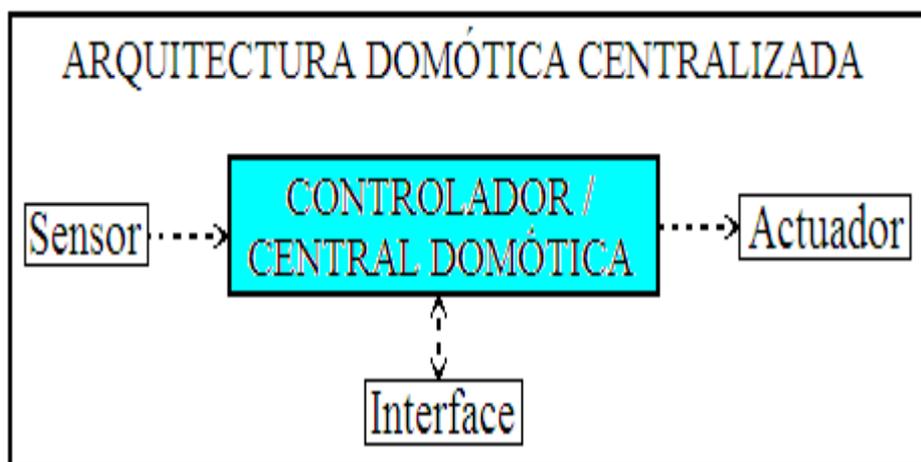


FIGURA N° 4: ARQUITECTURA DOMÓTICA CENTRALIZADA

FUENTE: LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA, Junio 2012,

http://static.flickr.com/54/140442089_66eb916409_o.jpg

Las conexiones pueden ser de dos tipos con cables e inalámbricas (sin cables) y en estos dos casos tienen una batería de respaldo en caso de fallo del suministro eléctrico.

Un sistema cableado: los sensores y actuadores están conectados mediante un cableado a la central principal de todo el sistema como se muestra en la siguiente figura N° 5.

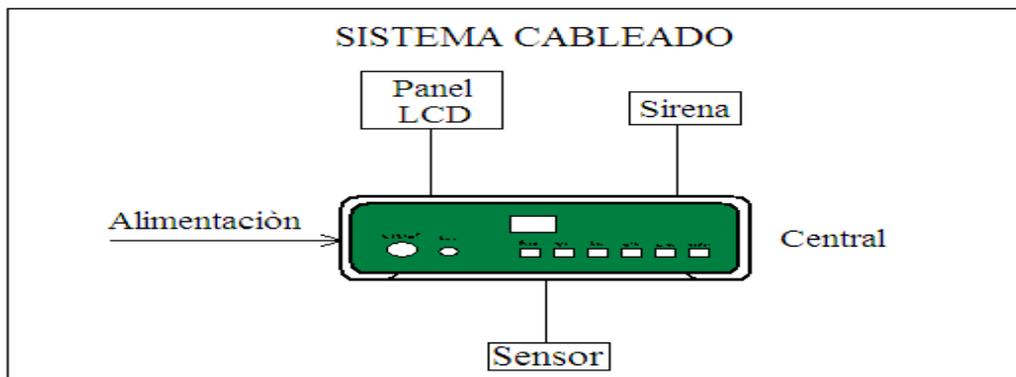


FIGURA N° 5: SISTEMA DOMÓTICO CABLEADO

FUENTE: LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA, Junio 2012,

http://static.flickr.com/54/140442089_66eb916409_o.jpg

Un sistema inalámbrico: los sensores son inalámbricos que transmiten vía radio la información a la central, la cual está alimentada por la red eléctrica como se muestra en la siguiente figura N° 6.

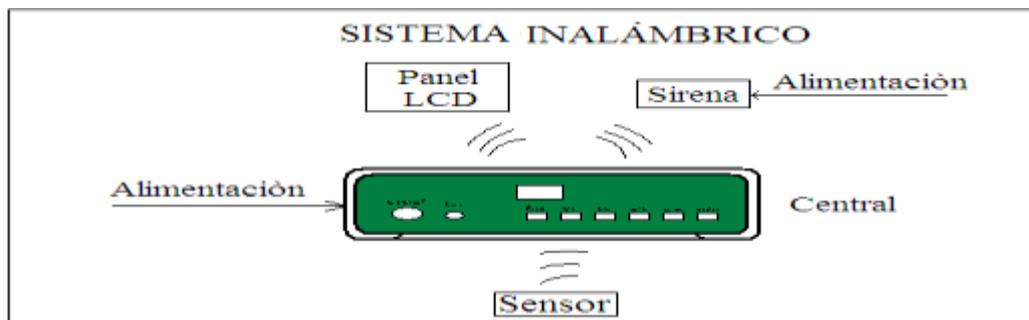


FIGURA N° 6: SISTEMA DOMÓTICO INALÁMBRICO

FUENTE: LA GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA, Junio 2012,

http://static.flickr.com/54/140442089_66eb916409_o.jpg

2.2 INTRODUCCIÓN A LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Las comunicaciones inalámbricas propagan la información en condiciones de espacio libre, por medio de ondas electromagnéticas, existen varios tipos de redes inalámbricas como se muestra en la siguiente figura N° 7.

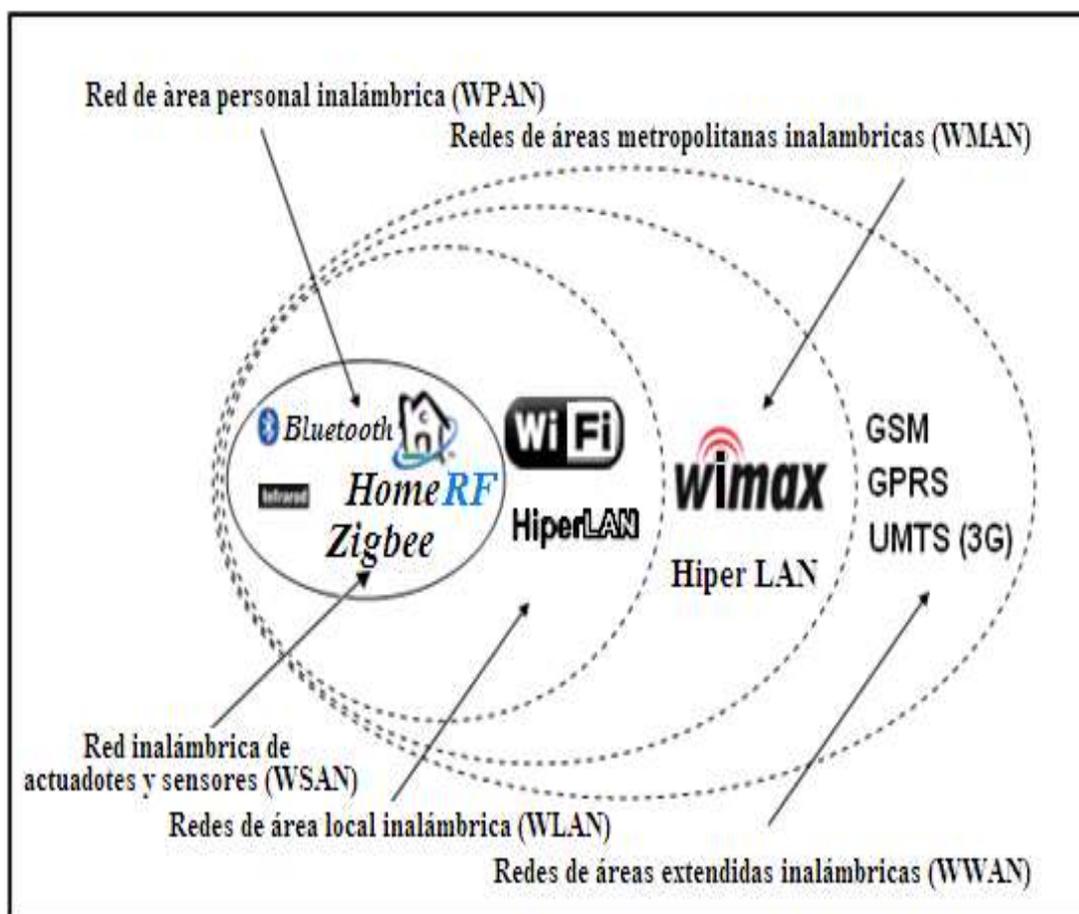


FIGURA N° 7: TIPOS DE REDES INALÁMBRICAS

FUENTE: PORTAL DE SEGURIDAD CLM, Protége. jccm, Junio 2012

http://protegete.jccm.es/protegete/opencms/Ciudadanos/Seguridad/Guías/guia_seguridad_wifi.html

Las redes inalámbricas facilitan la instalación ya que transmiten vía radio la información a la central, permiten a los dispositivos remotos conectarse sin dificultad, sin realizar cambios en la infraestructura del lugar donde se va a instalar.

2.3 ZIGBEE COMO TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

El interés de mejorar la eficiencia energética puede desempeñar un papel fundamental en introducir a los consumidores el valor de las soluciones de automatización del hogar, para esto fue creado Zigbee.

Zigbee, conocido como "*HomeRF Lite*", es una tecnología inalámbrica, basada en el estándar IEEE 802.15.4. El objetivo es el de comunicaciones seguras con baja tasa de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.

Zigbee se expande a una serie de dispositivos haciendo que trabajen más eficiente entre sí. Es esencialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y domóticos.

2.3.1 ESTÁNDAR IEEE 802.15.4

IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (*low-rate wireless personal área network, LR-WPAN*). La actual revisión del estándar se aprobó en el 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

También es la base sobre la que se define la especificación de Zigbee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE ZIGBEE

Zigbee utiliza las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).

Con velocidad de transmisión de 250 Kbps a un rango de cobertura de 10 a 75 metros.

A pesar de entenderse en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth su trabajo no se ve afectado, debido a su baja tasa de transmisión y, a características del estándar IEEE 802.15.4, como se puede observar en la siguiente figura N° 8, que muestra el espectro de Zigbee frente a otras tecnologías.

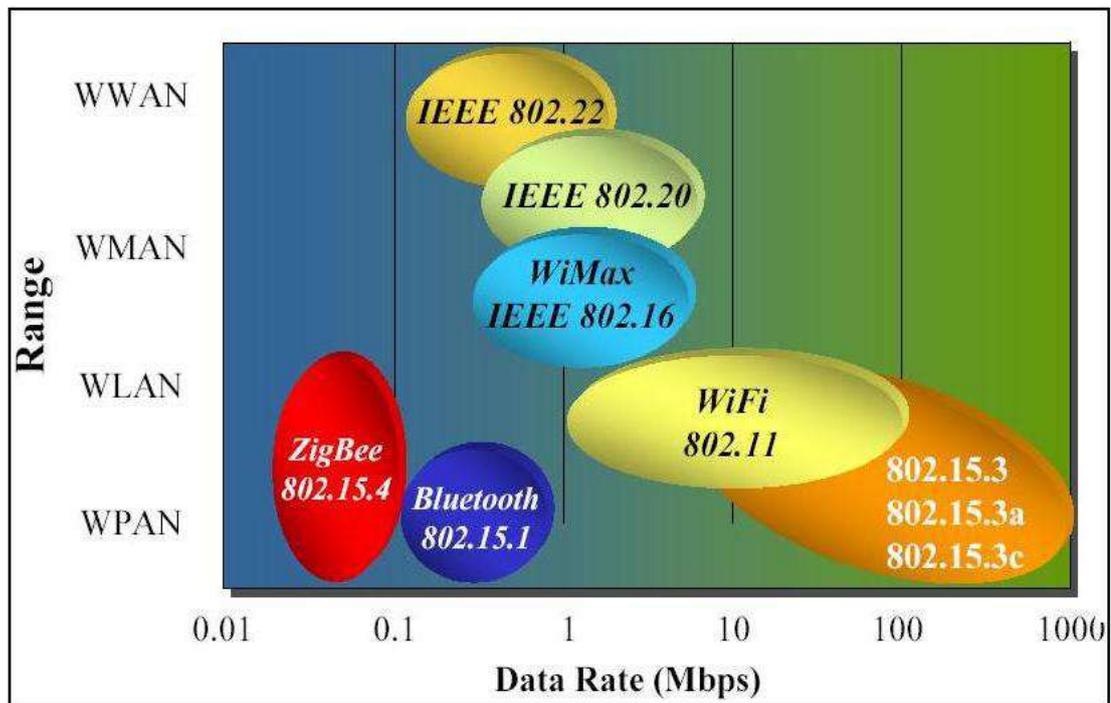


FIGURA N° 8: SISTEMA DE ZIGBEE SPECTRUM

FUENTE: SHENZHEN HAC TELECOM TECHNOLOGY CO. LTD, Módulos Zigbee, Junio 2012, http://www.specifications.nl/zigbee/zigbee_UK.php

En la fabricación del transmisor Zigbee se tienen menos circuitos analógicos de los que se necesitan habitualmente.

Existen diferentes tipos de topologías como estrella, punto a punto, malla, árbol.

Capacidad de operar en redes de gran densidad, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación, ya que entre más nodos existan dentro de una red, entonces, mayor número de rutas alternas existirán para garantizar que un paquete llegue a su destino.

Escalabilidad de red: Dando mejor soporte a las redes más grandes, dando más opciones de gestión, flexibilidad y desempeño.

Cada red Zigbee tiene un identificador de red único, lo que permita que coexistan varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema.

Puesta de servicio inalámbrico: Fue mejorado con capacidades seguras, para poner en movimiento al servicio inalámbrico.

2.4.1 VENTAJAS

Ideal para conexiones punto a punto y punto a multipunto.

Creado para el direccionamiento de información y el refrescamiento de la red.

Opera en la banda libre de ISM 2.4 GHz para conexiones inalámbricas.

Óptimo para redes de baja tasa de transferencia de datos.

Rebaja tiempos de espera en el envío y recepción de paquetes.

Detección de Energía (ED).

Proporciona larga duración de la batería.

Soporte para numerosas topologías de red: Estática, dinámica, estrella y malla.

Hasta 65.000 nodos en una red.

Provee conexiones seguras entre dispositivos.

Son más baratos y de construcción más sencilla.

2.4.2 DESVENTAJAS

La tasa de transferencia es muy baja.

Manipulando solamente textos pequeños comparados con otras tecnologías.

Zigbee trabaja de modo que no puede ser compatible con bluetooth en todos sus aspectos porque no llegan a tener las mismas tasas de transferencia, ni la misma capacidad de soporte para nodos.

Posee menor cobertura porque pertenece a redes inalámbricas de tipo WPAN.

2.5 ARQUITECTURA DE ZIGBEE

Zigbee es una fuente de protocolos, que de manera similar al modelo OSI está constituido por diferentes capas, las cuales son independientes una de las otras. En la figura N° 9, se muestran las diferentes capas que conforman la pila de protocolos para Zigbee.



FIGURA N° 9: CAPAS QUE CONFORMAN LA PILA DE PROTOCOLOS ZIGBEE

FUENTE: WIKISPACES, Protocolos Zigbee, Junio

2012, <http://sx-de-tx.wikispaces.com/ZIGBEE>

La capa que tiene más bajo nivel es la capa física (PHY), que conjuntamente con la capa de acceso al medio (MAC), ofrecen los servicios de transmisión de datos por el aire, punto a punto. Estas dos capas están descritas en el estándar IEEE 802.15.4.

El estándar trabaja sobre las bandas ISM2 de uso no regulado, donde se definen hasta 16 canales en el rango de 2.4 GHz, cada una de ellas con un ancho de banda de 5 MHz. Se emplean radios con un espectro de propagación de secuencia directa, lográndose tasas de transmisión en el aire de hasta 250 Kbps en rangos que oscilan entre los 10 y 75 m, los cuales dependen bastante del entorno.

La capa de red tiene como objetivo principal permitir el correcto uso del subnivel MAC y ofrecer una interfaz adecuada para su uso por parte de la capa de aplicación. En esta capa se brindan los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos. Se debe tener en cuenta que el algoritmo de enrutamiento que se usa es el de enrutamiento de malla, el cual se basa en el protocolo Ad Hoc On-Demand Vector Routing – AODV.

Cuando esta capa se encuentra cumpliendo la función de unir o separar dispositivos a través del controlador de red, implementa seguridad, y encamina tramas a sus respectivos destinos; además, la capa de red del controlador de red es responsable de crear una nueva red y asignar direcciones a los dispositivos de la misma. Es en esta capa en donde se implementan las distintas topologías de red que Zigbee soporta (árbol, estrella y mesh network).

La capa que continúa es la de soporte a la aplicación que es el responsable de mantener el rol que el nodo juega en la red, filtrar paquetes a nivel de aplicación, mantener la relación de grupos y dispositivos con los que la aplicación interactúa y simplificar el envío de datos a los diferentes nodos de la red. La capa de Red y de soporte a la aplicación es definida por la Zigbee Alliance.

En el nivel conceptual más alto se encuentra la capa de aplicación que no es otra cosa que la aplicación misma y de la que se encargan los fabricantes. Es en esta capa

donde se encuentran los ZDO (Zigbee Device Objects) que se encargan de definir el papel del dispositivo en la red, si el actuará como coordinador, ruteador o dispositivo final; la subcapa APS y los objetos de aplicación definidos por cada uno de los fabricantes.

Cada capa se comunica con sus capas subyacentes a través de una interface de datos y otra de control, las capas superiores solicitan servicios a las capas inferiores, y éstas reportan sus resultados a las superiores. Además de las capas mencionadas, a la arquitectura se integran otro par de módulos:

Módulo de seguridad, que es quien provee los servicios para cifrar y autenticar los paquetes, y

El Módulo de administración del 35 dispositivo Zigbee, que es quien se encarga de administrar los recursos de red del dispositivo local, además de proporcionar a la aplicación funciones de administración remota de red.

2.6 TOPOLOGÍA

Zigbee permite las siguientes topologías de red:

2.6.1 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

El coordinador se sitúa en el centro.

2.6.2 TOPOLOGÍA EN ÁRBOL

El coordinador será la raíz del árbol.

2.6.3 TOPOLOGÍA DE MALLA

Al menos uno de los nodos tendrá más de dos conexiones.

2.6.4 TOPOLOGÍA PUNTO A PUNTO

Existe un solo FFD Coordinador. A diferencia con la topología estrella. Las aplicaciones orientadas para el monitoreo y control de procesos industriales, redes de sensores inalámbricos, entre otros, son ampliamente usados por estas redes. Proveen confiabilidad en el enrutamiento de datos (multipath routing).

2.7 COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

	Wi-fi	Bluetooth	Zigbee
Banda de Frecuencias	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz, 868 / 915 MHz
Tamaño de Pila	~ 1Mb	~ 1Mb	~ 20kb
Tasa de Transferencia	11Mbps	1Mbps	250kbps (2.4GHz) 40kbps (915MHz) 20kbps (868MHz)
Números de Canales	11 - - 14	79	16 (2.4GHz) 10 (915MHz) 1 (868MHz)
Tipos de Datos	Digital	Digital, Audio	Digital (Texto)
Rango de Nodos Internos	100m	10m - 100m	10m - 100m
Número de Dispositivos	32	8	255 / 65535
Requisitos de Alimentación	Media – Horas de Batería	Media - Días de Batería	Muy Baja - Años de Batería
Introducción al Mercado	Alta	Media	Baja
Arquitecturas	Estrella	Estrella	Estrella, Árbol, Punto a Punto y

			Malla
Mejoras de Aplicación	Edificio con Internet Adentro	Computadora y Teléfonos	Control de Bajo Costo y Monitoreo
Consumo de Potencia	400ma transmitiendo, 20ma en reposo	40ma transmitiendo, 0.2ma en reposo	30ma transmitiendo, 3ma en reposo
Precio	Costoso	Accesible	Bajo
Complejidad	Complejo	Complejo	Simple

TABLA N° 1: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS

FUENTE: BANDAANCHA.ES, Principales características de los estándares 802.16 del IEEE, Junio 2012, [http://www.bandaancha.es/Informacion/Tecnologías/Tecnologías Inalámbricas/Paginas/Tecnologías Inalámbricas.aspx](http://www.bandaancha.es/Informacion/Tecnologías/Tecnologías%20Inalámbricas/Paginas/Tecnologías%20Inalámbricas.aspx)

2.8 ZIGBEE EN APLICACIONES DOMÓTICAS

Es el estándar mundial para el control de electrodomésticos, iluminación, el medio ambiente, gestión energética, y seguridad.

