

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AUDIO PARA UN  
ESPANTAPÁJAROS ELECTRÓNICO**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

**Jorge David Higa Díaz**

ASESOR: Miguel Ángel Cataño Sánchez

**Lima, Diciembre del 2009**

## Resumen

En los campos agrícolas, las aves son un gran problema para los agricultores ya que estas se alimentan de los sembradíos y de las cosechas, ocasionando grandes pérdidas económicas. Asimismo, las plantaciones dan un lugar ideal para que las aves se multipliquen y así puedan ocasionar enfermedades a los animales de granja y corral. Las aves no sólo afectan a las zonas agrícolas, también a las urbanas, por ejemplo, las palomas se alimentan de los desperdicios y de alimentos que encuentran en la ciudad, anidando en casi cualquier lugar como templos, fachadas, entre otros.

Se espera que el espantapájaros electrónico ayude a resolver el problema de las aves, ya que al tener un sistema automático para el ahuyentamiento de aves esta puede ser más eficiente que los sistemas tradicionales. Además que se puede modificar la estrategia de ahuyentamiento mediante programación.

Actualmente, la universidad ha desarrollado una tesis con un primer modelo de espantapájaros. Con esta tesis se pretende mejorar la etapa de generación de sonido necesario para el espantapájaros. El sistema de audio es una etapa importante.

El objetivo de la tesis es diseñar el diagrama esquemático de un sistema de audio para el espantapájaros, sistema que sea pequeño, necesite poca energía y reproduzca las señales almacenadas de sonido. Con esto se espera que los impactos sean favorables para el campo y las ciudades, dependiendo donde sea aplicado, elevaría la productividad del agricultor y uno de los aspectos más importantes es que no elimina a las aves sino que solo las asusta con sonidos específicos para ese fin.

# Índice general

<b>1.</b>	<b><u>CAPÍTULO 1:</u></b>	<b>SITUACION ACTUAL DEL AHUYENTAMIENTO DE LAS AVES EN LOS CAMPOS DE CULTIVOS</b>	
1.1	Introducción.....		7
1.2	Problemática peruana en el sector agrícola.....		8
1.3	La Vid.....		10
1.4	Proceso de cultivo de la Vid en la actualidad.....		11
1.5	Análisis del proceso actual del cultivo de la Vid.....		12
1.6	El espantapájaros electrónico.....		15
1.7	Declaración del Marco Problemático.....		16
<b>2.</b>	<b><u>CAPÍTULO 2:</u></b>	<b>TECNOLOGÍA Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE AUDIO</b>	
2.1	Estado del Arte.....		18
2.2	Objetivos.....		20
2.2.1	Objetivo Principal.....		20
2.2.2	Objetivos Secundarios.....		20
2.3	Definiciones Básicas.....		20
2.3.1	Espantapájaros.....		20
2.3.2	Reproductor Digital.....		21
2.3.3	Formatos de Audio.....		22
2.3.4	Microcontrolador.....		23
2.3.5	Memoria Flash.....		23
2.3.6	Decodificador.....		23
2.3.7	Convertor Digital Analógico.....		24
2.3.8	Pantalla de Cristal Líquido.....		24
2.4	Modelo Teórico.....		24
<b>3.</b>	<b><u>CAPÍTULO 3:</u></b>	<b>ELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE AUDIO</b>	
3.1	Introducción.....		26

3.2	Necesidades del Sistema.....	26
3.2.1	Las partes básicas.....	26
3.2.2	Características medio ambientales y eléctricas.....	27
3.2.2.1	Del medio ambiente .....	28
3.2.2.2	Eléctricas.....	30
3.3	Selección.....	30
3.3.1	Control del Sistema.....	30
3.3.1.1	Requisitos del microcontrolador.....	30
3.3.1.2	Elección del microcontrolador.....	31
3.3.2	Almacenamiento de sonidos .....	36
3.3.2.1	Requerimientos de la memoria .....	36
3.3.2.2	Elección de la memoria .....	37
3.3.3	Generación de sonidos.....	39
3.3.3.1	Requerimientos del decodificador.....	39
3.3.3.2	Elección del decodificador.....	39
3.3.3.2.1	Familia de CS493.....	40
3.3.3.2.2	ATmel AT83SND2CMP3.....	41
3.3.3.2.3	Decodificador STA013.....	42
3.3.3.3	Elección del conversor digital analógico.....	43
3.3.3.3.1	Conversor CS4334.....	43
3.3.3.3.2	Conversor PCM 3060.....	43
3.3.4	Parlantes.....	45
3.3.4.1	Requisitos.....	45
3.3.4.2	Criterios de selección.....	45
3.3.4.3	Selección.....	45
3.3.5	Fuente de alimentación .....	49
3.3.5.1	Requisitos.....	49
3.3.5.2	Criterios.....	50
3.3.5.3	Elección.....	50
3.3.6	Comunicación entre dispositivos.....	54
3.4	Conclusión.....	54
4.	<b><u>CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE CONEXIÓN ENTRE DISPOSITIVOS Y DIAGRAMAS LÓGICOS</u></b>	
4.1	Introducción.....	56

4.2	Memoria CompactFlash THNFC.....	57
4.2.1	Modo de operación de la CompactFlash memory.....	57
4.2.2	Características de la CompactFlash memory (CF).....	57
4.2.3	Reproducción.....	59
4.2.4	Conexión entre los dispositivos .....	59
4.2.5	Lectura y escritura.....	64
4.2.6	Velocidad de lectura y escritura.....	66
4.3	Decodificador mp3 STA013.....	69
4.3.1	Descripción de pines.....	69
4.3.2	Modo de operación del decodificador.....	73
4.3.3	Conexión del integrado STA013.....	73
4.4	El convertor digital analógico.....	77
4.4.1	Descripción de pines del convertor digital analógico.....	77
4.4.2	Características adicionales del convertor.....	78
4.5	Conexiones finales.....	81
4.5.1	Conexión entre el decodificador y el convertor digital analógico... 81	
4.5.2	Conexión entre el decodificador y el microcontrolador.....	83
4.5.3	Conexiones entre el microcontrolador y todos los dispositivos.....	83
4.6	Conclusiones.....	88
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>		<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>95</b>

# Índice de figuras

1.1	Diagrama de Flujo del proceso de cultivo actual indicando su respectivos problemas con las aves.....	14
1.2	Diagrama de Bloques de Espantapájaros Electrónico.....	15
3.1	Diagrama de bloques del Sistema de audio. Se indica con las líneas rojas,el alcance de la tesis....	27
3.2	Frecuencia de operación vs Vcc (Fuente: © 2008 Atmel Corporation. Hoja de datos del ATmega16A).....	36
3.3	Comparación de memorias CompactFlash y monedas americanas (Fuente: CompactFlash Association).....	37
3.4	Diagrama de bloques simplificado de CS4334 (fuente: hoja de datos del CS4334).....	43
3.5	Espantapájaros con parlante en el centro del cultivo.....	46
3.6	Espantapájaros con bocinas en el centro del cultivo.....	46
3.7	Rango de Frecuencia del CS-304.....	47
3.8	Canto del Halcón Peregrino en el dominio de la frecuencia y tiempo.....	48
3.9	Diagrama polar del CS-304 de 2500HZ a 4000Hz, diagrama polar horizontal a la izquierda y vertical a la derecha.....	48
3.10	LM25576.....	50
3.11	Configuración del LM25576 para usarse como reductor de voltaje, los valores mostrados son recomendaciones del fabricante.....	51
3.12	Modelo representativo del LM25576.....	51
4.1	Diagrama de bloques de la CompactFlash .....	58
4.2	Dentro de la placa de la CompactFlash (Fuente: la tecnología de almacenamiento de silicio, Inc. SST). .....	58
4.3	Diagrama de flujo del archivo en formato mp3 .....	59
4.4	Conexión de la memoria flash con el microcontrolador.....	64
4.5	Diagrama de flujo para la lectura.....	65
4.6	Diagrama de flujo para la escritura.....	66
4.7	Diagrama de tiempo del lectura sobre la memoria.....	69
4.8	Diagrama de bloques por funciones del STA013.....	72
4.9	Conexión típica del STA013.....	73
4.10	Entrada en una dirección del ATmega16A (a la derecha) y del STA013 (a la izquierda).....	75
4.11	Entrada en una dirección del ATmega16A (a la derecha) y del STA013 (a la izquierda).....	76
4.12	Conexión entre el decodificador STA013 y el convertor digital analógico CS4334.....	78
4.13	Diagrama de bloques del CS4334.....	79
4.14	Conexiones típicas del CS4334.....	80
4.15	Diagrama de bloques de secuencia que realiza el archivo en el CS4334.....	80
4.16	Conexiones entre el STA013 y el CS4334.....	82
4.17	Conexiones finales entre los 4 integrados.....	85
4.18	Diagrama de flujo principal del sistema de audio.....	86
4.19	Esquema del Espantapájaros diseñado en el campo de cultivo.....	87

# Índice de Tablas

3.1	Estación Meteorológica de Ocucaje - Febrero 2009 [19].....	28
3.2	Características del medio ambiente.....	29
3.3	Rango de temperaturas diseñado.....	30
3.4	Características de la familia PIC18LF2X1X.....	32
3.5	Características básicas de la familia ATmegaX.....	32
3.6	Elección de ATmega parte1.....	33
3.7	Elección de ATmega parte2.....	34
3.8	Elección de ATmega parte3.....	35
3.9	Rangos de temperaturas de los ATmegaX.....	35
3.10	Capacidad de almacenaje de la CompactFlash™ card de Toshiba.....	38
3.11	Comparación entre los requisitos deseables del sistema y la temperatura de operación de la memoria.....	38
3.12	Rangos de temperaturas de la memoria THNCFxxxxDG-ND.....	38
3.13	Consumo de energía de la memoria.....	39
3.14	Cuadro comparativo de Decodificadores de audio mp3.....	40
3.15	Cuadro comparativo del CS493XX.....	41
3.16	Cuadro comparativo de temperatura del AT83SND2CMP3.....	41
3.17	Cuadro comparativo de temperatura del STA013.....	42
3.18	Cuadro comparativo de temperaturas de los DACs.....	44
3.19	Cuadro comparativo de voltajes de alimentación de los dispositivos del sistema de audio.....	49
4.1	Resumen de conexiones de la memoria.....	60
4.2	Conexión entre microcontrolador y memoria.....	63
4.3	Otros modos – escritura.....	67
4.4	En verdadero modo IDE – escritura.....	67
4.5	Otros modos - modo lectura.....	68
4.6	Verdadero modo IDE - modo lectura.....	68
4.7	Descripción y detalles de los pines del STA.....	70
4.8	Características eléctricas del Atmega16.....	74
4.9	Características eléctricas del STA013.....	74
4.10	Tabla de valores de voltajes de salida en alta y baja.....	76
4.11	Descripción de los pines del CS4334.....	77
4.12	Frecuencias comunes del CS4334.....	81
4.13	Tabla final con las conexiones entre el microcontrolador y todos los otros dispositivos.....	84

# CAPÍTULO 1

## SITUACIÓN ACTUAL DEL AHUYENTAMIENTO DE LAS AVES EN LOS CAMPOS DE CULTIVOS

### 1.1 Introducción

En general, las aves se encuentran tanto en ciudades como en áreas rurales, en las ciudades las palomas se congregan en masas que pueden llegar hasta varios cientos [1]. Vuelan en grupos y reposan juntas. Normalmente tienen preferencia por los edificios grandes para posarse, en algunos casos pequeños grupos habitan sobre casas, también utilizan los puentes, edificios, templos, estatuas, etc. como áreas de perchado, descanso y nidificación. Normalmente se alimentan de basura y restos de comida que encuentran a su alcance. Una paloma adulta consume alrededor de medio kilo de comida a la semana. Tienen una gran dependencia del agua. Una paloma adulta puede subsistir durante varios días sin alimentos sólidos, pero precisan de agua todos los días [1].

Desde el punto de vista sanitario, las aves pueden ser portadoras de organismos patógenos y pueden transmitir enfermedades tales como histoplasmosis, ornitosis, salmonelosis y criptococosis. Son, además, hospederos de varios ectoparásitos: *Cimex columbarius* (chinche del nido de la paloma), *Argas relexus* (garrapata de paloma), *Pseudolynchia canariensis* (mosca de la paloma), pulgas, ácaros, arácnidos, etc. [1]

En el campo, diversas especies de aves silvestres atacan a todo tipo de cultivos, para el caso de una plantación de vid, estas atacan especialmente los racimos, en donde se encuentran sus frutos, a partir del momento del envero o cambio de color al iniciarse el proceso de maduración. Se han detectado también ataques de palomas (cuculíes –Zenaida Medola y madrugadoras - Zenaida Aurícula) que se alimentan de las yemas y brotes de la vid. Los daños causados por aves son más importantes en uvas para mesa, por el daño estético que causan al racimo, reduciendo su valor comercial. En uvas para vino las heridas causadas pueden



contribuir a la presencia de microorganismos no deseados que durante la fermentación del mosto, pueden malograrlos o convertirlos en vinos de inferior calidad. Dentro de las variedades de vid cultivadas en la provincia de Caravelí, región Arequipa, se ha observado que la moscatel es preferida por las aves, por lo que se le debe prestarse mayor atención y cuidado. [2]

El espantapájaros electrónico funciona basado en la premisa de que ciertos sonidos o combinaciones de sonidos actúan como repelentes que ahuyentan a las aves no deseadas o peligrosas. Se usan grabaciones digitales de aves reales y otros sonidos generados electrónicamente. Para este propósito estos sonidos se reproducen combinados de la manera más conveniente para que el ave sienta un ambiente hostil y no pueda adecuarse a estos.

Los gritos agónicos de las especies que se quiere ahuyentar recrean un entorno hostil y peligroso a las aves, asustándolas. Los sonidos artificiales desarrollados las desorientan, aturden e interfieren en sus comunicaciones [3].

La presencia de estos sonidos crea un entorno hostil para las aves ya que se sienten amenazadas, incómodas y desorientadas. Estudios veterinarios demostraron la presencia de estrés, palpitations, inapetencia y dificultades para volar y comunicarse por parte de aves expuestas este tipo de ambientes.

## 1.2 Problemática peruana en el sector agrícola

La situación de pobreza de la mayor parte de campesinos y pequeños productores agropecuarios se explica en parte por la utilización inadecuada de los recursos naturales debido a la aplicación de sistemas productivos que generan desequilibrios negativos entre el proceso de extracción y regeneración de estos. Promover acciones para el manejo y uso productivo de los recursos naturales renovables, agua, suelo y cobertura vegetal mediante obras de conservación de suelos, reforestación, tecnología e infraestructura rural en la perspectiva de lograr una agricultura sostenible [4].

Se menciona algunos de los problemas más resaltantes en la agricultura para tener una visión general de la real situación en los campos.

- La agricultura peruana constituye una economía de parceleros en la cual el 85% de los agricultores tiene parcelas con menos de 10 hectáreas predominando las unidades productivas con un área entre 3 y 10 hectáreas (33%) [4].
- El fraccionamiento de las parcelas en pequeños minifundios y su gran dispersión representan un límite a la eficiencia productiva al tiempo que eleva los costos del transporte [4].
- La tierra es el principal activo que posee el agricultor por lo que sus derechos de propiedad deben estar claramente definidos a fin de que ese reconocimiento legal les proporcione respaldo a la producción [4].
- La actividad agraria se caracteriza por el desorden en la producción y la disminución de su rentabilidad y competitividad. Asimismo, los procesos de post-cosecha y de mercadeo están sumamente desordenados por la falta de una infraestructura vial adecuada y la ausencia de un sistema de mercados mayoristas, lo cual incide en los altos costos de comercialización que afectan a los productores agrarios [4].
- Las tareas en el campo de la asistencia técnica son múltiples, consolidar un crecimiento agrario exigirá el desarrollo de factores productivos y el impulso de la innovación tecnológica, es por ello que una de las tareas es atender las necesidades urgentes de los productores en materias de Innovación tecnológica y gestión empresarial [4].
- La agricultura debe proveer los alimentos en la cantidad y la calidad necesarias para una vida sana; no obstante, el tema de la seguridad alimentaria implica no sólo mayor producción y productividad sino también una clara conciencia en los consumidores sobre como alimentarse mejor. La insuficiencia de alimentos en cantidad y calidad asociados con malos hábitos alimenticios repercute sobre la calidad de vida del habitante peruano, es por ello que los trabajos en materia de seguridad alimentaria tienen aún mucho por delante [4].

Países vecinos muestran lo importante que resulta para el desarrollo del sector agrario el contar con un buen sistema de sanidad animal y vegetal, especialmente si existe la proyección hacia la exportación. Cautelar la seguridad sanitaria y fitosanitaria posibilitando el desarrollo de cosechas y crianzas sanas; controlar y erradicar las plagas y enfermedades representan acciones con una enorme incidencia socioeconómica en la actividad agraria. Un sistema sanitario eficaz es al mismo tiempo funcional al desarrollo exportador. Una de las principales limitaciones para el acceso a los mercados externos se relaciona con problemas sanitarios como es el caso de la mosca de la fruta [4].

### 1.3 La Vid

Se tiene una amplia gama de cultivos donde las aves e insectos son una gran molestia para los agricultores, se escoge esta planta, la vid, por la particularidad de los ataques de aves son notorios en los frutos. Se tiene conocimiento de trabajos realizados sobre espantapájaros en plantaciones de vid, una razón más para escoger a esta planta para el diseño del sistema de audio para un espantapájaros electrónico que sería usado en este tipo de plantaciones.

La Vid es una planta leñosa que tiene por lo general una vida muy larga, es fácil encontrar una vid centenaria; tiene un largo periodo juvenil (3-5 años), durante el cual no es capaz de producir flores; en general, las yemas que se forman durante un año no se abren hasta el año siguiente [5].

La vid es un arbusto constituido por raíces, tronco, sarmientos, hojas, flores y fruto. Se sabe que a través de las raíces se sustenta la planta, mediante la absorción de la humedad y las sales minerales necesarias, y que el tronco y los sarmientos son vehículos de transmisión por los que circula el agua con los componentes minerales. Las hojas son las encargadas de transformar la sabia bruta en elaborada, son las ejecutoras de las funciones vitales de la planta: transpiración, respiración y fotosíntesis. Es en ellas dónde a partir del oxígeno y el agua, se forman las moléculas de los ácidos, azúcares, etc. que se van a acumular en el grano de la uva condicionando su sabor [5].

#### 1.4 Proceso de cultivo de la Vid en la actualidad

Con referencia al cultivo de la vid, el presente estudio se centra en las zonas agrícolas del sur del Perú, en la región de Ica y Arequipa. La identificación de las características del predio, del suelo, del ambiente, los aspectos de sanidad que puedan perjudicar al cultivo, la utilización de maquinarias y herramientas adecuadas al tipo de terreno para cumplir las exigencias del cultivo de la vid son parte de la preparación del terreno de cultivo [6].

Otra etapa de la preparación de terreno es la aplicación de los abonos orgánicos y fertilizantes en las dosis adecuadas [6].

Ya como parte de la siembra se selecciona el método de propagación asexual de la vid, sean estacas, acodos, injertos; preparando luego los materiales y requerimientos del sistema seleccionado [6].

Se realiza luego de esto la plantación o establecimiento del viñedo, franco o injerto, en la época adecuada, utilizando las herramientas y maquinarias correspondientes [6].

Se procede a regar las vides mediante el sistema de riego, sea por surco, pozas o goteo, de acuerdo a las necesidades del cultivo, operando y conservando la instalación correspondiente [6].

Se fertiliza por lo general anualmente, aplicando los abonos y fertilizantes requeridos. Se realiza las labores de cuidado y protección de la plantación a fin de garantizar su óptimo desarrollo, controlando su maduración de las uvas.

Finalmente se cosecha las uvas del viñedo utilizando la técnica más conveniente, identificando el grado de madurez comercial de esta. Teniendo en cuenta el contenido de azúcar, acidez, color, estado sanitario, aroma y destino final, como el consumo directo, pasas o bodegas.

## 1.5 Análisis del proceso actual del cultivo de la Vid

Al inicio del proceso del cultivo de la vid, las aves no son un problema ya que en la preparación del terreno no hay presencia de alimentos en abundancia para ellas.

Ya durante el tiempo de siembra, las aves son atraídas por el agua, semillas y otros tipos de alimentos que encuentran de manera sencilla durante esta parte del cultivo de la vid.

El ataque de aves durante la siguiente etapa del cultivo es el que más daño hace al agricultor, los ataques a los cultivos se hacen más notorios. Al inicio de la maduración, llamada lloro de la vid que es el movimiento de la savia que se expresa a través del fruto muy verde

Diversas especies de aves silvestres, no sólo son las comunes y sino también las aves migratorias, atacan los racimos de la vid, en especial las cuculíes y madrugadoras (Zenaida Medola y Zenaida Aurícula respectivamente) que se alimentan de las yemas y brotes de la vid [2].

El ahuyentamiento de las aves se da por los mismos trabajadores del cultivo por lo cual lleva a un gasto de tiempo y esfuerzo en lugar de dedicarse a las labores del campo y optimizar los recursos humanos o tratar con otros tipos de problemas como plagas de mosquitos de fruta, gusanos, etc.

Actualmente se hace uso de recursos financieros para comprar repelentes visuales como cintas de cassette, o producir espantapájaros con representaciones humanas, que no hacen gran efecto sobre las aves ya que estas se acostumbran, las cintas anti-aves y mallas son de alto costo, no sólo por su material, sino por la cantidad que se necesitaría para todo el área que se desee proteger en especial si es un campo de gran extensión.

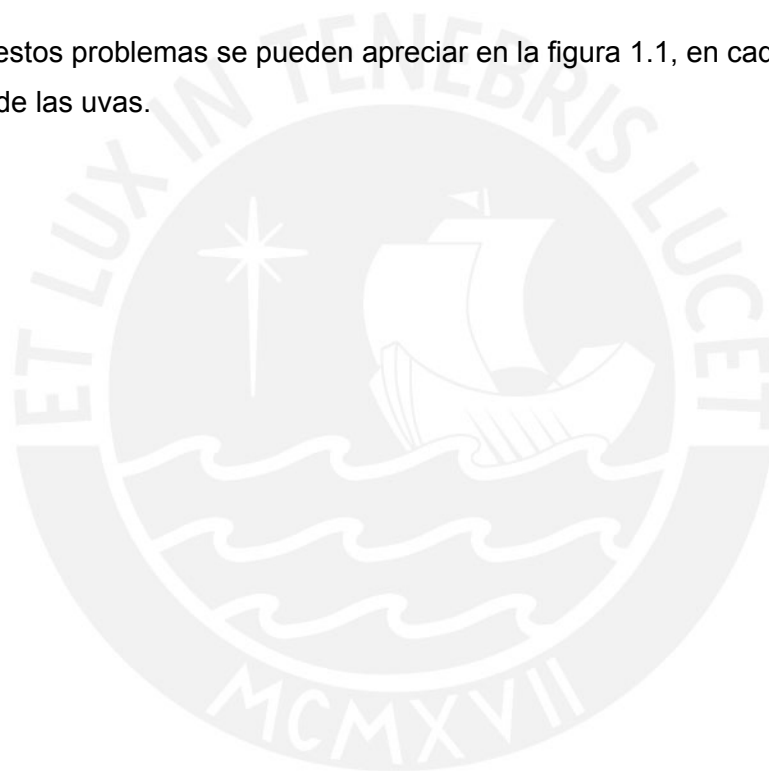
El uso de escopetas, cohetes y otros artículos detonantes generan un gran gasto, sin contar con el tiempo que se requiere al estar vigilando y ahuyentar a las aves.

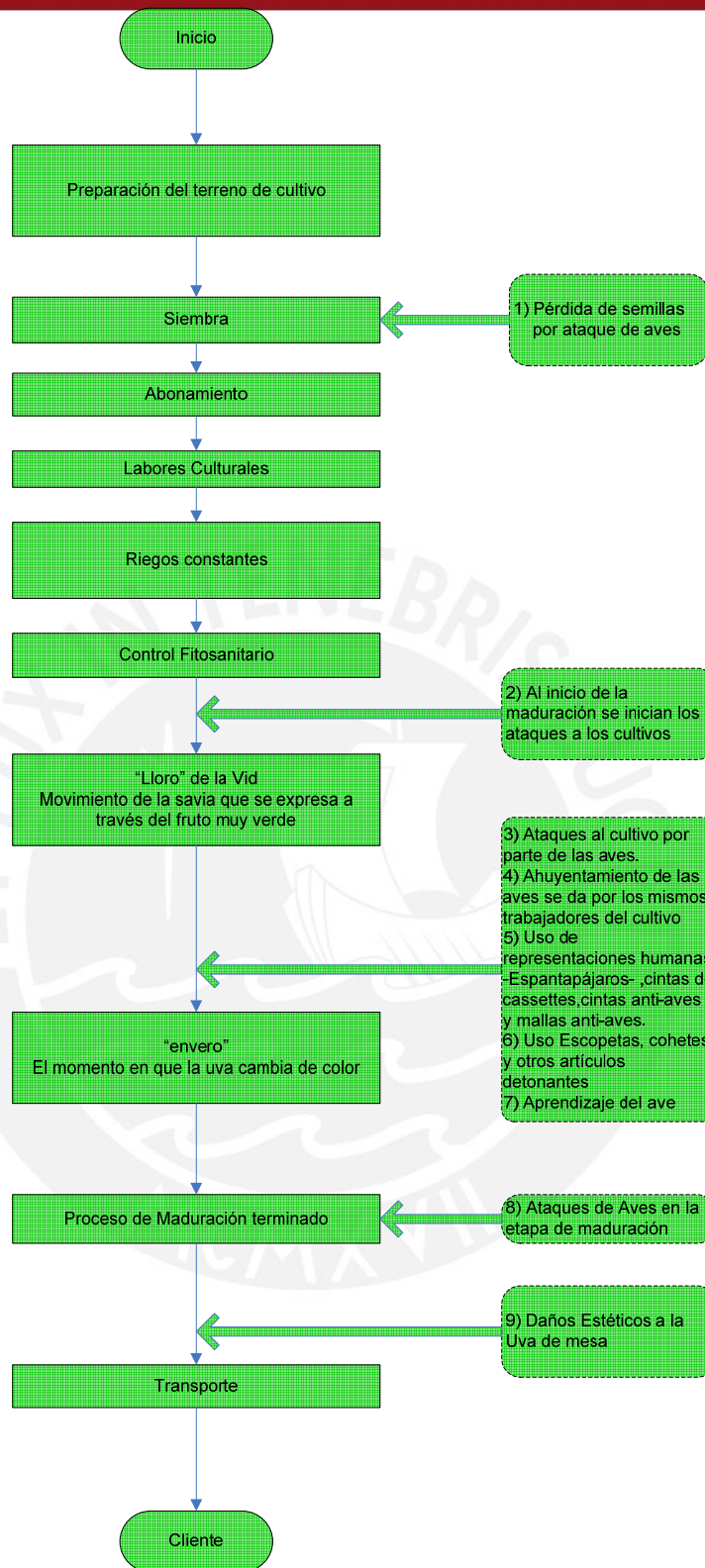
Las aves seguirán realizando sus actividades en el campo de cultivo ya que con el tiempo se han asentado en la zona, los daños causados son más importantes en

uvas para mesa, por el daño estético que causan al racimo, reduciendo su valor comercial. Esto se observa por la presencia de picaduras en las bayas de los racimos, las aves no consumen la totalidad de la baya sino sólo la pican, la baya puede cicatrizar o ser consumida por plagas secundarias como abejas y avispas [2].

El ave al ver que se repite la misma escena (espantapájaros visual) se percata que en realidad no existe nada que lo aseche realmente, con lo cual, el ave ya no abandona el lugar sino que continúa sus actividades con precaución. El ave por naturaleza tiene un gran nivel de adaptabilidad a su medio y esto se puede ver en las ciudades, estas con gran facilidad se han adaptado a los humanos.

Todos estos problemas se pueden apreciar en la figura 1.1, en cada etapa del cultivo de las uvas.





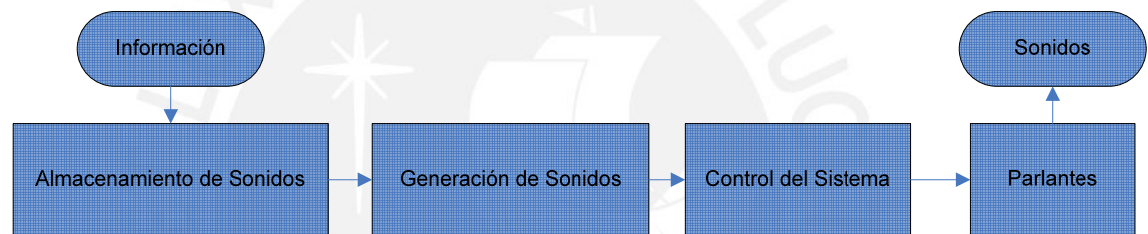
(Fuente: propia)

**Figura 1.1** Diagrama de Flujo del proceso de cultivo actual indicando su respectivos problemas con las aves

## 1.6 El Espantapájaros Electrónico

El diseño de un sistema de audio para un espantapájaros electrónico es una aplicación tecnológica útil para la mejorar la calidad de los productos de cultivos, al igual que mejorar el rendimiento por hectárea.

El espantapájaros electrónico consiste en dos partes, el hardware y el software. El Hardware se divide en cuatro partes, la primera es el almacenamiento de sonidos, se refiere al guardado de los archivos en memoria; la segunda etapa es la generación de sonidos, esta etapa se enfoca en la toma del archivo en memoria hasta la entrada del parlante. La tercera etapa es el control del sistema y por último la generación de las ondas de sonido sea por parlantes o bocinas. (Ver figura 1.2)



**Figura 1.2** Diagrama de Bloques de Espantapájaros Electrónico

Para el manejo del sistema no sería necesario un personal especializado, sólo en caso de mantenimiento o alguna actualización de sonidos.

Al diseñar e implementar un espantapájaros electrónico podemos desarrollar una tecnología propia para nuestra realidad, así pudiendo dar un aporte a la sociedad.

El espantapájaros electrónico tiene como consumidores principales a los agricultores y empresas dedicadas a la producción de alimentos, otros consumidores potenciales son el gobierno, los aeropuertos, empresas y público que no desea aves cerca de sus residencias o áreas de trabajo.

Como es sabido, las aves llevan enfermedades con ellas, al ahuyentarlas es posible evitar un contagio entre estas y los animales que habitan los viñedos o las cercanías a ellos.



En el mercado mundial hay varias empresas que brindan el servicio de control y ahuyentamiento de aves en diferentes regiones del mundo, como América del Norte, Australia y en Sudamérica, estos son de alto costo a comparación de cualquier otro tipo de espantapájaros; los espantapájaros electrónicos no pierden eficacia en grandes áreas y en espacios abiertos como todos los demás espantapájaros, por esta razón tiene este costo. Desarrollar un sistema para la realidad de nuestro campo es factible ya que todos los dispositivos electrónicos se hallan en el mercado.

