



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia si mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DOMÓTICO CONTROLADO POR LA VOZ PARA REALIZAR CONSULTAS RUTINARIAS Y EL CONTROL Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD ANTI INTRUSOS, BASADO EN UN SISTEMA DE MÚLTIPLES MICRÓFONOS Y PARLANTES

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

FRANCISCO XAVIER MEJÍA TAMAYO

(xvrmj@live.com)

DIRECTOR: ROBÍN ÁLVAREZ RUEDA.

(arobin7es@yahoo.es)

Quito, Abril 2011

DECLARACIÓN

Yo, Francisco Xavier Mejía Tamayo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Francisco Xavier Mejía Tamayo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Xavier Mejía Tamayo, bajo mi supervisión.

Dr. Robín Álvarez Rueda
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todo el apoyo incondicional prestado no solo durante mi vida estudiantil, sino también en todos y cada uno de mis aciertos y desaciertos. A mis abuelitos por la confianza y respaldo depositados en mí. A mis hermanos por todos aquellos memorables momentos compartidos juntos. A mis sobrinos Emily, Martin y a mi cuñada Carla por ser tan comprensivos.

A todos mis amigos, especialmente a todos los que acolitaban en los viernes de tesis, en donde no solo se sacaron ideas y mejoras para la tesis, sino una que otra carcajada.

Finalmente a todos los compañeros de la SUPERTEL que supieron motivar y apoyar en gran medida para la finalización de esta tesis de grado.

DEDICATORIA

A mis padres Gonzalo y Susana, y a mis abuelitos Papi Héctor, Mamá Ina y Cheli...

RESUMEN

Este proyecto tiene como fundamento a la tesis realizada anteriormente por el ingeniero Diego Ibarra, titulada “SISTEMA INTERACTIVO BASADO EN VOZ PARA CONTROL DE CARGAS Y MONITOREO DE SENSORES DE SEGURIDAD, ORIENTADO A DISCAPACITADOS”, la misma que propone un sistema de control tanto de las luminarias como de la seguridad de un hogar, básicamente a través de comandos de voz y para ciertos aspectos pulsando determinados botones. Supuestamente el control se lo realiza desde varias habitaciones, aunque en la realidad éste se encuentra instalado en una sola habitación, la misma que ha sido dividida para simular los varios ambientes que conforman un hogar.

Además en la antes mencionada tesis, se proporcionan ciertos aspectos de seguridad, a través de un sensor magnético de ventana, lo cual en sí mismo no constituye una solución ideal, lo interesante de ello es que para desactivar la seguridad, utiliza para el reconocimiento de voz el método de comparación de patrones, lo cual es dependiente del usuario, es decir que la seguridad solo puede ser desactivada por la persona que la activó inicialmente.

Conforme a lo descrito en los párrafos anteriores, la principal desventaja de la tesis que sirve como punto de partida de este proyecto de grado radica en que la misma únicamente dispone de un micrófono y un parlante, lo cual limita el área de cobertura del sistema, y por tanto los resultados no serían satisfactorios si el mismo se instalase en una vivienda real, con varias habitaciones distantes entre sí. Tampoco dispone de la capacidad de proporcionar información a los usuarios de la misma, referente a aspectos, como la hora, la fecha actual e inclusive la temperatura al interior del hogar. Con estos antecedentes se consideró la realización del presente proyecto, teniendo como objetivo el incorporar los aspectos faltantes y mejorar los actuales, es decir, en esta oportunidad el sistema fue implementado en una casa real, para lo cual se diseñó un subsistema que permite el control de múltiples micrófonos y parlantes, con la finalidad de permitir la mayor cobertura posible del sistema al interior del hogar.

Además se incorporó la capacidad de realizar ciertas consultas, como son la hora, la fecha, y la temperatura, aspectos que aunque parecen muy simples, pueden ser de mucha utilidad para personas discapacitadas, ya que éstos ayudan a incrementar considerablemente el grado de independencia de dichas personas, permitiéndoles mejorar notablemente su calidad de vida. Adicionalmente también se mejoró la seguridad, dado que al estar el sistema incorporado en una vivienda real, se dispone de una mayor área que permite utilizar varios sensores de movimiento, los cuales interactúan directamente con el sistema principal, no solo para el control de seguridad sino también en el control de las luminarias mediante la detección de movimiento. En cuanto a lo que tiene que ver con el hardware del sistema, para la protección del microcontrolador principal se utiliza el mismo fundamento tanto para la entrada y salida de datos, y como se describió anteriormente, se agregan ciertas etapas para mejorar el sistema en los aspectos antes mencionados. Respecto al software, se utilizan los mismos principios, la diferencia radica en que este proyecto es controlado exclusivamente por la voz, además emplea otra forma para la activación y desactivación de la seguridad, que consiste en la pronunciación de una clave de tres dígitos. Esto último se debe principalmente, a que al estar el sistema instalado en una casa real, se espera existan varios usuarios y por ello no es conveniente que la seguridad solo pueda ser activada o desactivada por una única persona.

En cuanto a los resultados del proyecto, estos fueron satisfactorios para condiciones en las cuales no se dispone de ruido de fondo en el hogar, tanto para una distancia menor a un metro (93%) y superior a los tres metros (83%) entre los usuarios y los micrófonos, mientras que para condiciones con ruido de fondo, la eficiencia del sistema disminuyó considerablemente, tanto para una distancia menor a un metro (52,25%) entre los usuarios y los micrófonos, como para una distancia superior a los tres metros (30,5%), ocasionando que el sistema sea prácticamente obsoleto bajo estas condiciones.

CONTENIDO

RESUMEN	V
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS.....	4
1.2 FUNDAMENTOS COMPLEMENTARIOS: DOMÓTICA	5
1.2.1 DEFINICIÓN	5
1.2.2 DISPOSITIVOS DOMÓTICOS	6
1.3 FUNDAMENTOS COMPLEMENTARIOS: APLICACIONES DE LA DOMOTICA	14
1.3.1 SEGURIDAD	15
1.3.2 COMODIDAD	16
1.3.3 AHORRO ENERGÉTICO	17
1.3.4 COMUNICACIÓN	17
1.3.5 OCIO	18
CAPÍTULO 2	19
2. EL SISTEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE	19
2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	20
2.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS	24
2.2.1 DIODO 1N4007	24
2.2.2 TRANSISTOR BIPOLAR 2N3904.....	25
2.2.3 REGULADOR INTEGRADO LM7805.....	26
2.2.4 REGULADOR DE INTEGRADO LM317	27
2.2.5 RELÉ SRD-S-105D	28

2.2.6	OPTOACOPLADOR PC817	28
2.2.7	SENSOR DE MOVIMIENTO VOLTECH SEMO-EX	29
2.2.8	BUFFER 74LS244	31
2.2.9	MICROCONTROLADOR SENSORY VR STAMP	32
2.2.10	MICROCONTROLADOR ATMEL ATMEGA 164P	33
2.2.11	SENSOR DE TEMPERATURA LM35	35
2.3	DISEÑO DEL SISTEMA.....	36
2.3.1	SUMINISTRO DE ALIMENTACIÓN DE BAJO VOLTAJE DEL SISTEMA	36
2.3.2	ACOPLAMIENTO DE SEÑALES DE ENTRADA HACIA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL.....	39
2.3.3	SUBSISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS	41
2.3.4	SUBSISTEMA DE SENSADO DE MOVIMIENTO	43
2.3.5	INDICADORES SONOROS Y LUMINOSOS.....	46
2.3.6	SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE MÚLTIPLES MICROFONOS.	47
2.3.7	SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE MÚLTIPLES PARLANTESES....	53
2.3.8	SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE LA SEGURIDAD AL INTERIOR DEL HOGAR	55
2.3.9	SUBSISTEMA DE SENSADO DE TEMPERATURA	56
2.4	EL SISTEMA: DIAGRAMA CIRCUITAL COMPLETO	57
CAPÍTULO 3		66
3.	IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE.....	66
3.1	CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO	66
3.2	RECONOCIMIENTO DE VOZ.....	70

3.2.1	QUICK T2SI.....	70
3.2.2	UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA QUICK T2SI Y EJEMPLO: CREACIÓN DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO PARA LAS CONSULTAS	71
3.3	MENSAJES DE VOZ.....	74
3.3.1	QUICK SYNTHESIS	74
3.3.2	UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA QUICK SYNTHESIS Y EJEMPLO DE COMPRESIÓN DE VARIOS ARCHIVOS DE AUDIO	76
3.4	FLUENTCHIP: PROGRAMACIÓN DE CÓDIGO FUENTE PARA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL	80
3.4.1	RECONOCIMIENTO INDEPENDIENTE DEL USUARIO	81
3.4.2	RECONOCIMIENTO DEPENDIENTE DEL USUARIO.....	82
3.4.3	REPRODUCCIÓN DE MENSAJES	82
3.5	PROGRAMACIÓN BÁSICA PARA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL CON EJEMPLO	85
3.6	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA	95
3.6.1	EL SISTEMA.....	95
3.6.2	DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DEL SISTEMA	97
CAPÍTULO 4	106
4.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	106
4.1	PRUEBAS UNIPERSONALES REALIZADAS A LAS FUNCIONES DEL SISTEMA.....	106
4.1.1	PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE LUMINARIAS.....	107
4.1.2	PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE CONSULTAS.....	107
4.1.3	PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE SEGURIDAD	108

4.1.4	PRUEBAS: CONFIGURACIÓN UNIPERSONAL DE LA RIGUROSIDAD DEL SISTEMA	108
4.2	PRUEBAS MULTIPERSONALES REALIZADAS A LAS FUNCIONES DEL SISTEMA.....	109
4.2.1	PRUEBAS: CONTROL MULTIPERSONAL DE LUMINARIAS.....	109
4.2.2	PRUEBAS: CONSULTAS PARLANTES MULTIPERSONALES.....	110
4.2.3	PRUEBAS: CONTROL MULTIPERSONAL DE SEGURIDAD.....	110
4.2.4	PRUEBAS: CONFIGURACIÓN MULTIPERSONAL DE RIGUROSIDAD	110
4.3	INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	111
	CAPÍTULO 5	113
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	113
5.1	CONCLUSIONES.....	113
5.2	RECOMENDACIONES	116
	BIBLIOGRAFÍA	120
	ANEXOS	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Características eléctricas del diodo 1N4007	25
Tabla 2-2 Características eléctricas del transistor bipolar NPN 2N3907	25
Tabla 2-3 Características eléctricas del regulador CI LM7805.....	26
Tabla 2-4 Características eléctricas del regulador CI LM317	27
Tabla 2-5 Características eléctricas del relé SRD-S-105D.....	28
Tabla 2-6 Características eléctricas del optoacoplador PC817	29
Tabla 2-7 Características eléctricas del sensor de movimiento Voltech SEMO-EX ..	30
Tabla 2-8 Características del Buffer 74LS244.....	31
Tabla 2-9 Características eléctricas del microcontrolador VrStamp	33
Tabla 2-10 Características del microcontrolador ATmega 164P	34
Tabla 2-11 Características principales del sensor de temperatura LM35.....	35
Tabla 2-12 Elementos requeridos para la fuente de 3 [V].	37
Tabla 2-13 Elementos requeridos para la fuente de 5[V].	38
Tabla 2-14 Características del amplificador de audio para computadora. AOPEN, MS-805B.....	54
Tabla 3-1 Módulos para el reconocimiento de voz a ser utilizados en el proyecto....	68
Tabla 3-2 Tipos de compresiones disponibles.	75
Tabla 3-3 Códigos de error.....	83
Tabla 3-4 Forma de operación de la simulación de presencia.	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Electrodomésticos inteligentes.....	14
Figura 1-2 Aplicaciones de la domótica.....	14
Figura 1-3 Domótica aplicada a la seguridad	15
Figura 1-4 Control de la vivienda desde un solo punto	16
Figura 2-1 Diagrama de bloques del sistema.....	19
Figura 2-2 Distribución de habitaciones al interior del hogar.....	20
Figura 2-3 Distribución de habitaciones al interior del hogar.....	21
Figura 2-4 Distribución de elementos en la sala.....	22
Figura 2-5 Distribución de elementos en la cocina.....	22
Figura 2-6 Distribución de elementos en el comedor.	23
Figura 2-7 Distribución de elementos en el dormitorio.	23
Figura 2-8 Distribución de elementos del sistema.....	24
Figura 2-9 Diodo 1N4007	24
Figura 2-10 Transistor bipolar NPN 2N3904	25
Figura 2-11 Regulador de voltaje LM7805	26
Figura 2-12 Regulador de voltaje LM317	27
Figura 2-13 Relé SRD-S-105D.....	28
Figura 2-14 Optoacoplador PC817.....	29
Figura 2-15 Sensor de movimiento para el exterior, Voltech SEMO-EX	30
Figura 2-16 Buffer 74LS244	31
Figura 2-17 Microcontrolador VR Stamp	32
Figura 2-18 Microcontrolador ATmega 164P.....	34

Figura 2-19 Sensor de temperatura LM35	35
Figura 2-20 Esquema de conexión para el regulador de voltaje LM317	36
Figura 2-21 Diagrama circuital de la fuente de 3 Voltios.	37
Figura 2-22 Esquema de conexión para el regulador de voltaje LM7805	38
Figura 2-23 Diagrama circuital de la fuente de 5 Voltios	38
Figura 2-24 Circuito de acoplamiento para las entradas al microcontrolador principal.	40
Figura 2-25 Circuito para el control de las luminarias	43
Figura 2-26 Circuito de acoplamiento para un sensor de movimiento.....	45
Figura 2-27 Indicadores luminosos conectados al microcontrolador principal.	46
Figura 2-28 Alertas luminosas en funcionamiento.....	47
Figura 2-29 Primer método de conexión para un micrófono. Manual de programación del Módulo VR STAMP.	48
Figura 2-30 Diagrama de conexión entre el micrófono, preamplificador y amplificadores utilizados.	48
Figura 2-31 Sensado de micrófonos: Multiplexación de señales provenientes de los micrófonos, controlado por señal de reloj.....	49
Figura 2-32 Segundo método de conexión para un micrófono. Manual de programación del Módulo VR STAMP.....	50
Figura 2-33 Sensado de micrófonos: Multiplexación de señales provenientes de los micrófonos, controlado por el microcontrolador principal.	50
Figura 2-34 Micrófonos tipo electret convencionales.	51
Figura 2-35 Micrófonos tipo electret utilizados en teléfonos celulares.	51
Figura 2-36 Forma de conexión para tener los múltiples micrófonos al interior del hogar.	52

Figura 2-37 Sistema de audio utilizado por una computadora de escritorio. AOPEN, MS-805B.	53
Figura 2-38 Circuito para el control de los múltiples parlantes.	54
Figura 2-39 Funcionamiento del sistema de sensado de temperatura.....	56
Figura 2-40 Circuito de ejemplo para el acoplamiento de la señal del bit menos significativo del subsistema de sensado de temperatura.	57
Figura 2-41 Diagrama circuital completo.....	58
Figura 2-42 Distribución y conexión de pines para el microcontrolador principal (VR STAMP).....	60
Figura 2-43 Distribución y conexión de pines para el microcontrolador secundario (ATMEGA164P).	61
Figura 2-44 Fuentes de voltaje continuo de 3 [V] y 5 [V]......	61
Figura 2-45 Circuitos para el acoplamiento de las señales provenientes del microcontrolador secundario.	62
Figura 2-46 Circuitos para el acoplamiento de las señales provenientes de los sensores de movimiento.	63
Figura 2-47 Circuitos para la conexión entre el microcontrolador principal y el amplificador de audio.	63
Figura 2-48 Circuitos para el control de luminarias, leds y sirena.	64
Figura 2-49 Borneras para la conexión del cableado de los distintos elementos.	65
Figura 3-1 Pantalla inicial del programa Quick T2SI 3.1.7	70
Figura 3-2 Ejemplo de ingreso de palabras a ser utilizadas para el reconocimiento.	71
Figura 3-3 Comprobación de la pronunciación de una palabra a ser utilizada para el reconocimiento.....	71

Figura 3-4 Configuración básica para utilizar el español como idioma de reconocimiento y para que el módulo pueda ser utilizado por usuarios adultos o niños.....	72
Figura 3-5 Prueba de las palabras comando.....	73
Figura 3-6 Archivos creados con el programa Quick T2SI.	73
Figura 3-7 Ventana principal del programa Quick Synthesis.....	74
Figura 3-8 Advertencia mostrada por no utilizar las características necesarias para el programa.	76
Figura 3-9 Ventana para crear un nuevo proyecto.	76
Figura 3-10 Ventana para seleccionar archivos de audio.	77
Figura 3-11 Ventana para seleccionar el tipo de compresión a utilizar.	77
Figura 3-12 Ventana para establecer nombres a los archivos.	78
Figura 3-13 Ventana principal con archivos de audio seleccionados.....	78
Figura 3-14 Ventanas de compresión en ejecución y de finalización.	79
Figura 3-15 Ventana para construcción del proyecto.	79
Figura 3-16 Ventana de recordatorio para selección de la librería respectiva.....	80
Figura 3-17 Archivos creados con el programa Quick Synthesis.	80
Figura 3-18 Archivos presentes en el directorio de instalación.	85
Figura 3-19 Pantalla de inicio para selección de nuevo proyecto.....	86
Figura 3-20 Pantalla para selección del tipo de ejemplo deseado.	86
Figura 3-21 Pantalla para selección de nombre y directorio del proyecto de ejemplo.	87
Figura 3-22 Pantalla de confirmación para el proyecto de ejemplo.....	87
Figura 3-23 Archivos creados para el proyecto de ejemplo.....	88
Figura 3-24 Programa FluentChip, con el proyecto de ejemplo generado.	88

Figura 3-25 Ventana “t2si.mca”, utilizada para el código fuente del microcontrolador principal.....	89
Figura 3-26 Ventana de archivos vínculos al proyecto de ejemplo.	90
Figura 3-27 Ventana “DEMO.INC, utilizada para definir variables de entrada o salida.	90
Figura 3-28 Ventana “config.mca”, utilizada para definir pines de entrada y de salida.	91
Figura 3-29 Compilación del proyecto de ejemplo.	91
Figura 3-30 Confirmación de compilación exitosa.....	92
Figura 3-31 Ventana de error, muestra requerimiento de librería faltante.....	92
Figura 3-32 Funcionamiento del sistema.	96

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación tiene como fundamento a la tesis realizada anteriormente por el ingeniero Diego Ibarra, titulada “SISTEMA INTERACTIVO BASADO EN VOZ PARA CONTROL DE CARGAS Y MONITOREO DE SENSORES DE SEGURIDAD, ORIENTADO A DISCAPACITADOS”, la cual tenía entre sus objetivos los siguientes:

Objetivo general:

- Diseñar e implementar un sistema de control de cargas del hogar por medio de comandos de voz; con verificación hablada del nuevo estado de la carga (interfaz de usuario basado en voz), para control de iluminación y seguridad anti-intrusos para personas discapacitadas de locomoción.

Objetivos específicos:

- Investigar el estado del arte de los sistemas de reconocimiento de voz e interfaces de usuario basado en voz.
- Diseñar e implementar el hardware para control de luminarias y seguridad anti-intrusos por medio de comandos de voz
- Diseñar e implementar el software para control de luminarias y seguridad por medio de comandos de voz y la emisión del resultado en mensajes de voz, que cumpla los objetivos de: comodidad, ahorro energético, información y seguridad anti-intrusos.

Durante el desarrollo de dicha tesis, se cumplieron los objetivos propuestos como lo señala su autor, pero el funcionamiento del sistema presenta algunas limitaciones, ya que al encontrarse instalado en una sola habitación, la misma que es dividida

imaginariamente y con la representación de ciertos carteles en cuatro partes, significando: la sala, la cocina, el comedor y el dormitorio de una casa. El sistema únicamente dispone de un micrófono y de un parlante, razón por la cual el mismo no es apto para su implementación en un hogar real, con habitaciones distantes.

Para el control de luminarias el sistema dispone de dos métodos, el primero es a través de comandos de voz y el segundo mediante un conmutador manual.

En cuanto a la seguridad, éste se basa en un sensor magnético de ventana, el cual cuando detecta que la ventana es abierta, notifica al sistema y el mismo pregunta la respectiva clave para la desactivación de la seguridad. Para ello, el sistema utiliza el método de reconocimiento de voz basado en patrones, lo cual hace que éste sea dependiente del usuario, es decir, que solo la misma persona que activa la seguridad puede desactivarla. Esto último hace que este mecanismo de desactivación resulte ser ineficiente en una casa habitada por más de una persona.

Ante la necesidad de implementar un sistema más eficiente que permita introducir ciertas mejoras para superar las limitaciones antes mencionadas, en el presente proyecto de investigación se establecen los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Desarrollar un sistema domótico, controlado por la voz, basándose en un modelo de múltiples micrófonos y parlantes al interior del hogar, para controlar aspectos básicos como consultas (fecha, temperatura, hora local, entre otros), y que además permita operar y controlar la seguridad del hogar mediante sensores de movimiento y simulación de presencia.

Objetivos Específicos:

- Diseñar e implementar un sistema para controlar adecuadamente una red de micrófonos y parlantes al interior del hogar.

- Facilitar a los usuarios interactuar con el sistema, mediante la voz, para de esta manera poder realizar consultas ya sea acerca de la hora local, fecha o día de la semana y acerca de la temperatura al interior del hogar.
- Mejorar la seguridad al interior del hogar mediante sensores de movimiento e implementando la simulación de presencia.

En este proyecto de investigación el sistema se encuentra instalado en una vivienda real localizada en el Distrito Metropolitano de Quito, operando en varias habitaciones al interior de la misma, de tal manera que el sistema puede ser controlado independientemente del lugar de la casa en donde se lo requiera.

El sistema permite el control de las luminarias de dos maneras diferentes, la primera como la tesis descrita anteriormente, mediante comandos de voz y la segunda aprovechando la red de sensores de movimiento instalada en el hogar. Para ello, el sistema de acuerdo a la hora actual en la cual el movimiento es detectado (18:00 horas – 06:00 horas), decide si se debe encender o no la luminaria respectiva, optimizando de esta manera el consumo energético al interior del hogar, ya que adicionalmente si después de un minuto de haber sido detectado el movimiento, éste cesa y la luminaria es automáticamente apagada.

En cuanto a aspectos de seguridad el sistema presenta sustanciales mejoras respecto a la tesis en la cual se fundamenta esta investigación, puesto que incorpora la utilización de la red de sensores de movimiento mencionados anteriormente, los cuales permiten cubrir adecuadamente el área de cada una de las habitaciones. Además incluye la simulación de presencia, controlando el encendido y apagado de luminarias aleatoriamente, buscando desalentar en cierta medida el ingreso a la vivienda de personas intrusas y mal intencionadas. Para su desactivación se ha considerado el hecho de que una casa generalmente es habitada por más de una persona, razón por la cual se utiliza una clave de tres dígitos, los mismos que deben ser pronunciados en el orden adecuado y de la manera más clara posible.

Otra mejora que incorpora este proyecto como ayuda a todo tipo de personas entre las que se incluyen a aquellas que se encuentran discapacitadas, es la posibilidad de realizar ciertas consultas entre las que se pueden mencionar: información respecto a la hora y fecha actual e inclusive respecto a la temperatura al interior del hogar.

1.1 FUNDAMENTOS BÁSICOS

Como se mencionó anteriormente, este proyecto es la continuación de la investigación efectuada en la tesis titulada “SISTEMA INTERACTIVO BASADO EN VOZ PARA CONTROL DE CARGAS Y MONITOREO DE SENSORES DE SEGURIDAD, ORIENTADO A DISCAPACITADOS”, realizada por el ingeniero Diego Ibarra, razón por la cual todo aquello que tiene que ver con los principios básicos utilizados para la realización de este proyecto, se fundamentaron en aquellos planteados en la antes mencionada tesis. Por este motivo, ante cualquier eventual inquietud que podría presentarse, se pide al lector remitirse a la tesis antes indicada y consultar respecto a aquellos temas. A continuación se resumen los principales tópicos tratados en la misma:

- Descripción de las discapacidades de locomoción
- Interacciones del funcionamiento humano y la discapacidad
- Clasificación internacional del funcionamiento, de la discapacidad y de la salud
- Funciones corporales
- Estructuras corporales
- Aporte del prototipo a desarrollar
- La discapacidad en el Ecuador
 - o Encuesta nacional de discapacidades (Año 2004)
 - o La discapacidad en las regiones del Ecuador
 - o La discapacidad y la edad
 - o Discapacidad: limitación grave y moderada
 - o Discapacidad: deficiencias estructurales

- Consejo nacional de discapacidades (C.O.N.A.D.I.S.)
- Estado del arte de los sistemas de reconocimiento de voz
 - ¿Qué es el reconocimiento de voz? Definición
 - Características principales
 - Orígenes y desarrollo
 - Tecnologías que utilizan reconocimiento de voz
- Producción de la voz
 - Anatomía de la fonación
 - Emisión de sonidos lingüísticos
 - Clasificación de los sonidos de la voz
 - Alfabeto fonético internacional
- Digitalización de la señal de voz
 - Técnicas de reconocimiento de voz
 - Alineamiento temporal dinámico
 - Modelos ocultos de Markov

1.2 FUNDAMENTOS COMPLEMENTARIOS: DOMÓTICA

1.2.1 DEFINICIÓN

La domótica es la ciencia y los elementos por ella desarrollados que proporcionan algún nivel de automatización dentro de una vivienda, los cuales pueden ir desde un simple temporizador para encender y apagar una luz o aparato a una hora determinada, hasta los sistemas más complejos capaces de interactuar con cualquier elemento eléctrico del hogar. ¹ La domótica busca la integración de todos los aparatos del hogar de manera tal que todo funcione en perfecta armonía y con un mínimo de intervención por parte del usuario.

Una vivienda domótica o “inteligente” es aquella que integra automatismos eléctricos, electrónicos, robóticos, informáticos y de telecomunicaciones con la finalidad de

¹HUIDOBRO, MILLÁN, ROLDÁN. *Tecnologías de Telecomunicaciones*, México: Alfaomega 2006.

incrementar la comodidad, la seguridad, el ahorro energético, la comunicación y el entretenimiento.

1.2.2 DISPOSITIVOS DOMÓTICOS

Para transformar una vivienda común y corriente en una vivienda inteligente se requiere de una serie de dispositivos que deben interconectarse entre sí mediante una red interna llamada también “red de control” o “red domótica”.

Los dispositivos necesarios son:

- Pasarela residencial
- Sistema de control centralizado
- Sensores y actuadores, y
- Electrodomésticos inteligentes

1.2.2.1 Pasarela residencial

Se denomina pasarela residencial (residential Gateway) al dispositivo frontera entre redes de acceso externo y las redes internas de una vivienda domótica o inteligente. Las pasarelas cubren la necesidad de tener una red interna doméstica, la cual surge con la aparición de nuevas tecnologías en los hogares, como aumento de conexiones de internet de banda ancha, número de computadores y nuevos dispositivos y electrodomésticos que requieren estar conectados a la red.

Las funciones de la pasarela son:

- **Adaptación de protocolos a todos los niveles**, es decir adaptar los dispositivos de control, datos y multimedia para que se puedan entender entre sí.
- **Gestión de las propias redes internas**, la misma podrá monitorear y supervisar el funcionamiento de todas las redes de comunicaciones internas, pudiendo detectar fallas y cambiar los parámetros de configuración.

- **Gestión de dispositivos internos**, admite el control de todos los dispositivos permitiendo al usuario enviar comandos a un determinado sensor o actuador.
- **Gestión de servicios internos**, es el punto de acceso a los servicios ofrecidos por los operadores de telecomunicaciones, como por ejemplo la decodificación de canales de televisión.
- **Gestión de la seguridad de las comunicaciones**, es la interfaz de comunicaciones entre la vivienda y el exterior. También es el punto de entrada de delincuentes informáticos, por esta razón se deben establecer reglas, como la dirección IP de los dispositivos seguros, usuarios y claves, números de teléfono, entre otros, que permitan establecer un mecanismo de seguridad y privacidad.

1.2.2.2 Sistema de Control Centralizado

El Sistema de Control Centralizado está encargado de recoger toda la información proporcionada por los sensores, procesarla y generar las órdenes que ejecutarán los actuadores e interruptores.

El sistema central necesariamente debe colocarse cerca de un tomacorriente ya que requiere de energía eléctrica, incluso se puede incluir baterías para compensar las variaciones de energía.

La comunicación entre el sistema de control centralizado y el resto de elementos se realiza a través de los protocolos de control o domóticos (X-10, EIB, EHS, LongWorks, etc.), en la actualidad se realiza a través de tecnologías inalámbricas y para evitar intrusos o interferencias las centrales proporcionan un gran número de códigos encriptados, memorizables por los distintos receptores.

En el mercado se comercializan sistemas de control centralizado con una gama de sensores y actuadores, lo que asegura la compatibilidad entre los dispositivos.

Control del sistema centralizado

El sistema de control centralizado permite al usuario programar y controlar todos los dispositivos de la vivienda inteligente. Anteriormente los sistemas se operaban principalmente mediante teclados y pantallas, sin embargo en la actualidad se presentan muchas y variadas alternativas, tales como: nuevas interfaces locales como pulsadores y mandos, interfaces vocales accesibles mediante redes telefónicas, interfaces web accesibles a través del internet o intranet.

La diferencia entre las interfaces de la pasarela y los sistemas de control centralizados se encuentra en que para la programación la primera usualmente requiere de aparatos como la televisión, el computador o la Web PAD, mientras que para el segundo se necesita de un teclado y/o pantalla como se puede apreciar en la figura 1-4.

Las interfaces soportadas por estos sistemas, su programación y control se explican a continuación:

- **Interfaz local**

A diferencia de la mayoría de las pasarelas, ésta suele contar con una pantalla y un teclado que permiten su instalación y configuración. La interfaz es básica a nivel de comandos de texto, poca resolución y tamaño de la pantalla en la mayor parte de los casos, por ello se considera que no es una interfaz muy amigable para operaciones complejas.

- **Interfaz de voz**

Generalmente se utiliza un control remoto telefónico, por lo cual el sistema deberá necesariamente estar conectado a una toma telefónica fija o disponer de un módulo GSM (Global System for Mobile Communications) en su interior.

Los sistemas de voz permiten al usuario conocer o programar el estado de su vivienda en cualquier momento y lugar, utilizando un teléfono fijo o móvil. Cuando el usuario llama al sistema, aquel deberá ingresar una contraseña numérica mediante el teclado del teléfono.

Cuando se produzca una alarma, el sistema es el encargado de notificar automáticamente al usuario informándole el problema mediante frases y palabras almacenadas en el sistema, para esto será necesario ingresar una lista de números de teléfono al sistema. El usuario podrá dar órdenes al sistema a través del teclado y el sistema centralizado traduce dichas órdenes y además le proporciona ayuda y guía en caso de ser necesario.

- **Interfaz de mensajes móviles**

Dado que muchas veces la telefonía fija permite que la red sea fácilmente sabotada, se utiliza la interfaz GSM, para lo cual una tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) es requerida.

En caso de detectarse anomalías, el sistema envía un mensaje SMS (Short Message Service) al usuario para informarlo y de esta manera él pueda tomar las acciones pertinentes. La ventaja de este medio de comunicación es que es más rápido y barato, sin embargo no es muy confiable ya que dicho mensaje podría no llegar a su destinatario, debido a problemas de cobertura o falla de la batería. Para realizar cambios en el sistema, el usuario podrá enviar un SMS, sin embargo, éste debería memorizar los comandos o llevar un manual consigo.

- **Interfaz Web**

Es la más novedosa y amigable para el usuario, el sistema de control centralizado o pasarela dispone de un servidor Web el cual permite modificar tanto la configuración como el estado actual mediante menús gráficos. Tiene la ventaja además de ser muy potente permitiendo realizar un mayor número de operaciones y más rápidamente que el resto.

