



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE AHUYENTAMIENTO DE AVES POR MEDIO DE RECURSOS SONOROS Y VISUALES PARA LA PROTECCIÓN DE CAMPOS DE CULTIVO

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

Juan Francisco Rodríguez Ayala

ASESOR : Ing. Miguel Angel Cataño Sánchez

Lima, Mayo del 2009

INDICE

INTRODUCCIÓN	5
INSTRUCCIONES PARA EL ACCESO AL MATERIAL AUDIOVISUAL	6
CAPÍTULO 1: Problemática de las plagas aviarias en los campos de cultivo iqueños.	7
Introducción.....	7
1.1 Épocas del año y horarios de ataque de las aves.....	7
1.2 Animales que afectan los cultivos	8
1.2.1 Cuculí (Zenaida Asiática)	8
1.2.2 Chaucato (Mimus longicaudatus)	8
1.2.3 Saltapalito (Volatinia jacarina)	9
1.2.4 Abejas y Avispas	10
1.3 Consecuencias del ataque de las aves	11
1.4 La adaptabilidad de las aves a nuevos ambientes	11
1.4.1 Las palomas como ejemplo de adaptabilidad	12
1.4.2 Las palomas ante un cambio momentáneo de ambiente	12
1.5 Problemática de la vigilancia de los campos.	15
Síntesis del Capítulo	16
CAPÍTULO 2: Los métodos de control de aves en la actualidad	17
Introducción.....	17
2.1 Los métodos de control de aves y el ahuyentamiento.	17
2.2 El uso de sonidos para ahuyentamiento	18
2.3 Otros métodos de disuasión y ahuyentamiento de aves.....	20
2.4 Métodos utilizados por fabricantes de sistemas de ahuyentamiento de aves para campos de cultivo.	21
2.4.1 Ahuyentadores electrónicos sonoros BIRD GARD.....	21
2.4.2 Cañones de Gas REED-JOSEPH.....	22
2.4.3 Globos Anti-Aves	23
2.5 Recomendaciones para el uso de métodos de control de aves, ahuyentamiento y disuasión.	24
Síntesis del Capítulo	25
CAPÍTULO 3: Sistematización del control y el ahuyentamiento de aves.	26
Introducción.....	26
3.1 Planificación del ahuyentamiento de aves.	26
3.2 Sistema de ahuyentamiento de aves	27

3.3 Tecnología de los métodos de ahuyentamiento.	28
3.4 Subsistema de Ahuyentamiento Electrónico por medio de sonidos e imágenes.	30
3.4.1 Dispositivos de ahuyentamiento	30
3.4.2 Módulo de control.....	30
3.5 Características necesarias de un subsistema de ahuyentamiento automático.	31
3.5.1 Carácter modular	31
3.5.2 Crecimiento escalar	31
3.5.3 Temporización	31
3.5.4 Ausencia de patrones repetitivos	31
3.5.5 Credibilidad y discreción	32
3.6 Propuesta de un subsistema básico de ahuyentamiento de aves.	32
Síntesis del Capítulo	33
CAPÍTULO 4: Propuesta de un sistema electrónico de ahuyentamiento de aves	34
Introducción.....	34
4.1 Arquitectura del Sistema.....	35
4.1.1 Organización del sistema de ahuyentamiento.....	35
4.1.2 El Módulo de Control	35
4.1.3 Dispositivos de ahuyentamiento	36
4.1.4 Estrategia Aleatoria	37
4.1.5 Estrategia de simultaneidad	38
4.1.6 Requisitos para el diseño del sistema de ahuyentamiento	39
4.2 Diseño electrónico del subsistema de ahuyentamiento.....	45
4.2.1 Descripción general	45
4.2.2 Conexiones básicas	45
4.2.3 Fuentes de alimentación	46
4.2.4 Conexión al puerto PB: Relés.....	46
4.2.5 Conexión al puerto PC: Interfase de salida usuario	48
4.2.6 Encendido de Displays	50
4.2.7 Conexión al puerto PD: Interfase de entrada usuario	51
4.2.8 Diagrama Esquemático General	52
4.3 Diseño de circuito impreso del módulo de control	55
4.3.1 Cara de la interfase de usuario en la tarjeta de circuito impreso.....	55
4.3.2 Cara de componentes de tarjeta de circuito impreso.	55
4.3.3 Descripción de la tarjeta del módulo de control.	56
4.3.4 Vista frontal y posterior de tarjeta de circuito impreso del módulo de control	57
4.4 Interfase de comunicación entre módulo de control y dispositivos de ahuyentamiento	58

4.4.1 Transmisión de señales de control mediante cables de cobre	58
4.4.2 Control remoto por radiofrecuencia	59
4.5 Programación	60
4.5.1 Estructura del programa	60
4.5.2 Programa Principal	61
4.5.3 Pantalla 2: Modo de programación del ahuyentamiento	64
4.5.4 Rutina de Servicio de Interrupción	65
4.5.5 Subrutinas	66
4.6 Sistema de Energía	69
4.6.1 Elección del tipo de consumo de energía	69
4.6.1.1 Energía Comercial	69
4.6.1.2 Energía Fotovoltaica	69
4.6.2 Sistemas Fotovoltaicos	70
4.6.3 Consumo de energía	71
4.6.3.1 Consumo de energía del Módulo de control	71
4.6.3.2 Consumo de energía del dispositivo de ahuyentamiento por sonido	73
4.6.3.3 Consumo de energía del dispositivo de ahuyentamiento visual o de movimiento.	76
4.6.4 Cálculo de paneles fotovoltaicos para sistema de ahuyentamiento	77
4.6.4.1 Radiación solar incidente	77
4.6.4.2 Capacidad de paneles solares	77
4.6.5 Cálculo de baterías necesarias	80
4.6.5.1 Uso de hojas técnicas de baterías	81
4.6.5.2 Uso de fórmula de dimensionamiento	83
4.6.5.3 Pruebas con batería LONG 12V 7Ah	85
4.6.6 Controlador de carga	85
4.7 Experiencias de campo	88
4.7.1 Primer experimento de emisión de sonidos en Fundo La Caravedo – Ica	88
4.7.2 Experimentos sobre ahuyentamiento usando dos fuentes de sonido disuasivo	89
4.7.3 Módulo experimental de ahuyentamiento sonoro	91
4.7.4 Descripción del Sistema de Ahuyentamiento implementado.	94
4.7.5 Costos de Fabricación, Instalación y Mantenimiento del Módulo de Control	94
Síntesis del Capítulo	95
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99

INTRODUCCIÓN

El consumo furtivo de uvas por parte de las aves es uno de los problemas más comunes en los campos de cultivo de la vid. En este sentido las aves son consideradas como una plaga, ya que en altas poblaciones perjudican la propiedad, la salud, los bienes y el ambiente del hombre.¹

En el departamento de Ica, la cosecha de uva para consumo doméstico y para producción de vinos y de pisco, se ve afectada por la plaga de las aves. En una coyuntura de resurgimiento económico regional e incremento de la exportación de productos de bandera como el Pisco, los agricultores se encuentran dispuestos a invertir recursos económicos para controlar este problema.

Existen actualmente productos electrónicos en el mercado que prometen reducir el ataque de las aves, pero que por desconocimiento por parte de los usuarios, no se aplican como es debido ni gozan de un soporte técnico que les permita maximizar la efectividad de estos aparatos.

Nuestra investigación aborda dos aspectos de esta problemática. El primer aspecto es la correcta aplicación de métodos de control de aves, lo cuál nos lleva a definir un sistema de ahuyentamiento de aves. Otro aspecto de nuestra investigación consiste en el desarrollo de dispositivos electrónicos para aumentar la eficiencia de un sistema de ahuyentamiento de aves. Dichos dispositivos son potenciales productos accesibles a los usuarios del campo y por ende deben cumplir con los requisitos de operatividad y resistencia al medio ambiente rural.

Gran parte de la información respecto a ésta problemática fue obtenida de empresarios y especialistas iqueños. Realizamos experimentos en el fundo La Caravedo, en Ica, para probar la efectividad de nuestros métodos propuestos, y además recopilamos testimonios en audio y en video, los cuales nos ayudarán a comprender mejor el marco problemático de éste fenómeno.

¹ Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid - Desco - Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, 2004 - Pág 10

INSTRUCCIONES PARA EL ACCESO AL MATERIAL AUDIOVISUAL

A lo largo del presente documento se exhibirán pies de página referidos a imágenes y videos obtenidos a lo largo de nuestra investigación de campo. Estas imágenes y videos se encuentran en formato digital, almacenados en un DVD adjunto al documento.

El lector puede ubicar en el DVD el archivo de imagen o video correspondiente según el código asignado.

Por ejemplo:

F_20070909_01	El cual es referido a la fotografía Nro 01, tomada el 09/09/2007, y al archivo de imagen: D/: F_20070909_01.jpg
V_20070325_03 , índice de tiempo 04:04	El cual es referido al video Nro 03 filmado el 25/03/2007, y en el cual la secuencia de nuestro interés comienza en el índice de tiempo 04:04 del video: D/: V_20070325_03.mpg

Una manera práctica de conocer el contenido de las imágenes y videos en el DVD es leer el **ANEXO 3: Registro de Imágenes** y el **ANEXO 4: Registro de Videos**, los cuales contienen descripciones y resúmenes de todos los contenidos audiovisuales citados en el documento.

CAPÍTULO 1: Problemática de las plagas aviarias en los campos de cultivo iqueños.

Introducción

El ataque de las aves a los campos de cultivo es un fenómeno observado desde la invención de la agricultura, cuando la actividad humana facilitó la concentración de grandes cantidades de alimento (plantas, frutos) en espacios reducidos de terreno. Estas nuevas fuentes de alimento permitieron que diversas especies de aves prosperaran y se convirtieran en una plaga para la agricultura. En el departamento de Ica, los viñedos son afectados por éstos animales, convirtiéndose en un problema para su desarrollo. El propósito de éste capítulo es definir la problemática a la que se enfrentan los agricultores, las especies de aves involucradas y sus características.