Con la aplicación del espantapájaros electrónico a nuestra agricultura se obtendrían beneficios en la cadena de producción, con menos pérdidas en el campo, con el incremento de la productividad, mejoría de la calidad de productos y a estándares internacionales, etc. Y finalmente se lograría un desarrollo económico en este sector.

En la actualidad la aplicación de la electrónica a la agricultura es más frecuente, obteniéndose mejores resultados cuando se complementan con los métodos tradicionales.

### **1.7 Declaración de marco problemático**

La actual demanda de productos de calidad de exportación generan necesidades que no son cubiertas por los métodos tradicionales del cuidado del campo, las aves que conforman una de las especies que atacan al cultivo provocan una pérdida económica, es por esto que se utilizan nuevas tecnologías para poder aplacar este malestar y tratar de resolver el problema del control de las aves.

Una de las alternativas es el espantapájaros electrónico, este emite sonidos audibles para las aves no deseadas, cada especie de ave tiene diferentes sonidos característicos por lo cual el espantapájaros electrónico puede ser configurado para cada una. Una de sus ventajas de este es el no hacerle daño al ave como otros tipos de espantapájaros, también al ser pequeños es posible movilizarlos, no sólo para el campo sino también para algunas áreas urbanas si se desea. Por tener un microcontrolador es posible cambiar la estrategia y sonidos a utilizar siempre que se necesite, finalmente y sobretodo es ecológico, no daña el medio ambiente, no emana gases tóxicos ni hace detonaciones como otros ahuyentadores de aves y se puede controlar a voluntad.

Tiene diversas aplicaciones tanto en zonas rurales como en zonas urbanas, en el campo no sólo en las áreas abiertas de campos de cultivos, sino también en invernaderos, graneros, molinos, muelles y otros lugares como en las ciudades, en los aeropuertos, puertos, en las fábricas de alimentos, etc.

No hay efectos negativos al medio ambiente ya que sólo ahuyenta a las aves, no las elimina, tampoco cambia su ciclo de vida, únicamente el espantapájaros no deja que se acerquen a la zona donde estos actúan. A consecuencia de esto, hay una reducción de pérdidas en la cosecha, un aumento de la calidad de los productos, más utilidad para el agricultor, más ganancias y una mejor calidad de vida en el campo.

Ya se ha implementado un espantapájaros electrónico desarrollado por Juan Francisco Rodríguez basado en un reproductor de CD. Al ser basado en un reproductor de CD se tiene una estrecha relación entre la fidelidad y la calidad de sonido con el estado del CD. El deterioro del CD puede darse de muchas maneras. La primera es la forma de manipularse, en este caso, al ser usado en el campo es propenso a ensuciarse más fácilmente que en otros lugares de trabajo. Otra forma de deterioro es por la constante lectura del CD, este al ser leído constantemente es posible la pérdida de calidad en la reproducción, esto llevaría a que no se recrease un ambiente real de peligro para las aves con lo cual la eficiencia del espantapájaros caería notoriamente. Y finalmente al ser mecánico la forma de reproducción es posible las averías como la no rotación del CD, la obstaculización de la entrada del reproductor de CD por agentes externos, el deterioro del lector láser, etc.

Otro factor es la energía utilizada en la reproducción de los sonidos, ya que al ser mecánico la forma de leer los archivos de sonido, el rendimiento y la duración de la fuente de energía a utilizar se ve directamente afectada.

Lo que la presente tesis propone es mejorar el diseño del sistema de audio actual, cambiando la reproducción de sonidos mediante una lectora de CD por el uso de la memoria estática, así se puede ahorrar energía y espacio para reproducir los mismos sonidos y causar el mismo efecto sobre las aves.

## CAPÍTULO 2

### TECNOLOGÍA Y DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN EL SISTEMA DE AUDIO

#### 2.1 Estado del arte

Los espantapájaros electrónicos han venido siendo desarrollados principalmente para la agricultura, con el fin de ahuyentar y controlar a las aves, con ello reducir las pérdidas ocasionadas por estas. En Latinoamérica, especialmente en Argentina, ya se comercializan este tipo de espantapájaros dado los resultados obtenidos en países como Estados Unidos, Canadá y Australia.

En el mercado mundial existen compañías que han desarrollado estos espantapájaros electrónicos, desde los sistemas que usan un sensor de presencia para activarse y hasta los que poseen un sistema láser para su propósito.

Se hace mención de dos empresas que han desarrollado sus propios productos, la primera, creada en 1964, “Bird-X” ha sido en la producción de productos de control y repelentes de aves uno de los principales líderes, ofrecen una completa línea de productos para ello, son “eco-amigables”, en otras palabras, no afecta al medio ambiente, no tóxico y no perjudiciales, Poseen una variedad de productos para la disuasión visual, láser, sónica y ultrasónica [7].

La segunda empresa es Bird Gard, con veinte años en el mercado se ha centrado en el desarrollo y mejoramiento de métodos sónicos y ultrasónicos para el control aves de forma también no tóxica y cuidando el medio ambiente. Esta compañía se ha especializado en el uso chips para la generación y reproducción de sonidos sónicos y ultrasónicos, recientemente ha introducido el uso del láser [8].

En general el espantapájaros consta de tres partes fundamentales, la computadora, los parlantes y la fuente de alimentación.

La computadora posee una placa base donde se unen los parlantes, el cable de alimentación y el chip que contiene los sonidos a reproducir. También posee el control de volumen, selección de sonidos, frecuencia de repetición, selección de horarios de funcionamiento y orden de los sonidos. Todo en una caja a prueba de agua, insectos y sol. Dado que los registros se almacenan en un soporte electrónico, no se degradan con el uso constante manteniendo la fidelidad.

Los espantapájaros existentes usan sonidos que provocan un malestar al ave. Los que emite un ave al ser capturada o la llamada de auxilio cuando hay peligro, también sonidos fuertes como disparos y finalmente tonos que varían en frecuencia.

Actualmente la tendencia es el sonido ultrasónico, sonidos a frecuencias que el oído humano no alcanza a percibir, por ejemplo, valores superiores a los 22Khz [9]. Al ser ultrasónico es posible que no sólo operen en campo abierto, sino también en las zonas urbanas con mayor facilidad, donde las aves no son bienvenidas.

En el Perú se usan halcones para el ahuyentamiento de aves, este tiene un costo elevado para su uso constate. Otras formas de espantar y repeler aves son el uso de perros, cintas de cassettes, mallas, los obsoletos clásicos espantapájaros, etc.

Para la reproducción de los sonidos, se toma la idea de un dispositivo que almacene, organice y reproduzca archivos de audio digital. Este es comúnmente denominado reproductor de MP3.

Existen principalmente tres tipos de reproductores de audio digital, Reproductores de CD MP3 son dispositivos que reproducen CD. A menudo, puede ser usado para reproducir CD de audio y CD de datos caseros que contienen MP3 u otros ficheros de audio digital. También los reproductores basados en memorias Flash, éstos son dispositivos que almacenan ficheros de audio digital en memoria interna o externa, como tarjetas de memoria, ejemplo: Reproductores MP3, MP4. Y finalmente reproductores basados en disco duro, son dispositivos que leen ficheros de audio digital desde un disco duro. Estos reproductores tienen capacidades de almacenamiento más grandes, desde 1,5GB a 100GB, dependiendo en la tecnología del disco duro. El iPod de Apple, el Creative Zen y el Commodore eVIC son ejemplos de uso de un reproductor de audio digital, de populares reproductores basados en disco duro en estado sólido. [10]

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo principal

El Objetivo principal de la tesis es el diseño electrónico de un reproductor de sonidos MP3 para un espantapájaros electrónico.

### 2.2.2 Objetivos Secundarios

Como objetivos secundarios se tiene:

- Buscar los componentes más adecuados para el reproductor mp3.
- Analizar de las hojas de fabricante de cada componente.
- Realizar el circuito esquemático e impreso del reproductor.
- Estudios y recolección de los sonidos adecuados para el ahuyentamiento de aves.

## 2.3 Definiciones Básicas

### 2.3.1 Espantapájaros

Según la definición de la real academia de la lengua española es un espantajo que se pone en los sembrados y en los árboles para ahuyentar los pájaros. También definido como cosa que por su representación o figura causa infundado temor. [11] Existen en el mercado muchos tipos de espantapájaros, desde las representaciones humanas hasta el uso del láser.

Tipos de espantapájaros:

- El clásico muñeco que representa a una persona
- Mallas, cintas anti-aves, etc.
- Espantapájaros inflable. Estos son globos que poseen unos ojos en tres dimensiones que se mueven cuando los pájaros pasan volando, esto les da la sensación de que es un depredador acosándolos, no pudiendo acostumbrarse a él [7].

- Espantapájaros automático a propano de doble detonación, este emite detonaciones programables [12].
- Los repelentes sónicos y ultrasónicos emiten sonidos audibles y no audibles para el ser humano y son ideales para entornos abiertos pues cubren grandes extensiones.

Estos últimos reproducen tres tipos de sonidos que se combinan y programan para lograr ahuyentar a la o las especies molestas.

Estos sonidos pueden ser:

Las llamadas de emergencia y los gritos agónicos propios de cada especie, o los sonidos de sus depredadores naturales, aves rapaces, que a su vez suelen instalarse en la zona, haciendo más real la experiencia. Otros sonidos artificiales como sirenas y chirridos que desorientan a los pájaros.

- Otro tipo de espantapájaros es un dispositivo láser de mano que ofrece una forma cómoda y eficaz de conducir aves fuera de las zonas donde no se las quiera.

### 2.3.2 El reproductor digital

Dispositivo que almacena, organiza y reproduce archivos de audio digital. Comúnmente se le denomina reproductor de MP3. Hay tres tipos.

Reproductores de CD MP3, reproductores basados en Flash y reproductores basados en disco duro. El reproductor basado en flash es más adecuado para el sistema de audio ya que es de reducido tamaño, precio y consume poca energía eléctrica [10].

Se define como reproductor digital todo hardware o software que reproduce archivos de audio codificados en MP3, AAC, WMA y otros formatos de audio. Existen varios programas informáticos basados en reproductores de música que reproducen archivos de audio en una computadora de escritorio o portátil, incluyendo iTunes, RealPlayer y Windows Media Player. Los Reproductores de Software también pueden apoyar el streaming de audio y estaciones de radio por Internet. Ver gramola digital y reproductor multimedia.

En cuanto al hardware, un sinnúmero de empresas usan memoria flash o un disco duro para mantener las canciones descargadas desde el ordenador del usuario a través de una conexión USB o FireWire. Apple iPod es claramente el líder de la industria. Unidades de baja capacidad con 128 MB de memoria flash almacenan aproximadamente 30 canciones en formato MP3, mientras que los reproductores basados en flash con 4 GB de memoria puede almacenar un millar de títulos. Modelos de disco duro pueden manejar hasta 15.000 canciones y más. Algunas unidades incluyen una radio FM.

El MP3 es el formato de audio universal que todos los reproductores de música digital reproducen, y muchos de los primeros sólo podían reproducir canciones MP3. Hoy en día, los reproductores portátiles de MP3 leen uno o más formatos adicionales tales como AAC y Windows Media Audio (WMA). Para mejorar la calidad, pueden permitir la reproducción de sin AIFF y WAV. Por ejemplo, el iPod soporta MP3, AIFF, WAV, AAC desprotegidos y protegidos, este último formato de Apple procede de tienda de música en línea cuando se compra un tema

La función de reproductor de música digital no es sólo en dispositivos autónomos. Aunque por lo general está limitada la capacidad, un reproductor puede ser embebido en dispositivos tales como teléfonos móviles, PDAs, receptores de radio por satélite y los sistemas de navegación. Por ejemplo, el iPhone de Apple contiene un iPod con funciones completas. [13]

### 2.3.3 Formatos de audio

El MPEG-1 Audio Layer 3, más conocido como MP3 es un formato de audio digital comprimido con pérdida desarrollado por el Moving Picture Experts Group (MPEG) para formar parte de la versión 1 del formato de vídeo MPEG. El mp3 estándar es de 44 Khz. y un bitrate de 128 Kbps por la relación de calidad/tamaño. Su extensión es .mp3

El WAV (o WAVE), apócope de WAVE form audio format, es un formato de audio digital normalmente sin compresión de datos desarrollado y propiedad de Microsoft y de IBM que se utiliza para almacenar sonidos en el PC, admite archivos mono y estéreo a diversas resoluciones y velocidades de muestreo, su extensión es .wav [10].

#### 2.3.4 El microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un sólo circuito integrado. [10].

En el mercado hay una gran cantidad de fabricantes y también una gran variedad de microcontroladores, estos varían principalmente en su arquitectura y cantidad de bits. También en tamaño de memoria y otros dispositivos. Estos contienen puertos I/O, una variedad de osciladores internos, relojes, UARTs, modulación por ancho de pulso, resistencias pull-up, ADC's, Comparadores Análogos, etc.

Unas ventajas de los microcontroladores son la poca cantidad de energía que necesitan para su funcionamiento y la cantidad de aplicaciones que se pueden realizar con estos dispositivos [14].

#### 2.3.5 Memoria flash

La memoria flash es una forma desarrollada de la memoria EEPROM que permite que múltiples posiciones de memoria sean escritas o borradas en una misma operación de programación mediante impulsos eléctricos, frente a las anteriores que sólo permite escribir o borrar una única celda cada vez. Por ello, flash permite funcionar a velocidades muy superiores cuando los sistemas emplean lectura y escritura en diferentes puntos de esta memoria al mismo tiempo [10].

#### 2.3.6 Decodificador

Un decodificador o descodificador es un circuito combinacional, cuya función es inversa a la del codificador, esto es, convierte un código binario de entrada (natural, BCD, etc.) de N bits de entrada y M líneas de salida (N puede ser cualquier entero y M es un entero menor o igual a  $2^N$ ), tales que cada línea de salida será activada para una sola de las combinaciones posibles de entrada. Estos circuitos, normalmente, se suelen encontrar como decodificador / demultiplexor. Esto es debido a que un demultiplexor puede comportarse como un decodificador [10].



En el caso del espantapájaros electrónico es necesario decodificadores para formatos como el MP3, estos existen en el mercado con una variedad de fabricantes como Atmel, Samsung, etc. [13]

### 2.3.7 Convertidor Digital Analógico

Un conversor (ó convertidor) analógico-digital (CAD), (ADC) es un dispositivo electrónico capaz de convertir un valor binario en un voltaje determinado, en otras palabras, este se encarga de transformar señales digitales a analógicas [10].

### 2.3.8 Pantalla de cristal líquido

Una pantalla de cristal líquido o LCD (acrónimo del inglés *Liquid crystal display*) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica [10].

## 2.4 Modelo Teórico

Debido a que existe la necesidad en las áreas rurales de controlar el ataque de las aves a los cultivos de vid, arroz, trigo, en general a cualquier plantación y en zonas urbanas, para eventos multitudinales como conciertos, ceremonias y celebraciones en plazas, en zonas residenciales donde las aves no sean bienvenidas por la suciedad que provocan, en aeropuertos, en muelles, en las fábricas de alimentos, etc. El espantapájaros electrónico es capaz de resolver gran parte del problema o resolverlo en su totalidad, ya que este emite sonidos que estresan y asustan a las aves.

Estos sonidos son los adecuados para ahuyentarlos siempre y cuando se tenga una estrategia adecuada para que las aves no puedan adaptarse a estos sonidos. Para la emisión adecuada de los sonidos es necesario un dispositivo que los controle.

Entre los dispositivos más adecuados está el reproductor de audio digital, quien reproduce de forma óptima los diferentes formatos existentes en el mercado. Para este caso es necesario uno que pueda reproducir formatos MP3 y WAV, el primero por ser el más comercial que hay entre todo los formatos con pérdida por compresión y el otro por no tener pérdidas por compresión.

Este Reproductor involucra un microcontrolador que controla el orden de la emisión de sonidos y la cantidad de veces que se va a reproducir, todo esto para que el ave no pueda acostumbrarse, la memoria donde están almacenados los archivos de los formatos antes mencionados, el decodificador para poder decodificarlos correctamente, el conversor digital analógico para ser enviado a un parlante y el parlante que finalmente es el que emite las ondas sonoras.



# CAPÍTULO 3

## ELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA DE AUDIO

### 3.1 Introducción

El presente capítulo apunta a encontrar los dispositivos adecuados para el sistema de audio, cubriendo los requerimientos del sistema, es decir, los requisitos mínimos para su buen funcionamiento. Luego se procederá a buscar componentes adecuados para el sistema de audio y finalmente su elección dependiendo de los criterios.

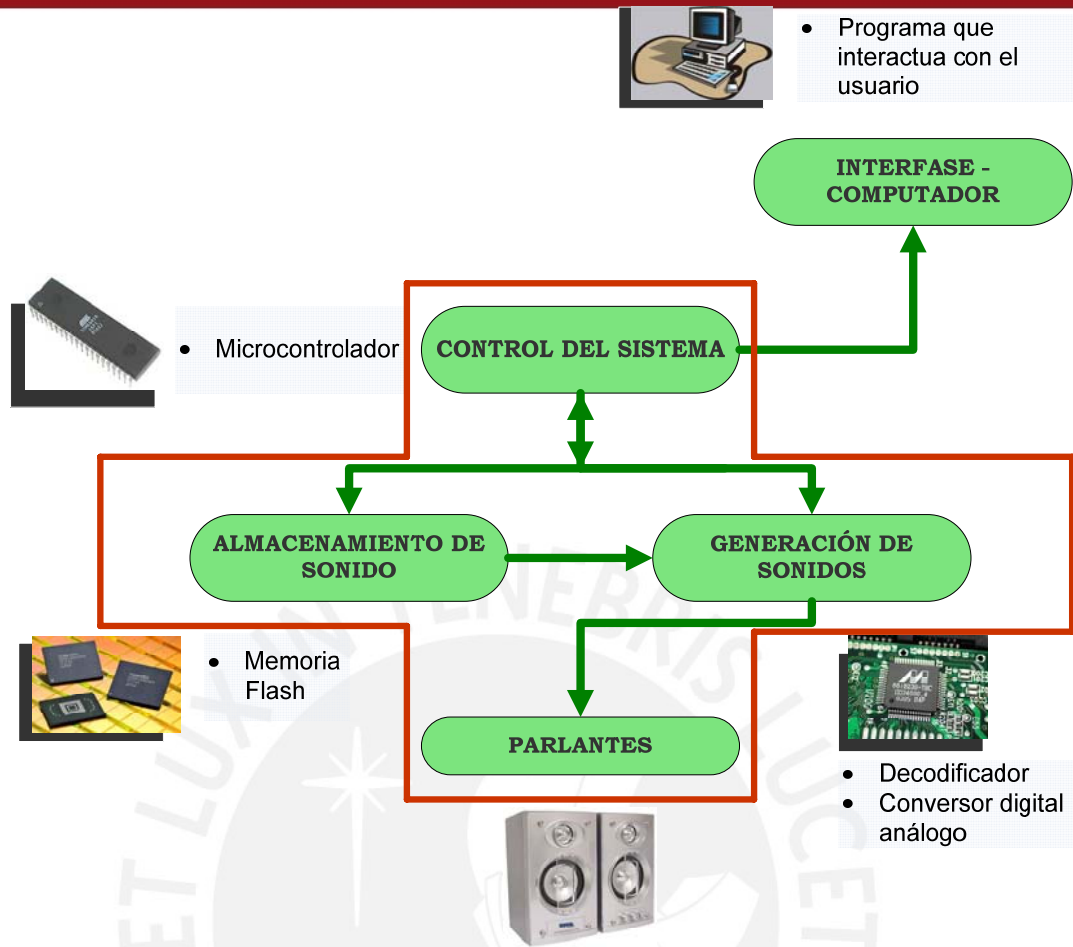
### 3.2 Necesidades del sistema

#### 3.2.1 Las partes básicas

El sistema se divide en 4 partes, como se vio en el capítulo 1 (distribución mostrada en la figura 3.1)

- Almacenamiento de sonidos
- Generación de sonidos
- Control del sistema
- Parlantes

El alcance de la tesis son los bloques del control del sistema, almacenamiento de sonidos, generación de sonidos y los parlantes, dejando de lado la interfase con el computador (usuario), pero se tomara en cuenta para el diseño del hardware.



(Fuente: propia)

**Figura 3.1:** Diagrama de bloques del Sistema de audio. Se indica con las líneas rojas, el alcance de la tesis.

De acuerdo con el diagrama de bloques, el sistema cuenta con los siguientes dispositivos:

- Para el control del sistema, un microcontrolador.
- Para el almacenamiento de sonidos, una memoria
- Para la generación de sonidos, un decodificador Mp3 y un convertor digital analógico.
- Para la salida de audio, parlantes o bocinas,

### 3.2.2 Características Medio ambientales y eléctricas

Se describe las necesidades del sistema:

### 3.2.2.1 Del medio ambiente

Los requisitos de cada componente deben soportar las inclemencias del campo en el que va a estar ubicado. Debe estar preparado para todas las épocas del año, desde el verano con las exigencias del calor hasta el invierno. Cada componente tendrá un rango de temperatura mínimo, tomando de referencia un lugar donde se practica la viticultura, para ello, se obtienen datos para realizar los requerimientos mínimos del sistema en cuanto temperatura y humedad. En el caso del Perú, el Servicio Nacional de Meteorología e hidrológica del Perú – SENAMHI es la fuente más indicada.

Se toma dos meses para hallar las temperaturas extremas, estos son el mes de Febrero y Agosto. A partir de la elección de estos dos meses, se toman los más recientes, ya que por el calentamiento global, la temperatura tiende a subir.

En la tabla número 3.1 se indica en color verde el día en que la temperatura fue máxima en el mes de Febrero y con amarillo el día en que el promedio fue el máximo.

Tabla 3.1: Estación Meteorológica de Ocucaje

(Fuente: Senamhi 2009 – Datos Históricos <http://www.senamhi.gob.pe>)

Feb09

Estación: **OCUCAJE** Tipo Automática - Meteorológica 1

Departamento: **ICA**

Provincia: **ICA**

Distrito: **OCUCAJE**

Latitud: **14° 23' 1"**

Longitud: **75° 40' 1"**

Altitud: **330**

Día/Mes/Año	Temperatura			Humedad	Lluvia
	Prom	Max	Min		
01-Feb-09	24.93	33.4	16.9	62.96	
02-Feb-09	25.2	33	17.8	62.13	
03-Feb-09	25.38	34	18.5	59.71	
04-Feb-09	25.17	34.2	17.5	59.17	
05-Feb-09	25.3	32.9	19.4	60.04	
06-Feb-09	24.51	31.3	19.5	64.33	
07-Feb-09	21.06	25	19.7	75.44	
12-Feb-09	30.18	32.2	26.2	50.17	
13-Feb-09	25.83	31.3	21.5	66.07	
14-Feb-09	24.26	29.5	21.4	70.22	

15-Feb-09	24.37	31.7	19.7	74.33	
16-Feb-09	24.75	31.7	19	73.21	
17-Feb-09	25.62	30.6	21.2	67.48	
23-Feb-09	25.43	28.6	21.4	68.47	
24-Feb-09	24.16	29.9	20.7	74.46	0.2
25-Feb-09	25	31.4	20.6	68.33	
26-Feb-09	24.28	30.2	19.8	70.79	
27-Feb-09	25.81	33.1	19.8	65.56	
28-Feb-09	24	26.1	23.2	72.17	

Asimismo tomando los datos de la tabla número A3 ubicada en el anexo, se puede hallar las temperaturas mínimas de Agosto.

Luego de una revisión de los datos de las tablas anteriores se obtienen:

**Max: 34.2°C el 4 de febrero del 2009**

**Min: 7.4°C el 14 de agosto del 2008**

Una humedad relativa de 50.17 en verano como mínimo y 82.83 como máximo en invierno.

**Max: 82.83 humedad relativa el 13 de Agosto del 2008**

**Min: 50.17 humedad relativa el 12 de Febrero del 2009**

Estos datos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.2: Características del medio ambiente  
(Fuente: Datos resumidos de la tabla anterior y del anexo A3)

	Temperatura °C	Humedad relativa*
Máxima	34.2	82.83
Mínima	7.4	50.17

Para tener seguro el rango de funcionamiento normal de los dispositivos que conforman el sistema, la temperatura de operación de cada uno de ellos debe estar como mínimo en el rango de 0°C a 54.2°C, tomando como criterio +20°C al máximo (por el ambiente cerrado en el que van a estar los dispositivos) y enviando a 0°C al mínimo por cualquier situación fuera de lo normal. Se podría tomar 7.4°C al mínimo

de diseño pero se desea tener este rango de seguridad por cualquier fenómeno que aparezca en el futuro.

La humedad al ser siempre alta no habría problema con las descargas electroestáticas que pueden suceder en un ambiente seco [16].

En la tabla 3.3 se resume los rangos de temperatura diseñados:

Tabla 3.3: Rango de temperaturas diseñado  
(Fuente propia)

	Temperatura en °C	
	Requisitos mínimos	Requisitos óptimos
Máxima	34.2	54.2
Mínima	7.4	0

### 3.2.2.2 Eléctricas

Es deseable tener sólo una fuente para el sistema de audio, ya que no todos los dispositivos funcionan con el mismo nivel de voltaje, por ejemplo, los microcontroladores, por lo general, trabajan con 5 voltios y otros dispositivos como conversores o decodificadores a menos.

## 3.3 SELECCIÓN

En el presente capítulo se va a elegir cada dispositivo independientemente de otro.

### 3.3.1 Control del Sistema

#### 3.3.1.1 Requisitos del microcontrolador

Para elegir el microcontrolador es necesario prever los requerimientos del sistema, como es notorio, la cantidad de puertos debe ser el necesario para poder soportar una memoria externa, esto quiere decir, como mínimo, un bus de datos de 8bits,

comunicación con otros dispositivos, sea como I<sup>2</sup>C o serial, una interfaz LCD (no es alcance de la tesis), comunicación con una computadora, para el depurado del programa, y algunas interrupciones externas; en otras palabras, se necesita que tenga la mayor cantidad de puertos. La capacidad de memoria Flash debe ser por lo menos 3 kilobytes, teniendo de referencia el programa del espantapájaros electrónico. La frecuencia de operación no es crítica, ya que, la aplicación del microcontrolador es para audio (KHZ), por lo cual, la velocidad más alta sería la comunicación con la computadora. El voltaje de alimentación debe ser entre 3 y 5 voltios que por lo general son los que alimentan circuitos integrados.

Como requisitos adicionales es preferible tener una cantidad apreciable de registros de propósito general para una adecuada programación, de la misma manera, la memoria RAM, por lo menos la misma cantidad del microcontrolador usado en el espantapájaros basado en una lectora de CD (1Kbyte de capacidad).

### 3.3.1.2 Elección del Microcontrolador

Para la correcta elección del microcontrolador se toma algunos criterios para cumplir los requisitos antes mencionados; El primero es la variedad de los microcontroladores en el mercado; el segundo, que opere bajo las condiciones climáticas sin problemas y por último, microcontroladores usados en sistemas similares.

Entre los microcontroladores conocidos están el Motorola 68000, la familia de microcontroladores Atmel y la familia de los Pics.

En primer lugar descartamos a la familia Motorola por tener solo 2 registros de propósito general. Teniendo así los microcontroladores de Microchip Technology (PICs) y los microcontroladores de Atmel para la elección.

Según los requisitos, en la familia Microchip Technology de 8 bits de núcleo, con memoria Flash para grabar el programa de control, fuente de alimentación entre 2 a 5 voltios, con comunicación serial y I<sup>2</sup>C tenemos la sub-familia de los PIC18LF2X1X. En la tabla 3.4. Se muestran sus características.



Tabla 3.4: Características de la familia PIC18LF2X1X.

(Fuente:www.digikey.com)

Cantidad de RAM	Número de I/O	Velocidad	Oscilador Interno	Tipo memoria para el programa
1.5KB x 8	36	40MHZ	Interno	FLASH

Tamaño de EEPROM	Tipo de Núcleo	Conectividad	Rango de voltaje	Temperatura de Operación
256B x 8	8-Bit	I <sup>2</sup> C,SPI, UART/USART	2V ~ 5.5V	-40°C ~ 85°C

Por otro lado, cualquier microcontrolador (de la Familia Atmel) desde el ATmega8 (usado en el espantapájaros basado en un reproductor de CD) puede cumplir con las características que se requieren para el sistema (tabla 3.5).

Tabla 3.5: Características básicas de la familia ATmegaX.

(Fuente:www.digikey.com)

Cantidad de RAM	Número de I/O	Velocidad	Oscilador Interno	Tipo memoria para el programa
1K x 8	23	16MHZ	Interno	FLASH

Tamaño de EEPROM	Tipo de Núcleo	Conectividad	Rango de voltaje	Temperatura de Operación
256B x 8	8-Bit	I <sup>2</sup> C,SPI, UART/USART	2.7V ~ 5.5V	-55°C ~ 125°C

Para las condiciones climáticas las dos familias cumplen con el requerimiento, entre 0 y 50 grados.

Se puede concluir que cualquier familia de microcontroladores puede ser utilizado para el sistema teniendo en cuenta sus requerimientos.

Para la elección también se toma en cuenta el programa del espantapájaros electrónico basado en una lectora de CD, éste está programado en Assembler e implementado en ATmega8, por comodidad del diseño se prefiere usar los microcontroladores de Atmel, optando así por esta familia.

Entre los ATmegas hay diferentes variedades, depende de la capacidad de la memoria flash; Entre los posibles a usar están: ATmega8, ATmega16, ATmega32, etc.

Se muestran a continuación, tres tablas para mostrar la información más importante de los dispositivos.

En la primera tabla (tabla 3.6) se muestra las cuatro primeras características, la memoria Flash, la SRAM, el número de pines de entrada y salida y la frecuencia máxima de trabajo. Es necesario que el microcontrolador tenga el número máximo de puertos entrada salida (ya antes mencionado), con lo que se descarta el ATmega8 y se prefiere un ATmega16 o superior. Para la memoria FLASH (tomando en cuenta que el espantapájaros actual cuenta con un ATmega8 y habiéndose ya elegido un ATmega16 o posterior) no habría problema, ya que en cualquier caso, se duplica la cantidad de memoria, de esta manera, se está preparado para una gran cantidad de líneas a programar, no solo por el hecho que se tiene varios bloques a controlar y por referencia del programa anterior, sino que también la estrategia a usar (en la tabla 3.6 se señalan los posibles microcontroladores a usar).

Tabla 3.6: Elección de ATmega parte1.