Las reglas de los Zigbee están definidas para su uso en aplicaciones embebidas con requerimientos muy bajos de transmisión de datos y consumo energético. Se pretende su uso en aplicaciones de propósito general como se muestra en la figura N° 10, con características auto organizativas y bajo coste. Merece utilizarse para realizar control industrial, albergar sensores empotrados, recolectar datos médicos, ejercer labores de detección de humo y en el área de la domótica.

La red utilizará una cantidad muy pequeña de energía de forma que cada dispositivo individual pueda tener una autonomía de hasta 5 años.



FIGURA N° 10: APLICACIONES DE ZIGBEE

FUENTE: WIKISPACES COM, Los protocolos Zigbee, Junio 2012, <http://sx-dex.wikispaces.com/ZIGBEE>,

Un sistema domótico puede controlar diferentes configuraciones: *peer to peer* poder cubrir el área de una casa, y sobre todo la configuración MESH (rejilla) que permitirá no depender del rango. Es de mucha importancia para la tecnología Zigbee las comunicaciones y transmisión de datos.

Zigbee utiliza el modelo de seguridad de la subcapa MAC IEEE 802.15.4, la cual especifica 4 servicios de seguridad.

Control de accesos. Mantiene una lista de los dispositivos “comprobados” en la red.

Datos Encriptados. Los cuales usan una encriptación con un código de 128 bits.

Integración de tramas para la protección de datos de ser modificados por otros.

Secuencias de refresco, para comprobar que las tramas no han sido reemplazadas por otras.

El controlador de red. Comprueba estas tramas de refresco y su valor, para ver si son las esperadas.

Depende del dispositivo final que realicemos será nuestra decisión el asignarle de más o menos seguridad.

2.8.1 SERVICIOS QUE OFRECE ZIGBEE EN EL ÁREA DOMÓTICA

2.8.1.1 AHORRO ENERGÉTICO

Climatización: programación y zonificación.

2.8.1.2 GESTIÓN ELÉCTRICA:

Desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.

Servicio de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.

Usos de energías renovables.

2.8.1.3 CONFORT

Iluminación:

Apagado general de todas las luces del hogar.

Automatización del apagado/ encendido en cada punto de luz.

Regulación de luces según el nivel de luminosidad ambiente.

Automatización de los distintos sistemas/ instalaciones/ equipos, dotándolos de control eficiente y de un fácil manejo.

Unificación del portero al teléfono, o del video portero al televisor.

Vigilancia vía Internet.

Servicio Multimedia y del ocio electrónico.

Reproducción de macros y programas de forma sencilla para el usuario.

2.8.1.4 SEGURIDAD

Simulación de presencia.

Alarmas de Detección de incendio, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes.

Alerta médica. Tele-asistencia.

Cerramiento de persianas puntual y seguro.

Acceso a Cámaras IP.

2.8.1.5 COMUNICACIONES

Está presente en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos.

Transmisión de alarmas.

Intercomunicaciones.

2.9 TECNOLOGÍA XBee

2.9.1 MÓDULOS XBee

Son dispositivos de radio frecuencia que trabajan con banda de 2.4 GHz con protocolo de comunicación 802.15.4 fabricados por MAXSTREAM, viene en una especie de chip, están compuestos por un Microcontrolador, un emisor y un receptor de RF, con una alimentación de 3.3v.

2.9.2 FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS XBee

Los dispositivos Xbee fueron diseñados para ser montados en un zócalo, sin requerimiento de soldadura como se indica en la siguiente figura N° 11. Se dispone de dos hileras de 10 pines separadas entre ellas por 22 mm La separación entre pines es de 2mm.

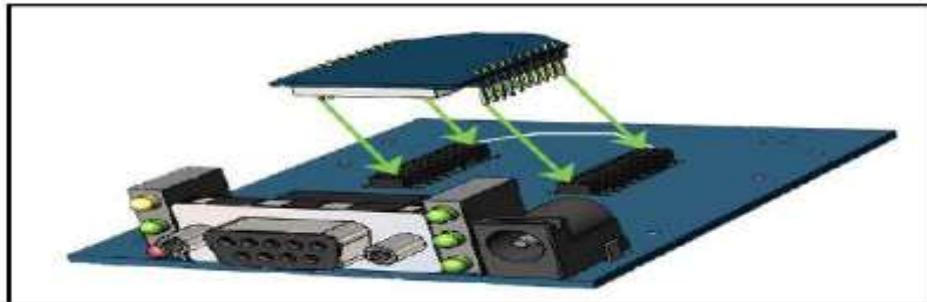


FIGURA N° 11: ZÓCALO DEMOSTRATIVO PARA DISPOSITIVO XBEE

FUENTE: ELECTAN, Manual XBee, Junio 2012, <http://www.electan.com/modulo-xbee-explorer-regulado-p-3122.html>

2.9.3 CONEXIÓN BÁSICA

El dispositivo requiere una alimentación desde 2.8 a 3.3 V, la conexión a tierra y las líneas de transmisión de datos por medio del UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) (TXD y RXD) para comunicarse con un Microcontrolador, o directamente a un puerto serial utilizando algún conversor adecuado para los niveles de voltaje, como muestra la figura N° 12.

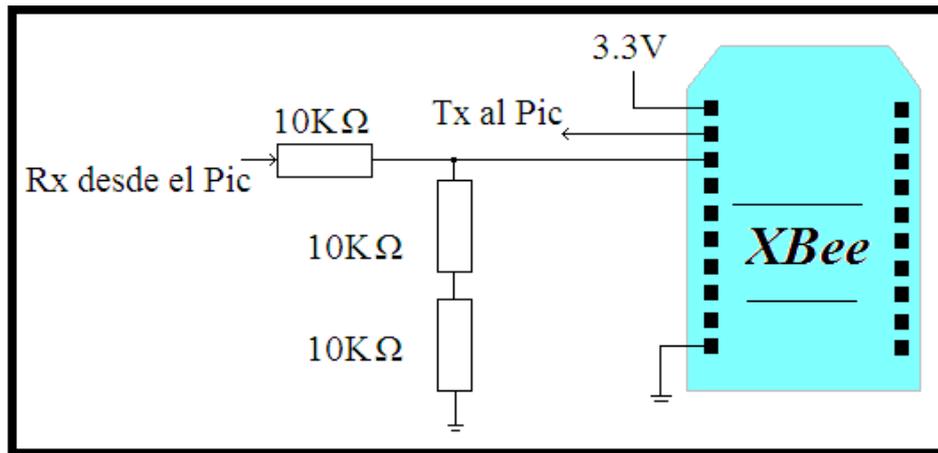


FIGURA N° 12: CONEXIONES REQUERIDAS PARA UN DISPOSITIVO XBEE
 FUENTE: MICROPITS, Módulos de transmisión zigbee, Junio 2012, <http://micropits.blogspot.com/p/xbee.html>

2.9.4 CONFIGURACIÓN DE PINES DEL MÓDULO XBEE

En la siguiente figura N° 13, se muestra un Diagrama del dispositivo XBee de Vista superior para facilitar la ubicación de los pines.

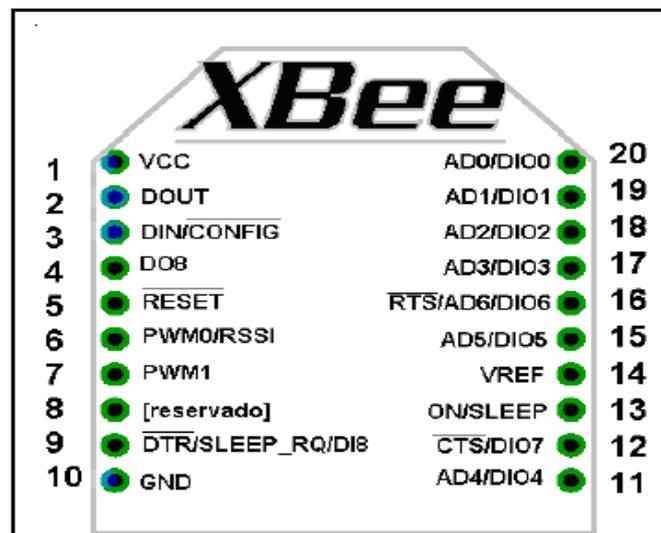


FIGURA N° 13: DIAGRAMA DE PINES DEL DISPOSITIVO XBEE, VISTA SUPERIOR

FUENTE: ELECTRONICAESTUDIO, Tarjeta PCB, Junio 2012,
http://www.electronicaestudio.com/sparkfun_productos.htm

DETALLE DE LOS PINES DEL MÓDULO XBEE

Pin	Nombre	Dirección	Descripción
1	Vcc	-	Alimentación
2	Dout	Salida	Salida UART
3	Din	Entrada	Entrada UART
4	DIO12	E/S	Entrada- Salida Digital E/S 12
5	Entrada	Módulo de reinicio	
6	PWM0 / RSSI / DIO10	E/S	PWM Salida / Indicador de la intensidad de señal recibida / Digital E / S
7	DIO11	E/S	Digital E / S 11
8	Reservado	-	No conectar
9	/ SLEEP_RQ / DIO8	E/S	Pin Sleep Control Line o Digital E/S 8
10	GND	-	Tierra
11	DIO4	E/S	Digital E/S 4
12	DIO7	E/S	Control de flujo Clear – to – Send o Digital E/S 7, CTS si se encuentra habilitado este es una salida.
13	ON/	Salida	Indicador del estado del módulo o Digital E/S 9
14	Vref	Entrada	No se utiliza en este módulo Por compatibilidad con otros módulos XBee, se recomienda conectar este pin a un voltaje

			referencial, si el muestreo analógico se desea. De lo contrario, conectarse a GND
15	Asociado/DIO5	E/S	Indicador asociado, Digital E/S 5
16	/DIO6	E/S	Control de flujo Request-to-Sent, Digital E/S 6.RTS si se encuentra habilitado este es una entrada.
17	AD3/DIO3	E/S	Entrada analógica 3 o Digital E/S 3
18	AD2/DIO2	E/S	Entrada analógica 2 o Digital E/S 2
19	AD1/DIO1	E/S	Entrada analógica 1 o Digital E/S 1
20	AD0/DIO0/Botón / Botón puesto en servicio	E/S	Entrada analógica 0, Digital E/S 0 o Botón de puesto en servicio.

TABLA N° 2: DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL DISPOSITIVO XBee

FUENTE: PLATAFORMAS ZIGBEE, Configuración de los módulos XBee, Junio 2012, <http://plataformaszigbee.blogspot.com/2012/05/practica-1-configuracion-y-conceptos.html>,



FIGURA N° 14: MÓDULOS XBEE

FUENTE: DIGI, Modelos, Junio 2012, www.digi.com

Los Dispositivos Xbee que muestra la figura N° 14, utilizan el protocolo IEEE 802.15.4 mejor conocido como Zigbee. Protocolo creado para implementar redes de sensores. El objetivo es generar redes tipo MESH que tengan las propiedades de auto-recuperación y bajo consumo de energía.

Dimensiones:

Ancho: 24.38 mm

Largo: 32.94mm

Alto de antena: 25 mm

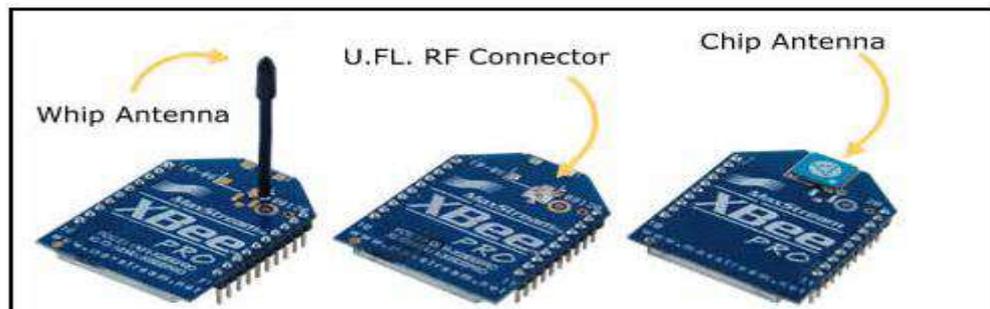


FIGURA N° 15: MÓDULOS XBee PRO

FUENTE: DIGI, Modelos de módulos XBee Pro, Junio 2012, www.digi.com

Los Dispositivos XBee PRO que se indican en la figura N° 15, permiten acoples seriales de señales TTL en distancias de 30 metros en interiores, 100 metros en exteriores con línea de vista y hasta 1.5 km.

2.9.5 MODOS DE OPERACIÓN

El funcionamiento estándar permite operar fundamentalmente en los siguientes modos:

2.9.5.1 MODO RECIBIR/TRANSMITIR

Se encuentra en este modo cuando al dispositivo le llega algún paquete RF a través de la antena (modo *Receiver*) o cuando se manda información serial al buffer del pin 3 (UART Data in) que luego será transferida (modo *Transmit*).

La información transferida puede ser Directa o Indirecta:

Para el modo directo la información se envía inmediatamente a la dirección de destino mientras que para el modo Indirecto la información es retenida durante un período de tiempo y es enviada sólo cuando la dirección de destino la solicita.

Además es posible enviar información por *Unicast* y *Broadcast*. Para el primer modo la comunicación es desde un punto a otro, y es el único modo que permite respuesta de quien recibe el paquete RF, es decir, quien recibe debe enviar un ACK (acknowledgement) (paquete llamado así, y que indica que recibió el paquete, el usuario no puede verlo, es interno de los dispositivos) a la dirección de origen. Quien envió el paquete, espera recibir un ACK, en caso de que no le llegue, reenviará el paquete hasta 3 veces o hasta que reciba el ACK. En el modo *Broadcast* la comunicación es entre un nodo y a todos los nodos de la red. En esta condición, no hay confirmación por ACK.

2.9.5.2 MODO PEER-TO-PEER.

Cada dispositivo habla con cualquier otro dispositivo, emitiendo broadcasts o direccionando un dispositivo remoto. Esto requiere que todos los dispositivos tengan su receptor continuamente encendido, dado que cualquiera puede recibir un mensaje en cualquier instante, pero permite mantener mensajes entre todos los dispositivos.

2.9.5.3 MODO CON COORDINADOR

Uno de los dispositivos se configura para el rol de ordenador y está siempre alerta, logrando los remotos permanecer modalidad de bajo consumo por un tiempo determinado, el que se calcula para minimizar el gasto. Todas las comunicaciones de los remotos son hacia el coordinador. Éste, puede almacenar hasta dos mensajes para

un remoto, hasta que este último, al reanudarse al funcionamiento normal, interroga al coordinador si tiene algún mensaje para él.

La configuración de los dispositivos se realiza mediante comandos AT, logrando operar fundamentalmente en uno de dos modos:

2.9.5.4 MODO TRANSPARENTE

El arreglo en este modo se la realiza mediante comandos AT.

2.9.5.5 MODO API

(*Application Programming Interface*). En este modo no existe modo datos, ni modo comando, se utiliza una regla para establecer la comunicación.

CAPÍTULO III

3.1 TECNOLOGÍA GSM

3.1.1 DEFINICIÓN DE GSM

Ésta comunicación (GSM, proviene de "*Groupe Speciale Mobile*") es un grupo especial móvil, para una comunicación mediante teléfonos inalámbricos con incorporación tecnológica digital. Siendo el medio digital el cliente de GSM puede conectarse a través del teléfono con su ordenador además puede enviar y recibir mensajes por email, faxes, navegar por internet, acceder a la red informática de una compañía (LAN/Intranet), así como valerse de otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo sms (Servicio de Mensajes Cortos) o mensajes de texto.

GSM es considerada, por su rapidez en la transferencia y otra particularidad, un estándar de segunda generación (2G), el ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) realizó la estandarización entre 1982 y 1992.

3.1.2 ARQUITECTURA DE LA RED DE TELEFONÍA MÓVIL GSM

La arquitectura del sistema GSM se compone de tres equipos o subsistemas que abarcan el conjunto de entidades del sistema. Cada uno de estos subsistemas desempeña funciones señaladas para poder ofrecer el servicio de telefonía móvil al usuario e interactuar con otras redes, ver figura N° 16.

Los tres subsistemas son:

NSS (Subsistema de red y comunicación): formado de MSC, AUC y V/HLR.

BSS (Subsistema de estación base): formado por BSS y BSC.

MS (Estación móvil).

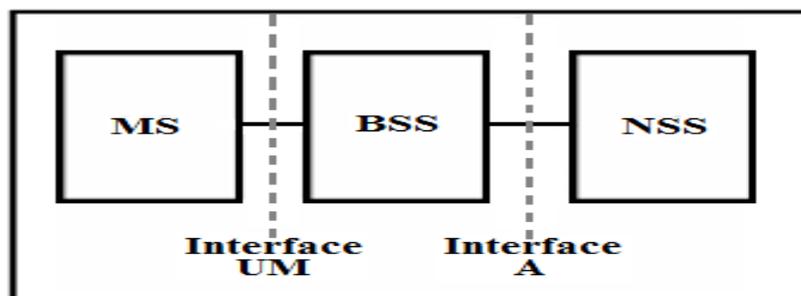


FIGURA N° 16: ARQUITECTURA DE RED GSM

FUENTE: WIKIPEDIA, Comunicación del sistema global móvil, Junio 2012, <http://ldc.usb.ve/~poc/RedesII/Grupos/G2/>

3.1.3 ARQUITECTURA DE RED GSM

Los subsistemas se intercomunican entre ellos a través de diferentes interfaces mediante protocolos de señalización específicos. La comunicación entre el conjunto móvil y la estación base se realiza mediante el “interface Aire” o “interface Radio” y se otorga brevemente como interface Um. También existe la interface A que es la encargada de la comunicación entre el subsistema de estación base y el subsistema de red.

3.1.4 SERVICIO SMS

La prestación de mensajes cortos o SMS (*Short Message Service*) está disponible en los teléfonos móviles que reconoce el envío de mensajes cortos, entre teléfonos móviles, teléfonos fijos y otros dispositivos de mano. SMS fue creado originalmente como parte del estándar de telefonía móvil digital GSM, y en la actualidad está disponible en una amplia variedad de redes, incluyendo las redes 3G (tercera generación).

Un mensaje SMS es una cadena alfanumérica de hasta 160 caracteres de 7 bits. En principio, se emplean para enviar y recibir mensajes de texto normal, pero existen extensiones del protocolo básico que permiten incluir otros tipos de contenido, dar formato a los mensajes o encadenar varios mensajes de texto para permitir mayor longitud (formatos de SMS con imagen, tonos IMY, estándar EMS para dar formato al texto e incluir imágenes y sonidos de pequeño tamaño).

El servicio SMS permite trasladar un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC).

El servicio final brindado es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). El sujeto puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija. En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambos abonados son estaciones móviles. Cuando se envía un mensaje para solicitar algún tipo de servicio (o realizar alguna votación, sobre todo en concursos de TV), un

extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones (o anota los votos).

El servicio SMS se divide en dos actividades comerciales básicas:

SM MT (*Short Message Mobile Terminated Point-to-Point*). Servicio entrega de mensaje desde el SC (centro de servicio) hasta una MS (estación móvil), obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

SM MO (*Short Message Mobile Originated Point-to-Point*). Servicio envío de mensaje desde un MS hasta un SC, obteniéndose un informe sobre lo ocurrido.

3.2 MODEM ME3006



FIGURA N° 17: MODEM ME 3006 DE LA CORPORACIÓN ZTE

FUENTE: CORPORACIÓN ZTE, El modem ME3006, Junio 2012,

www.szelines.com/Serial_GSM_GPRS_Cellular_Gateway.html

Los modems provisto por corporación ZTE es programada por comandos AT, que es la comunicación con dispositivos externos (Ver figura N° 17). Los comandos AT son usados de acuerdo a las aplicaciones del estándar GSM de voz y mensajes cortos. Existen también comandos AT exclusivos para el modem 3006 de ZTE.

Los modems GSM se comportan de forma muy parecida a un modem normal, permitiendo el intercambio de datos con otros modems y utilizándose los comandos AT originales, además tienen otras características.

Se asemejan a los teléfonos móviles, incluyen su propia tarjeta SIM para poder funcionar, agilitan la base de datos de teléfonos a la lista de los mensajes SMS recibidos, enviar mensajes SMS, configurar otros parámetros, etc.