1.1 Épocas del año y horarios de ataque de las aves

Durante los meses de Febrero y Marzo, se presenta el *envero*, o cambio de color de las uvas antes de iniciarse el proceso de maduración². En dicho momento las aves atacan las yemas y brotes de la vid, especialmente en las especies de uvas de mesa debido a que son más dulces. Según testimonios de agricultores, en la época de maduración de la uva, la piel de sus bayas³ es más delgada y facilita a las aves la picadura e ingesta de sus jugos⁴.

En esta época, además, se presentan altas temperaturas sobre los campos de cultivo iqueños. Durante el mes de Febrero, en el año 2007 se registraron temperaturas de hasta 34°C⁵.

El calor intenso afecta tanto a humanos como a animales, y por este motivo los trabajadores del campo evitan laborar entre las 11:00 y las 15:00 horas, cuando el sol alcanza su nivel de máxima radiación. Las distintas especies de aves también evitan permanecer en los campos durante estas horas. A decir de los agricultores, entre el mediodía y primeras horas de la tarde, las aves “descansan” y no atacan los cultivos

² Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid - Desco - Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, 2004 - Pág 12

³ Tipo de fruto carnoso con semillas rodeadas de pulpa. Generalmente se utiliza para denominar a los frutos de arbustos o pequeños árboles del bosque (uva, enebro, grosella, arándano, etc.).

⁴ V_20070325_01, índice de tiempo 04:04 (Ver DVD adjunto al documento y buscar nombre de video. También puede buscar la descripción del video en el índice de videos del ANEXO 4.)

⁵ Boletín Regional del SENAMHI – ICA - Febrero 2007 – Ministerio de Defensa, Dirección Regional de ICA – Página 4 : Comportamiento de las temperaturas extremas – Febrero 2007.

El ataque de las aves se desarrolla, según testimonios de los trabajadores del campo, entre las 5:00 y las 7:00 horas de la mañana y entre las 16:00 y 17:00 horas en la tarde, siendo el horario matutino el de mayor concurrencia.

1.2 Animales que afectan los cultivos

Los campos de cultivo de la vid son frecuentados por especies de aves e insectos, de los cuales los siguientes han sido señalados como los principales depredadores de las uvas.

1.2.1 Cuculí (Zenaida Asiática)

Orden: Columbiformes – Familia : Columbidae

Esta paloma mide entre 25 cm y 33 cm, presenta una coloración general gris o plomo, apterio ocular azul, plumas primarias negras, espéculo alar y extremo de la cola blancos.⁶ La cuculí es una de las aves más comunes de la costa peruana, pues se le ve con facilidad tanto en zonas rurales como urbanas de dicha región. Los agricultores señalan a esta especie como la responsable de desgranar los racimos e incluso desprenderlos para poder ingerirlos ya en el suelo. Las aves tragan las bayas más pequeñas y con la fuerza de sus picos penetran la piel de las más grandes.⁷



Fig.1.1 Cuculí (Zenaida Asiática)

1.2.2 Chaucato (Mimus longicaudatus)

Orden: Passeriformes - Familia: Mimidae

Es un ave de aproximadamente 28 cm, que reside en campos de cultivo, algarrobales, zonas de cactáceas o montes ribereños, es decir, en lugares secos y cálidos de hasta 2,500 m de altura. Esta especie se caracteriza por poseer alas muy cortas y una cola muy larga que suele

⁶ Página Web INRENA (May 09): http://www.inrena.gob.pe/iffs/fauna/manuales/id_espec/tomo1/fauna_manuales_t1_007.htm

⁷ V_20070325_01, índice de tiempo 02:39 y 04:04 (Ver DVD adjunto al documento y buscar nombre de video. También puede buscar la descripción del video en el índice de videos del ANEXO 4.)

⁸ Página Web INRENA(May 09): http://www.inrena.gob.pe/iffs/fauna/manuales/id_espec/tomo1/fauna_manuales_t1_007.htm

levantar cuando está parado, así como un variado canto en el que se destaca un típico "chí-u-u". El Chaucato, también llamado calandria de cola larga, soña o chisco, tiene un hábitat que va desde Ecuador hasta el sur de Perú, donde vive en diversas áreas protegidas.⁹ La familia del Chaucato : Mimidae, reúne cerca de 31 especies de aves de mediano tamaño, los cuales son excelentes cantores e imitadores de cantos¹⁰. Los agricultores señalan a esta especie como un depredador secundario de las uvas.



11

Fig 1.2 Mimus longicaudatus

1.2.3 Saltapalito (*Volatinia jacarina*)

Orden: Passeriformes - Familia: Emberazidae

Es una pequeña ave de apenas 10 cm de largo, que habita en parques, jardines, pastizales y zonas de cultivo de la costa, y en las vertientes andinas de baja altitud. En época de apareamiento, el macho corteja a la hembra emitiendo un sonido repetitivo similar a un "chuú" y saltando verticalmente sobre una rama, por ello se le conoce como *saltapalito*. Esta ave puede ser encontrada fácilmente en casi todo Centro y Sudamérica, y en el Perú es una especie protegida en diversas unidades de conservación.¹² El *saltapalito* ataca las uvas tiernas, durante el *envero*, utilizando sus pequeños picos para quebrar la delgada piel de la baya. Los orificios dejados contribuyen al ataque de insectos como las avispas, y finalmente la proliferación de microorganismos en el fruto podrido afecta a todo el racimo.¹³

⁹ Portal Perú Ecológico (Mayo 09) - http://www.peruecologico.com.pe/avcosta_chisco.htm

¹⁰ Portal Perú Ecológico - <http://www.peruecologico.com.pe>

¹¹ Portal Perú Ecológico (Mayo 09) - http://www.peruecologico.com.pe/avcosta_chisco.htm

¹² Portal Perú Ecológico (Mayo 09) - http://www.peruecologico.com.pe/avcosta_saltapalito.htm

¹³ V_20070325_01, índice de tiempo 00:00 y 04:04



Fig 1.3 Saltapalito

1.2.4 Abejas y Avispas

Diversas especies de avispas, en especial las conocidas como Quirquincho *Polistes spp.* y *Vespula spp.* pueden atacar y dañar severamente los racimos de la vid. A estas se les asocian poblaciones de abejas *Apis melifera* tanto domésticas como aquellas que viven de manera silvestre en los alrededores de los viñedos. Se considera que los daños que causan son de tipo secundario, es decir, están asociados al ataque de las aves, donde aprovechan los daños causados para ingresar al interior de las bayas, aunque a algunas avispas se les reconoce la capacidad por sí solas de penetrar la piel de la uva.¹⁵

Fig.1.4 Abeja (*Apis Melifera*)¹⁶Fig.1.5 Avispa (*Polistes spp.*)¹⁷

En La Caravedo-Ica, pudimos observar in-situ la actividad de búsqueda de alimento de las abejas, en las parras de uva.¹⁸ Podemos observar un racimo afectado en la Figura 1.6

¹⁴ Portal Perú Ecológico (Mayo 09) - http://www.peruecologico.com.pe/avcosta_saltapalito.htm

¹⁵ Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid - Desco - Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo, 2004- Pág 16

¹⁶ (Febrero 09) <http://www.iwpsociety.com/porfolios/manogarcia4.jpg>

¹⁷ (Mayo 09) <http://home.att.net/~larvalbugbio/beast/bbeast3-05.jpg>

¹⁸ V_20080203_04



Fig.1.6 Racimo de uvas afectado con presencia de abejas (Fundo La Caravedo, Ica)

1.3 Consecuencias del ataque de las aves

El valor de la uva de consumo doméstico disminuye debido al daño estético que produce la picadura de las aves. Por otro lado, en las uvas para vino las heridas dejadas por las picaduras pueden contribuir a la presencia de microorganismos no deseados durante la fermentación del mosto, pueden malograrlos o convertirlos en vinos de inferior calidad.¹⁹

1.4 La adaptabilidad de las aves a nuevos ambientes

La estructura cerebral de las aves, antes considerada primitiva por los científicos, ha sido reevaluada recientemente.

Se estableció que la evolución del cerebro aviario ha seguido un camino diferente al del cerebro de los mamíferos, y que poseen zonas equivalentes al neocortex, el cual se ocupa del procesamiento de información sensorial. Por éste motivo algunas aves exhiben conductas más inteligentes que la de algunos pequeños mamíferos.²⁰

Es evidente que las aves poseen un nivel de raciocinio que les permite adaptarse a situaciones nuevas a favor de su supervivencia. La capacidad de las aves para adaptarse al entorno humano, a sus ciudades y tecnología, les facilita el acceso a la provisión de alimento, agua y hábitat que necesitan.

¹⁹ Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid -DESCO, 2004 - Página 14

²⁰ (Mayo 09) <http://www.solociencia.com/biologia/05042107.htm>

1.4.1 Las palomas como ejemplo de adaptabilidad

Presentaremos el caso de las palomas que habitan la plaza y las paredes de la Iglesia de San Francisco, ubicada en el centro de Lima.

La plaza cuenta con una pileta de agua en la cual las palomas pueden beber y refrescarse²¹. Los visitantes a la plaza las alimentan con maíz molido, lo cual es una costumbre ampliamente difundida en estos espacios, y que no tiene opositores²². La plaza y las paredes exteriores del templo, monasterio y capilla, presentan múltiples relieves en los cuales, a varios metros de altura, pueden posarse cientos de palomas para socializar y pernoctar.

De la observación anterior podemos inferir que las palomas se concentran en grandes cantidades en la Iglesia de San Francisco, por las siguientes razones:

- Cuentan con un suministro continuo de alimento y agua para sobrevivir
- Disponen de un espacio favorable para descansar y socializar
- No tienen opositores (de hecho se les considera parte de la belleza del lugar)

Las palomas se han adaptado admirablemente a este espacio de la ciudad pues han logrado encontrar un modo de convivir con el hombre.