Esta interfaz se utiliza únicamente cuando el usuario establece la comunicación, en el caso de una alarma, el sistema envía un SMS o realiza una llamada al usuario, entonces si éste no ha programado ninguna acción, se conectará al servidor web de la central. Dicha conexión puede realizarse desde cualquier lugar donde se disponga de una PC, TV, o teléfono móvil. Su ventaja es la de poder ser utilizada por un PC cualquiera a través de Internet con tecnología de

banda ancha con conexión permanente y alta velocidad (como, ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), cable o LMDS (Local Multipoint Distribution Service)). El mismo usuario podría utilizar cualquier tipo de conexión: ADSL, cable, LMDS, etc.)

Mediante el sistema WAP (Wireless Application Protocol) sobre las redes móviles GSM, GPRS (General Packet Radio Service) o UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), esta interfaz podría ser adaptada para su uso mediante dispositivos como asistentes personales, ordenadores de bolsillo e incluso teléfonos celulares.

1.2.2.3 Sensores

Se denomina sensor al elemento encargado de recabar información del parámetro controlado, por ejemplo: la temperatura ambiental, las fugas de agua, la luz solar en una habitación, etc., y enviar ésta al sistema de control centralizado para que tome las acciones pertinentes. Generalmente los sensores poseen una batería incorporada con una duración aproximada de 2 a 5 años, esto supone una ventaja ya que pueden ser instalados en cualquier lugar sin que exista la necesidad de tener un tomacorriente cercano.

A continuación se describen los sensores más comúnmente utilizados en una vivienda domótica.

- **Detector de temperatura ambiental**

Es el encargado de medir la temperatura ambiental y permitir la modificación de parámetros por parte del usuario. Ya que el sistema de calefacción / aire acondicionado se halla directamente relacionado con esta medición de temperatura, es necesario que esta medida sea clara, caso contrario se podrían producir desviaciones en el sistema.

Generalmente, el sensor se ubica en el salón principal, centrado en la parte opuesta a la fuente de calor, a una altura de 1.5 m y en un lugar accesible y alejado de influencias externas (corrientes de aire, incidencia del sol, cercanía a electrodomésticos o lámparas, etc.)

- **Detector de gas**

Se utiliza para detectar fugas, evitando así la intoxicación de los habitantes de la vivienda o una posible explosión. Se debe ubicarlo en posición vertical, a una distancia de 1.5 m de la caldera o del gas doméstico más utilizado, lejos de obstáculos que puedan interferir con la medición y zonas húmedas donde pudiera producirse condensación de agua o temperaturas extremas.

Generalmente este detector se ubica en la cocina, dado que es el lugar en donde existe una mayor probabilidad de una fuga. Los detectores de gas natural deben ubicarse 30 cm bajo el techo y los detectores de butano y propano a 10 – 30 cm del suelo, debido a las densidades que estos gases poseen.

- **Detector de humo y calor**

Este tipo de detector se utiliza para la detección de posibles incendios. El más utilizado es el de humo ya sea de tipo iónico u óptico, el cual reacciona ante la presencia de humo y gases tóxicos.

El detector de calor facilita la detección del fuego antes de que la habitación adquiera una temperatura determinada. Dado que el humo y el calor ascienden en forma de columna y al llegar al techo se propagan de manera radial, por esta razón los detectores deben necesariamente ubicarse en el techo, en un lugar central y a una distancia mínima de 50 cm de cualquier obstáculo, por ejemplo: columnas, paredes, tomas de aire, etc. El área de cobertura de un detector es de aproximadamente 30 m².

Si el techo de la vivienda sobrepasa los 6 metros de altura no se pueden colocar dispositivos en el techo, se deberá utilizar detectores de tipo lineal, los cuales se instalan en las paredes siendo su costo bastante más elevado.

- **Sensor de humedad**

Este dispositivo se utiliza para detectar fugas de agua y de esta manera evitar inundaciones que pudieran causar daños en la vivienda. Se coloca en contacto directo con el suelo, generalmente en cocinas y baños. Se recomienda esconder o integrar el sensor en el entorno y colocarlo donde no constituya una molestia para el usuario.

- **Sensor de presencia**

La función de estos dispositivos es la detección de intrusos o personas no deseadas en la vivienda, adicionalmente se utilizan en funciones como la iluminación automática. Pueden ser de dos tipos: volumétricos o perimetrales, los primeros sirven para la detección de movimientos y los segundos para la detección de roturas o forcejeo en puertas y/o ventanas. Este tipo de sensores pueden llegar a ser un problema cuando en la vivienda existen animales domésticos.

Los detectores volumétricos se basan en dos tecnologías: infrarrojos y microondas, los primeros detectan movimiento debido al cambio de temperatura en el ambiente y se deben colocar en una esquina superior de la habitación, asegurando una ubicación que permita un mayor rango de cobertura. La mayoría de dispositivos detectan un cambio en la temperatura razón por la cual deben estar alejados de fuentes de calor para evitar falsas alarmas. El mayor inconveniente de este tipo de detector es el limitado alcance que poseen. Los de microondas sin embargo, tienen un mayor alcance ya que pueden traspasar paredes, pero su uso no es muy recomendable en edificios de viviendas dado que el movimiento en otro departamento podría afectar su desempeño. Si se

requiere una mayor precisión se pueden utilizar una combinación de los 2 dispositivos, de esta manera se produce una alarma solo cuando hay detección en ambos sensores al mismo tiempo.

Los detectores perimetrales se deben colocar en puertas y ventanas, la parte imantada se coloca en el elemento móvil y la parte cableada en el elemento fijo o marco, logrando así una detección a la mínima apertura de éstas.

1.2.2.4 Actuadores

Se denomina actuador a los dispositivos utilizados por el sistema de control centralizado para modificar el estado de equipos o instalaciones, por ejemplo para aumentar o disminuir la calefacción o aire acondicionado.

Los actuadores más utilizados son:

- Contactores o reles de carril DIN
- Contactores para base de enchufe
- Electroválvulas para calefacción con agua caliente
- Sirenas para alarmas

Ocasionalmente los actuadores se comunican directamente con los sensores sin que la comunicación con el sistema centralizado de control sea necesaria. En algunos casos el sensor y el actuador se encuentran incorporados en el mismo dispositivo.

1.2.2.5 Electrodomésticos inteligentes

Los electrodomésticos facilitan las tareas cotidianas, incluyen refrigeradoras, lavadoras, secadoras, lavavajillas, hornos microondas, etc., y se conocen como electrodomésticos inteligentes o domóticos a aquellos que pueden interconectarse a

través de la red de control, pudiendo comunicarse entre ellos e incluso intercambiar información o a su vez ser controlados a través del teléfono o Internet.



Figura 1-1 Electrodomésticos inteligentes

1.3 FUNDAMENTOS COMPLEMENTARIOS: APLICACIONES DE LA DOMOTICA

Las aplicaciones de la domótica se pueden clasificar en cinco grupos: seguridad, comodidad, ahorro energético, comunicaciones y ocio o entretenimiento. En la Figura 1.2, se puede observar algunas de las aplicaciones de la domótica.



Figura 1-2 Aplicaciones de la domótica

1.3.1 SEGURIDAD

Es una de las aplicaciones más útiles e incluye no sólo la protección de los bienes materiales sino también de la protección personal.

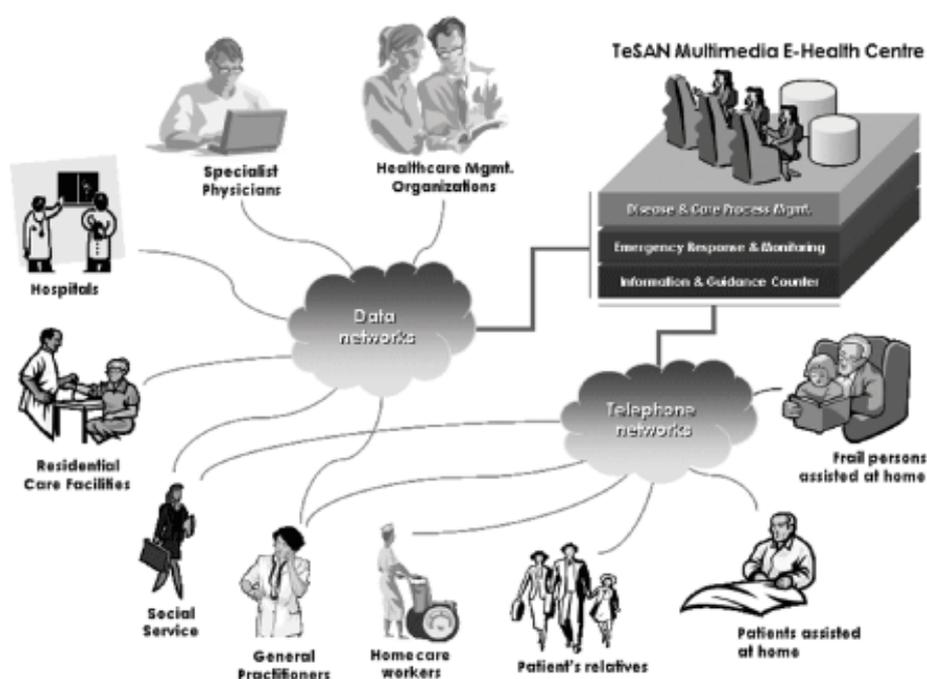


Figura 1-3 Domótica aplicada a la seguridad

Entre las aplicaciones más importantes en seguridad se pueden encontrar las siguientes:

- Simulación de presencia, es decir que el sistema memoriza la secuencia de acciones habituales y es capaz de reproducirlas cuando el usuario no se encuentra en la vivienda, tales como encendido y apagado de luces, apertura y cierre de persianas, entre otras.
- Sistemas de apertura de la casa mediante huellas dactilares permitiendo el paso a horas concretas.
- Sistema de Alarmas de Detección de incendio, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes, que permiten tener control

incluso si se está fuera y realizar acciones como por ejemplo cerrar una llave de paso en caso de fugas de agua.

- Alerta médica y Teleasistencia útil para las personas mayores ya que permite estar conectado con un hospital o con un celular.
- Acceso a Cámaras IP que son capaces de detectar anomalías y dar aviso a la policía para que acuda a investigar y también para el control de niños o bebés mientras duermen.

1.3.2 COMODIDAD

Esta aplicación es utilizada principalmente en los países más desarrollados, debido al incremento de la población perteneciente a la tercera edad. Adicionalmente resulta muy útil para personas con algún tipo de discapacidad ya que permite controlar toda la vivienda desde un solo punto y realizar actividades como:

- Regulación de la calefacción y/o aire acondicionado
- Cierre y apertura de persianas
- Apagado y encendido de las luces y/o sistema de riego



Figura 1-4 Control de la vivienda desde un solo punto

Es importante también destacar la importancia de los electrodomésticos inteligentes, tales como: lavadoras, secadoras, refrigeradoras, hornos microondas, aspiradoras, etc., que presentan una pantalla digital desde donde se puede controlar sus funciones e incluso se puede realizar a través del internet o teléfonos móviles o incluso con la voz; sin embargo el inconveniente es su alto precio, lo que ha reducido su introducción masiva en los hogares.

1.3.3 AHORRO ENERGÉTICO

Los sistemas de control permiten optimizar el sistema de calefacción y climatización por zonas, regulación de la intensidad luminosa de acuerdo a la luz ambiental, desactivación de grifos si se detecta un determinado período de inactividad, uso de electrodomésticos en horas de menor tarifa, entre otras, optimizando así el consumo energético y ahorro del recurso agua, de hecho se ha llegado a estimar que el ahorro energético de la vivienda se encuentra alrededor del 25%.

Los electrodomésticos incorporan avances que disminuyen el impacto ambiental provocado por el uso de éstos, así como niveles de ruido bajos y reducción del consumo de agua, electricidad y jabón en el caso de lavadoras y lavavajillas; uso de refrigerantes amigables al medio ambiente en el caso de refrigeradores; rápida cocción en el caso de hornos, etc.

1.3.4 COMUNICACIÓN

Incluye intercambio de información entre el usuario y los distintos aparatos electrónicos, sea ésta dentro de la vivienda o fuera de ella. La conexión a internet de banda ancha permite administrar los equipos electrónicos, así como recibir alarmas que se produzcan; además permite compartir el acceso de internet y recursos informáticos, tales como impresoras, escáneres, entre otros; o digitales, como videos, imágenes, documentos, etc. Otra aplicación importante es la videoconferencia, videotelefonía y mensajería unificada o la voz sobre IP.

La comunicación es especialmente importante ya que evita el aislamiento entre la vivienda y el exterior, facilitando el intercambio de información en tiempo real y en cualquier lugar y momento.

1.3.5 OCIO

Los sistemas de telecomunicaciones en la vivienda han hecho realidad el teletrabajo, formación a distancia, banca electrónica, e-commerce (comercio electrónico), entre los más importantes, permitiendo la optimización del tiempo y dinero evitando desplazamientos innecesarios.

El público joven ha cambiado la manera de comunicarse y divertirse utilizando su tiempo en actividades como: ver la televisión, escuchar música, videojuegos y navegar por internet, que permite acceder a nuevas formas de distracción tales como: videojuegos en red, video bajo demanda, video conferencias, canales de radio de todo el mundo, etc.

CAPÍTULO 2

2. EL SISTEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE

El presente proyecto tiene como finalidad desarrollar un sistema que permita tanto el control de: luminarias, seguridad, configuración de rigurosidad y adicionalmente consultas, todos ellos operados única y exclusivamente mediante la voz en el interior de una vivienda real. Para ello se requiere implementar subsistemas que controlen varios micrófonos y parlantes, cubriendo de manera adecuada las diferentes habitaciones de la casa con el servicio prestado por el sistema.

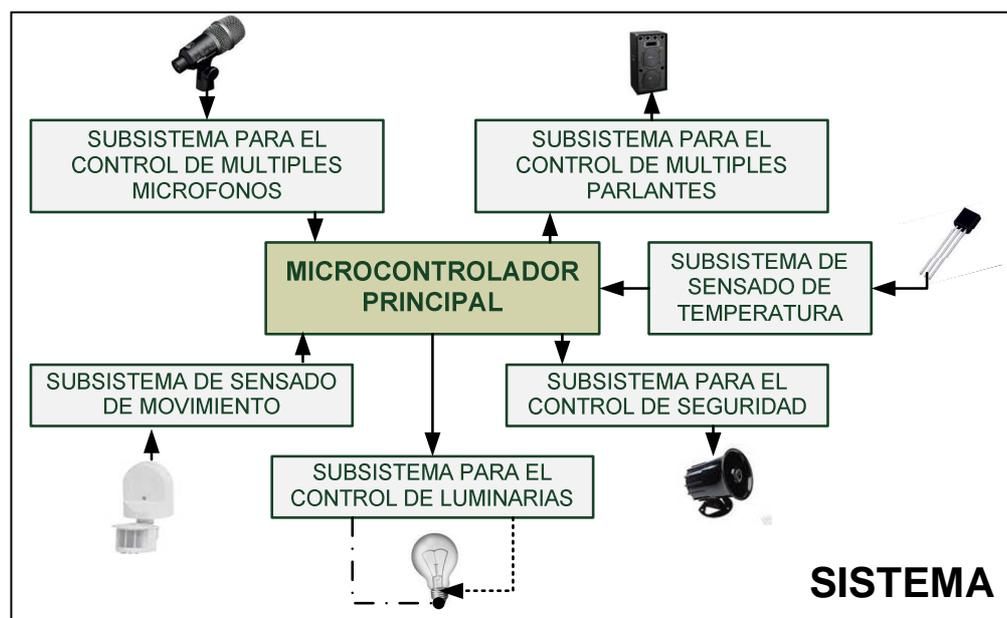


Figura 2-1 Diagrama de bloques del sistema

Para cumplir con este propósito es necesario diseñar ciertos módulos que garanticen el correcto funcionamiento del mismo, los cuales se aprecian en la figura 2-1, y que van a ser detallados posteriormente.

2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En el presente proyecto la investigación se desarrolla dentro de una vivienda real localizada en el Valle de los Chillos, en la parroquia de Alangasí perteneciente al Distrito Metropolitano de Quito.

El sistema está instalado en la planta baja de la vivienda, tal como se muestra en las figuras 2.2 y 2.3, en donde se puede apreciar la distribución interna de las habitaciones de la misma.

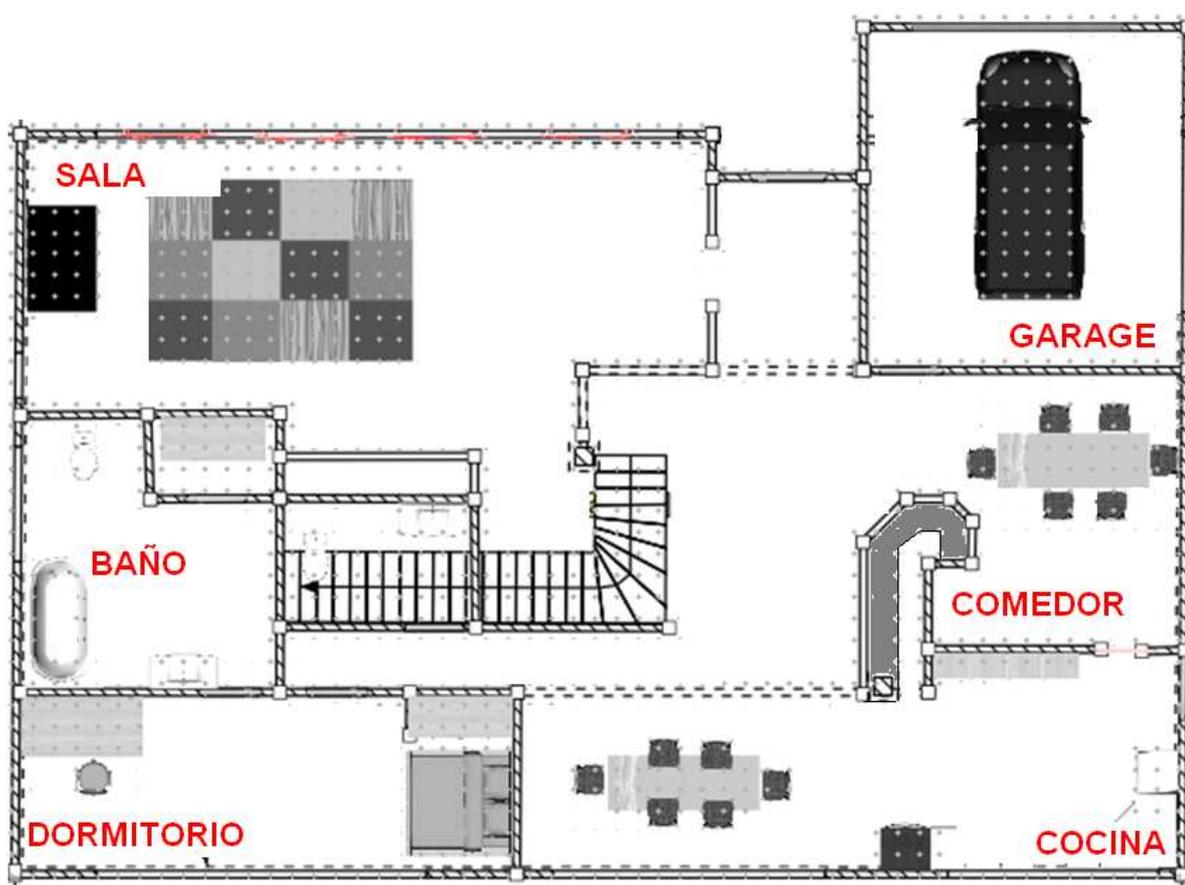


Figura 2-2 Distribución de habitaciones al interior del hogar.

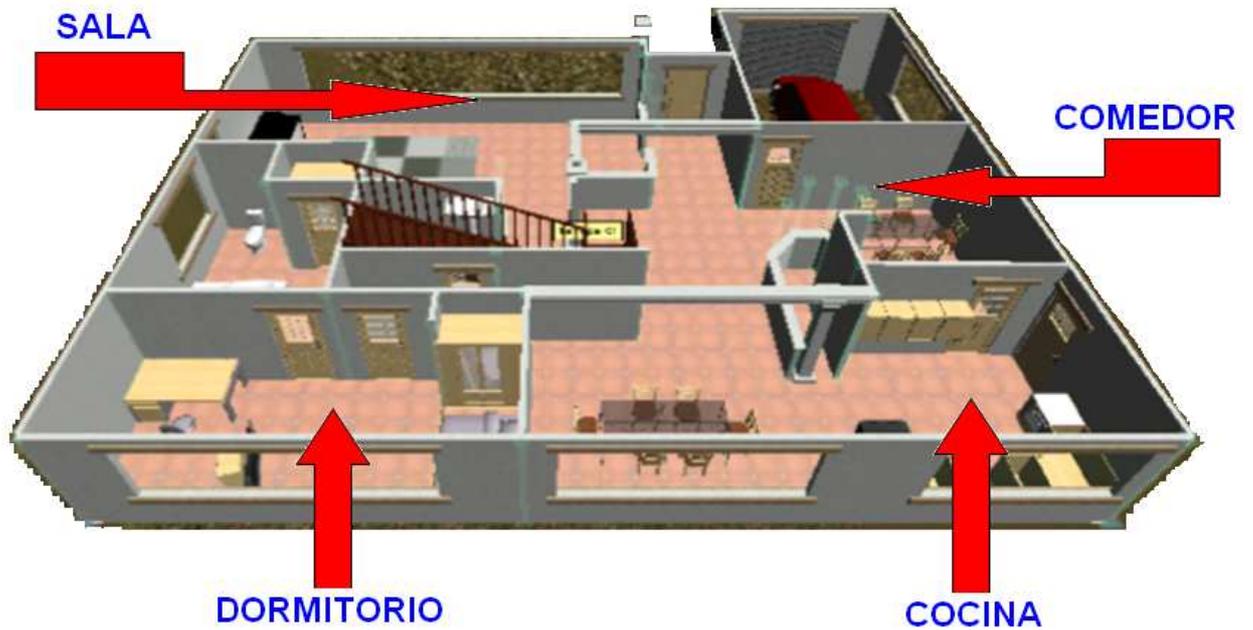


Figura 2-3 Distribución de habitaciones al interior del hogar.

A continuación se presentan varias fotos en las cuales se describe la ubicación y los elementos a utilizar por el sistema para cada una de las habitaciones, teniendo los siguientes significados:

- a) Luminarias
- b) Micrófonos
- c) Parlantes
- d) Sensores de movimiento
- e) Leds indicadores

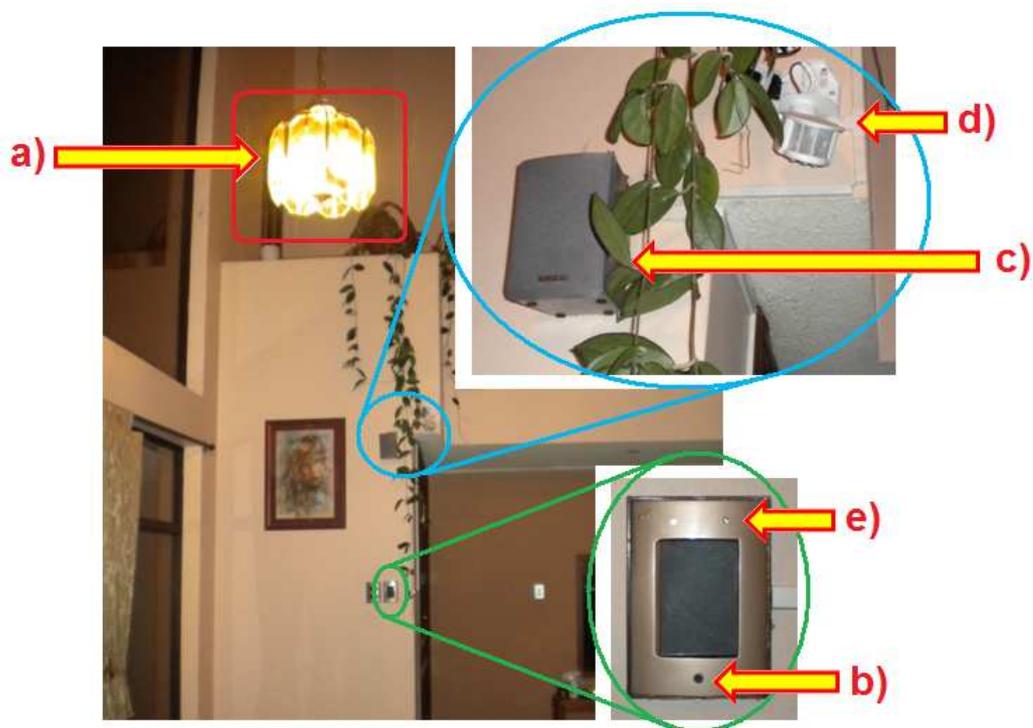


Figura 2-4 Distribución de elementos en la sala.



Figura 2-5 Distribución de elementos en la cocina.

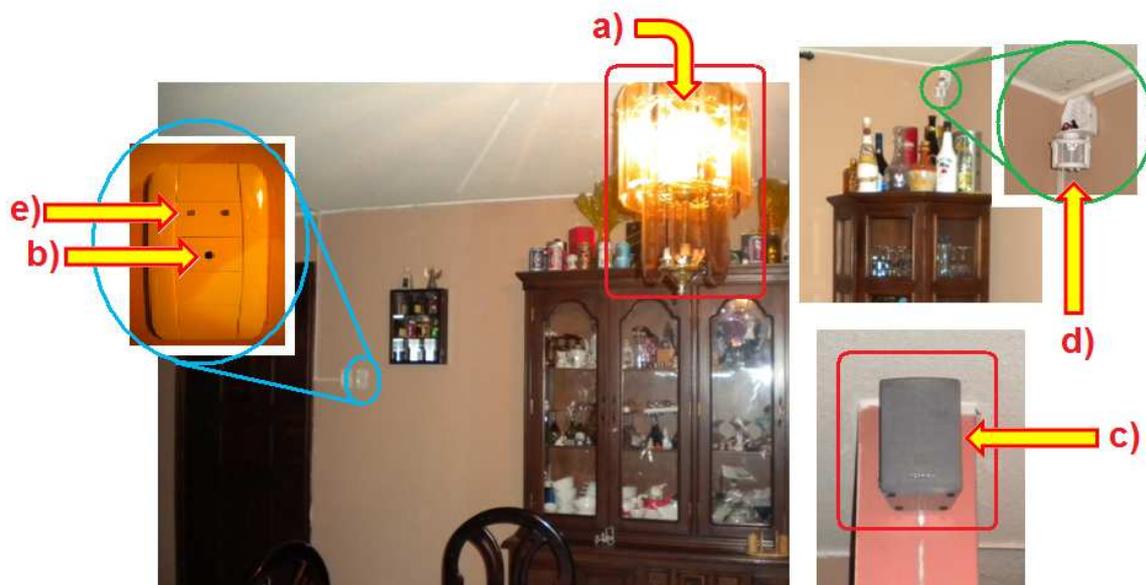


Figura 2-6 Distribución de elementos en el comedor.

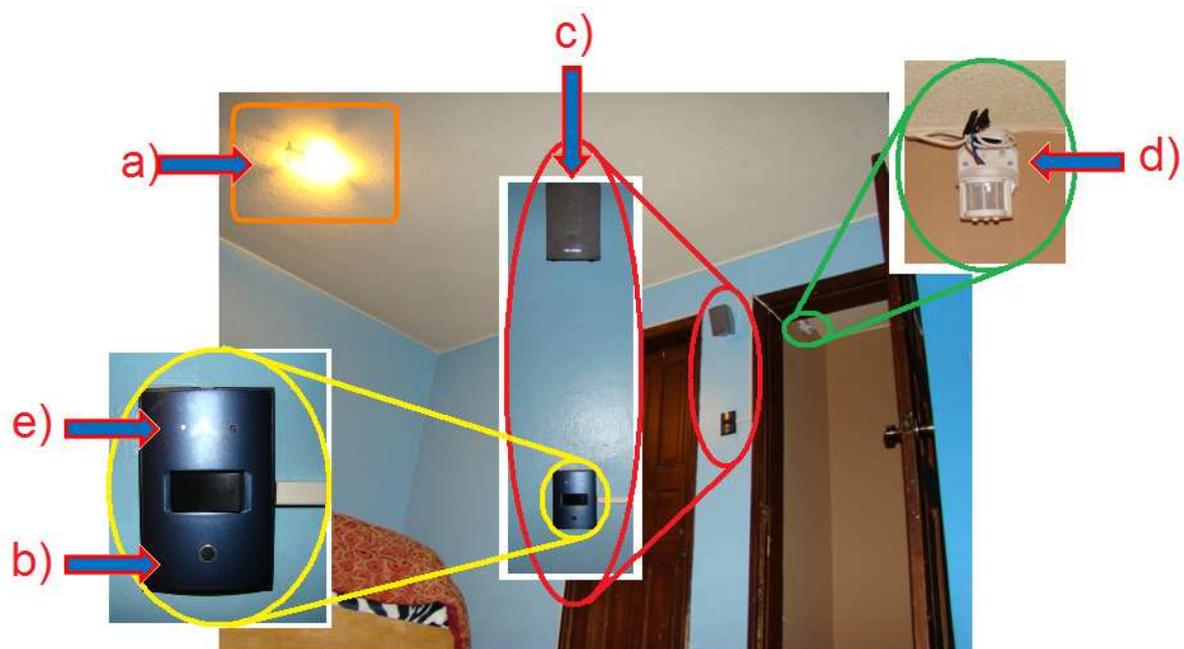


Figura 2-7 Distribución de elementos en el dormitorio.

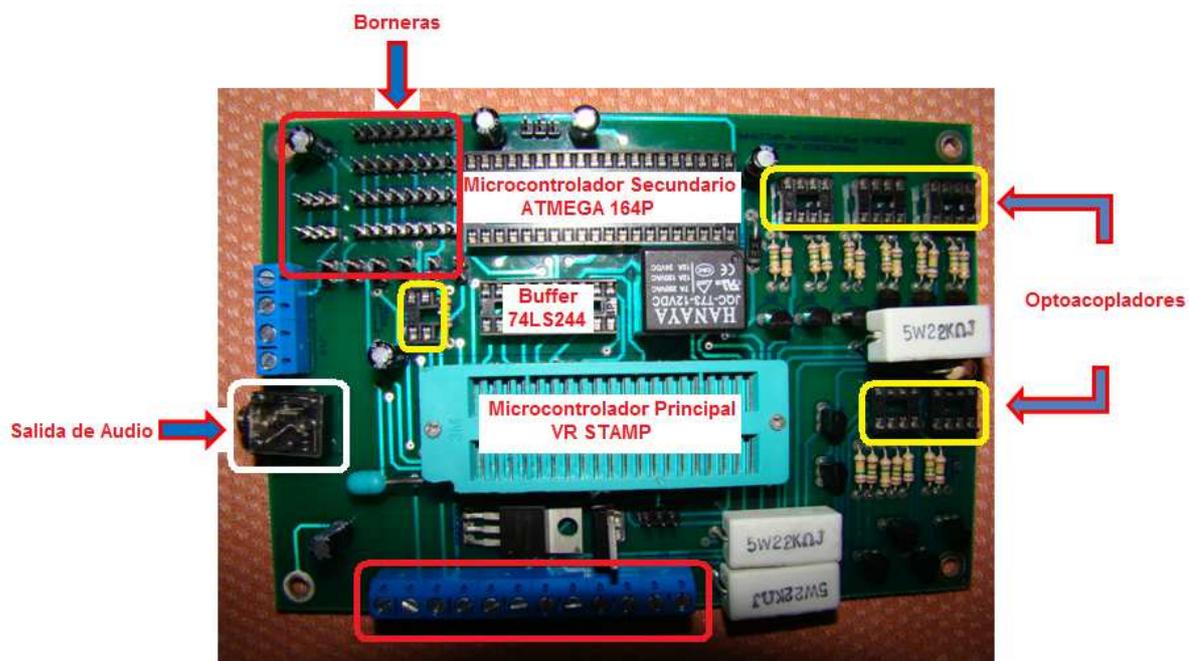


Figura 2-8 Distribución de elementos del sistema.