Un patrón para reconocer los modems se basa en los comandos AT HAYES, conocido como comando AT. El modem, antes de efectuar una conexión con otro modem, se encuentra en modo comando.

Aquí podemos configurar y controlar el modem usando los comandos AT.

Establecida la conexión con un modem remoto, modo comando al modo conexión, por lo que la información que le llega al modem por el puerto serial es ya la información a transmitir. Terminada la conexión el modem regresa al modo comando.

Los comandos AT con series ASCII comienzan con los caracteres AT y terminan con un retorno. Siempre que el modem recibe un comando, éste lo procesa devolviéndolo con un resultado, normalmente es una serie ASCII salvo que se indique lo contrario.

3.2.1 FUNCIONES E INTERFACES

Las funciones básicas del módulo son:

- Soporta cuatro bandas: GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900

- Soporta paquete de servicio de datos

- Soporta servicio de mensajes

- Soporta estándar de comandos AT y comandos AT extendidos

Soporta estándar interface UART

Soporta protocolos TCP/IP 10¹

3.2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Diseño industrial con capacidades de software inteligente, por lo que es fiable en soluciones celulares para la recolección de datos y transmisión.

Plug-and-play, con la interfaz de software fácil de usar para una fácil integración.

Incorpora Watch-dog.

Tiene Reloj en Tiempo Real (RTC).

Control y monitoreo de datos remotamente.

Fiable conectividad de red GSM, proporcionando un rápido y amplio rango de comunicación inalámbrica.

Diseño industrial con protección contra sobrecarga.

Configuración local y remota.

¹ CHUQUIMARCA, Geovanny, *Implementación de un Telemando para Mejorar la Seguridad de un Vehículo Vía SMS*, Proyecto previo a la Obtención del título de Tecnólogo en Electrónica y Telecomunicaciones, 2011, p. 22.

Modo de acceso: GSM.

Banda de frecuencias para MG3006 GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900 MHz. El dato transmitido depende del intervalo asignado y del canal de GPRS².

TENEMOS LA SIGUIENTE TABLA:

Nombre	Banda de frecuencias Tx (MHz)	Banda de frecuencias Rx (MHz)
GSM 850	824 ~ 849 MHz	869 ~ 894 MHz
ECSSM 900	880 - 915 MHz	925 - 960 MHz
DCS 1800	1710 ~ 1785 MHz	1805 ~ 1880 MHz
PCS 1900	1850 ~ 1910 MHz	1930 ~ 1990 MHz

TABLA N° 3: TABLA DE FRECUENCIAS DE REDES GSM

FUENTE: WIKIPEDIA, Manual de usuario Modem ZT 3006, julio 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

² Ídem., p 23

CARACTERÍSTICAS DE INTERFACE

Especificación	Características
Antena	50 dBi, conector SMA
Puerto Serial	DB9(RS-232)

Led	Power - Ring - Data
UIM/SIM	1.8V/3V

FUENTE: WIKIPEDIA, Manual de usuario Modem ZT 3006, julio 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

CARACTERÍSTICAS DE ENERGÍA

Especificación	Características
Fuente de energía	DC5V-25V, recomendado 9V a 1 A
Consumo de Energía	Peek: 2.5 mA a 9VDC Comunicación: 300mA a 9VDC Sleep: 3.5mA a 9VDC

FUENTE: WIKIPEDIA, Manual de usuario Modem ZT 3006, julio 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Especificación	Características
Temperatura	Temperatura de trabajo: -20 – 55 Temperatura de almacenamiento: -25 - 70

Humedad	95% Máximo (sin condensación)
Dimensiones	Item (L x B x H): 75 mm x 50mm x 16mm Empaquetado (L x B x H): 260 mm x 190mm x 65mm
Peso	Ítem: 200 g Empaquetado: 2 lb

FUENTE: WIKIPEDIA, Manual de usuario Modem ZT 3006, julio 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

FUNCIONAMIENTO DE LOS LED DEL MODEM MG3006

	Led Alimentación	Led Ring	Led Datos
Puesta en marcha	Encendido 3s, intermitente 0,5s, parpadea 0.5s, encendido 0.5 s	Parpadea	Encendido 0.5s
Inicio de sesión de Red	Intermitente	Parpadea	Intermitente
Estado de no trabajo	Encendido 3s, parpadea 0.5s	Parpadea	Parpadea
Datos transferidos	Encendido 3s, parpadea 0.5s	Parpadea	Intermitente
Datos no transferidos	Encendido 0.5s, parpadea 0.5s, encendido 1s.	Parpadea	Parpadea

TABLA N° 4: ENCENDIDO Y FUNCIONAMIENTO DEL MODEM MG3006.

FUENTE: WIKIPEDIA, Manual de usuario Modem ZT 3006, julio 2012,
http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_de_frecuencia_GSM

3.3 LOS COMANDOS AT

Los comandos AT son usados como un tipo de interface, sus valores de respuesta y formatos tienen mucha diversidad y se divide los comandos en cuatro tipos:

Comando sin parámetro

Parámetro simple. Formato:

AT [+|&] <comando> Ejemplo: AT+CSQ

Comando de pregunta

Comando usado cuando se requiere valor actual que presenta el modem. Formato:

AT [+|&] <comando>? Ejemplo.: AT+CNMI?

Comando de ayuda

Comando usado para mostrar los posibles parámetros a escoger. Formato:

AT [+|&] <comando>=? Ejemplo: AT+CMGL=?

Comando con parámetro

Comando usado cuando tenemos una gran flexibilidad de criterios a elegir. Formato:

AT [+|&] <command>=<par1>, <par2>, <par3>...

Los valores de respuesta de este comando atienden a características específicas por ejemplo:

AT+CNMI = 1, 2, 0, 0, 0

Comando usado para setear parámetros de un SMS

AT+CNMI=<mode>, <mt>, <bm>, <ds>, <bfr>

Mode.- controla la posición del código del mensaje recibido.

Sabe tomar los siguientes valores:

0: Éste código de mensaje es almacenado en TA (Terminal Adapter), estando lleno el dato lo almacena en otro lugar o será borrado y reemplazado por el último código recibido

1: La conexión entre el TA-TE (Terminal Equipment) es continua, anula el código del mensaje almacenado y ubica el nuevo código recibido. En distintos casos, simplemente muestra el código en el terminal

2: La conexión entre el TA-TE es permanente, el mensaje será almacenado en TA; mientras se libera la conexión, muestra el código del mensaje en el terminal. En diferentes casos, muestra el código en el terminal

3: Revela directamente el código en el terminal

Mt.- crea el formato del carácter del mensaje. El valor por defecto es 1. Puede tomar las siguientes numeraciones:

0: Sin revelar el formato del mensaje nuevo. El mensaje no será guardado

1: Diferente código de mensaje en formato MT, <índice>. El mensaje será guardado y no visualizado

2: Diferente código de mensaje en formato modo texto. El mensaje se mostrará directamente y no se guardará

Bm.- Método que indica cuando el mensaje llega. Toma los siguientes valores:

0: No envía salida al terminal en modo broadcast (CBM)

2: Envía al terminal a mostrar cuando la nueva transmisión ha llegado

Ds.- Revela el estado del mensaje que está exportado

0: Revela estado del mensaje no enviado

Bfr.- Toma los siguientes valores:

0: Lo que está almacenado en TA será enviado al TE

1: Es borrado el código del comando almacenado en TA

Realizado este análisis se tiene que el comando:

AT+CNMI = 1, 2, 0, 0, 0

Comando que da formato al mensaje no almacenado, los códigos de los mensajes recibidos conforme llegan los borra y coloca el nuevo mensaje recibido (1); permitiendo visualizar directamente el mensaje sin guardarlo (2); no envía salida en modo broadcast al terminal (0), reportando si el mensaje no fue enviado (0); por último el código acumulado en TA se envía a TE (0).

3.4 INTERFAZ RS-232

En la comunicación entre el Microcontrolador con el modem es necesario de una interfaz para la transmisión y recepción de datos entre ellos.

El RS232 en un conector con nueve pines DB9. Cada pin puede tener una función específica, en nuestro caso se indica en la figura N° 18 (Macho) y N° 19 (Hembra).

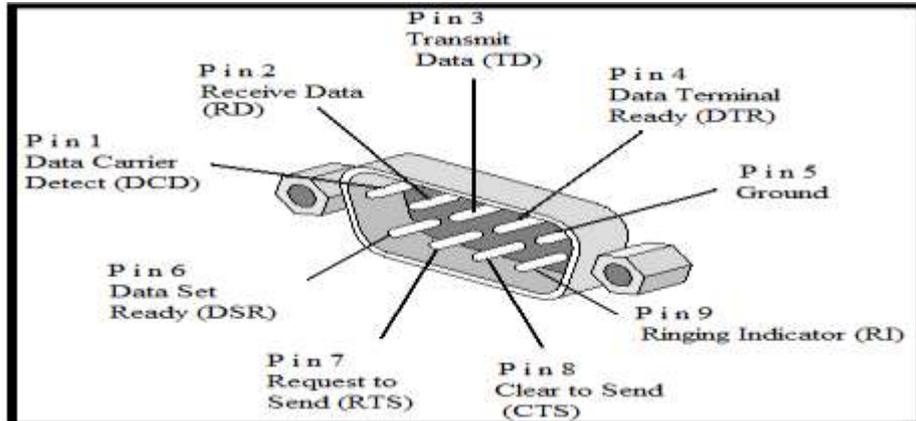


FIGURA N° 18: IDENTIFICACIÓN DE PINES DE UN CONECTOR DB9 MACHO

FUENTE: MERCAMANIA, Manual de comandos AT para Modem de la corporación ZTE Versión 2.0, Junio 2012,

http://www.mercamania.es/a/listado_productos/idx/2070000/mot/Db9_cruzado/listado_productos.htm

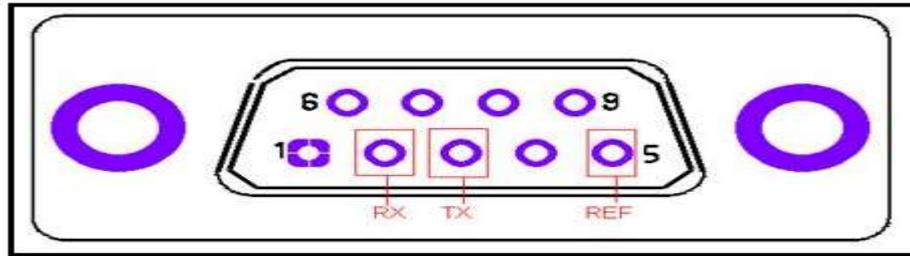


FIGURA N° 19: IDENTIFICACIÓN DE PINES DE UN CONECTOR DB9 HEMBRA

FUENTE: MERCAMANIA, Manual de comandos AT para Modem de la corporación ZTE Versión 2.0, Junio 2012,
http://www.mercamania.es/a/listado_productos/idx/2070000/mot/Db9_cruzado/listado_productos.htm

El Microcontrolador controla el puerto serie con un circuito integrado específico, llamado UART (Transmisor – Receptor – Universal Asíncrono).

La mayoría de los modems conectables al puerto serie necesitan dicho tipo de UART.

Conexión con Microcontrolador: La Figura N° 20, muestra la conexión del Modem al Microcontrolador a través del Cable Serial RS232 y la Figura N° 21, muestra el cable en sí.

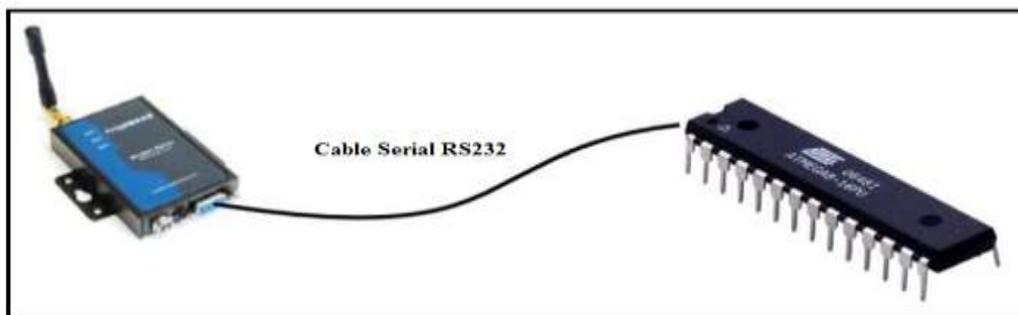


FIGURA N° 20: CONEXIÓN DEL PUERTO SERIAL AL MICROCONTROLADOR

FUENTE: E-LINS TECHNOLOGY CO. LTD., Puertos Serie, Junio 2012,
www.szelins.com/Serial_GSM_GPRS_Cellular_Gateway.html

PIN	RS-232	Microcontrolador
------------	---------------	-------------------------

2	RX	Pin 15 (TX)
3	TX	Pin 14 (RX)
5	GND	Pin 11

TABLA N° 5: PINES DE CONEXIÓN DEL PUERTO SERIE
FUENTE: ROBOTS_DESARROLLADORES, Comunicación RS232, 2011
http://robots-argentina.com.ar/Prueba_PIC628-RS232.htm



FIGURA N° 21: CABLE DE MODEM – MICROCONTROLADOR
FUENTE: ROBOTS_DESARROLLADORES, Comunicación RS232, 2011
http://robots-argentina.com.ar/Prueba_PIC628-RS232.htm

CAPÍTULO IV

4.1 DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL PROYECTO

Para nuestro proyecto hemos utilizados los diversos componentes electrónicos, en los que destacamos por ser uno de los que realiza plenamente el control del sistema y a la vez guarda la información de ciertas lecturas o datos a ingresar es el PIC que es un Microcontrolador de la familia de microchip que detallaremos a continuación.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE CONFORMAN EL PROYECTO

4.2.1 MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Un Microcontrolador tiene la forma de un circuito integrado además es programable, que acepta un listado de instrucciones y domina todos los componentes de un computador.

El Microcontrolador es un dispositivo sugerido. Posee una memoria en la que solamente ocupa un programa destinado a gobernar la aplicación establecida, las líneas de entradas y salidas (I/O) admiten la conexión de sensores, relay, motores, etc. Una vez programado y configurado el Microcontrolador sirve únicamente para gobernar la tarea asignada.

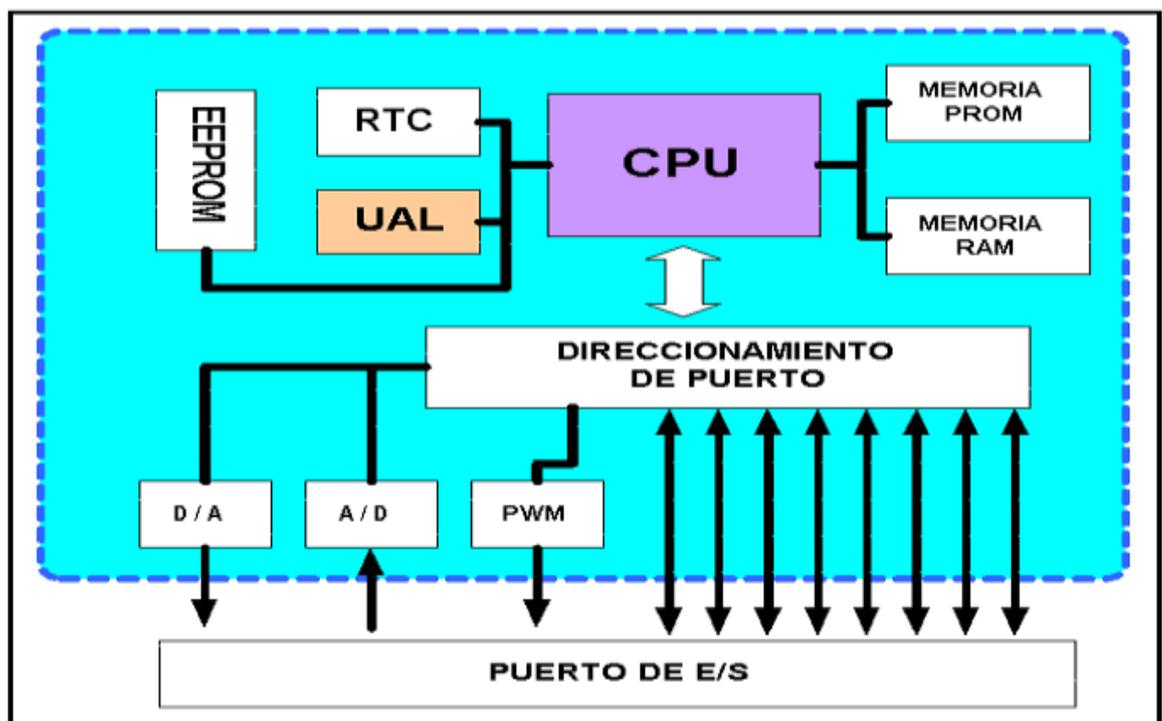


FIGURA N° 22: ESTRUCTURA INTERNA DEL MICROCONTROLADOR

FUENTE: WIKIVERSITY, PIC_ arquitecturadibujo.svg, Junio 2012,

http://es.wikiversity.org/wiki/Archivo:PIC_arquitecturadibujo.svg

Un Microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes (figura N° 22):

Procesador o CPU (Unidad Central de Proceso).

Memoria RAM para Contener los datos.

Memoria, disponer de programa tipo ROM/PROM/EPROM/EEPROM & FLASH.

Líneas de (entrada / salida) para comunicarse con el exterior.

Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertos Serie y Paralelo, A/D y D/A, etc.).

Generador de pulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

En la parte interna posee un Microprocesador, una memoria RAM (volátil) donde se guardará las variables, una memoria EEPROM (no volátil) donde se guardará el programa a ser usado, un Timer o contador que facilitará algunas labores, y algunas otras tareas más que varían dependiendo de que PIC manejemos.

Memoria EEPROM cuya aplicación es de que los datos no se alteren cuando desaparezca la alimentación, es un tipo de memoria ROM para programar o borrar eléctricamente sin necesidad de circuitos especiales.

Una técnica llamada "Interrupciones", se utiliza cuando una señal externa activa una línea de interrupción, el Microcontrolador deja de lado la tarea que está ejecutando, atiende dicha interrupción, para luego continuar con lo que estaba desarrollando.

Posee un amplio Rango de tensiones de funcionamiento:

Comercial: de 2.0 a 5.5 volts

Industrial: de 2.0 a 5.5 volts

Consumo muy bajo:

< 2 mA característico a 5 volt, 4MHz.

15 μ A característico a 2 volt, 32KHz.

>0.5 μ A característico de corriente en reposo a 2 volts.

Características que lo hacen destacarse por su popularidad en el mundo de la electrónica:

Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.

Amplia memoria para datos y programa.

Memoria reprogramable: La memoria de este PIC es la que se denomina FLASH de 8K; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).

Instrucciones comprimidas (tipo RISC), solamente con instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

En su arquitectura además incorporan:

2 Temporizadores

3 puertos I/O.

Comunicación serie y paralela: USART, PSP.

Bus I2C.

Módulo Convertidor analógico a digital A/D.

Módulo Comparador con un voltaje de referencia.