(Fuente: Atmel 2009. [http://www.atmel.com/dyn/products/param\\_table.asp](http://www.atmel.com/dyn/products/param_table.asp))

Device	Flash	SRAM	Max I/O Pins	F.max (MHz)
ATmega2561	256	8192	54	16
ATmega2560	256	8192	86	16
ATmega1280	128	8192	86	16
ATmega128	128	4096	53	16
ATmega64A	64	4096	54	16
ATmega32A	32	2048	32	16
ATmega16A	16	1024	32	16
ATmega168P	16	1024	23	20
ATmega164PA	16	1024	32	20
ATmega162	16	1024	35	16
ATmega168	16	1024	23	20
ATmega165P	16	1024	54	16
ATmega164P	16	1024	32	20

En la tabla 3.6 se muestran una variedad de microcontroladores de similares características, por ejemplo, entre los ATmega de 16Kbytes de memoria flash existen las siguientes variaciones:

El ATmega16, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 169, 16A, 16H, 16L, 16M y el 16U. Estas variaciones tienen provienen por las diferentes funciones que realizan de sus pines.

En la tabla 3.7 se muestran cinco características más, el voltaje de alimentación, el número de conversores análogos digitales, la existencia de algún comparador

analógico y el número de temporizadores de 16 bits y de 8 bits; Como único requisito primordial en esta tabla es el voltaje de alimentación, este debe estar entre 3 y 5 voltios por los requerimientos ya antes mencionados.

Tabla 3.7: Elección de ATmega parte2

(Fuente: Atmel 2009. [http://www.atmel.com/dyn/products/param\\_table.asp](http://www.atmel.com/dyn/products/param_table.asp))

Device	Vcc (V)	10-bit A/D Channels	Analog Comparator	16-bit Timers	8-bit Timer
ATmega2561	1.8-5.5	8	Yes	4	2
ATmega2560	1.8-5.5	16	Yes	4	2
ATmega1280	1.8-5.5	16	Yes	4	2
ATmega128	2.7-5.5	8	Yes	2	2
ATmega64A	2.7-5.5	8	Yes	2	2
ATmega32A	2.7-5.5	8	Yes	1	2
ATmega16A	2.7-5.5	8	Yes	1	2
ATmega168P	1.8-5.5	8	Yes	1	2
ATmega164PA	1.8-5.5	8	Yes	1	2
ATmega162	1.8-5.5	--	Yes	2	2
ATmega168	1.8-5.5	6 a 8	Yes	1	2
ATmega165P	1.8-5.5	8	Yes	1	2
ATmega164P	1.8-5.5	8	Yes	1	2

Por último, se muestra en la tabla 3.8 el número de interrupciones, PWM y UART. Para las interrupciones externas se espera botones de reproducción (play), detenido (posiblemente el mismo que el de reproducción), avanzar, retroceder y finalmente el reset, por lo cual, el mínimo indispensable de interrupciones externas serían tres. Como se mencionó en líneas anteriores, las diferencias entre los ATmegas16 que restan están en las funciones que realizan los pines, el ATmega16A es el básico y el ATmega164 es una derivación de este (por ejemplo tiene una mayor cantidad de interrupciones), por lo cual en este caso el ATmega16A es la mejor elección.

Tabla 3.8: Elección de ATmega parte3

(Fuente: Atmel 2009. [http://www.atmel.com/dyn/products/param\\_table.asp](http://www.atmel.com/dyn/products/param_table.asp))

Device	Interrupt	PWM Channels	UART
ATmega2561	48	9	2
ATmega2560	57	16	4
ATmega1280	57	16	4
ATmega128	34	8	2
ATmega64A	34	8	2
ATmega32A	19	4	1
<b>ATmega16A</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
ATmega168P	26	6	1
<b>ATmega164PA</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>2</b>
ATmega162	28	6	2
ATmega168	26	6	1
ATmega165P	23	4	1
<b>ATmega164P</b>	<b>31</b>	<b>6</b>	<b>2</b>

Luego de la revisión de estas tablas, el ATmega16A es el que más se acomoda al diseño, ya que sus pines tienen las funciones necesarias como para controlar los dispositivos a usar.

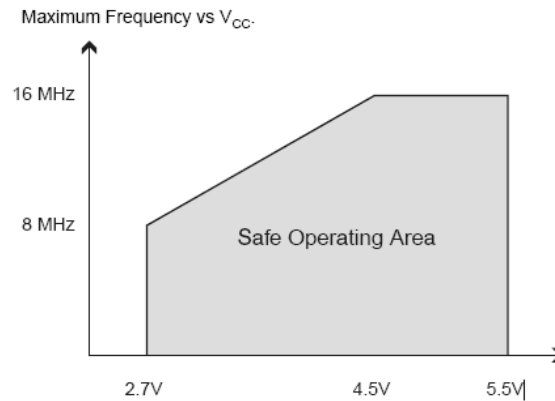
El rango de operación de este microcontrolador es  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$ .

Tabla 3.9: Rangos de temperatura de los AtmegaX

(Fuente: Hoja de datos de la ATmega)

Temperatura	Mínima $^{\circ}\text{C}$	Máxima $^{\circ}\text{C}$
De operación	-55	125
De almacenado	-65	150

Otro factor importante es el consumo de energía, la alimentación del ATmega16A, está en el rango es de 2.7 a 5.0V. y consume 15.0mA como máximo a 8Mhz y a 5v en Vcc. Se muestra en la figura 3.2 el área de operación del ATmega16A.



(Fuente: © 2008 Atmel Corporation. Hoja de datos del ATmega16A)

**Figura 3.2:** Frecuencia de operación vs V<sub>cc</sub>

Finalmente el precio unitario es de \$2.66, con lo cual lo hace más atractivo para su uso. (Fuente: <http://www.digikey.com/>)

### 3.3.2 Almacenamiento de sonidos

La memoria es muy importante para el sistema de audio, la capacidad de esta debe ser la adecuada para el espantapájaros.

#### 3.3.2.1 Requerimientos de la memoria

Se prevee que los sonidos a guardar en ella serán cortos, por ello, la capacidad de bytes también la será, por lo cual, no es necesario llegar a la capacidad de Gigabytes o por el contrario una mínima cantidad de bytes.

Se toma de la tesis del espantapájaros electrónico basado en la reproducción de un CD un mínimo de 256MB, asumiendo gran calidad y una buena cantidad de sonidos a reproducir. Este CD contiene 24 minutos y 29 segundos en 12 pistas en calidad WAV.

Lo adecuado será tener 256MB como capacidad mínima. Además, es recomendable que la memoria tenga una cierta cantidad de megabytes adicionales para las posteriores actualizaciones de sonidos o nuevos a grabar en ella.

### 3.3.2.2 Elección de la memoria

En los últimos años se ha proliferado los aparatos portátiles con reducido tamaño y almacenamiento removible, como reproductores MP3, cámaras digitales, y PDAs, con ello los consumidores de estos productos pueden expandir la capacidad de almacenamiento e intercambiar archivos con su PC. En la actualidad existen slots para CompactFlash en cientos de cámaras digitales, Palms, reproductores MP3, grabadoras y en hasta impresoras.

También ha entrado al mercado las SD cards, memorias de varios Gigabytes de capacidad para la expansión del almacenamiento de los aparatos electrónicos antes mencionados, por lo cual se tiene dos posibles dispositivos para el almacenamiento de los archivos MP3 del espantapájaros.



(Fuente: CompactFlash Association)

**Figura 3.3:** Comparación de memorias CompactFlash y monedas americanas.

En primer lugar existe una gran cantidad de memorias CompactFlash en el mercado, y uno de los criterios de selección es el número de pines, ya que el ser mayor la cantidad es estos, es más manejable para un nuevo diseño. Hay de 68 pines, 28 pines, 50 pines. Para las memorias tipo SD se tiene como máximo 7 pines. Según las hojas de datos, estos últimos (memorias SD) no se usan para nuevos diseños.

Al tener esta recomendación y/o advertencia de los fabricantes de memorias SD, se prefiere las memorias CompactFlash. Entre las existentes en el mercado, se elige la memoria de 50 pines de Toshiba THNCFxxxxDG-ND. En la tabla 3.9 se muestran las capacidades de esta memoria.

Tabla 3.10: Capacidad de almacenaje de la CompactFlash™ card de Toshiba  
(Fuente: Hoja de datos de THNCFxxxxDG series CompactFlash™ card)

Card Density	Modelo Num.	Cilindros	Cabezas	Sectores	Capacidad de Memoria
128MB	THNCF128MDG	978	8	32	128,188,416 Byte
256MB	THNCF256MDG	978	16	32	256,376,832 Byte
512MB	THNCF512MDG	993	16	63	512,483,328 Byte
1.02GB	THNCF1G02DG	1985	16	63	1024,450,560 Byte

Se elige 512MB como capacidad de la CompactFlash para el sistema de audio (teniendo así el doble del mínimo). Finalmente, para ver si cumple los requerimientos de temperatura se toman los datos de la hoja de fabricante, estos se muestran en la primera columna de la tabla 3.10.

Tabla 3.11: Comparación entre los requisitos deseables del sistema y la temperatura de operación de la memoria

(Fuente: Hoja de datos del CompactFlash memory)

	Temperatura en °C		
	Temperatura de operación de la memoria	Requisitos mínimos del sistema	Requisitos óptimos del sistema
Máxima	70	34.2	54.2
Mínima	0	7.4	0

El rango de operación está cercano al rango de diseño pero no pone en peligro al dispositivo ya que en la zona donde se va a aplica el diseño no ha llegado a los 0°C.

Tabla 3.12: Rangos de temperaturas de la memoria THNCFxxxxDG-ND

(Fuente: Hoja de datos de THNCFxxxxDG series CompactFlash™ card)

Temperatura	Mínima °C	Máxima °C
Operación	0	70
Almacenamiento	-20	85

La alimentación de la memoria tiene dos voltajes de operación 3.3V con un error de  $\pm 5\%$  o 5.0V con un error de  $\pm 0.5V$ . Pero se recomienda (según hoja de datos) de 4.5 a 5.5. siendo su voltaje promedio 5v. El consumo es dependiendo de que estado este el dispositivo. Esto se muestra a continuación en la tabla 3.12.

Tabla 3.13: Consumo de energía de la memoria  
(Fuente: Hoja de datos de THNCFxxxxDG series CompactFlash™ card)

	Modo Activo	
	5V de Operación	3.3V de Operación
Operación de escritura	28mA (Tip.)	25mA (Tip.)
Operación de lectura	23mA (Tip.)	21mA (Tip.)
Modo ahorro de energía	750µA (Tip.)	380µA (Tip.)

Se puede concluir de la tabla 3.12 que la memoria consume poca corriente. Finalmente el costo de la memoria es de 13 dólares (Fuente: Digikey Setiembre 2009).

### 3.3.3 Generación de sonidos

#### 3.3.3.1 Requerimientos del decodificador

Lo necesario para el sistema de audio es un decodificador simple y que decodifique el formato MP3. La razón de la decodificación es que se ahorra espacio en memoria con la compresión MP3 sin alterar la percepción de las aves ya que estas tienen menos desarrollado el sentido del oído que los humanos [9].

#### 3.3.3.2 Elección del decodificador

El criterio para la elección del decodificador es cual de los dispositivos en el mercado se acopla mejor al sistema de audio del espantapájaros electrónico.

En el mercado actual de componentes electrónicos se encuentran varios fabricantes, como Atmel, Cirrus Logic Inc., y STMicroelectronics (tabla 3.13), de los cuales se tomaron las siguientes características mostradas para su elección.



Tabla 3.14: Cuadro comparativo de Decodificadores de audio mp3

(Fuente: Digikey, Copyright © 1995-2009, Digi-Key Corporation.)

Fabricante	Cirrus Logic Inc.	STMicroelectronics	Atmel
Nombre	Familia CS493xx	STA013/B/T	AT83SND2CMP3 (A1),DVX
Tipo	Audio Decoder	Audio Decoder	Decoder
Aplicaciones	MP3 Players, Portable Media Players	Sound Cards, Players, Recorders	MP3 Players, Portable Media Players
Voltaje de alimentación analógica	2.37 V ~ 2.63 V	-	-
Voltaje de alimentación digital	2.37 V ~ 2.63 V	2.4 V ~ 3.6 V	2.4 V ~ 3.3 V

En la tabla 3.13 se puede observar que las aplicaciones de cada dispositivo son similares.

### 3.3.3.2.1 Familia de CS493

Usado para el mercado del DVD, tiene una capacidad MPEG multicanal, Dolby digital, Dolby Pro Logic II, Digital Surround, etc. Por lo cual, sus funciones sobrepasan las funciones básicas para el espantapájaros, ya que solo se desea un decodificador de mp3 para su correcto funcionamiento, un sobredimensionamiento del dispositivo no sería lo adecuado.

Su voltaje de operación es 2.5 Voltios con una tolerancia de 0.13 voltios.

Se muestra una tabla comparativa de los requisitos de temperatura.

Tabla 3.15: Cuadro comparativo del CS493XX

(Fuente: Hoja técnica del CS493xx)

	Temperatura en °C		
	Temperatura de operación del CS493xx	Requisitos mínimos del sistema	Requisitos óptimos del sistema
Máxima	70	34.2	54.2
Mínima	0	7.4	0

### 3.3.3.2.2 ATmel AT83SND2CMP3

Este dispositivo ha sido desarrollado como MP3 accionado por control remoto, cabe perfectamente en teléfonos móviles y juguetes, puede ser utilizado en equipos portátiles y para usos industriales. Los archivos de audio y cualquier otro dato pueden ser almacenados en memoria Flash o en una tarjeta como por ejemplo una MultiMediaCard (MMC) o con una SD. Las colecciones de la música son fáciles de construir, pues los datos se pueden almacenar usando FAT12, FAT16 y FAT32.

EL AT83SND2CMP3 tiene como características: una disipación de potencia de 1W, se alimenta de 2.7 a 3.3V. a 5mA por pin, y su máxima frecuencia de muestreo es 48KHz.

Este dispositivo es muy completo y complicado para nuevos diseños, contiene todos los elementos necesarios para el uso único de este dispositivo para la reproducción de archivos mp3.

Tabla 3.16: Cuadro comparativo de temperatura del AT83SND2CMP3

(Fuente: Hoja técnica del AT83SND2CMP3)

	Temperatura en °C		
	Temperatura de operación del AT83SND2CMP3	Requisitos mínimos del sistema	Requisitos óptimos del sistema
Máxima	85	34.2	54.2
Mínima	-40	7.4	0

### 3.3.3.2.3 Decodificador STA013

Es un circuito decodificador integrado con gran flexibilidad de MPEG Audio Layer III. Este dispositivo recibe datos seriales desde su interfaz con el microcontrolador, decodificando la señal en mono o en estéreo, luego enviándola directamente a un conversor digital análogo por su salida PCM [22]. Su aplicación común es en placas madres de computadoras.

Tabla 3.17: Cuadro comparativo de temperatura del STA013

(Fuente: Hoja técnica del STA013)

	Temperatura en °C		
	Temperatura de operación del decodificador	Requisitos mínimos del sistema	Requisitos óptimos del sistema
Máxima	85	34.2	54.2
Mínima	-40	7.4	0

La alimentación es de 2.7 voltios con una tolerancia de  $\pm 0.3$  voltios y con un máximo de 3.6V. Su disipación de potencia a 3 Voltios y con una frecuencia de muestreo menor a 48KHz es de 85mW como máximo.

Luego de la revisión los tres decodificadores, se descarta al CS493 por el uso que se le da, no solo por sus aplicaciones comerciales sino por la cantidad de tipos de formatos que puede decodificar, esto incrementa la dificultad de uso. El AT83SND2CMP3 de Atmel es muy completo para el uso de solo el decodificador mp3 que esta integrado en el, tiene buenas prestaciones pero es innecesario tal dispositivo, ya que sus aplicaciones no son las apropiadas para el espantapájaros. Finalmente se elige el STA013 por la sencillez de este a comparación de lo otros dispositivos antes mencionados y porque cumpliría bien la función del bloque de decodificación en el sistema de audio. Su precio unitario es: \$11.14 (Fuente: Digikey Abril 2009)

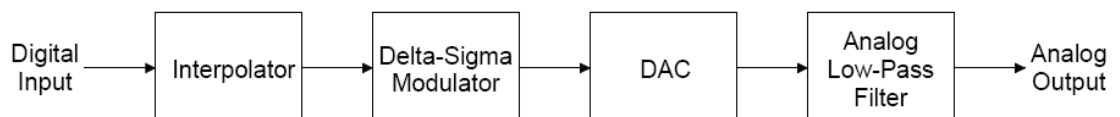
### 3.3.3.3 Elección del conversor digital analógico

Para la elección del conversor digital analógico es necesario que el dispositivo cumpla con su función con una baja tasa de errores. En el mercado existen tres grandes fabricantes, de los cuales solo se compararán dos Cirrus Logic Inc. y Texas Instruments.

#### 3.3.3.3.1 Conversor CS4334

La Familia CS4334 son sistemas de salida digital a analógica con salida estéreo, soporta la mayoría de formatos de interfases de audio. Este dispositivo está basado en la modulación delta – sigma, donde la salida del modulador controla la referencia de voltaje a la entrada a un filtro pasa bajo lineal.

El Rango de temperatura es de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+70^{\circ}\text{C}$ , con una alimentación típica de 5V con tolerancia de 0.25 voltios por debajo del típico y 0.5 voltios por encima del mismo. El CS4334 consume de 19mA como máximo a 5 voltios y disipa una potencia de 75mW como típico y 104mW como máximo a 5.5V. Finalmente el CS4334 tiene un máximo de 96KHz como frecuencia de muestreo y su precio unitario es de \$6.72 (fuente: Digikey –Abril2009)



**Figura 3.4:** Diagrama de bloques simplificado de CS4334 (Fuente: hoja de datos del CS3443)

#### 3.3.3.3.2 Conversor PCM3060

El PCM3060 integrado de 24 pines de bajo costo, de 16 bits codificador-decodificador de audio estéreo (ADC y DAC) con entradas y salidas asimétricas de voltaje análogo. Ambos convertidores de analógico a digital (ADC) y los convertidores de digital a analógico (DACs) emplean modulación delta-sigma, El DACs también incluye una función digital de la desacentuación como el CS4334. El

PCM3060 acepta cuatro diversos formatos de datos audio para el ADC y el DAC, también proporciona un modo de la energía-abajo, que trabaja en el ADC y el DAC simultáneamente.

Necesita 3 alimentaciones, dos entradas de 5 voltios con una tolerancia de 0.5 voltios y una tercera entrada de 3 voltios con una tolerancia de 0.6 voltios.

El rango de temperatura de operación es de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$ , el consumo es de 32mA a 96KHz como máximo y con una disipación de potencia de 230mW a la misma frecuencia y la frecuencia máxima de muestreo es de 192KHz.

Su precio unitario es de \$2.73000 (fuente: Digikey Abril 2009)

Tabla 3.18: Cuadro comparativo de temperaturas de los DACs

(Fuente: Hoja de datos de los conversores digital analógicos)

	Temperatura en $^{\circ}\text{C}$			
	Temperatura de operación del CS4334	Temperatura de operación del PCM3060	Requisitos mínimos del sistema	Requisitos óptimos del sistema
Máxima	85	125	34.2	54.2
Mínima	-40	-40	7.4	0

Finalmente se elige el CS4334 porque permitiría trabajar de forma sencilla con el decodificador mp3 antes elegido [15], este al ser solo un DAC se acopla al sistema más fácilmente, sin embargo el PCM3060 es mejor por su prestaciones a comparación del CS4334, sea por el orden del modulador delta sigma o por su precio, haciéndolo más atractivo ante la otra opción. Lo único en que el CS4334 se prefiere ante el PCM3060 es que no tiene ADC, lo cual significa el ahorro de espacio ya que se evita pines de más ya que el ADC no va a ser utilizado en ninguna parte del sistema.

### 3.3.4 Parlantes

Se tiene dos tipos de dispositivos de emisión de sonidos, parlantes y bocinas.

#### 3.3.4.1 Requisitos

Es necesario tener un área de trabajo adecuado para que el sistema de audio funcione de la mejor manera y una potencia acústica precisa para poder ahuyentar a las aves en toda la zona de interés.

#### 3.3.4.2 Criterios de selección

**Área** (zona de interés): El área elegida es una hectárea, medida común en la agricultura y consta de 10'000 m<sup>2</sup>.

**Potencia:** Por diseño se elige 70dB en el límite del área elegida.

**Direccionalidad:** Es necesario que toda la hectárea este bajo el dominio del espantapájaros.

#### 3.3.4.3 Selección

En el mercado tenemos dos tipos de dispositivos para emitir sonidos, estos son parlantes y bocinas. Los parlantes son unidireccionales u omnidireccionales y las bocinas son solo unidireccionales. La eficiencia de los parlantes es a lo más 2% de su consumo eléctrico y las bocinas hasta 25%. Ahora, como se necesita que toda el área de trabajo este bajo los sonidos del espantapájaros, es necesario que el dispositivo abarque toda esta área, por lo que la omnidireccionalidad sería lo más adecuado.

Por el lado de la respuesta en frecuencia los parlantes por lo general llegan hasta los 20KHz y las bocinas dependiendo de su uso llegan a lo más 15KHz. Como el oído de las aves a lo más llega a los 15KHz, cualquiera de los dos dispositivos cumple el requisito.

Como se necesita 70dB en el borde del área diseñada tenemos por ley de los cuadrados inversos, al duplicarse la distancia (ecuación 3.1) se reduce 6dB la potencia. ( $d_1$ : distancia original  $D$ ,  $d_2$ : distancia duplicada  $2D$ )

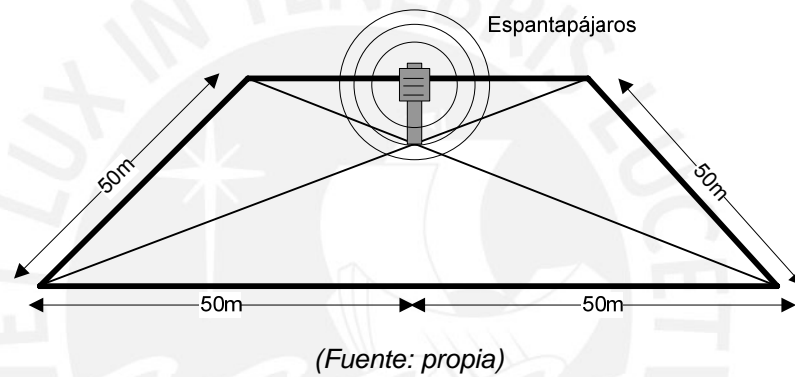
$$20 \text{ Log } (d2/d1) \tag{3.1}$$

$$XdB = 20 \text{ Log } (2D/D) \tag{3.2}$$

$$6dB = 20 \text{ Log } (2) \tag{3.3}$$

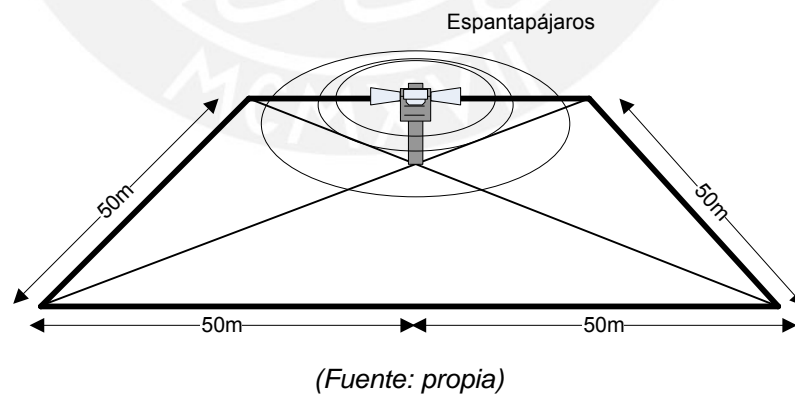
Por lo que a 50 metros del centro se necesita aproximadamente 98dB. Con este último dato tenemos la presión a 1 metro de distancia con 1 watt de potencia, esta presión puede ser dada por un parlante o por una bocina.

Con los datos anteriores la elección está entre un parlante que de 70dB en un radio de 50m de distancia del espantapájaros (ubicando a este último en el centro como en la figura 3.5).



**Figura 3.5** Espantapájaros con parlante en el centro del cultivo

Y este arreglo de bocinas que cubre la misma área con la misma potencia.



**Figura 3.6** Espantapájaros con bocinas en el centro del cultivo

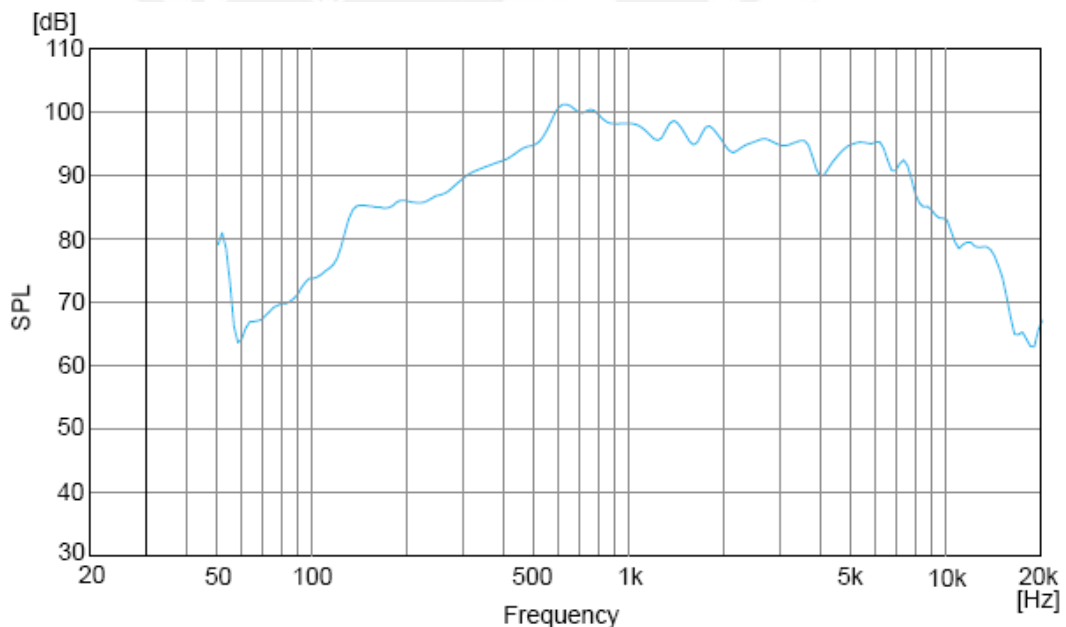
Se prefiere el segundo arreglo por eficiencia en el consumo de energía. Finalmente el segundo arreglo (con bocinas) es el adecuado para el espantapájaros porque se puede alimentar con baterías y están preparadas para ambientes externos.

Bocinas:

Se necesitan 4 bocinas para abarcar 360 grados del campo ya que estas son direccionales (asumiendo como mínimo 90° de direccionalidad – figura 3.9)

También es necesario un amplificador publifónico para que la señal llegue a las 4 bocinas al mismo tiempo.

Existen en el mercado varias tipos de bocinas, cada una para una aplicación específica, de todas ellas se elige la bocina CS-304U de la corporación japonesa TOA. Esta bocina consume 30Watts (potencia eléctrica). Tiene el rango de frecuencia desde 120Hz hasta los 15'000Hz (Figura 3.7) perfecto para el oído de las aves. Su sensibilidad acústica es de 98dB a 1Watt por metro el cual cumple con los 98dB diseñados para que se tenga la potencia necesaria al borde del área seleccionada.

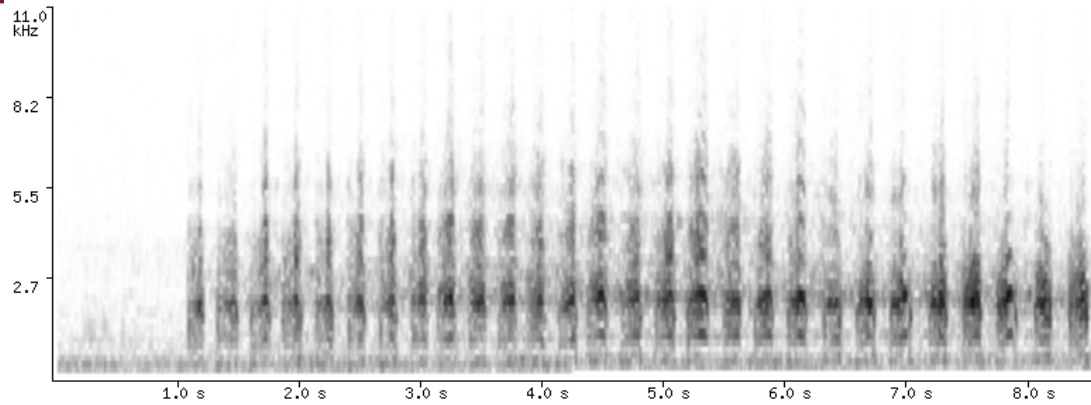


(Fuente: Hoja de datos del CS-304)

**Figura 3.7** Rango de frecuencia del CS-304

Un sonido característico en el reproductor de sonidos es el canto de alerta del Halcón Peregrino, este visto desde el dominio de la frecuencia y el tiempo (Figura 3.8) demuestra que la bocina es lo suficientemente capaz de poder reproducir el sonido correctamente.

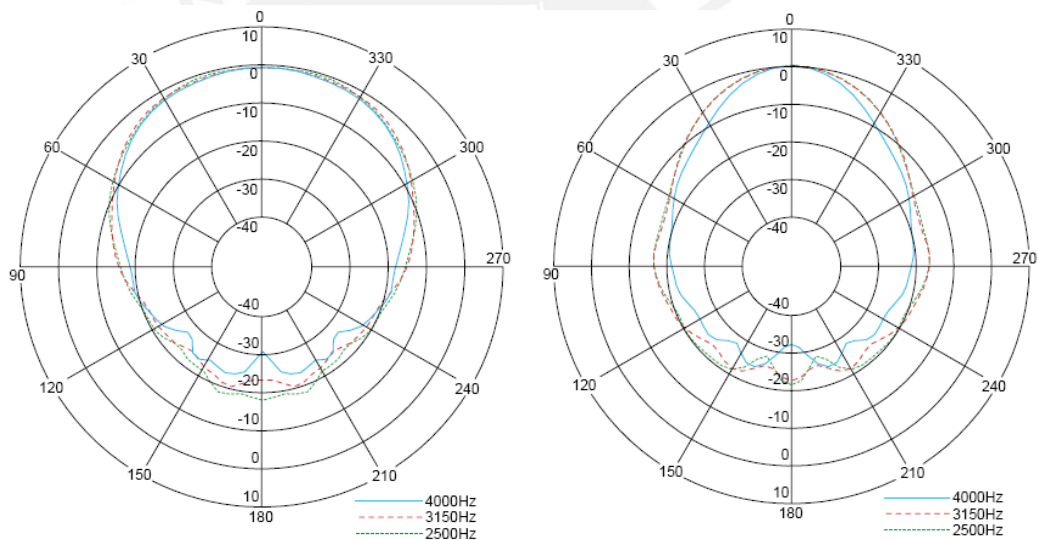




(Fuente: *xeno-canto Europe.org*)

**Figura 3.8** Canto del Halcón Peregrino en el dominio de la frecuencia

A continuación se presenta el diagrama polar de la bocina horizontal y vertical entre 2500Hz y 4000Hz (frecuencia del canto del halcón) figura 3.9.