2.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS

2.2.1 DIODO 1N4007

Se utiliza este tipo de diodo (Ver figura. 2-9) para proteger a los dispositivos más importantes y en consecuencia más costosos de cualquier contracorriente que se pueda presentar en el circuito.

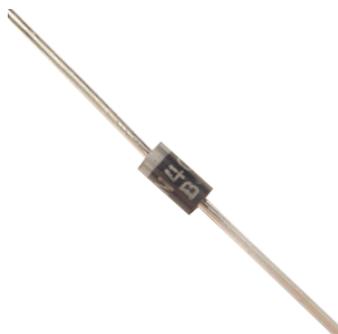


Figura 2-9 Diodo 1N4007

A continuación se especifican las principales características eléctricas de este elemento:

Tabla 2-1 Características eléctricas del diodo 1N4007

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje directo @ 1.0 A	1.1 V
Máxima carga de corriente inversa a ciclo completo	30 μ A
Corriente inversa @ 25°C	5.0 μ A
Corriente inversa @ 100°C	500 μ A
Capacitancia total	15 pF

2.2.2 TRANSISTOR BIPOLAR 2N3904

Este elemento se utiliza como un interruptor tanto a las entradas como para las salidas de datos del microcontrolador principal. (Ver figura 2-10).



Figura 2-10 Transistor bipolar NPN 2N3904

A continuación se especifican las principales características eléctricas de este elemento:

Tabla 2-2 Características eléctricas del transistor bipolar NPN 2N3907

PARÁMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	MIN	MAX	UNIDAD
Corriente de colector de corte ($V_{BE} = -3V$)	$V_{CE} = 30 V$		50	nA
Corriente de base de corte ($V_{BE} = -3V$)	$V_{CE} = 30 V$			nA
Voltaje colector-emisor de ruptura	$I_C = 1mA$	40		V
Voltaje colector-base de	$I_C = 10mA$	60		V

PARÁMETRO	CONDICIONES DE PRUEBA	MIN	MAX	UNIDAD
ruptura				
Voltaje emisor-base de ruptura	$I_E = 10I_a$	6		V
Voltaje colector-emisor de saturación	$I_C = 1\text{mA}$ $I_S = 1\text{mA}$		0.2	V
	$I_C = 50\text{mA}$ $I_S = 5\text{mA}$		0.2	V
Voltaje base-emisor de saturación	$I_C = 1\text{mA}$ $I_S = 1\text{mA}$		0.85	V
	$I_C = 50\text{mA}$ $I_S = 5\text{mA}$	0.65	0.95	V

2.2.3 REGULADOR INTEGRADO LM7805

Este regulador (ver figura 2-11) se emplea para proveer una tensión de 5 [V] y una corriente máxima de 1[A], con la cual se alimenta a ciertos dispositivos, entre los que se encuentran, el microcontrolador de marca *ATMEL ATMEGA164P*, el *BUFFER 74LS244*, los *RELÉS*, y los *SENSORES DE TEMPERATURA*.



Figura 2-11 Regulador de voltaje LM7805

A continuación se describen las principales características eléctricas del dispositivo.

Tabla 2-3 Características eléctricas del regulador CI LM7805

PARÁMETRO	CONDICIONES	MIN.	TIP.	MAX.
Voltaje de salida	$T_J = +25^\circ\text{C}$ $5.0\text{ mA} \leq I_o \leq 1.0\text{A}$, $P_o \leq 5\text{W}$, $V_I = 7\text{V} - 20\text{V}$	4.8 V	5.0 V	5.2 V
Corriente quiacente	$T_J = +25^\circ\text{C}$	-	5.0 V	8.0 V

2.2.4 REGULADOR DE INTEGRADO LM317

Este es un regulador de voltaje variable (ver figura 2-12) que permite seleccionar la tensión desde 1.2 [V] hasta 37 [V] el cual provee una corriente de hasta 1.5 [A]. Más adelante se realizará el diseño para que el dispositivo provea una tensión de 3 [V], con la que se alimenta a ciertos dispositivos, entre los que se encuentra, el microcontrolador de marca *SENSORY VR STAMP MODULE*, los *OPTOACOPLADORES*, y los *transistores 2N3904*.

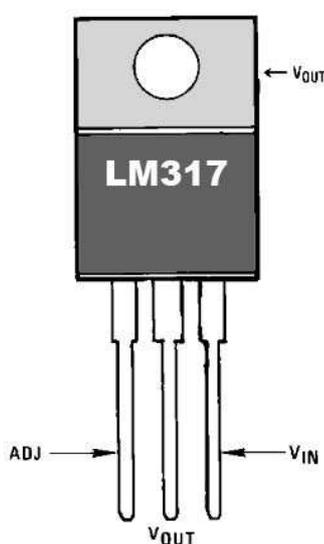


Figura 2-12 Regulador de voltaje LM317

A continuación se describen las principales características eléctricas del dispositivo.

Tabla 2-4 Características eléctricas del regulador CI LM317

PARÁMETRO	CONDICIONES $T_J = +25^{\circ}\text{C}$	MIN.	TIP.	MAX.
Voltaje de referencia	$3\text{V} \leq (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \leq 40\text{V}$, $10\text{mA} \leq I_{\text{OUT}} \leq I_{\text{MAX}}$ $P \leq P_{\text{MAX}}$	1.2 V	1.25 V	1.30 V
Limite de corriente	$(V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \leq 15\text{V}$ Versión K Versión H, K	1.5 A 0.5 A	2.2 A 0.8 A	3.4 A 1.8 A
Estabilidad de temperatura	$T_{\text{MIN}} \leq T_J \leq T_{\text{MAX}}$		1%	

2.2.5 RELÉ SRD-S-105D

Este dispositivo (ver figura 2-13) se utiliza para controlar directamente mediante el microcontrolador VR STAMP, las luces al interior del hogar, para que actúe a manera de interruptor.



Figura 2-13 Relé SRD-S-105D

A continuación se describen las principales características eléctricas para este dispositivo.

Tabla 2-5 Características eléctricas del relé SRD-S-105D

PARÁMETRO	VALOR
Corriente nominal	71,42 mA
Voltaje nominal	5 V
Resistencia de la bobina	70Ω±10%
Consumo nominal de potencia	0.36 W

2.2.6 OPTOACOPLADOR PC817

Se utiliza este dispositivo (ver figura 2-14) tanto para el acoplamiento de las salidas del microcontrolador secundario hacia el microcontrolador primario así como también para el acoplamiento entre los sensores de movimiento con el microcontrolador

principal, el mismo que permite aislar completamente la parte de corriente alterna a la salida de los respectivos sensores, de la entrada al microcontrolador principal.



Figura 2-14 Optoacoplador PC817

A continuación se describen las principales características eléctricas de este dispositivo.

Tabla 2-6 Características eléctricas del optoacoplador PC817

	PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
ENTRADA	Corriente directa	50	mA
	Corriente directa pico	1	A
	Voltaje inverso	6	V
	Disipación de Potencia	70	mW
SALIDA	Voltaje colector-emisor	35	V
	Voltaje emisor-colector	6	V
	Corriente de colector	50	mA
	Disipación de potencia	150	mW

2.2.7 SENSOR DE MOVIMIENTO VOLTECH SEMO-EX

Se emplea este dispositivo (ver figura 2-15) para el sensado de movimiento al interior del hogar, tanto para controlar el encendido automático de luces como para la

detección de intrusos al momento de encontrarse activada la alarma. Se recurre a estos sensores de movimiento, principalmente debido a su bajo costo y fácil instalación. Este tipo de sensores permite controlar directamente el encendido o el apagado de un dispositivo que utilice 120 [V] de corriente alterna que puede ser un foco o inclusive un adaptador de corriente continua, simplemente conectando dichos dispositivos a la salida del sensor.



Figura 2-15 Sensor de movimiento para el exterior, Voltech SEMO-EX

A continuación se describen las principales características eléctricas de este dispositivo.

Tabla 2-7 Características eléctricas del sensor de movimiento Voltech SEMO-EX

PARÁMETRO	VALOR
Distancia de detección	2 – 9 m (<24 °C) (ajustable)
Rango de detección	180°
Tensión	120 V~
Luz ambiente	<10 – 2000 lux (ajustable)
Tiempo retardado	5 seg – 7 min ± 2 min

2.2.8 BUFFER 74LS244

Se utiliza este dispositivo (ver figura 2-16) para proporcionar una mayor protección a las salidas de datos del microcontrolador principal y para el acoplamiento desde las mencionadas salidas hacia los diferentes dispositivos a ser controlados por el mismo. Brinda protección ante cualquier eventual sobre voltaje o sobre corriente y resulta ser mucho más conveniente y económico reemplazar uno de éstos a tener que reemplazar el microcontrolador el cual es significativamente más costoso.



Figura 2-16 Buffer 74LS244

A continuación se describen las características principales de este dispositivo.

Tabla 2-8 Características del Buffer 74LS244

PARÁMETRO	MIN.	NOM.	MAX.	UNIDAD
Voltaje de alimentación	4.75	5	5.25	V
Voltaje de entrada para estado en alto (HIGH)	2			V
Voltaje de entrada para estado en bajo (LOW)			0.8	V
Corriente de salida para estado en alto (HIGH)			-15	mA
Corriente de salida para estado en bajo (LOW)			24	mA

2.2.9 MICROCONTROLADOR SENSORY VR STAMP

Es un módulo diseñado por la compañía SENSORY, que se basa en el microprocesador RSC-4128 desarrollado por la misma compañía, el mismo que es capaz de simplificar el diseño de sistemas para el reconocimiento de voz. Es del tipo DIP de 40 pines, de los cuales 24 pueden ser utilizados como líneas de entrada y salida, el mismo que se puede apreciar en la figura 2-17.

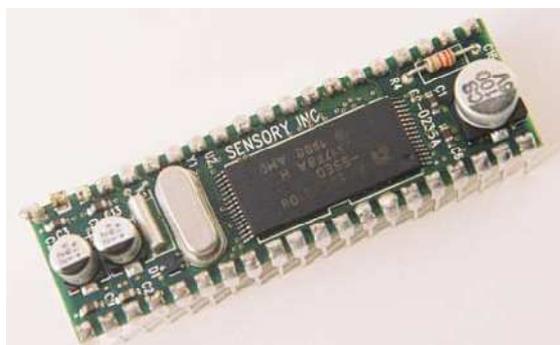


Figura 2-17 Microcontrolador VR Stamp

El dispositivo cuenta con 1 [Mbit] de memoria flash para el almacenamiento del código fuente, 128 [Kb] de memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read - Only Memory) para el almacenamiento de datos a utilizarse en mensajes de voz, síntesis de voz y características relacionadas con el reconocimiento de voz, además cuenta con relojes internos para el funcionamiento, uno de 14[MHz] que es el principal y otro reloj de 32 [KHz].

Entre sus principales características se destacan el estar construido con un preamplificador de micrófono interno y el de poseer un control automático de ganancia, los cuales en conjunto permiten la conexión directa de un micrófono.

El funcionamiento del reconocimiento de voz se basa en las librerías FluentChip, también diseñadas por la misma compañía, las cuales permiten realizar un reconocimiento independiente o dependiente del usuario, la reproducción de mensajes y hasta la generación de tonos DTMF (Dual-Tone Multi Frequency).

Se lo puede programar tanto en alto nivel (lenguaje C), como en bajo nivel (lenguaje ensamblador), posee un conjunto de 60 instrucciones comprendidas en: 13 de movimiento, 7 de rotación, 11 de saltos, 21 de operaciones lógicas/matemáticas, 7 de instrucciones adicionales.

Éste dispositivo se constituye en el microcontrolador principal, el encargado de controlar todas las funciones directamente a través de los distintos circuitos para la salida y entrada de datos, los cuales se van a diseñar para proteger a este microcontrolador de cualquier sobre voltaje, o sobre corriente que puedan ocurrir en el intercambio de información por parte de este microcontrolador al interactuar con los demás elementos.

A continuación se describen las principales características eléctricas del mencionado dispositivo.

Tabla 2-9 Características eléctricas del microcontrolador VrStamp

PARÁMETRO	VALOR
Voltaje de polarización (V_{DD})	2.7 V hasta 3.6 V
Corriente nominal (I_{ACT})	26 mA a 3V
Corriente en modo dormido (I_{SLEEP})	<20 μ A a 3V

2.2.10 MICROCONTROLADOR ATMEL ATMEGA 164P

Se utiliza un microcontrolador de este tipo (ver figura 2-18), para el sensado de temperatura al interior del hogar, ya que dicho microcontrolador al poseer un convertidor de analógico a digital con la capacidad de configurar el voltaje de referencia, elimina la necesidad de colocar una etapa de amplificación a la salida del sensor de temperatura LM35, facilitando de dicha manera el diseño del sistema.



Figura 2-18 Microcontrolador ATmega 164P

A continuación se describen las principales características eléctricas de este dispositivo.

Tabla 2-10 Características del microcontrolador ATmega 164P

PARÁMETRO	VALOR
Memoria EEPROM	- 512 Bytes
Memoria Flash	- 16 K Bytes
Memoria SDRAM	- 1 K Byte
Contadores	- Dos de 8-bits - Uno de 16-bits
Convertidor ADC	- ADC de 10-bits - 8 canales
Oscilador interno	- 1 MHz - 4 MHz - 8 MHz
Voltaje de operación	- 1.8V – 5.5V
Consumo de potencia	- Modo activo: 0.4 mA - Modo en reposo: 0.1 uA - Modo dormido: 0.6 uA (Incluyendo oscilador de 32 KHz)

2.2.11 SENSOR DE TEMPERATURA LM35

Es un sensor de temperatura (ver figura 2-19) con una precisión calibrada de 1°C . Es capaz de medir temperaturas en el rango que abarca desde los -55°C hasta 150°C . La salida es muy lineal y cada grado centígrado equivale a 10 [mV] en la salida.



Figura 2-19 Sensor de temperatura LM35

A continuación se describen las principales características eléctricas de este dispositivo.

Tabla 2-11 Características principales del sensor de temperatura LM35

PARÁMETRO	VALOR
Precisión	Peor caso: 1.5°C Garantizado a 25°C : 0.5°C
No linealidad	Peor caso: 0.5°C
Corriente de alimentación	$60\text{ }\mu\text{A}$
Rango de funcionamiento	-55°C hasta $+150^{\circ}\text{C}$

2.3 DISEÑO DEL SISTEMA

2.3.1 SUMINISTRO DE ALIMENTACIÓN DE BAJO VOLTAJE DEL SISTEMA

Para la alimentación de corriente continua de los distintos elementos inmersos en el proyecto, se utiliza un adaptador de 12 [V] con un máximo de corriente de 1 [A], a partir de éste como antes se mencionó se obtienen dos valores de tensiones reguladas, una tensión de 3 [V] y otra de 5 [V], presentándose a continuación los respectivos diseños para las fuentes requeridas.

2.3.1.1 Fuente regulada de 3[V]

Para obtener esta fuente se utiliza el regulador de voltaje LM317, cuyo diagrama de conexión se muestra en la figura 2-20 de acuerdo con su respectiva hoja de datos y que se utiliza en el diseño.

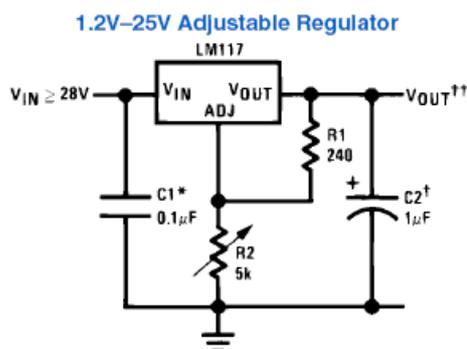


Figura 2-20 Esquema de conexión para el regulador de voltaje LM317

$$V_{out} = 1.25 * \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \quad \text{Ec. 1}$$

$$R_2 = R_1 * \left(\frac{V_{out}}{1.25} - 1\right) \quad \text{Ec. 2}$$

De la hoja de datos se tiene:

$R_1 = 240$ [Ω] y el voltaje que se requiere es $V_{out} = 3$ [V], entonces:

$$R_2 = 240\Omega * \left(\frac{3V}{1.25} - 1\right) = 336$$

Ec. 3

Utilizando un valor de resistencia disponible en el mercado, se procede a escoger un valor de resistencia de $R_2 = 330 [\Omega]$.

A continuación se resumen todos los elementos requeridos para fabricar la fuente regulada de voltaje de 3 [V].

Tabla 2-12 Elementos requeridos para la fuente de 3 [V].

ELEMENTO	VALOR
Regulador de Voltaje CI	LM317
Capacitor 1	0.1 [uF]
Capacitor 2	1 [uF]
Resistencia 1	240 [Ω]
Resistencia 2	330 [Ω]

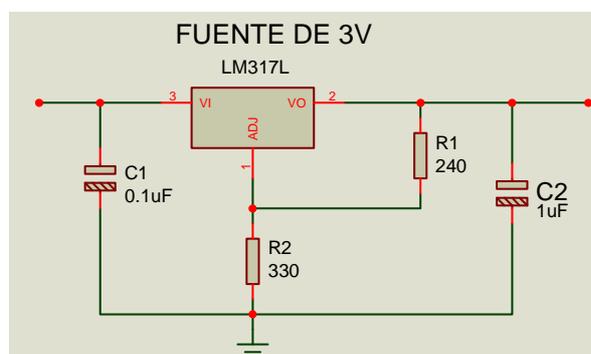


Figura 2-21 Diagrama circuital de la fuente de 3 Voltios.

2.3.1.2 Fuente regulada de 5[V]

Para esta fuente se utiliza el regulador de voltaje de CI LM7805, al igual que para la fuente anterior, su diseño se basa en su hoja de datos (ver figura 2-22), de la cual se van a utilizar sus valores de capacitores indicados.

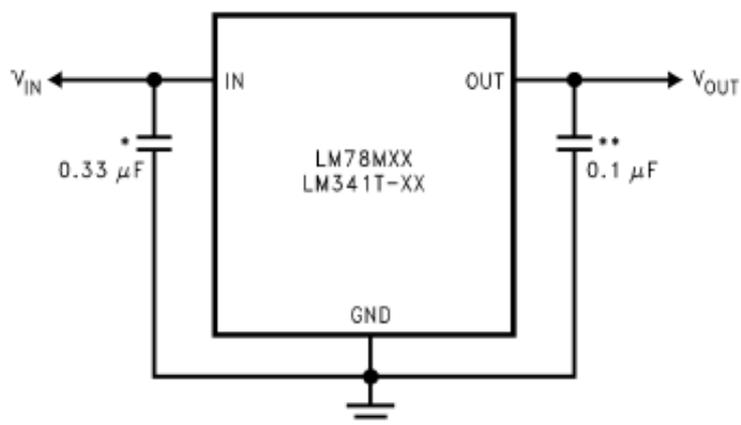


Figura 2-22 Esquema de conexión para el regulador de voltaje LM7805

A continuación se resumen todos los elementos requeridos para fabricar la fuente regulada de voltaje de 5 [V].

Tabla 2-13 Elementos requeridos para la fuente de 5[V].

ELEMENTO	VALOR
Regulador de Voltaje CI	LM7805
Capacitor 1	0.33 [uF]
Capacitor 2	0.1 [uF]

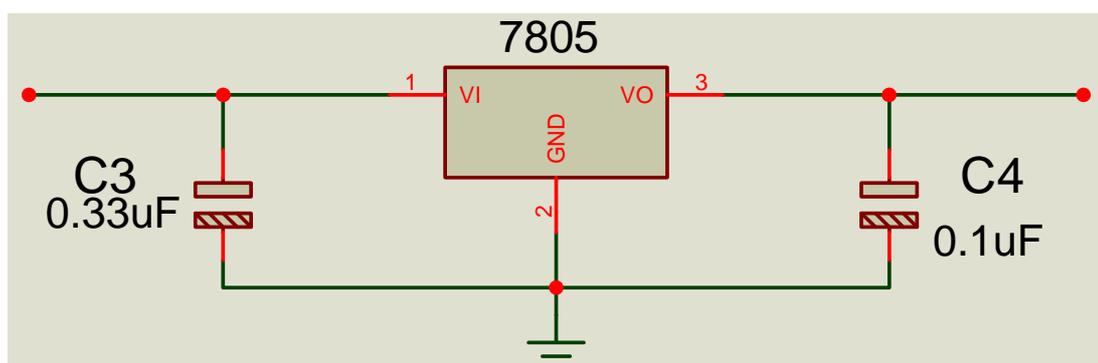


Figura 2-23 Diagrama circuital de la fuente de 5 Voltios

2.3.2 ACOPLAMIENTO DE SEÑALES DE ENTRADA HACIA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL

Se tienen dos tipos de señales a la entrada del microcontrolador principal, unas son de 5 [V] provenientes del microcontrolador secundario para la medición de temperatura, y otras son de 120 [V] provenientes de los sensores de movimiento. Con el fin de precautelar los pines del microcontrolador principal, los cuales no pueden soportar un voltaje mayor a 3.6 [V], todas las entradas al mismo deben ser previamente ingresadas a un optoacoplador que permite separar completamente cualquier circuito anterior del propio microcontrolador. Es por ello que se considera la utilización de un transistor a la salida del optoacoplador funcionando en el estado de corte y saturación, para esto se debe conseguir que la corriente de colector $I_{C_{sat}}$ sea de por lo menos 10 veces mayor que la corriente de base $I_{B_{sat}}$. Sin embargo, antes de realizar cualquier cálculo, se debe considerar que la corriente de colector va a ser la que ingrese al microcontrolador y que no debe de ser superior a 10 [uA] de acuerdo al datasheet del Vr Stamp.

Es así que para asegurar que esta corriente no dañe al microcontrolador, se asume una corriente de entrada al microcontrolador de máximo 5 [uA].

$$I_{C-2} = 5\mu A$$

$$I_{B-2} = \frac{I_{C-2}}{10} = \frac{5\mu A}{10} = 0.5\mu A \quad \text{Ec. 4}$$

$$R_C = \frac{V_{CC-2}}{I_{C-2}} = \frac{3V}{5\mu A} = 0.6M\Omega \quad \text{Ec. 5}$$

$$R_B = \frac{V_{CC-2}}{I_{B-2}} = \frac{3V}{0.5\mu A} = 6M\Omega \quad \text{Ec. 6}$$

Para garantizar una corriente aún menor sobre el microcontrolador, se seleccionan los siguientes valores estándar de resistores:

$$R_C = 750K\Omega$$

$$R_B = 7.5M\Omega$$

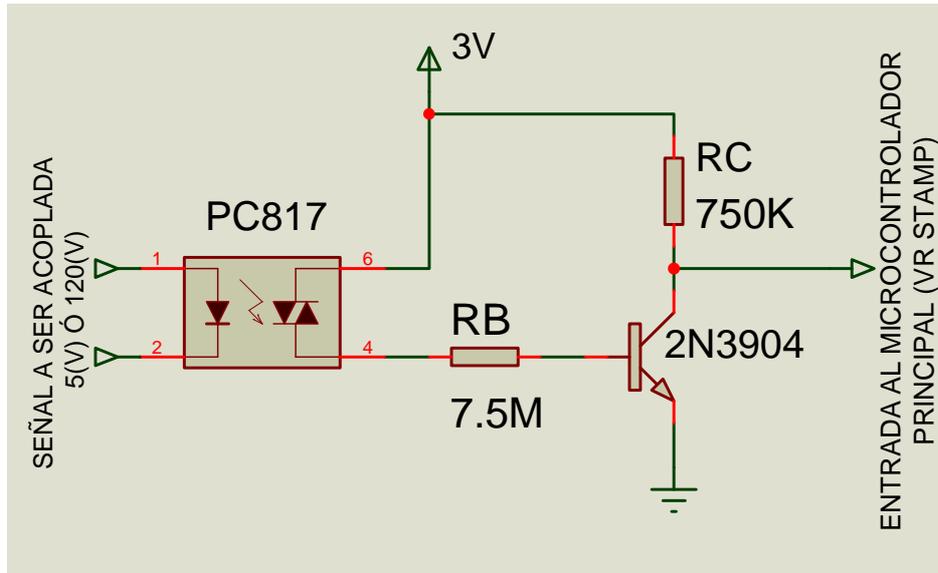


Figura 2-24 Circuito de acoplamiento para las entradas al microcontrolador principal.

A continuación se analiza el funcionamiento del circuito para el acoplamiento de entradas hacia el microcontrolador principal, considerando las dos posibilidades que se tendrían para ello.

➤ **Entrada en 0L**

Se tiene tanto a la entrada como a la salida del optoacoplador los mismos 0 [V], por tanto la corriente de base en el transistor es nula, encontrándose éste en un estado de corte, con lo cual se dispone de corriente en el colector, y por tal motivo a la entrada del microcontrolador se tiene 1L.

➤ **Entrada en 1L**

Se tiene un voltaje a la entrada del optoacoplador y por consiguiente también en su salida, lo que produce que en el transistor se tenga un estado de

saturación con su respectiva corriente de base, encontrando así un 0 L en el colector del transistor.

2.3.3 SUBSISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS

En este proyecto se desea optimizar el consumo energético utilizado por las luminarias al interior del hogar. Para ello el subsistema que controla las luminarias se encuentra estrechamente ligado al subsistema de sensado de movimiento, el cual será analizado posteriormente.

El control de las luminarias se realiza por medio del microcontrolador principal, es decir mediante el Vr Stamp. Para proveer de protección a los pines de salida del microcontrolador que no pueden soportar mucho voltaje, y peor aún demasiada corriente, se coloca un buffer a las salidas del microcontrolador, que en el caso de presentarse algún problema, el daño de aquel no sería tan grave como si se tratase del microcontrolador en cuestión.

Como se muestra en la figura 2-25, por medio del buffer y por consiguiente directamente mediante el microcontrolador, se controlan los respectivos relés, los cuales van a interactuar directamente en forma de interruptor con las luminarias del hogar.

Para poder controlar adecuadamente de acuerdo con lo que se muestra en la figura anterior, necesariamente el transistor debe estar operando en el área de corte y saturación como ya se mencionó arriba. Para esto se requiere que la corriente de colector $I_{C_{Sat-1}}$ sea de por lo menos 10 veces mayor que la corriente de base $I_{B_{Sat-1}}$ con lo cual se garantiza que el transistor se encuentre operando en esta región ante cualquier posible cambio de temperatura o de voltaje de alimentación, y se puede utilizar la siguiente relación.

$$I_{C-1} = \frac{V_{CC-1}}{R_{C-1}}$$

Ec. 7

En donde, al alimentar dicho transistor con la fuente de 5 [V], además de la hoja de datos del relé a utilizar se tiene:

$$V_{cc-1} = 5 \text{ V}$$

$$R_{c-1} = 70 \Omega$$

Pero dado que en la hoja de datos del relé dice que es $70 \Omega \pm 10\%$, se emplea por mayor seguridad un valor de: $R_c = (70) * (1.1) = 77\Omega$ con lo cual:

$$I_{C-1} = \frac{5V}{77\Omega} = 64mA \quad \text{Ec. 8}$$

$$I_{B-1} = \frac{64mA}{10} = 6.4mA \quad \text{Ec. 9}$$

Dado que el voltaje con el cual se alimenta al buffer es de 5 [V], se dispone del mismo voltaje en su salida, es decir 5 [V].

$$R_1 = \frac{V_{Buffer}}{I_{B-1}} = \frac{5V}{6.4mA} = 781.25\Omega \quad \text{Ec. 10}$$

Para garantizar que la corriente que está circulando sea aún menor, se utiliza un valor de resistencia comercial para $R_1 = 1[K\Omega]$; y por seguridad se coloca un diodo 1N4007 polarizado inversamente con la finalidad de evitar corrientes inversas o incluso sobre voltajes al momento de la conmutación de los estados, los cuales podrían afectar el correcto funcionamiento del sistema.

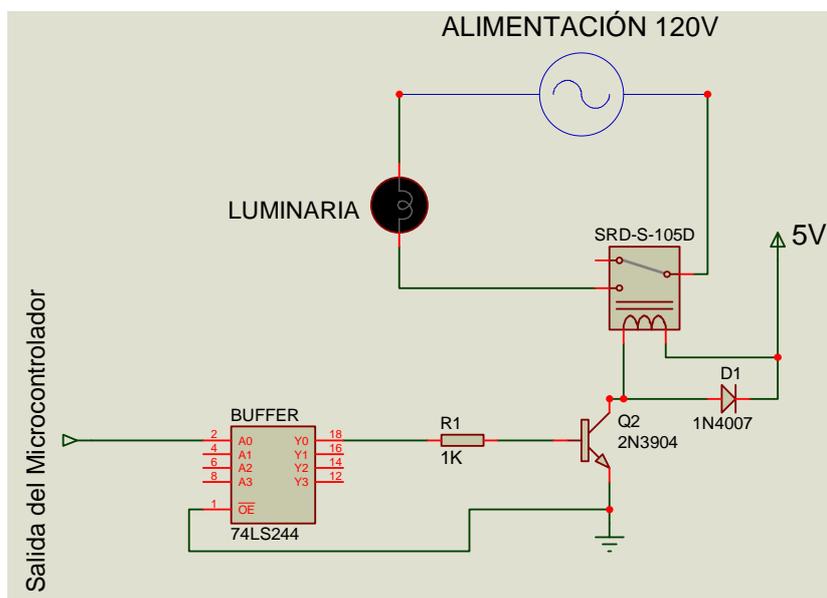


Figura 2-25 Circuito para el control de las luminarias

En el microcontrolador se pueden tener dos estados lógicos, con los cuales se controla las luminarias:

- Si la salida del microcontrolador en uno de sus pines es 0L, el buffer tiene tanto en su entrada como en su salida un 0L, en consecuencia no se dispone de circulación de corriente en base I_{B-1} , motivo por el cual el transistor se encuentra en el estado de corte, ocasionando que el relé se halle sin polarización y por ende en su estado inicial.
- Si la salida del microcontrolador en uno de sus pines es 1L, el buffer tiene en su entrada y salida 1L, consecuentemente existe circulación de corriente en la base I_{B-1} , motivo por el cual el transistor se encuentra en saturación, ocasionando la polarización del relé conmutando hacia una nueva posición.

2.3.4 SUBSISTEMA DE SENSADO DE MOVIMIENTO

Se utiliza el sensado de movimiento en cada habitación del hogar, para que de acuerdo a la hora del día, las luminarias se enciendan automáticamente al detectar el ingreso de una persona hacia la respectiva habitación. Además este sistema se

utiliza para implementar la seguridad del hogar, para dicho propósito los sensores de movimiento, al detectar la presencia de una persona, envían una señal al microcontrolador principal, el mismo que se encarga de interpretar dicho evento.

Como se describió anteriormente, los sensores de movimiento utilizados son aquellos que cuando perciben movimiento, a su salida proporcionan un voltaje de 120 [V], y en su estado de reposo proporcionan prácticamente 0 [V].

A la salida del sensor de movimiento, se coloca un puente de diodos, el mismo que actúa como un rectificador de onda completa, con un voltaje de 120 [V] y una cierta corriente, la cual se debe limitar para no dañar el optoacoplador descrito previamente para la etapa de acoplamiento, el cual según su hoja de datos únicamente soporta 50 [mA]. Con este fin se realizan los cálculos que se muestran a continuación.

Al requerirse una corriente de 10 [mA] como máximo sobre el optoacoplador se tiene lo siguiente:

$$R_{OPTOACOPLADOR} = \frac{V_{CA}}{I_{R-OPTOACOPLADOR}} = \frac{120V}{10mA} = 12K\Omega \quad \text{Ec. 11}$$

Para garantizar una corriente adecuada sobre el optoacoplador, se procede a utilizar una resistencia estándar $R_2 = 22 [K\Omega]$.

Además del valor de resistencia se debe considerar el valor de potencia que debe soportar la misma en sus terminales, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_{R-OPTOACOPLADOR} = \frac{V^2}{R} = \frac{120V^2}{22000\Omega} = 0.65 W \quad \text{Ec. 12}$$

Para garantizar el correcto funcionamiento, se emplea una resistencia de 22 [KΩ/1W] para la protección del optoacoplador.