4.2.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES:

Características	16f877A
Frecuencia máxima DX	20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 Bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	15
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Módulo Analógico a Digital de 10 bit	8 canales de entrada
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard

TABLA N° 6: CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877A

FUENTE: MICROCHIP, Datasheet, Junio 2012, <http://www.microchip.com>

4.2.3 EL ENCAPSULADO

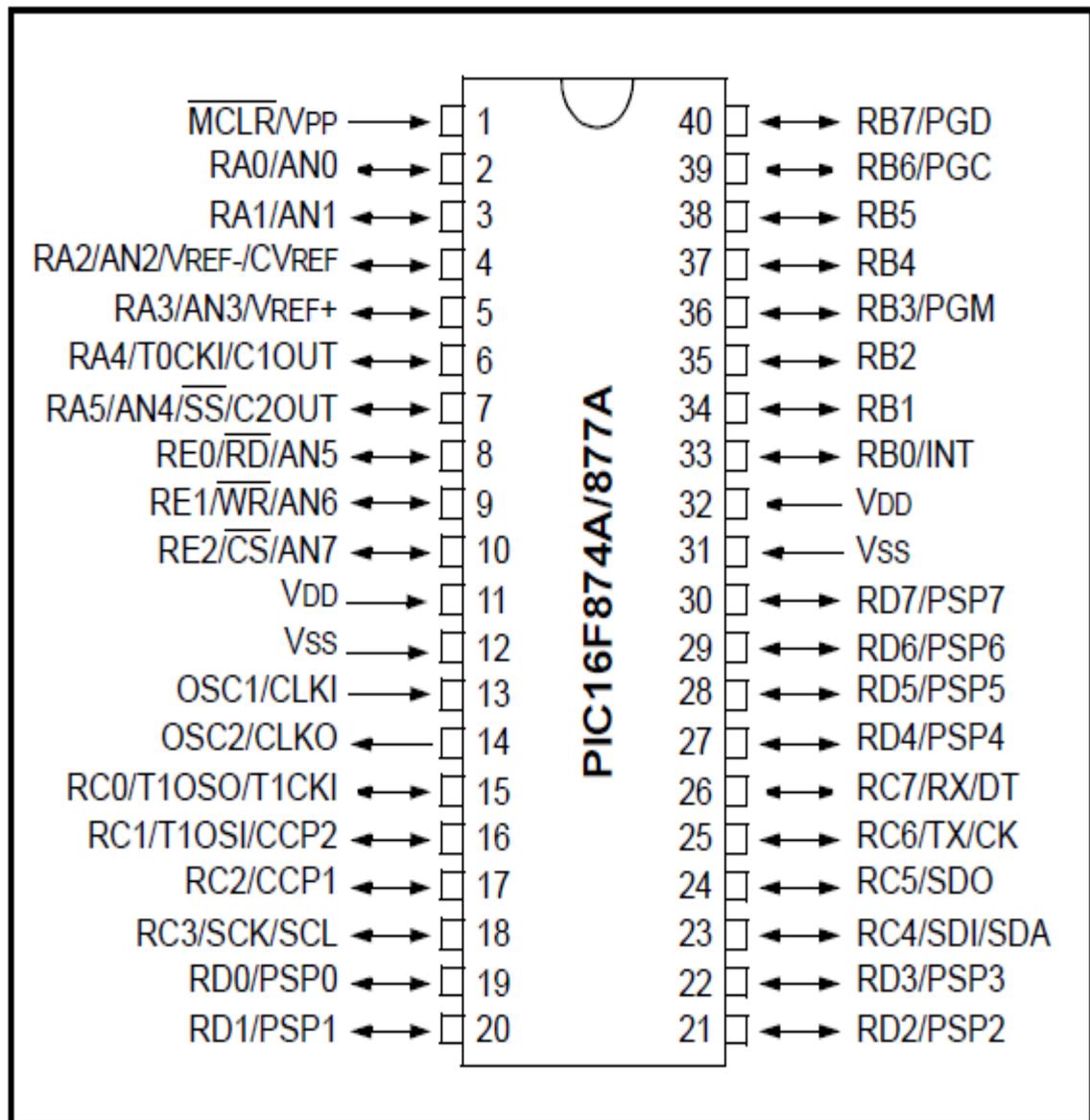


FIGURA N° 23: DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A

FUENTE: MICROCHIP, Datasheet, Junio 2012, <http://www.microchip.com>

DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL MICROCONTROLADOR 16F877A

Nombre del PIN	PIN	Tipo	Tipo de BUFFER	Descripción
OSC1/CLK IN	13	I	ST/MOS	Entrada del oscilador de cristal / Entrada de señal de reloj externa
OSC2/CLK OUT	14	O	-	Salida del oscilador de cristal
MCLR/Vpp/T HV	1	I/P	ST	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
RA0/AN0	2	I/O	TTL	PORTA es un puerto I/O bidireccional RA0: puede ser salida analógica 0
RA1/AN1	3	I/O	TTL	RA1: puede ser salida analógica 1
RA2/AN2/ Vref-	4	I/O	TTL	RA2: puede ser salida analógica 2 o referencia negativa de voltaje
RA3/AN3/ Vref+	5	I/O	TTL	RA3: puede ser salida analógica 3 o referencia positiva de voltaje
RA4/T0CKI	6	I/O	ST	RA4: puede ser entrada de reloj el timer0.
	7	I/O	TTL	RA5: puede ser salida analógica 4 o el esclavo seleccionado por el

RA5/SS/AN				puerto serial síncrono.
RBO/INT	33	I/O	TTL/ST	PORTB es un puerto I/O bidireccional. Puede ser programado todo como entradas RB0 puede ser pin de interrupción externo.
RB1	34	I/O	TTL	RB3: puede ser la entrada de programación de bajo voltaje
RB2	35	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB3/PGM	36	I/O	TTL	Pin de interrupción
RB4	37	I/O	TTL	Pin de interrupción. Reloj de programación serial
RB5	38	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	I/O	TTL/ST	
RB7/PGD	40	I/O	TTL/ST	
RCO/T1OSO/ T1CKI	15	I/O	ST	PORTC es un puerto I/O bidireccional RCO puede ser la salida del oscilador timer1 o la entrada de reloj del timer1
RC1/T1OS1/ CCP2	16	I/O	ST	RC1 puede ser la entrada del oscilador timer1 o salida PWM 2
RC2/CCP1	17	I/O	ST	RC2 puede ser una entrada de captura y comparación o salida PWN
RC3/SCK/SC L	18	I/O	ST	RC3 puede ser la entrada o salida serial de reloj síncrono para modos SPI e I2C
RC4/SD1/SD	23	I/O	ST	RC4 puede ser la entrada de datos SPI y modo I2C

A				RC5 puede ser la salida de datos SPI
RC5/SD0	24	I/O	ST	RC6 puede ser el transmisor asíncrono USART o el reloj síncrono. RC7 puede ser el receptor asíncrono USART o datos síncronos
RC6/Tx/CK	25	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	I/O	ST/TTL	PORTD es un puerto bidireccional paralelo
RD1/PSP1	20	I/O	ST/TTL	
RD2/PSP2	21	I/O	ST/TTL	
RD3/PSP3	22	I/O	ST/TTL	
RD4/PSP4	27	I/O	ST/TTL	
RD5/PSP5	28	I/O	ST/TTL	
RD6/PSP6	29		ST/TTL	
RD7/PSP7	30		ST/TTL	
RE0/RD/ AN5	8	I/O	ST/TTL	PORTE es un puerto I/O bidireccional RE0: puede ser control de lectura para el puerto esclavo paralelo o entrada analógica 5
RE1/WR/AN	9	I/O	ST/TTL	RE1: puede ser escritura de control para el puerto paralelo esclavo o entrada analógica 6
RE2/CS/AN7	10	I/O	ST/TTL	RE2: puede ser el selector de control para el puerto paralelo esclavo o la entrada analógica 7.
V _{ss}	12.3 1	P	-	Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O

Vdd	11.3 2	P	-	Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
NC	-	-	-	No está conectado internamente

TABLA N° 7: DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL MICROCONTROLADOR
16F877A

FUENTE: MICROCHIP, Datasheet, Junio 2012, <http://www.microchip>

CAPÍTULO V

5.1 DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE RIEGO AUTOMÁTICO

Una vez conocidos el componente utilizado para el control electrónico, se conoce la capacidad de cobertura y control del sistema de riego.

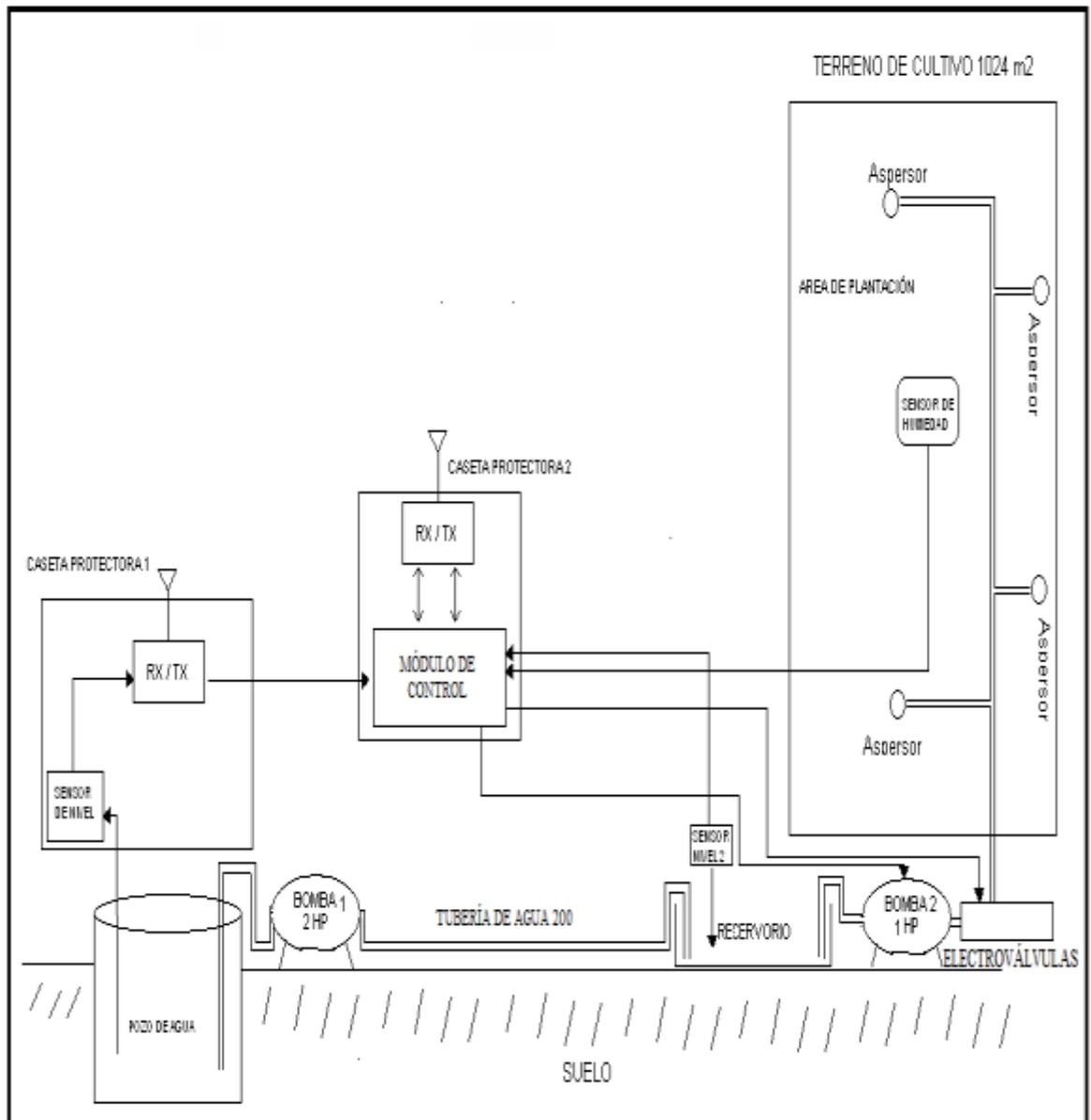


FIGURA N° 24: ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA DE RIEGO

FUENTE: Autores

5.2 DISEÑO POR PARTES DE LA TARJETA DE CONTROL

Para el diseño del sistema de control se toma en consideración varios puntos como se los describe a continuación:

5.2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

En el diseño de la fuente de alimentación partimos de una tensión simétrica de 12 Vcc para la polarización de los amplificadores operacionales y otra de 5 Vcc para el mismo controlador a través de un integrado regular LM7805 y de dos condensadores respectivamente en las salidas para tener una señal sin ruido.

Fuente de alimentación.

Circuito de comunicación serial.

Sistema de visualización.

Teclado para el ingreso de datos.

Interface para control externo con relés.

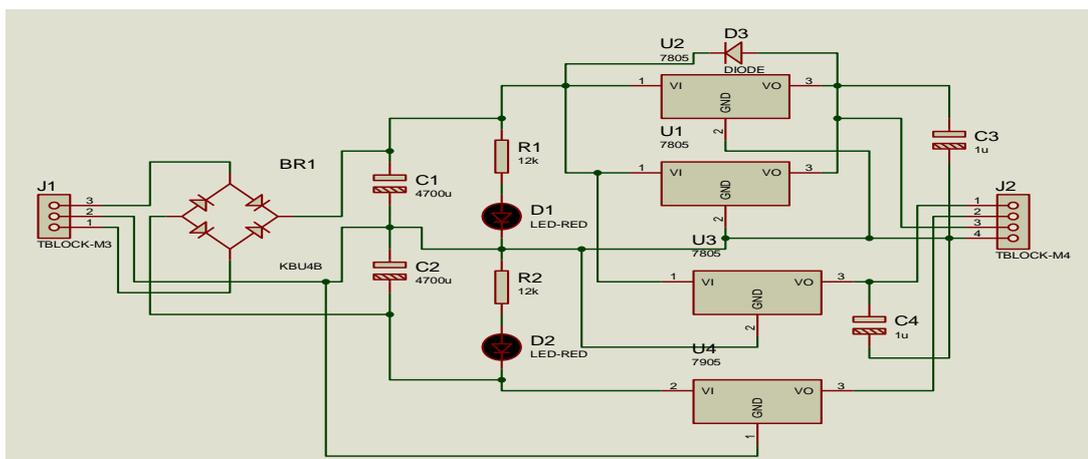


FIGURA N° 25: DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN SIMÉTRICA

FUENTE: Autores

5.2.2 INTERFACE DE COMUNICACIÓN SERIAL

Para la interface de comunicación se ha utilizado el integrado MAX 232 que es la solución para transmitir a mayor distancia, ya que incrementa los niveles de voltaje de 5 V a 10V.

El MAX232 en este caso nos ayudará a convertir los voltajes TTL del PIC en voltajes de la norma RS232, quiere decir que si enviamos un estado lógico alto (5V), a la salida del Tout del CI. MAX232 tendremos $-10V$. Y si enviamos un 0 lógico desde el PIC (0V).

En la figura N° 26 se observa que los terminales TX1 y TX2 van como salidas y entradas respectivamente del PIC.

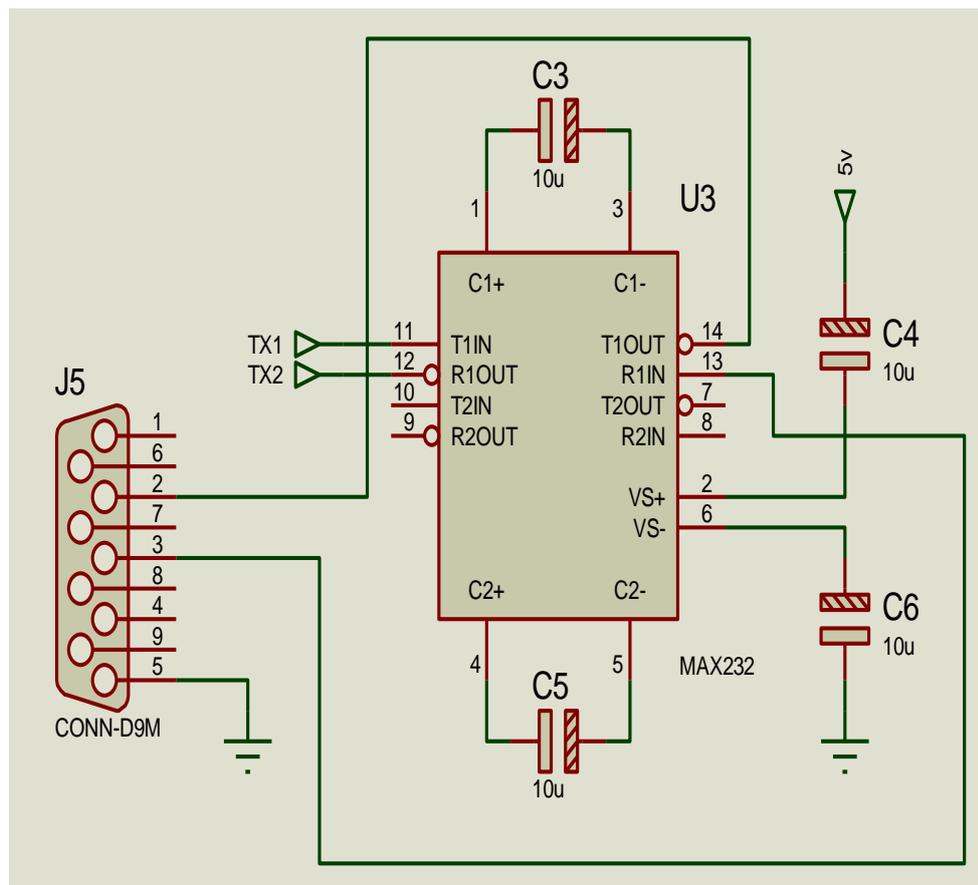


FIGURA N° 26: INTERFACE SERIAL CON EL INTEGRADO MAX 232

FUENTE: Autores

5.2.3 SISTEMA DE VISUALIZACIÓN

En la figura N° 28 observamos la conexión del teclado con el PIC, ya que para este proyecto hemos tenido la necesidad del ingreso de datos como son las zonas a regar de forma manual: podemos ingresar el número de la zona a encender además el tiempo que deseemos para que esta permanezca encendida, la visualización del ingreso de estos datos se la puede observar por la pantalla LCD.

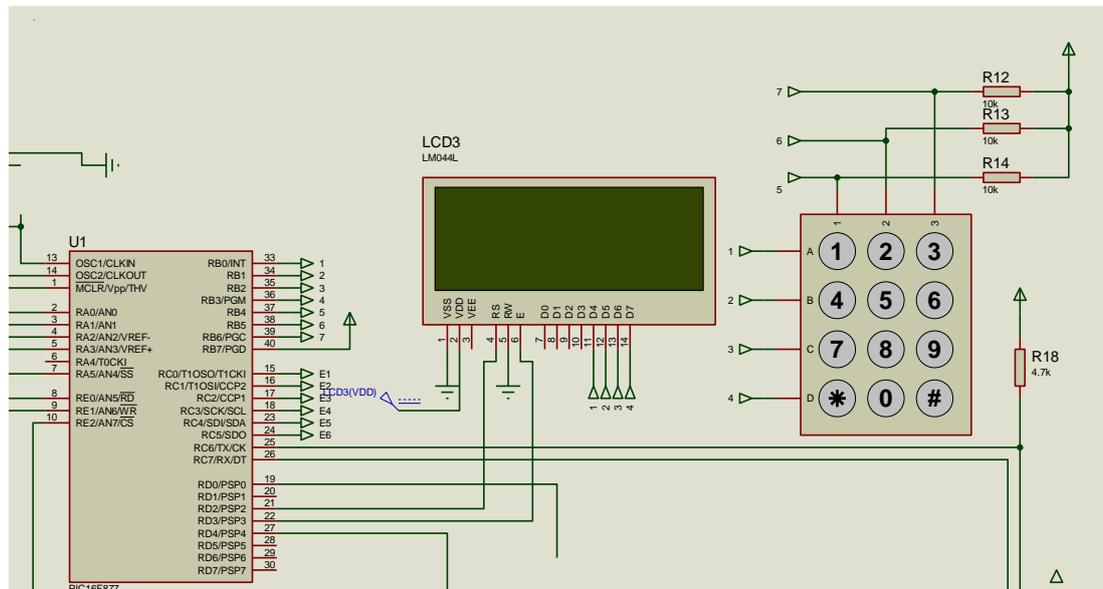


FIGURA N° 28: CONEXIÓN DEL TECLADO CON EL PIC 16F877A

FUENTE: Autores

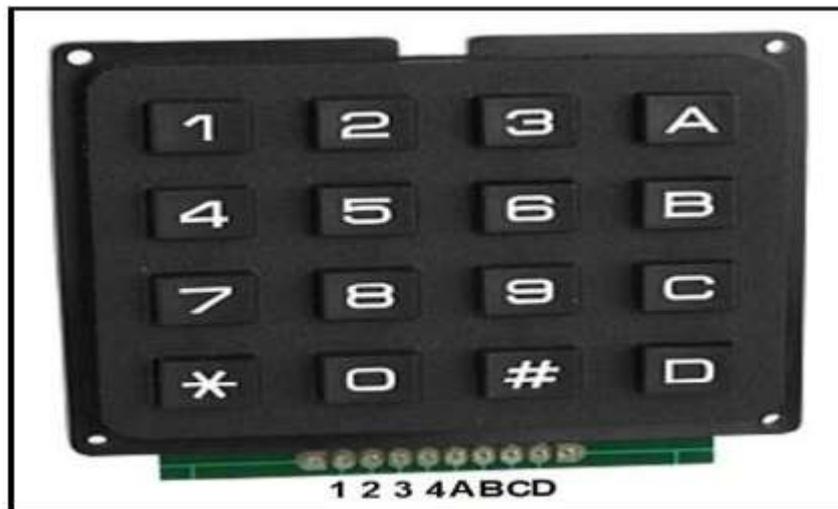


FIGURA N° 29: TECLADO MATRICIAL 4X4 Y DISTRIBUCIÓN DE PINES

FUENTE: Autores

5.2.5 INTERFACE PARA CONTROL EXTERNO CON RELÉS

Para el control de cada una de las electroválvulas que permiten el riego a través del Microcontrolador, es necesario realizar una pequeña interface de potencia, el cual permite activar los diferentes relés que están conectados con las electroválvulas, estas mismas que funcionan con una tensión de 120Vac.