Fuente: *Hoja de datos del CS-304*

**Figura 3.9** Diagrama polar del CS-304 de 2500Hz a 4000Hz, diagrama polar horizontal a la izquierda y vertical a la derecha

Ahora para distribuir la señal a las 4 bocinas desde una sola fuente se elige el amplificador de audio P-2240 Booster Amplifier de 240W de 1 entrada de audio estéreo y 4 de salida, éste está alimentado por 24 voltios DC. Tiene una respuesta en frecuencia de 50Hz a 20KHz (perfecto para las bocinas). El amplificador siempre va a estar cercano a la bocinas por lo cual la impedancia de entrada será de  $8\Omega$ .

### 3.3.5 Fuente de Alimentación

Como se ha ido obteniendo datos acerca de los voltajes necesarios para el correcto funcionamiento de cada dispositivo a utilizar, se puede obtener un cuadro resumen con ello.

Tabla 3.19: Cuadro comparativo de voltajes de alimentación de los dispositivos internos del sistema de audio

(Fuente: Hoja de datos de todos los dispositivos mencionados en la tabla)

	Voltajes de Alimentación en Voltios			
	ATmega16A	Compact Flash Memoria	STA013	CS4334
Máxima	5.5	3.16 ó 5.5	3.6	5.5
Típica	5	3.3 o 5.0	2.7	5
Mínima	2.7	3.14 ó 5.5	2.4	4.75

Analizando la tabla, no se puede tener una fuente de alimentación para todo el sistema de audio, ya que el máximo voltaje de alimentación típico es 5.0 voltios y el mínimo es 2.7. Como se espera que se tenga una visualización por pantalla LCD, se requiere también un rango de voltaje adecuado para su funcionamiento, esto se puede obtener de las pantallas de cristal líquido genéricos de Hitachi, los voltajes son:

Voltaje de alimentación entre -0.3 a 7 voltios y -0.3 a 13 voltios, teniendo como voltajes típicos 3 y 5 voltios. Con ello aun se puede obtener una sola fuente para todo el sistema de audio, siempre y cuando se divida el voltaje de la fuente a los voltajes requerido por los dispositivos seleccionados.

#### 3.3.5.1 Requisitos

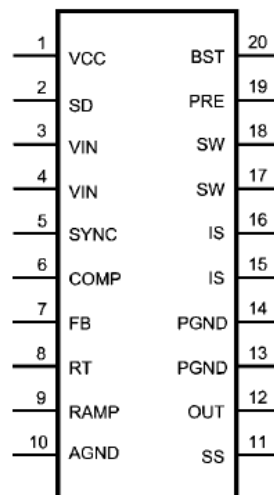
Sumando las corrientes se obtiene 200mA como máximo para todo el sistema de audio, separando las bocinas y del amplificador. La frecuencia de trabajo de la fuente debe ser mayor a 20KHz por ser aplicación de audio, la salida de voltaje debe ser 3.3V y 5V para abastecer a los todos los integrados del sistema y finalmente una corriente que pueda entregar a las cargas, que en este caso sería 2A.

### 3.3.5.2 Criterios

Se tienen dos posibilidades, fuentes lineales o fuentes conmutadas, las primeras tienen la desventaja que existen pérdidas por calor y son de mayor tamaño que las fuentes conmutadas, por lo cual, para el sistema se prefiere éstas últimas.

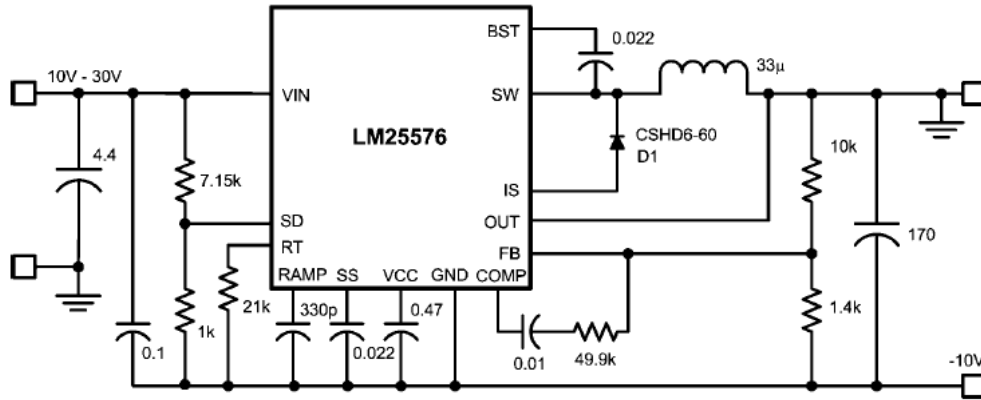
### 3.3.5.3 Elección

Como existen un sinnúmero de fabricantes de integrados de fuentes conmutadas se elige por preferencia la fuente conmutada LM25576 de National Semiconductors (Figura 3.10) ya que este integrado cumple con los requerimientos del sistema, para ello, se configura sus pines de la siguiente manera (Figura 3.11).



(Fuente: hoja de datos del LM25576)

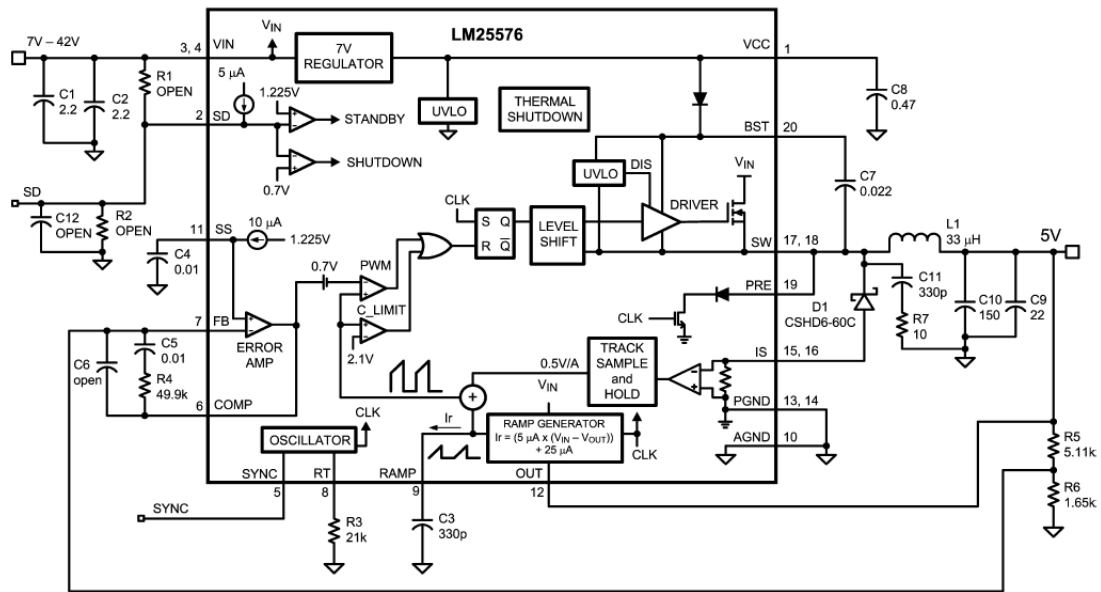
**Figura 3.10** LM25576



(Fuente: hoja de datos del LM2578)

**Figura 3.11** Configuración del LM25576 para usarse como reductor de voltaje, los valores mostrados son recomendaciones del fabricante.

Para diseñar la fuente BUCK (reductora) se toma de referencia la figura 3.12



(Fuente: hoja de datos del LM25576)

**Figura 3.12** Modelo representativo del LM25576

En primer lugar se diseña la frecuencia de trabajo de la fuente, como su rango de operación está entre 50KHz a 1MHz se toma la frecuencia media, 500KHz. Para obtener esta frecuencia es necesario hallar la resistencia  $R_T$  que la controla, esta se calcula con la ecuación 3.4 donde  $F$  es 500KHz.

$$R_T = (1/F - 580 \times 10^{-9}) / (135 \times 10^{-12}) \tag{3.4}$$

Se obtiene que  $R_T$  es  $10518.51\Omega$ , se toma  $10.5K\Omega$ . Luego para hallar el condensador de rampa se debe tener primero la bobina  $L1$ . En la ecuación 3.6 se tiene que el voltaje de rizado es  $0.4A$  (el doble del mínimo  $200mA$  según recomendación de las hojas de datos), el voltaje de salida es  $5$  voltios  $V_{OUT}$  y el voltaje de entrada  $V_{IN}$  es  $24V$ .

$$L1 = [V_{OUT} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})] / [I_{RIPPLE} \times F_s \times V_{IN(MAX)}] \quad (3.5)$$

$$L1 = [5V \times (24V - 5V)] / [0.4 \times 500KHz \times 24V] \quad (3.6)$$

$$L1 = 18\mu H \quad (3.7)$$

Con ello la bobina tiene el valor de  $18\mu H$ . Entonces se puede hallar el  $C_{RAMP}$

$$C_{RAMP} = L \times 10^{-10} = 180pF \quad (3.8)$$

Para elegir el Diodo, se toma tipo Schottky por ser rápido, la corriente de diseño que soportaría este diodo es de  $3A$  ( $1A$  más de la salida diseñada), y su voltaje por recomendación del fabricante  $0.5$  voltios. El diodo elegido es el B340A-13-F Schottky. Para reducir el pico de voltaje en el prendido de la fuente se añade al diseño un capacitor  $C_{IN}$  de  $1\mu F$  de tipo cerámico de  $100v$ , este se ubica en la entrada  $V_{IN}$ . El capacitor de  $VCC$  o  $C_{byp}$  provee un filtrado del ruido y da estabilidad al regulador, se recomienda que no sea menor de  $0.1\mu F$  por lo cual se toma este valor para el diseño. El capacitor  $C_{boot}$  protege de la carga al prenderse la fuente, se recomienda que sea  $0.022\mu F$  y de material cerámico al igual que el capacitor del pin SS (softstarter), con valor de  $0.01\mu F$  que corresponde a  $1ms$ , recomendado por el fabricante. Estos cuatro valores se toman para la fuente. Así se tiene:

$$C_{IN} = 1\mu F ; C_{byp} = 0.1\mu F ; C_{boot} = 0.022\mu F ; C_{SS} = 0.01\mu F \quad (3.9)$$

Ahora, para hallar  $R5$  y  $R6$  se calcula con la siguiente ecuación:

$$R5/R6 = (V_{OUT} / 1.225V) - 1 \quad (3.10)$$

Esta relación entre resistencias  $3.082V$ , por lo cual se escogen para  $R5$ ,  $3K\Omega$  y  $R6$   $1K\Omega$ . Luego para elegir el condensador  $C5$ ,  $C6$  y la resistencia  $R4$  los cuales se refieren a la ganancia de la fuente son hallados a partir del simulador del mismo fabricante con la frecuencia de trabajo, en este caso  $500KHz$ . Estos son  $R4 = 48.7K\Omega$ ,  $C5 = 680pF$ ,  $C6 = 220pF$ .

Finalmente se recomienda tener un condensador de salida  $C_{OUT}$ , este sería de  $100\mu F$ . De esta manera se tendría diseñada la fuente para 5Voltios a 500KHz con entrada 12Voltios.

$V_{in} = 12V$	$C_{IN} = 1\mu F$
$V_o = 5V$	$C_{OUT} = 100\mu F$
$V_{in(MAX)} = 24V$	$C_{byp} = 0.1\mu F$
$I_{o(MAX)} = 2A$	$C_{boot} = 0.022\mu F$
$F_{osc} = 500KHz$	$C_{SS} = 0.01\mu F$
$R_T = 10.5K\Omega$	$C_{RAMP} = 180pF$
$R5 = 3K\Omega$	$R_{comp} = 48.7K\Omega$
$R6 = 1K\Omega$	$C_{comp} = 168pF$
$D1 = B340A$	$L1 = 18\mu H$
	$C_{comp2} = 220pF$

El rango de operación es de  $-40^\circ C$  a  $125^\circ C$  el cual cumple con los requisitos del sistema.

Como el límite de voltaje inferior que puede dar el integrado es de 2 Voltios se hace los cálculos similarmente con la fuente de 5V para la fuente de 3.3V, repitiendo los pasos desde la ecuación 3.

Así tenemos los siguientes valores.

$V_{in} = 12V$	$C_{IN} = 1\mu F$
$V_o = 3V$	$C_{OUT} = 47\mu F$
$V_{in(MAX)} = 24V$	$C_{byp} = 0.1\mu F$
$I_{o(MAX)} = 2A$	$C_{boot} = 0.022\mu F$
$F_{osc} = 500KHz$	$C_{SS} = 0.01\mu F$
$R_T = 10.5K\Omega$	$C_{RAMP} = 180pF$
$R5 = 1.7K\Omega$	$R_{comp} = 25K\Omega$
$R6 = 1K\Omega$	$C_{comp} = 0.001\mu F$
$D1 = B340A$	$L1 = 18\mu H$
	$C_{comp2} = 220pF$

Los componentes que acompañan a las dos fuentes se encuentran en las tablas A5 y A6 del anexo y las simulaciones de estas dos fuentes conmutadas en el anexo figuras F7 a F14, las cuales presentan cto. esquemático, voltaje de salida de cada fuente diseñad, cto impreso y su simulación térmica.

Finalmente se elige dos baterías 55-6MF de 12V marca ETNA de 61AH.

Como se puede despreciar el consumo de los integrados (200mA) a comparación de los 240W del amplificador TOA.

Potencia del amplificador:  $240W / 24 = 10A$

(Se toma solo del amplificador pues de ahí se toma la potencia para las bocinas).

Como se va a consumir 10A por hora y se va a tener encendido dos horas al día, se tiene que, las baterías se podrán usarse durante una semana sin recargar.

### 3.3.6 Comunicación entre dispositivos

Es necesaria una comunicación entre todos los dispositivos, ésta debe ser coherente con referencia a los voltajes de entradas y salidas y eficiente. En todo el sistema de audio el microcontrolador debe transferir órdenes al decodificador, direccionado la memoria y en caso de usar una pantalla LCD, los datos a mostrar al usuario.

La forma de transmitir estas órdenes y de recibirlas es mediante un protocolo, el I<sup>2</sup>C, este se define para cualquier dispositivo que envíe datos sobre un bus y otro que los reciba. El I<sup>2</sup>C está presente en el ATmega16A, en el STA016 y en los LCD genéricos haciendo posible el control sobre estos dos últimos.

## 3.4 Conclusión

Para el presente capítulo se presentan las siguientes conclusiones:

Los criterios de selección se centraron en tener los dispositivos precisos para un sencillo sistema de audio, sin sobredimensionar estos o tener capacidad ociosa de hardware.

Se eligió una memoria de tipo CompactFlash por su modo de operación, uso y capacidad dejando de lado a los SD.

El STA013 fue seleccionado para el caso del espantapájaros ya que es perfecto a comparación de los demás decodificadores encontrados en el mercado, este es preciso para esta aplicación.

El conversor digital analógico fue elegido porque combina alta calidad con un mínimo de complejidad, requerida para esta aplicación.

El microcontrolador ATmega16A fue seleccionado ya que tiene las características necesarias para controlar a los anteriores dispositivos.

Los dispositivos de emisión de sonido fueron elegidas por eficiencia (bocinas) para mayor durabilidad de la fuente de alimentación, también se tuvo en cuenta que las bocinas están preparadas para un ambiente hostil a comparación de los parlantes que en caso de haberlos elegido se necesitaría una protección contra el sol, la lluvia y la humedad que se puede presentar en campo abierto.

El tipo de fuente switching fue elegida para comodidad del sistema, no solo por el tamaño sino también por la eficiencia ya que estas fuentes no consumen voltaje en forma de calor. Dos fuentes tuvieron que ser diseñadas para tener independencia una de la otra (5 y 3 voltios).

Se tuvo que elegir un amplificador publifónico de audio para las bocinas, el más sencillo entre los que existen en el mercado, ya que la aplicación es sencilla.

Finalmente se tuvieron que tomar 2 baterías de 12 voltios para alimentar al amplificador ya que solo trabaja con 24 voltios DC como mínimo o con corriente alterna.



## Capítulo 4

### PROPUESTA DE CONEXIÓN ENTRE DISPOSITIVOS Y DIAGRAMAS LÓGICOS

#### 4.1 Introducción

Este capítulo se centra en la conexión de los dispositivos, sus valores de voltajes, la respuesta en tiempo a las transferencias de datos u órdenes, la asignación de los pines de cada uno de estos dispositivos con el otro, teniendo en cuenta los posibles dispositivos a añadir tal como un visualizador LCD (el cual no es el alcance de la presente tesis) y dispositivos que ayudarán al correcto funcionamiento del sistema de audio como resistencias, condensadores y cristales.

Finalmente el diseño del esquemático y el circuito impreso del sistema de audio serán el fin de este capítulo.

Tal como se ha mencionado en el anterior capítulo el sistema de audio se compone de 4 dispositivos, estos son:

- Memoria
- Decodificador mp3
- Convertidor digital analógico
- Microcontrolador

Cada uno de ellos cuenta con pines especializados. Haciendo referencia al capítulo anterior (diagrama de bloques figura 3.1) se aprecia que la memoria es el dispositivo central del sistema, este almacena y da los archivos de audio, por esa razón, se inicia con este el diseño.

## 4.2 Memoria CompactFlash THNFC

Para la memoria elegida (CompactFlash memory THNFC) se menciona las características más importantes.

### 4.2.1 Modo de operación de la CompactFlash memory

Toda clase de CompactFlash memory soporta tres diferentes modos estándares de operación en la industria de la Compact Flash memory, estas son:

- 1) PC Card Memory mode
- 2) PC Card I/O mode
- 3) True IDE mode

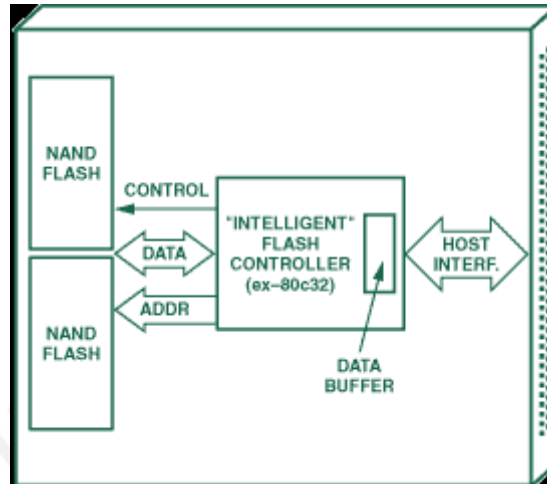
Los modos 2 y 3 trabajan con 16bits, esto complicaría el sistema ya que se tendría que multiplexar cada dato que se desee enviar o recibir, por lo que se descartan estos dos modos de operación, así, el modo elegido para el caso del sistema de audio es el “True IDE mode” o modo real IDE. Debido a que es compatible con el formato ATA (puerto de las computadoras), puede ser formateado como cualquier disco duro o disquete, como una forma alternativa de la transferencia de archivos hacia o desde un ordenador personal. Esta característica ayuda para el formateo inicial de la memoria ya que todo dispositivos de almacenamiento necesita alguna forma de orden.

El “true IDE mode” o modo real IDE se caracteriza por que el dispositivo puede ser conectado a un conector IDE sin necesidad de algún circuito extra para ello. Esto puede ser una ventaja a futuro ya que se puede adicionar un disco duro al reproductor y hacerlo más útil.

### 4.2.2 Características de la CompactFlash memory (CF)

En “True-IDE mode” todas las operaciones de lectura / escritura se realizan a través de un conjunto de registros. Hay un tiempo para la configuración de la tarjeta CF en el encendido, con ello, al reiniciarse el dispositivo se lee el registro de estado para comprobar si la tarjeta está lista o no.

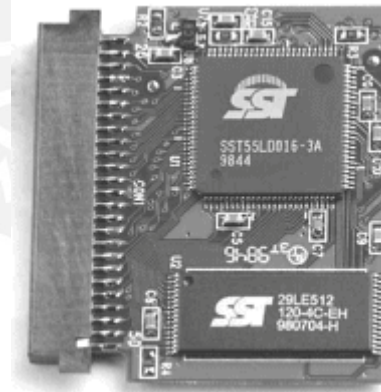
Toda CompactFlash memory está compuesta por un controlador de flash, buffers y el módulo de memoria flash. Esto se muestra en la figura 4.1.



(Fuente: Analog devices)

**Figura 4.1** Diagrama de bloques de la CompactFlash

Internamente se puede observar los integrados y dispositivos externos que componen a una CompactFlash memory, esto se muestra en la figura 4.2.



(Fuente: la tecnología de almacenamiento de silicio, Inc. SST).

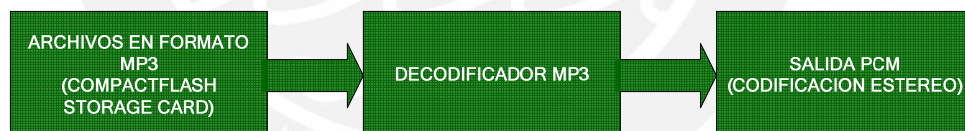
**Figura 4.2** Dentro de la placa de circuito impreso CompactFlash

El controlador de flash, físicamente está situado entre la memoria no volátil (es decir, AND/ NAND) y el chip de interfaz externo. La tarjeta también contiene un buffer de memoria, que es controlada por el controlador de flash interno y es utilizada para transferir "sectores" (bloques de 512 bytes) de información entre el procesador y el exterior de los chips de memoria.

El controlador de flash es el encargado de gestionar el protocolo de interfaz, la recuperación de datos, la colocación del procesador externo y del almacenamiento en memoria. Además, el controlador de flash se encarga de la corrección de errores de código, en el caso de que no lleguen correctamente los valores, la realización de diagnósticos para identificar defectos en la memoria y la realización de operaciones de bajo consumo cuando la tarjeta está en modo de inactividad.

#### 4.2.3 Reproducción

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques de un decodificador de MP3 con la memoria con archivos guardados en formato MP3; para identificar y leer agrupaciones de archivos MP3 el decodificador ejecuta una simplificación de FAT-16 para identificar el sistema de archivos y cargar los archivos MP3 descargados a la tarjeta desde un PC. Se menciona el FAT-16 como el formato de la memoria por la razón de que es un formato lineal, la capacidad de direccionamiento de este formato de es 2GB, suficiente como para usarlo para la cantidad de sonidos que se almacenarán.



**Figura 4.3** Diagrama de flujo del archivo en formato mp3

#### 4.2.4 Conexión entre los dispositivos

En primer lugar para la conexión de la memoria flash se debe tener en cuenta la función de cada pin, se tienen de dos tipos: de control y de datos.

Para ello se muestra la siguiente tabla donde se menciona cada pin de la memoria, su tipo, si es de entrada o salida, su nombre y su respectiva función en el verdadero modo IDE y finalmente los pines del microcontrolador donde se conectarán de forma general, ya que se debe tener todas la conexiones de todos los dispositivos para su final asignación.

Los pines de la memoria son cincuenta de tipo hembra pero para el modo usado no todos los pines tienen que ser conectados a algún dispositivo, treinta y dos de los cincuenta están conectados a la referencia (tierra), a la alimentación o a los pines del microcontrolador, los otros pines están al aire.

En la columna de tipo de pin, se indica si son de entrada, salida o entrada-salida. En la columna de información adicional se indica la función del pin, por ejemplo, selectores de modos, confirmadores de conexión correcta, envío o recepción de datos, etc. Finalmente, en la última columna se indica los posibles pines a usar del microcontrolador.

Tabla 4.1 Resumen de conexiones de la memoria  
(Fuente: Hoja de datos del THNF)

True IDE Mode / Verdadero Modo IDE					
Pin	Nombre de la señal	Tipo de Pin	Entrada/Salida (In, Out)	Información adicional	Tipo de pin del Controlador
1	GND		Tierra	Tierra	Tierra
2	D03	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
3	D04	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
4	D05	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
5	D06	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
6	D07	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
7	-CS0	I	I3U	Selección de archivos de tarea	Pin del Puerto Y
8	A10	I	I3Z	-	-
9	-ATA SEL	I	I4U	Para activar el "true IDE mode" esta entrada debe estar a	Tierra

				tierra.	
10	A09	I	I3Z	-	Tierra
11	A08	I	I3Z	-	Tierra
12	A07	I	I3Z	-	Tierra
13	VCC		Fuente de poder	+3.3V o +5V	+3.3V o +5V
14	A06	I	I3Z	-	Tierra
15	A05	I	I3Z	-	Tierra
16	A04	I	I3Z	-	Tierra
17	A03	I	I3Z	-	Tierra
18	A02	I	I3Z	Selección de 1 de 8 registros de tarea	Pin del Puerto Y
19	A01	I	I3Z		Pin del Puerto Y
20	A00	I	I3Z		Pin del Puerto Y
21	D00	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
22	D01	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
23	D02	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Pin del Puerto X
24	-IOCS16	O	ON1	La salida esta en baja cuando se espera un Word del ciclo de transferencia de datos	Al aire
25	-CD2	O	Tierra	Usados para detectar si el dispositivo esta totalmente conectado	Al aire
26	-CD1	O	Tierra		Al aire
27	D11	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
28	D12	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
29	D13	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
30	D14	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
31	D15	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
32	-CS1	I	I3U	Selección de	Pin del

				archivos de tarea alterno	Puerto X
33	-VS1	O	Tierra	A tierra de modo que el Tarjeta de memoria CompactFlash de la CEI se puede leer en 3,3 voltios	Al aire
34	-IORD	I	I4U	Abre la entrada o salida de datos por el bus. I/O	Pin del Puerto Z
35	-IOWR	I	I4U	Usa los clocks externos	Pin del Puerto Z
36	-WE	I	I4U	Se conecta a VCC	VCC
37	INTRQ	O	OZ1	No se usa en este modo	Tierra
38	VCC		Fuente de Poder	+3.3V o +5V	VCC
39	-CSEL	I	I1U	Se conecta a tierra	Tierra
40	-VS2	O	OPEN	Está reservado por una PCMCIA de tensión secundaria.	Al aire
41	-RESET	I	I3U	Se conecta al reset del controlador	Reset del controlador
42	IORDY	O	ON1	No se usa en este modo	Al aire
43	-INPACK	O	OZ1	No se usa en este modo	Al aire
44	-REG	I	I3U	No se usa, se conecta al VCC	VCC con pull-up de 10K
45	-DASP	I/O	I4U,ON1	No se usa en este modo	Al aire
46	-PDIAG	I/O	I4U,ON1	No se usa en este modo	Al aire

47	D08	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
48	D09	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
49	D10	I/O	I4Z,OZ1	Datos	Al aire
50	GND		Tierra	Tierra	Tierra

En la tabla 4.2 se da un resumen de la conexión entre la memoria y el ATmega16A, de esta manera se tiene la siguiente asignación de pines:

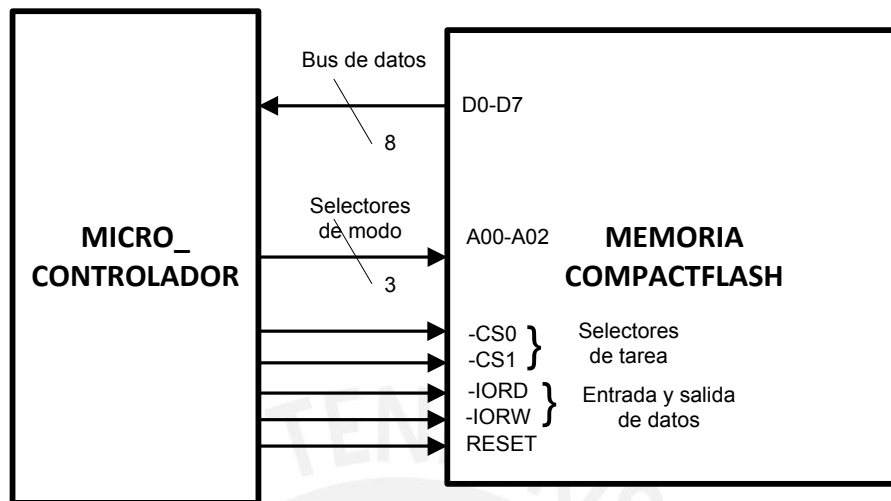
Tabla 4.2 Conexión entre microcontrolador y memoria

(Fuente: Propia)

Número de Pin	Conexión	Número de Pin	Conexión
1	GND	26	Abierto
2	PA	27	Abierto
3	PA	28	Abierto
4	PA	29	Abierto
5	PA	30	Abierto
6	PA	31	Abierto
7	PC	32	PC
8	GND	33	Abierto
9	GND	34	PD
10	GND	35	PD
11	GND	36	VCC
12	GND	37	Abierto
13	VCC	38	VCC
14	GND	39	GND
15	GND	40	Abierto
16	GND	41	RESET
17	GND	42	Abierto
18	PC	43	Abierto
19	PC	44	VCC con 10k pull up
20	PC	45	Abierto
21	PA	46	Abierto
22	PA	47	Abierto
23	PA	48	Abierto
24	Abierto	49	Abierto
25	Abierto	50	GND



Nota: Los puertos indicados PA y PC o PD son del microcontrolador.  
El siguiente Diagrama esquemático (Fig. 4.4) resume la tabla 4.2.