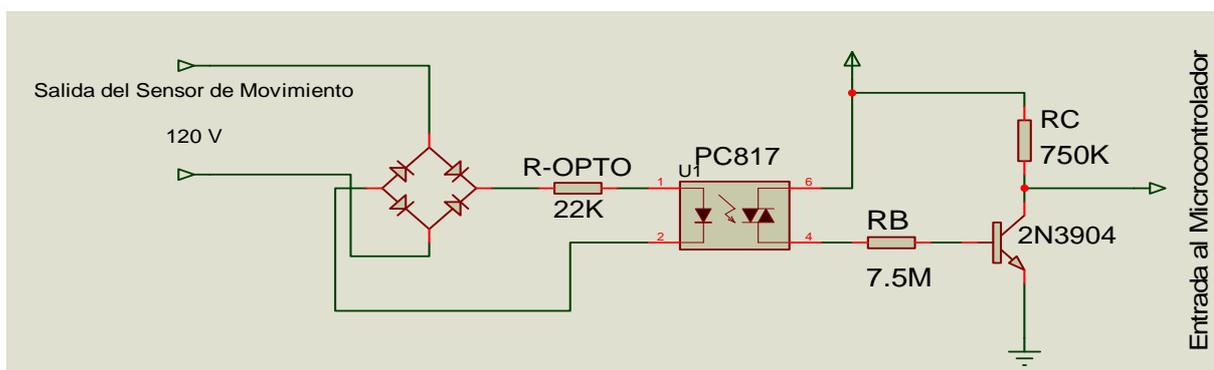


Figura 2-26 Circuito de acoplamiento para un sensor de movimiento.

A continuación se analiza el funcionamiento del circuito de sensado de movimiento en conjunto con el circuito para el acoplamiento de los sensores con el microcontrolador principal, considerando las dos posibilidades que se tienen con los mismos, es decir con los sensores de movimiento en reposo y al momento en que detectan algún movimiento a su alrededor.

➤ **Sensor de movimiento en reposo**

Al no detectar movimiento alguno, a la salida del sensor se tiene prácticamente 0 [V]. En cuanto al circuito para el acoplamiento, se tiene que a la salida del puente de diodos existe un voltaje de 0 [V], por tanto a la entrada y salida del optoacoplador también se dispone de los mismos 0 [V], razón por la cual la corriente de base en el transistor es nula, encontrándose éste en un estado de corte, disponiéndose de corriente en el colector. Por tal motivo a la entrada del microcontrolador se tiene 1L, indicando con ello que el sensor no ha detectado movimiento alguno en sus proximidades.

➤ **Sensor detecta movimiento**

Al detectar movimiento a su alrededor, el sensor presenta 120 [V] en su salida, ocasionando que se tenga voltaje tanto en la entrada como en la salida del puente de diodos. Por este motivo también se dispone de un voltaje tanto a la

entrada como a la salida del optoacoplador, lo que da lugar a corriente de base teniendo así un estado de saturación, presentándose un 0L en el colector del transistor, indicando de esta manera al microcontrolador que el sensor acaba de detectar movimiento.

2.3.5 INDICADORES SONOROS Y LUMINOSOS

Estos indicadores se utilizan para conocer el estado actual en el cual se encuentra el sistema. Se dispone de dos señales luminosas y de una alerta sonora, es así que para conocer que el sistema se encuentra a la espera de la pronunciación de un comando por parte del usuario, primero se escucha un pitido e instantáneamente se encienden leds de color azul en cada una de las habitaciones en las cuales el sistema se encuentra operativo. Al producirse un error en el reconocimiento, se encienden leds de color rojo en las mismas habitaciones, indicando con ello que se debe volver a pronunciar el comando con el fin de obtener los resultados deseados.

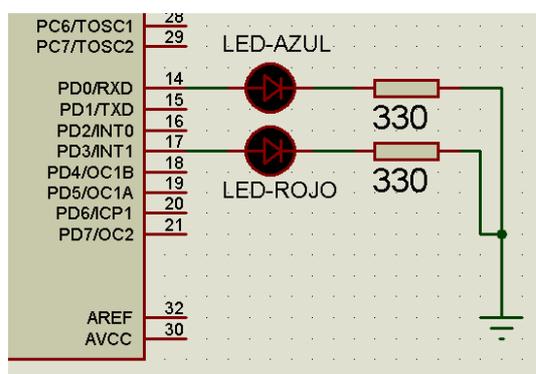


Figura 2-27 Indicadores luminosos conectados al microcontrolador principal.

Cabe indicar que estas indicaciones luminosas también son utilizadas por el subsistema de seguridad. En el caso de detectar la presencia de un individuo y si la alarma no ha sido desactivada, tanto los leds azules como los rojos parpadean en conjunto con la sirena activada.

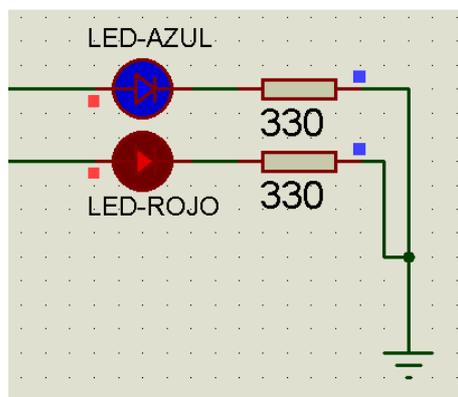


Figura 2-28 Alertas luminosas en funcionamiento.

2.3.6 SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE MÚLTIPLES MICROFONOS

En el presente proyecto de investigación al instalarse el sistema en varias habitaciones de una casa real, se hace indispensable el contar con varios micrófonos al interior del hogar.

A continuación se mencionan algunas ideas que se analizaron y que fueron probadas como paso previo a establecer lo que se considera como la solución más adecuada para proveer de múltiples micrófonos al interior del hogar, uno por cada habitación en la que se desea que el sistema se encuentre operativo.

1) *Sensado de micrófonos: Multiplexación de las señales provenientes de los micrófonos, controlada por un reloj externo*

Éste consiste en realizar un barrido de micrófonos, con la señal de reloj, a una velocidad de 4 micrófonos por segundo, es decir, que el sistema escuche durante 250 [mS] cada micrófono, de tal manera que al silbar por lo menos durante un segundo en una habitación, el sistema reconozca el silbido y detenga el barrido para escuchar los comandos que el usuario pronuncie.

En este caso se utiliza el primer tipo de conexión de micrófonos recomendado por el fabricante, el mismo que se expone en la figura 2.29.

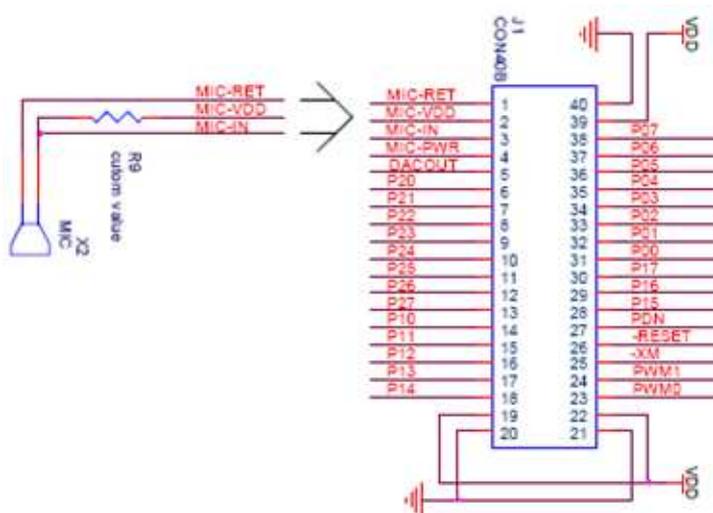


Figura 2-29 Primer método de conexión para un micrófono. Manual de programación del Módulo VR STAMP.

Esta idea funciona pero con distancias cortas de cable entre los micrófonos y el microcontrolador principal, debido principalmente a que el multiplexor utilizado reduce la cantidad de señal proveniente de los micrófonos electret. Para mitigar este problema, se coloca una etapa de preamplificación a la salida de los micrófonos, la misma que ingresa cierto ruido al microcontrolador, limitando su funcionamiento a unos pocos metros de distancia.

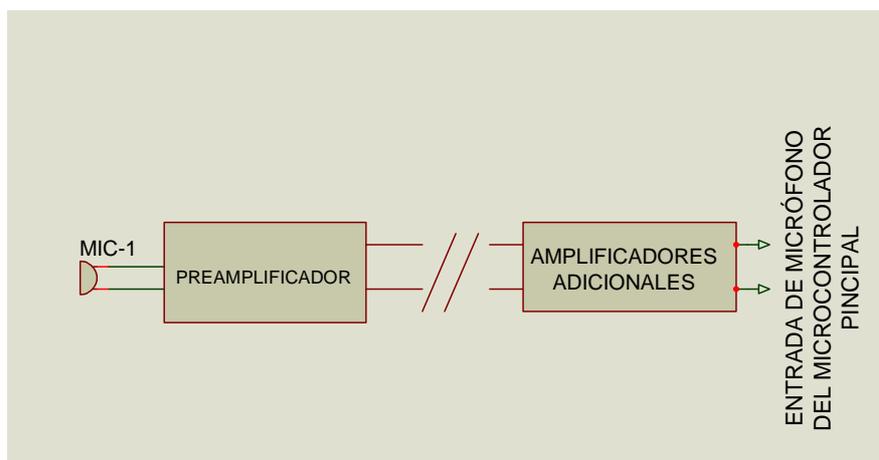


Figura 2-30 Diagrama de conexión entre el micrófono, preamplificador y amplificadores utilizados.

Dado que se requiere una mayor distancia entre los micrófonos y el microcontrolador principal, se observa que al incorporar etapas adicionales de amplificación, éstos no contribuyen a mejorar el desempeño debido al ruido que estos permiten ingresar al microcontrolador, lo cual ocasiona que el mismo sea absolutamente ineficaz para la distancia requerida.

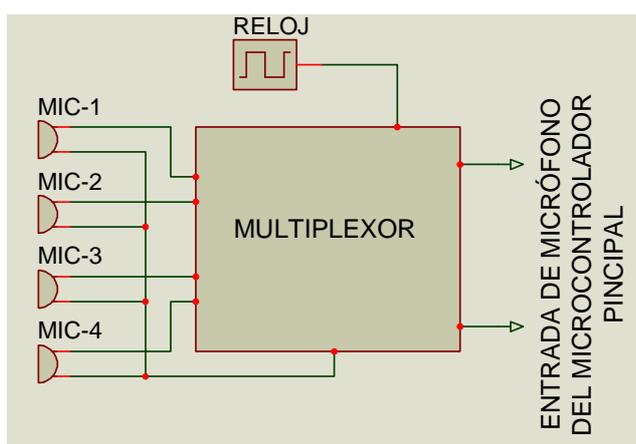


Figura 2-31 Sensado de micrófonos: Multiplexación de señales provenientes de los micrófonos, controlado por señal de reloj.

2) Sensado de micrófonos: Multiplexación de la señal proveniente de los micrófonos, controlada por el microcontrolador principal

En esta ocasión el microcontrolador principal es el que controla el barrido. En esta situación realiza el barrido y enciende un led azul durante un segundo por cada habitación, notificando de esta manera al usuario en donde se encuentre encendido el led, que si desea interactuar con el sistema simplemente debe decir “*Hola casa*”, y proceder a pronunciar los comandos deseados.

En este caso se utiliza el segundo tipo de conexión de micrófonos recomendado por el fabricante, el mismo que se expone en la figura 2.32.

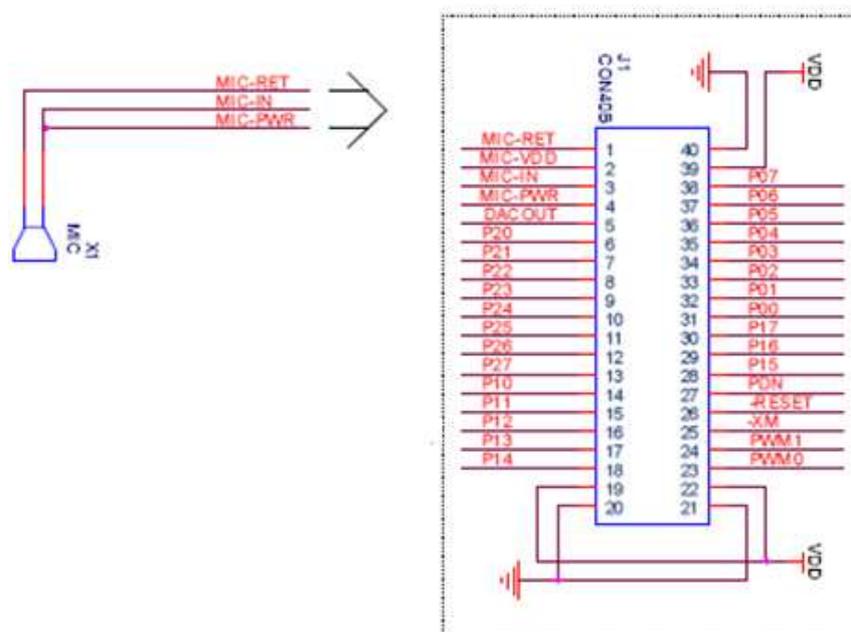


Figura 2-32 Segundo método de conexión para un micrófono. Manual de programación del Módulo VR STAMP.

Al igual que sucede con el método de conexión antes mencionado (*Multiplexación de las señales provenientes de los micrófonos, controlada por un reloj externo*), en este caso también se necesitan los preamplificadores y las etapas adicionales de amplificación, los cuales tampoco funcionan de la manera deseada.

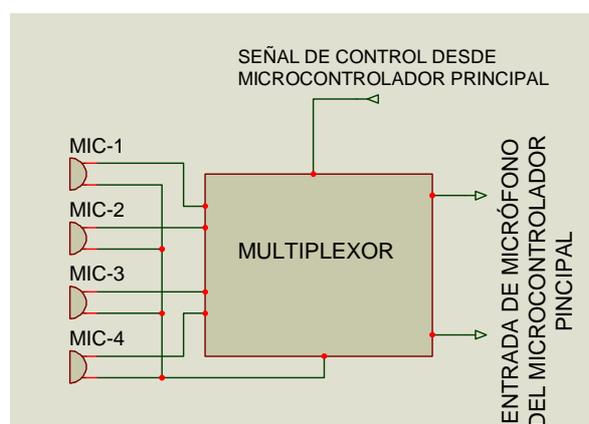


Figura 2-33 Sensado de micrófonos: Multiplexación de señales provenientes de los micrófonos, controlado por el microcontrolador principal.

3) Conexión directa de los micrófonos empleando el primer tipo de conexión recomendada por el fabricante

De los métodos de conexión antes implementados se concluye que la utilización de un multiplexor para acoplar las señales provenientes de los micrófonos, reduce en gran medida el nivel de señal a la salida del mismo, por lo cual se prefiere retirarlo. Otra idea es probar la conexión directa entre los micrófonos y el microcontrolador principal, conexión que se realiza de acuerdo a la primera recomendación del fabricante que se encuentra en el manual de programación del microcontrolador, la misma que se puede apreciar en la figura 2.29.

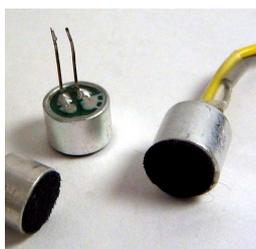


Figura 2-34 Micrófonos tipo electret convencionales.

Al probar este tipo de conexión sin preamplificadores para los micrófonos, los resultados no son muy alentadores para micrófonos electret como el mostrado en la figura 2.34. Con los micrófonos tipo electret utilizados en los teléfonos celulares como el mostrado en la figura 2.35, los resultados mejoran en cierta medida



Figura 2-35 Micrófonos tipo electret utilizados en teléfonos celulares.

Al utilizar preamplificadores a la salida de los micrófonos, los resultados tampoco son positivos debido al ruido que ingresan los mismos al microcontrolador principal.

4) Conexión directa de los micrófonos empleando el segundo tipo de conexión recomendada por el fabricante

En base a los resultados obtenidos en el método de conexión número 3 se decide modificar el tipo de conexión para el micrófono empleando la segunda forma de conectar recomendada por el fabricante, la misma que consiste en utilizar otros pines del microcontrolador, los cuales permiten proveer de alimentación directa al micrófono. De acuerdo con esto, no existe la necesidad de colocar un preamplificador entre el micrófono y el microcontrolador y tampoco se requiere un multiplexor a la entrada del micrófono del microcontrolador.

Al probar con un solo micrófono y con una distancia de cable entre el micrófono y el microcontrolador mayor a los 20 metros, se obtienen mejores resultados. Los resultados son aún superiores con los micrófonos tipo electret utilizados en los teléfonos celulares.

Al probar este mismo tipo de conexión con varios micrófonos en paralelo, con distancias de cables superiores a los 15 metros, se comprueba que la calidad de señal proveniente desde cada uno de los micrófonos disminuye en cierta medida, pero continúa siendo efectiva para el propósito deseado.

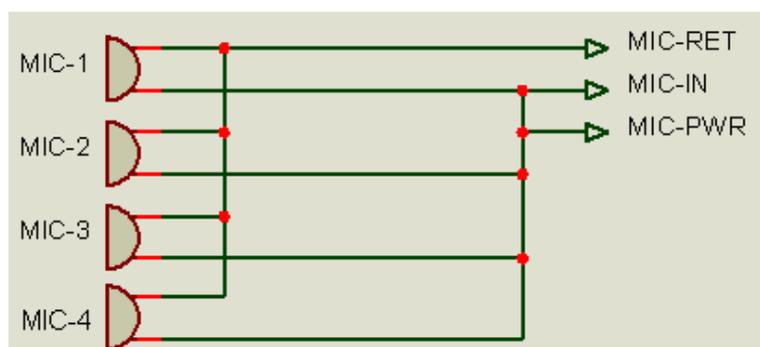


Figura 2-36 Forma de conexión para tener los múltiples micrófonos al interior del hogar.

2.3.7 SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE MÚLTIPLES PARLANTES

En este proyecto, dado que se desea que el sistema se encuentre operativo en varias habitaciones al interior del hogar, se debe disponer del sonido con la claridad y el volumen adecuado, para permitir una correcta interacción entre el usuario con el sistema.

Al iniciar la investigación se había considerado tener un amplificador de audio para cada una de las habitaciones en las cuales está operativo el sistema, pero de las experiencias anteriores al momento de diseñar el subsistema de múltiples micrófonos, se ve la necesidad de que éste alcance la mayor fidelidad posible. Por ello se decide utilizar un amplificador comercial, el mismo que presta las garantías adecuadas para evitar el ruido y sobre todo para mantener de la mejor manera posible la calidad de audio al interior del hogar.

Por lo antes expuesto se elige recurrir a un amplificador de audio de aquellos utilizados por un computador de escritorio, al cual se le retira el segundo parlante con la intención de conectar directamente cuatro parlantes en paralelo. Los parlantes se distribuyen convenientemente al interior del hogar con la finalidad de obtener la mayor cobertura posible.



Figura 2-37 Sistema de audio utilizado por una computadora de escritorio. AOPEN, MS-805B.

Se utiliza el amplificador de audio para computadora de escritorio de marca AOPEN modelo MS-805B, el cual dispone de las características mostradas en la tabla 2.14.

Tabla 2-14 Características del amplificador de audio para computadora. AOPEN, MS-805B.

ELEMENTO	VALOR
Potencia de salida	16 [W] RMS
Distorsión de armónicos	2 [%]
Impedancia de entrada	>12 [K Ω]
Relación Señal/Ruido	>60 [dB]
Respuesta de frecuencia	150 [Hz] – 20 [KHz]

Después de retirar el parlante original, se constata que el mismo dispone de una impedancia de 8 [Ω] y con una potencia de salida de 3 [W]. Los parlantes que se colocan en lugar del original, presentan cada uno una impedancia de 6 [Ω], los cuales al encontrarse instalados en paralelo, en conjunto presentan una impedancia total de 1.5 [Ω]. Esto no representa problema alguno para el amplificador de audio, al cual inclusive ni siquiera va a ser necesario utilizarlo a su máxima potencia dado que a un tercio de la misma ya es posible escuchar claramente en todas las habitaciones en donde el sistema se encuentra operativo.

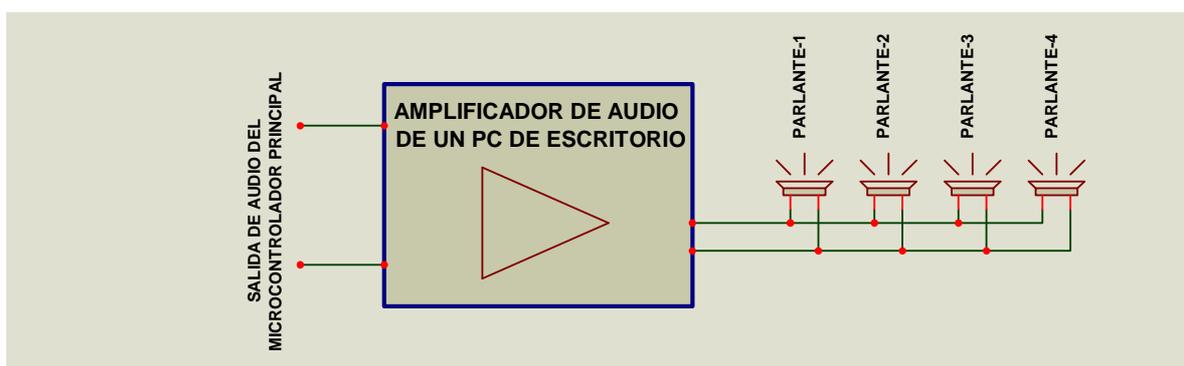


Figura 2-38 Circuito para el control de los múltiples parlantes.

2.3.8 SUBSISTEMA PARA EL CONTROL DE LA SEGURIDAD AL INTERIOR DEL HOGAR

En este proyecto se mejora la seguridad incorporando el subsistema de sensado de movimiento antes mencionado, el mismo que se encarga de detectar la presencia de cualquier persona habitante del hogar o de algún intruso no deseado.

Se incorpora dentro de la programación del microcontrolador principal, una subrutina, que al momento en que se encuentre activada la seguridad, el sistema se dedica exclusivamente al monitoreo de los sensores de movimiento, simulación de presencia y en mantener las funciones de reloj y fecha, de tal manera que en este modo el sistema no responde bajo ninguna circunstancia a una petición del usuario. La única forma para ello es pasando por un sensor de movimiento y procediendo a desactivar la seguridad y a continuación realizando la interacción con el sistema. Cabe mencionar que este subsistema al momento de detectar la presencia de una persona y si ésta no desactiva la seguridad, acciona una sirena, la misma que es activada de la misma manera que las luminarias del hogar, es decir a modo de un interruptor.

En cuanto a las características principales del modo de seguridad se debe mencionar que el mismo, aparte de monitorear el movimiento al interior del hogar se enfoca en la simulación de presencia, para lo cual enciende y apaga las luces de forma aleatoria, disponiendo de siete secuencias con el fin de que no puedan ser fácilmente aprendidas por individuos mal intencionados. Las siete secuencias se refieren a los días de la semana; cada secuencia empieza de acuerdo al día de la semana, y también de acuerdo a la hora a la que es activada la seguridad haciendo de esta manera mucho más difícil aprenderse un horario fijo de encendido y apagado de las luces al interior del hogar. Este punto va a ser profundizado en el capítulo 3 al tratar los aspectos de seguridad provistos por el sistema.

2.3.9 SUBSISTEMA DE SENSADO DE TEMPERATURA

Para este subsistema como se mencionó anteriormente se utiliza el microcontrolador ATMEL ATMEGA164P, el cual dispone de un convertidor interno de analógico a digital de 10 bits con 8 líneas de entrada, y que además permite seleccionar diferentes voltajes de referencia. Gracias a estas características se puede conectar directamente el microcontrolador con el sensor de temperatura LM35, sin necesidad de tener que colocar un amplificador a la salida del mismo.

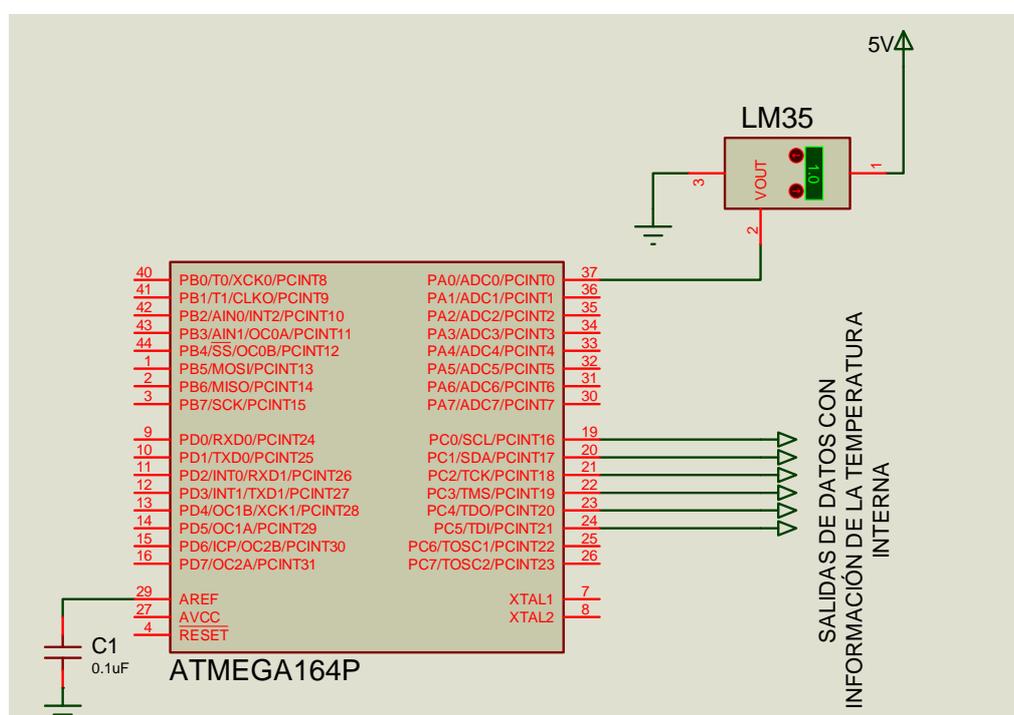


Figura 2-39 Funcionamiento del sistema de sensado de temperatura

Para cada uno de los pines de salida de este microcontrolador deben colocarse los circuitos de acoplamiento antes descritos. Para ello se debe dimensionar un valor de resistencia para proteger a los optoacopladores de una corriente excesiva, con lo cual se tiene lo siguiente:

$$R_{PIN-TEMPERATURA} = \frac{V_{UC-ATMEGA164P}}{I_{R-OPTOACOPLADOR}} = \frac{5V}{10mA} = 500\Omega \quad \text{Ec. 13}$$

Para garantizar una corriente aún menor sobre el optoacoplador, se procede a utilizar una resistencia estándar $R_{\text{PIN-TEMPERATURA}} = 560 [\Omega]$.

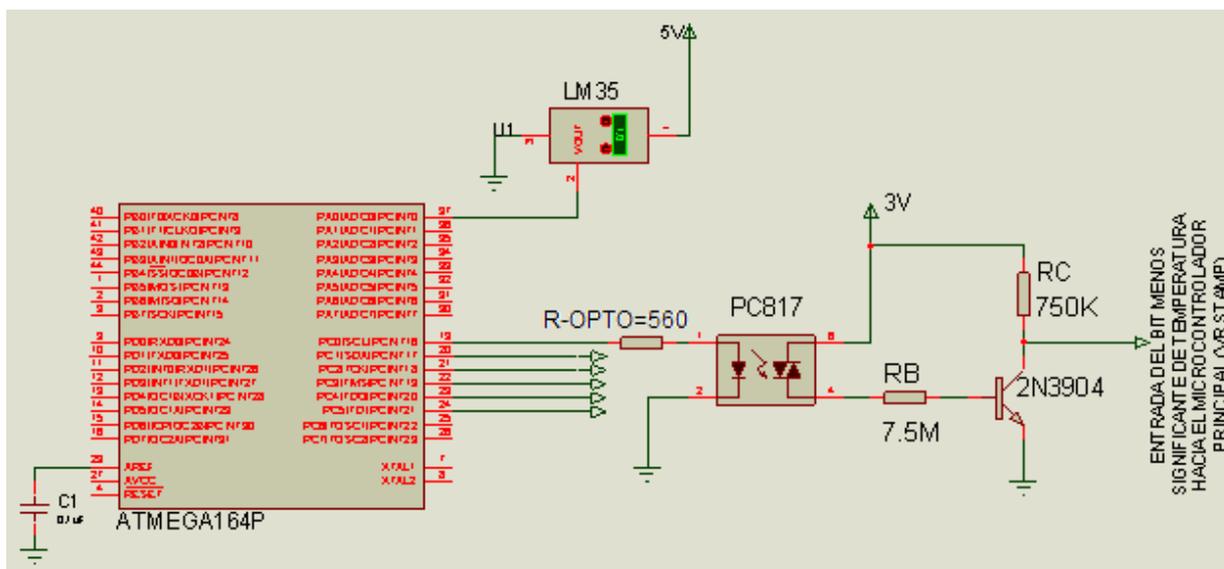


Figura 2-40 Circuito de ejemplo para el acoplamiento de la señal del bit menos significativo del subsistema de sensado de temperatura.

2.4 EL SISTEMA: DIAGRAMA CIRCUITAL COMPLETO

En la figura 2.41 se muestra el circuito final, en donde se detalla la forma de conexión de todos los circuitos diseñados y su acoplamiento en conjunto para el correcto funcionamiento del sistema. A continuación se explica el circuito de manera pormenorizada.

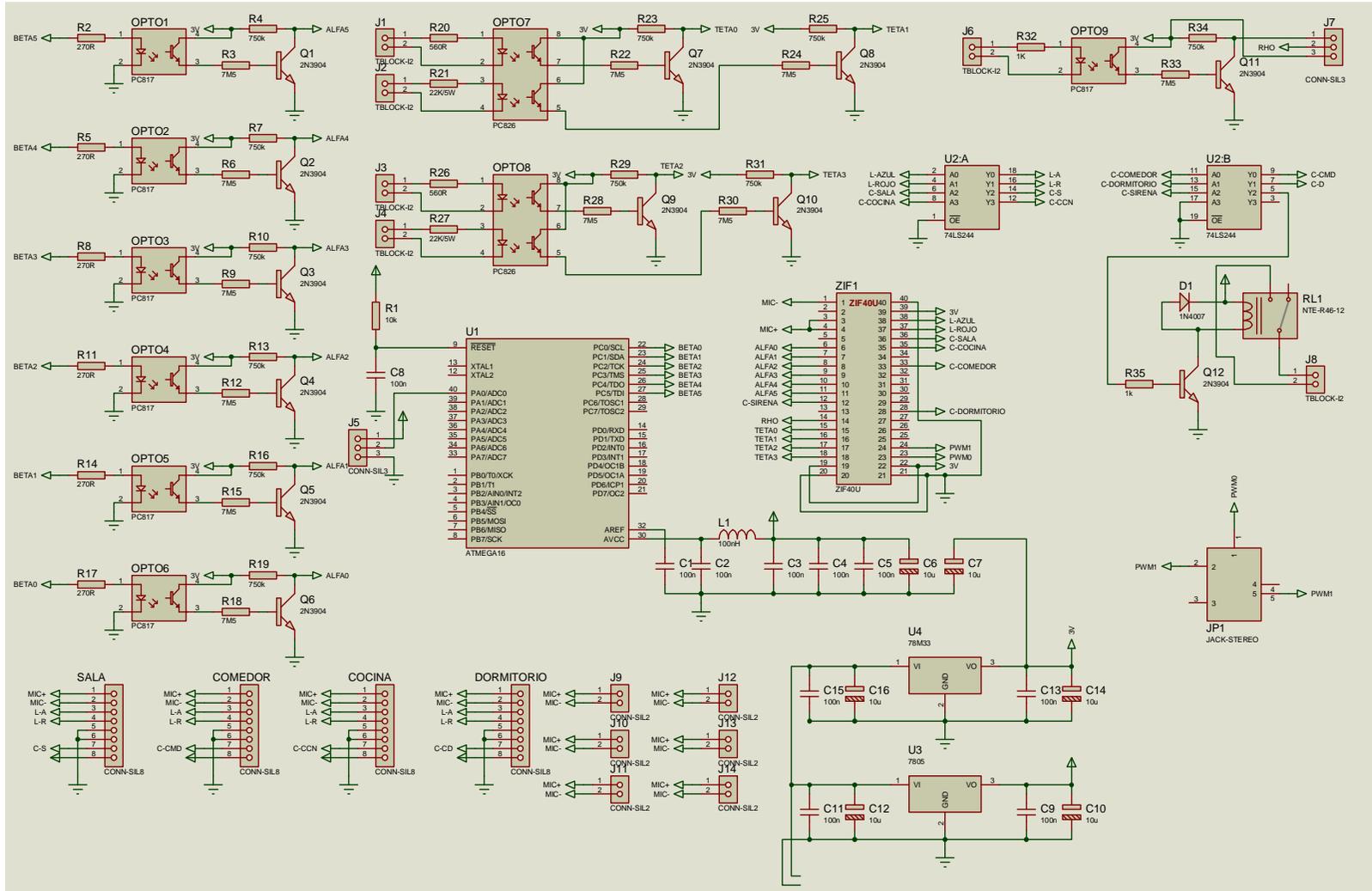


Figura 2-41 Diagrama circuital completo.