Los diodos led que se observa en la figura N° 29, simulan las electroválvulas que se conectan en la etapa de potencia.

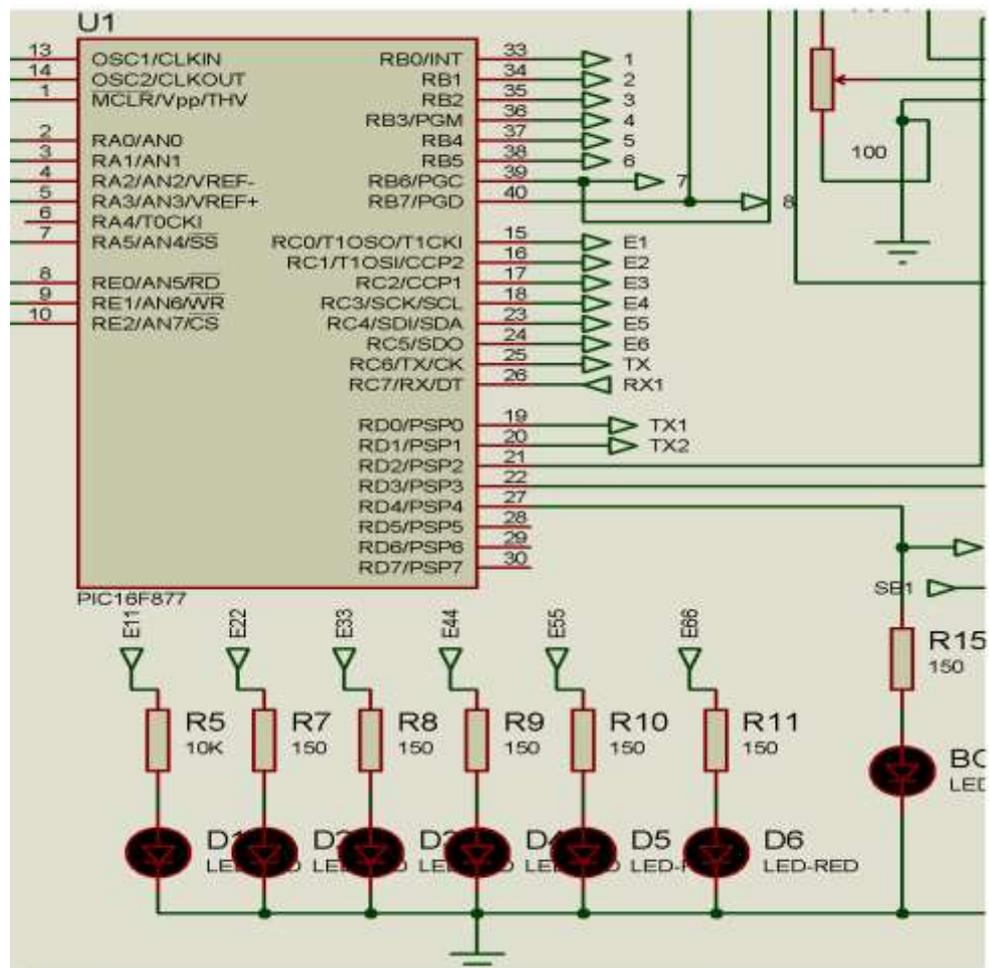


FIGURA N° 30. CONEXIÓN DE LOS PINES DE SALIDAS CON EL PIC 16F877A

FUENTE: Autores

Para esta pequeña interface se utilizó un transistor para la activación de los relés el cual es saturado por el Microcontrolador, por la baja corriente que consumen estos transistores 2N3904. Las salidas del Microcontrolador pueden controlar a varios al

mismo tiempo sin sufrir caídas de tensión significativas para el buen desempeño del sistema electrónico.

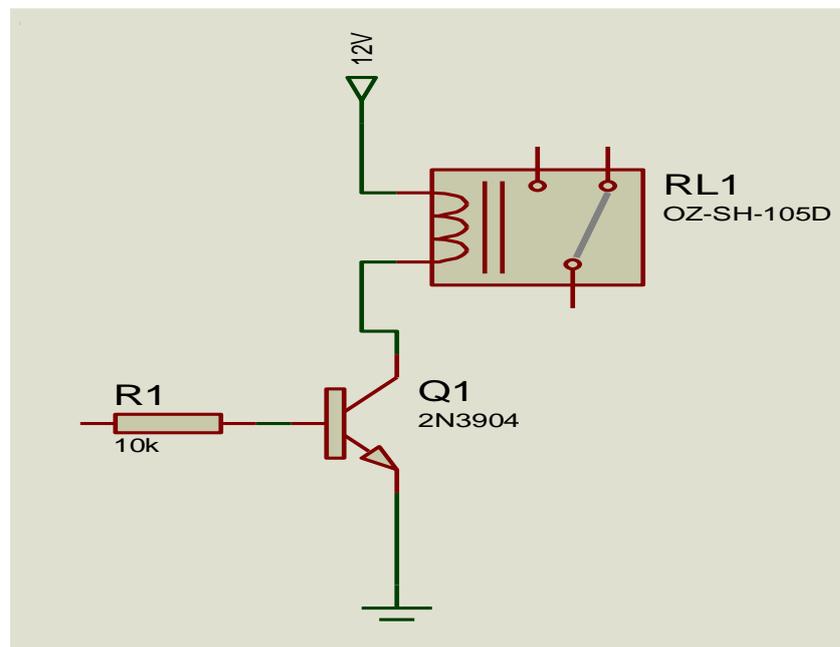


FIGURA N° 31: INTERFACE DE POTENCIA CON RELÉ PARA CONTROL DE ELECTROVÁLVULAS

FUENTE: Autores

5.3 DISEÑO DE TARJETAS DE CONTROL DE RIEGO AUTOMÁTICO

En el diseño de la pista o placa electrónica de control se usó el programa ARES, es aquí donde se realizan los diferentes procesos: de encendido y apagado de las electroválvulas, censar los niveles de agua además de la humedad por medio de la frecuencia, encendido y apagado de las bombas, visualización y monitoreo del estado de las zonas a irrigar.

Se utilizó el programa PROTEUS, para la simulación con el Microcontrolador.

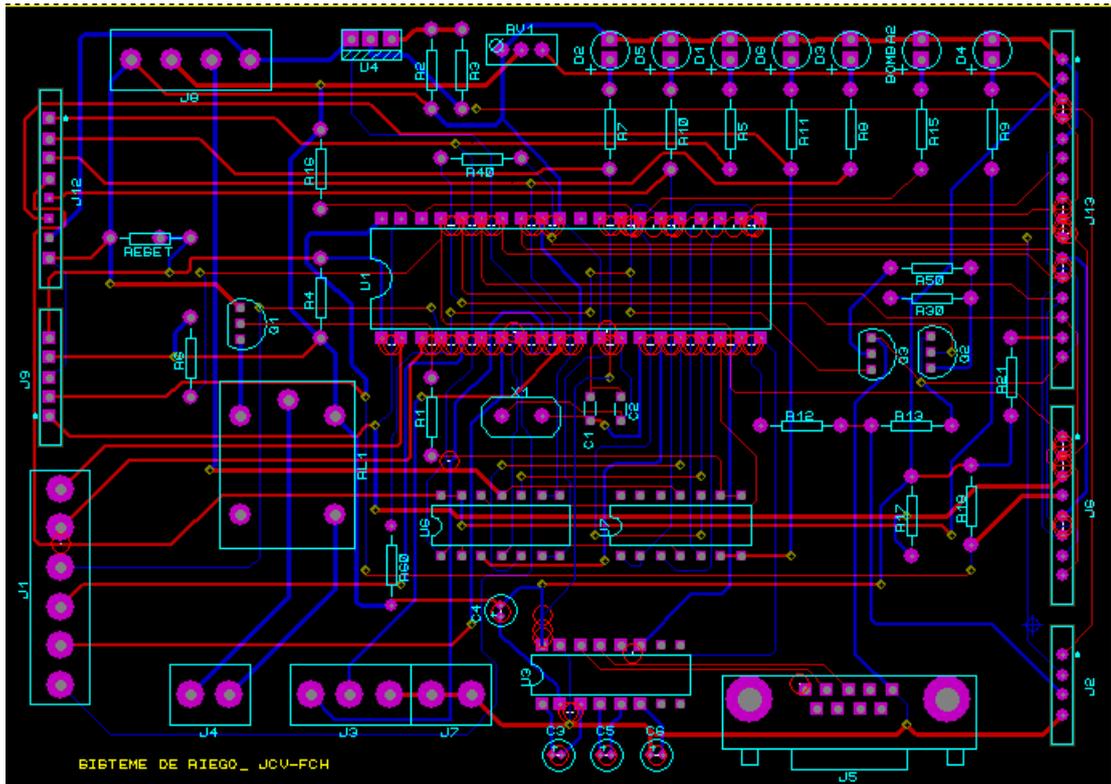


FIGURA N° 32: DISEÑO DE PISTA DE LA TARJETA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE RIEGO

FUENTE: Autores

5.4 TARJETA DE LA FUENTE SIMÉTRICA

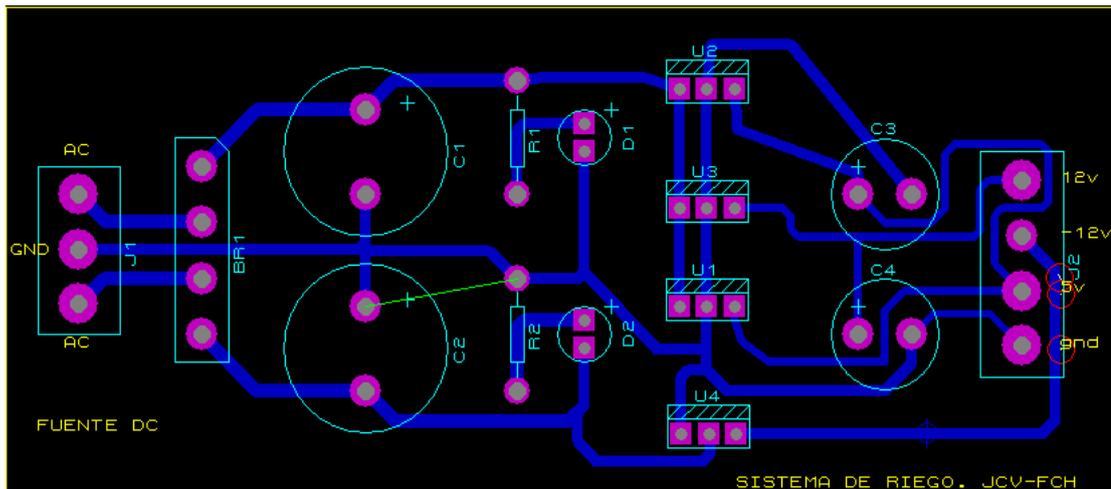


FIGURA N° 33: PISTA DE LA TARJETA DE ALIMENTACIÓN SIMÉTRICA

FUENTE: Autores

5.5 TARJETA DE CONTROL DE SALIDAS DE ELECTROVÁLVULAS

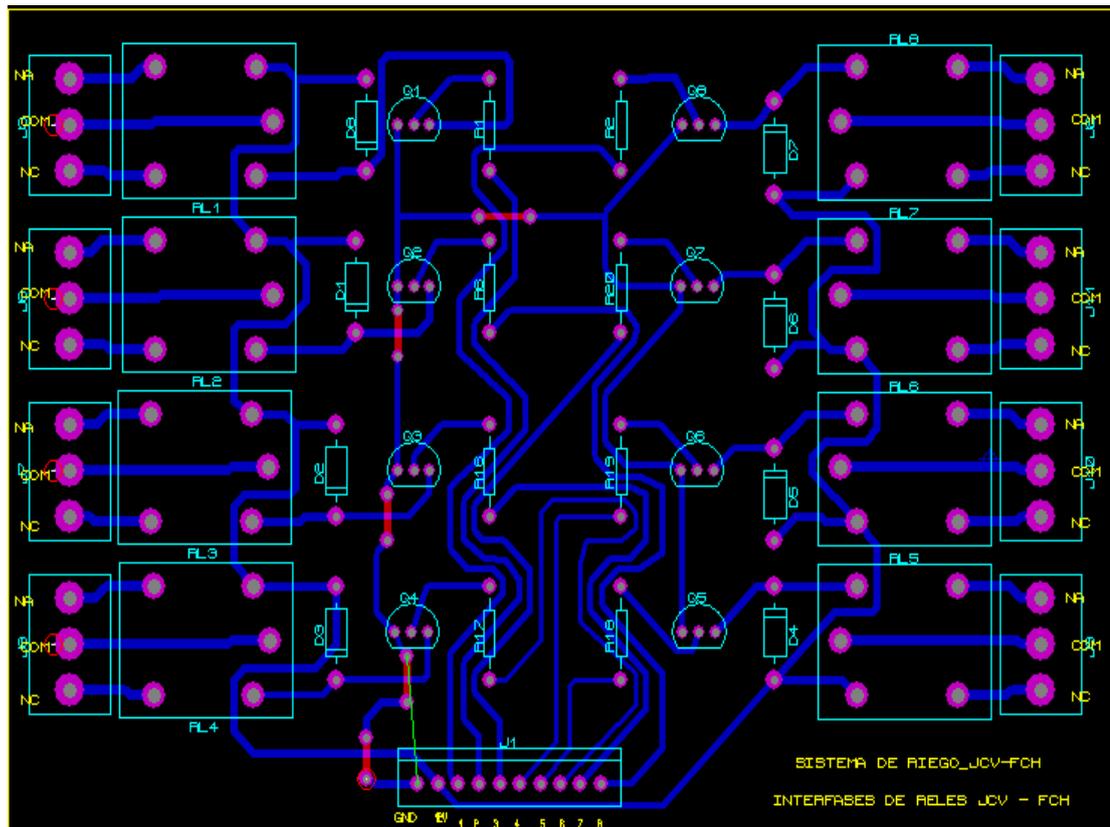


FIGURA N° 34: PISTA DE LA TARJETA DE CONTROL DE SALIDAS CON RELÉS

FUENTE: Autores

5.6 TARJETA DE CONTROL DE LA BOMBA DEL POZO

Para el abastecimiento del agua para el riego a los cultivos tenemos un pozo ubicado a una distancia aproximada de 200 metros del lugar donde se encuentra la zona de riego, esta tarjeta permite controlar y sensor el nivel del liquido del pozo para así poder encender la bomba de agua para que llene la piscina abastecedora en el caso de necesitarlo.

La misma tarjeta lleva el control de salidas con los relés para la parte de potencia del sistema de encendido de la bomba.

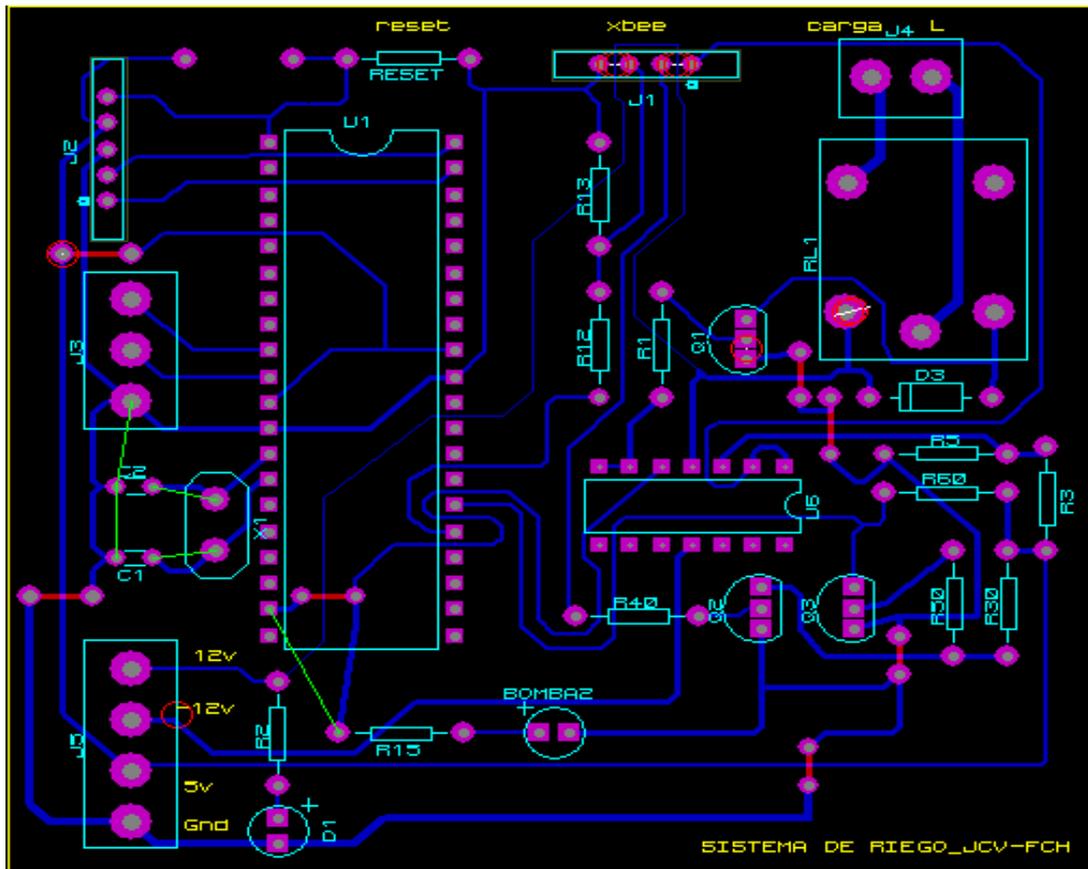


FIGURA N° 35: PISTA DE LA TARJETA DE CONTROL DE LA BOMBA DEL POZO

FUENTE: Autores

5.7 DISEÑO SENSOR DE HUMEDAD

Como ya se explicó anteriormente el funcionamiento del circuito integrado LM555 en operación como circuito astable, se indica a continuación el diseño del sensor de humedad utilizando este elemento.

El circuito integrado LM555, en su salida entrega un tren de pulsos de frecuencia variable. Para determinar la relación de la variación de la frecuencia con la humedad se usaron un medidor de humedad marca RAPITEST y el sensor de humedad implementado. Los datos se muestran en la siguiente tabla.

% Humedad	Frecuencia (Hz)
0	0
10	56
20	141
30	278
40	467
50	533
60	734
70	875
80	1089
90	1345
100	1821

TABLA N° 8: DATOS DE LA HUMEDAD DEL SUELO CON SU RESPECTIVA FRECUENCIA

FUENTE: Autores

El diseño del sensor de humedad se va a realizar tomando los datos al 100% de humedad que sería el valor crítico. Para una frecuencia máxima de 1821Hz se tiene lo siguiente:

El fabricante recomienda utilizar los siguientes valores para el funcionamiento adecuado del LM 555. $R2=1k\Omega$, $C1=1\mu F$.

Para este caso se ha probado el porcentaje de humedad del suelo en el mismo campo de trabajo, así se puede obtener los datos reales con los que se va a calibrar los valores que se graban en el Microcontrolador.