Debemos agregar que, a pesar del valor cultural de la presencia de las palomas, ellas transmiten enfermedades que pueden afectar a los humanos. Entrar en contacto con excrementos de palomas supone el riesgo de contraer Histoplasmosis, Criptococosis y Psitacosis.²³

1.4.2 Las palomas ante un cambio momentáneo de ambiente

El día 09/09/2007 acudimos a la plaza de la Iglesia de San Francisco para observar la interacción entre humanos y palomas. Las mismas circulaban libremente por la plaza, bebían y se alimentaban. Las paredes y el piso lucían sucios debido al excremento de las aves (Figura 1.7).²⁴

²¹ F_20070909_01 (Ver DVD adjunto al documento y buscar nombre de la imagen. También puede buscar la descripción del imágenes en el índice de videos del ANEXO 4.)

²² F_20071201_01

²³ PORTAL Departamento de Salud y Salud Mental de la ciudad de Nueva York (<http://www.nyc.gov/html/doh/html/epi/epi-pigeon-sp.shtml>)

²⁴ V_20070909_01



Fig.1.7 Plaza de San Francisco - Lima

Al siguiente mes, el día 24/11/2007 encontramos la plaza e iglesia de San Francisco, aseadas, y pintadas. El motivo fue la próxima representación del espectáculo “El Gran Teatro del Mundo” organizado por la PUCP. Para estos fines, la producción había desmontado la pileta y había colocado asientos en la parte central de la plaza. En los bordes de la misma se colocaron grandes estructuras para las gradas, y también para el escenario, ubicado en el frontis de la iglesia.²⁵

Debido a estos cambios, los visitantes a la plaza tuvieron que desplazarse al lado derecho del templo, donde se encuentra la puerta lateral de la iglesia. Observamos que las palomas también se desplazaron a la parte derecha del templo, donde la gente aún les daba alimento.

En la Figura 1.8 presentamos un esquema de la plaza de San Francisco, con sus principales lugares y la densidad de palomas señalada en una nube difusa de puntos.

Este gráfico tiene dos momentos, antes de la representación teatral y durante la misma. Obsérvese como los puntos difusos que representan las palomas, se desplazaron al lado derecho del templo:

²⁵ V_20071124_01

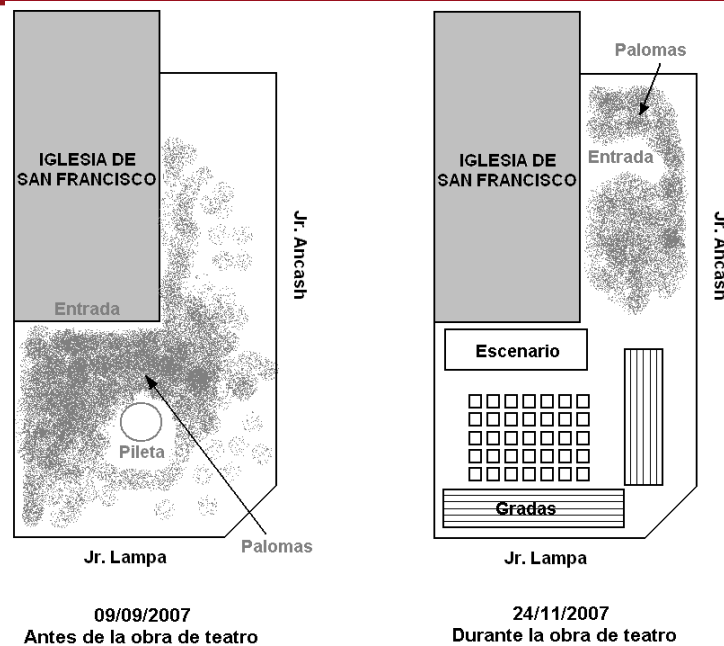


Fig.1.8 Esquema de la presencia de aves en la plaza y la iglesia de San Francisco

De este fenómeno podemos deducir que el interés principal de las palomas es el alimento que los humanos les proporcionan, a pesar de que el ambiente anteriormente ocupado haya sufrido modificaciones.

Se observó que las aves no hicieron uso de las gradas ni de las estructuras que habían sido colocadas en su espacio favorito, para posarse. Esta falta de interés se debió probablemente a la ausencia de público (y por lo tanto comida) en las gradas, y a la suspensión del agua en la pileta.

El 08/12/2008, poco después de finalizada la temporada de “El gran teatro...” las estructuras fueron desmontadas y la plaza volvió a la normalidad. Las palomas regresaron a sus espacios y a la interacción con la gente. Incluso volvieron a ocupar las paredes y cornisas recién pintadas.²⁶

De estas observaciones podemos concluir que las palomas no solamente se han adaptado a la presencia humana sino que han desarrollado una relación simbiótica, la cual proporciona entretenimiento a las personas y alimento a las palomas.

Por éste motivo, los cambios de ambiente no asustan a las palomas sino que las obligan a readaptarse a la nueva situación, a seguir la presencia humana en busca de alimento. Esta

²⁶ V_20071208_01

capacidad de adaptación e incluso dependencia simbiótica es el factor más importante de la problemática del ataque de las aves.

1.5 Problemática de la vigilancia de los campos.

Los agricultores buscan reducir el ataque de las aves para evitar pérdidas en su producción, para elevar la calidad de su producto y así obtener ganancias. La experiencia indica que las pérdidas debido al ataque de las aves han sido tradicionalmente aceptadas como hechos naturales que no se pueden evitar, debido al gran nivel de dificultad que representa el cuidado de los campos.

Los campos de cultivo de la vid se encuentran generalmente ordenados en hectáreas o cuadriláteros de 100m x 100m, y debido a ésta extensión es difícil vigilarlos. En teoría, se requiere de varias personas distribuidas en las hectáreas que formen parte de la propiedad del agricultor, vigilando en las horas de alimentación de las aves (de madrugada y por las tardes).

A esto debemos agregar que las aves se han adaptado al ser humano, al igual que en las ciudades, y teniendo la ventaja del vuelo para una huida segura, pueden permanecer a pocos metros de las personas, siempre y cuando no tengan armas de fuego.



Fig.1.9 Vista aérea de Fundo La Caravedo - Google Earth²⁷

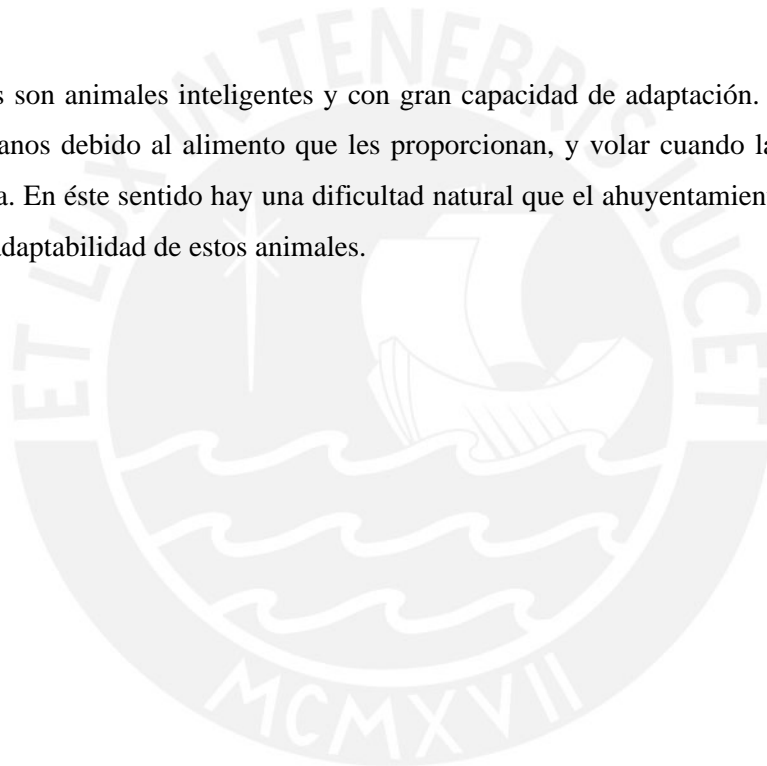
²⁷ El Fundo La Caravedo tiene un área aproximada de $670\text{m} \times 350\text{m} = 234500\text{ m}^2$ o 23.45 Hectáreas, lo cual representa una extensión de terreno equivalente al área del Campus PUCP, sin incluir los campos deportivos

Síntesis del Capítulo

El ataque de las aves en los campos de cultivo iqueños es un fenómeno que se repite en todo el ámbito agrícola. Hasta el momento las pérdidas de la producción se han considerado parte de las condiciones naturales del terreno.

La depredación de los campos de cultivo de la vid ocurre a inicios de año, cuando la vid comienza su maduración y la piel de los frutos es vulnerable al pico de la cuculí o el saltapalito, entre otras especies. Una vez atacado el fruto, otros animales oportunistas como avispas y abejas se alimentan del mismo, estimulando su putrefacción y afectando racimos enteros.

Las aves son animales inteligentes y con gran capacidad de adaptación. Pueden acercarse a los humanos debido al alimento que les proporcionan, y volar cuando la situación se torne peligrosa. En éste sentido hay una dificultad natural que el ahuyentamiento de aves enfrenta, la gran adaptabilidad de estos animales.



CAPÍTULO 2: Los métodos de control de aves en la actualidad

Introducción

El presente capítulo clasifica y describe los métodos de control de aves en la actualidad. Muchos de estos métodos son productos ofrecidos en el mercado, que prometen proteger a los campos del ataque de las aves. Explicaremos además las recomendaciones para el uso efectivo de éstos métodos.

2.1 Los métodos de control de aves y el ahuyentamiento.

Los métodos de control de aves son procedimientos destinados a dirigir la conducta de las mismas en favor de objetivos humanos. El ahuyentamiento es un método de control que busca alejar a las aves de una zona en determinado momento.

Los métodos de control buscan manipular los elementos que motivan la presencia de las aves. Como vimos en la experiencia de la Iglesia de San Francisco, las aves suelen concentrarse en determinados lugares debido a la disponibilidad de:

- Alimento y agua.
- Espacios donde posarse, socializar y anidar.

Por lo tanto, el método más efectivo para controlar a las aves es erradicar el alimento y el agua de la zona a proteger. Se debe también evitar la acumulación de basura, y obstaculizar los espacios donde a las aves les gusta anidar.

Pero en espacios rurales, como los campos de cultivo, es inevitable la concentración de alimentos (frutos) y de agua en dichos campos, ya que están destinados a fines productivos. En estas circunstancias, se deben utilizar métodos de ahuyentamiento.