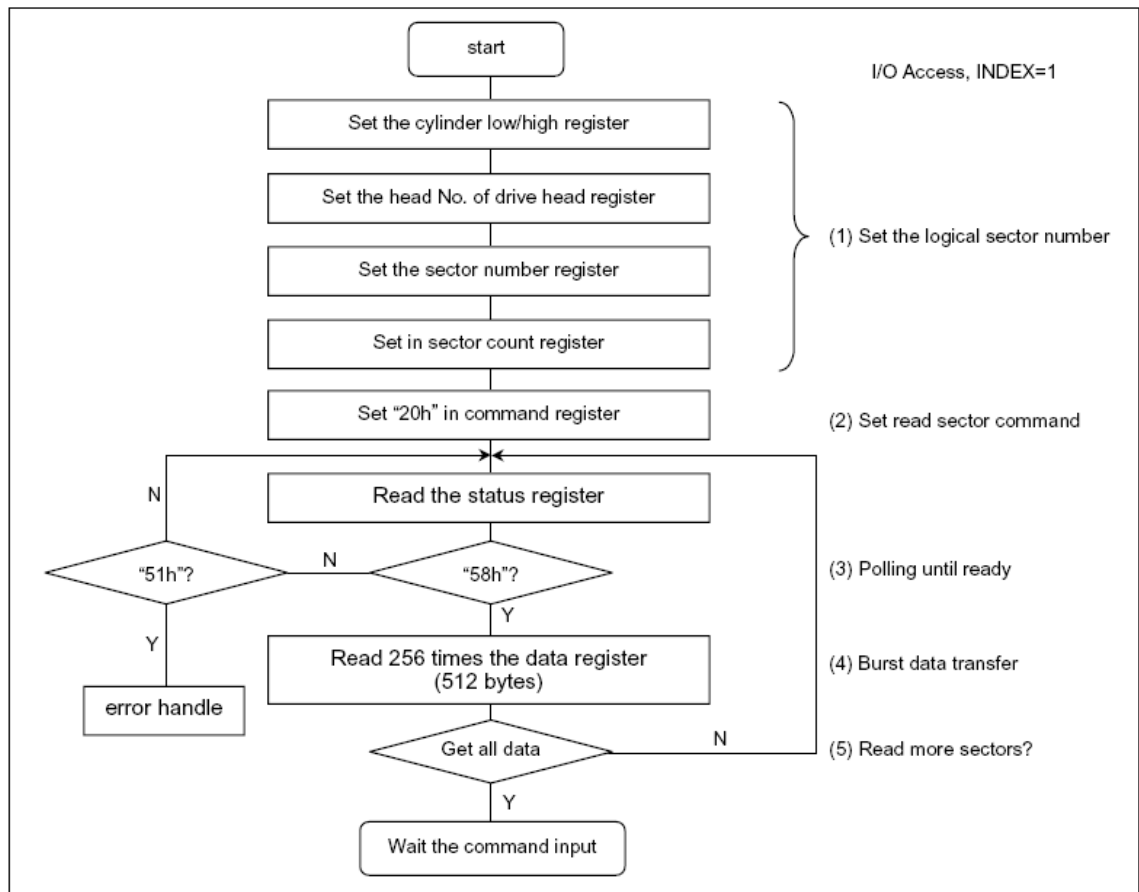
(Fuente: propia)

**Figura 4.4** Conexión de la memoria flash con el microcontrolador

#### 4.2.5 Lectura y escritura

Anteriormente se ha mencionado el formato de la memoria, FAT16, entonces para leer una pista de reproducción se debe tener en cuenta que a pesar de que la memoria es flash, se tiene la misma distribución interna que un disco duro, esta es por cilindros, cabecezas y sectores.

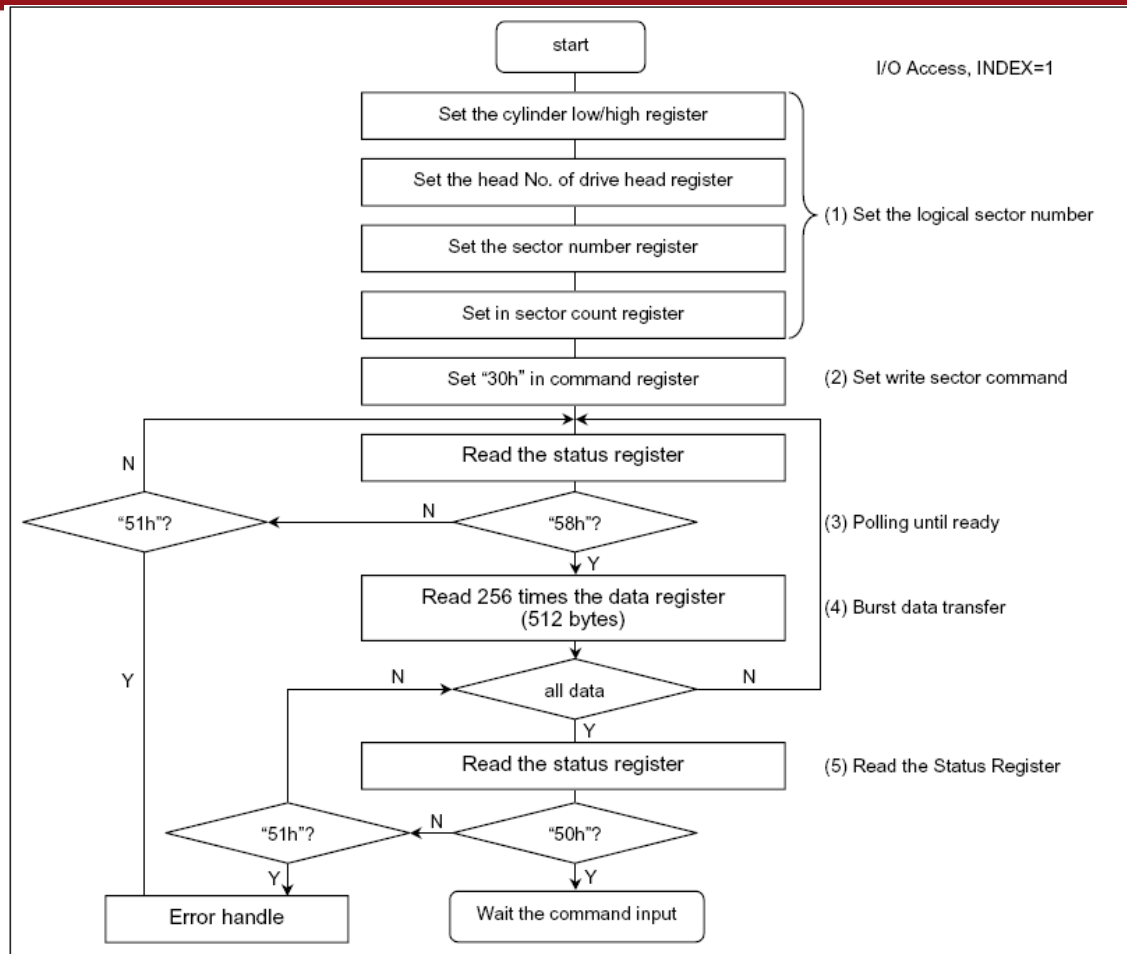
Para leer y escribir en memoria se tienen dos diagramas similares, estos se muestran a continuación. El primer procedimiento es la lectura de sectores de la memoria, se tiene el siguiente diagrama de flujo (Figura 4.5).



(Fuente: hoja de datos de la THCF)

Figura 4.5 Diagrama de flujo para la lectura

Se muestra el diagrama de flujo de procedimiento para escribir en la memoria luego de haber configurado la tarjeta como entrada y salida.



(Fuente: hoja de datos de la THCF)

**Figura 4.6** Diagrama de flujo para la escritura

Con los diagramas de flujos anteriores se puede hacer la programación en el microcontrolador sea en lenguaje c o ensamblador. Con ello se podría usar la memoria eficazmente.

#### 4.2.6 Velocidad de lectura y escritura

En el modo elegido, la CompactFlash memory funciona a velocidades de disco duro tradicional, por lo cual no se tendría problemas con los tiempos de acceso, en la siguiente tabla se compara los tiempos de acceso a memoria de los tres posibles modos de operación.

Los valores son similares, la ventaja del true IDE mode es que no se usa el pin INPACK el cual puede generar un retraso en el diagrama del tiempo mostrado en la figura 4.6.

En las siguientes tablas (tabla 4.3 – 4.6) se muestran todos los parámetros que se usan en los modos de operación, para resaltar que el INPACK (nombre del pin) no esta presente en el modo IDE.

Tabla 4.3 Otros modos - escritura  
(Fuente: hoja de datos CompactFlash memory)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	TYP	UNIT	NOTES
t <sub>SU</sub> (IOWR)	Data setup before –IOWR	60	—	—	ns	
t <sub>H</sub> (IOWR)	Data hold following –IOWR	30	—	—		
t <sub>W</sub> (IOWR)	–IOWR pulse width	165	—	—		
t <sub>SUA</sub> (IOWR)	Address setup before –IOWR	70	—	—		
t <sub>HA</sub> (IOWR)	Address hold following –IOWR	20	—	—		
t <sub>SUCE</sub> (IOWR)	–CE setup before –IOWR	5	—	—		
t <sub>HCE</sub> (IOWR)	–CE hold following –IOWR	20	—	—		
t <sub>SUREG</sub> (IORD)	–REG setup before –IOWR	5	—	—		
t <sub>HREG</sub> (IOWR)	–REG hold following –IOWR	0	—	—		
t <sub>DFIOIS16</sub> (ADR)	–IOIS16 delay falling from address	—	35	—		
t <sub>DRIOIS16</sub> (ADR)	–IOIS16 delay rising from address	—	35	—		

Tabla 4.4 En verdadero modo IDE - escritura  
(Fuente: hoja de datos CompactFlash memory)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	TYP	UNIT	NOTES
t <sub>SU</sub> (IOWR)	Data setup before –IOWR	60	—	—	ns	
t <sub>H</sub> (IOWR)	Data hold following –IOWR	30	—	—		
t <sub>W</sub> (IOWR)	–IOWR width time	165	—	—		
t <sub>SUA</sub> (IOWR)	Address setup before –IOWR	70	—	—		
t <sub>HA</sub> (IOWR)	Address hold following –IOWR	20	—	—		
t <sub>SUCE</sub> (IOWR)	–CE setup before –IOWR	5	—	—		
t <sub>HCE</sub> (IOWR)	–CE hold following –IOWR	20	—	—		
t <sub>DFIOIS16</sub> (ADR)	–IOIS16 delay falling from address	—	35	—		
t <sub>SFIOIS16</sub> (ADR)	–IOIS16 delay rising from address	—	35	—		

Las tablas anteriores no tienen casi diferencia del en el tiempo en que demoran sus procesos, la diferencia viene en el modo lectura.

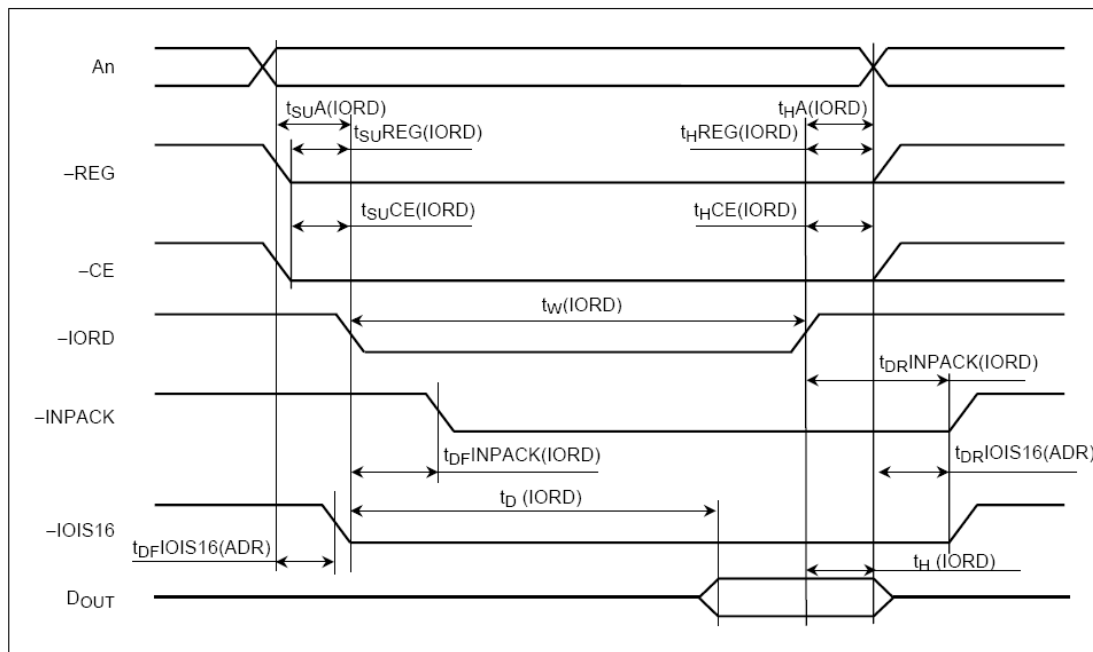
Tabla 4.5 Otros modos - modo lectura  
(Fuente: hoja de datos CompactFlash memory)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	TYP	UNIT	NOTES
t <sub>D</sub> (IORD)	Data delay after -IORD	—	100	—	ns	
t <sub>H</sub> (IORD)	Data hold following -IORD	0	—	—		
t <sub>W</sub> (IORD)	-IORD pulse width	165	—	—		
t <sub>SU</sub> A (IORD)	Address setup before -IORD	70	—	—		
t <sub>HA</sub> (IORD)	Address hold following -IORD	20	—	—		
t <sub>SU</sub> CE (IORD)	-CE setup before -IORD	5	—	—		
t <sub>H</sub> CE (IORD)	-CE hold following -IORD	20	—	—		
t <sub>SU</sub> REG (IORD)	-REG setup before -IORD	5	—	—		
t <sub>H</sub> REG (IORD)	-REG hold following -IORD	0	—	—		
t <sub>DF</sub> INPACK (IORD)	-INPACK delay falling from -IORD	0	45	—		
t <sub>DR</sub> INPACK (IORD)	-INPACK delay rising from -IORD	—	45	—		
t <sub>DF</sub> IOIS16 (ADR)	-IOIS16 delay falling from address	—	35	—		
t <sub>DR</sub> IOIS16 (ADR)	-IOIS16 delay rising from address	—	35	—		

Tabla 4.6 verdadero modo IDE - modo lectura  
(Fuente: hoja de datos CompactFlash memory)

SYMBOL	PARAMETER	MIN	MAX	TYP	UNIT	NOTES
t <sub>D</sub> (IORD)	Data delay after -IORD	—	100	—	ns	
t <sub>H</sub> (IORD)	Data hold following -IORD	0	—	—		
t <sub>W</sub> (IORD)	IORD width time	165	—	—		
t <sub>SU</sub> A (IORD)	Address setup before -IORD	70	—	—		
t <sub>HA</sub> (IORD)	Address hold following -IORD	20	—	—		
t <sub>SU</sub> CE (IORD)	-CE setup before -IORD	5	—	—		
t <sub>H</sub> CE (IORD)	-CE hold following -IORD	20	—	—		
t <sub>DF</sub> IOIS16 (ADR)	-IOIS16 delay falling from address	—	35	—		
t <sub>SF</sub> IOIS16 (ADR)	-IOIS16 delay rising from address	—	35	—		

Se hace notar que el -INPACK presente en el modo lectura de otros modos esta presente y representa 45ns como máximo. Esto a la larga representa una pequeña desventaja para los otros modos.



(Fuente: hoja de datos CompactFlash memory)

**Figura 4.7** Diagrama de tiempo del lectura sobre la memoria

En la figura 4.7 se muestra el diagrama de tiempo del modo lectura de otros modos de la memoria diferente al verdadero modo IDE, esto es para resaltar en donde el INPACK afecta, con ello se afirma que el modo elegido es el mejor para la aplicación de sistema de audio.

### 4.3 Decodificador mp3 STA013

Para el siguiente dispositivo se debe tener en cuenta que el decodificador mp3 está conectado con el microcontrolador y el convertor digital análogo, lo cual se inicia esta sección de la conexión describiendo las características y funciones de los pines.

#### 4.3.1 Descripción de pines

En la tabla 4.7 se muestran los tres tipos de presentaciones, empaquetados, en las que se fabrica el STA013, para el diseño se toma el SO28, que es de montura superficial y de forma rectangular.

Tabla 4.7 Descripción y detalles de los pines del STA

(Fuente: Hoja de datos del STA013 – tomado en su idioma original)

SO28	TQFP44	LFBGA64	Nombre del Pin	Tipo	Función	PAD Descripción
1	29	B5	VDD_1		Supply Voltage	
2	30	B4	VSS_1		Ground	
3	31	A4	SDA	I/O	I <sup>2</sup> C Serial Data + Acknowledge	CMOS Input Pad Buffer CMOS 4mA Output Drive
4	32	B3	SCL	I	I <sup>2</sup> C Serial Clock	CMOS Input Pad Buffer
5	34	A1	SDI	I	Receiver Serial Data	CMOS Input Pad Buffer
6	36	B2	SCKR	I	Receiver Serial Clock	CMOS Input Pad Buffer
7	38	D4	BIT_EN	I	Bit Enable	CMOS Input Pad Buffer with pull up
8	40	D1	SRC_INT	I	Interrupt Line For S.R. Control	CMOS Input Pad Buffer
9	42	E2	SDO	O	Transmitter Serial Data (PCM Data)	CMOS 4mA Output Drive
10	44	F2	SCKT	O	Transmitter Serial Clock	CMOS 4mA Output Drive
11	2	H1	LRCKT	O	Transmitter Left/Right Clock	CMOS 4mA Output Drive
12	3	H3	OCLK	I/O	Oversampling Clock for DAC	CMOS Input Pad Buffer CMOS 4mA Output Drive
13	5	F3	VSS_2		Ground	
14	6	E4	VDD_2		Supply Voltage	
15	7	G4	VSS_3		Ground	
16	8	G5	VDD_3		Supply Voltage	

17	10	F5	PVDD		PLL Power	
18	11	G6	PVSS		PLL Ground	
19	12	G7	FILT	O	PLL Filter Ext. Capacitor Conn.	
20	13	G8	XTO	O	Crystal Output	CMOS 4mA Output Drive
21	15	F7	XTI	I	Crystal Input (Clock Input)	Specific Level Input Pad (see paragraph 2.1)
22	19	E7	VSS_4		Ground	
23	21	C8	VDD_4		Supply Voltage	
24	22	D7	TESTEN	I	Test Enable	CMOS Input Pad Buffer with pull up
25	24	A7	SCANEN	I	Scan Enable	CMOS Input Pad Buffer
26	25	B6	RESET	I	System Reset	CMOS Input Pad Buffer with pull up
27	26	A5	VSS_5		Ground	
28	27	C5	OUT_CLK/ DATA_REQ	O	Buffered Output Clock/ Data Request Signal	CMOS 4mA Output Drive

El STA013 tiene veintiocho pines de conexión, estos están agrupados en el siguiente diagrama de bloques de la figura 4.8 como entradas, salidas, pines de control, pines de sincronización y pines de prueba. Este diagrama se muestra de manera ordenada hacia donde se dirige cada grupo de pines, se puede dar una primera distribución de la siguiente manera.

Al microcontrolador:

SDL, SDA, SDI, SCKR, BIT\_EN, SCL, RESET, DATA\_REQ.

Al Conversor digital análogo:

SDO, SCKT, LRCKT, OCLK.

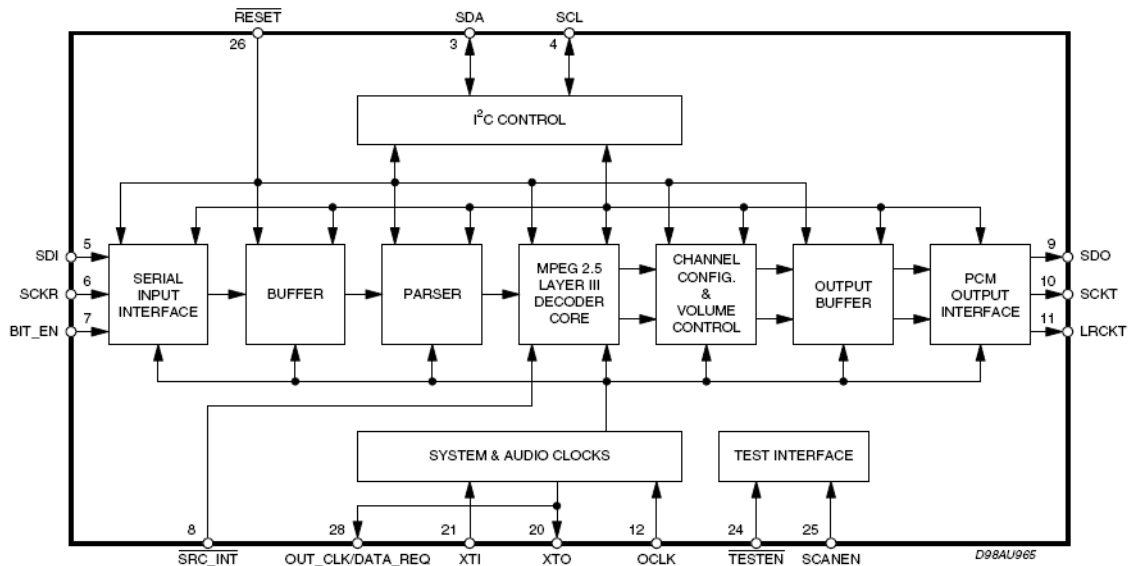


Otros:

XTO, XTI, TESTEN negado, SCANEN, SRC INT negado.

Alimentaciones:

VSS, VDD, PVSS, PVDD.

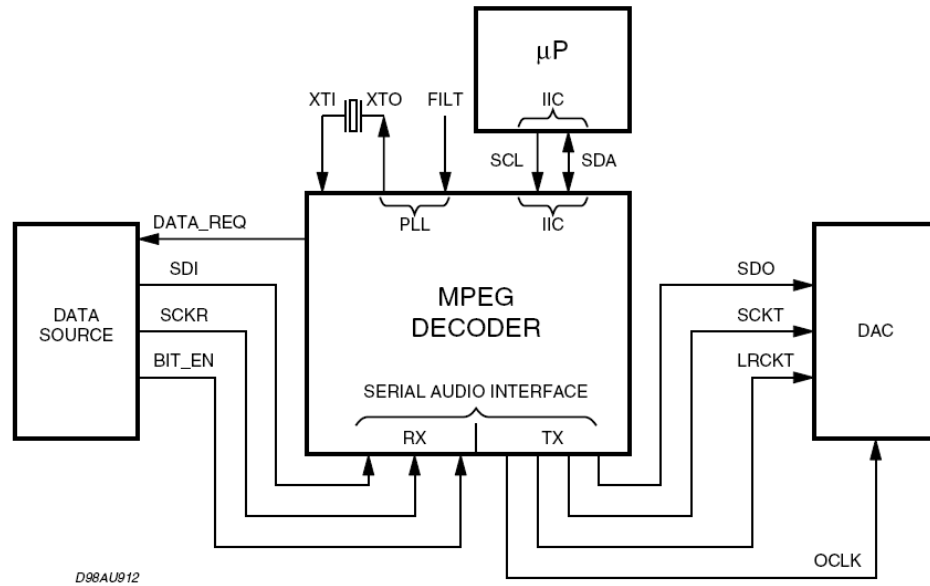


(Fuente: Hoja de datos del STA013)

**Figura 4.8** Diagrama de bloques por funciones del STA013

Se hace notar que el STA013 tiene dos grandes bloques, el primero para la prueba de este (si funciona correctamente) y el segundo es la utilización de este dispositivo en un sistema de audio, trabajando con dispositivos externos, tales como cristales.

El diagrama de conexión que se muestra en la figura 4.9 es la típica conexión que se realiza con un microcontrolador, convertidor digital analógico y finalmente con la memoria.



D98AU912

(Fuente: Hoja de datos del STA013)

**Figura 4.9** Conexión típica del STA013

### 4.3.2 Modo de operación del decodificador

El decodificador tiene dos modos, el modo multimedia y el modo broadcast, se elige el modo multimedia ya que el modo broadcast depende de la velocidad de envío de la fuente y no es aplicado para diseños de reproductores mp3, en el modo multimedia el decodificador STA013 detecta automáticamente la velocidad de los datos de tipo MP3, y da una señal que solicita más datos.

La tasa de muestreo del archivo MP3 (32, 44.1, 48 kHz) es detectado automáticamente, el decodificador corrige el reloj (clock) y crea las formas de ondas para el DAC. En este modo también es posible solicitar al STA013 lo que ha detectado mientras que está reproduciendo algún archivo.

### 4.3.3 Conexión del integrado STA013

Como se vio en el capítulo 3, el STA013 es un integrado que funciona entre 2.7 y 3.6 voltios, como en el sistema se necesita 5 voltios en general para todos los dispositivos es necesario crear una fuente de alimentación para el STA013.

Para que la entrada del ATmega16A reconozca como uno:

$V_{IH}$  como mínimo es  $0.6 \times V_{CC}$  que en este caso es de 3 voltios.

Para que la entrada del ATmega16A reconozca como 0:

$V_{IL}$  asumiendo que la alimentación es de 5 voltios, el máximo permitido es  $0.2 \times V_{CC}$  que este caso daría 1 voltio.

En la tabla siguiente se apreciar en la primera y segunda fila los voltajes de entrada en baja  $V_{IL}$ , en alta  $V_{IH}$  y en la penúltima y última fila los voltajes de salida en baja y en alta respectivamente ( $V_{OL}$  y  $V_{OH}$ ).

Tabla 4.8 Características eléctricas del ATmega16

(Fuente: Hoja de datos del ATmega16A)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low Voltage except XTAL1 and RESET pins	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	-0.5		$0.2 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH}$	Input High Voltage except XTAL1 and RESET pins	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	$0.6 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High Voltage XTAL1 pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	$0.7 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IL1}$	Input Low Voltage XTAL1 pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	-0.5		$0.1 V_{CC}^{(1)}$	V
$V_{IH2}$	Input High Voltage RESET pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	$0.9 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IL2}$	Input Low Voltage RESET pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5$	-0.5		$0.2 V_{CC}$	V
$V_{OL}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> (Ports A,B,C,D)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}, V_{CC} = 5V$ $I_{OL} = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 3V$			0.7 0.5	V V
$V_{OH}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> (Ports A,B,C,D)	$I_{OH} = -20 \text{ mA}, V_{CC} = 5V$ $I_{OH} = -10 \text{ mA}, V_{CC} = 3V$	4.2 2.2			V V

Se recalca que el decodificador entrega 2.55 voltios como mínimo a la salida en alta y en baja 0.4 voltios como máximo.

Tabla 4.9 Características eléctricas del STA013

(Fuente: Hoja de datos del STA013)

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit	Note
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage				$0.2 \times V_{DD}$	V	
$V_{IH}$	High Level Input Voltage		$0.8 \times V_{DD}$			V	
$V_{ol}$	Low Level Output Voltage	$I_{ol} = X \text{ ma}$			0.4V	V	1, 2
$V_{oh}$	High Level Output Voltage		$0.85 \times V_{DD}$			V	1, 2

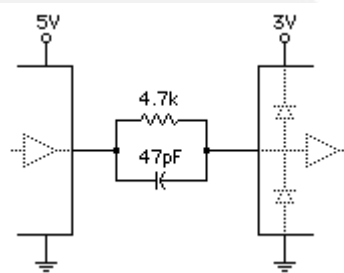
**Note 1:** Takes into account 200mV voltage drop in both supply lines.

**Note 2:** X is the source/sink current under worst case conditions and is reflected in the name of the I/O cell according to the drive capability.]

Por lo cual es notorio que se necesita un circuito adicional para que se tenga una correcta lectura entre dispositivos, en este caso con el microcontrolador.

Para conectar el decodificador con este último (microcontrolador que usa 5 voltios como alimentación) es necesario el siguiente circuito para que exista lógica entre ellos.

Según las hojas de datos de ambos integrados (microcontrolador y decodificador) es necesario conectar una resistencia de un valor alto, que en este caso por diseño es 4.7k ohmios para delimitar la corriente que pase hacia el decodificador. Existe una capacitancia interna de 3.5 pF en los pines de entrada, por lo cual, añadiendo un condensador de 47pF no altera de gran manera a la entrada.



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

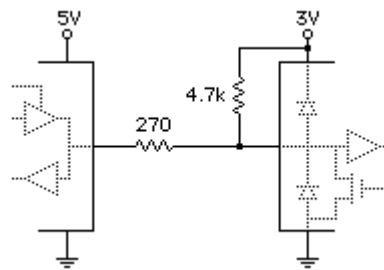
**Figura 4.10** Entrada en una dirección del ATmega16A (a la derecha) y del STA013 (izquierda)

Este arreglo es para los siguientes pines del decodificador: SCLK, SDI, SCKR y RESET.

La conexión de la señal del SDA de 5 voltios del microcontrolador a la STA013 es un poco más compleja ya que el pin SDA es bidireccional pero con un circuito simple puede ser solucionado de manera rápida. Este se muestra en la figura 4.11.

La mayoría de microcontroladores tienen umbrales TTL, por lo que una pull-up a los 3 voltios puede satisfacer fácilmente a la entrada de 2,0 voltios en alta.

Este es el caso del microcontrolador, cuenta con el pin I<sup>2</sup>C. En la mayoría de los casos, para evitar daños al STA013 se añade una pequeña resistencia en los pines bidireccionales para delimitar la corriente.



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

**Figura 4.11** Entrada en una dirección del ATmega16A (a la derecha) y del STA013 (izquierda)

Tabla 4.10 Tabla de valores de voltajes en salida alta y baja

(Fuente: hojas de datos Atmega16A y Sta013)

	VOH	VOL	VIH	VIL
Microcontrolador	4.2v(típ.)	0.7v(máx.)	3v(min.)	1v(máx.)
decodificador	2.55v(min.)	0.4v(máx.)	2.4v(min.)	0.6v(máx.)

- Cuando el decodificador envía “1”  $V_{OH}$ , en la entrada del decodificador el voltaje es igual a 3v, lo que el microcontrolador reconoce como  $V_{IH}$ .
- Cuando el decodificador envía “0”  $V_{OL}$ , en la entrada del decodificador el voltaje es igual a 0v, lo que el microcontrolador reconoce como  $V_{IL}$ .
- Cuando el microcontrolador envía “1”  $V_{OH}$ , la entrada del decodificador el voltaje es igual a 1.89v, lo que el decodificador reconoce como  $V_{IH}$ .
- Cuando el microcontrolador envía “0”  $V_{OL}$ , la entrada del decodificador el voltaje es igual a 0.16v, lo que el decodificador reconoce como  $V_{IL}$ .

Con ello se comprueba que el arreglo funciona y no se tiene problemas con el reconocimiento de estados. Este segundo arreglo se usaría para el pin SDA.

Finalmente se necesita un clock externo para el correcto funcionamiento del decodificador, según las hojas de datos, para que esté a las mejores prestaciones el decodificador es necesario conectar un reloj externo a 14.7456MHz.

#### 4.4 El convertor digital analógico

El convertidor CS4334 trabaja a 5 voltios por lo cual no es necesario ningún tipo de acople con elementos como resistencias o condensadores para otros elementos diferentes al decodificador.

En primer lugar se muestra la descripción de pines para saber si la conexión entre el STA013 y CS4334 es directa.