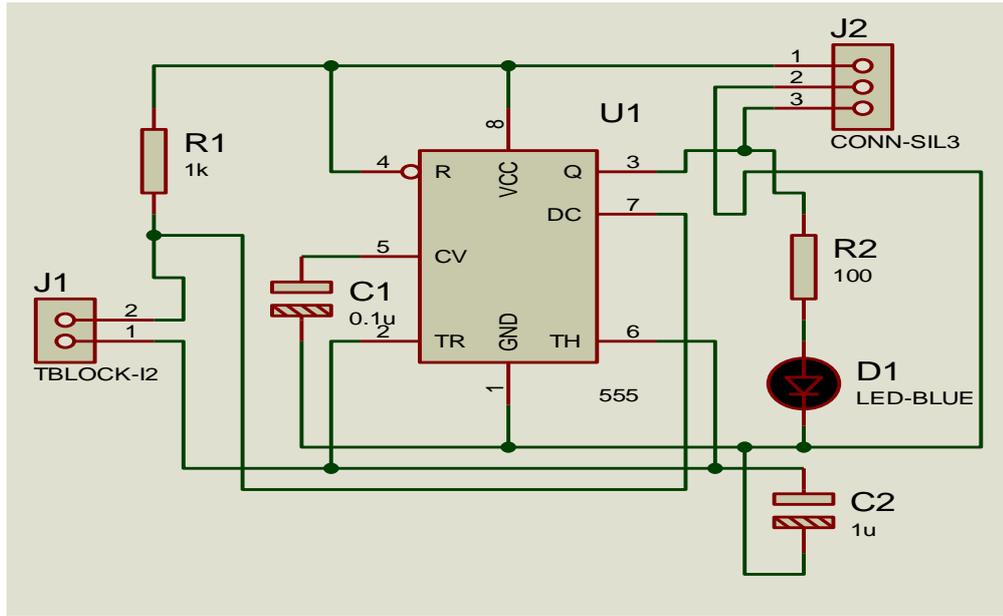


FIGURA N° 36: DIAGRAMA ELECTRÓNICO DEL SENSOR DE HUMEDAD
CON 555

FUENTE: Autores

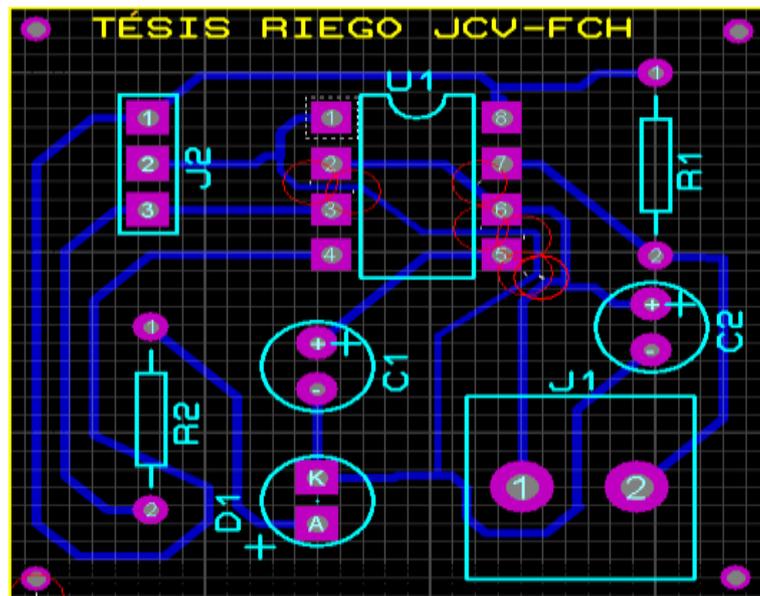


FIGURA N° 37: PISTA DE LA TARJETA DE SENSOR DE HUMEDAD

FUENTE: Autores

5.8 CÁLCULO DE FRECUENCIA POR RESISTENCIA DEL SUELO

Para poder realizar la tabla de frecuencias nombrada anteriormente, se realizan cálculos de forma teórica y se realizó mediciones en el terreno que son dato muy

confiable para nuestro sistema y las muestras fueron tomadas a través del osciloscopio.

Fórmula de la frecuencia para un circuito Astable con 555.

$$F = 1.44 / (R1 + 2 * RX) * C$$

Donde tenemos que el valor de RX es la resistencia que produce el suelo, y esta es medida por el factor de proporcionalidad de la distancia que se encuentran los dos electrodos de bronce enterrados en el suelo.

Para el desarrollo del cálculo de la frecuencia entregada por el transductor se colocó un valor promedio del rango del valor de la resistencia proporcionada por el suelo y como ejemplo hemos detallado lo siguiente:

Ejemplo:

$$F = 1.44 / (1K + 2(70K)) * 0,1Uf$$

$$F = 10.32 \text{ HZ}$$

% Hume- dad	Temperatura	Área de prueba	Valor de resistencia obtenida(Ω)	Frecuencia (HZ)
1	32°C	1m ²	67000 a 72000	10
10	32°C	1m ²	10000 a 12000	56
20	32°C	1m ²	3780 a 3800	141
30	32°C	1m ²	1700 a 1800	278
40	32°C	1m ²	1100 a 1150	467
50	32°C	1m ²	768 a 780	533
60	32°C	1m ²	410 a 470	734

70	32°C	1m ²	320 a 340	875
80	32°C	1m ²	175 a 190	1089
90	32°C	1m ²	26 a 30	1345
100	32°C	1m ²	0.3 a 1.1	1640

TABLA N° 9: DATOS DE LA PRUEBA EXPERIMENTAL PARA LA MEDICION DE RESISTENCIA EN EL SUELO.

FUENTE: Autores

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

Tareas	ENERO 2012	FEBRERO 2012	MARZO 2012	MAYO 2012	JUNIO 2012
Investigación para adquisición de componentes y Tarjetas de control, cotización y tiempo de entrega del proveedor.	1era. Semana. Cotización. 2da y 3ra. Semana. Coordinación con tutor para diseño y estandarización del proyecto.				
Construcción de módulos de comunicación.		1ra a 4ta Semana. Construcción de los equipos y tarjetas de control inalámbrico.	1ra a 4ta. Semana. Pruebas de los controles y sensores a utilizar en el proyecto.	1ra a 4ta. Semana Tipos de sensores a utilizar.	1ra. Semana. Implementación de software y hardware con equipos disponibles y acoplarlos al módulo.

TABLA N° 10: CRONOGRAMA 1 DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

FUENTE: Autores

NUEVO CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO (continuación)

Tareas	JULIO 2012	AGOSTO 2012	SEPTIEMBRE 2012	OCTUBRE 2012	NOVIEMBRE 2012	DICIEMBRE 2012
Limpieza del terreno y acoplamiento de ciertos sembríos.	1era, 2da y 3ra. Semana. Limpieza del terreno.					
Implementación y montaje en el lugar donde está proyectado Pruebas finales		Montaje de la estructura física de los diferentes controles, sensores y actuadores	1ra a 4ta. Semana de Programación y montaje de los controles de riego a los diferentes sembríos.	1ra a 4ta. Semana. Programación y montaje de los controles de riego a los diferentes sembríos.	1ra a 4ta. Semana. Se realizará pruebas necesarias de alcance y presión de las tuberías y mediciones de humedad, nivel etc.	Presentación del proyecto.

TABLA N° 11: CRONOGRAMA 2 DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

FUENTE: Autores

NUEVO CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO (continuación)

Tareas	FEBRERO 2013	MARZO 2013	ABRIL 2013	MAYO 2013	JUNIO 2013	JULIO 2013
Limpeza del terreno y acoplamiento de sembríos.	1era, 2da y 3ra. Semana. Limpeza del terreno.					
Implementación y montaje en el lugar donde está proyectado.	Montaje de la estructura física de los diferentes controles, sensores y actuadores.	1ra a 4ta. Semana. Se realizara las pruebas necesarias de alcance y presión de las tuberías y mediciones de humedad, nivel etc.	1era a 4ta. Semana Pruebas	1era a 4ta. Semana Pruebas Presentación del proyecto.		

TABLA N° 12: CRONOGRAMA 3 DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO

FUENTE: Autores

PRESUPUESTO

Costos de Implementación del Proyecto

Para la implementación del sistema de riego se escogieron los materiales necesarios para un óptimo funcionamiento y así varios elementos como estructuras y de alguna manera equipos de medición como osciloscopio que nos ayudó para las mediciones de frecuencia y señales DC.

Estos materiales electrónicos están conformados por dispositivos tales como: Microcontroladores, módulos XBee, display LCD, teclado alfanumérico, bombas de agua, aspersores, tubería para agua, estructura metálicas, contactores, equipo de protección de corto circuitos y elaboración de placas impresas, todo esto y sin detallar más componentes, esto fue previamente elaborado así como el diseño y construcción de toda la circuitería electrónica.

Cantidad	Descripción de componentes o equipo	Precio
2	Microcontroladores 16F877A	\$14
2	Módulos Zbee pro	\$90
1	Pantalla o Display 20X4	\$25
1	Teclado alfanumérico	\$12
	Componentes electrónicos	\$150
1	Modem GSM	\$140
2	Contactores 120v/25 ^a	\$35
4	Rollos de cable # 20	\$90
80	Metros de cable multipack	\$40

	Sistema de protección (caja y breakers)	\$30
12	Aspersores multiflujo	\$60
5	Elaboración de placas electrónicas	\$200
	Mano de obra y gastos varios	\$400
	Tubería PVC de 2" y plástica de ½ "	\$180
1	Bomba tipo bala de 1.5 HP	\$130
1	Bomba tipo bala de ½ HP	\$50
	TOTAL:	\$1646

TABLA N° 13: TABLA FINAL DE COSTOS DEL PROYECTO

FUENTE: Autores

CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en las pruebas de este sistema de riego se puede comprobar que éste funciona en tiempo real ya que el intervalo en el envío y recepción de los mensajes está en función del tiempo esperado que es aproximadamente 45 segundos.

Los sensores de humedad funcionaron de manera aceptable, entregando los valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión.

Al trabajar con comandos AT se logró la comunicación entre el microprocesador y el teléfono celular.

Al utilizar la nube de comunicación GSM se obtiene un rango de alcance bastante amplio, lo cual depende de la operadora con la que se esté trabajando; en este caso la operadora es CLARO que tiene cobertura nacional.

El uso de módulos XBee pro en el sistema implementado presenta pérdidas de señal cuando no se encuentran en línea de vista, lo cual disminuye el alcance.

Se determina que la utilización de mensajería SMS resulta eficiente para paquetes de datos pequeños o para aplicaciones de control al llevar un comando en un mensaje de texto.

La implementación de los comandos AT está en función del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos son enviados.

Con el software MICROCODE que se utilizó para la programación del micro PIC 16F877A es factible optimizar las subrutinas de comunicación serial que se emplea en el control de los dispositivos.

La comunicación entre el Microcontrolador y el modem del celular funciona a una velocidad de transmisión de 9600 bps.

RECOMENDACIONES

Realizar la simulación del circuito controlador para comprobar su respectivo funcionamiento, y así evitar posibles errores.

Mantener o chequear el valor del saldo de la telefonía del chip utilizado, ya que si éste funciona de manera continua habrá un consumo excesivo.

Los comandos AT tienen una lista extensa de comandos.

Para probar el correcto funcionamiento de los comandos AT, se recomienda instalar en el computador el controlador del modem GSM para poder contar con la seguridad de que se encuentra transmitiendo correctamente.

Medir las señales producidas por la fuente de alimentación del sistema, ya que de no encontrarse la señal de tipo DC pura, se producen fallas de comunicación al momento de transmitir los datos de forma serial.

Mantener las tensiones de voltaje protegidas con un regulador para cada uno de los componentes. En el caso de los Microcontroladores, con la ayuda del integrado LM 7805 que es un regulador a 5V. En el caso de los XBee la tensión es de 3.3V y se utilizó el regulador LM1117.

BIBLIOGRAFÍA

HUIDOBRO, José y MILLAN, Ramón, *Manual de DOMÓTICA*, Primera Edición, Editorial Copyright, España, 2000, Volumen Uno.

REYES, Carlos, *Microcontroladores PIC Programación en Basic*, Tercera Edición, Editorial Rispergraf, Quito - Ecuador, 2008, Volumen Uno.

HUIDOBRO, José, *Redes y Telecomunicaciones Varias*, Segunda Edición, Editorial Rama, España, 2010, Volumen Uno.

GOYAL, Megh, *Manejo de Riego por Goteo*, Primera Edición, Editorial Copyright, España, 2000, Volumen Uno.

RIVERA, Luis y otros, *La Ciencia del Suelo*, Segunda Edición, Editorial Apple Academic Press, Puerto Rico, 2007, Volumen Dos.

MOMPÍN, J., *Transductores y medidores electrónicos*, Segunda edición, Editorial Marcombo, España, 1983, Volumen Uno.

WITHERS, Bruce y VIPOND, Stanley, *Irrigation: Design and Practice*, Segunda Edición, Editorial Cornell University Press, New York, 1980, Volumen Uno.

MICROCHIP, *Datasheet (Datos técnicos)*, <http://www.microchip.com>. Tomado en Junio 2012

DIGI, *Modelos de Módulos XBee*, www.digi.com. Tomado en Junio del 2012

MICROCONTROLADOR, *Descripción General del PIC16F877A (pdf)*. Tomado en Junio del 2012

Dr. Calderón Labs., *MEDIDOR DE HUMEDAD*, www.drcalderonlabs.com/Aparatos/Medidor_de_Humedad/Medidor_de_Humedad_00400_Catalogo.pdf. Tomado en Junio 2012.

ANEXOS

FOTOS DEL SISTEMA DE RIEGO Y DEL SISTEMA ELÉCTRICO



FOTO N° 1: CABLEADO DE ALIMENTACIÓN A ELECTROVÁLVULAS.

FUENTE: Autores



FOTO N° 2: CABLEADO DE ALIMENTACIÓN A ELECTROVÁLVULAS.

FUENTE: Autores



FOTO N° 3: TUBERÍA DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y AGUA

FUENTE: Autores



FOTO N° 4: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 1
FUENTE: Autores



FOTO N° 5: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 2
FUENTE: Autores



FOTO N° 6: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL CULTIVO ZONA 3
FUENTE: Autores



FOTO N° 7: CABLEADO Y UNIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: Autores



FOTO N° 8: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 4

FUENTE: Autores



FOTO N° 9: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 4

FUENTE: Autores



FOTO N° 10: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 5
FUENTE: Autores



FOTO N° 11: ELECTROVÁLVULAS Y ASPERSORES PARA IRRIGACIÓN DEL
CULTIVO ZONA 6
FUENTE: Autores



FOTO N° 12: CABLEADO Y UNIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: Autores



FOTO N° 13: CABLEADO Y UNIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO
FUENTE: Autores



FOTO N° 14: MEDICIÓN DE TENSIÓN EN EL TERRENO

FUENTE: Autores



FOTO N° 15: MEDICIÓN DE RESISTENCIA EN EL TERRENO CON SENSOR DE HUMEDAD

FUENTE: Autores



FOTO N° 16: RECONOCIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ZONAS

FUENTE: Autores



FOTO N° 17: RECONOCIMIENTO DEL TERRENO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ZONAS

FUENTE: Autores



FOTO N° 18: COLOCACIÓN DE TUBERÍA PARA IRRIGACIÓN

FUENTE: Autores



FOTO N° 19: COLOCACIÓN DE TUBERÍA PARA IRRIGACIÓN

FUENTE: Autores



FOTO N° 20: FALTA DE AGUA EN PLANTACIÓN

FUENTE: Autores



FOTO N° 21: RESERVORIO DE AGUA PARA IRRIGACIÓN DEL TERRENO

FUENTE: Autores



FOTO N° 22: UBICACIÓN DE LA BOMBA EN EL POZO

FUENTE: Autores



FOTO N° 23: UBICACIÓN DE LA BOMBA EN EL POZO

FUENTE: Autores



FOTO N° 24: UBICACIÓN DE LA BOMBA EN EL POZO

FUENTE: Autores



FOTO N° 25: MONTAJE DEL SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

FUENTE: Autores



FOTO N° 26: MENSAJE DE INICIO DEL SISTEMA DE RIEGO
FUENTE: Autores



FOTO N° 27: MENSAJE DE "FALTA AGUA" EN EL RESERVORIO
FUENTE: Autores



FOTO N° 28: TECLADO PARA INGRESO DE DATOS Y MENÚ

FUENTE: Autores



FOTO N° 29: TARJETA PRINCIPAL DEL CONTROLADOR Y MANEJO DE COMUNICACIÓN

FUENTE: Autores



FOTO N° 30: PINES UTILIZADOS PARA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA DEL XBEE

FUENTE: Autores

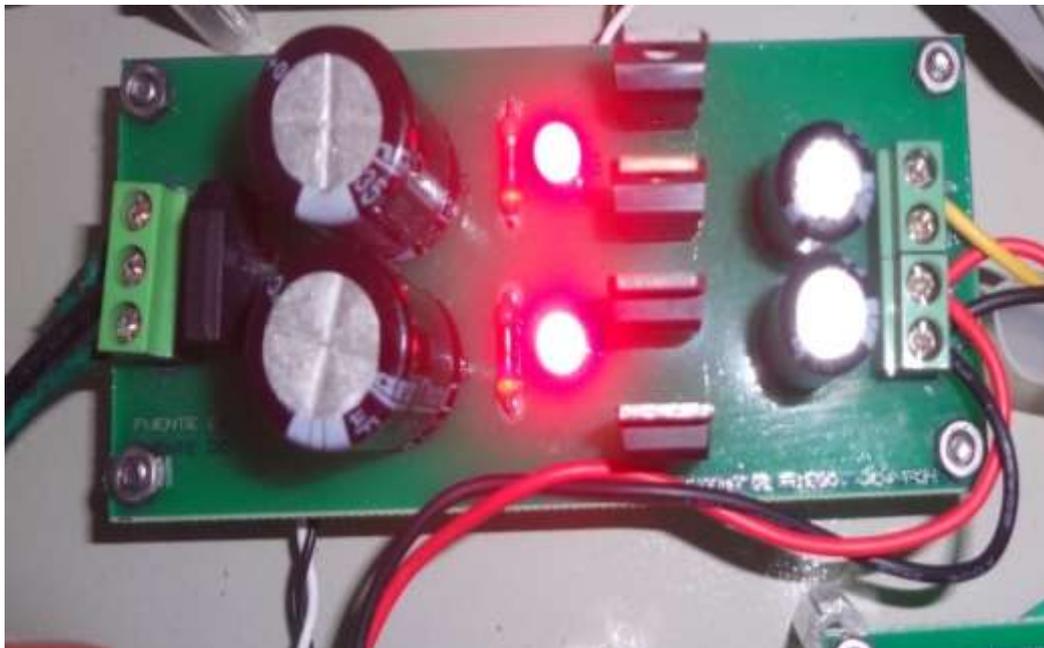


FOTO N° 31: FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO

FUENTE: Autores



FOTO N° 32: TARJETA DE SENSOR DE NIVEL DEL SISTEMA DE RIEGO

FUENTE: Autores

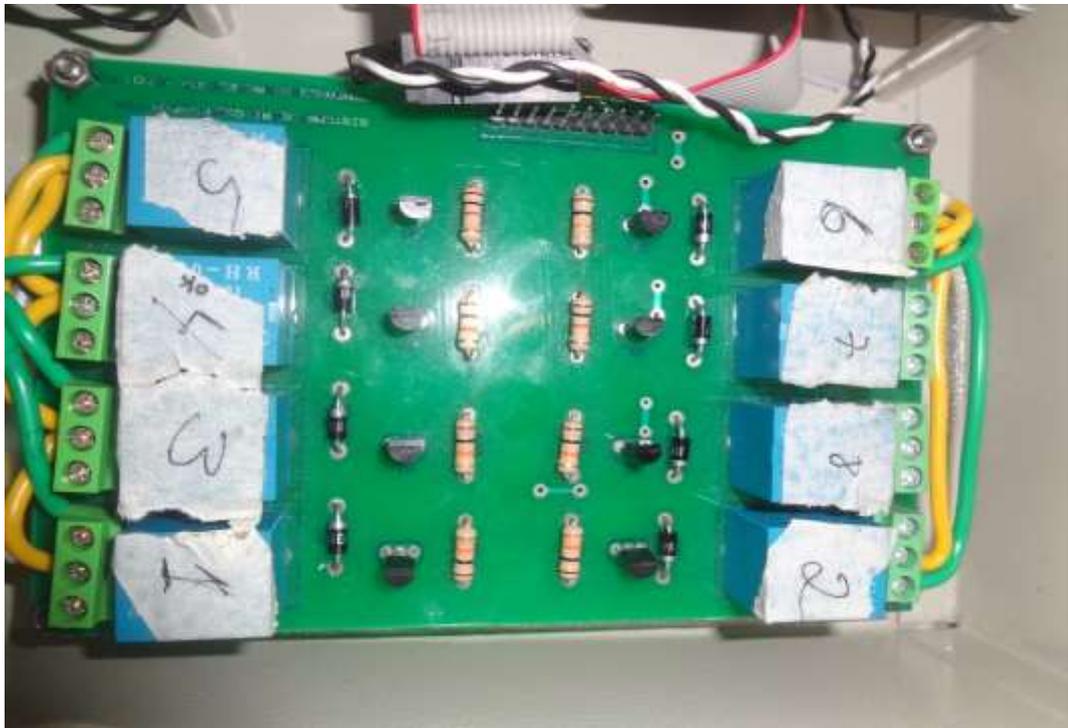


FOTO N° 33: TARJETA DE SALIDA DE FUERZA DEL SISTEMA DE RIEGO

FUENTE: Autores

DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO, SENSORES Y ELECTROVÁLVULAS