La adaptabilidad de las aves es el principal problema de los métodos de ahuyentamiento, dado que es el producto de su capacidad de raciocinio y aprendizaje.

Un método de ahuyentamiento efectivo debe apelar al temor instintivo al daño o a la muerte. Al mismo tiempo, debe hacer creer a las aves que se enfrentan a un peligro real. Vencer esta adaptabilidad implica aplicar métodos capaces de engañar y confundir a los sentidos.

Los métodos de ahuyentamiento eficientes provocan las siguientes reacciones en las aves:

- Estado de alerta.
- Interrupción de la alimentación (debido al estado de alerta)
- Huída de la zona protegida por el método.
- Mantenimiento de una distancia prudente de la zona protegida.

2.2 El uso de sonidos para ahuyentamiento

Una manera de engañar a los sentidos de las aves, y provocar incomodidad o la huída de una determinada zona es la reproducción de sonidos que anuncien un peligro. Los sonidos más utilizados son:

- Sonidos de depredadores (halcones, gavilanes, cernícalos)
- Llamados de alerta de aves
- Llamados de estrés

Los sonidos de depredadores son grabaciones de cantos de aves presa, las cuales habitan espacios rurales y urbanos. Otros sonidos importantes son los llamados de alerta de las mismas especies, que son emitidos por aquellas que detectan un peligro y quieren avisar a sus compañeros, y los llamados de estrés, que son emitidos cuando un ave se encuentra realmente en peligro.

Estos sonidos, grabados en medios magnéticos o digitales, se reproducen por medio de parlantes para simular alguna de las situaciones planteadas.

La efectividad del uso de sonidos depende directamente de la fidelidad de la reproducción.

Como decíamos, las aves tienen un cierto grado de inteligencia del cual se puede esperar que distingan sonidos falsos de verdaderos y se adapten rápidamente a situaciones que realmente no ofrecen peligro.

En 1964, en Europa, un grupo de científicos del *Laboratoire de Physiologie Acoustique and Laboratoire des Petits Vertébrés*, en Francia, y del *M.A.F.F. Infestation Control Laboratory* en Inglaterra realizaron experimentos conjuntos para evaluar la efectividad de la

reproducción de sonidos de llamados de alerta y angustia grabados, a poblaciones de aves silvestres, específicamente gaviotas y cuervos.²⁸

Se utilizaron equipos de reproducción de cintas magnetofónicas de dos tipos : alta fidelidad (HF) y baja fidelidad (LF). Los detalles de los equipos ingleses utilizados son presentados en la Tabla 2.1.

BAJA FIDELIDAD (LF)	ALTA FIDELIDAD (HF)
Velocidad de cinta : 9.5 cm/seg	Velocidad de cinta : 9.5 cm/seg
Rpta de Frecuencia : 200 - 13000Hz +/- 5 dB	Rpta de Frecuencia : 20 - 15000Hz +/- 2 dB
Amplificador de 30W	Amplificador de 15W
Bocinas con respuesta de frecuencia de 500-5000 Hz , +/- 5dB	Bocinas con respuesta de frecuencia de 800-11000 Hz , +/- 4dB
Alimentación : 12 VDC	Alimentación : 48 VDC

Tabla 2.1 Características de equipos de audio usados en los experimentos europeos

Podemos notar que la respuesta de frecuencia del equipo de alta fidelidad, está determinada por la respuesta de frecuencia de los parlantes, va desde los 800 Hz hasta los 11 Khz. Como referencia, el umbral superior de frecuencias percibidas por el ser humano, en los primeros años de vida, es de 20 Khz. El equipo de baja fidelidad tiene un rango menor, entre 500 Hz y 5 Khz.

El informe de la investigación científica arrojó los siguientes resultados:

(...) Tanto los equipos de LF como HF mostraron ser capaces de producir muy buenas reacciones de las gaviotas y cuervos en el campo. Generalmente HF es un 14% mejor (de ‘muy bueno’ a ‘moderado’) que LF, fue el mejor de ambos. La superioridad de HF sobre LF no fue muy clara con vientos cruzados, pero significativamente grande con vientos orientados hacia las aves y también vientos encontrados de gran fuerza. Bajo varias condiciones, HF dieron mejores resultados y sus registros valorados como ‘buenos’ no bajaron del 84%.(...)

(...) En general los resultados de HF tienen valoraciones más positivas que las de LF, la eficiencia de HF es comparativamente significativa. La eficiencia de los parlantes para

²⁸ A Comparison of Some Broadcasting Equipments and Recorded Distress Calls for Scaring Birds - J.-C. Bremond, Ph. Gramet y otros - The Journal of Applied Ecology, Vol. 5, No. 3 (Dec., 1968), pp. 521-529. - Una comparación de algunos equipos de difusión y llamados de angustia para ahuyentar aves. Fuente : <http://www.jstor.org/ps/2401630>

exteriores depende mucho de las condiciones del clima, especialmente de la dirección y velocidad del viento, y además debe competir con otros sonidos, y la presencia de obstáculos entre la fuente de sonido y el receptor.(...) ²⁹

De lo cual se deduce que los equipos de alta fidelidad son más efectivos en la tarea de causar reacciones en las aves frente a llamados de alerta y estrés falsos.

2.3 Otros métodos de disuasión y ahuyentamiento de aves

A pesar de la amplia diversidad de métodos de ahuyentamiento, podemos distinguir artefactos que son los más difundidos en los campos de cultivo:

2.3.1 Métodos biológicos:

2.3.1.1 Aves de presa: Halcones, gavilanes, cernícalos o águilas que son atraídas a la zona o liberadas por sus criadores para sobrevolar los campos de cultivo, causando temor en las aves más pequeñas.

2.3.2 Métodos culturales:

2.3.2.1 Cultivos señuelos: Cultivar plantas cuyo fruto sea comestible para las aves, y desvíe su atención de los campos de cultivo que deseamos proteger. De éste modo se minimizan los ataques a los cultivos.

2.3.3 Métodos artificiales tradicionales:

2.3.3.1 Espantapájaros tradicional: Muñeco hecho de prendas de ropa y relleno, simula presencia humana.

2.3.3.2 Cintas de colores: Cintas magnetofónicas en desuso o bien cintas fabricadas de plástico plateado de colores, que al ser movidas por el viento, reflejan la luz del sol en muchas direcciones, perturbando a las aves.

2.3.3.3 Caza de aves con escopetas: La caza de aves en los campos de cultivo, usando armas de fuego, es un método usado por algunos agricultores para reducir la población de aves.

²⁹ A Comparison of Some Broadcasting Equipments and Recorded Distress Calls for Scaring Birds - J.-C. Bremond, Ph. Gramet y otros - The Journal of Applied Ecology, Vol. 5, No. 3 (Dec., 1968), pp. 521-529. - Una comparación de algunos equipos de difusión y llamados de angustia para ahuyentar aves

2.3.4 Métodos tecnológicos:

2.3.4.1 Cañón de gas: Dispositivo que utiliza pequeñas cantidades de gas propano para realizar detonaciones cada cierto tiempo por medio de un mecanismo temporizado. Simula sonidos de disparo de arma de fuego.

2.3.4.2 Globos con ojos de depredador: Globos de gas helio en cuya superficie hay impresos ojos de un halcón o de una lechuza, para simular la mirada de un depredador. Las aves temen estas imágenes.

2.3.4.3 Pistolas de salva, cohetes: Básicamente sirven para crear un estruendo sonoro que ahuyente a las aves.³⁰

2.3.5 Métodos de barrera:

2.3.5.1 Mallas anti-pájaros: Mallas de plástico que recubren ciertas secciones de los campos de cultivo para proteger los productos. Es rentable si se protegen cultivos de alto costo y poca extensión.

2.3.6 Métodos de extracción:

2.3.6.1 Captura de aves: Usando trampas, para disuadir a las aves invasoras.

2.3.6.2 Caza de aves: Del mismo tipo descrito en 2.3.3.3 , pero aplicado de manera sistemática para erradicar una población de aves de una determinada zona.

2.4 Métodos utilizados por fabricantes de sistemas de ahuyentamiento de aves para campos de cultivo.

2.4.1 Ahuyentadores electrónicos sonoros BIRD GARD

Probablemente el mayor fabricante de dispositivos de ahuyentamiento por sonido sea BirdGard³¹, de Oregon – EEUU. Birdgard ofrece una gama de equipos de fácil manejo y buena autonomía, basados en la estrategia de sonido disuasivo.

³⁰ Pyrotechnics for Bird Control, University of Nebraska – GERAL L. LONG, 1981. <http://digitalcommons.unl.edu/gpwcwcp/134/>

³¹ (Mayo 09) <http://www.birdgard.com/>

Estos dispositivos son autónomos, programados con una secuencia de sonidos que van desde gritos de alerta de las especies a ahuyentar, sonidos de personas, armas de fuego y depredadores naturales de la zona. Estos sonidos pueden ser reproducidos también en una secuencia aleatoria.

Los productos BirdGard pueden atender hasta 12 Hectáreas, con un precio de US\$ 2650, requieren poco mantenimiento y son programables. En la Figura 2.1 mostramos información sobre los principales productos de BirdGard.



 <p>Bird Gard® 78m2 PRO 175 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 1.5 acres • Fully programmable • Random operation 	 <p>Bird Gard® 1.2 Has PRO PLUS 325 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 3 acres • Drives Two Speakers • Random Operation
 <p>Bird Gard® 2.4 Has SUPER PRO 525 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 6 acres • Drives Four Speakers • Enhanced Random Operation 	 <p>Bird Gard® 12 Has SUPER PRO AMP 2650 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 30 acres • Drives 20 Speakers • Random Operation
 <p>Bird Gard® PRO PA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 2 acres • Drives a PA Speaker • Random Operation 	 <p>PROUDLY MADE IN THE USA FROM DOMESTIC AND IMPORTED PARTS</p>

Fig.2.1 Varios modelos de dispositivos de ahuyentamiento sonoro Bird Gard

2.4.2 Cañones de Gas REED-JOSEPH³²

Los cañones de gas son dispositivos de ahuyentamiento sonoro, que consisten de un tubo de metal dentro del cual un sistema mecánico introduce gas y posteriormente es detonado por un temporizador mecánico, en intervalos aleatorios de tiempo. El sonido producido es similar al de un arma de fuego, lo cual asusta a las aves.