##### 4.4.1 Descripción de pines del convertor digital analógico

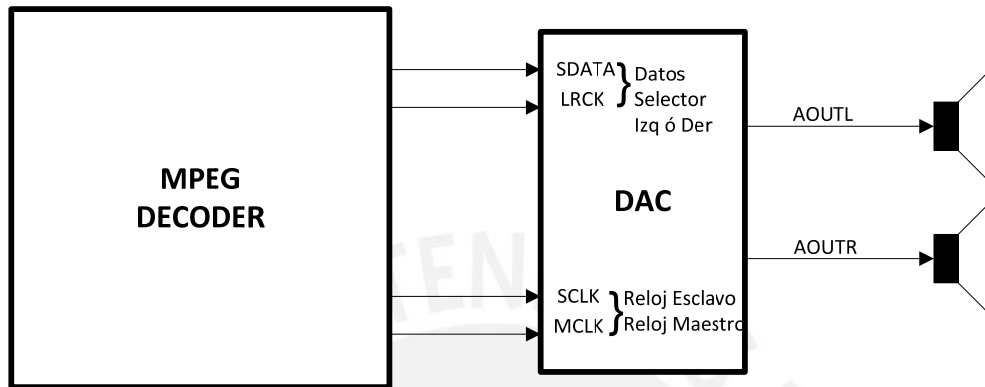
El convertidor digital analógico tiene varios bloques internos que realizan funciones específicas para que el dato serial entrante se dirija de manera óptima a las dos salidas analógicas, derecha e izquierda. En la tabla 4.11 se muestran las funciones y características de los pines.

Tabla 4.11 Descripción de los pines del CS4334  
(Fuente: hoja de datos del CS4334)

No.	Nombre del Pin	I/O	Función y descripción del Pin
1	SDATA	I	<b>Entrada serial de datos de audio</b> The data is clocked into the CS4334/5/6/7/8/9 via internal or external SCLK, and the channel is determined by LRCK.
2	DEM/SCLK	I	<b>De-Emphasis/External Serial Clock Input</b>
3	LRCK	I	<b>Left/Right Clock – determina cual es el actual canal de entrada en la entrada serial</b> Data Input pin, SDATA.
4	MCLK	I	<b>Master Clock – debe estar 256x, 384x, or 512x</b> o 128x or 192x the input sample rate in HRM.
5	AOUTR	O	<b>Canal derecho de salida analógica –típicamente en 3.5 Vp-p a full-scale input signal.</b>
6	AGND	I	<b>Tierra analógica, referencia a 0v</b>
7	VA	I	<b>Alimentación analógica –normalmente +5V.</b>
8	AOUTL	O	<b>Canal izquierdo de salida analógica –típicamente en 3.5 Vp-p a full-scale input signal.</b>

Con ello, se puede tener una idea completa de donde se debe conectar los pines del decodificador CS4334. Se puede observar que es posible conectar el CS4334 directamente al decodificador ya que los pines de entrada del convertor digital análogo son los mismos para el decodificador pero de salida.

En el siguiente diagrama (figura 4.12) se puede observar su conexión:



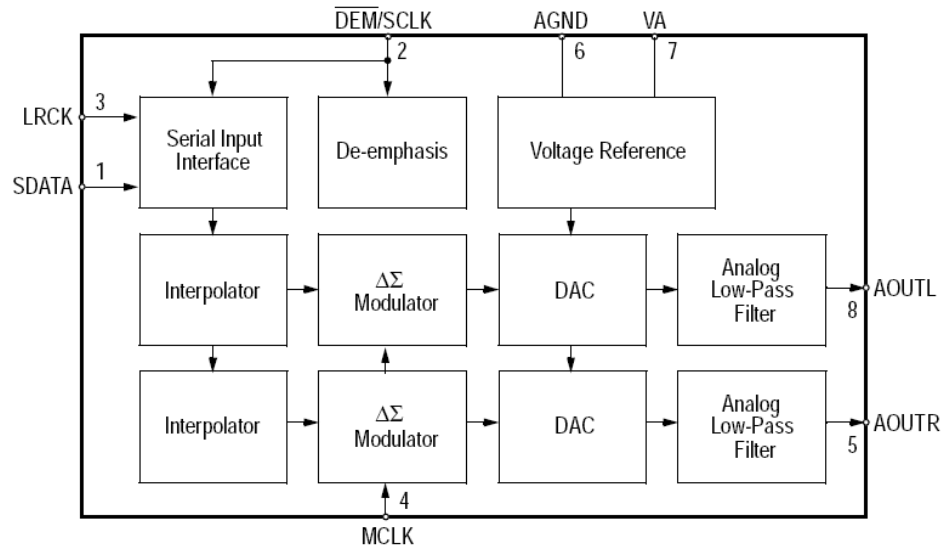
(Fuente: propia)

**Figura 4.12** Conexión entre el decodificador STA013 y el convertor digital analógico CS4334

#### 4.4.2 Características adicionales del convertor

El convertidor tiene once bloques internos, estos son: la interfaz de entrada serial, el bloque de de-emphasis, el bloque del voltaje de referencia, dos bloques de interpolación, dos moduladores delta – sigma, dos DACs y finalmente dos filtros pasabajos; la razón de que sean dos de cada uno es que es necesario estos cuatro bloques para cada lado, izquierdo o derecho.

Estos bloques se encuentran interconectados de la siguiente manera:



(Fuente: Hoja de datos del CS4334)

**Figura 4.13** Diagrama de bloques del CS4334

El CS4334 tiene dos modos de operación, la primera se le llama “Base Rate mode” (BRM) este se da cuando el reloj maestro (MCLK) tiene una relación con el LRCK de 256, 384 o 512Kbps y el “High Rate Mode” cuando el MCLK/LRCK es 128 o 192Kbps.

El filtro pasabajos externo elimina las frecuencias que aparecen luego de la interpolación. El filtro de interpolación es seguido por el modulador delta – sigma de cuarto orden, el cual convierte la salida del filtro de interpolación en un bit de datos a la tasa de 128 Fs en BRM.

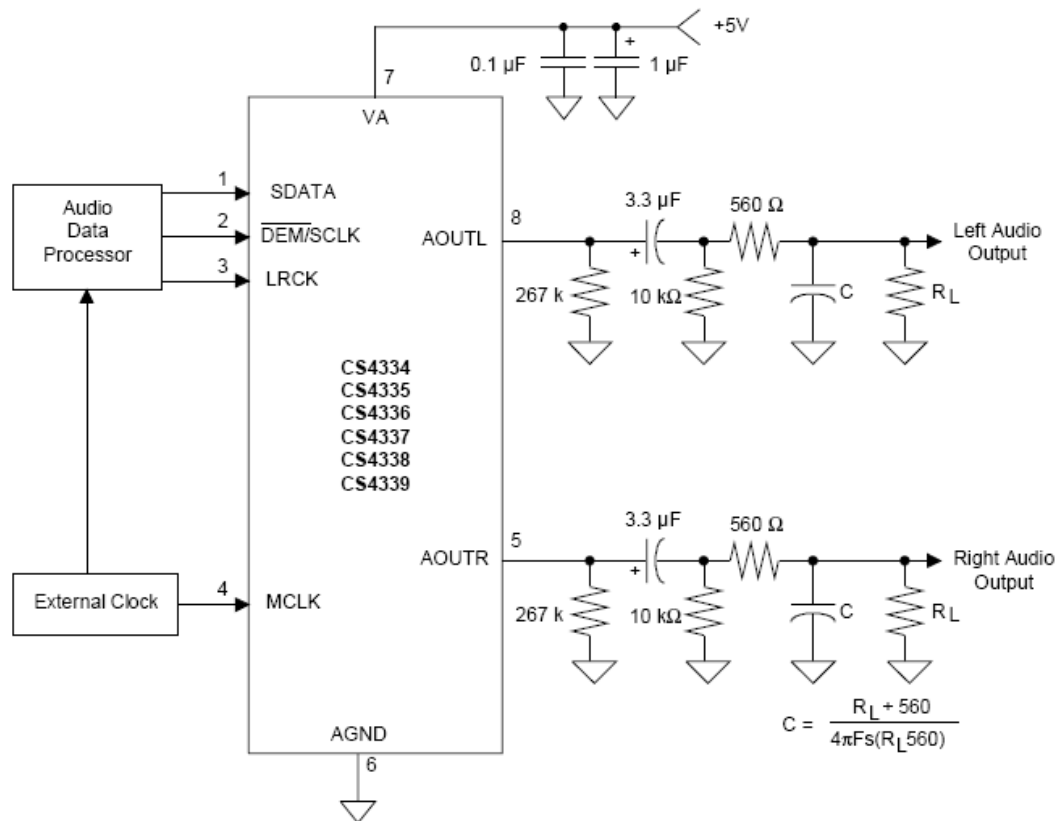
Luego del modulador delta sigma sigue el DAC basado en capacitores conmutados, este convierte datos en una serie de paquetes de cargas, la magnitud de estos paquetes están determinados por un muestreo de un voltaje de referencia sobre un capacitor conmutado, donde la polaridad de cada paquete es controlado por un bit de dato.

Finalmente la señal llega al filtro pasabajos analógico, el cual da suavidad a la salida del DAC y atenúa el ruido.

En la figura 4.14 se muestra la conexión típica tomada de la hoja de datos del fabricante. Se muestra en la figura que los pines AOUTL y AOUTR se le conectan una serie de resistencias y condensadores dados por el fabricante para realizar el



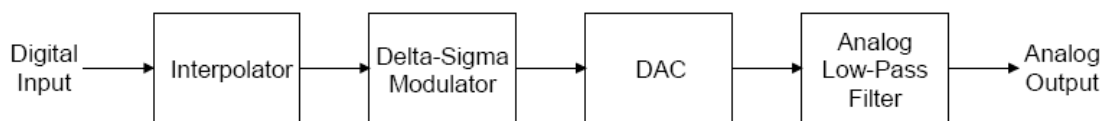
filtro pasabajos, por otro lado, existe un último condensador que tiene como factores la frecuencia demuestreo ( $F_s$ ) y la carga, por cuestiones prácticas, el  $R_L$  será  $8\Omega$  y el  $F_s$  será  $44.1\text{KHz}$ . Por otro lado, en la figura también se muestra el direccionamiento de los pines y las fuentes de datos, como el procesador de audio que en este caso es el decodificador mp3 y el reloj de entrada.



(Fuente: Hoja de datos del CS4334)

**Figura 4.14** Conexiones típicas del CS4334

El recorrido de los datos de audio se muestra en la siguiente figura, estos provienen del STA013 (en la figura es la entrada digital):



(Fuente: Hoja de datos del CS4334)

**Figura 4.15** Diagrama de bloques de secuencia que realiza el archivo en el CS4334

Para el diseño, la familia del CS4334 acepta datos de la tasa de muestreo de audio estándar como 48, 44.1 y 32Khz en BRM y 96, 88.2 y 64kHz en HRM lo cual es perfecto para el sistema de audio. La entrada de datos es de forma serial (SDATA), la entrada Left/Right Clock (LRCK) define el canal y la alineación de datos, y el Serial Clock (SCLK) define el reloj de la entrada de datos de audio al buffer.

Como el integrado tiene tres relojes no es necesario que los tres tengan una relación en fase, pero deben estar sincronizados.

Tabla 4.12 Frecuencias comunes del CS4334

(Fuente: Hoja de datos del CS4334)

LRCK (kHz)	MCLK (MHz)				
	HRM		BRM		
	128x	192x	256x	384x	512x
32	4.0960	6.1440	8.1920	12.2880	16.3840
44.1	5.6448	8.4672	11.2896	16.9344	22.5792
48	6.1440	9.2160	12.2880	18.4320	24.5760
64	8.1920	12.2880	-	-	-
88.2	11.2896	16.9344	-	-	-
96	12.2880	18.4320	-	-	-

Como se muestra en la conexión típica del CS4334, figura 4.14, el reloj es externo a este, el decodificador le dará este dato para el correcto funcionamiento.

## 4.5 Conexiones finales

### 4.5.1 Conexión entre el decodificador y el conversor digital analógico.

La salida del decodificador para el conversor son 4 pines, SDO, SCKT, LRCKT, y OCLK, estos decodifican, direccionan y sincronizan los datos de audio. Estas señales se pueden conectar directamente a un chip CS4334.

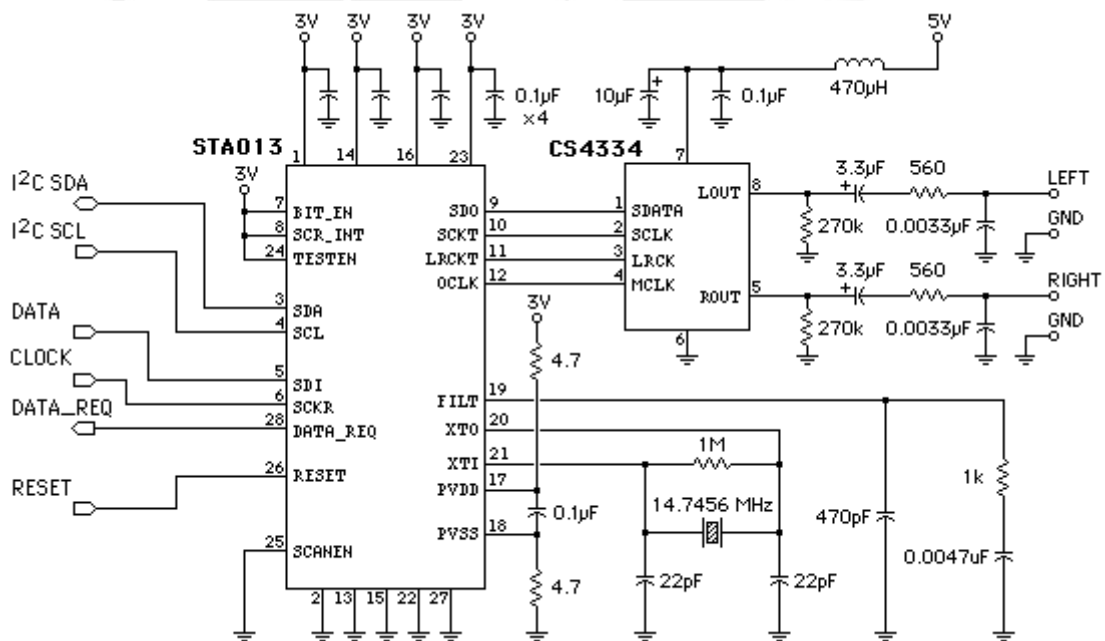
Se requiere cinco pines para la conexión de resistencias, capacitores y el cristal para la total conexión entre el STA013 y el CS4334.

Otros pines de conexión, las alimentaciones y referencias del PLL y del chip y los cristales, FILT, XTO, XTI, PVDD y PVSS

Para la conexión del microcontrolador con el decodificador, en la parte de control, el protocolo I<sup>2</sup>C es el indicado, hay dos líneas que configuran esta forma de comunicación, la primera actúa como reloj (SCL) y la otra como datos (SDA), el protocolo tiene como habilidad tener múltiples maestros que tienen la posibilidad de iniciar la comunicación con otros integrados, en este caso será la conexión más simple entre el microcontrolador ATmega16A y el STA013.

Enviar los archivos en codificación mp3 al STA013 es el alma del sistema de audio, la idea básica es dar los datos al STA013 cuando este lo requiera o requiera más, no se necesita saber la calidad del archivo de MP3 ya que el mismo decodificador lo determina automáticamente, este lo toma a la velocidad correcta y da una señal cuando necesita más datos o cuando el buffer esta casi totalmente lleno.

En base de que el STA013 detecta la tasa de muestreo (sea 44.1kHz, 48 kHz, etc.) del archivo mp3, ajusta el reloj y se lo transmite al CS4334.



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

**Figura 4.16** Conexiones entre el STA013 y el CS4334

#### 4.5.2 Conexión entre el decodificador y el microcontrolador

Para la comunicación entre decodificador y microcontrolador, el I<sup>2</sup>C, esta usa los pines SDA y SCL, estos se conectarán a lo que controlará el decodificador MP3.

*Entrada:* son tres pines de entrada, esto son: SDI (datos), SCKR (reloj), y DATA\_REQ (listo) se conectarán a la fuente de datos MP3. Cuando el DATA\_REQ indique que el chip está listo, la fuente de datos MP3 bits, debe enviar tan rápidamente como le sea posible nuevos datos, hasta que el buffer de STA013 este casi lleno, luego el DATA\_REQ envía una señal que el chip no puede aceptar más datos. Técnicamente, un cuarto pin, BIT\_EN es de este grupo, pero por lo general no utiliza.

*Restablecer:* Restart debe considerarse bajo en el inicio, o al menos brevemente antes de utilizar el chip. El reestablecer será dado por software en el programa del microcontrolador.

#### 4.5.3 Conexiones entre el microcontrolador y todos los dispositivos

Como ha visto en cada parte, el microcontrolador está conectado a todos los dispositivos a excepción del CS4334, haciendo una recopilación de todas las tablas que contenían las posibles conexiones entre los dispositivos finalmente se tiene la tabla 4.13.

Tabla 4.13 Tabla final con las conexiones entre el microcontrolador y todos los otros dispositivos

(Fuente propia)

Atmega16A	Conexión 1	Conexión 2
PortA0	CompactFlash D0	LCD
PortA1	CompactFlash D1	LCD
PortA2	CompactFlash D2	LCD
PortA3	CompactFlash D3	LCD
PortA4	CompactFlash D4	LCD
PortA5	CompactFlash D5	LCD
PortA6	CompactFlash D6	LCD
PortA7	CompactFlash D7	LCD

PortB0	Interrupción externa 1	
PortB1	Interrupción externa 2	
PortB2		
PortB3	Interrupción externa 3	
PortB4		
PortB5	STA013 SDI	MOSI
PortB6		MISO
PortB7	STA013 SCKR	SCLK
PortC0	STA013 SDL	
PortC1	STA013 SDA	
PortC2	CompactFlash A0	LCD A[0]
PortC3	CompactFlash A1	
PortC4	CompactFlash A2	
PortC5	CompactFlash CS0	
PortC6	CompactFlash CS1	
PortC7		
PortD0	UART RXD	
PortD1	UART TXD	
PortD2	STA013 DATA_REQ	
PortD3		
PortD4		
PortD5		LCD VLCD
PortD6	CompactFlash IORD	
PortD7	CompactFlash IOWR	LCD R/W
Reset	CompactFlash Reset	STA013 Reset

En la figura 4.17 se muestran estas conexiones.

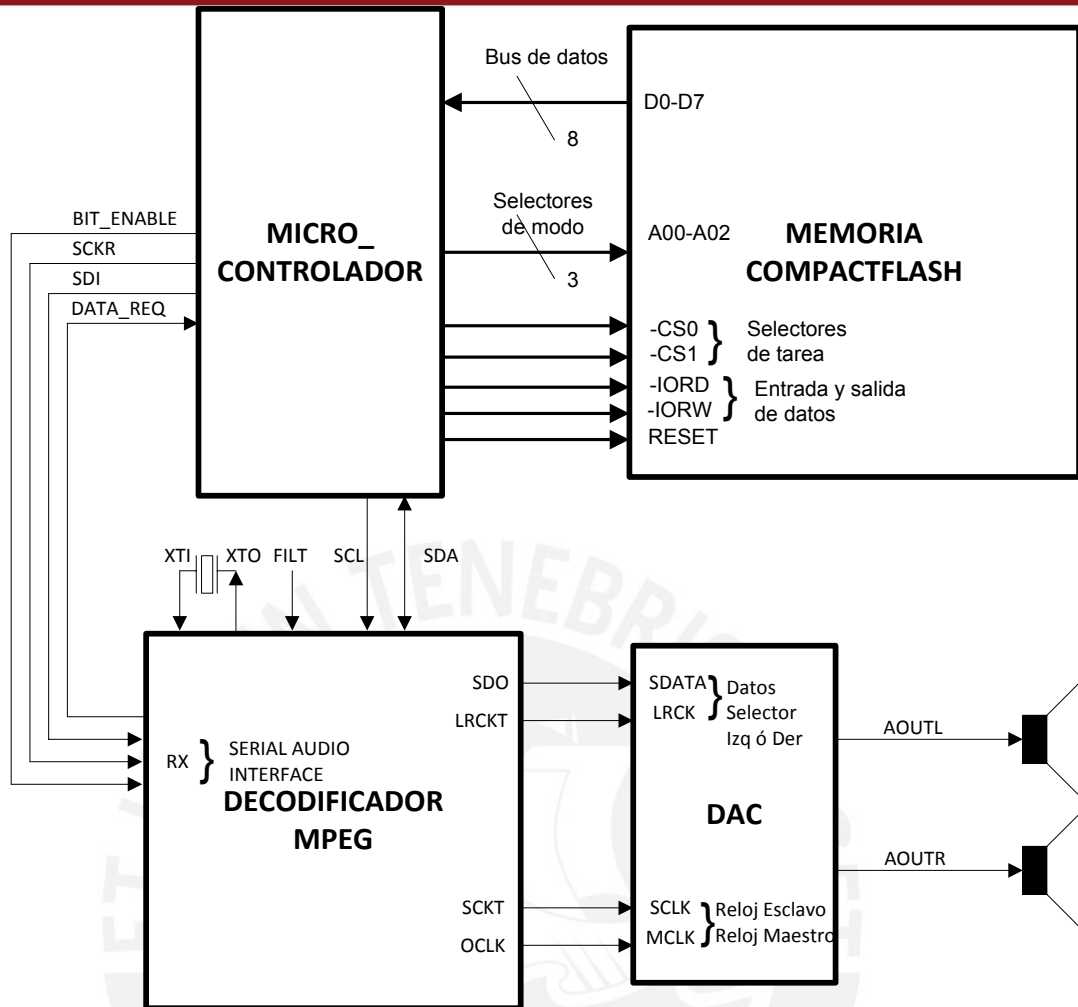


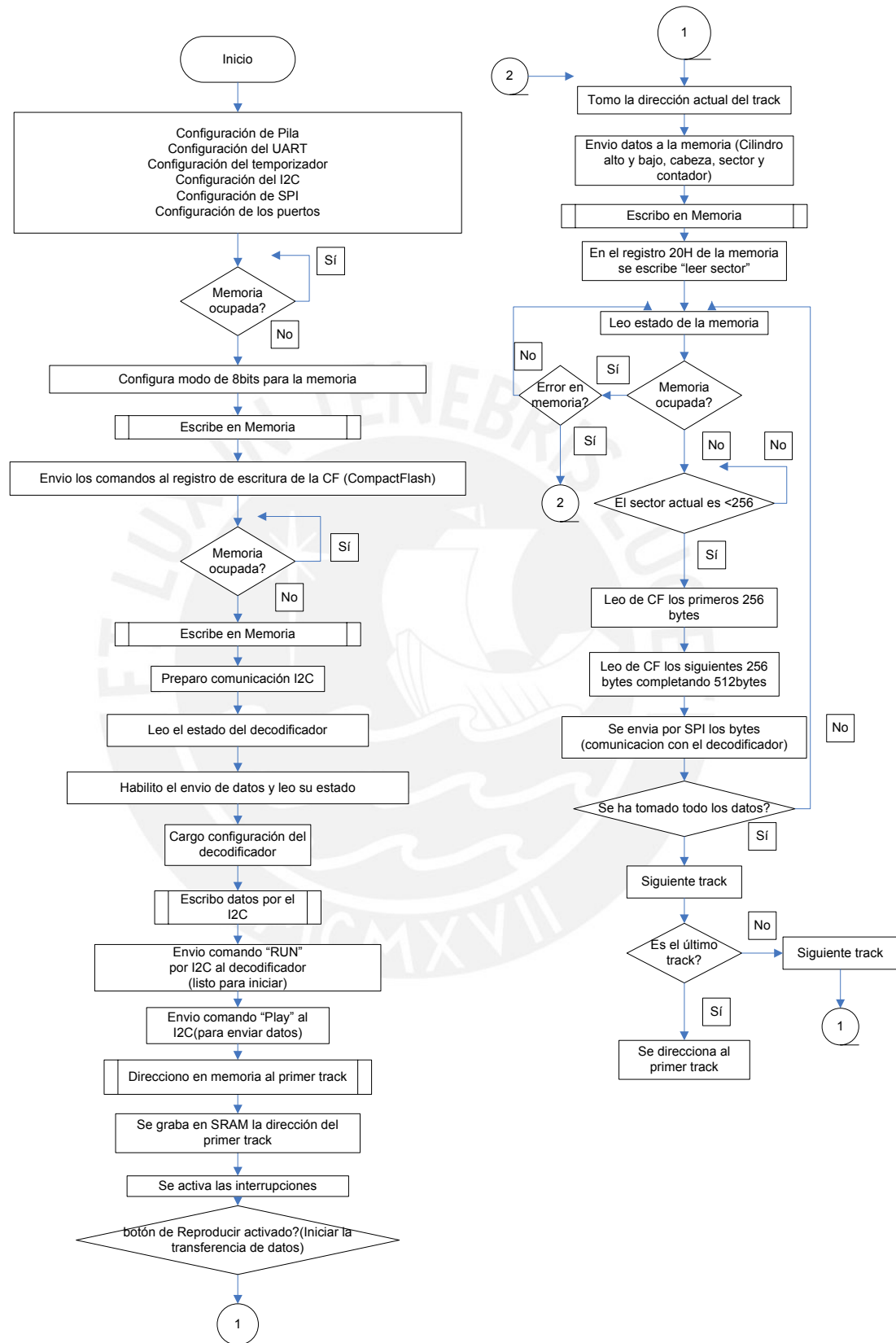
Figura 4.17 Conexiones finales entre los 4 integrados

En la anterior tabla se puede ver la columna de la izquierda se muestra un LCD, según las hojas técnicas de los LCD genéricos, es necesario conectar 11 pines al microcontrolador, 8 de datos y 3 de control, por lo cual, es factible usar uno de estos dispositivos. También en la misma columna se ve que en el puerto B del pin 5 a 7 están indicados los pines para cuando la programación se realice y también los de la transmisión y recepción de datos por RS232.

En los anexos se puede apreciar toda la conexión del sistema de audio microcontrolador, decodificador, conversor digital análogo y la memoria.

Como se tiene diseñada la conexión física entre los dispositivos que conforman el sistema de audio, finalmente se muestra el diagrama de flujo del sistema de audio. Este es el diagrama de flujo principal del sistema (Figura 4.15) ya que las funciones que se llaman durante el programa son extensas y se necesitan constantemente

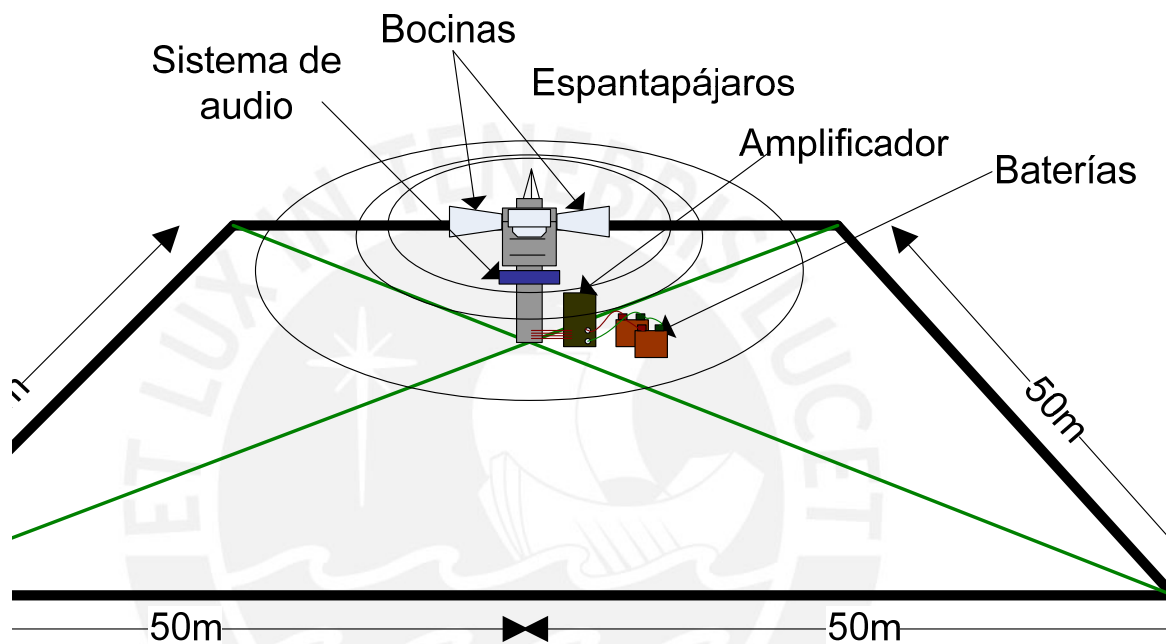
para describirlas en el diagrama principal, estas se encuentran en el anexo (Figuras FA1,FA2,FA3,FA4).



(Fuente: Propia)

Figura 4.18 Diagrama de flujo principal del sistema de audio

En este último gráfico (figura 4.19), se puede apreciar todas las partes integradas, las dos baterías ETNA (de color naranja) conectadas al amplificador P-2240 Booster (de color verde oliva) de cuatro salidas de audio para las cuatro bocinas TOA distribuidas a 90° una de la otra, las cuales estarían empotradas en la parte superior de una estructura donde en el centro se ubicaría el sistema de audio. Todo el sistema en el centro 1 hectárea de área.



**Figura 4.19** Esquema del Espantapájaros diseñado en el campo de cultivo

En el anexo se puede apreciar más características de las baterías, como el tamaño y peso, también en el anexo se encuentran las características de las bocinas, sus conexiones y la cantidad ohmios a su salida. De igual manera el amplificador de publifusión y como fin el diagrama esquemático del sistema de audio que comprende el microcontrolador, la memoria, el decodificador mp3 y el conversor digital analógico con su respectivo circuito impreso.



## 4.6 Conclusiones

Los dispositivos seleccionados tienen la capacidad de conectarse de manera adecuada a pesar de que no todos ellos trabajan al mismo nivel de voltaje.

La elección de los componentes en el CAPÍTULO 3 fue acertada, dando un ejemplo, el decodificador y el conversor digital análogo se conectaron directamente.

El número de pines del microcontrolador y las funciones de ellos son perfectos para controlar los demás dispositivos contando con los pines que serían dedicados para la programación y para el visualizador LCD.

Las conexiones entre las baterías de 12 voltios y el amplificador es directa ya que este último tiene dos modos, entrada DC de 24 Voltios y entrada AC de 110V. También, la conexión entre las bocinas y la salida del audio del sistema (CS4334) es directa ya que es estéreo, esta conexión sería dada por un miniplug.