- Microcontrolador Principal (VR STAMP):
 - **Mic (-)**: Pin para la conexión negativa de los micrófonos.
 - **Mic (+)**: Pin para la conexión positiva de los micrófonos.
 - **ALFA 0 – ALFA 5**: Pines de entrada para la lectura de temperatura, considerando **Alfa 0** como el bit menos significativo.
 - **C-SIRENA**: Pin de salida para el control de la sirena.
 - **TETA 0 – TETA 3**: Pines de entrada para los sensores de movimiento siendo:
 - **TETA 0**: Sensor de movimiento de la sala.
 - **TETA 1**: Sensor de movimiento de la cocina.
 - **TETA 2**: Sensor de movimiento del comedor.
 - **TETA 3**: Sensor de movimiento del dormitorio.
 - **L-AZUL**: Pin de salida para el control de los leds de color azul.
 - **L-ROJO**: Pin de salida para el control de los leds de color rojo.
 - **C-SALA**: Pin de salida para el control de las luminarias de sala.
 - **C-COCINA**: Pin de salida para el control de las luminarias de cocina.
 - **C-COMEDOR**: Pin de salida para el control de las luminarias de comedor.
 - **C-DORMITORIO**: Pin de salida para el control de las luminarias de dormitorio.
 - **PWM1**: Pin para la salida positiva de audio.
 - **PWM0**: Pin para la salida negativa de audio.
 - **Pines 19 y 39**: Polarización de 3 [V].
 - **Pines 20 y 40**: Tierra

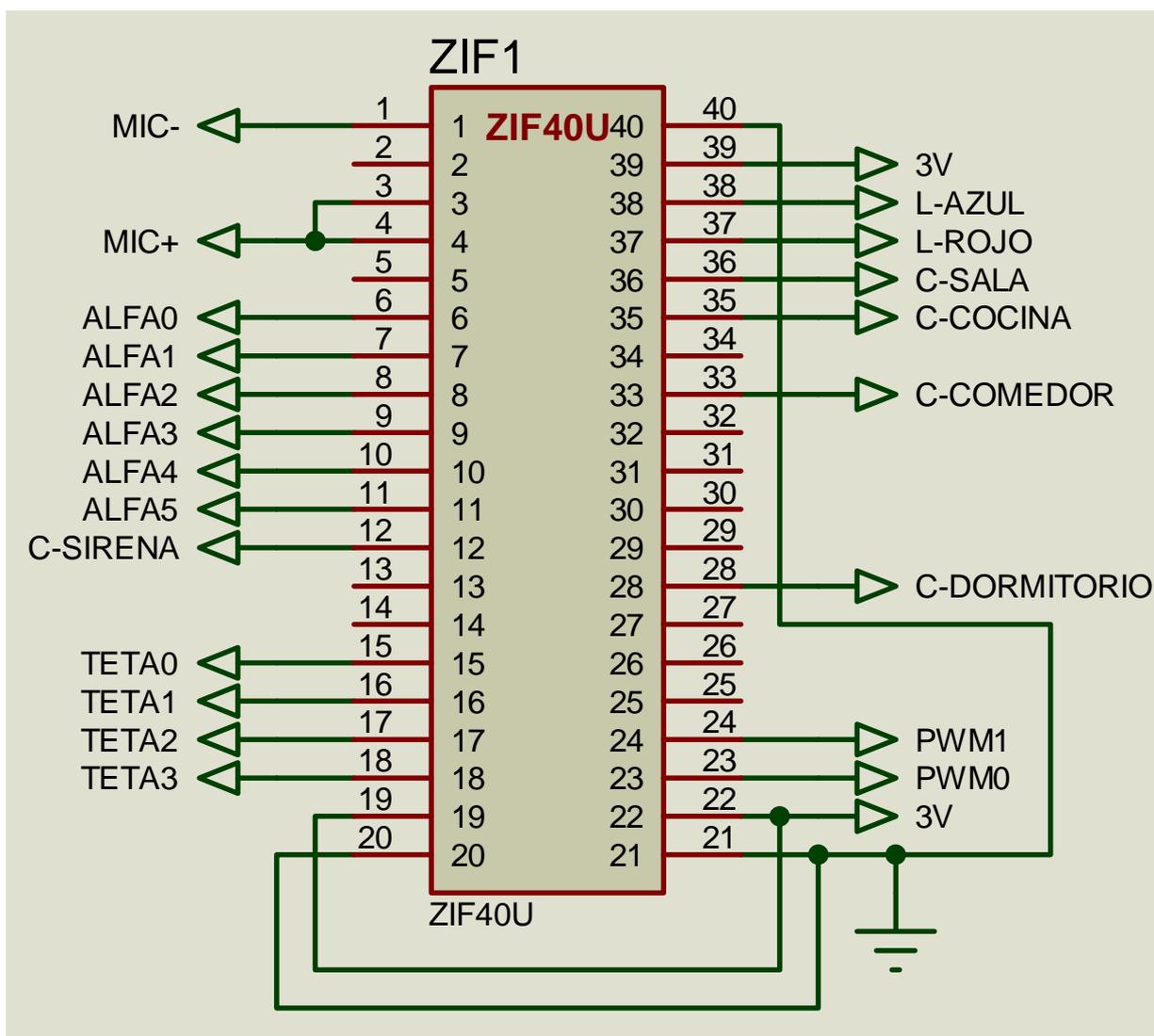


Figura 2-42 Distribución y conexión de pines para el microcontrolador principal (VR STAMP).

- Microcontrolador Secundario (ATMEGA164P):
 - **Pin 9 (RESET):** Circuito propio para funcionamiento de reset.
 - **Pin 40 (PA0/ADC0):** Pin para la conexión del sensor de temperatura.
 - **Pin 22 – pin 27:** Pines de salida (**BETA 0 – BETA 5**) con información de temperatura, siendo **BETA 0** el bit menos significativo.
 - **Pin 32 y pin 30:** Polarización para el microcontrolador.

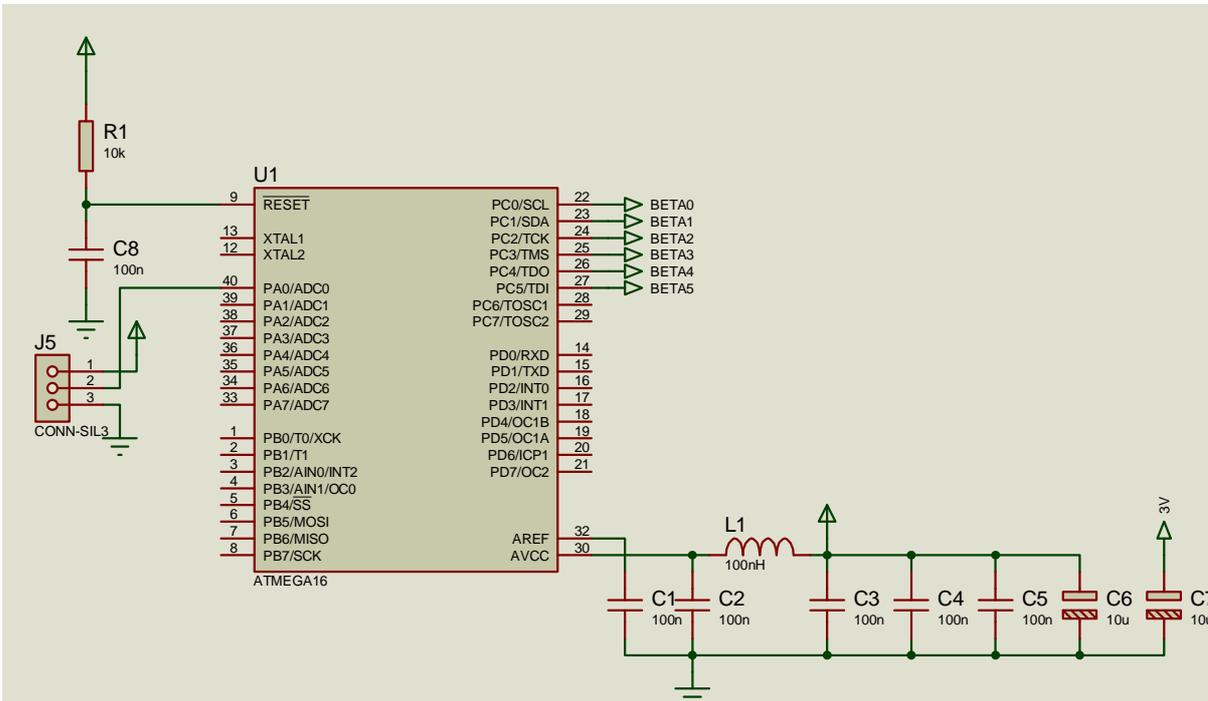


Figura 2-43 Distribución y conexión de pines para el microcontrolador secundario (ATMEGA164P).

- Fuentes de voltaje continuo de 5 [V] y 3 [V]:
 - J15: Entrada de 12 [V] proveniente de un adaptador.

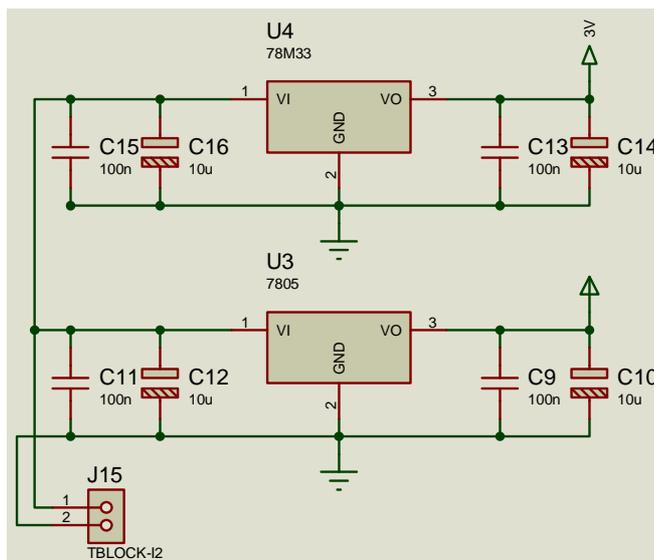


Figura 2-44 Fuentes de voltaje continuo de 3 [V] y 5 [V].

- Acoplamiento de las señales de 5 [V] provenientes del microcontrolador secundario:
 - **BETA 0 – BETA 5:** Señales provenientes del microcontrolador secundario para ser acopladas como se describe en la figura 2.43.
 - **ALFA 0 – ALFA 5:** Señales acondicionadas para ser ingresadas al microcontrolador principal, como se describe en la figura 2.42.

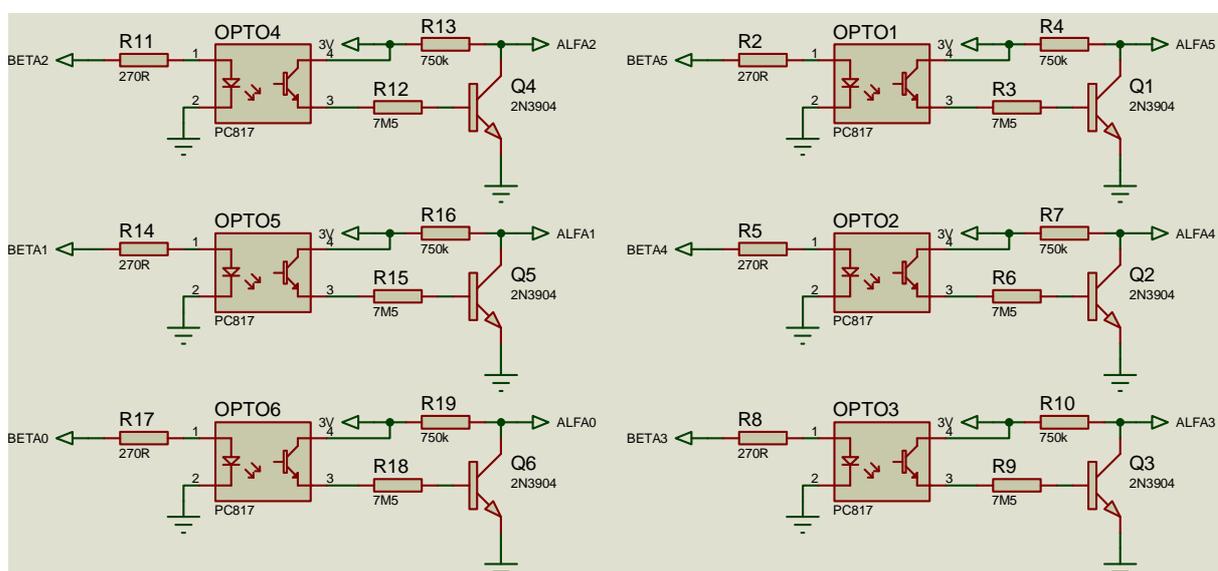


Figura 2-45 Circuitos para el acoplamiento de las señales provenientes del microcontrolador secundario.

- Acoplamiento de las señales de 120 [V] provenientes de los sensores de movimiento:
 - **J1 – J4:** Borneras para la conexión de los cables provenientes de los sensores de movimiento.
 - **TETA 0 - TETA3:** Señales acondicionadas para ser ingresadas al microcontrolador principal, como se describe en la figura 2.42.

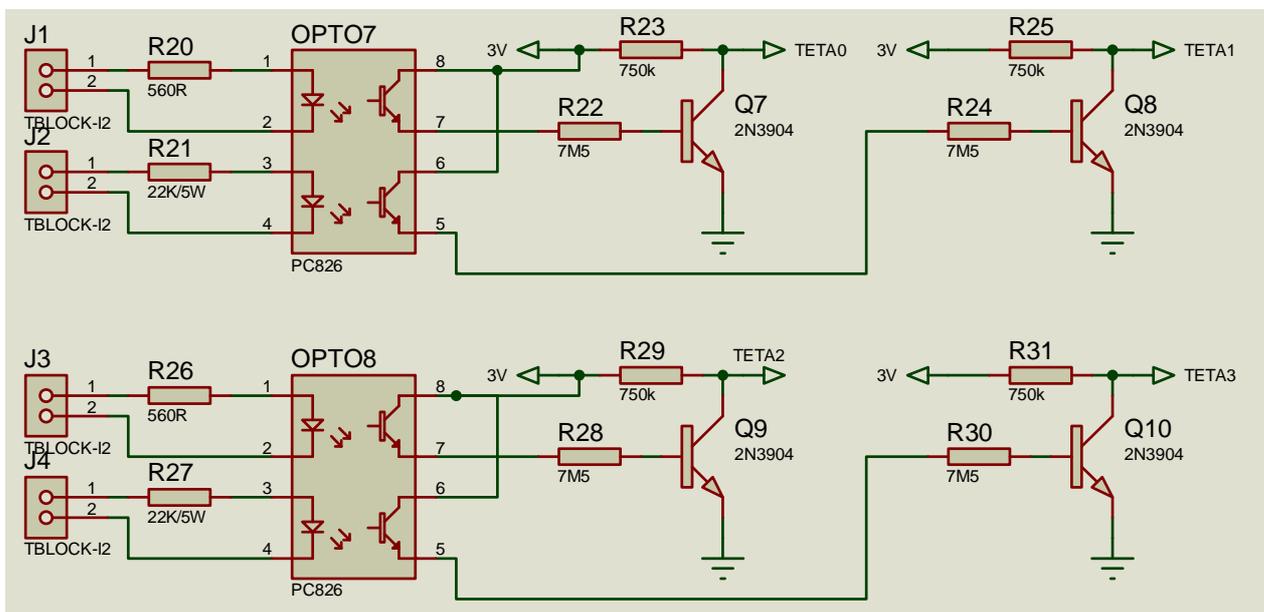


Figura 2-46 Circuitos para el acoplamiento de las señales provenientes de los sensores de movimiento.

- Salida de audio del microcontrolador principal:
 - **PWM1**: Conexión de audio positiva hacia el conector estéreo para el amplificador de audio.
 - **PWM0**: Conexión de audio negativa hacia el conector estéreo para el amplificador de audio.

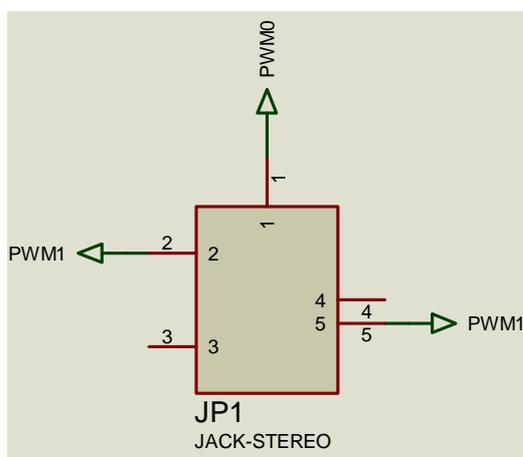


Figura 2-47 Circuitos para la conexión entre el microcontrolador principal y el amplificador de audio.

- Control de luminarias, leds y sirena:
 - **L-AZUL, L-ROJO, C-SALA, C-COCINA, C-COMEDOR, C-DORMITORIO y C-SIRENA:** Señales provenientes del microcontrolador principal, a ser ingresadas al BUFFER, para el control directo de los dispositivos como se describe en la figura 2.42.
 - **J8:** Bornera para la conexión de la sirena, funcionando ésta a modo de interruptor.

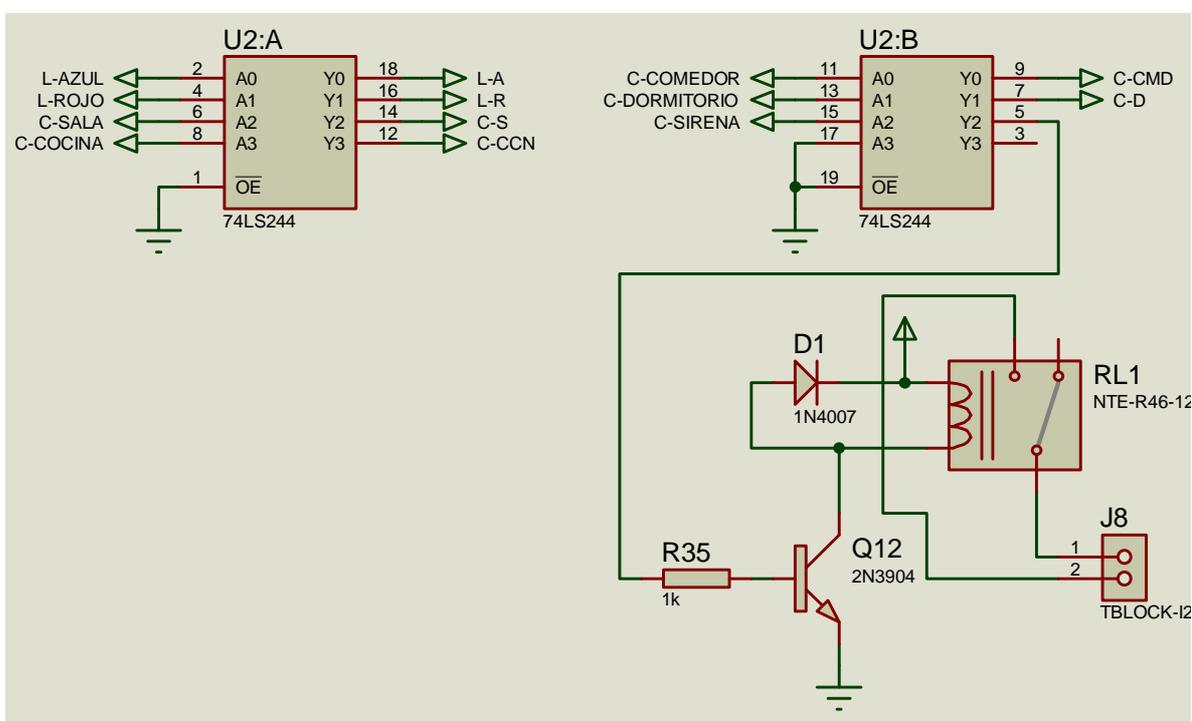


Figura 2-48 Circuitos para el control de luminarias, leds y sirena.

- Borneras para la conexión de los cables provenientes desde los distintos elementos como son:
 - Luminarias
 - Sensores
 - Micrófonos
 - Leds azules y rojos
 - Sirena

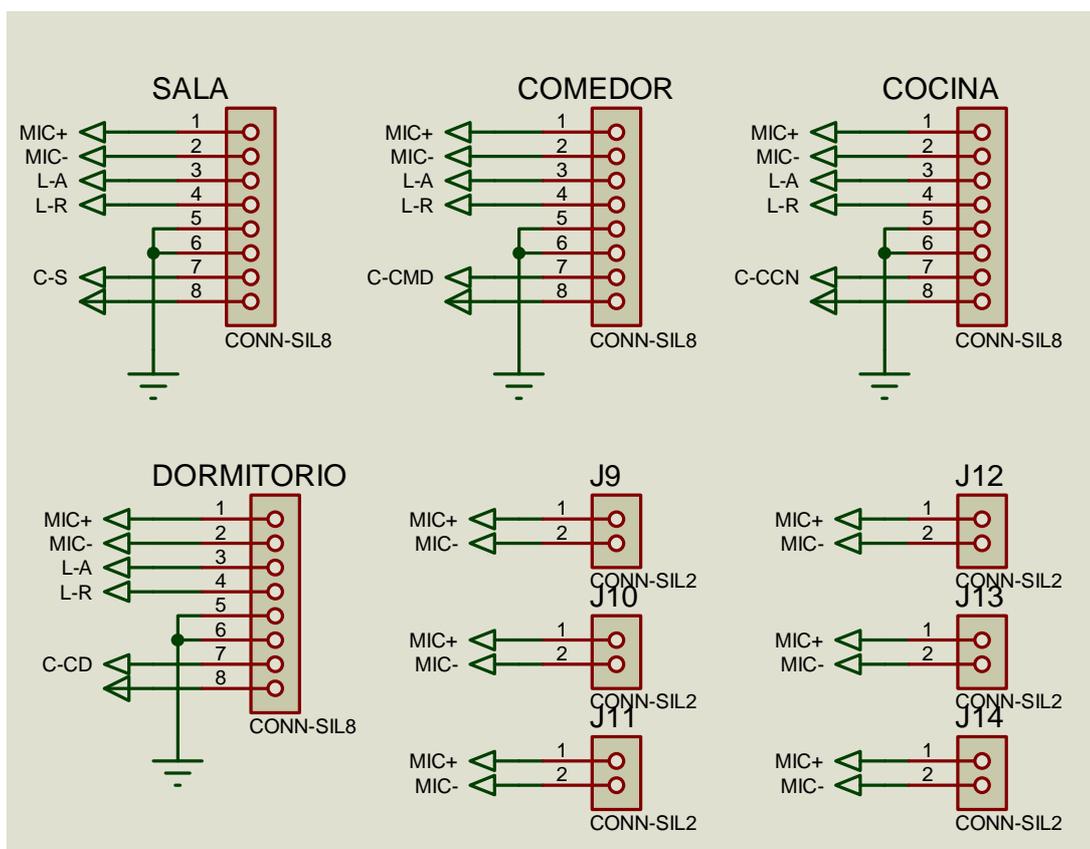


Figura 2-49 Borneras para la conexión del cableado de los distintos elementos.

CAPÍTULO 3

3. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

En este capítulo se describe la creación de los módulos necesarios para alcanzar una correcta interacción entre el usuario y el sistema. Entre éstos se tiene a los archivos para el reconocimiento de la voz los cuales son creados mediante el programa Quick T2SI, y además para la reproducción de mensajes por parte del sistema como respuesta a las solicitudes del usuario, los mismos que son creados con el programa Quick Synthesis 4.0.

Por otro lado se analiza cómo aprovechar dichos complementos en las respectivas funciones a ser empleadas en el código fuente, con sus respectivos ejemplos y mediante diagramas de flujo se detalla la forma de utilizar las funciones provistas por el sistema.

3.1 CONSIDERACIONES PARA EL PROYECTO

Puesto que se desea que el sistema sea controlado exclusivamente mediante la voz, para garantizar la correcta interacción entre el usuario con el sistema, se deben crear módulos, tanto para el reconocimiento de voz (interacción por parte del usuario), como para la reproducción de mensajes (respuesta por parte del sistema). La creación de ambos tipos de módulos se describe más adelante.

Dado que el sistema permite varias funciones como son, el control de luminarias, control de seguridad, control de consultas y finalmente la configuración de la rigurosidad del sistema, se crean varios módulos por separado para de esta manera minimizar los errores en el reconocimiento.

Como respuesta por parte del sistema, éste debe reproducir ciertos mensajes, los mismos que son utilizados por el usuario para saber cuándo y con cuáles comandos

interactuar con el sistema. Adicionalmente estos mensajes también son utilizados como confirmación de las acciones solicitadas por el usuario.

Control de Luminarias:

El sistema permite al usuario seleccionar si desea encender o apagar las luminarias, adicionalmente le permite seleccionar el lugar en donde desea que esto se realice.

Control de Consultas:

El sistema permite al usuario seleccionar el tipo de consulta que desea realizar, ya sea conocer la hora, la fecha o la temperatura. Adicionalmente el sistema permite igualar los aspectos de hora y fecha actual.

Control de Seguridad:

El sistema permite al usuario activar la alarma y configurar la contraseña necesaria para la activación y desactivación de la seguridad. Para ello se emplea una clave de tres dígitos, cuya configuración será posteriormente explicada en detalle.

Control de Rigurosidad:

En este proyecto se configura exclusivamente mediante la voz, haciendo que el sistema sea más o menos restrictivo respecto al reconocimiento de voz.

El sistema en cuestión permite al usuario escoger entre las varias funciones que provee el mismo, para lo cual se requiere de varios módulos de reconocimiento de voz como los que se indican a continuación:

- Menú principal
 - o Control de luminarias
 - Selección de encendido o apagado de luminarias
 - Selección del lugar

- Control de consultas
 - Hora
 - Fecha
 - Temperatura
 - Configuración
- Control de seguridad
 - Activar
 - Configurar
- Configuración de rigurosidad
 - Configuración

Es importante recalcar que para un mejor reconocimiento, el usuario debe de pronunciar las palabras de la manera más clara posible, además el utilizar palabras con múltiples sílabas permite tener mayor información fonética, lo que hace que el reconocimiento sea más preciso.

Para el desarrollo del proyecto se requiere de varios módulos de reconocimiento de voz que permiten seleccionar las actividades que se desean realizar. Estos se describen en la tabla 3.1.

Tabla 3-1 Módulos para el reconocimiento de voz a ser utilizados en el proyecto.

MÓDULO	APLICACIÓN	FRASE INICIAL	PALABRAS COMANDO
1	Inicio del Sistema	Hola casa	Activar
2	Controles básicos		Controlar luces Realizar consultas Habilitar seguridad Configurar sistema
3	Control de luces – 1		Encender Apagar
4	Control de luces – 2		La sala

MÓDULO	APLICACIÓN	FRASE INICIAL	PALABRAS COMANDO
			La cocina El comedor El dormitorio
5	Control de consultas- 1		Hora actual Día de hoy Temperatura interna Configurar aspectos
6	Control de consultas- 2		Hora actual Día de hoy
7	Control de consultas – 3		Confirmar Más uno Más cinco Más diez
8	Control de seguridad		Activar seguridad Cambiar clave
9	Ingreso de números		Cero Uno Dos Tres Cuatro Cinco Seis Siete Ocho Nueve
10	Configuración de rigurosidad del sistema		Confirmar Más uno

3.2 RECONOCIMIENTO DE VOZ

3.2.1 QUICK T2SI

Es un programa creado por la compañía Sensory Inc., productora del microcontrolador VR STAMP, el mismo que permite incorporar en cualquier proyecto la capacidad de reconocimiento de voz independiente del usuario como sus siglas en inglés lo indican (T2SI, Text to Speaker Independent).

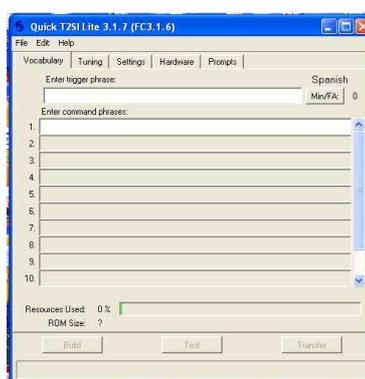


Figura 3-1 Pantalla inicial del programa Quick T2SI 3.1.7

Gracias a su interfaz gráfica, la creación de los módulos necesarios para el reconocimiento puede ser fácilmente realizado.

Para su utilización una vez que ha sido abierto el programa se procede de la siguiente manera:

- 1) Definir si se requiere una frase o palabra inicial, solo frases o palabras comando o ambas.
- 2) En las líneas se procede a escribir lo que se desea reconocer.
- 3) Probar que las respectivas frases o palabras ingresadas sean correctamente reconocidas. Esto es opcional.
- 4) Editar la pronunciación en caso de ser necesario.
- 5) Proceder a construir el respectivo módulo.
- 6) Proceder a guardar el módulo para facilitar cualquier cambio posterior.

3.2.2 UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA QUICK T2SI Y EJEMPLO: CREACIÓN DEL MÓDULO DE RECONOCIMIENTO PARA LAS CONSULTAS

3.2.2.1 Creación del módulo de reconocimiento

En la pantalla inicial, con la pestaña “**Vocabulary**” seleccionada, en el espacio “**Enter trigger phrase:**” se ingresa la palabra o frase inicial (en este caso para las consultas no se utiliza), mientras que en las líneas “**Enter command phrases:**” se procede a ingresar una por una las palabras o frases comando. En el ejemplo se procede a ingresar: **hora, fecha, temperatura y configurar**.

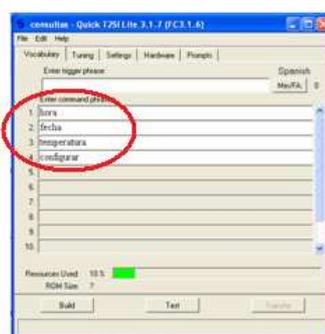


Figura 3-2 Ejemplo de ingreso de palabras a ser utilizadas para el reconocimiento.

3.2.2.2 Comprobación de la fonética de los módulos de reconocimiento

Para este propósito se tiene la pestaña “**Tuning**”, la cual permite seleccionar frase por frase, y comprobar su pronunciación o de ser necesario permite editar la misma. En el ejemplo se comprueba la pronunciación del comando “**temperatura**”.