³² http://www.reedjoseph.com/lp_gas_cannon.htm

El combustible es gas licuado (LP) en un balón de 5 galones, y su costo oscila entre los 300 US\$ y 400 US\$ en el mercado norteamericano.(Figura 2.2).



Fig.2.2 Cañón de gas marca REED-JOSEPH

2.4.3 Globos Anti-Aves³³

Globos en cuya superficie hay dibujados ojos cuya forma es similar a los de halcones y aves de rapiña en general. Dado que las aves temen instintivamente a estas formas, pues las asocian con los depredadores, el globo actúa como un repelente de aves. (Figura 2.3)



Fig.2.3 Globos anti-aves

³³ <http://www.sungarden.com.mx/espantapajaros.html>

2.5 Recomendaciones para el uso de métodos de control de aves, ahuyentamiento y disuasión.

Los usuarios de métodos de ahuyentamiento pueden esperar la reducción del daño que producen las aves a los cultivos, pero no una total eliminación del mismo. Para lograr la mayor eficiencia posible se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

2.5.1. Es preferible aplicar métodos de ahuyentamiento antes que las aves hayan establecido patrones regulares de alimentación. Si una población de aves ha pasado mucho tiempo alimentándose en algún lugar, es más difícil ahuyentarlas del mismo.

2.5.2. Se debe ahuyentar a las aves antes de que aterricen en el área a proteger. Si las aves son disuadidas de acercarse, continuarán su búsqueda de otros lugares dónde alimentarse.

2.5.3. Es preciso utilizar una variedad de técnicas de ahuyentamiento. A mayor cantidad de técnicas se utilicen, más difícil será para las aves acostumbrarse a ellas.

2.5.4. Cambiar con frecuencia los lugares donde se ubiquen los dispositivos de ahuyentamiento pasivos, como los espantapájaros y ahuyentadores sonoros.

2.5.5. Combinar técnicas de ahuyentamiento, usarlas al mismo tiempo o alternadamente.

2.5.6. Ser agresivo. Esto no implica dañar a las aves sino mostrar una actitud disuasiva que las atemorice.³⁴

2.5.7. Aplicar los métodos en las horas de alimentación de las aves, por la mañana y la tarde.

Deducimos que un buen método de ahuyentamiento consiste en combinar una gran cantidad y variedad de varias técnicas de ahuyentamiento (2.5.3 y 2.5.5), ubicándolas en lugares diferentes (2.5.4) y durante el horario de alimentación de las aves (2.5.7).

Esto es coherente con la idea de que las aves tienen una gran capacidad de adaptación, como describimos en la Sección 1.4. Por tanto evitar esta adaptación exige desarrollar un programa de actividades y horarios variados, en los cuales el agricultor y la tecnología deben participar juntos.

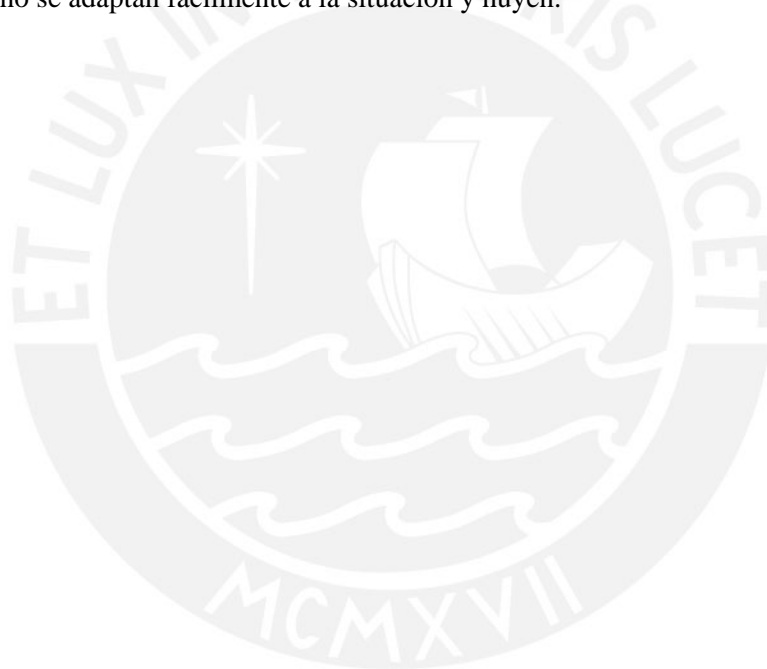
³⁴ Avian Predators – Frightening Techniques for Reducing Bird Damage at Aquaculture Facilities, Gary Littahuer. South Regional Aquaculture Center, November 1990.

Síntesis del Capítulo

Los métodos de control de aves tienen como propósito engañar los sentidos de estos animales, causando una sensación de inseguridad y peligro latente que les impida continuar con la depredación de los campos.

Existen distintas clases de métodos de ahuyentamiento, entre los cuales podemos destacar el uso de aves de presa, emisión de sonidos de alerta y estrés de aves, cañones de gas y globos anti-pájaros.

El uso de los métodos de control de aves ofrece resultados positivos si el usuario utiliza una variedad de técnicas de ahuyentamiento de manera combinada. Al recibir estímulos distintos, las aves no se adaptan fácilmente a la situación y huyen.



CAPÍTULO 3: Sistematización del control y el ahuyentamiento de aves.

Introducción

El presente capítulo propone el ordenamiento y mejora de la aplicación de métodos de ahuyentamiento por medio de la implementación de un sistema que integre los dispositivos existentes con una participación más activa del usuario. Propone además la introducción de un controlador automático, el cual facilitará la labor del usuario, brindando una mayor eficiencia el sistema.

3.1 Planificación del ahuyentamiento de aves.

Los agricultores suelen desarrollar sus propias formas de ahuyentar aves, basadas en información de múltiples fuentes y sobre todo de su experiencia personal. Sin embargo, de esta gran variedad de experiencias podemos extraer afirmaciones que sirven para modelar la mejor manera de ahuyentar a las aves:

- Se ha observado que la aplicación de varios métodos de ahuyentamiento brinda mejores resultados que la aplicación de un solo método.(Sección 2.5.3)
- La inteligencia y adaptabilidad de las aves es el principal dificultad que enfrentan los métodos de ahuyentamiento actuales. (Sección 1.4)
- La aplicación constante de métodos de ahuyentamiento requiere de mano de obra humana que en muchos casos el agricultor no está dispuesto a costear. (Sección 1.5)

Los agricultores suelen probar, continuamente y sin éxito, varios métodos de ahuyentamiento en búsqueda de alguno que satisfaga sus expectativas. Solamente algunos agricultores deciden utilizar varios métodos al mismo tiempo, pero la creciente inversión en mano de obra para su administración lleva al abandono de esta actividad.

Aún con la mano de obra asegurada, los agricultores deben enfrentar la adaptabilidad de las aves mediante la renovación constante de los métodos y los dispositivos utilizados.

Para optimizar la planificación del ahuyentamiento de aves es necesario combinar los recursos disponibles de modo que sea realmente efectivo y económicamente viable al mismo tiempo.

3.2 Sistema de ahuyentamiento de aves

Para organizar racionalmente los recursos disponibles en favor de una protección eficiente de los campos de cultivo, es preciso desarrollar un **Sistema de ahuyentamiento**, el cuál reúna la experiencia de los agricultores y la tecnología disponible.

Partimos del hecho que la aplicación de varios métodos de ahuyentamiento es más efectiva que la aplicación de uno solamente (Sección 2.5.3). Esta aplicación depende de las siguientes actividades:

- a) La selección de los métodos de ahuyentamiento (Sección 2.4), y
- b) La administración de los métodos de ahuyentamiento.

La selección de los métodos de ahuyentamiento corresponde al agricultor o a algún especialista, ya que depende de su experiencia en la aplicación de métodos anteriores, así como un conocimiento de los cultivos a proteger y de las especies de aves a ser ahuyentadas.

La administración de métodos de ahuyentamiento puede ser asumida por el agricultor, si es que se aplica por única vez o de manera no tan frecuente como para rechazar los costos en mano de obra.

Por ejemplo, la liberación de aves de rapiña en los campos, requiere de presencia humana durante los momentos en que las depredadoras recorren la zona. La instalación de mallas anti-aves es una actividad realizada por única vez, y que luego requiere mantenimientos periódicos.

En cambio, la administración de métodos que requieren de una actividad y presencia constantes deben ser asignadas a procedimientos automáticos, en reemplazo del ser humano.

La activación de ahuyentadores sonoros, luces, cañones de gas y otros artefactos, requiere de un mecanismo automático. Por eso los ahuyentadores electrónicos disponibles en el mercado funcionan en determinadas horas del día, y los cañones de gas poseen un temporizador que los detona cada cierta cantidad de minutos.

Esto nos permite plantear la necesidad de un **Subsistema de Ahuyentamiento** basado en mecanismos automáticos, que permitan el uso coordinado de artefactos ya existentes o variantes de los mismos. El subsistema ayudará a los agricultores a que el propio sistema de

ahuyentamiento funcione eficientemente y logre el objetivo económico de reducir las pérdidas debido al ataque de las aves.