DIAGRAMA ELÉCTRICO

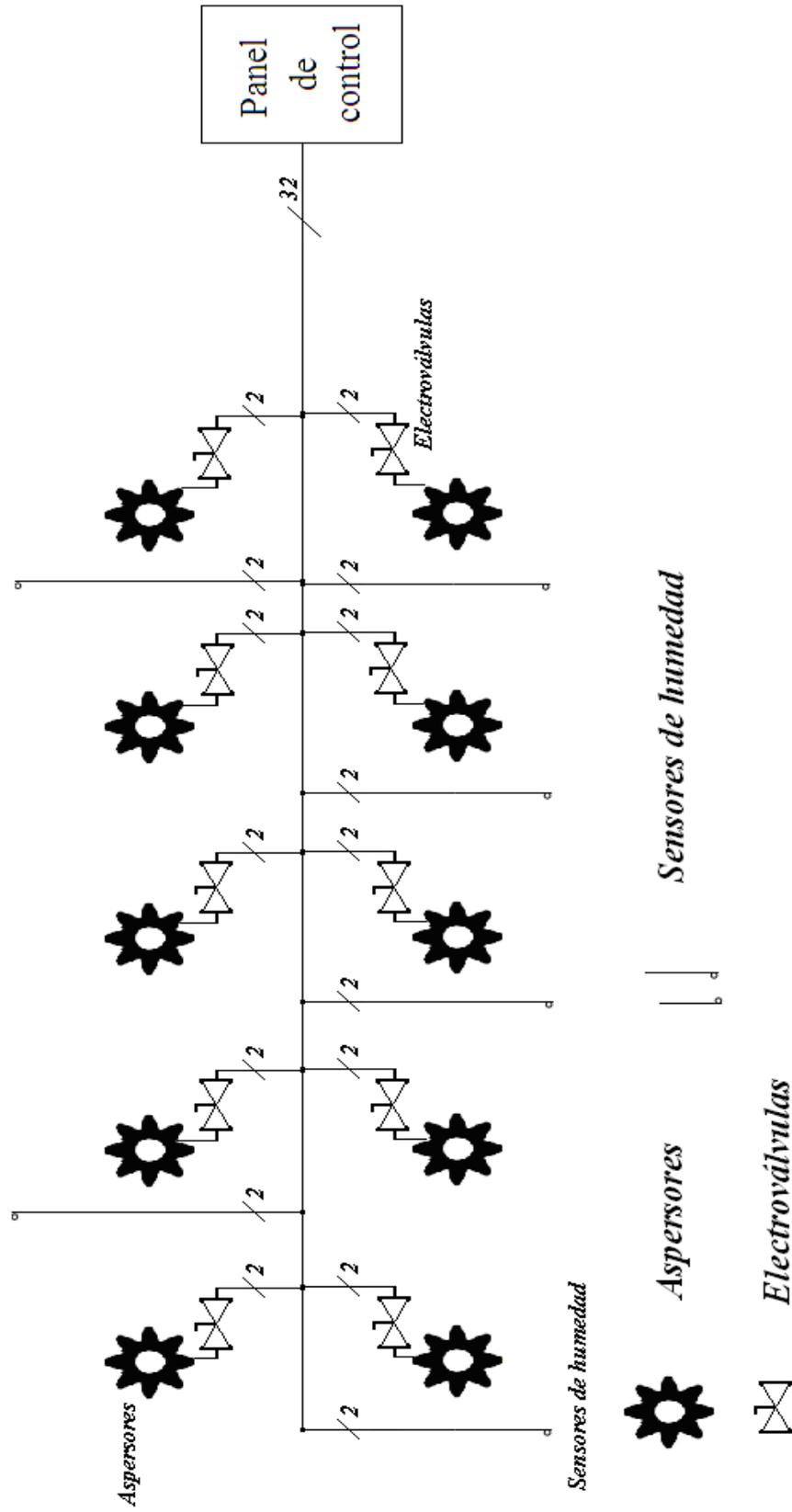


FIGURA N° 38: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE RIEGO, SENSORES Y ELECTROVÁLVULAS

FUENTE: Autores

PROGRAMACIÓN UTILIZADA EN EL MICROCONTROLADOR 16F877A

```
.*****  
,  
; Configuración de los puertos  
.*****  
,  
  
A VAR PORTB.0; nombres para los pines de las filas  
  
B VAR PORTB.1  
  
C VAR PORTB.2  
  
D VAR PORTB.3  
  
UNO VAR PORTB.4; nombres para los pines de las columnas  
  
DOS VAR PORTB.5  
  
TRES VAR PORTB.6  
  
CUATRO VAR PORTB.7  
  
TX VAR PORTD.0  
  
RX VAR PORTD.1  
  
TXBEE VAR PORTC.6  
  
RXBEE VAR PORTC.7  
  
E1 VAR PORTC.0  
  
E2 VAR PORTC.1  
  
E3 VAR PORTC.2  
  
E4 VAR PORTC.3  
  
E5 VAR PORTC.4  
  
E6 VAR PORTC.5  
  
BOMBA2 VAR PORTD.4  
  
N_BAJO VAR PORTE.1  
  
N_ALTO VAR PORTE.2  
  
EE1 VAR BIT  
  
EE2 VAR BIT  
  
EE3 VAR BIT  
  
EE4 VAR BIT
```

EE5 VAR BIT
EE6 VAR BIT
ENVIO VAR BIT
BOM VAR BIT
BOM2 VAR BIT
SB VAR BIT
TECLA VAR BYTE
S1 VAR WORD
S2 VAR WORD
S3 VAR WORD
S4 VAR WORD
S5 VAR WORD
S6 VAR WORD
S1A VAR WORD
S2A VAR WORD
S3A VAR WORD
S4A VAR WORD
S5A VAR WORD
S6A VAR WORD
ZONA VAR BYTE
ZONAT VAR BYTE
T1 VAR BYTE
T2 VAR BYTE
T3 VAR BYTE
T4 VAR BYTE
T5 VAR BYTE
T6 VAR BYTE
DATO VAR BYTE
TIEMPO VAR WORD

```

HUMEDAD VAR BYTE

X VAR BYTE

Y VAR BYTE

Include "modedefs.bas"

;*****
;
; Configuración del LCD
;*****
;
DEFINE LCD_DREG PORTB; define pines del LCD B4 a B7

DEFINE LCD_DBIT 0 ; empezando desde el Puerto B4 hasta el B7

DEFINE LCD_RSREG PORTD; define el puerto B para conectar el bit RS

DEFINE LCD_RSBIT 2 ; este es el puerto B3

DEFINE LCD_EREG PORTD; define el puerto B para conectar el bit Enable

DEFINE LCD_EBIT 3 ; este es el puerto B2

;*****
;
; Programación de puertos
;*****

ADCON1=7

TRISB=%01110000

TRISC=%10000000

TRISD=0

PORTB=0

PORTC=0

PORTD=0

BOM = 0

BOM2=0

SB=0

ENVIO=0

EEPROM 1, [120, 120, 120, 120, 120,120]

;*****
;
; Inicio del programa
;*****

; INICIO:

```

```

SEROUT2 TXBEE, 84, ["6"]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA
BOMBA

SEROUT2 TXBEE, 84, [13]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA
BOMBA

LCDOUT $FE, 1

LCDOUT $FE, $80,"TESIS SISTEMA RIEGO"

LCDOUT $FE, $C0,"INTEGRANTES: JCV-FCH"

LCDOUT $FE, $94

FOR x = 0 TO 14          ; repetir 16 veces

LOOKUP x, ["UPS - GUAYAQUIL"], Y ; tomar carácter por carácter y guardar en abc

LCDOUT, Y              ; sacar en LCD el contenido de abc

PAUSE 10                ; esperar 400 mls

NEXT

LCDOUT $FE, $D4,"* PARA CONFIGURAR"

;*****

; Ingreso a la Configuración del sistema

;*****

for x=0 to 20          ; cambie 50 por 20

gosub teclado2

if tecla= 14 then

x= 50

goto configura

end if

pause 100

next

;*****

; Inicio del programa

;*****

IN:

READ 1, HUMEDAD

S1A=HUMEDAD

```

READ 2, HUMEDAD

S2A=HUMEDAD

READ 3, HUMEDAD

S3A=HUMEDAD

READ 4, HUMEDAD

S4A=HUMEDAD

READ 5, HUMEDAD

S5A=HUMEDAD

READ 6, HUMEDAD

S6A=HUMEDAD

LCDOUT \$FE, 1

```
;*****  
; Aquí comienza el Proceso  
;*****
```

INI:

IF SB=1 THEN

 IF n_ALTO=1 THEN

 SEROUT2 TXBEE, 84, ["2"]; ENVIA EL 2 PARA DECIR QUE APAGUE LA BOMBA DEL POZO

 LCDOUT \$FE, \$80,"BOMBA APAGADA "

 PAUSE 1000

 BOM2=1

 BOM=0

 SB=0

 GOTO OTRO1

 ENDIF

GOTO PRENDE_BOMBA

ELSE

IF N_bajo =1 then goto otro1

sb=1

```

goto PRENDE_BOMBA
endif

PRENDE_BOMBA:
LCDOUT $FE, $80,"FALTA AGUA      "
LCDOUT $FE, $94,"                "
LCDOUT $FE, $D4,"                "

Portc=0

low bomba2

if bom=1 then goto ini

DATO=48

ni:
SEROUT2 TXBEE, 84, ["1"]; ENVIA EL 1 PARA DECIR QUE ENCIENDA LA
BOMBA

PAUSE 100

LCDOUT $FE, $80,"BOMBA POZO ENCENDIDA "
LCDOUT $FE, $C0,"                "
LCDOUT $FE, $94,"                "
LCDOUT $FE, $D4,"                "

PAUSE 2000

BOM=1                                ; SI BOM =1 ==> LA BOMBA DEL POZO ESTA
ENCENDIDA

BOM2=0

goto ini

U:
LCDOUT $FE, $80,"                "
LCDOUT $FE, $C0,"NO HAY COMUNICACIÓN"
LCDOUT $FE, $94,"                "
LCDOUT $FE, $D4,"                "

GOTO ni

Uuu:

```

```

LCDOUT $FE, $80,"          "
bom2=1
LCDOUT $FE, $C0,"NO -- COMUNICACIÓN"
LCDOUT $FE, $94,"          "
LCDOUT $FE, $D4,"          "
GOTO INI
;*****
;
; Chequeo de los sensores
;*****
OTRO1:
COUNT PORTA.0, 100, S1
COUNT PORTA.1, 100, S2
COUNT PORTA.2, 100, S3
COUNT PORTA.3, 100, S4
COUNT PORTA.5, 100, S5
COUNT PORTE.0, 100, S6
S1=S1*10
S2=S2*10
S3=S3*10
S4=S4*10
S5=S5*10
S6=S6*10
;*****
;
; Presentación del estado de las zonas
;*****
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"ESTADO DE LAS ZONAS"
IF (S1 < S1A) THEN
HIGH E1: EE1=1
LCDOUT $FE, $C0,"Z1 ON", DEC4 S1

```

```

ELSE
LCDOUT $FE, $C0,"Z1 OF", DEC4 S1
LOW E1: EE1=0
ENDIF
IF (S2 < S2A) THEN
HIGH E2: EE2=1
LCDOUT $FE, $C9," Z2 ON", DEC4 S2
ELSE
LOW E2: EE2=0
LCDOUT $FE, $C9," Z2 OF", DEC4 S2
ENDIF
IF (S3 < S3A) THEN
HIGH E3: EE3=1
LCDOUT $FE, $94,"Z3 ON", DEC4 S3
ELSE
LCDOUT $FE, $94,"Z3 OF", DEC4 S3
LOW E3: EE3=0
ENDIF
IF (S4 < S4A) THEN
HIGH E4: EE4=1
LCDOUT $FE, $9D," Z4 ON", DEC4 S4
ELSE
LCDOUT $FE, $9D," Z4 OF", DEC4 S4
LOW E4 : EE4=0
ENDIF
IF (S5 < S5A) THEN
HIGH E5 : EE5=1
LCDOUT $FE, $D4,"Z5 ON", DEC4 S5
ELSE

```

```

LCDOUT $FE, $D4,"Z5 OF", DEC4 S5
LOW E5 : EE5=0
ENDIF
IF (S6 < S6A) THEN
HIGH E6: EE6=1
LCDOUT $FE, $DD," Z6 ON", DEC4 S6
ELSE
LCDOUT $FE, $DD," Z6 OF", DEC4 S6
LOW E6: EE6=0
ENDIF
IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN
HIGH BOMBA2
GOSUB MENSAJE_ON
ELSE
LOW BOMBA2
GOSUB MENSAJE_OFF
ENDIF
GOSUB TECLADO2      'se repite
GOSUB PTECLA
IF TECLA=0 THEN GOTO MANUAL
GOTO INI
;*****
; EJECUCION DE ENCENDIDO DE ZONAS DE MANERA MANUAL
;*****
EJECUTA:
LCDOUT $FE, $80,"ESTADO DE LAS ZONAS"
LCDOUT $FE, $C0,"Z1 Z2 Z3 Z4 Z5 Z6"
IF EE1=1 THEN
HIGH E1
READ 10, TIEMPO

```

```

LCDOUT $FE, $94, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $D4, DEC2 T1
ELSE
LOW E1
LCDOUT $FE, $94, "OF"
LCDOUT $FE, $D4, "00"
ENDIF
IF EE2=1 THEN
HIGH E2
READ 11, TIEMPO
LCDOUT $FE, $97, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $D7, DEC2 T2
ELSE
LOW E2
LCDOUT $FE, $97, "OF"
LCDOUT $FE, $D7, "00"
ENDIF
IF EE3=1 THEN
HIGH E3
READ 12, TIEMPO
LCDOUT $FE, $9A, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $DA, DEC2 T3
ELSE
LOW E3
LCDOUT $FE, $9A, "OF"
LCDOUT $FE, $DA, "00"
ENDIF
IF EE4=1 THEN
HIGH E4

```

```

READ 13, TIEMPO
LCDOUT $FE, $9D, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $DD, DEC2 T4
ELSE
LOW E4
LCDOUT $FE, $9D,"OF"
LCDOUT $FE, $DD,"00"
ENDIF
IF EE5=1 THEN
HIGH E5
READ 14, TIEMPO
LCDOUT $FE, $A0, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $E0, DEC2 T5
ELSE
LOW E5
LCDOUT $FE, $A0,"OF"
LCDOUT $FE, $E0,"00"
ENDIF
IF EE6=1 THEN
HIGH E6
READ 15, TIEMPO
LCDOUT $FE, $A3, DEC2 TIEMPO
LCDOUT $FE, $E3, DEC2 T6
ELSE
LOW E6
LCDOUT $FE, $A3,"OF"
LCDOUT $FE, $E3,"00"
ENDIF
IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN

```

```
HIGH BOMBA2
GOSUB MENSAJE_ON
ELSE
LOW BOMBA2
GOSUB MENSAJE_OFF
ENDIF
PAUSE 1000
IF T1=60 THEN GOTO SALTO1
IF T1>0 THEN
T1=T1-1
ELSE
EE1=0
E1=0
ENDIF
SALTO1:
IF T2=60 THEN GOTO SALTO2
IF T2>0 THEN
T2=T2-1
ELSE
EE2=0
E2=0
ENDIF
SALTO2:
IF T3=60 THEN GOTO SALTO3
IF T3>0 THEN
T3=T3-1
ELSE
EE3=0
E3=0
```

```
ENDIF
SALTO3:
IF T4=60 THEN GOTO SALTO4
IF T4>0 THEN
T4=T4-1
ELSE
EE4=0
E4=0
ENDIF
SALTO4:
IF T5=60 THEN GOTO SALTO5
IF T5>0 THEN
T5=T5-1
ELSE
EE5=0
E5=0
ENDIF
SALTO5:
IF T6=60 THEN GOTO SALTO6
IF T6>0 THEN
T6=T6-1
ELSE
EE6=0
E6=0
ENDIF
SALTO6:
GOSUB TECLADO2
GOSUB TECLADO2
GOSUB PTECLA
```

```

IF TECLA=0 THEN
EE1=0: EE2=0: EE3=0: EE4=0:EE5=0: EE6=0
E1=0: E2=0: E3=0: E4=0: E5=0: E6=0: BOMBA2=0
LCDOUT $FE, 1
FOR X=1 TO 5
LCDOUT $FE, $80,"ZONAS APAGADAS"
PAUSE 500
LCDOUT $FE, 1
PAUSE 500
NEXT
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"PULSE RESET PARA"
LCDOUT $FE, $C4,"REINICIAR"
LAZO:
GOTO LAZO
ENDIF
GOTO EJECUTA
;*****
; Envío de mensajes al celular
;*****
MENSAJE_ON:
    IF ENVIO = 1 THEN SALIR
    serout2 tx, 84, ["AT", 10, 13]
    pause 2000
    serout2 tx, 84, ["at+cmgf=1", 10, 13]
    pause 2000
    serout2 tx, 84, ["at+cscs=", 34,"+59397995040", 34, 10, 13]
    pause 2000
    serout2 tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593982708514", 34, 10, 13]

```

```

pause 2000

serout2 tx,84,["BOMBA ON ",13,"Z1= ",DEC EE1," Z2= ",DEC EE2,13,"Z3= ",DEC
EE3," Z4= ",DEC EE4,13,"Z5= ",DEC EE5," Z6= ",DEC EE6,26,10,13]

PAUSE 1000

serout2 tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593994690535", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx,84,["BOMBA ON ",13,"Z1= ",DEC EE1," Z2= ",DEC EE2,13,"Z3= ",DEC
EE3," Z4= ",DEC EE4,13,"Z5= ",DEC EE5," Z6= ",DEC EE6,26,10,13]

PAUSE 1000

ENVIO=1

SALIR:

RETURN

MENSAJE_OFF:

IF ENVIO = 0 THEN SALIR2

serout2 tx, 84, ["AT", 10, 13]

pause 2000

serout2 tx, 84, ["at+cmgf=1", 10, 13]

pause 2000

serout2 tx, 84, ["at+cscs=", 34,"+59397995040", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593982708514", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx, 84, ["BOMBA OFF ", 26, 10, 13]

PAUSE 1000

serout2 tx, 84, ["at+cmgs=", 34,"+593994690535", 34, 10, 13]

pause 2000

serout2 tx, 84, ["BOMBA OFF ", 26, 10, 13]

PAUSE 1000

ENVIO=0

SALIR2:

```

RETURN

```
*****  
,  
; Selección de configuración de Tiempo o Humedad  
*****  
,
```

MANUAL:

LCDOUT \$FE, 1

MANU:

LCDOUT \$FE, \$80, "ESTADO MANUAL"

LCDOUT \$FE, \$C0, "INGRESE ZONA ACTIVAR"