## CONCLUSIONES

1. Para diseñar un reproductor mp3 existe gran variedad de dispositivos que puede ser utilizados, depende de la aplicación, en el caso de la presente tesis fue necesario seleccionar integrados para un reproductor mp3 simple.
2. Se pudieron utilizar muchos dispositivos de control, no solo microcontrolador sino también DSP ya que estos se utilizan para el procesamiento de sonidos, pero todo ello depende nuevamente de la aplicación.
3. Los criterios determinantes en la selección fueron el rango de temperatura, humedad, fuentes de alimentación independientes, un hardware preciso para evitar la capacidad ociosa, la eficiencia de las bocinas para la mayor duración de las baterías y finalmente un precio económico en la parte del sistema de audio que comprende el microcontrolador, la memoria, el decodificador y el conversor, haciendo una suma de los costos del hardware el precio no supera los 33.521 dólares americanos, pero este precio aumentaría por los gastos de envío y la cantidad en las que se compren.
4. El reproductor diseñado podría operar en todas la épocas del año, ya que se realizó una selección basada en los requerimientos de temperatura y humedad de la zona de interés y tendría la posibilidad de actualizarse el programa de control y de aumentar los archivos de audio (por ser una memoria CompactFlash) para el ahuyentamiento.
5. El diseño de la parte del sistema que comprende las bocinas y la fuente de alimentación está basada en la eficiencia, en el caso de las bocinas consumen el 25% de la potencia eléctrica entregada lo cual las hace ideales para campo abierto ya que es necesario que la fuente de alimentación dure sin mantenimiento el tiempo más largo posible.

6. Las baterías seleccionadas fueron elegidas por los Amperios hora que entregan y por el tamaño que estas representan en conjunto.

7. Se eligió usar dos fuentes conmutadas en vez de una con doble salida, esto a que se investigó la cantidad de elementos que se necesitaba para ello, la cantidad y precio de una fuente superaba a dos de 5 y 3.3 Voltios.



## RECOMENDACIONES

Para un adecuado funcionamiento del sistema se debe tener en cuenta tres factores importantes, el primero una adecuada programación del microcontrolador dirigido a una estrategia ahuyentamiento basado en la aleatoriedad de los archivos enviados al conversor digital analógico ya que es este el que crea la onda que sale por el parlante.

El chasis es muy importante para la protección del todo el sistema de audio, este debe ser de un material resistente al agua, no es necesario ningún tipo de soporte grande ya que el tamaño es bastante reducido y de poco peso, sus fuentes de alimentación se encontraría dentro del chasis pero con una ventilación apropiada, dada por ejemplo con ventiladores con ranuras en un lateral del chasis.

El amplificador de publifusión también requiere un chasis especial.

Los cables de audio que unen a las bocinas con el amplificador de publifusión no superarían los 3 metros de largo, por lo cual, el modo de operación de las bocinas serían en 8Ohmios, en caso que se aumente la distancia entre el amplificador y la bocinas, consultar la hoja de datos del fabricante del CS-304 de la corporación TOAelectronics.

La estructura central, debe ser lo suficientemente alto como para que las bocinas estén libres de obstáculos, como las estructuras que se usan en los viñedos para el cultivo de la vid. Lo recomendable sería 4 metros de alto, o 2 metros por encima de cualquier estructura alta adyacente.

Para la implementación del sistema de audio se debe tener en cuenta que no hay programa alguno que pueda simularlo, lo cual, se tendría que probar hasta su depuración total.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] 2007 Itec © 2007 Control de Plagas y Sanidad Ambiental [en línea] Cataluña- España. Aves, Control de Plagas y Sanidad Ambiental. <[http://www.itecnisil.net/control\\_plagas/aves.html](http://www.itecnisil.net/control_plagas/aves.html)>  
Consultado: Octubre 2008
- [2] 2004 Chávez Gama, Waldir; Arata Pozzuoli, Atilio.  
Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid.  
DESCO – Centro de Estudios y promoción del Desarrollo.  
Arequipa - Perú.  
<<http://www.descosur.org.pe/publicaciones/Manual002.pdf>>  
Consultado: Octubre 2008
- [3] 2008 GRUPO-BOTIX .Ciudad de Buenos Aires. Argentina  
<<http://www.botix.com.ar/sin-aves/contenido.htm>>  
Consultado: Diciembre 2008
- [4] 2008 Ministerio de Agricultura del Perú, Lima. Perú [en línea]  
<<http://www.minag.gob.pe/vision-general/problemas-en-la-agricultura-peruana.html>>  
Consultado: Diciembre 2008
- [5] 2006 Portal Agrario Regional de Ica. Red de información regional Ica,  
Dirección de Información Agraria Ica  
< <http://www.agroica.gob.pe/vid.shtml>>  
Consultado: Abril 2009
- [6] 2006 Referencia del Sistema Productivo  
Viticultura y Elaboración de Vinos, Piscos y otros productos afines.  
Ministerio de Educación. Lima. Perú  
<[http://destp.minedu.gob.pe/catalogoaeci/MAESTRO/ind\\_alim/Viticultura.PDF](http://destp.minedu.gob.pe/catalogoaeci/MAESTRO/ind_alim/Viticultura.PDF)>  
Consultado: Abril 2009

- [7] 2008 Bird-X: Pest Bird Control Experts [en línea] USA. Kiwi9.com.  
<<http://www.bird-x.com/>>  
Consultado: Noviembre 2008
- [8] 2007 Bird Gard – Bird Control & Pest Control [en línea] Australia. SEO and Search. Engine Marketing by Vitalized Australia.  
<<http://www.birdgard.com.au/> >  
Consultado: Noviembre 2008
- [9] 1992 William A. Erickson, Rex E. Marsh , Terrell P. Salmon  
High Frequency sound devices lack efficacy in repelling birds  
Vertebrate pest conference proceeding collection  
<<http://digitalcommons.unl.edu/> >  
Consultado: Octubre 2008
- [10] 2008 Enciclopedia Libre Wikipedia [en línea]  
< <http://www.wikipedia.org/>>  
Consultado: Noviembre 2008
- [11] 2008 Real Academia Española [En línea]  
<<http://www.rae.es/rae.html>>  
Consultado: Noviembre 2008
- [12] 2008 GEPAVAL,S.L. [en línea] Girona · España  
<<http://www.gepaval.com>>  
Consultado: Noviembre 2008
- [13] 2008 Alldatasheet.com [en línea]  
< [www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com)>  
Consultado: Junio 2009
- [14] 2008 Atmel Corporation [en línea] San José, California. USA  
<[www.atmel.com](http://www.atmel.com)>  
Consultado: Junio 2009
- [15] 2009 PRJC Electronic Proyects [en línea] Standford, USA  
<[www.prjc.com](http://www.prjc.com)>

Consultado: Junio 2009

- [16] 2009 SIAFA Seguridad, Higiene y Medio Ambiente, Argentina  
<<http://www.siafa.com.ar/notas/nota28/proteccion.htm>>  
Consultado: Agosto 2009
- [17] 2001 Miyara, Federico. ¿Cuánta potencia?.  
Universidad del Rosario (UNR) - Argentina  
<<http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/~acustica/biblio/potencia.pdf>>  
Consultado: Agosto 2009
- [18] 2009 TOA electronics.Inc. Japón  
<[http://www.toaelectronics.com/manuals/cs-304u\\_manual.pdf](http://www.toaelectronics.com/manuals/cs-304u_manual.pdf)>  
Consultado: Setiembre 2009
- [19] 2009 ETNA [en línea]. Perú  
<<http://db.etna.com.pe/web/mototaxis.php>>  
Consultado: Setiembre 2009
- [20] 2009 xeno-canto Foundation Europe – birds sound.  
<<http://www.xeno-canto.org/europe/species.php?query=sp:415.00>>  
Consultado: Setiembre 2009

# ANEXO

Tabla A1: Estación Meteorológica de Ocucaje - Señalada la temperatura promedio máxima.

Estación : OCUCAJE , Tipo Automtica - Meteorológica 1								
Departamento : ICA			Provincia : ICA			Distrito : OCUCAJE		Ir : 2009-02
Latitud : 14° 23' 1"			Longitud : 75° 40' 1"			Altitud : 330		
Día/mes/año	Temperatura			Humedad	Lluvia	Presion	Velocidad del Viento	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-Feb-2009	24.93	33.4	16.9	62.96		976.66	3.08	161
02-Feb-2009	25.2	33	17.8	62.13		975.87	4.05	154
03-Feb-2009	25.38	34	18.5	59.71		977.07	4.24	270
04-Feb-2009	25.17	34.2	17.5	59.17		977.64	5.17	158
05-Feb-2009	25.3	32.9	19.4	60.04		977.29	5.18	166
06-Feb-2009	24.51	31.3	19.5	64.33		977.83	4.26	110
07-Feb-2009	21.06	25	19.7	75.44		977.73	1.07	5
12-Feb-2009	30.18	32.2	26.2	50.17		976.52	4.73	123
13-Feb-2009	25.83	31.3	21.5	66.07		976.95	4.17	8
14-Feb-2009	24.26	29.5	21.4	70.22		975.61	5.36	107
15-Feb-2009	24.37	31.7	19.7	74.33		977.58	3.28	15
16-Feb-2009	24.75	31.7	19	73.21		976.46	3.08	143
17-Feb-2009	25.62	30.6	21.2	67.48		976.37	3.33	16
23-Feb-2009	25.43	28.6	21.4	68.47		978.11	5.14	1
24-Feb-2009	24.16	29.9	20.7	74.46	.02	977.64	3.21	150
25-Feb-2009	25	31.4	20.6	68.33		976	3.5	144
26-Feb-2009	24.28	30.2	19.8	70.79		976.55	3.12	125
27-Feb-2009	25.81	33.1	19.8	65.56		975.5	2.5	26
28-Feb-2009	24	26.1	23.2	72.17		975.58	5.32	155

\* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadistica  
 \* Informacion sin Control de Calidad  
 \* El uso de esta Informacion es bajo su entera Responsabilidad

(Fuente: Senamhi 2009 – Datos Históricos

[http://www.senamhi.gob.pe/include\\_mapas/\\_dat\\_esta\\_tipo.php?estaciones=4723A1C2](http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=4723A1C2))



Tabla A2: Estación Meteorológica de Ocucaje - Señalada la temperatura promedio máxima.

Estación : OCUCAJE , Tipo Automtica - Meteorológica 1								
Departamento : ICA			Provincia : ICA		Distrito : OCUCAJE		Ir : 2009-02	
Latitud : 14° 23' 1"			Longitud : 75° 40' 1"		Altitud : 330			
Día/mes/año	Temperatura			Humedad	Lluvia	Presion	Velocidad del Viento	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-Feb-2009	24.93	33.4	16.9	62.96		976.66	3.08	161
02-Feb-2009	25.2	33	17.8	62.13		975.87	4.05	154
03-Feb-2009	25.38	34	18.5	59.71		977.07	4.24	270
04-Feb-2009	25.17	34.2	17.5	59.17		977.64	5.17	158
05-Feb-2009	25.3	32.9	19.4	60.04		977.29	5.18	166
06-Feb-2009	24.51	31.3	19.5	64.33		977.83	4.26	110
07-Feb-2009	21.06	25	19.7	75.44		977.73	1.07	5
12-Feb-2009	30.18	32.2	26.2	50.17		976.52	4.73	123
13-Feb-2009	25.83	31.3	21.5	66.07		976.95	4.17	8
14-Feb-2009	24.26	29.5	21.4	70.22		975.61	5.36	107
15-Feb-2009	24.37	31.7	19.7	74.33		977.58	3.28	15
16-Feb-2009	24.75	31.7	19	73.21		976.46	3.08	143
17-Feb-2009	25.62	30.6	21.2	67.48		976.37	3.33	16
23-Feb-2009	25.43	28.6	21.4	68.47		978.11	5.14	1
24-Feb-2009	24.16	29.9	20.7	74.46	.02	977.64	3.21	150
25-Feb-2009	25	31.4	20.6	68.33		976	3.5	144
26-Feb-2009	24.28	30.2	19.8	70.79		976.55	3.12	125
27-Feb-2009	25.81	33.1	19.8	65.56		975.5	2.5	26
28-Feb-2009	24	26.1	23.2	72.17		975.58	5.32	155

\* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística  
 \* Informacion sin Control de Calidad  
 \* El uso de esta Informacion es bajo su entera Responsabilidad

(Fuente: Senamhi 2009 – Datos Históricos)  
[http://www.senamhi.gob.pe/include\\_mapas/\\_dat\\_esta\\_tipo.php?estaciones=4723A1C2](http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=4723A1C2)

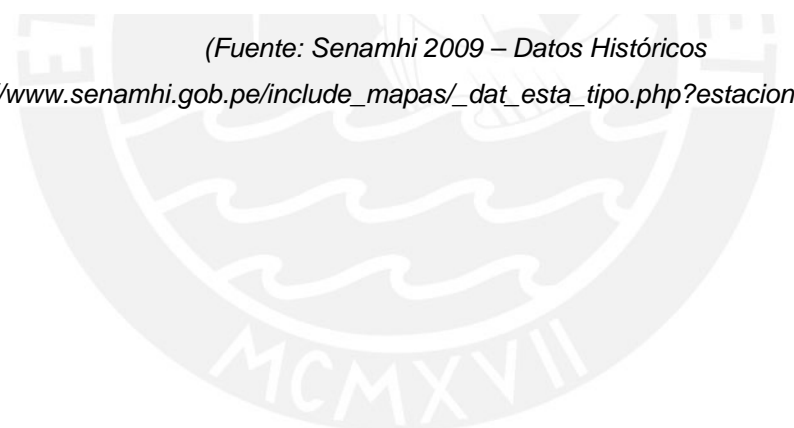
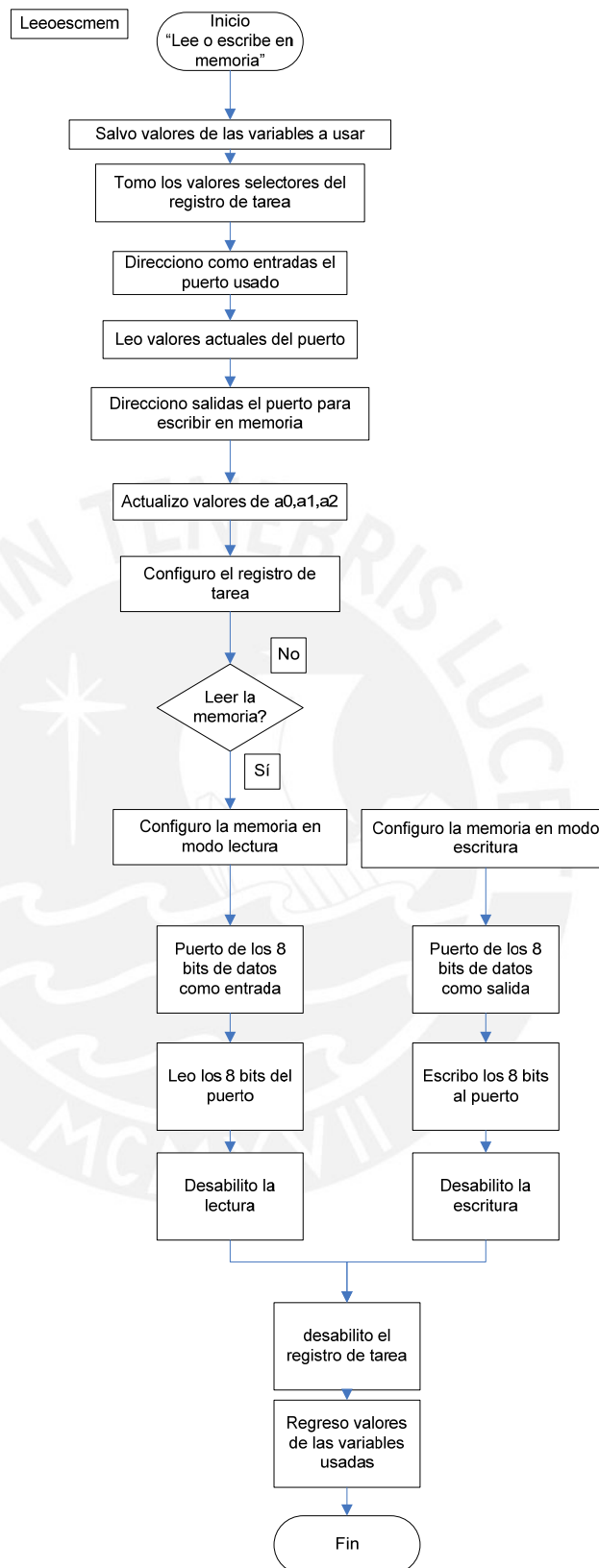


Tabla A3: Estación Meteorológica de Ocucaje - Señalada la temperatura mínima.

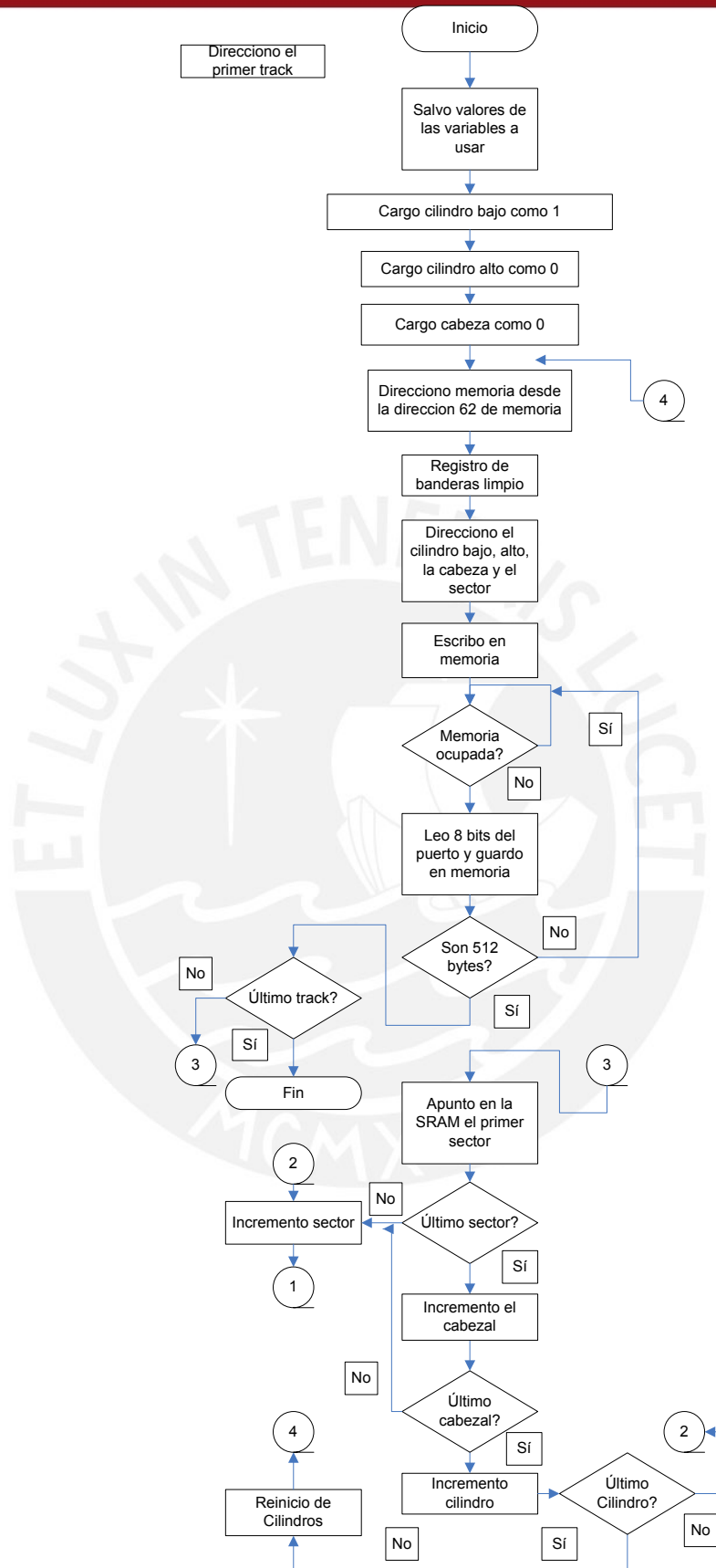
Estación : OCUCAJE , Tipo Automtica - Meteorológica 1								
Departamento : ICA			Provincia : ICA		Distrito : OCUCAJE		Ir : 2008-08	
Latitud : 14° 23' 1"			Longitud : 75° 40' 1"		Altitud : 330			
Día/mes/año	Temperatura			Humedad	Lluvia	Presion	Velocidad del Viento	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-Ago-2008	14.67	21.7	7.8	77.96		980.61	5.56	161
02-Ago-2008	15.4	23.1	11	75.71		978.8	4.32	162
03-Ago-2008	15.41	25.3	9.6	77.17		979.03	2.3	32
04-Ago-2008	14.33	24.7	7.9	77.42		979.37	2.62	47
05-Ago-2008	15.12	22.6	11.3	81.75		979.04	3.05	301
06-Ago-2008	16.58	24.5	13.1	75.17		978.67	4.04	116
07-Ago-2008	16.19	25.7	10.9	76.58		977.68	3.35	8
08-Ago-2008	15.45	25.9	8.9	80.21		977.58	3	
09-Ago-2008	15.98	24.2	10.9	80.88		979.6	2.9	124
10-Ago-2008	16.09	25.4	11.2	80.33		980.7	2.72	44
11-Ago-2008	16.21	24.5	13.3	81.54		981.23	4.02	150
12-Ago-2008	15.5	23.4	10.2	81.83		979.64	2.93	147
13-Ago-2008	15.55	24.2	9.2	82.83		981.77	1.89	2
14-Ago-2008	16.21	27.9	7.4	75.54		981.44	3	167
15-Ago-2008	15.63	28	9.2	79.29		981.15	2.67	167
16-Ago-2008	16.04	25.8	10	75.71		980.79	3.93	164
17-Ago-2008	15.02	23.7	9.4	76.75		981.18	2.34	28
18-Ago-2008	15.78	25.5	10.7	73.08		982.01	2.22	270
19-Ago-2008	16.58	26.2	9.7	74.46		982.13	3.65	18
20-Ago-2008	16.25	23.3	11.3	76.25		980.81	5.62	171
21-Ago-2008	15.17	22.6	9.5	77.17		980.55	4.3	172
22-Ago-2008	14.59	23.2	8.7	79.5		980.5	3.03	132
23-Ago-2008	15.19	27.5	7.8	75.25		980.43	2.9	141
24-Ago-2008	15.21	27.4	7.9	75.92		979.78	3.21	297
25-Ago-2008	15.27	26.2	7.6	75.79		979.69	3.33	176
26-Ago-2008	15.81	23	12.4	77.38		981.3	4.67	164
27-Ago-2008	15.66	21.4	12	75.67		981.42	6.41	161
28-Ago-2008	15.37	22.1	10.1	74.67		979.11	5.31	159
29-Ago-2008	15.62	25.6	10.3	75.38		977.86	2.84	91
30-Ago-2008	16.75	29.3	9.6	72.63		977.24	2.98	126
31-Ago-2008	17.2	25.9	9.1	70.44		978.26	2.97	169

(Fuente: Senamhi 2009 – Datos Históricos

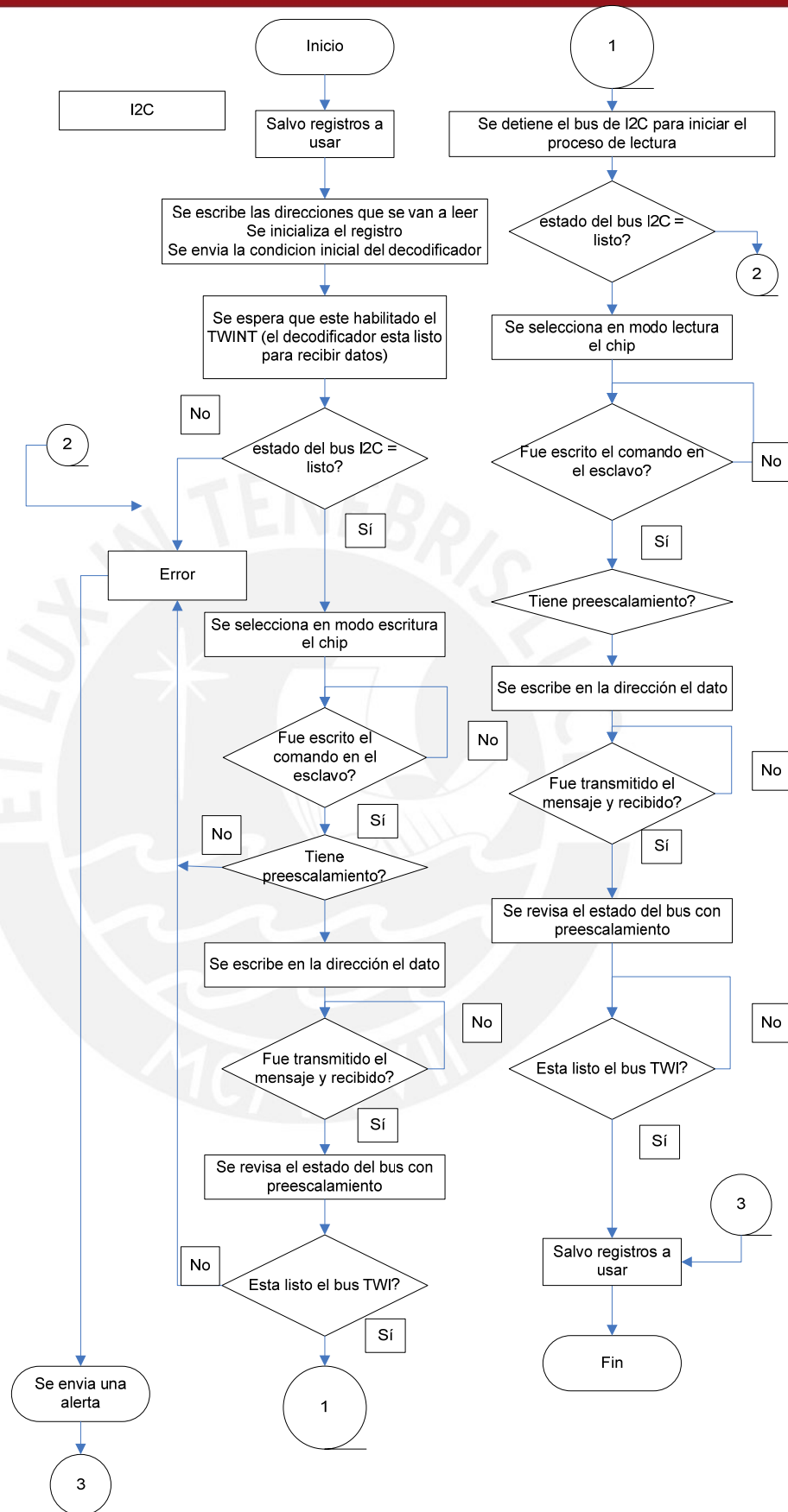
[http://www.senamhi.gob.pe/include\\_mapas/\\_dat\\_esta\\_tipo.php?estaciones=4723A1C2\)](http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=4723A1C2)



**FA1:** Diagrama de flujo de la lectura o escritura en la memoria Compact Flash  
(Fuente propia)

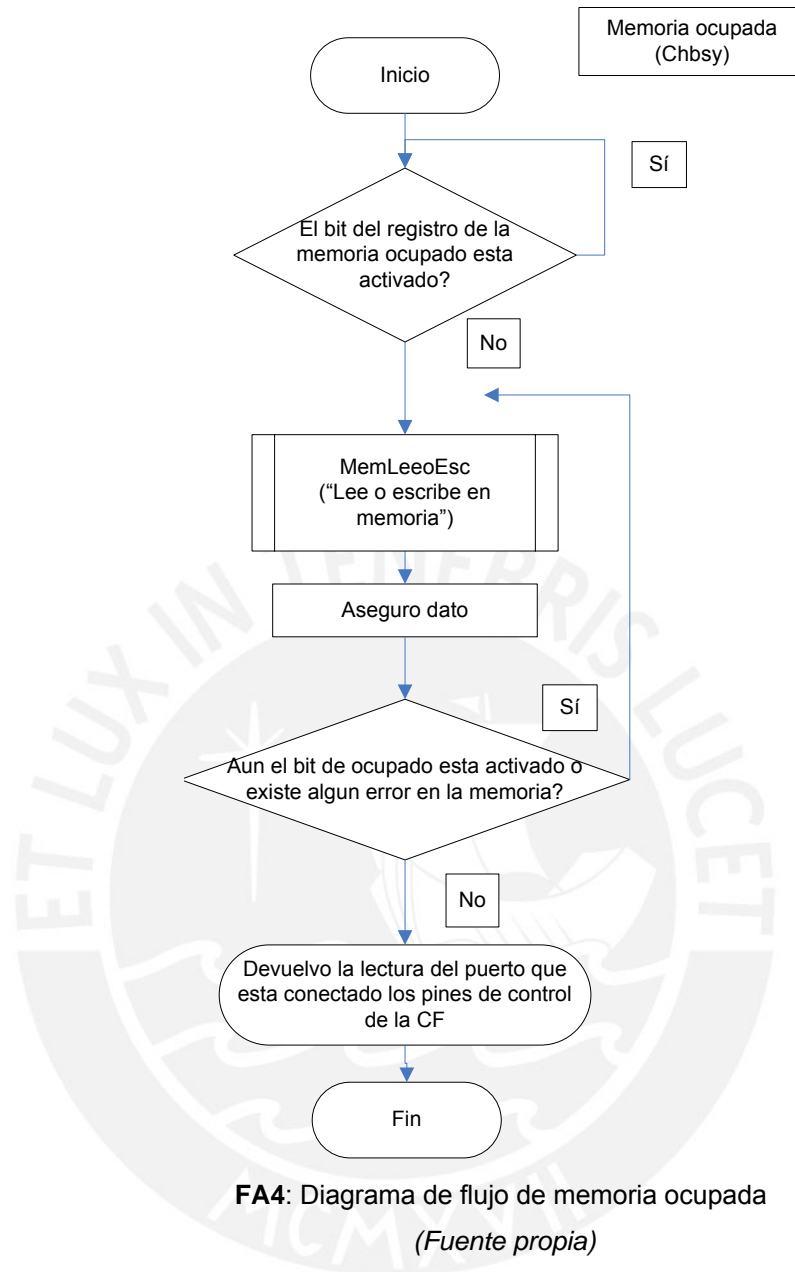


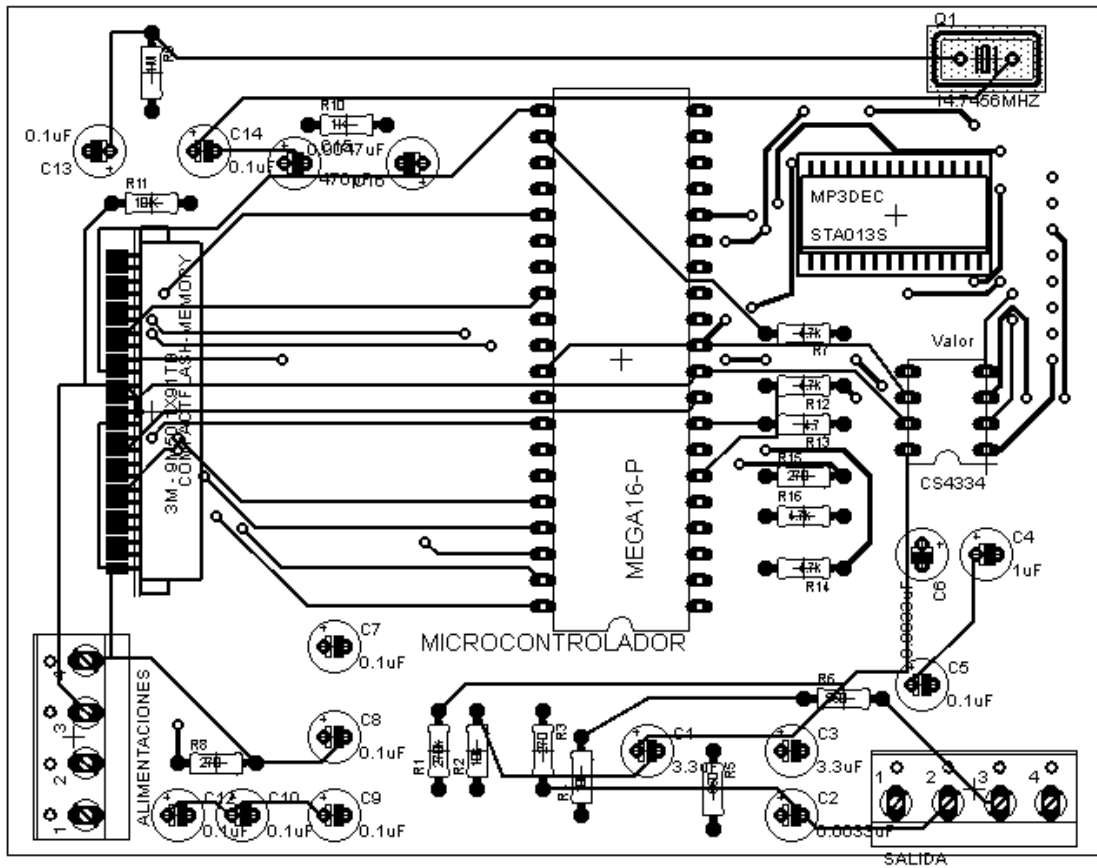
FA2: Diagrama de flujo del direccionamiento del primer track en memoria  
(Fuente propia)