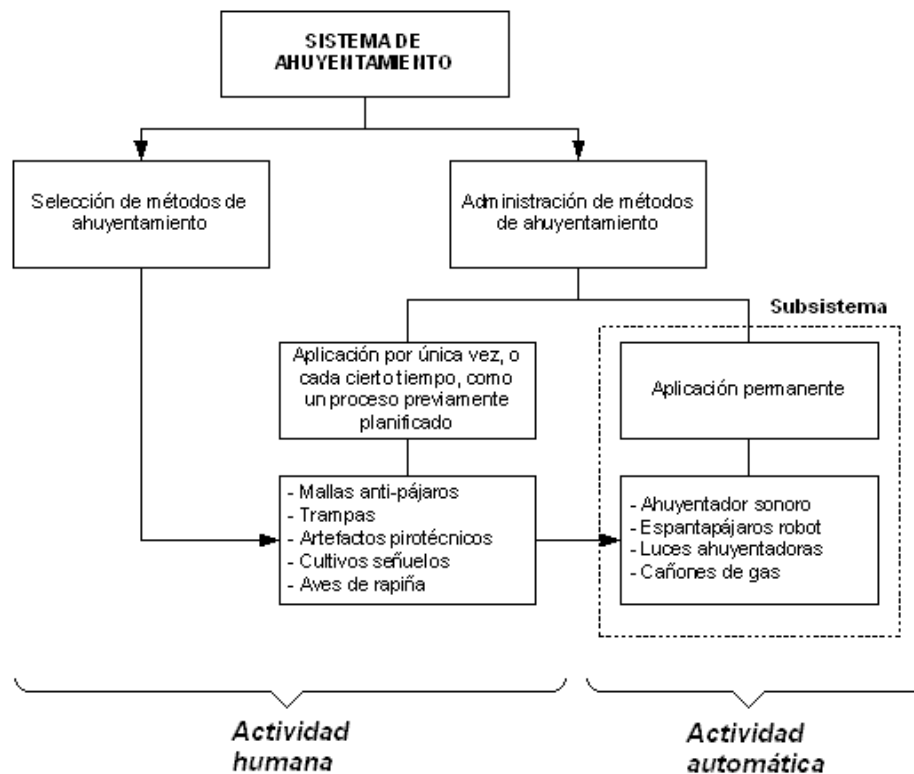


Fig.3.1 Diagrama de bloques de un sistema de ahuyentamiento

En el diagrama mostrado en la Figura 3.1. se resumen las actividades que conforman un sistema de ahuyentamiento. En primer lugar la selección de métodos de ahuyentamiento debe ser realizada por personas, mientras que la administración de los mismos puede ser realizada por a). personas, si el método se aplica por única vez o en intervalos prolongados de tiempo, y b). un subsistema automático que permita una aplicación permanente. Es en esta rama de actividades en la que los sistemas electrónicos juegan un papel muy importante.

3.3 Tecnología de los métodos de ahuyentamiento.

Los métodos y dispositivos de ahuyentamiento disponibles en el mercado se basan en la tecnología disponible actualmente (Sección 2.4). La tecnología del ahuyentamiento de aves es diversa, pero se basa en la misma premisa básica de que un estímulo artificial puede ahuyentar a las aves. Se presentaron entonces dos problemas fundamentales para el desarrollo de ésta tecnología:

- La efectividad del estímulo de ahuyentamiento.
- La detección del ave.

El estímulo generado puede ser de tipo visual o sonoro, tal como un sonido de depredador o un disparo de arma de fuego. Por otro lado la detección de las aves es importante para que el sistema reaccione.

El primer problema, la generación del estímulo, ha sido superado al utilizar el sonido de alta fidelidad y robótica. Pero el segundo, la detección del ave, ha representado un desafío que prácticamente ningún producto en el mercado ha podido superar, en términos de costo / beneficio.

Detectar un ave o un objeto volador de baja densidad y tamaño pequeño, a grandes distancias y en grandes extensiones de terreno, requiere de tecnologías como el RADAR o el SONAR, adaptadas específicamente a las aves. Otra propuesta es la utilización de técnicas de procesamiento digital de imágenes, que requiere de un despliegue de cámaras digitales que cubran hectáreas completas. Una revisión más amplia de estas tecnologías es abordada en el **ANEXO 2** del presente trabajo.

Los productos de ahuyentamiento de aves comerciales utilizan una alternativa distinta a la detección de las aves: **la estrategia aleatoria**.

La presencia o ausencia de aves en los campos es un hecho aleatorio, el cual puede ser comparado con un funcionamiento aleatorio de estos dispositivos. El dispositivo que se activa de manera aleatoria frecuentemente lo hace cuando las aves se encuentran en los campos, ahuyentándolas. Adicionalmente las aves perciben que dicha presencia (sonido o silueta) no muestra una conducta predecible, aumentando su incertidumbre y su temor hacia el mismo.

Esta estrategia es la que utilizan dispositivos como el ahuyentador sonoro de BirdGard, los cañones de gas y otros.

Por eso, en adelante, nos referiremos a métodos de ahuyentamiento de funcionamiento aleatorios, los cuales pueden ser activados de manera aleatoria o cambiar su modo de funcionamiento de esta forma, sin necesidad de detectar a las aves.

3.4 Subsistema de Ahuyentamiento Electrónico por medio de sonidos e imágenes.

El subsistema debe estar integrado por **dispositivos de ahuyentamiento** electrónicos o mecánicos, que administrados adecuadamente por un **módulo de control** puedan causar el efecto deseado.

Actualmente se cuenta con una serie de dispositivos de ahuyentamiento que, utilizados por separado, tienen una eficacia limitada. Para mejorar el desempeño de estos dispositivos, deben funcionar en conjunto y bajo la guía de un circuito controlador que decida cuales dispositivos activar y en qué momentos. A continuación definiremos los principales componentes de un subsistema de ahuyentamiento:

3.4.1 Dispositivos de ahuyentamiento

Son artefactos eléctricos o mecánicos cuya actividad causa un efecto de repelencia o dispersión de las aves a su alrededor.

3.4.2 Módulo de control

Es el artefacto que coordina las actividades de los dispositivos de ahuyentamiento, enviando órdenes para su funcionamiento.

Podemos apreciar un esquema de un subsistema de ahuyentamiento en la Figura 3.2.

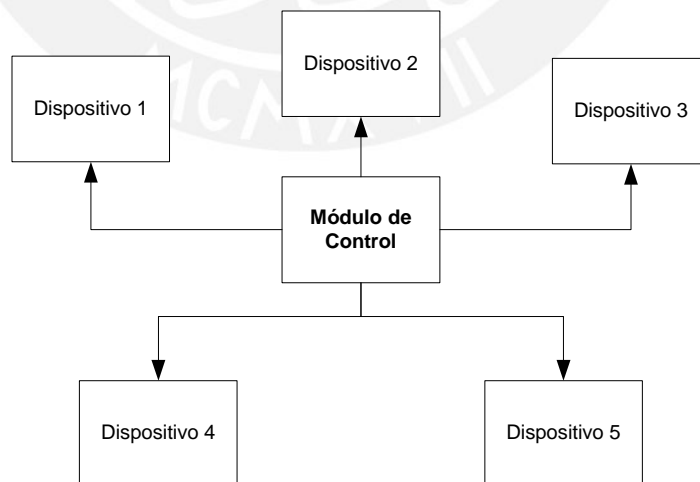


Fig.3.2 Dispositivos de ahuyentamiento coordinados con un módulo de control

3.5 Características necesarias de un subsistema de ahuyentamiento automático.

El Subsistema de Ahuyentamiento debe poseer características que garanticen su éxito.

3.5.1 Carácter modular

Para que el usuario pueda cambiar con facilidad los dispositivos de ahuyentamiento, las conexiones de los mismos y del módulo de control deben ser estandarizadas.

3.5.2 Crecimiento escalar

Para abarcar una mayor área y diversidad de técnicas de ahuyentamiento, el subsistema debe poder organizar su crecimiento de manera escalar, como vemos en la Figura 3.3.

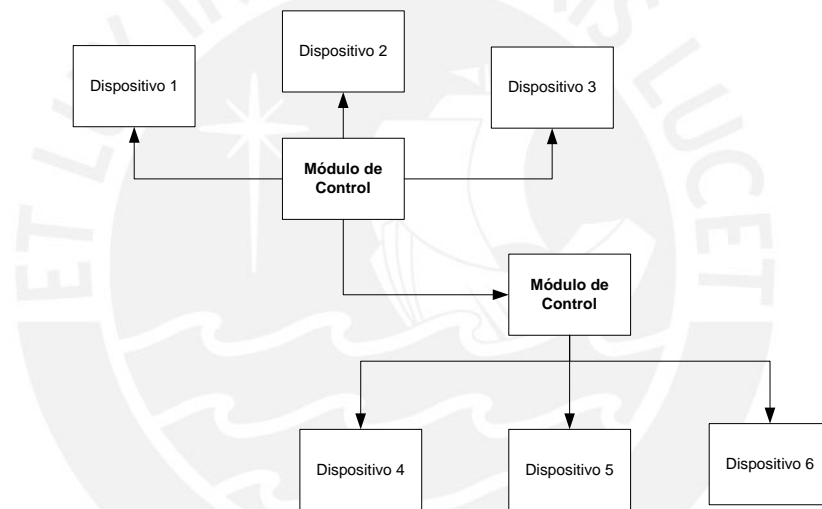


Fig.3.3 Crecimiento escalar de un subsistema de ahuyentamiento

3.5.3 Temporización

El subsistema de ahuyentamiento debe funcionar cuando el ataque de las aves sea mas intenso, por lo que debe tener un reloj interno que le permita situarse en el tiempo y una interfase que permita al usuario elegir las horas de ahuyentamiento.

3.5.4 Ausencia de patrones repetitivos

Para minimizar la adaptación de las aves a patrones de funcionamiento repetitivos en los dispositivos de ahuyentamiento, es necesario variar dichos patrones, de tal manera que las aves no perciban ningún orden predecible y por ende no se adapten a ellos.

3.5.5 Credibilidad y discreción

Los sonidos o imágenes que generen nuestros dispositivos deben ser lo más cercano a la realidad. Además, los dispositivos de ahuyentamiento son máquinas cuya naturaleza no animada puede ser descubierta por la curiosidad de las aves. Es preciso utilizar camuflajes para hacer más difícil su ubicación y para ocultar su verdadera apariencia.

3.6 Propuesta de un subsistema básico de ahuyentamiento de aves.

Nuestro sistema propuesto tendrá como componentes principales un módulo de control, un dispositivo de ahuyentamiento por sonido y un dispositivo de ahuyentamiento por movimiento. Sin embargo, se podrán conectar otros dispositivos más al módulo de control, para futuras expansiones.