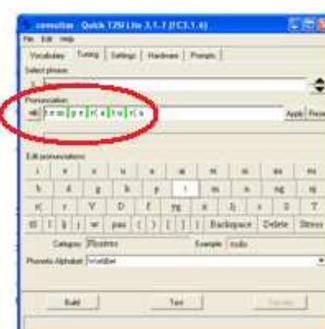


Figura 3-3 Comprobación de la pronunciación de una palabra a ser utilizada para el reconocimiento.

3.2.2.3 Configuración básica

Como una de las principales ventajas, en la pestaña “**Settings**”, se puede seleccionar el idioma e inclusive el tipo de usuarios a quienes va a estar destinado el reconocimiento, es decir se puede escoger entre un usuario adulto o un niño. Para el ejemplo, el idioma se configura en “**Spanish**” y el modelo acústico en “**Spanish Adults and Kids**”.

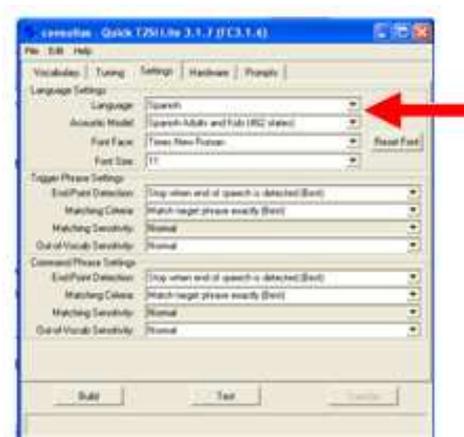


Figura 3-4 Configuración básica para utilizar el español como idioma de reconocimiento y para que el módulo pueda ser utilizado por usuarios adultos o niños.

3.2.2.4 Prueba del módulo de reconocimiento desde la computadora

Se puede de manera opcional comprobar el reconocimiento de cada una de las frases como si se tratase del funcionamiento propio del microcontrolador. Una vez que se tengan todas las frases y comprobada su pronunciación, desde la pestaña “**Vocabulary**”, se da un clic en el botón “**Test**”. En el caso de ingresar una frase inicial se resalta ésta en color amarillo, indicando que se encuentra a la espera de que se pronuncie dicha frase. Una vez que ha sido reconocida la frase, se procede a resaltar las frases comando, indicando de igual manera que se encuentra esperando la pronunciación de éstas. En el caso de escuchar alguna frase, ésta se resalta en color verde. En el ejemplo, el programa se encuentra a la espera de que el usuario pronuncie ya sea: “**hora, fecha, temperatura o configurar**”.

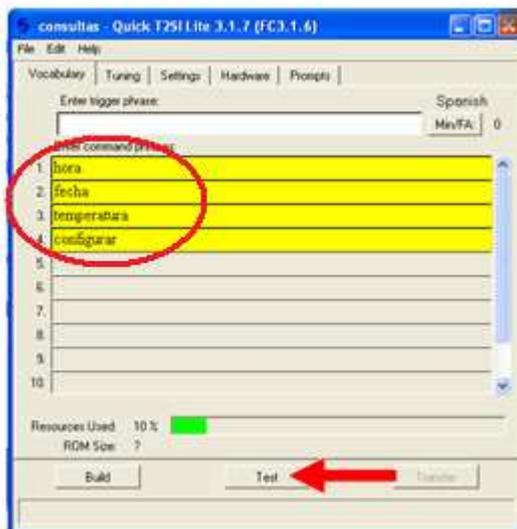


Figura 3-5 Prueba de las palabras comando.

3.2.2.5 Construcción de archivos necesarios

Después de haber comprobado tanto en pronunciación como en reconocimiento todas las frases, desde la pestaña “**Vocabulary**”, se da un clic en el botón “**Build**”, e inmediatamente el programa crea todos los archivos que van a ser necesarios para la programación del microcontrolador. En el ejemplo se crean los archivos a ser utilizados por el microcontrolador principal para el reconocimiento de esa función del sistema. De todos los archivos solo se utilizan los siguientes: **rscNet_consultas.mco**, **comm_rscGram_consultas.mco** y **comm_rscApp_consultas.inc**.

Name	Size	Type	Date Modified
consultas.ob	3 KB	OB File	17/10/2010 17:24
consultas	2 KB	T2SI project file	17/10/2010 17:24
rscNet_consultas.mco	45 KB	MCO File	17/10/2010 17:17
consultas_WordList	1 KB	Text Document	17/10/2010 17:17
consultas_t2si	99 KB	BIN File	17/10/2010 17:17
comm_rscGram_consultas.mco	5 KB	MCO File	17/10/2010 17:17
comm_rscApp_consultas	2 KB	INC File	17/10/2010 17:17
comm_rscApp_consultas	3 KB	H File	17/10/2010 17:17

Figura 3-6 Archivos creados con el programa Quick T2SI.

3.3 MENSAJES DE VOZ

Estos son utilizados por el microcontrolador principal como una respuesta para la interacción entre el sistema con el usuario. Estos mensajes requieren ser creados previamente mediante algún programa para edición de audio y deben poseer ciertas características que serán descritas posteriormente, los cuales luego son procesados mediante un programa denominado Quick Synthesis, el cual se encarga de comprimirlos para poder ser utilizados por el microcontrolador.

3.3.1 QUICK SYNTHESIS

Al igual que el programa utilizado para el reconocimiento de voz, éste fue desarrollado por la empresa Sensory Inc. El programa permite incorporar al desarrollo de proyectos, mensajes de voz y música sintetizada para aplicaciones que utilizan el microcontrolador RSC4x.

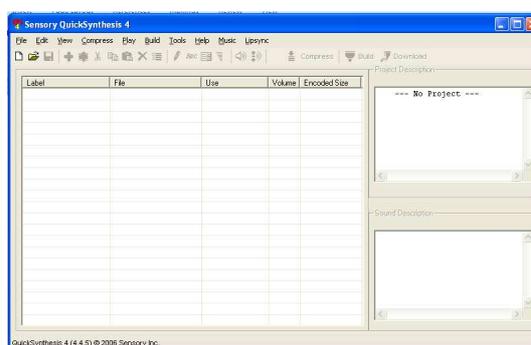


Figura 3-7 Ventana principal del programa Quick Synthesis.

Este programa permite seleccionar la comprensión dentro de un rango de velocidades de información, que van desde los 2400 a 16000 bits por segundo, dependiendo de la aplicación y la calidad que se desee para los mensajes a ser reproducidos por el microcontrolador. De acuerdo a la calidad deseada, éstos van a utilizar una mayor cantidad de memoria y algunos solo pueden ser utilizados desde la memoria del mismo.

Tabla 3-2 Tipos de compresiones disponibles.

TIPO	DESCRIPCIÓN	BITS POR SEGUNDO	LIBRERÍA REQUERIDA
SXL	Compresión con la menor calidad.	2400	fc4128zws.mcl
SXM	Compresión con mediana calidad.	4000	fc4128.mcl
SXH (SX-2 - SX-6)	Es la compresión recomendada, por defecto se utiliza SX-6	5000 – 9000	fc4128.mcl
SXH	Compresión de alta calidad.	9300	fc4128.mcl
SXW (SXW-2 - SXW-6)	Compresión de súper alta calidad.	16000	fc4128zws.mcl
PCM y ADPCM	Utilizada para efectos especiales.	9300	fc4128.mcl

Conforme al tipo de compresión que se utilice, al momento de programar el microcontrolador, se debe seleccionar la librería adecuada, caso contrario el compilador presentaría una ventana de error.

Como se mencionó anteriormente, las grabaciones a utilizar deben cumplir ciertos requisitos fundamentales, los cuales se muestran a continuación:

- Archivo: .WAV
- Tasa de Muestreo: 22050
- Canales: 1 (Mono)
- Cantidad de bits por muestra: 16

De no cumplirse estos requisitos, se presenta una advertencia como la que se indica en la figura 3.8.

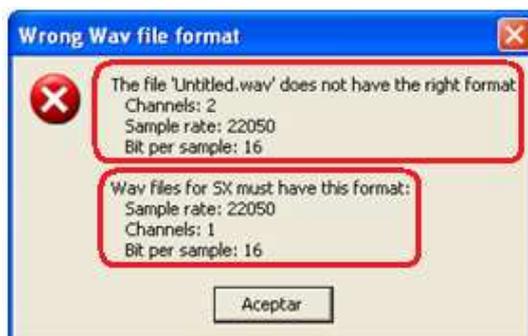


Figura 3-8 Advertencia mostrada por no utilizar las características necesarias para el programa.

3.3.2 UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA QUICK SYNTHESIS Y EJEMPLO DE COMPRESIÓN DE VARIOS ARCHIVOS DE AUDIO

Una vez creados o grabados los mensajes con las características antes descritas, se procede a inicializar el programa Quick Synthesis, y a realizar los pasos indicados a continuación:

- Seleccionar en la ventana principal la opción para crear un nuevo proyecto, para ello debe hacerse un clic en el botón “”, luego se escribe un nombre para el mismo y se hace clic en “**Save**”. Para el ejemplo se pone el nombre “**NUMEROS**”.

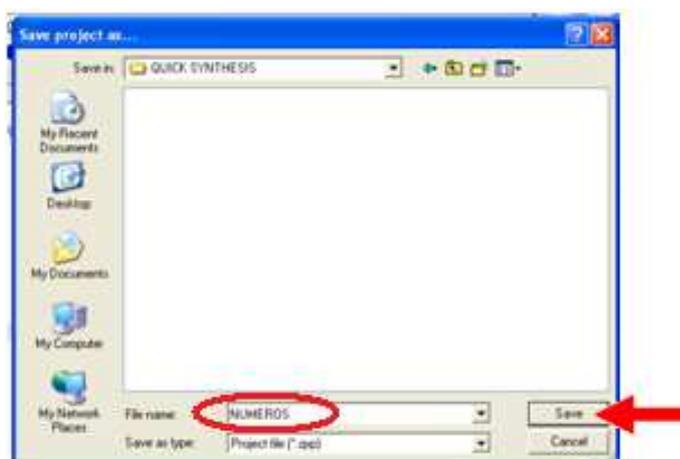


Figura 3-9 Ventana para crear un nuevo proyecto.

- Hacer un clic en el botón “+” para agregar los archivos de sonido, se procede a seleccionar éstos y hacer un clic en “**Open**”. Para el ejemplo, se seleccionan los archivos: “**uno.wav, dos.wav, tres.wav, cuatro.wav, cinco.wav, seis.wav, siete.wav, ocho.wav, nueve.wav y cero.wav**”.

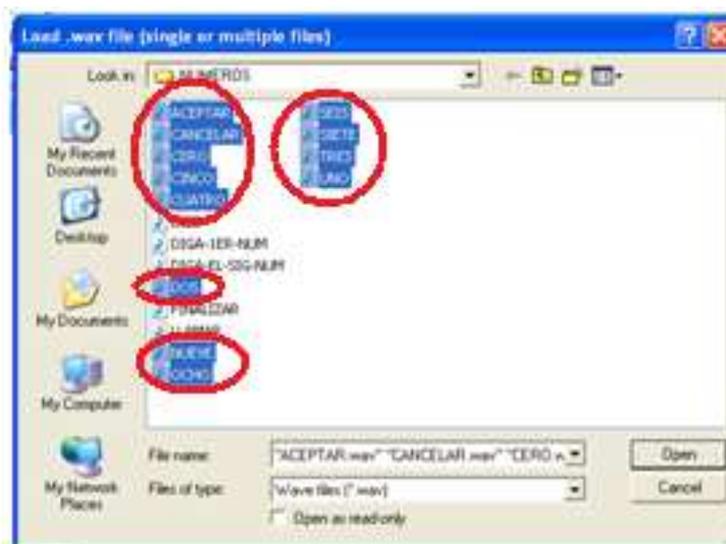


Figura 3-10 Ventana para seleccionar archivos de audio.

- Seleccionar el método de compresión deseado. Para el ejemplo se selecciona: “**SX6**” y se selecciona “**OK For All**”.

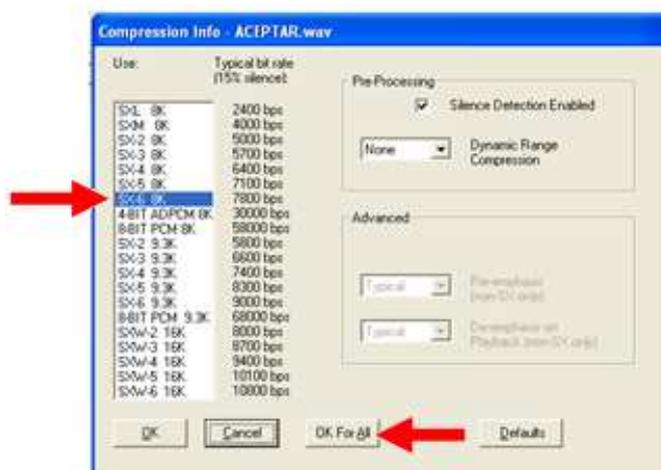


Figura 3-11 Ventana para seleccionar el tipo de compresión a utilizar.

- Proceder a definir un nombre para cada uno de los archivos y hacer clic en “**OK**”, o en el caso de desear el mismo nombre de los archivos .WAV, hacer clic en “**Auto LabelAll**” o se puede introducir luego el nombre seleccionando “**Set LabelLater**”. En el ejemplo, como se desea que los archivos mantengan el nombre, se procede a seleccionar “**Auto LabelAll**”.

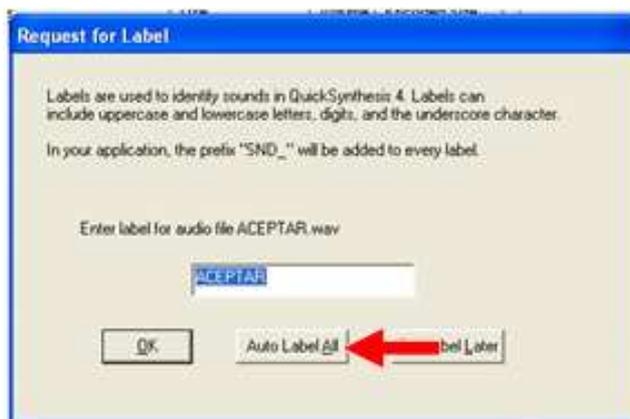


Figura 3-12 Ventana para establecer nombres a los archivos.

- Con los respectivos archivos de audio ingresados en la ventana principal, si se desea se los puede reproducir con su sonido original, para ello se debe seleccionar uno por uno y luego hacer un clic en el botón “”.

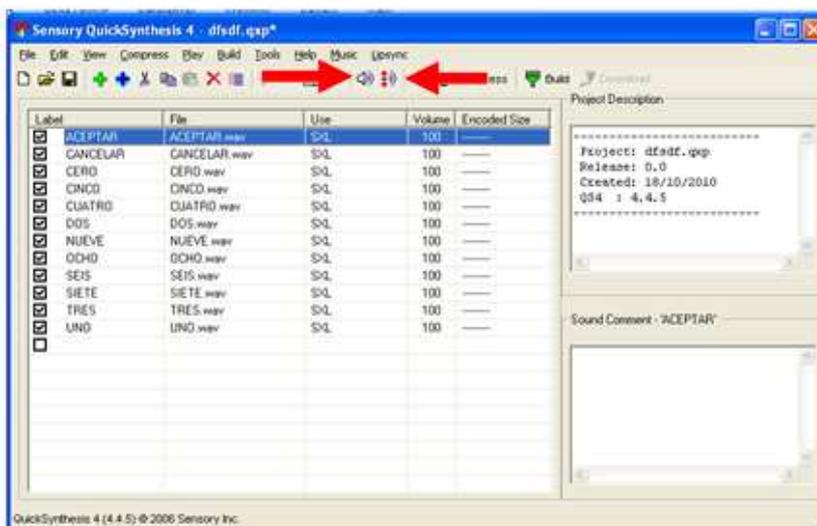


Figura 3-13 Ventana principal con archivos de audio seleccionados.

- Seleccionar todos los archivos y a continuación hacer clic en el botón “ Compress”, de esta manera el programa comienza con la respectiva compresión de cada uno de los archivos de audio.

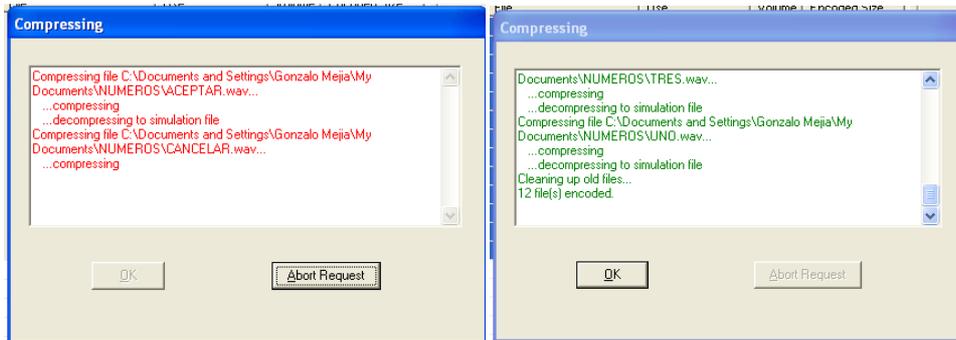


Figura 3-14 Ventanas de compresión en ejecución y de finalización.

- Escuchar los archivos con su respectiva compresión si es lo que se desea. Para ello seleccionar uno por uno los archivos haciendo un clic en el botón “”.
- Construir los archivos que van a ser utilizados para la programación del microcontrolador haciendo un clic en el botón “ Build”. En la ventana que aparece inmediatamente, aceptar los valores por defecto y hacer clic en “OK”.

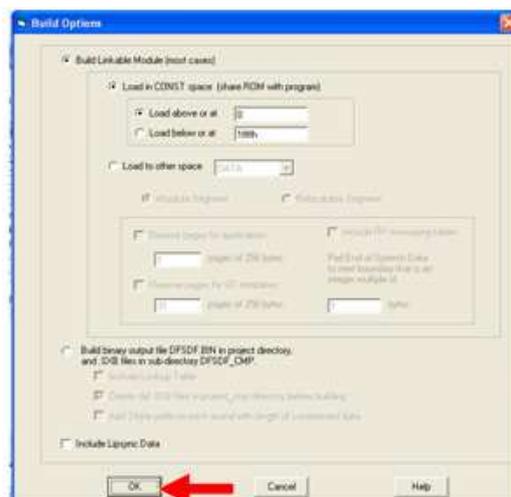


Figura 3-15 Ventana para construcción del proyecto.

- Crear los archivos necesarios en el mismo directorio seleccionado anteriormente y a continuación se despliega un aviso de la librería que van a requerir dichos archivos comprimidos.

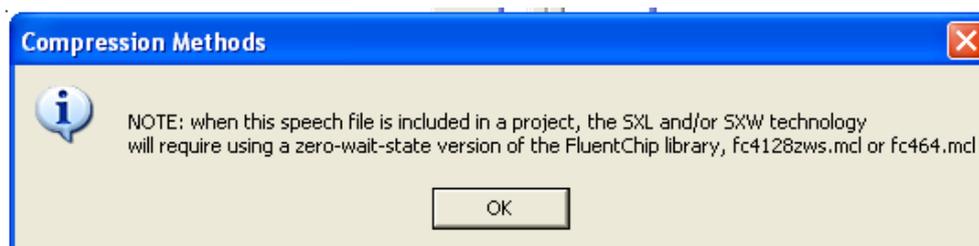


Figura 3-16 Ventana de recordatorio para selección de la librería respectiva.

Name	Size	Type	Date Modified
NUMEROS_cmp		File Folder	18/10/2010 16:37
NUMEROS_sim		File Folder	18/10/2010 16:37
NUMEROS	1 KB	H File	18/10/2010 16:37
NUMEROS	1 KB	INC File	18/10/2010 16:37
NUMEROS	12 KB	QuickSynthesis4 Pr...	18/10/2010 16:36
NUMEROS.MCA	22 KB	MCA File	18/10/2010 16:37
NUMEROS.MCO	21 KB	MCO File	18/10/2010 16:37

Figura 3-17 Archivos creados con el programa Quick Synthesis.

Después de la construcción de los archivos, éstos se hallan listos para ser compilados en un proyecto. Para el ejemplo, los archivos a ser utilizados por el microcontrolador principal son: **“NUMEROS.MCA, NUMEROS.INC y NUMEROS.MCO”**.

3.4 FLUENTCHIP: PROGRAMACIÓN DE CÓDIGO FUENTE PARA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL

La creación del programa del microcontrolador principal se realiza mediante las librerías FluentChip, las cuales permiten desarrollar el reconocimiento de voz tanto dependiente como independiente del usuario. El reconocimiento independiente se refiere a que puede reconocer a cualquier persona, mientras que el reconocimiento dependiente está dirigido a un usuario en particular.

3.4.1 RECONOCIMIENTO INDEPENDIENTE DEL USUARIO

Para realizar este tipo de reconocimiento, se utiliza el método de los modelos ocultos de Markov donde sus siglas en inglés son HMM (Hidden Markov Model), para ello se tiene la función T2SI, la misma que se fundamenta en los módulos de reconocimiento de voz antes descritos.

Función T2SI

Esta función posee los siguientes parámetros:

T2SI acousticModel, grammar, [knob], [timeout], [trailing]

- **acousticModel:** Se refiere a cual es la dirección o nombre del módulo a utilizar.
- **grammar:** Son las posibles frases a ser reconocidas, por lo cual puede ser una frase inicial, o frases comando.
- **Knob:** Se refiere al nivel de confianza, va desde 0 hasta 4.
 - **0:** *más suelto, es decir menos confianza, más errores.*
 - **2:** *nivel intermedio, valor típico.*
 - **4:** *más restrictivo, solo acepta palabras claras.*
- **Timeout:** Es el tiempo de escucha, por una frase.
 - *Va desde **1 a 254** en unidades de 1 segundo*
 - **0:** *significa que no existe tiempo de escucha.*
 - **T2SI_DEFAULT_TIMEOUT;** equivalente a 3 segundos
- **Triling (Opcional):** Tiempo mínimo de silencio en la finalización
 - **Mínimo** = 0.025 segundos
 - **Típico** = 8 = 200 mseg.
 - **Máximo** = 900 mseg.

Una vez realizado el respectivo reconocimiento se pueden tener varios valores de retorno entre los que se destacan:

➤ **A:**

- **ERR OK 00h:** Ejecutado exitosamente, alta confiabilidad
- **ERR RECOG MID CONF 13h:** Reconocimiento tiene un nivel mediano de confianza.
- **ERR RECOH LOW CONF 12h:** Reconocimiento con nivel bajo de confianza.
- **ERR DATACOL TIMEOUT 01h:** Durante el tiempo de reconocimiento no se reconoció nada.
- **ERR INT BLOCK 0FFH:** Reconocimiento interrumpido por el usuario.

➤ **b**

- Se ha reconocido una palabra ó se reconoció una palabra que no es similar a ninguna del vocabulario.

3.4.2 RECONOCIMIENTO DEPENDIENTE DEL USUARIO

Este tipo de reconocimiento fue utilizado en la tesis anterior para la activación y desactivación de la seguridad, el cual resulta efectivo cuando se desea discriminar entre una persona y otra. Pero dado que este proyecto va a ser instalado en una casa habitada por más de una persona, este tipo de reconocimiento no es de interés en esta investigación.

3.4.3 REPRODUCCIÓN DE MENSAJES

Para reproducir los mensajes que fueron previamente creados y procesados mediante el programa Quick Synthesis, se emplea una función muy simple denominada PlaySnd la cual se describe a continuación:

Función PlaySnd: Esta función posee los siguientes argumentos:

PlaySnd soundIndex, soundTableAddr [, volume]

- **soundIndex:** Es el nombre del archivo a reproducir dentro de la tabla de sonidos.
- **soundTableAddr:** Es el nombre de la tabla de sonido.
- **volume:** Permite seleccionar el volumen al que va a ser reproducido el archivo
 - **255:** valor por defecto, volumen máximo.
 - **128:** valor de volumen medio.

3.4.3.1 Códigos de error al momento de compilar programas

Con la finalidad de interpretar lo más rápidamente posible lo que puede estar ocurriendo cuando se presentan problemas en la construcción del código fuente, es conveniente tener un listado de los códigos de error.

Tabla 3-3 Códigos de error.

ERROR	TIPO DE ERROR	DESCRIPCIÓN
00	ERR_OK	No existe error
01	ERR_NOT_OK	Error en el procedimiento,
0x		Error en la colección de información
01	ERR_DATACOL_TIMEOUT	Expiró el tiempo, no se escucho nada
02	ERR_DATACOL_TOO_LONG	Demasiada información (memoria excedida)
03	ERR_DATACOL_TOO_NOISY	Demasiado ruido
04	ERR_DATACOL_TOO_SOFT	Sonido muy bajo
05	ERR_DATACOL_TOO_LOUD	Sonido muy alto
06	ERR_DATACOL_TOO_SOON	Sonido muy rápido
07	ERR_DATACOL_TOO_CHOPPY	Demasiados segmentos
09	ERR_DATACOL_BAD_SETUP	Asignación inválida

ERROR	TIPO DE ERROR	DESCRIPCIÓN
1x:		Error en el reconocimiento
11	ERR_RECOG_FAIL	Reconocimiento fallido
12	ERR_RECOG_LOW_CONF	Reconocimiento con nivel bajo de confianza, poco confiable
13	ERR_RECOG_MID_CONF	Reconocimiento con nivel medio de confianza
14	ERR_RECOG_BAD_TEMPLA TE	Plantilla inválida sd/sv
16	ERR_RECOG_SIMILAR	Similar a otra plantilla
17	ERR_RECOG_DURATION	Patrón dañado
18	ERR_RECOG_SIMILAR_SI	Similar a palabra T2SI
2x:		Error T2si
21	ERR_T2SI_EXCESS_STATES	Error interno
22	ERR_T2SI_BAD_VERSION	Error interno
23	ERR_T2SI_OUT_OF_RAM	Se alcanzó límite disponible de RAM
25	ERR_T2SI_OVERFLOW	Fuera del tiempo de procesamiento
26	ERR_T2SI_PARAMETER	Error interno
27	ERR_T2SI_NO_RT_LIPSYNC	No disponible información LipSync
29	ERR_T2SI_NN_TOO_BIG	Error interno
2^a	ERR_T2SI_NN_BAD_VERSIO N	Estructura de la red incompatible
2B	ERR_T2SI_NN_NOT_READY	Error interno
2C	ERR_T2SI_NN_BAD_LAYERS	Error interno
2D	ERR_T2SI_TRIG_OOV	Palabra inicial fuera del vocabulario
2E	ERR_T2SI_MISMATCH	Error interno
4x:		Error en la reproducción de mensajes de voz

ERROR	TIPO DE ERROR	DESCRIPCIÓN
4 ^a	ERR_SYNTH_BAD_VERSION	No existe el archivo de voz
4E	ERR_SYNTH_BAD_MSG	Archivo perdido

3.5 PROGRAMACIÓN BÁSICA PARA EL MICROCONTROLADOR PRINCIPAL CON EJEMPLO

Para mostrar cómo debe ser creado el código del microcontrolador principal se parte de un ejemplo que consiste en encender y apagar un led mediante la voz. En el ejemplo se demuestran las funciones y la utilización de los módulos tanto de reconocimiento de voz así como de mensajes grabados, los cuales fueron creados previamente. Los pasos a seguir se detallan a continuación:

- Dirigirse a la carpeta en donde fue instalado el programa FluentChip y sus librerías, ingresar a la subcarpeta **“bin”**. Éste por lo general se encuentra en: **“C:\Sensory\FC3_1_6\bin”**, en el cual se hallan los archivos mostrados.

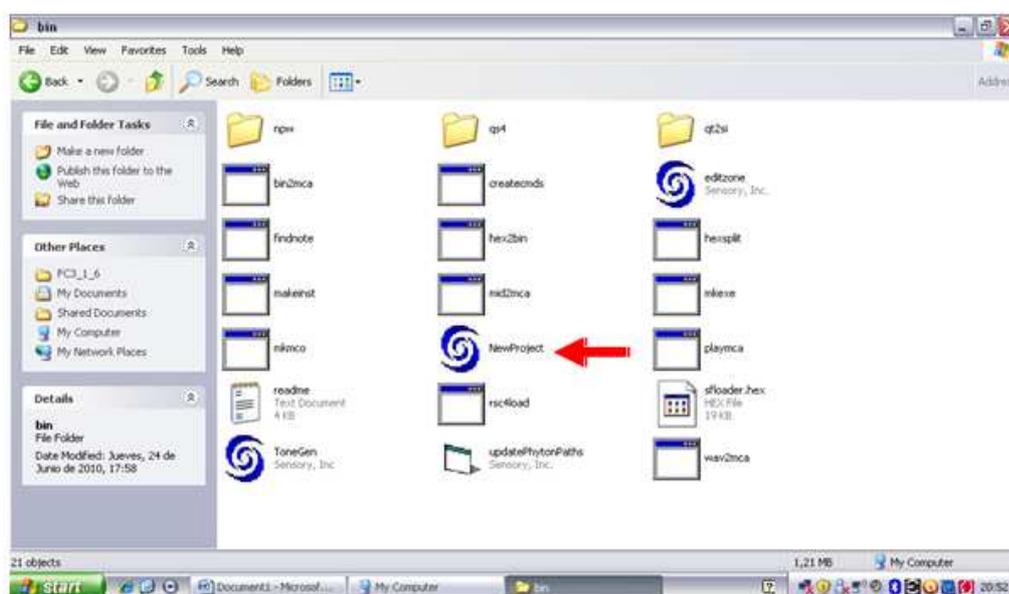


Figura 3-18 Archivos presentes en el directorio de instalación.

- Se da un doble clic en el icono “**NewProject**”, luego de lo cual aparece la siguiente pantalla, procediendo a seleccionar “**Copy a FluentChip sample Project**”.

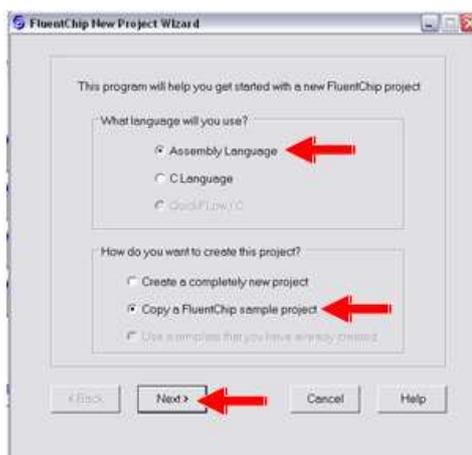


Figura 3-19 Pantalla de inicio para selección de nuevo proyecto.

- Inmediatamente aparece otra ventana, en donde se permite la selección del tipo de ejemplo del cual se desea partir, para nuestro propósito se selecciona “**T2SI – Text-to-Speaker_independent recognition**”,

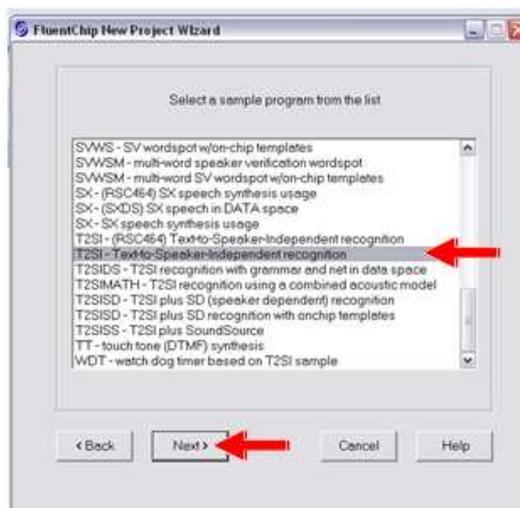


Figura 3-20 Pantalla para selección del tipo de ejemplo deseado.

- Luego se procede a dar un nombre al proyecto, se hace un clic en **“Finish”** y aparece una ventana en donde confirma el tipo de ejemplo creado, con su nombre y el lugar en donde fue guardado.