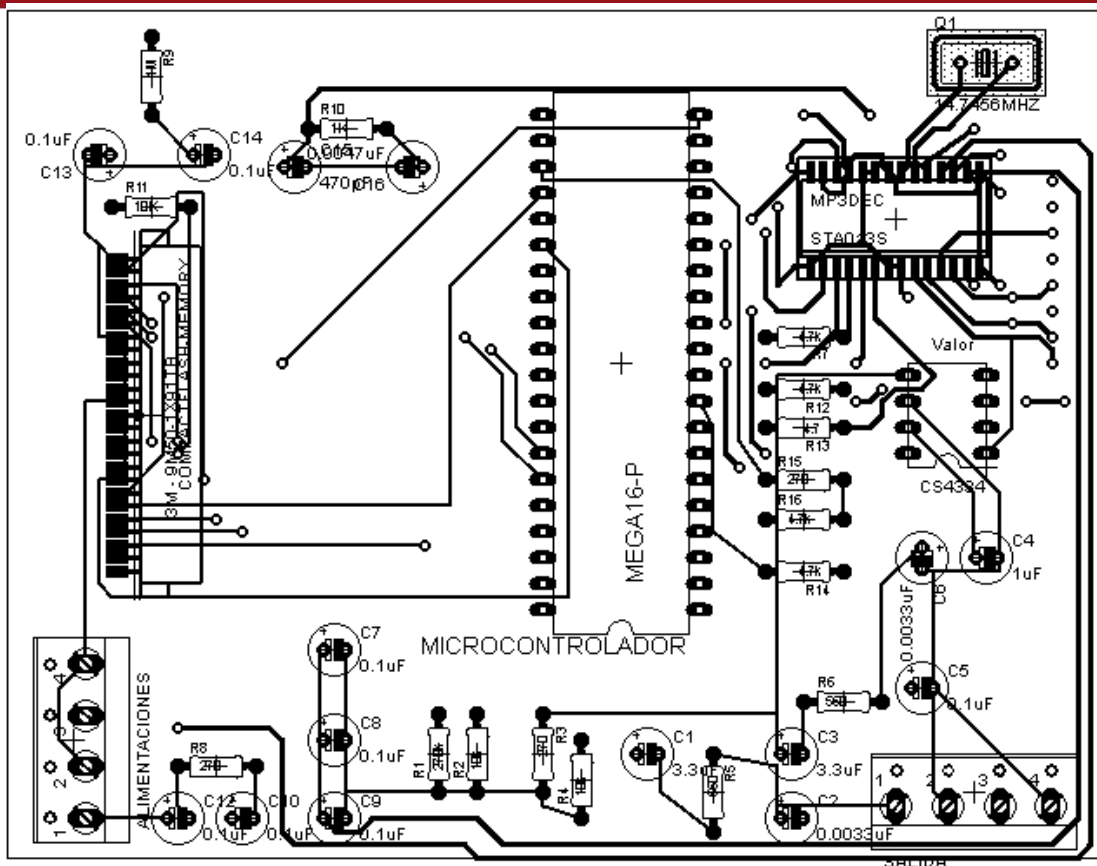
FA3: Diagrama de flujo del protocolo I<sup>2</sup>C

(Fuente propia)





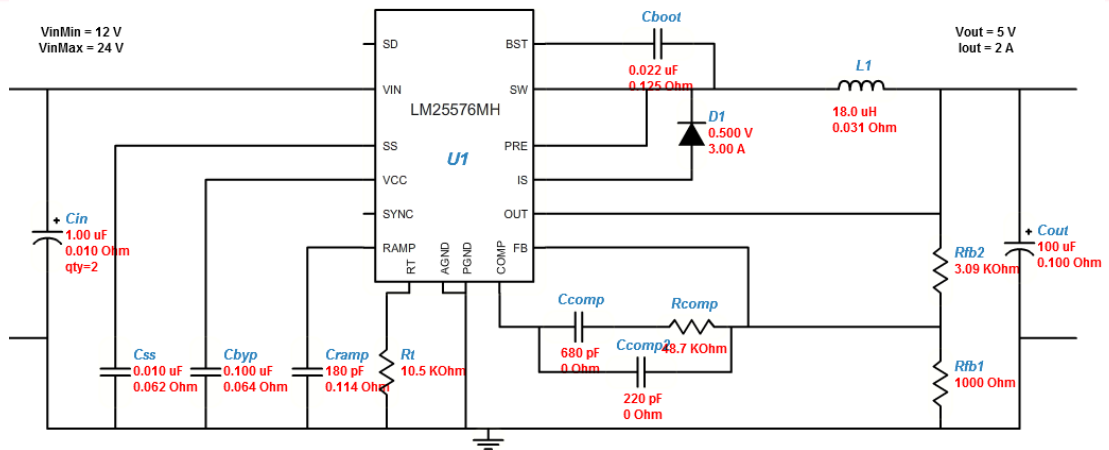
FA5. Circuito impreso del sistema de audio (Capa inferior)



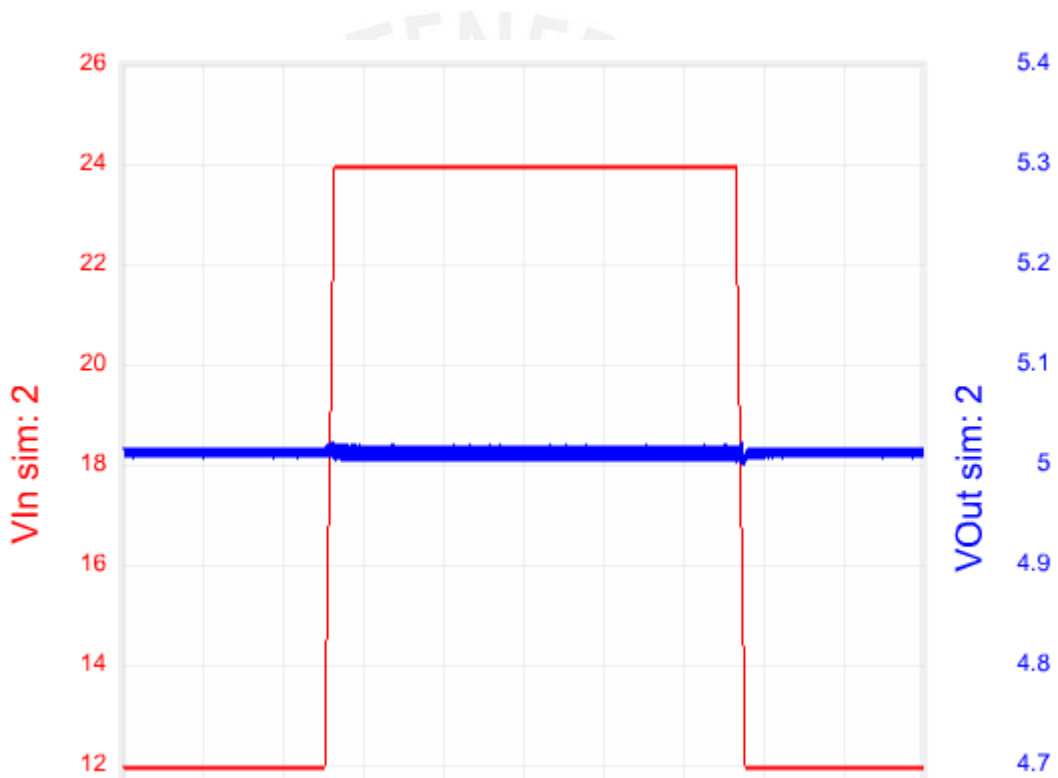
FA6. Circuito impreso del sistema de audio (Capa superior)



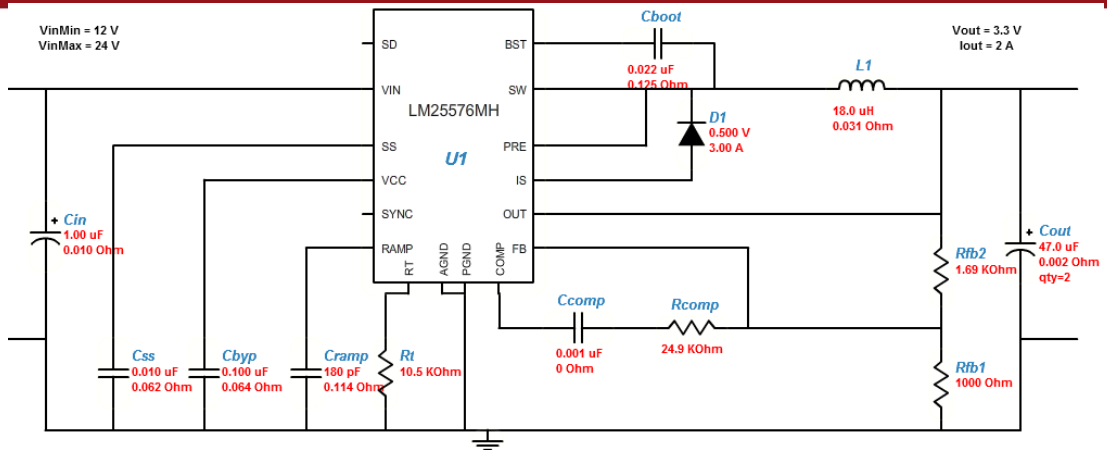




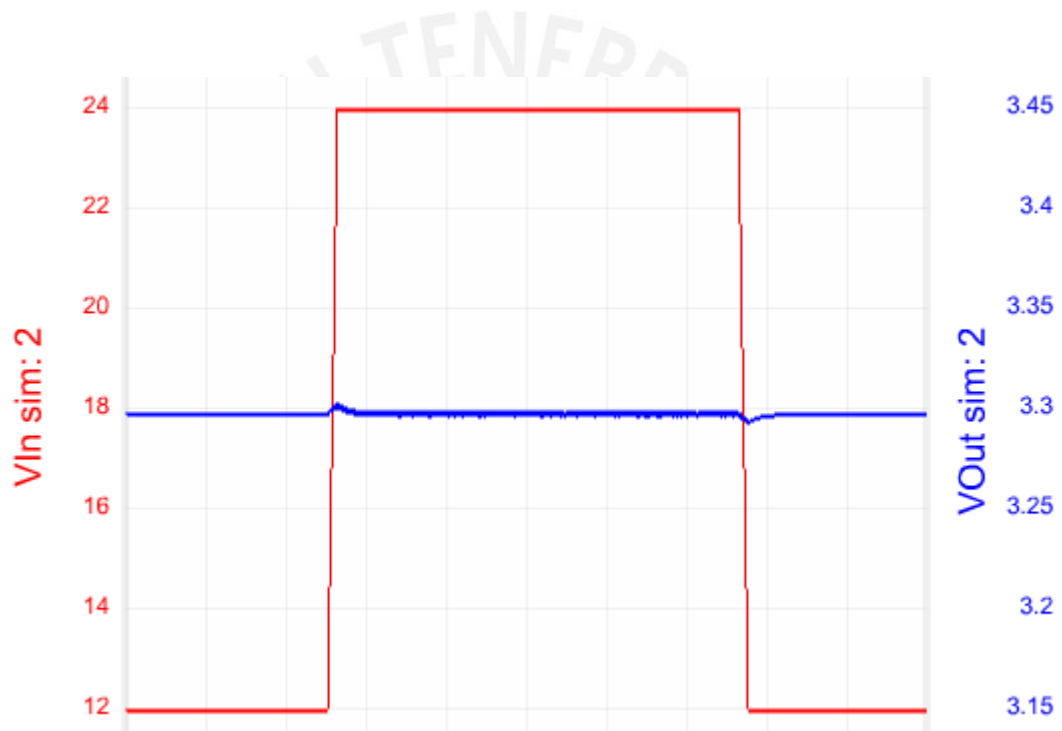
FA7. Esquemático del LM2576 para 5Voltios de salida (500KHz)



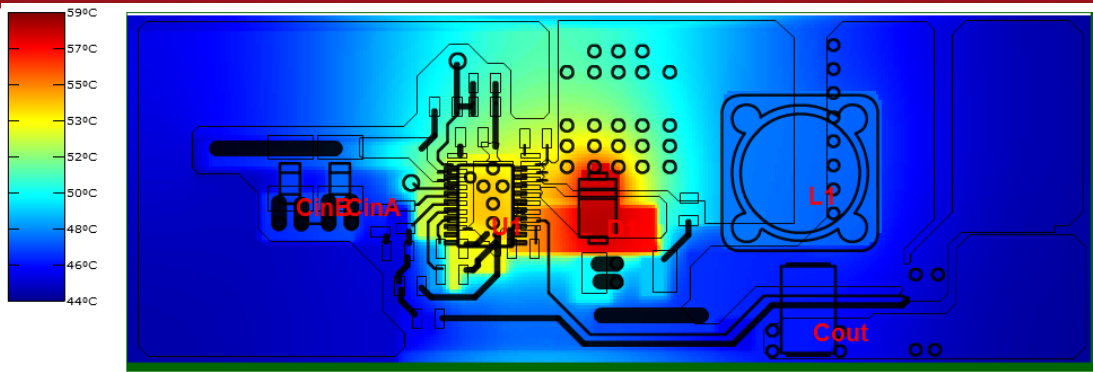
FA8. Simulación de la fuente conmutada 5voltios con un pico de 24 voltios de entrada



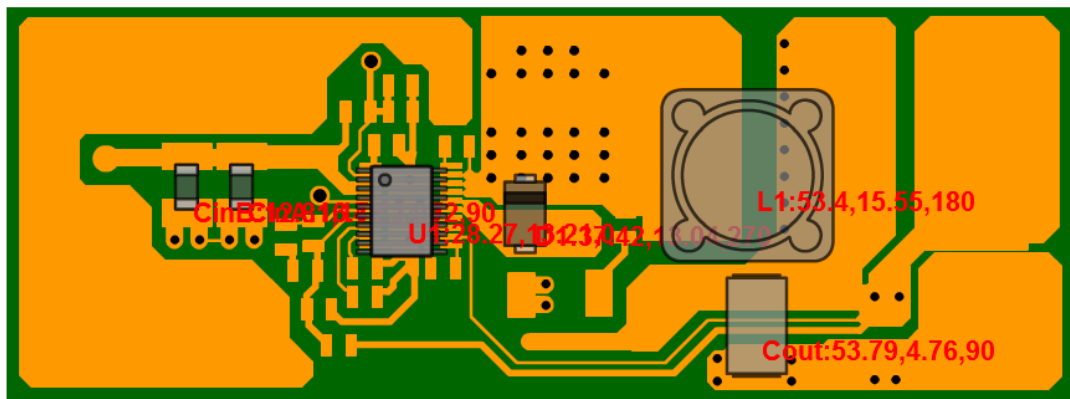
FA9. Esquemático del LM25576 para 3.3Voltios de salida



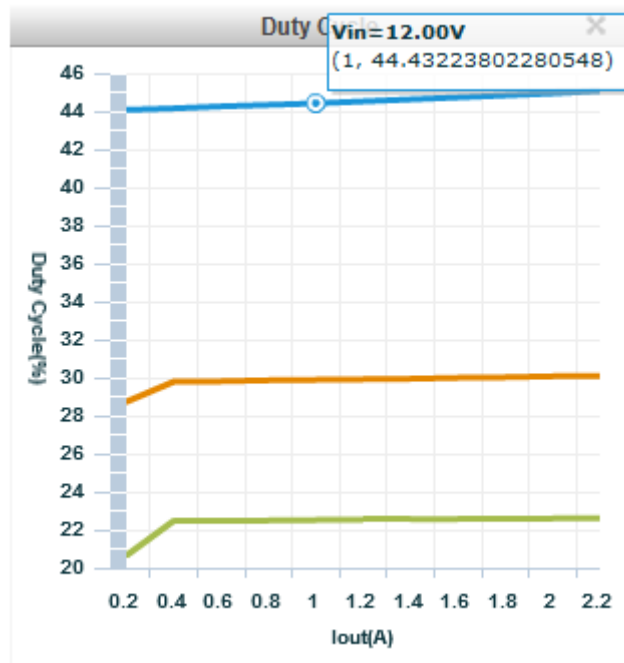
FA10. Simulación de la fuente conmutada para 3.3voltios con un pico de 24voltios De entrada



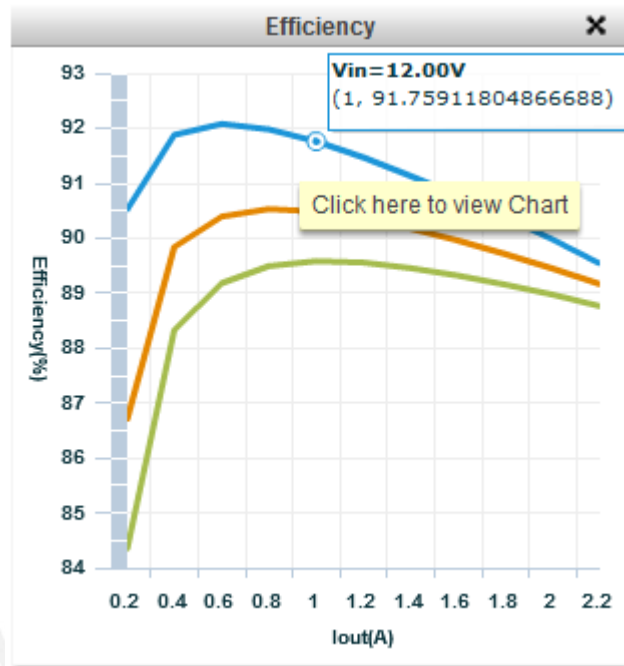
FA11. Fuente conmutada, simulación térmica.



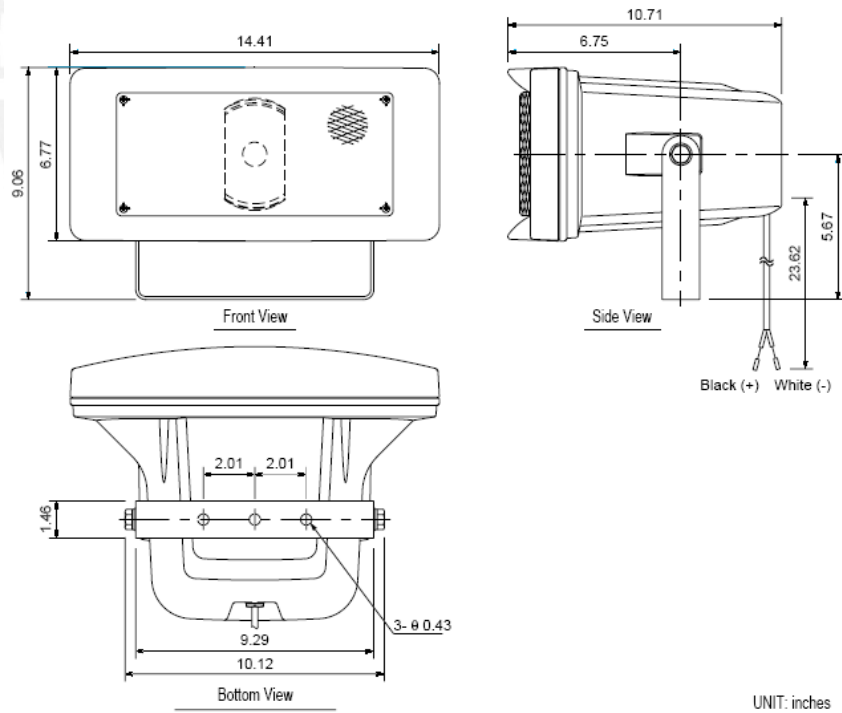
FA12. Fuente conmutada, circuito impreso simulado.



FA13. Porcentaje Duty cycle vs Corriente de salida (Se indica 1 A como salida)  
En este caso 44.43% de duty cycle



FA14. Eficiencia vs Corriente de salida (Se indica 1 A)  
En este caso se indica 91.75% de eficiencia



FA15. Dimensiones de la bocina CS-304



FA16. Amplificador P-2240 de TOAelectronics

Tabla A6 Características del Amplificador P-2240

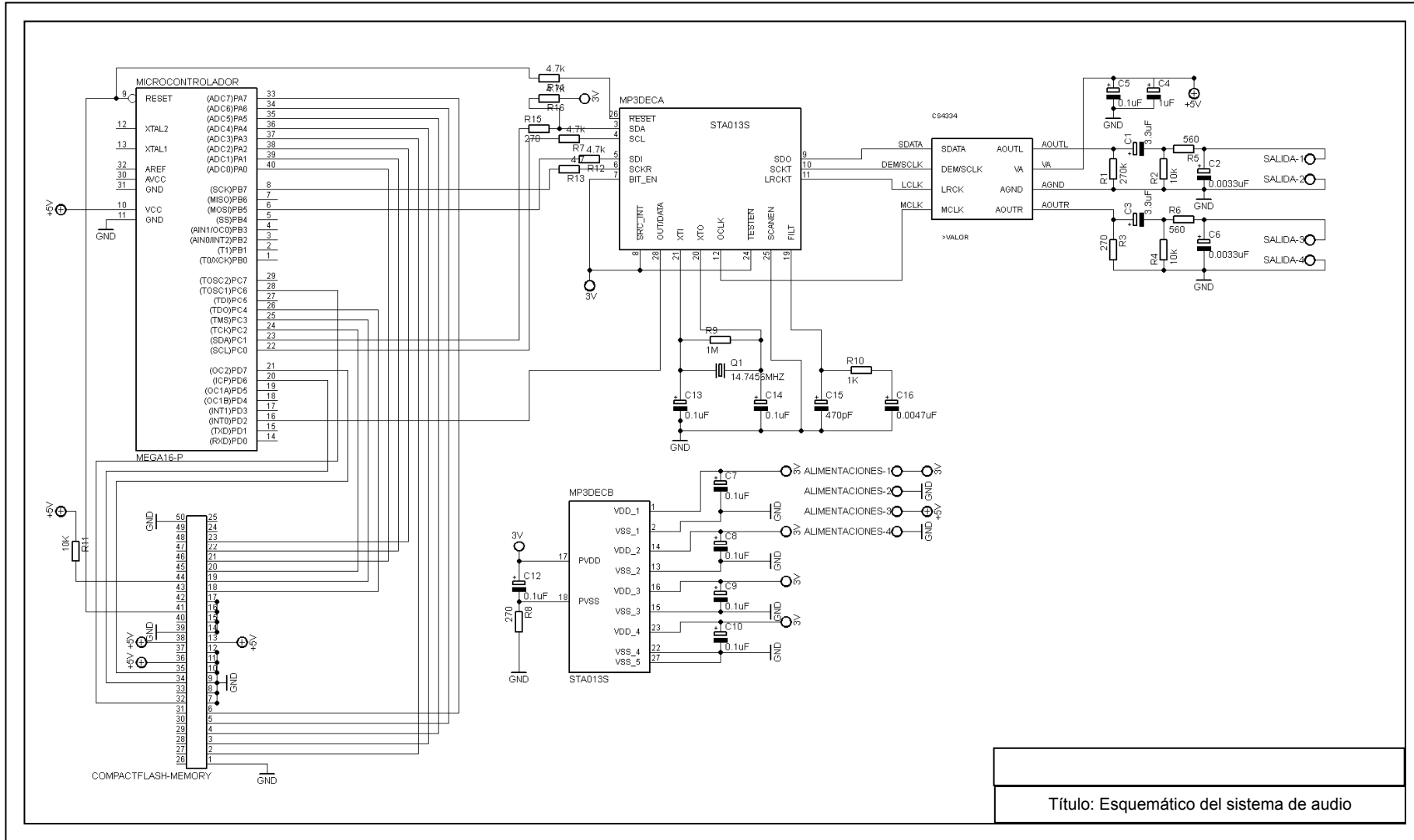
Power Source	220 - 240 V AC, or 24 - 30 V DC
Rated Output	240 W
Power Consumption	238 W (EN60065), 520 W (AC operation at rated output), 15 A (DC operation at rated output)
Frequency Response	50 - 20,000 Hz ( $\pm 3$ dB)
Distortion	1% or less at 1 kHz, 1/3 rated power
Input	Line in: 0 dB*, 10 k $\Omega$ , balanced, screw terminal, distance between barriers: 8.3 mm (0.33") Speaker line in: 40 dB*, 330 k $\Omega$ , unbalanced, screw terminal, distance between barriers: 8.3 mm (0.33") Power remote control: Make contact
Output	Loop out: 0 dB*, 10 k $\Omega$ , balanced, screw terminal, distance between barriers: 8.3 mm (0.33") Speaker out: Balanced (floating) High impedance: 42 $\Omega$ (100 V), 21 $\Omega$ (70 V) Low impedance: 4 $\Omega$ (31 V)
S/N Ratio	60 dB or more
Tone Control	Bass: $\pm 10$ dB at 100 Hz Treble: $\pm 10$ dB at 10 kHz
Ventilation	Fan cooling
Finish	Panel: ABS resin, black Case: Steel plate, black
Dimensions	420 (W) $\times$ 100.9 (H) $\times$ 351.3 (D) mm (16.54" $\times$ 3.97" $\times$ 13.83")
Weight	15.5 kg (34.17 lb)

Tabla A5 Componentes de la fuente conmutada LM25576

Parte	Fabricante	Cantidad	Precio	Atributo1-Nombre	Atributo1-Valor	Atributo2-Nombre	Atributo2-Valor	Atributo3-Nombre	Atributo3-Valor
Cboot	Kemet	1	0.01	Capacitor	22nF	ESR	0.125Ohm	VDC	50V
Cbyp	Kemet	1	0.01	Capacitor	100nF	ESR	0.064Ohm	VDC	25V
Ccomp	Yageo America	1	0.01	Capacitor	680pF	ESR	0Ohm	VDC	50V
Cin	TDK	2	0.07	Capacitor	1uF	ESR	0.01Ohm	VDC	50V
Cout	Vishay-Sprague	1	0.37	Capacitor	100uF	ESR	0.1Ohm	VDC	10V
Cramp	TDK	1	0.01	Capacitor	180pF	ESR	0.114Ohm	VDC	50V
Css	TDK	1	0.01	Capacitor	10nF	ESR	0.062Ohm	VDC	25V
D1	Diodes Inc.	1	0.19	VFatlo	0.5V	Io	3A	VRRM	40V
L1	Coilcraft Inc.	1	0.58	Inductor	18uH	DCR	0.031Ohm	IDC	4.5A
Rcomp	Panasonic	1	0.02	Resistencia	48.7KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
Rfb1	Vishay-Dale	1	0.02	Resistencia	1000Ohm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
Rfb2	Panasonic	1	0.02	Resistencia	3.09KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
Rt	Panasonic	1	0.02	Resistencia	10.5KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
U1	National Semiconductor	1	2.4	Fuente conmutada LM25576					
Ccomp2	Yageo America	1	0.01	Capacitor	220pF	ESR	0Ohm	VDC	50V

Tabla A6 Componentes de la fuente conmutada LM25576

Parte	Fabricante	Cantidad	Precio	Atributo1- Nombre	Atributo1- Valor	Atributo2- Nombre	Atributo2- Valor	Atributo3- Nombre	Atributo3- Valor
<b>Cboot</b>	Kemet	1	0.01	Capacitor	22nF	ESR	0.125Ohm	VDC	50V
<b>Cbyp</b>	Kemet	1	0.01	Capacitor	100nF	ESR	0.064Ohm	VDC	25V
<b>Ccomp</b>	MuRata	1	0.01	Capacitor	1.2nF	ESR	0Ohm	VDC	50V
<b>Cin</b>	TDK	1	0.07	Capacitor	1uF	ESR	0.01Ohm	VDC	50V
<b>Cout</b>	TDK	2	0.36	Capacitor	47uF	ESR	2mOhm	VDC	6.3V
<b>Cramp</b>	TDK	1	0.01	Capacitor	180pF	ESR	0.114Ohm	VDC	50V
<b>Css</b>	TDK	1	0.01	Capacitor	10nF	ESR	0.062Ohm	VDC	25V
<b>D1</b>	Diodes Inc.	1	0.19	VFatlo	0.5V	Io	3A	VRRM	40V
<b>L1</b>	Coilcraft Inc.	1	0.58	L	18uH	DCR	0.031Ohm	IDC	4.5A
<b>Rcomp</b>	Panasonic	1	0.02	Resistencia	24.9KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
<b>Rfb1</b>	Vishay-Dale	1	0.02	Resistencia	1000Ohm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
<b>Rfb2</b>	Panasonic	1	0.02	Resistencia	1.69KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
<b>Rt</b>	Panasonic	1	0.02	Resistencia	10.5KOhm	Tolerancia	1%	Potencia	0.125W
<b>U1</b>	National Semiconductor	1	2.4	LM25576					



Título: Esquemático del sistema de audio