El módulo de control propuesto posee las siguientes características:

- Los dispositivos controlados son activados en intervalos de tiempo aleatorios.
- Puede administrar más de una línea de control de 1 bit para activar o desactivar los dispositivos de ahuyentamiento. Lo cual trae como ventajas las siguientes:
 - Definen un área mayor de ahuyentamiento
 - Permite que los equipos sean modulares y de bajo costo
 - Causan un efecto de múltiple presencia en una determinada zona
 - Creación de estímulos aleatorios espaciales
- Los usuarios (agricultores) controlan el ahuyentamiento
 - Programación de horario de ahuyentamiento
 - Programación de combinación de dispositivos a aplicar
 - Dispositivos intercambiables con conexión estándar

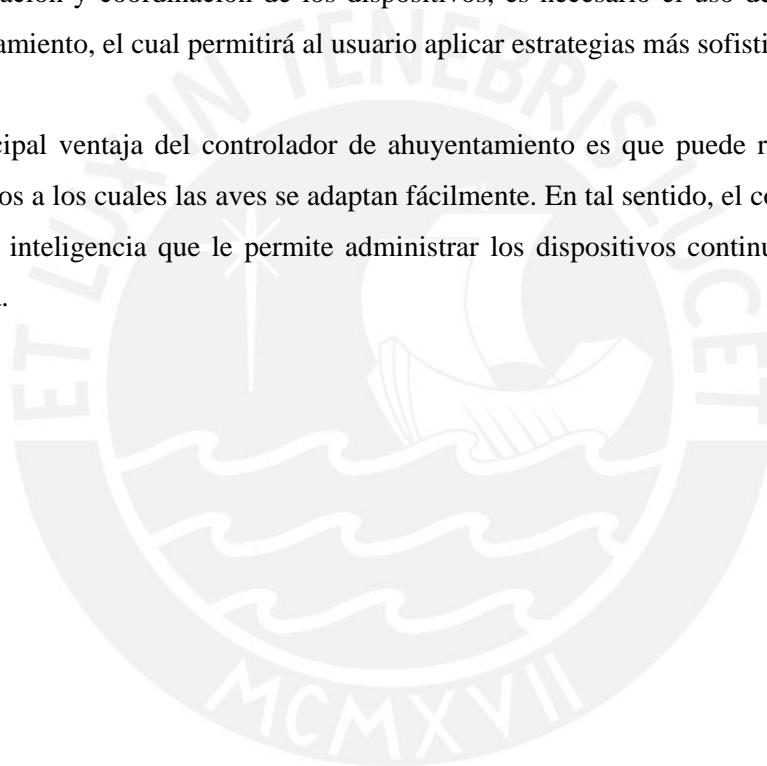
Para analizar con mayor detalle las características deseadas para nuestro sistema de ahuyentamiento, se recomienda consultar el Anexo 5.

Síntesis del Capítulo

Para ahuyentar eficientemente a las aves es preciso crear un sistema que permita aplicar de manera metódica las técnicas de ahuyentamiento disponibles. Un sistema de ahuyentamiento debe integrar la participación del usuario a la aplicación de los métodos.

Los usuarios aportan la inteligencia y la estrategia a ésta actividad, diseñando nuevas rutinas de ahuyentamiento con los métodos disponibles, buscando nuevos métodos y reforzando el efecto de los ya utilizados. Los dispositivos cumplen con la función de ahuyentar a las aves en lugares y momentos en los cuales el usuario no puede estar presente. Para facilitar la programación y coordinación de los dispositivos, es necesario el uso de un controlador de ahuyentamiento, el cual permitirá al usuario aplicar estrategias más sofisticadas.

La principal ventaja del controlador de ahuyentamiento es que puede reducir los patrones repetitivos a los cuales las aves se adaptan fácilmente. En tal sentido, el controlador posee un nivel de inteligencia que le permite administrar los dispositivos continuamente de manera aleatoria.



CAPÍTULO 4: Propuesta de un sistema electrónico de ahuyentamiento de aves

Introducción

El presente capítulo abarca de manera detallada los pasos para el desarrollo de un subsistema de ahuyentamiento de aves compuesto por dos dispositivos y un controlador electrónico basado en ATMEGA8L. Los dispositivos de ahuyentamiento serán de tipo genérico, por lo que no se mostrará un diseño de los mismos. El controlador será diseñado, construido y puesto en funcionamiento para la demostración de sustento del proyecto.

En la primera parte (4.1) se describe la arquitectura del sistema, explicando el funcionamiento de sus componentes y la estrategia del programa de control.

La segunda parte (4.2) abarca el diseño electrónico completo del módulo de control, describe el uso de componentes analógicos y digitales como partes integrantes de una tarjeta de control.

La tercera parte (4.3) describe la implementación física de la tarjeta impresa del módulo de control, las técnicas de fabricación usadas y la disposición de los componentes de manera ergonómica e integrada.

La cuarta parte del capítulo (4.4) describe la interfase básica de comunicación entre el módulo de control y los dispositivos de ahuyentamiento. Propone además sugerencias para mejorar dicha interfase.

La quinta parte (4.5) describe la programación del microcontrolador ATMEGA8L, sus principales funciones como la temporización y la ejecución aleatoria de secuencias de ahuyentamiento.

En la sexta parte (4.6) de este capítulo describiremos un sistema de energía que permitirá el funcionamiento continuo del sistema de ahuyentamiento (módulo de control y dispositivos) en los campos de cultivo iqueños.

Finalmente la séptima parte del capítulo (4.7) describe pruebas de emisión de sonidos, realizadas en los campos de cultivo iqueños. Estas pruebas contribuyeron al desarrollo del concepto y al diseño del módulo de control.

4.1 Arquitectura del Sistema

Basados en nuestra propuesta de un sistema de ahuyentamiento, pasaremos a describir la estructura del proyecto y el modo en que debe de funcionar para lograr el objetivo deseado. La arquitectura contempla el uso de un microcontrolador de 8 bits y componentes electrónicos básicos.

4.1.1 Organización del sistema de ahuyentamiento

Nuestro sistema de ahuyentamiento, como fue planteado en la Sección 3.4, permite el funcionamiento coordinado de hasta **5 dispositivos de ahuyentamiento** individuales. Los dispositivos son conectados a un **módulo de control**, el cual los enciende o apaga de acuerdo a un algoritmo programado (Figura 4.1).

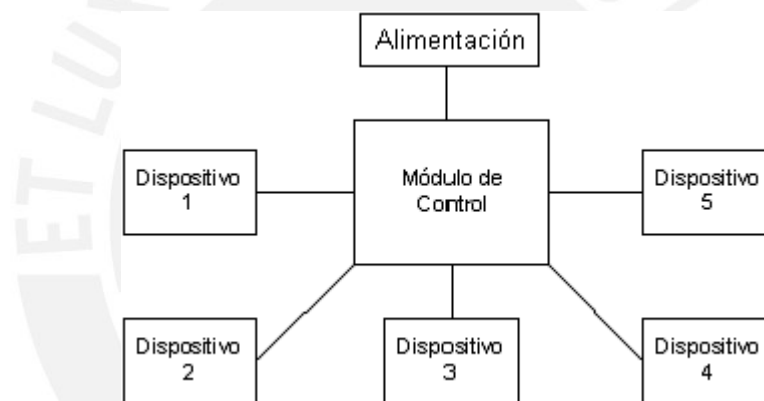


Fig.4.1 Subsistema de ahuyentamiento

4.1.2 El Módulo de Control

El módulo de control tendrá como componente principal un microcontrolador, el cual controlará hasta 5 dispositivos de ahuyentamiento, y podrá ser programado por medio de una interfaz usuario de entrada / salida, consistente en 4 pulsadores y 4 displays de 7 segmentos.

Los dispositivos de ahuyentamiento serán activados o desactivados mediante relés internos del módulo de control. Los contactos eléctricos de los dispositivos serán conectados a los contactos de los relés mediante borneras. Cada dispositivo de ahuyentamiento, externo al módulo de control, debe contar con su propia fuente de energía (Figura 4.2).

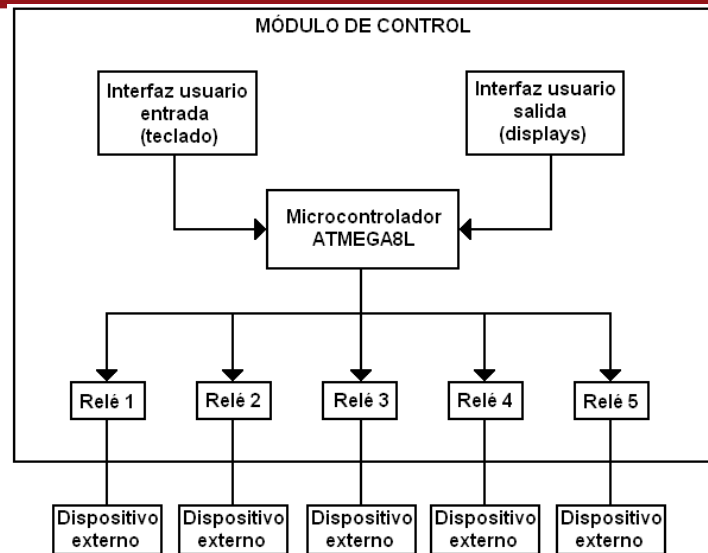


Fig.4.2 Esquema del módulo de control

4.1.3 Dispositivos de ahuyentamiento

La administración de los dispositivos puede realizarse mediante la activación de los relés del módulo de control. Al energizarse las bobinas de los relés, los contactos cierran un circuito exterior, correspondiente a la alimentación del dispositivo o a alguna interfase de control del mismo, indicándole que se active (Figura 4.3). La elección del tipo de relé a utilizarse, dependerá de la magnitud de la corriente que el dispositivo externo requiera conducir para su activación, además de la corriente que la bobina del relé requiera para su funcionamiento dentro del módulo de control. En la sección 4.1.6.3.3 se ofrecen más detalles técnicos de la elección de éste componente.