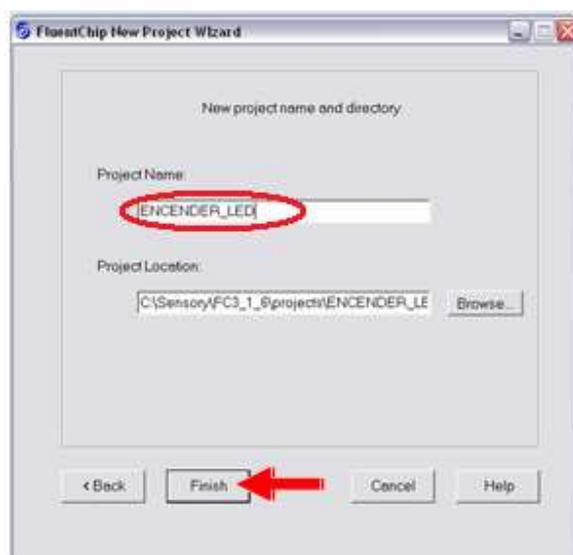


Figura 3-21 Pantalla para selección de nombre y directorio del proyecto de ejemplo.

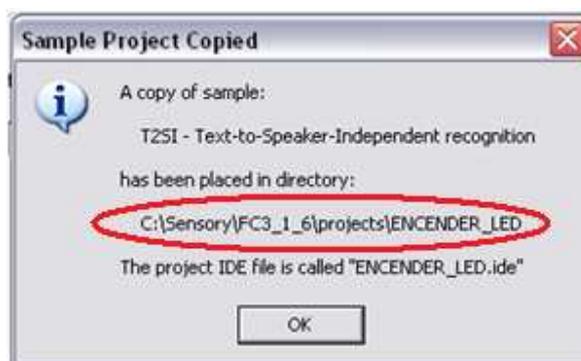


Figura 3-22 Pantalla de confirmación para el proyecto de ejemplo.

Al realizar estos pasos se tiene un proyecto que debería estar listo para ser compilado y grabado en el microcontrolador, pero dado que en el ejemplo se desea encender y apagar un led mediante la voz, se deben realizar ciertas modificaciones, para ello se continúa con los siguientes pasos:

- Dirigirse al directorio del ejemplo propuesto, en el cual se crearon varios archivos. Hacer un doble clic en el archivo; “ENCENDER_LED.IDE”.



Figura 3-23 Archivos creados para el proyecto de ejemplo.

- Inmediatamente se despliega la pantalla mostrada en la siguiente figura.

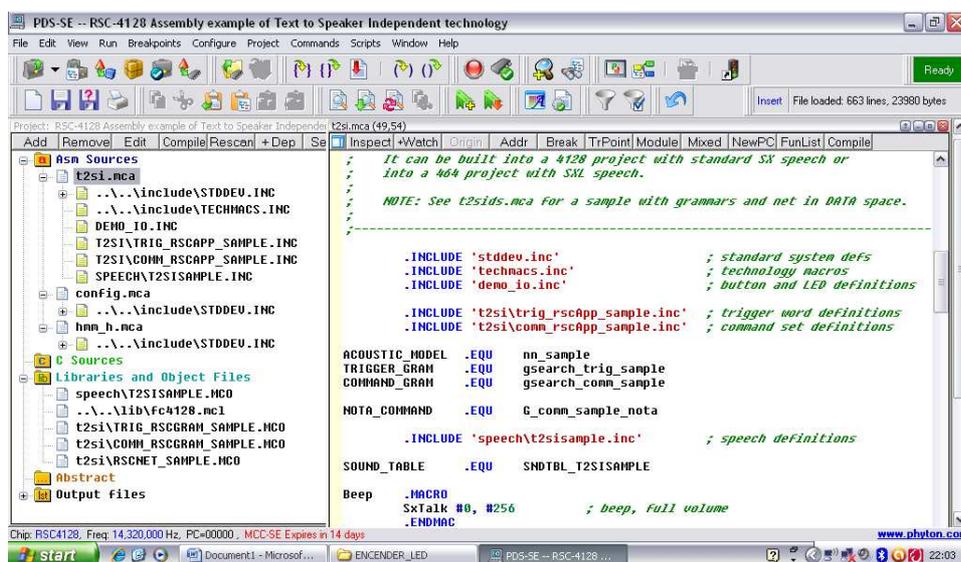
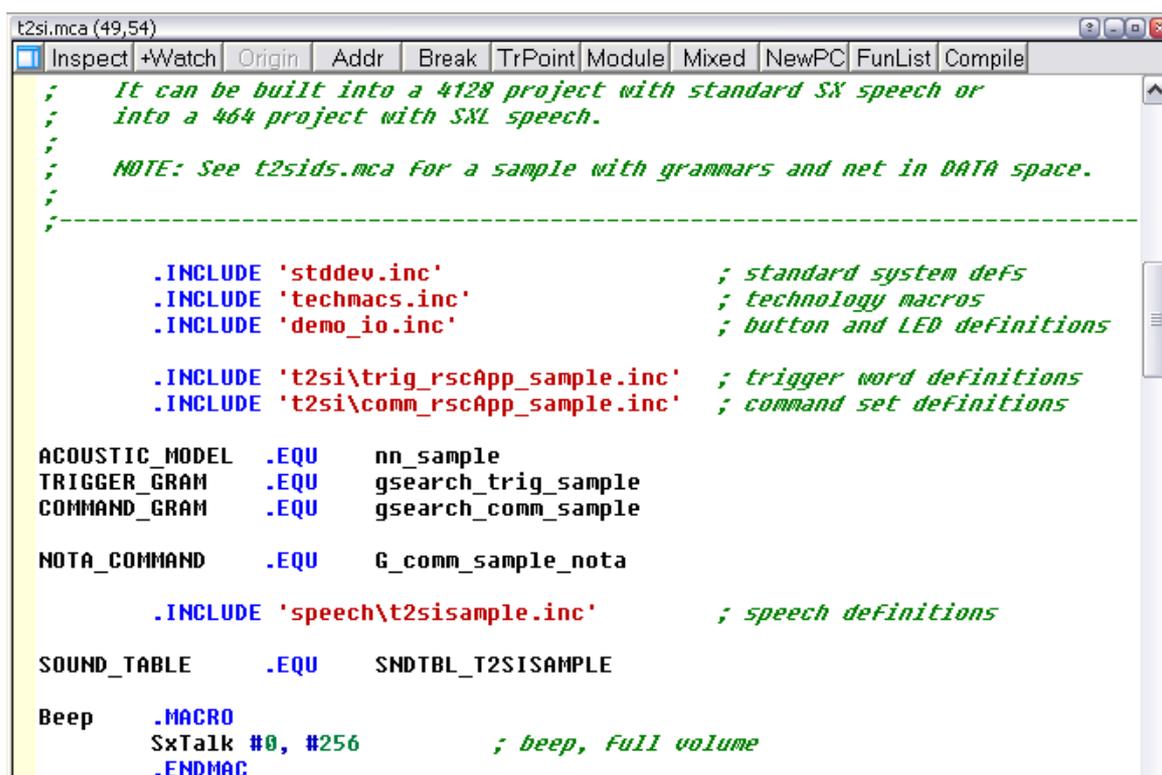


Figura 3-24 Programa FluentChip, con el proyecto de ejemplo generado.

De esta pantalla se debe reconocer lo siguiente:

- La ventana “**t2si.mca**”, en donde se escribe el código fuente para el microcontrolador, el nombre “t2si.mca” viene del ejemplo. Si fuese un proyecto nuevo, tendría el nombre que se le asigne.



```

t2si.mca (49,54)
Inspect +Watch Origin Addr Break TrPoint Module Mixed NewPC FunList Compile
; It can be built into a 4128 project with standard SX speech or
; into a 464 project with SXL speech.
;
; NOTE: See t2sids.mca for a sample with grammars and net in DATA space.
;
;-----
;
; .INCLUDE 'stddev.inc' ; standard system defs
; .INCLUDE 'techmacs.inc' ; technology macros
; .INCLUDE 'demo_io.inc' ; button and LED definitions
;
; .INCLUDE 't2si\trig_rscApp_sample.inc' ; trigger word definitions
; .INCLUDE 't2si\comm_rscApp_sample.inc' ; command set definitions
;
ACOUSTIC_MODEL .EQU nn_sample
TRIGGER_GRAM .EQU gsearch_trig_sample
COMMAND_GRAM .EQU gsearch_comm_sample
;
NOTA_COMMAND .EQU G_comm_sample_nota
;
; .INCLUDE 'speech\t2sisample.inc' ; speech definitions
;
SOUND_TABLE .EQU SNDTBL_T2SISAMPLE
;
Beep .MACRO
SxTalk #0, #256 ; beep, full volume
.ENDMACRO

```

Figura 3-25 Ventana “t2si.mca”, utilizada para el código fuente del microcontrolador principal.

- La ventana de archivos incluidos en el proyecto, que se utiliza para confirmar los módulos que se encuentran vinculados al proyecto, ya sean módulos de reconocimiento de voz, audio e inclusive para confirmar la librería utilizada para reproducir el sonido. Al momento se encuentra seleccionada la librería “**fc4128.mcl**”, que como se mencionó anteriormente ésta se encuentra vinculada al tipo de compresión utilizado para los archivos de sonido.

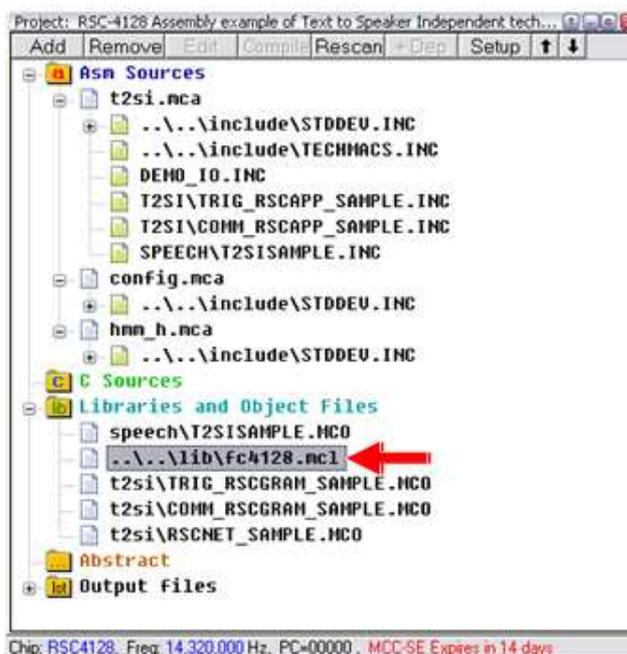


Figura 3-26 Ventana de archivos vínculos al proyecto de ejemplo.

- La ventana, “**DEMO.INC**”, la misma que se utiliza para definir las variables a ser empleadas en los puertos de salida o de entrada.

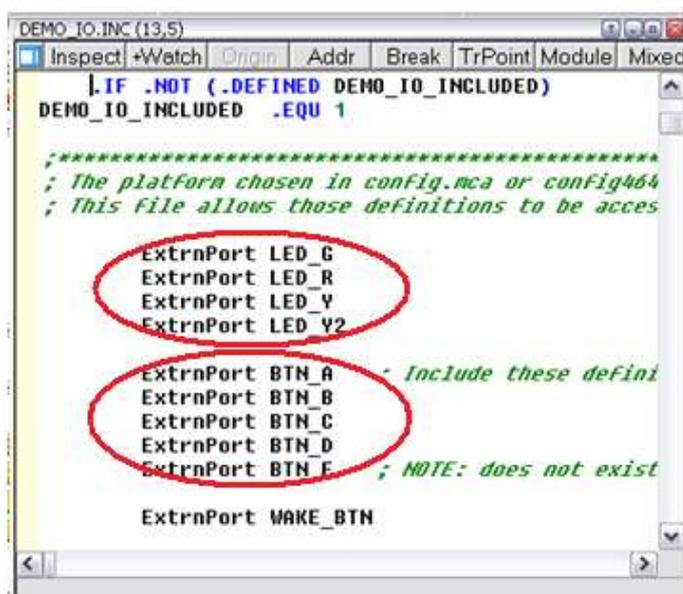


Figura 3-27 Ventana “DEMO.INC, utilizada para definir variables de entrada o salida.

- La ventana “*config.mca*”, la misma que es utilizada para definir los pines a ser empleados, ya sean como entradas o como salidas.

```

config.mca (88,10)
Inspect Watch Output Addr Break TrPoint Module Mixed
.IF DEND_EVAL_2  defin devices available on DE

--Buttons--
DefPort BTN_A, p2, 4, INPUT, STRONG
DefPort BTN_B, p2, 5, INPUT, STRONG
DefPort BTN_C, p2, 6, INPUT, STRONG
DefPort BTN_D, p2, 7, INPUT, STRONG
DefPort BTN_E, p8, 2, INPUT, STRONG
AliasPort WAKE_BTN, BTN_E

WAKE_PORT .EQU WAKE_BTN_port
ConstPublicToC WAKE_PORT
WAKE_BTN .EQU WAKE_BTN_bit
ConstPublicToC WAKE_BTN

--LEDs--
DefPort LED_G, p2, 0, OUTPUT, 0
DefPort LED_V, p2, 1, OUTPUT, 0
DefPort LED_Y2, p2, 2, OUTPUT, 0
DefPort LED_R, p2, 3, OUTPUT, 0

Cheg: R5C4128, Freq 14,320,000 Hz, PC=00000, MCC-SE Express in 14 days

```

Figura 3-28 Ventana “*config.mca*”, utilizada para definir pines de entrada y de salida.

- Anteriormente se indicó que el proyecto en sí ya se encontraba listo para ser compilado, esto se comprueba dando un clic en la pestaña “*Project*”, y se selecciona “*Build all*”.

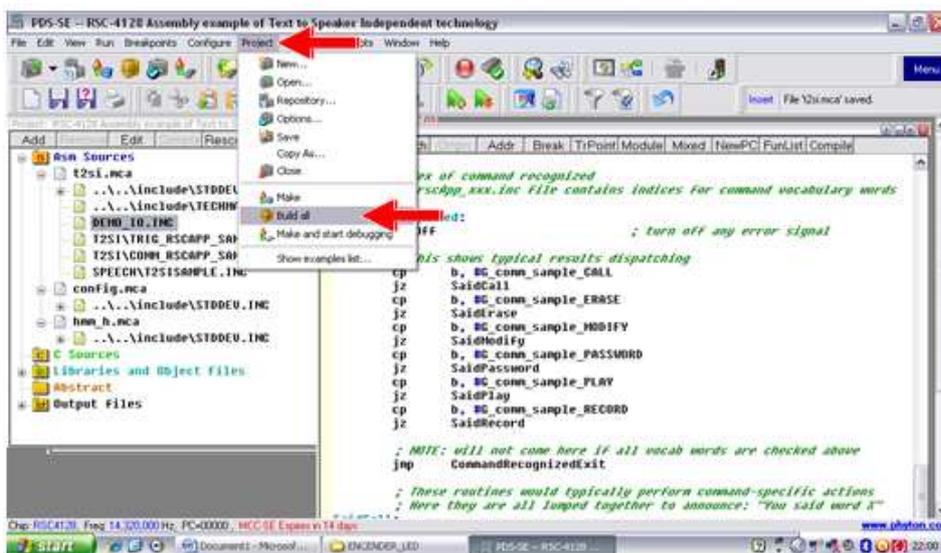


Figura 3-29 Compilación del proyecto de ejemplo.

- En el caso de estar correcta la programación se presenta la siguiente figura, indicando con ello que el proyecto está listo para ser grabado en el microcontrolador.



Figura 3-30 Confirmación de compilación exitosa.

- Como un ejemplo se elimina la librería mencionada anteriormente, la cual se utiliza para la compresión de los archivos de audio, y se procede a compilar el proyecto. En este caso el programa señala que hay errores indicando que falta la librería **“fc4128.mcl”**.

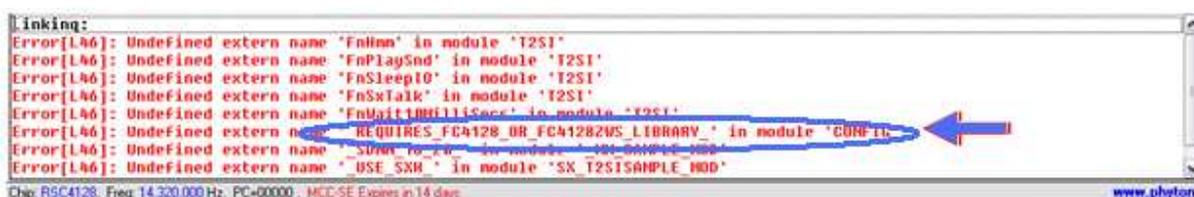


Figura 3-31 Ventana de error, muestra requerimiento de librería faltante.

- Puesto que se desea que el microcontrolador encienda un led al momento de escuchar una palabra, se debe añadir ciertas instrucciones en la programación del archivo **“t2si.mca”**. Para diferenciar entre las palabras reconocidas, se hace que para la primera palabra titile una vez el led, para la segunda éste titile dos veces y así sucesivamente.

SaidCall:**Encender_led ;SE ENCIENDE 1 VEZ****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****SaidErase:****Encender_led ;SE ENCIENDE 2 VECES****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****SaidModify:****Encender_led ; SE ENCIENDE 3 VECES****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****SaidPassword: ; SE ENCIENDE 4 VECES****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****SaidPlay:****Encender_led; SE ENCIENDE 5 VECES****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****SaidRecord:****Encender_led; SE ENCIENDE 6 VECES****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50****Encender_led****Wait10MilliSecs #50****Apagar_led****Wait10MilliSecs #50**

<i>Encender_led</i>	<i>Encender_led</i>
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	<i>Wait10MilliSecs #50</i>
<i>Apagar_led</i>	<i>Apagar_led</i>
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	
<i>Encender_led</i>	
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	<i>mov a, b</i>
<i>Apagar_led</i>	<i>mov b, #0</i>
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	<i>addW ab, #SND_ysword01-1</i>
<i>Encender_led</i>	<i>PlaySnd ab, #SOUND_TABLE ;</i>
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	<i>announce result</i>
<i>Apagar_led</i>	<i>CommandRecognizedExit:</i>
<i>Wait10MilliSecs #50</i>	<i>jmp WaitForTrigger</i>

- Adicionalmente en el archivo "DEMO.INC", se agrega lo siguiente, en donde corresponda:

```

DEMO_IO_INCLUDED .EQU 1
;*****
; The platform chosen inconfig.mca
ExtrnPort LED_NUEVO

; LED MACROS

Encender_led .MACRO
    setB LED_NUEVO
.ENDMAC

;*****

Apagar_led .MACRO
    clrB LED_NUEVO
.ENDMAC

```

- Finalmente en el archivo “*config.mca*”, se declara el pin (p1, 0) el cual se utiliza para colocar el led, para lo cual se agrega lo siguiente en donde corresponda:

```
.IF DEMO_EVAL_2
```

```
;------LED NUEVO-----
```

```
DefPort LED_NUEVO, p1,0, OUTPUT,0
```

```
;------BUTTONS-----
```

3.6 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Lo que se pretende con este proyecto es obtener un sistema que pueda ser controlado exclusivamente mediante la voz, es decir, sin la necesidad de presionar absolutamente ningún botón, para ello la interacción entre el usuario con el sistema se realiza únicamente por medio de comandos de voz, mientras que para la respuesta desde el sistema hacia el usuario, éste realiza las acciones indicadas y las confirma reproduciendo mensajes de voz hacia el usuario.

3.6.1 EL SISTEMA

Uno de los aspectos fundamentales del sistema es que la interacción entre el usuario con el sistema se realiza solamente mediante la voz, motivo por el cual no es necesario disponer de un teclado o de cualquier otro tipo de ingreso de datos manual. La respuesta por parte del sistema, como confirmación para los comandos reconocidos, se realiza mediante mensajes audibles y visibles, entre éstos se encuentran los mensajes de voz previamente grabados y las alertas luminosas mediante leds.

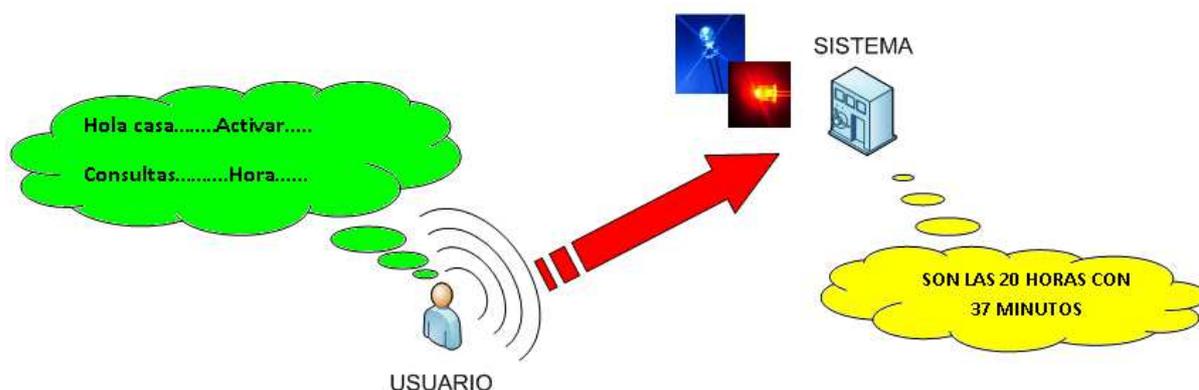


Figura 3-32 Funcionamiento del sistema.

3.6.1.1 Generalidades del sistema

Mantenimiento del Reloj

Dado que el microcontrolador principal va a ser el encargado de mantener los aspectos de reloj y fecha igualados, éste se va a encontrar en constante funcionamiento y a la escucha de cualquier solicitud por parte del usuario. A este modo de operación se la va a denominar *“modo normal de escucha”* para próximas referencias.

Indicaciones luminosas y alerta sonora

El sistema dispone de dos tipos de indicaciones luminosas, la primera son leds de color azul, los cuales se encienden para indicar al usuario que el sistema se encuentra en modo de reconocimiento, es decir a la espera de un comando, mientras que la segunda son leds rojos los cuales se utilizan para indicar que existe un problema con el reconocimiento de un comando y que se debe volver a pronunciarlo.

Para complementar la función de seguridad provista por el sistema, ambas indicaciones luminosas van a parpadear cuando la contraseña para desactivar la seguridad haya sido pronunciada incorrectamente.

La alerta sonora se presenta siempre antes de empezar el reconocimiento de un comando. En este caso el sistema emite un “Beep”. Igual sucede como complemento a las señales luminosas rojas, cuando un comando haya sido pronunciado de manera incorrecta y se tenga que volver a repetirlo.

Reconocimiento de comandos fallido

Si el sistema al momento de encontrarse a la escucha de un comando no reconoce correctamente el mismo, éste emite un “Beep” e inmediatamente enciende los leds rojos indicando que existió un error en el reconocimiento. A continuación concede una nueva oportunidad al usuario para pronunciar el mismo. El sistema permite tres intentos, luego de los cuales en el caso de no reconocer ningún comando, regresa al modo normal de escucha.

3.6.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES DEL SISTEMA

Las principales actividades que cumple el sistema son las siguientes:

- Control de luminarias
- Consultas parlantes
- Control de seguridad
- Configuración del sistema

3.6.2.1 Control de luminarias

El sistema dispone de dos métodos para el encendido y apagado de luminarias, el primero es mediante comandos de voz, es decir, indicando al sistema que se desea encender o apagar una determinada luminaria, mientras que el segundo método aprovecha los sensores de movimiento instalados en cada habitación, y que de acuerdo a la hora del día el microcontrolador se encarga de encender o no automáticamente las luminarias. El horario de encendido automático de luminarias por sensado de movimiento está programado desde las 18h00 hasta las 06h00. Las

luminarias de la habitación permanecen encendidas mientras continúe el movimiento o hasta un minuto después de que se haya terminado su detección.

3.6.2.1.1 Encendido y apagado de luminarias mediante comandos de voz

Para ello se siguen los pasos expuestos en el Anexo A, los cuales se describen a continuación:

- Ingresar al sistema pronunciando “Hola Casa”.
- Con los leds azules encendidos como modo de respuesta ante el comando anterior, se pronuncia “Activar”.
- Como respuesta el sistema apaga los leds azules, y emite el mensaje “Bienvenido. ¿qué desea realizar?”, a continuación emite un “Beep” e inmediatamente enciende los leds azules, el usuario debe proceder a pronunciar “Controlar luces”.
- A continuación el sistema primero apaga los leds azules y pregunta si se desea encender o apagar las luces. Se espera escuchar un “Beep” y que se enciendan los leds azules, e inmediatamente se pronuncia “Encender/Apagar”.
- El sistema inmediatamente apaga los leds azules y procede a preguntar el lugar en donde se desea ya sea “Encender/Apagar”, confirmando de esta manera que escuchó el comando correcto. Inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos se pronuncia el lugar, ya sea “la sala”, “la cocina”, “el comedor” o “el dormitorio”.
- El sistema primero apaga los leds azules y procede a verificar si la acción solicitada por el usuario no se encuentra actualmente en ejecución, es decir si el usuario desea encender/apagar una luminaria que ya se encuentra encendida/apagada, en este caso el sistema responde con un mensaje indicando que esta luminaria ya se encuentra encendida/apagada. Caso contrario el sistema encenderá la luminaria y emitirá un mensaje confirmando la acción realizada. Después de cualquiera de los casos el sistema vuelve al modo normal de escucha.

3.6.2.2 Consultas parlantes

El sistema también permite realizar consultas respecto a la hora, la fecha calendario e inclusive la temperatura al interior del hogar.

Para ello se debe seguir los pasos expuestos en el Anexo B, los cuales se describen a continuación:

- Ingresar al sistema pronunciando “Hola Casa”.
- Con los leds azules encendidos como modo de respuesta ante el comando anterior, se pronuncia “Activar”.
- El sistema después de apagar los leds azules, reproduce el mensaje “Bienvenido, ¿qué desea realizar?”, inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos, se pronuncia “Realizar Consultas”.
- A continuación el sistema primero apaga los leds azules y pregunta “¿Qué desea conocer?”, se espera un “Beep” y que se enciendan los leds azules, e inmediatamente de acuerdo con lo que se desea conocer, se pronuncia “Hora actual/Día de hoy/Temperatura interna/Configurar aspectos”.
- El sistema inmediatamente apaga los leds azules y responde a la consulta solicitada, ya sea anunciando la hora, la fecha o la temperatura, e inmediatamente regresa al modo normal de escucha.
- De haberse pronunciado por parte del usuario la frase “Configurar aspectos”, primero se apagan los leds azules, de esta manera se ingresa en el modo que permite igualar la hora o la fecha, el sistema como respuesta pregunta “¿Qué desea configurar, la hora o la fecha?”, e inmediatamente reproducirá un “Beep” y encenderá los leds azules.
- Si se pronuncia “Hora actual”, el sistema inmediatamente responde “La Hora, son las cero horas”, inmediatamente suena un “Beep” y enciende los leds azules, el usuario puede incrementar las horas ya sea de uno en uno, de cinco en cinco o de diez en diez, para ello en esta parte simplemente tiene que pronunciar “Más uno/Más cinco/Más diez”. El sistema primero apaga los leds

azules e inmediatamente incrementa la hora. Anuncia la nueva hora, reproduce un “Beep”, enciende los leds azules y se queda a la espera de un comando, aquí el usuario puede continuar aumentando la hora y seguir el mismo ciclo hasta llegar a la hora deseada, o confirmar la hora reproducida por el sistema pronunciando “Confirmar”, el sistema apaga los leds azules e inmediatamente continua con la parte que corresponde a igualar los minutos la cual funciona de la misma manera, con incrementos de a uno, de a cinco y de a diez. El usuario tiene que continuar aumentando los minutos hasta llegar al minuto deseado, una vez aquí el usuario debe pronunciar “Confirmar”. Finalmente el sistema anuncia la hora actual y vuelve al modo normal de escucha.

- En cambio si se pronuncia “Día de hoy”, al igual que para la hora éste funciona con incrementos de a uno, de a cinco y de a diez, empezando configurando el día de la semana (Lunes, Martes, ..., Domingo), continuando con los días del mes (1,2,3,....., 31), luego con el respectivo mes (Enero, Febrero, ..., Diciembre) y finalmente por el año actual (2010, 2011,, 2030) Para configurar correctamente el usuario simplemente debe esperar el momento en que estén encendidos los leds azules e inmediatamente utilizar los comando de voz “Más uno/Más cinco/Más diez/Confirmar”. Una vez terminada la configuración de la fecha, el sistema anuncia la fecha actual y regresa al modo normal de escucha.

3.6.2.3 Control de seguridad

Como se describió anteriormente la seguridad al interior del hogar es proporcionada por el sistema por intermedio de la red de sensores de movimiento y mediante la simulación de presencia.

En cuanto a lo que se refiere a los sensores de movimiento, al estar activada la seguridad al interior del hogar, éstos se van a encargar de sensar cualquier posible movimiento en búsqueda de cualquier persona mal intencionada. Al momento de

detectar un intruso, el sistema espera un tiempo prudente de 10 segundos, para que el propietario de la vivienda tenga el tiempo suficiente para dirigirse a un área de cobertura del subsistema de micrófonos y poder desactivar la seguridad. En el caso de ser una persona mal intencionada, ésta no conocería la clave ni como interactuar con el sistema, con lo cual al fallar con la contraseña el sistema activaría la sirena para alertar a todas las personas que se encuentren tanto en el interior como en el exterior del hogar.

La simulación de presencia como se describió anteriormente se realiza mediante el encendido y apagado de luminarias, la misma que dispone de una sola secuencia pero con diferentes principios. Esta secuencia va a estar dividida en 7 partes, las cuales están estrechamente relacionadas con el día de la semana en el cual la alarma es activada. Es así que aleatoriamente se ha dispuesto la tabla 3.4, en la cual se describe cómo se va a desempeñar la secuencia de acuerdo al día en que es activada la seguridad.

En la tabla 3.4, el campo “Encendida” se refiere al tiempo durante el cual las luminarias van a permanecer encendidas, mientras que el campo “Hasta encender”, se refiere al tiempo que debe de transcurrir desde que fue activada la alarma hasta que se enciendan por primera vez las respectivas luminarias.

Tabla 3-4 Forma de operación de la simulación de presencia.

COMIENZO DE SECUENCIA SEGÚN DÍA	TIEMPO [MINUTOS].		LUMINARIAS: ENCENDIDAS=(I)/APAGADAS=(O)			
	ENCENDIDA	HASTA ENCENDER	SALA	COCINA	COMEDOR	DORMITORIO
LUNES	2	9	O	I	O	O
MARTES	1	51	O	I	O	I
MIÉRCOLES	4	37	I	O	O	O
JUEVES	2	96	O	O	I	O
VIERNES	3	74	O	I	I	O
SÁBADO	2	114	I	O	O	I
DOMINGO	1	63	I	O	I	O

Una vez que se han apagado las luces iniciales de la secuencia, ésta continúa el ciclo como si se tratase del siguiente día, se espera el tiempo asignado hasta encender las respectivas luminarias y éstas se encienden para dicha etapa, transcurre el tiempo asignado en la tabla e inmediatamente se apagan las luminarias y así indefinidamente hasta que la seguridad sea desactivada.

Por ejemplo: si la seguridad es activada un día miércoles a las 22 horas con 6 minutos, las luminarias de la sala se encenderán a las 22 horas con 43 minutos, permanecerán encendidas hasta las 22 horas con 47 minutos. Las luminarias del comedor se encenderán a las 0 horas con 23 minutos, permanecerán encendidas hasta las 0 horas con 25 minutos y así sucesivamente continuando la respectiva secuencia indefinidamente.

Es importante destacar en el ejemplo anterior, que el funcionamiento también depende de la hora a la que es activada la seguridad, de esta manera se agrega mayor aleatoriedad en cuanto a lo que se refiere a la simulación de presencia, haciendo aún más difícil el aprenderse la secuencia que utiliza el sistema.