GOSUB TECLADO

IF TECLA = 1 THEN

TOGGLE E1

TOGGLE EE1

ENDIF

IF TECLA = 2 THEN

TOGGLE E2

TOGGLE EE2

ENDIF

IF TECLA = 3 THEN

TOGGLE E3

TOGGLE EE3

ENDIF

IF TECLA = 4 THEN

TOGGLE E4

TOGGLE EE4

ENDIF

IF TECLA = 5 THEN

TOGGLE E5

TOGGLE EE5

```

ENDIF
IF TECLA = 6 THEN
TOGGLE E6
TOGGLE EE6
ENDIF
IF (EE1=1 OR EE2=1 OR EE3=1 OR EE4=1 OR EE5=1 OR EE6=1) THEN
HIGH BOMBA2
ELSE
LOW BOMBA2
ENDIF
PAUSE 300
GOSUB TECLADO2
GOSUB TECLADO2
GOSUB PTECLA
IF TECLA=0 THEN GOTO INI
GOTO MANU
Configura:
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"MENU D CONFIGURACION"
LCDOUT $FE, $C0,"1) ESTADO MANUAL"
LCDOUT $FE, $94,"2) CONF % HUMEDAD"
LCDOUT $FE, $D4,"# PARA REGRESAR"
PAUSE 200
GOSUB TECLADO
GOSUB PTECLA
SELECT CASE TECLA
CASE 1
GOTO Sel_manual ; CONFTIEMPO
CASE 2

```

```

GOTO CONFHUMEDAD
CASE 15
GOTO IN
CASE ELSE
GOTO CONFIGURA
END SELECT
Sel_manual:
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"CONFIGURACION MANUAL"
LCDOUT $FE, $C0,"1) SIN TIEMPO"
LCDOUT $FE, $94,"2) CON TIEMPO"
PAUSE 200
SEL2:
GOSUB TECLADO
GOSUB PTECLA
SELECT CASE TECLA
CASE 1
GOTO manual
CASE 2
GOTO CONFTIEMPO
CASE ELSE
GOTO SEL2
END SELECT
;*****
; Configuración de tiempo
;*****
CONFTIEMPO:
LCDOUT $FE, $80,"ELIJA ZONA A REGAR  "
LCDOUT $FE, $C0,"1, 2, 3, 4, 5, 6  "
LCDOUT $FE, $94, DEC EE1," ", DEC EE2," ", DEC EE3," ", DEC EE4," ", DEC

```

```
EE5," ", DEC EE6," "  
LCDOUT $FE, $D4,"# PARA EJECUTAR"  
PAUSE 200  
GOSUB TECLADO  
GOSUB PTECLA  
SELECT CASE TECLA  
CASE 1  
ZONA=1  
ZONAT=10  
TOGGLE EE1  
IF EE1=1 THEN  
GOSUB INGRESO_TIEMPO  
ENDIF  
READ 10, TIEMPO  
T1= TIEMPO  
CASE 2  
ZONA=2  
ZONAT=11  
TOGGLE EE2  
IF EE2=1 THEN  
GOSUB INGRESO_TIEMPO  
ENDIF  
READ 11, TIEMPO  
T2= TIEMPO  
CASE 3  
ZONA=3  
ZONAT=12  
TOGGLE EE3  
IF EE3=1 THEN
```

```
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
READ 12, TIEMPO
T3= TIEMPO
CASE 4
ZONA=4
ZONAT=13
TOGGLE EE4
IF EE4=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
READ 13, TIEMPO
T4= TIEMPO
CASE 5
ZONA=5
ZONAT=14
TOGGLE EE5
IF EE5=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
READ 14, TIEMPO
T5= TIEMPO
CASE 6
ZONA=6
ZONAT=15
TOGGLE EE6
IF EE1=1 THEN
GOSUB INGRESO_TIEMPO
ENDIF
```

READ 15, TIEMPO

T6= TIEMPO

CASE 15

LCDOUT \$FE, 1

GOTO EJECUTA

END SELECT

GOTO CONFTEIEMPO

```
.*****  
;  
; Rutina para el ingreso de los tiempos  
.*****
```

INGRESO_TIEMPO:

LCDOUT \$FE, 1

LCDOUT \$FE, \$80, "INGR TIEMPO DE RIEGO"

LCDOUT \$FE, \$C0, "01 MIN -- 59 MAX"

LCDOUT \$FE, \$94, "ZONA ", DEC ZONA, " ==>"

GOSUB TECLADO

GOSUB PTECLA

IF TECLA = 15 THEN

TIEMPO = 60

WRITE ZONAT, TIEMPO

RETURN

ENDIF

LCDOUT \$FE, \$9F, DEC TECLA

TIEMPO = TECLA*10

GOSUB TECLADO

GOSUB PTECLA

LCDOUT \$FE, \$A0, DEC TECLA

TIEMPO = TIEMPO + TECLA

IF TIEMPO > 60 THEN

 LCDOUT \$FE, \$D4, "TIEMPO NO VALIDO"

```

PAUSE 1000
GOTO INGRESO_TIEMPO
ELSE
WRITE ZONAT, TIEMPO
PAUSE 500
ENDIF
RETURN
;*****
; Configuración de Humedad
;*****
CONFHUMEDAD:
LCDOUT $FE, $80,"MENU HUMEDAD"
LCDOUT $FE, $C0,"ELIJA ZONA A REGAR"
LCDOUT $FE, $94,"1, 2, 3, 4, 5, 6  "
LCDOUT $FE, $D4,"# PARA REGRESAR"
PAUSE 200
GOSUB TECLADO
GOSUB PTECLA
SELECT CASE TECLA
CASE 1
ZONA=1
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 1, HUMEDAD
S1A=HUMEDAD *3
CASE 2
ZONA=2
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 2, HUMEDAD
S2A= HUMEDAD *3
CASE 3

```

```

ZONA=3
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 3, HUMEDAD
S3A= HUMEDAD *3
CASE 4
ZONA=4
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 4, HUMEDAD
S4A= HUMEDAD *3
CASE 5
ZONA=5
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 5, HUMEDAD
S5A= HUMEDAD *3
CASE 6
ZONA=6
GOSUB INGRESO_HUMEDAD
READ 6, HUMEDAD
S6A= HUMEDAD *3
CASE 15
GOTO CONFIGURA
END SELECT
GOTO CONFIGURA
;*****
; Rutina para el ingreso del % de Humedad
;*****
INGRESO_HUMEDAD:
LCDOUT $FE, 1
LCDOUT $FE, $80,"INGRESE % DE RIEGO"
LCDOUT $FE, $C0,"01 MIN -- 99 MAX"

```

```

READ ZONA, HUMEDAD
LCDOUT $FE, $94,"ZONA DEFAULT ", DEC2 HUMEDAD, "%"
LCDOUT $FE, $D4,"ZONA ", DEC ZONA, " ==>“
GOSUB TECLADO
GOSUB PTECLA
IF TECLA = 15 THEN RETURN
LCDOUT $FE, $DF, DEC TECLA
HUMEDAD = TECLA*10
GOSUB TECLADO
GOSUB PTECLA
LCDOUT $FE, $E0, DEC TECLA
HUMEDAD = HUMEDAD + TECLA
WRITE ZONA, HUMEDAD
RETURN

;*****
;
; Rutina1 para el ingreso por el Teclado
;*****

TECLADO:
TECLA=20
HIGH A: HIGH B: HIGH C: HIGH D
LOW A          ; sensar la fila A continúa....
IF UNO = 0 THEN TECLA =1: RETURN ; tecla retorna cargada con 1
IF DOS = 0 THEN TECLA =2: RETURN ; tecla retorna cargada con 2
IF TRES = 0 THEN TECLA =3: RETURN; tecla retorna cargada con 3
IF CUATRO = 0 THEN TECLA =10: RETURN; tecla retorna cargada con 10
HIGH A
LOW B          ; sensar la fila B
IF UNO = 0 THEN TECLA =4: RETURN
IF DOS = 0 THEN TECLA =5: RETURN
IF TRES = 0 THEN TECLA =6: RETURN

```

```

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =11: RETURN
HIGH B
LOW C          ; sensar la fila C
IF UNO = 0 THEN TECLA =7: RETURN
IF DOS = 0 THEN TECLA =8: RETURN
IF TRES = 0 THEN TECLA =9: RETURN
IF CUATRO = 0 THEN TECLA =12: RETURN
HIGH C
LOW D          ; sensar la fila D
IF UNO = 0 THEN TECLA =14: RETURN
IF DOS = 0 THEN TECLA =0: RETURN
IF TRES = 0 THEN TECLA =15: RETURN
IF CUATRO = 0 THEN TECLA =13: RETURN
HIGH D
PAUSE 10
GOTO TECLADO
; *****
; Programa de anti rebote de teclas
; *****
PTECLA:
HIGH A: HIGH B: HIGH C: HIGH D
PAUSE 200
ESPACIO:          ; programa de anti rebote de teclas
IF UNO = 0 THEN ESPACIO  ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF DOS = 0 THEN ESPACIO  ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF TRES = 0 THEN ESPACIO  ; si la tecla sigue pulsada ir a espacio
IF CUATRO = 0 THEN ESPACIO; si la tecla sigue pulsada ir a espacio
PAUSE 25
Return

```

```
.*****  
,  
; Rutina2 para el ingreso por el Teclado  
.*****
```

TECLADO2:

LOW A: HIGH B: HIGH C: HIGH D ; sensar la fila A continúa....

IF UNO = 0 THEN TECLA =1: RETURN; tecla retorna cargada con 1

IF DOS = 0 THEN TECLA =2: RETURN; tecla retorna cargada con 2

IF TRES = 0 THEN TECLA =3: RETURN; tecla retorna cargada con 3

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =10: RETURN; tecla retorna cargada con 10

HIGH A

LOW B ; sensar la fila B

IF UNO = 0 THEN TECLA =4: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =5: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =6: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =11: RETURN

HIGH B

LOW C ; sensar la fila C

IF UNO = 0 THEN TECLA =7: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =8: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =9: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =12: RETURN

HIGH C

LOW D ; sensar la fila D

IF UNO = 0 THEN TECLA = 14: RETURN

IF DOS = 0 THEN TECLA =0: RETURN

IF TRES = 0 THEN TECLA =15: RETURN

IF CUATRO = 0 THEN TECLA =13: RETURN

HIGH D

PAUSE 10

TECLA=20

RETURN

END

MÉTODOS DE MEDIR LA HUMEDAD DEL SUELO

La mayoría de métodos consisten en medir algunas propiedades del suelo, que se alteran con cambios en el contenido de humedad. De esta forma proporcionan ayuda en la determinación de la disponibilidad del agua a las plantas.

Se aprovecha su Apariencia Visual y Táctil del Suelo.

Este método es uno de los más antiguos usados para estimar el contenido de humedad del suelo, y aun hoy en día es utilizado.

Consiste en la inspección visual y táctil de la muestra de suelo.

Frecuentemente es usado cuando no se cuenta con equipo de mayor precisión o se requiere bastante experiencia para estimar con cierto grado de precisión el agua disponible en el suelo.

Procedimiento

Mediante el empleo de una barrena se extrae una muestra de suelo de la zona radicular a la profundidad del suelo deseada. Hace un reconocimiento visual y táctil de la muestra.

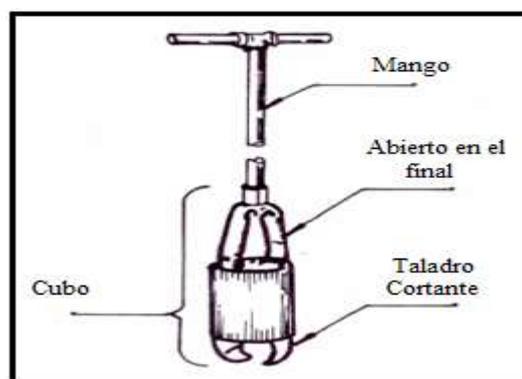


FIGURA N° 39: DIAGRAMA DE LA BARRERA COMÚNMENTE UTILIZADA PARA TOMAR MUESTRAS DE SUELO

FUENTE: CHUQUIMARCA, *Implementación de un Telemando para Mejorar la Seguridad de un Vehículo Vía SMS*, 2011, p. 22.

VENTAJAS

Es un método sencillo y práctico.

No se requiere el uso de herramientas costosas ni de equipos sofisticados.

Proporciona una estimación rápida sobre el agua disponible a las plantas.

DESVENTAJAS

No es un método exacto para determinar con precisión el contenido de agua en el suelo.

Es un método individual, por lo que puede haber diferentes respuestas por diferentes personas que examinan el suelo bajo las mismas circunstancias.

Se requiere mudar el suelo donde está creciendo el cultivo para obtener las muestras.

GRAVIMÉTRICO

Consiste en la determinación del contenido de agua de una muestra de suelo mediante su desecación al horno.

Este método requiere el uso de ciertos equipos de laboratorio que sean precisos para obtener un buen valor.

También se requiere de cierta destreza por parte del operador para realizar un procedimiento confiable.

PROCEDIMIENTO

Mediante el uso de una barrena se extrae una muestra de suelo de la zona radicular a la profundidad del suelo requerido.

Si desea aumentar la precisión, es preciso tomar varias muestras distribuidas al azar en el área bajo estudio.

De ser muy grande (pesada) la muestra se toma 100 a 200 gramos para la determinación, se identifican individualmente y se determina su peso húmedo.

$$\text{Contenido gravimétrico agua (\%)} = \frac{[(\text{Peso del suelo húmedo} - \text{Peso del suelo seco}) / \text{Peso del suelo seco}] \times 100}{}$$

FUENTE: Mompín, J. "*Transductores y medidores electrónicos*", 2 edición, Marcombo, España, 1983.

VENTAJAS

Es un método preciso de encontrar la humedad del suelo si el mismo se lleva a cabo con cierto grado de destreza y cuidado.

DESVENTAJAS

Se requiere equipo y cierto grado de precisión para obtener unos valores confiables.

Requiere un lapso de tiempo de alrededor de 24 horas para llevar a cabo el procedimiento.

La determinación en suelos ricos en materia orgánica puede introducir si se oxida y destruye la misma. Esto debido a que la pérdida en peso debido a la materia orgánica destruida se está considerando como agua evaporada.

La densidad aparente es el peso del suelo seco por unidad de volumen de suelo. Esta propiedad está relacionada con la porosidad (espacio poroso) y la compactación; y se utiliza para calcular el contenido volumétrico de agua del contenido gravimétrico de agua. Generalmente este parámetro se expresa en gramos por centímetro cúbico de suelo:

$$\text{Densidad aparente} = \text{Peso de suelo seco} / \text{Volumen de suelo}$$

FUENTE: Mompín, J. "*Transductores y medidores electrónicos*", 2 edición, Marcombo, España, 1983.

El contenido volumétrico de agua del suelo: Es comúnmente utilizado para expresar el contenido de agua en el suelo. Éste se obtiene al multiplicar la densidad aparente del suelo por el contenido gravimétrico de agua.

$$\text{Cont. Volumétrico agua (\%)} = (\text{Densidad aparente del suelo} / \text{Densidad del agua}) \times \text{Contenido gravimétrico del agua (\%)}$$

FUENTE: Mompín, J. "*Transductores y medidores electrónicos*", 2 edición, Marcombo, España, 1983.

TENSIÓMETROS:

Un instrumento que indica la tensión con que el agua está adherida a las partículas del suelo.

Es uno de los métodos usados para indicar, en forma relativa, si en el suelo existe suficiente humedad disponible para el crecimiento de las plantas.

PROCEDIMIENTO

Una vez instalado, el agua dentro del instrumento entra en contacto con el agua retenida en los poros del suelo, fluyendo en ambas direcciones a través de la cerámica porosa hasta establecer un equilibrio.

Según el suelo pierde agua por efecto de la transpiración, evaporación o absorción por las plantas se crea una tensión o succión en el sistema aumentando progresivamente según el suelo continúa perdiendo humedad.

VENTAJAS

Es un buen preceptor bastante preciso para determinar cuándo aplicar el agua de riego.

Los tensiómetros deben usarse para determinar el movimiento vertical y horizontal de la humedad del suelo. Esto es obligatorio saberlo cuando hay problemas de acumulación de sales.

DESVENTAJAS

El tensiómetro es un instrumento delicado por lo cual debe ser protegido de daños mecánicos que pueden causarlo los implementos agrícolas.

Generalmente se colocan en un sitio fijo del campo y no puede moverse de un lugar a otro durante el periodo de crecimiento del cultivo.

MÉTODO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA ELÉCTRICA

Este método consiste en la estimación del contenido de humedad del suelo empleando para ello las propiedades eléctricas de resistencia (o conductancia) de un bloque poroso en el suelo.

PROCEDIMIENTO

Se escoge un área representativa del campo.

Mediante el uso de una barrena de muestreo se perfora un edificio en el suelo en la zona radicular del cultivo con la profundidad deseada.

Luego se coloca en el interior del hueco un bloque poroso de yeso que contenga incrustados dos o más electrodos debe asegurarse un contacto adecuado entre el suelo y los bloques porosos para tener una sensibilidad adecuada.

Para ello se prepara una pasta de suelo y agua y se llena el orificio en el suelo.

Los cables o terminales de los electrodos deben dirigirse hacia la superficie del terreno.

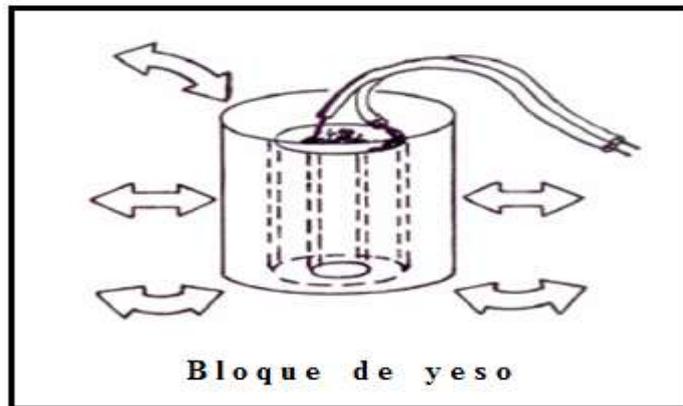


FIGURA N° 40: PREPARACIÓN DE LOS BLOQUES DE YESO

FUENTE: RIVERA, Luis y otros, *La Ciencia del Suelo*, 2007. Páginas 107-124

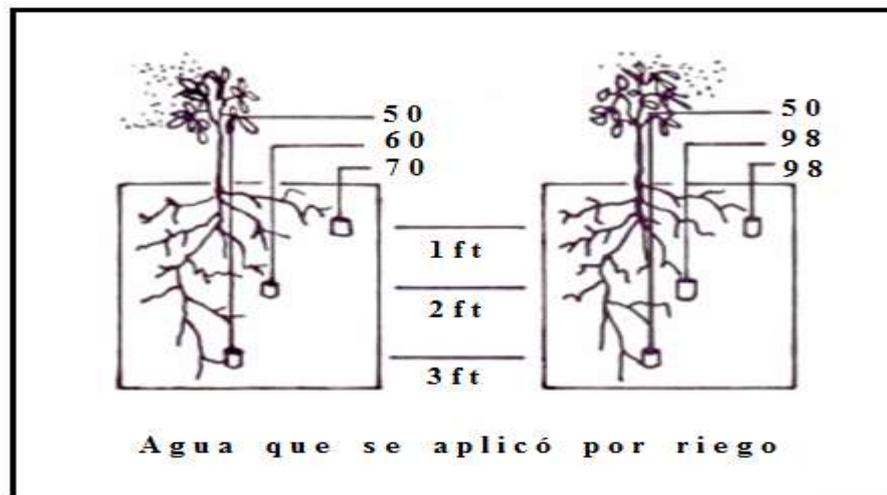


FIGURA N° 41: BLOQUES DE YESO COLOCADOS EN EL SUELO

FUENTE: RIVERA, Luis y otros, *La Ciencia del Suelo*, 2007. Páginas 124

VENTAJAS

Este método suministra ayuda para estimar el contenido de agua del suelo.

Este instrumento es apropiado para calcular cambios en la tensión de humedad del suelo entre 1 y 15 atm.

DESVENTAJAS

La vida útil del bloque es limitada.

La calibración original del bloque cambia con el tiempo.

Los bloques de yeso son usualmente inefectivos cuando la tensión del suelo es menor de 1 atmósfera. Las sales solubles en la solución del suelo reducen la resistencia eléctrica e indican un contenido de humedad mayor del que realmente existe, lo cual dificulta la calibración del instrumento.

La falta de uniformidad del cubo de yeso causa errores desmedidos en la medición.

La precisión de este método es reducido debido a la temperatura, concentración de sales en la solución del suelo, características físicas del yeso usado para producir el bloque y la fuga de corriente hacia el suelo.

OTROS MÉTODOS

Absorción de rayos gamma.

Propiedades termales del suelo sobre el contenido de humedad existente en el mismo.

Uso de ondas ultrasónicas.

Ondas de radar.

Las propiedades dialécticas.