3.6.2.3.1 Activación y configuración de Seguridad

Para ello se siguen los pasos expuestos en el Anexo C, los cuales se describen a continuación:

- Ingresar al sistema pronunciando “Hola Casa”.
- Con los leds azules encendidos como modo de respuesta ante el comando anterior, se pronuncia “Activar”.
- Después de recibir la respuesta del sistema con el mensaje “Bienvenido, ¿qué desea realizar?”. Se escucha un “Beep” y con los leds azules encendidos, se pronuncia “Habilitar Seguridad”.
- A continuación el sistema pregunta si se desea “Activar o configurar”, se espera un “Beep” y que se enciendan los leds azules.

- Si se desea habilitar la seguridad, se pronuncia “Activar”. El sistema inmediatamente responde solicitando la contraseña respectiva diciendo “Diga la contraseña, diga el primer número” e inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos se pronuncia el primer número de la contraseña.
 - El sistema inmediatamente solicita el siguiente número diciendo “Diga el siguiente número” e inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos se pronuncia el segundo número de la contraseña, se continúa con este proceso durante una vez más.
 - El sistema comprueba los números pronunciados con aquellos que han sido previamente configurados, si coinciden el sistema emite el mensaje “Seguridad Activada” y pasa al modo de seguridad, caso contrario emite el mensaje “Error en la contraseña” y vuelve a su modo normal de escucha.
- Si se desea configurar la seguridad, es decir cambiar la contraseña, se debe pronunciar “Cambiar clave”. el sistema inmediatamente responde solicitando la contraseña previa diciendo “Diga la contraseña anterior, diga el primer número” e inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos se pronuncia el primer número de la contraseña.
 - El sistema inmediatamente solicita el siguiente número diciendo “Diga el siguiente número” e inmediatamente después de escuchar un “Beep” y con los leds azules encendidos se pronuncia el segundo número de la contraseña, se continúa con este proceso durante una vez más.

El sistema comprueba los números pronunciados con los previamente configurados, si coinciden el sistema emite el mensaje “Contraseña confirmada, diga la nueva contraseña”. Inmediatamente el sistema solicita la nueva contraseña, la cual debe de ser ingresada de la misma manera, una vez que se han ingresado los tres números el sistema repite la nueva contraseña y vuelve al modo normal de escucha, caso contrario el sistema emite el mensaje “Error en la contraseña” y de igual manera regresa a su modo normal de escucha.

3.6.2.4 Configuración de la rigurosidad del sistema

El sistema permite al usuario configurar la rigurosidad con la cual va a ser procesado el reconocimiento de voz. Se puede establecer el mismo para que de acuerdo al nivel de ruido presente en el hogar, el sistema sea más restrictivo, aceptando únicamente palabras que hayan sido pronunciadas rigurosamente, o configurando el mismo para que sea un poco más permisivo en cuanto al reconocimiento de voz. Se debe tener en cuenta que la rigurosidad a ser configurada solo afecta a las palabras o frases comando y que este parámetro debe ser configurado adecuadamente para evitar errores en lo que respecta al reconocimiento, causando una incorrecta interacción entre el sistema con el usuario.

3.6.2.4.1 Configuración de la rigurosidad del sistema

Para ello se siguen los pasos expuestos en el Anexo D, los cuales se describen a continuación:

- Ingresar al sistema pronunciando “Hola Casa”.
- Con los leds azules encendidos como modo de respuesta ante el comando anterior, se pronuncia “Activar”.
- El sistema inmediatamente apaga los leds azules, y emite el mensaje “Bienvenido, ¿que desea realizar?”. A continuación se escucha un “Beep” y se encienden los leds azules. En este punto el usuario debe pronunciar “Configurar Sistema”.
- El sistema emite un mensaje indicando que se va a proceder con la configuración de la rigurosidad para el reconocimiento.
- A continuación el sistema primero apaga los leds azules y emite el valor actual, comenzando desde el valor más bajo para el reconocimiento, el mismo que va desde 0 hasta 4. Inmediatamente emite un “Beep” y enciende los leds azules, a continuación se debe pronunciar “Más uno/Confirmar”.
 - Si se pronuncia “Más uno”, el sistema primero apaga los leds azules, incrementa el valor actual de la rigurosidad y anuncia el valor actual del

mismo. En el caso de ser más de 4, el sistema se resetea a 0 y continua con el proceso de configuración, enciende los leds azules y queda listo para escuchar el siguiente comando.

- Al pronunciar “Confirmar”, el sistema apaga los leds azules, configura el valor actual de rigurosidad para todas las funciones relacionadas con el reconocimiento de voz, emite un mensaje confirmando el valor seleccionado, y el sistema vuelve al modo normal de escucha.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS OBTENIDOS

En este capítulo se describen las pruebas realizadas al sistema una vez que han sido diseñados previamente tanto el hardware como el software.

Se procede a realizar pruebas a todas las funciones del sistema, bajo condiciones de ruido ideales, es decir sin sonidos de fondo. También se realizan bajo condiciones de ruido moderado, ya sea con una televisión o un radio con volumen aceptable y con personas conversando empleando un tono de voz moderado en las habitaciones aledañas al cuarto en el cual va a interactuar el usuario con el sistema.

Para ambas condiciones descritas anteriormente, se comprueba el desempeño del sistema mediante dos formas. La primera de ellas consiste en realizar pruebas unipersonales, con la finalidad de evidenciar el desempeño del sistema respecto a la distancia entre el usuario y los micrófonos. La segunda consiste en realizar pruebas con un grupo de personas, de diferentes edades y género, con la finalidad de comprobar todas las funcionalidades del sistema, demostrando que éste se desempeña correctamente e independiente del usuario.

Para todas las pruebas, se utiliza el símbolo **1** para representar aquellas que resultaron ser exitosas y que se consiguió lo deseado ó un **0** para indicar que existe un error en dicha prueba y que el resultado no fue el esperado.

4.1 PRUEBAS UNIPERSONALES REALIZADAS A LAS FUNCIONES DEL SISTEMA

Tal como se mencionó anteriormente, el objetivo de estas pruebas es el de comprobar el funcionamiento del sistema respecto a la distancia entre el usuario y los micrófonos colocados en las habitaciones del hogar, tanto para condiciones ideales de ruido así como con ruido moderado. Para las pruebas se considera a un único

usuario, quien interactúa con el sistema 400 veces para cada una de las cuatro funciones del mismo, dando un total de 1600 pruebas. De cada 400 veces que se prueba con una función, 100 pruebas se efectúan en cada una de las cuatro habitaciones del hogar, de las cuales, 50 veces se realizan en condiciones de ruido ideal y las 50 veces restantes en condiciones de ruido moderado. De cada una de estas 50 veces, el usuario comprueba el funcionamiento en 25 ocasiones a menos de un metro de distancia de los micrófonos, y para las 25 restantes el usuario se encuentra a una distancia mayor a tres metros con respecto a los micrófonos.

4.1.1 PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE LUMINARIAS

Para comprobar esta funcionalidad, el usuario procede a controlar el encendido y apagado de luminarias mediante la pronunciación de los comandos de voz antes descritos.

En el Anexo E, se muestran los resultados para estas pruebas, obteniéndose en condiciones ideales de ruido de fondo un 93% de eficiencia del sistema para menos de un metro de distancia de los micrófonos y para una distancia superior a los tres metros se dispone de un 84% de eficiencia. Bajo condiciones con ruido moderado se alcanza un 61% de eficiencia para una distancia menor a un metro de los micrófonos y un 39% de eficiencia para una distancia mayor a tres metros.

4.1.2 PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE CONSULTAS

Para comprobar esta funcionalidad, el usuario procede a controlar las consultas parlantes así como también la configuración de reloj y fecha mediante la pronunciación de los comandos de voz antes descritos.

En el Anexo F, se muestran los resultados de estas pruebas, obteniéndose en condiciones ideales de ruido de fondo un 96% de eficiencia del sistema para menos de un metro de distancia de los micrófonos, y para una distancia superior a los tres metros se dispone de un 88% de eficiencia. Bajo condiciones con ruido moderado se

alcanza un 59% de eficiencia para una distancia menor a un metro de los micrófonos y un 37% de eficiencia para una distancia mayor a tres metros.

4.1.3 PRUEBAS: CONTROL UNIPERSONAL DE SEGURIDAD

Para comprobar esta funcionalidad, el usuario procede a activar la seguridad y a configurar la contraseña mediante la pronunciación de los comandos de voz antes descritos.

En el Anexo G, se muestran los resultados de estas pruebas, obteniéndose en condiciones ideales de ruido de fondo un 89% de eficiencia del sistema para menos de un metro de distancia de los micrófonos, y para una distancia superior a los tres metros se dispone de un 71% de eficiencia. Para condiciones con ruido moderado se alcanza un 42% de eficiencia para una distancia menor a un metro de los micrófonos y un 23% de eficiencia para una distancia mayor a tres metros.

4.1.4 PRUEBAS: CONFIGURACIÓN UNIPERSONAL DE LA RIGUROSIDAD DEL SISTEMA

Para comprobar esta funcionalidad, el usuario procede a configurar la rigurosidad del sistema mediante la pronunciación de los comandos de voz antes descritos.

En el Anexo H, se muestran los resultados de estas pruebas, obteniéndose en condiciones ideales de ruido de fondo un 94% de eficiencia del sistema para menos de un metro de distancia de los micrófonos, y para una distancia superior a los tres metros se dispone de un 89% de eficiencia. Bajo condiciones con ruido moderado se alcanza un 47% de eficiencia para una distancia menor a un metro de los micrófonos y un 23% de eficiencia para una distancia mayor a tres metros.

4.2 PRUEBAS MULTIPERSONALES REALIZADAS A LAS FUNCIONES DEL SISTEMA

El sistema está diseñado para funcionar independientemente del usuario es decir, sin importar el género, la edad, etc., por lo cual se realizan las pruebas con un grupo de diez personas, con edades diferentes, las mismas que previamente son instruidas respecto a las funciones, forma de interacción, significado de las señales luminosas y comandos a ser utilizados.

Para comprobar el funcionamiento del sistema, cada uno de los usuarios seleccionados realiza 24 pruebas a una distancia menor a un metro de los micrófonos, de éstas 12 son en condiciones de ruido ideales, y el resto bajo condiciones de ruido moderado. Este grupo de doce pruebas hace referencia a las cinco funciones del sistema: configuración de rigurosidad, encendido/apagado de luces, consultas parlantes, activación y desactivación de seguridad, dichas funciones son comprobadas aleatoriamente en las habitaciones del hogar.

4.2.1 PRUEBAS: CONTROL MULTIPERSONAL DE LUMINARIAS

Para comprobar esta funcionalidad, los usuarios proceden a controlar el encendido y apagado de luminarias mediante la pronunciación de los comandos de voz antes descritos. Se realiza este procedimiento tanto en condiciones ideales como lo son sin ruido y con un ruido moderado, para ello los usuarios van a encender y a apagar dos luminarias. Las mismas que van a ser controladas aleatoriamente desde las distintas habitaciones del hogar, comprobando de esta manera que la funcionalidad del sistema no se limita a una determinada habitación al interior del hogar y que trabaja adecuadamente para todas las habitaciones.

De las pruebas realizadas, como se puede apreciar en el Anexo I, se alcanza un 92.5% de eficiencia del sistema en condiciones ideales sin ruido de fondo, mientras que para las pruebas con ruido moderado se logra un 85% de eficiencia.

4.2.2 PRUEBAS: CONSULTAS PARLANTES MULTIPERSONALES

Al igual que con las luminarias, cada usuario realiza cuatro pruebas concernientes con esta funcionalidad, una desde cada habitación del hogar, entre éstas se destacan el preguntar respecto a la hora, fecha, temperatura y configuración tanto de la hora como la fecha. De igual manera estas pruebas se realizan en condiciones de ruido tanto ideal como moderado.

En el Anexo J se presentan los resultados de las pruebas de esta actividad. En condiciones de ruido ideales se observa que se alcanza una eficiencia del 90%, mientras que para las pruebas con ruido moderado se consigue una eficiencia del 82.5%.

4.2.3 PRUEBAS: CONTROL MULTIPERSONAL DE SEGURIDAD

En cuanto a esta funcionalidad se tienen tres actividades, la configuración, la activación y desactivación de la seguridad, para ello, cada usuario va a ejecutarlas una por una pero desde distintas habitaciones. Para la prueba de desactivación, intencionalmente se escoge una determinada habitación, con el fin de comprobar el correcto funcionamiento de los sensores de movimiento, al igual que para las otras funcionalidades, se realizan las pruebas tanto en condiciones ideales sin ruido como en condiciones de ruido moderado.

De acuerdo a lo que se puede apreciar en el Anexo K, se alcanza un 92.5% de eficiencia para el sistema en condiciones de ruido ideal, mientras que para condiciones de ruido moderado, se obtiene un 87.5% de eficiencia.

4.2.4 PRUEBAS: CONFIGURACIÓN MULTIPERSONAL DE RIGUROSIDAD

En cuanto a esta funcionalidad, cada usuario mediante los comandos de voz antes mencionados, realiza la configuración de rigurosidad desde cada una de las habitaciones. Se realizan las pruebas tanto en condiciones ideales sin ruido como en condiciones de ruido moderado.

Los resultados de estas pruebas se muestran en el Anexo L. Se alcanza un 90% de eficiencia para el sistema en condiciones de ruido ideal, mientras que para condiciones de ruido moderado se tiene un 80% de eficiencia.

4.3 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

De acuerdo a los resultados de las pruebas que se muestran en las respectivas tablas, se observa como era de esperarse, que el sistema presente la mayor eficiencia bajo condiciones de ruido ideales y con los usuarios a una distancia menor de un metro de los micrófonos.

Sin embargo, los resultados obtenidos a la misma distancia pero con ruido de fondo, tampoco son desalentadores. El ruido provocado por personas que conversan o por aparatos de música, radios o televisores encendidos son los que afectan en mayor medida al desempeño del sistema, pero gracias a la posibilidad de tener tres intentos para la pronunciación de cada uno de los comandos, disminuye la posibilidad de fallos, lo que incrementa considerablemente la eficiencia del sistema en condiciones de ruido.

Para distancias superiores a los tres metros entre los usuarios y los micrófonos para condiciones de ruido ideales, de acuerdo a los resultados obtenidos, la eficiencia del sistema disminuye considerablemente para las habitaciones más amplias como son la sala, la cocina e inclusive el comedor afectando las acciones deseadas por parte de los usuarios. Para el dormitorio la eficiencia del sistema se ve afectada en menor proporción, ésto se debe principalmente a que al ser una habitación cerrada la voz se propaga de una mejor manera dado las reflexiones en las paredes, permitiendo a los usuarios interactuar prácticamente desde cualquier lugar al interior del dormitorio.

Sin embargo para la misma distancia pero bajo condiciones con ruido de fondo, la eficiencia del sistema es demasiado baja como para poder ser utilizado.

De las pruebas multipersonales, se comprueba que el sistema funciona independientemente de los usuarios, es decir, aspectos como la edad y el género de los mismos no son factores determinantes para el correcto desempeño del sistema, lo más importante es una correcta pronunciación por parte del usuario, y el tener el conocimiento de cómo, cuándo y con cuáles comandos de voz interactuar con el sistema.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El sistema diseñado cumple con los objetivos propuestos en esta investigación, se ha logrado implementar un sistema domótico controlado exclusivamente por la voz, considerando un modelo de múltiples micrófonos y parlantes al interior del hogar, para control de la iluminación y la seguridad anti-intrusos empleando para ello sensores de movimiento y realizando la simulación de presencia.
- En lo que se refiere a la domótica, el sistema efectivamente aporta a la comodidad del usuario al interior del hogar. Se observa que el sistema interacciona con el usuario permitiéndole realizar cualquiera de las funciones que éste provee siempre que la persona se encuentre próximo a los micrófonos instalados dentro del hogar.
- Gracias a las facilidades provistas por el sistema, éste puede ser de gran ayuda para personas discapacitadas de locomoción que al ser activado totalmente mediante la voz, el usuario podrá controlar luminarias y la seguridad en el hogar y además realizar ciertas consultas básicas como fecha, hora local y temperatura.
- Además de todas las ventajas descritas anteriormente, al estar las luminarias controladas por el movimiento de los usuarios, éstas permanecerán apagadas en las habitaciones donde no exista la presencia de personas, permitiendo con ello un significativo ahorro de energía.

- Respecto al sistema mismo, éste se encuentra instalado en una casa real del Distrito Metropolitano de Quito. Para su implementación se requiere de varios subsistemas que garanticen el correcto funcionamiento del sistema, estos van a ser los encargados del control de luminarias, el control de sensores de movimiento, el control de los múltiples micrófonos y múltiples parlantes, el control de seguridad y finalmente el control del sensado de temperatura.
- Las indicaciones tanto luminosas como sonoras constituyen una gran ayuda al momento de la interacción entre el usuario y el sistema. Para lograr una correcta interacción entre el usuario con el sistema, y con la finalidad de minimizar acciones no deseadas por parte del mismo, se lo programa de tal manera para que ante un comando de voz mal pronunciado o que no haya podido ser interpretado correctamente, el usuario tenga la posibilidad de volver a pronunciarlo. Éstas permiten al usuario conocer el momento exacto en el cual deben pronunciar los respectivos comandos así como también para conocer el estado actual del sistema, es decir, si el comando pronunciado fue escuchado correctamente o si se requiere repetirlo una vez más.
- El sistema permite controlar las luminarias de dos maneras, la primera consiste en la interacción directa entre el usuario con el sistema mediante los comandos de voz, mientras que la segunda se fundamenta en el sistema de sensado de movimiento, el cual se encarga de enviar las respectivas señales al sistema. Al momento de detectar a algún individuo, el sistema procesa la señal y de acuerdo a la hora en la cual fue detectado el movimiento, se encarga de encender (18h00 – 06h00) o no las respectivas luminarias.
- Las redes tanto de micrófonos como de parlantes al interior del hogar funcionan correctamente debido fundamentalmente a las características propias del microcontrolador VR STAMP, el cual gracias a disponer de un preamplificador con control automático de ganancia, permite que los múltiples

micrófonos sean conectados directamente en paralelo, pudiendo de esta manera aumentar fácilmente el área de cobertura del sistema. Para los parlantes, se utiliza a la salida de audio del microcontrolador, un amplificador de audio de aquellos utilizados en una computadora de escritorio, en el cual luego de realizar ciertos ajustes en su salida se puede conectar algunos parlantes en paralelo, los mismos que van a ser distribuidos al interior del hogar.

- En cuanto a la seguridad, cabe recalcar que los aspectos como la simulación de presencia y la detección de intrusos mediante los sensores de movimiento, incrementan en gran medida la seguridad al interior del hogar. Al realizar de manera aleatoria la simulación de presencia, evita que dicha actividad sea fácilmente aprendida por individuos mal intencionados, reduciendo de esta manera posibles intentos de robo o cualquier otra intención similar que afecte a las personas que habitan en el hogar.
- En lo que respecta al reconocimiento de voz, en ocasiones podría ocurrir que el sistema se active sin que el usuario lo haya deseado, esto se conoce como falsos-aceptados y son ocasionados por ruidos de fondo. Si el sistema se encuentra en un entorno con altos niveles de ruido estos falsos-aceptados pueden ocurrir más frecuentemente. Para minimizar este tipo de errores se agrega al funcionamiento del sistema la palabra comando “Activar”, la cual restringe en cierto grado el primer falso aceptado, primero enciende los leds azules e inmediatamente permite un reconocimiento de voz con un tiempo de un segundo para que el usuario pronuncie “Activar”. Si ello no ocurre, el sistema primero apaga los leds azules y regresa a su estado normal de escucha, mientras que si se pronuncia “Activar”, éste apaga los leds azules e ingresa en el modo para interactuar con el usuario.

- Conforme a las pruebas realizadas el ruido es un factor que debe ser considerado al momento de implementar el sistema. El ruido puede afectar de sobremanera si el mismo es mayor al nivel de voz del usuario, el cual puede ser en gran medida la causa para que el sistema no pueda reconocer adecuadamente los comandos pronunciados. Los resultados de las pruebas realizadas son satisfactorios para condiciones en las cuales no se dispone de ruido de fondo en el hogar, tanto para una distancia menor a un metro (93%) y superior a los tres metros (83%) entre los usuarios y los micrófonos, mientras que para condiciones con ruido de fondo, la eficiencia del sistema disminuyó considerablemente, tanto para una distancia menor a un metro (52,25%) entre los usuarios y los micrófonos, como para una distancia superior a los tres metros (30,5%), ocasionando que el sistema sea prácticamente obsoleto bajo estas condiciones.
- Gracias a las interfaces gráficas que presentan, tanto el programa para la creación de módulos de reconocimiento de voz (Quick T2SI) como el programa para la creación de mensajes de voz (Quick Synthesis), las aplicaciones con el microcontrolador VR STAMP pueden ser fácilmente desarrolladas, haciendo que la utilización del reconocimiento de voz pueda ser sencillamente incorporada en muchas más tareas y aplicaciones.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para una correcta utilización de este sistema basado en la voz, se recomienda que los usuarios que lo van a utilizar sean capaces de articular de una manera adecuada las distintas palabras, debido a que el sistema podría no reconocer o identificar erróneamente una palabra y consecuentemente llevándolo a realizar acciones no deseadas.

- Adicionalmente se debe explicar de manera clara y precisa la forma en la cual debe ser realizada la interacción con el sistema, puesto que si no se respetan las indicaciones tanto luminosas como audibles y se pronuncian las palabras de una manera desordenada e inclusive fuera de tiempo, esto conllevaría a que el sistema no pueda reconocer las palabras correctamente, provocando errores en el mismo.
- Se recomienda utilizar los micrófonos sugeridos por el fabricante en el manual **“Selecting a Microphone”**, ya que éstos han sido probados previamente por el fabricante, y adicionalmente se indican los respectivos cálculos para los distintos micrófonos.
- En cuanto a la instalación de los micrófonos, se recomienda utilizar las sugerencias del fabricante descritas en el manual **“Microphone Housing”**, en la cual se detalla como empotrar adecuadamente los micrófonos y de esta manera obtener los mejores resultados posibles.
- Como se puede apreciar en los resultados de las pruebas realizadas en el capítulo 4, el sistema requiere de menos micrófonos, si éste se encuentra en lugares cerrados. Por ejemplo, en el caso de un dormitorio solamente se necesita instalar un micrófono, mientras que en lugares más abiertos como una sala se requiere de una mayor cantidad de ellos, si se desea tener una cobertura completa. Por ello se recomienda que para obtener mejores resultados en el desarrollo de este tipo de proyectos que utilizan el reconocimiento de voz, los micrófonos se instalen en lugares cerrados, como un cuarto simple, una bodega, un automóvil, etc.
- Al ser el ruido un factor que debe ser considerado al momento de implementar el sistema, que puede ser en gran medida la causa para que el sistema no pueda reconocer adecuadamente los comandos pronunciados, las fuentes de

ruido como son radios, equipos de sonido y televisores deben encontrarse lo más alejado posible del sistema y de ser posible procurar que éstos siempre se escuchen a un nivel de volumen adecuado, sin exageraciones. Debido a que los aspectos de seguridad son controlados principalmente por los sensores de movimiento, se recomienda no disponer de animales domésticos, como pueden ser gatos o perros al interior del hogar al momento de encontrarse activada la seguridad, ya que éstos al desplazarse normalmente dentro de las habitaciones podrían activar los sensores de movimiento, provocando de esta manera que la sirena del sistema de seguridad suene innecesariamente, molestando no solamente a los habitantes del hogar sino también a los vecinos.

- Al momento de configurar el sistema, se debe seleccionar un nivel de rigurosidad adecuado considerando que la configuración del mismo está relacionado con la exactitud que se desea dar al reconocimiento de voz. Si éste se halla en un valor más bajo (0), significa que el reconocimiento es menos estricto y por tanto puede aceptar fácilmente una palabra como si fuese otra, mientras que si está en el valor más alto (4), el reconocimiento se torna más estricto y en consecuencia solo acepta una palabra siempre que sea pronunciada correctamente. También se debe tomar en cuenta que este factor depende del nivel de ruido presente en el entorno en el cual va a ser instalado el sistema, y en consecuencia este valor no puede ser configurado sin considerar todos estos aspectos.
- En cuanto al aspecto de seguridad, se recomienda realizar un cambio periódico de la contraseña para activar y desactivar la seguridad, siempre escogiendo valores aleatorios pero que sean fáciles de recordar por parte del usuario. Como medida de prevención ésta debería de ser cambiada por lo menos cada 15 días y la nueva contraseña sólo debe de ser conocida por las personas que habitan el hogar.

- Finalmente se recomienda continuar con el desarrollo de prototipos o sistemas similares, donde se podrían incluir aspectos adicionales como pueden ser el control de aparatos electrónicos como televisores, el control de persianas, el monitoreo de fugas de gas, agua e inclusive la implementación del servicio de fonía, los cuales pueden ser de gran ayuda para personas con discapacidades físicas.

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

HUIDOBRO, J., MILLÁN, R., ROLDÁN, D. (2006). *Tecnologías de Telecomunicaciones*, México: Alfaomega, 2006.

IBARRA, D. (2009). *Sistema interactivo basado en voz para control de cargas y monitoreo de sensores de seguridad, orientado a discapacitados*. Tesis de Grado en Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones, EPN. Quito 2009.

DIRECCIONES DE INTERNET:

-. (2010) *La voz humana*,

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/musica/vohues/vohues.html>

-. (2010) *Domotics in the Counter – Ageing Society*,

<http://eng.newwelfare.org/2008/02/18/domotics-in-the-counter-ageing-society>

-. (2010) *La voz*,

Http://www.solomanuales.org/frame.cfm?url_frame=http://www.emagister.com/public/pdf/comunidad_emagister

-. (2010) *Fundamentos básicos del reconocimiento de voz*,

<http://www.monografias.com/trabajos901/fundamentos-basicos-reconocimiento-voz/fundamentos-basicos-reconocimiento-voz.shtml?monosearch>

-. (2010) *Sistemas de reconocimiento del habla*,

<http://elies.rediris.es/elies12/cap2415.htm>

- . **(2010)** *Reconocimiento del habla*,
http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla

- . **(2010)** *Audio Output Design (80-0105-D)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0105-D.pdf>

- . **(2010)** *Recording Speech & Music for Synthesis (80-0050-E)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0050-E.pdf>

- . **(2010)** *Low Power Mode Design (80-0285-F)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0285-F.pdf>

- . **(2010)** *Microphone Housing (80-0258-C)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0258-C.pdf>

- . **(2010)** *Selecting a Microphone (80-0259-H)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0259-H.pdf>

- . **(2010)** *Speech Recognition Hardware Design (80-0073-N)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0073-N.pdf>

- . **(2010)** *Speech Recognition Software Design (80-0305-C)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0305-C.pdf>

- . **(2010)** *Speech Recognition Testing (80-0297-A)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0297-A.pdf>

- . **(2010)** *RSC-4128 Speech Recognition Processor (80-0206-W)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0206-W.pdf>

- . **(2010)** *VR Stamp™ With Serial EEPROM Speech Recognition Module (80-0274-G)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0274-G.pdf>

- **(2010)** *QUICK T2SITM TOOLKIT FOR THE RSC-4X FAMILY (80-0245-C)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0245-C.pdf>

- **(2010)** *RSC-4128 SPEECH RECOGNITION MICROCONTROLLER (80-0225-C)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0225-C.pdf>

- **(2010)** *Manual “FluentChip™ Reference Technology Manual (RSC-4x) (80-0288-E)*, <http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0288-E.zip>

- **(2010)** *Manual “QuickSynthesis 4 Guide (.zip) (80-0271-E)”*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0271-E.zip>

- **(2010)** *Manual “Module Programming Board (MPB) for RPM and VR Stamp (80-0294-E)*, <http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0294-E.pdf>

- **(2010)** *Manual “RSC-4x Demo/Evaluation Board Demo Manual (80-0249-E)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0249-E.pdf>

- **(2010)** *Manual “RSC-4x Target Board V2 Manual (80-0299-D)*,
<http://www.sensoryinc.com/support/docs/80-0299-D.pdf>

- **(2010)** *Hoja de datos “Microcontrolador – Atmega164P*,
http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/8011S.pdf

- **(2010)** *Hoja de datos “Regulador Integrado de voltaje LM7805*,
http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/228/390068_DS.pdf

- **(2010)** *Hoja de datos “Regulador Integrado de voltaje LM317*,
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS009063.PDF>

- **(2010)** *Hoja de datos “Buffer 74LS244*,
http://www.datasheetcatalog.org/datasheets/70/375527_DS.pdf

- **(2010)** *Hoja de datos "Relé SRD-S-105D,*
<http://www.datasheetdir.com/SRD-S-105D+download>

- **(2010)** *Hoja de datos "Optoacoplador PC817,*
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/43371/SHARP/PC817.html>

- **(2010)** *Características "Sensor de movimiento para exterior Voltech Semo-ex,*
http://www.truper.com/Catalogo2011/img/modulos_gr/19711.gif

- **(2010)** *Características "Amplificador de audio para computadora de escritorio AOPEN MS-805B,* <http://www.mbsolutions.org/computercatalog/SPAO805B.htm>

- **(2010)** *Hoja de datos "Sensor de Temperatura LM35,*
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/nationalsemiconductor/DS005516.PDF>

- **(2010)** *Hoja de datos "Transistor Bipolar 2N3904,*
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/2N3904.pdf>

- **(2010)** *Hoja de datos "Diodo 1N4007,*
<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/1N4007.pdf>

ANEXOS

ANEXO A

DIAGRAMA DE FLUJO “CONTROL DE LUMINARIAS”

ANEXO B

DIAGRAMA DE FLUJO “CONTROL DE CONSULTAS”

ANEXO C

DIAGRAMA DE FLUJO “CONTROL DE SEGURIDAD”

ANEXO D

DIAGRAMA DE FLUJO “CONFIGURACIÓN DE LA RIGUROSIDAD”

ANEXO E

PRUEBAS UNIPERSONALES “CONTROL DE LUMINARIAS”

ANEXO F

PRUEBAS UNIPERSONALES “CONTROL DE CONSULTAS”

ANEXO G

PRUEBAS UNIPERSONALES “CONTROL DE SEGURIDAD”

ANEXO H

PRUEBAS UNIPERSONALES “CONFIGURACIÓN DE RIGUROSIDAD”

ANEXO I

PRUEBAS MULTIPERSONALES “CONTROL DE LUMINARIAS”

ANEXO J

PRUEBAS MULTIPERSONALES “CONTROL DE CONSULTAS”

ANEXO K

PRUEBAS MULTIPERSONALES “CONTROL DE SEGURIDAD”

ANEXO L

PRUEBAS MULTIPERSONALES “CONFIGURACIÓN DE RIGUROSIDAD”

ANEXO M

DATASHEET “MICROCONTROLADOR VR STAMP (80-0274-G)”

ANEXO N

DATASHEET “MICROCONTROLADOR ATMEGA164P”

ANEXO O

**MANUAL “RSC-4X MODULE PROGRAMMER BOARD (MPB) FOR
RPM AND VR STAMP (80-0294-E)”**

ANEXO P

NOTAS DE DISEÑO “MICROPHONE HOUSING (80-0258-C)”

ANEXO Q

NOTAS DE DISEÑO “SELECTING A MICROPHONE (80-0259-H)”

ANEXO R

RESUMEN DE PRODUCTO “QUICK T2SI TOOLKIT (80-0245-C)”

ANEXO S

**HOJA DE DATOS “REGULADOR INTEGRADO DE VOLTAJE
LM7805”**

ANEXO T

HOJA DE DATOS “REGULADOR INTEGRADO DE VOLTAJE LM317”

ANEXO U

HOJA DE DATOS “BUFFER 74LS244”

ANEXO V

HOJA DE DATOS “OPTOACOPLADOR PC817”

ANEXO W

HOJA DE DATOS “SENSOR DE TEMPERATURA LM35”

ANEXO X

HOJA DE DATOS “RELÉ SRD-S-105D”