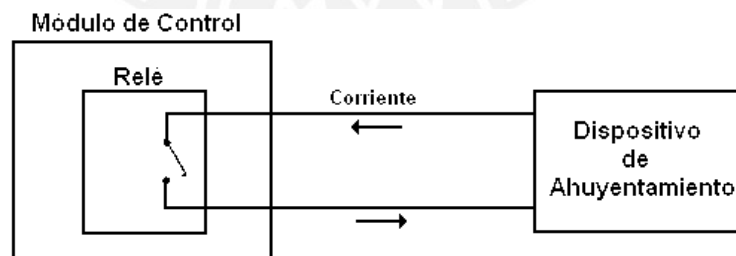


Fig.4.3 Conexión básica a un dispositivo de ahuyentamiento

Cualquier dispositivo con un interruptor eléctrico podrá activarse mediante alguno de los relés del módulo de control. En la Tabla 4.1 proponemos algunas ideas de dispositivos sencillos que pueden ser conectados al módulo de control.

Contacto de relé	Dispositivo	Descripción
0	Timbre	Timbre simple, estridente, de tono alto
1	Tambor de latón	Un motor eléctrico mueve un martillo que golpea un pedazo de latón cíclicamente, provocando un ruido que ahuyenta a las aves.
2	Ahuyentador por movimiento	Silueta humana que puede agitar los brazos mediante un mecanismo acoplado a un motor eléctrico.
3	(Sin dispositivo)	(Reservado para funcionamiento interno de la tarjeta de control)
4	Luces perturbadoras	Arreglo de LEDs de alto brillo y variados colores que sea divisado desde medianas distancias, incluso de día.
5	Ahuyentador sonoro	Un reproductor MP3 conectado a un amplificador, generan sonidos inquietantes y amedrentadores para las aves.

Tabla 4.1 Algunos dispositivos que pueden ser colocados al modulo de control

Para nuestra investigación desarrollamos dos dispositivos de ahuyentamiento: un ahuyentador sonoro y un ahuyentador por movimiento.

El **ahuyentador sonoro**, es un pequeño equipo de sonido consistente en un reproductor de MP3 conectado a un amplificador con parlantes. El dispositivo estará alimentado por una batería³⁵ y una de las líneas de alimentación se prolongará hasta uno de los relés. Cuando el relé del módulo de control se cierre, permitirá que circule corriente desde la batería hasta el dispositivo, encendiendo el MP3 y el amplificador.

El **ahuyentador visual por movimiento** está compuesto por la figura de un cazador en material cartón o madera, cuyo torso está sujeto a un mecanismo impulsado por un motor eléctrico. Cuando el motor se activa, eleva la figura del cazador por entre las plantas del campo, simulando una actitud de ataque sorpresiva.

El dispositivo estará alimentado por una batería³⁶, y al igual que el ahuyentador sonoro, uno de los relés de la tarjeta de control permitirá su activación.

4.1.4 Estrategia Aleatoria

El objetivo principal de utilizar una estrategia aleatoria en nuestro sistema es el de minimizar la adaptación de las aves a señales sonoras y/o visuales destinadas a espantarlas. Al ser aleatorio, el sistema se vuelve impredecible para las aves, activando el impulso de escape

³⁵ La autonomía de energía del artefacto dependerá del dimensionamiento del sistema de energía diseñado para éste propósito, recomendamos revisar la sección 4.6. donde se efectúa una elección del tipo de batería necesario.

³⁶ La autonomía de energía del artefacto dependerá del dimensionamiento del sistema de energía diseñado para éste propósito, recomendamos revisar la sección 4.6. donde se efectúa una elección del tipo de batería necesario.

que el cerebro animal utiliza en situaciones de incertidumbre y peligro. Nuestra estrategia aleatoria se enfoca en dos aspectos del funcionamiento del sistema:

4.1.4.1 Temporización aleatoria : Propone un funcionamiento sin un ritmo o patrón reconocible que no permita a las aves predecir cuándo ocurrirá la siguiente acción.

Minutos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Acción	A			A	A	A		A		A					A	A

Tabla 4.2 Patrón de funcionamiento aleatorio en el tiempo

En la Tabla 4.2 , la acción A se desarrolla en los minutos 1, 4,5,6,8,10,15 y 16. Nótese la ausencia de periodicidad en el tiempo.

4.1.4.2 Selectividad aleatoria (en la activación de dispositivos). : Los dispositivos se activarán en un orden variable y sin mostrar un patrón reconocible. Esto hace difícil predecir si luego del dispositivo A se activará el C, el B o el D.

Minutos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Dispositivo	A			B	A	C		D		B					C	C

Tabla 4.3 Patrón de activación aleatoria de tipos de dispositivos.

En la Tabla 4.3, las acciones A, B, C y D se realizan sin un orden específico, aumentando la incertidumbre respecto a cuales acciones se llevarán a cabo.

4.1.5 Estrategia de simultaneidad

La utilización de más de un dispositivo de ahuyentamiento aumenta el área de influencia efectiva del mismo. Sin embargo, el efecto más importante es de tipo psicológico. La ubicación de varios focos de ahuyentamiento en una determinada área crea el efecto de presencia simultánea de individuos, ello estimula con mayor efectividad la huida de cualquier animal. No solamente la diversidad de sonidos o imágenes, sino también las distintas direcciones desde las cuales se perciben, pueden ser interpretadas por las aves como una amenaza a su seguridad.

4.1.6 Requisitos para el diseño del sistema de ahuyentamiento

4.1.6.1 Funcionamiento del módulo de control

Proponemos un **módulo de control** como el mostrado en la figura 4.4. Dicho módulo tendrá un reloj que medirá el tiempo las 24 horas, consistente de 4 displays de 7 segmentos, los dos primeros displays mostrarán la hora (00 a 24) y los dos últimos los minutos (00 a 59). Dos botones permitirán ajustar la hora del módulo, un botón para horas y otro para los minutos. Dos botones permitirán ajustar la hora del módulo, un botón para horas y otro para los minutos.

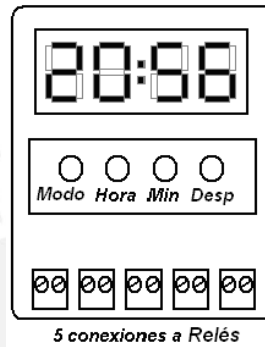


Fig.4.4 Vista frontal de controlador propuesto

El módulo será programado para activar las secuencias de ahuyentamiento por horas, es decir, abarcando periodos de 60 minutos. Por ejemplo, podrá programarse para que funcione de 06:00 a 06:59, o de 10:00 a 10:59.

La programación podrá realizarse ingresando al modo de programación, presionando el botón de “Modo”. Para volver al modo de reloj, se debe presionar el mismo botón. Usando los botones “Horas” y “Minutos” el usuario podrá programar, para cada hora, alguna de las 9 combinaciones de dispositivos, e ingresar 0 (cero) cuando no quiera actividad (Tabla 4.4.).

Combinación	Dispositivos a encender
0	No se enciende ninguno (espera)
1	Dispositivo 0
2	Dispositivo 1
3	Dispositivo 2
4	Dispositivo 4
5	Dispositivo 5
6	Dispositivos 0 y 1
7	Dispositivos 1 y 2
8	Dispositivos 4 y 5
9	Dispositivos 0,1,2,4,5 (todos)

Tabla 4.4 Combinaciones de dispositivos a encender

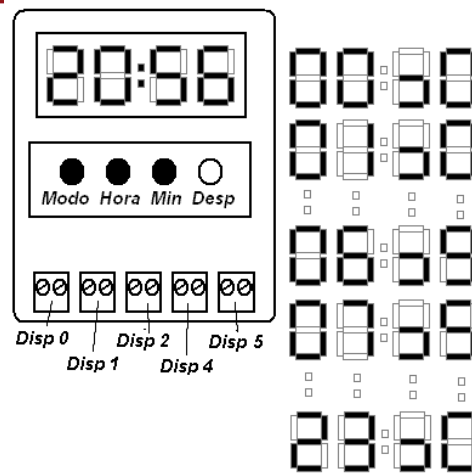



Fig.4.5 Programación de ahuyentamiento por horas

Dado que se tienen 5 dispositivos para controlar, las combinaciones deberían ser 31^{37} . Sin embargo hemos definido 9 combinaciones porque en el modo de programación el usuario cuenta con dos dígitos para identificar la hora de programación (00 a 23), un dígito para diferenciar el modo de programación del modo de reloj (con el símbolo , o “c” invertida) y un dígito para la combinación. Con solamente un dígito para la combinación, son posibles 10 combinaciones (9 combinaciones útiles y un cero) ³⁸.

En la Figura 4.5 podemos observar que en el modo de programación, el usuario puede escoger la combinación “9” para las 06 horas, y la “5” para las 07 horas. Las demás horas del día serán programadas con otras combinaciones, o con cero “0” (sin actividad).

Los dispositivos correspondientes a cualquiera de las combinaciones elegidas por el usuario, se activarán y desactivarán de manera aleatoria durante la hora de actividad, y en periodos de como mínimo $T=1$ segundo. En la Tabla 4.5 presentamos un ejemplo del funcionamiento con la combinación “9”.

COMBINACIÓN 9

	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Disp 0	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■
Disp 1	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□
Disp 2	□	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■
Disp 4	■	□	■	□	■	□	■	□	■	□	■
Disp 5	□	□	□	□	■	□	□	□	□	□	■

■ Activo □ Inactivo

1 Hora

Tabla 4.5 Funcionamiento de combinación 9

³⁷ Cantidad calculada usando el binomio de Newton : $n!/r!*(n-r)!$, donde $N=5$ y $r=1,2,3,4,5$.

³⁸ Podemos mencionar, como motivo adicional para el uso de solamente 9 combinaciones, el nivel de dificultad que presentaría para el usuario el manejo de 31 combinaciones. Por otro lado, la incorporación de 31 combinaciones al módulo requeriría el uso de un display adicional y de una programación más compleja.

En el módulo de control se instalarán LEDs que permitirán saber cuáles de los relés han sido activados y por ende cuáles dispositivos entrarán en acción (Figura 4.6).

Con el fin de ahorrar la energía de los Displays, el programa del microcontrolador los desactivará luego de 1 minuto después de haberse dejado de usar los pulsadores. Para poder ver los displays, se debe presionar el botón “despertar” (“Desp” en la Figura 4.6).

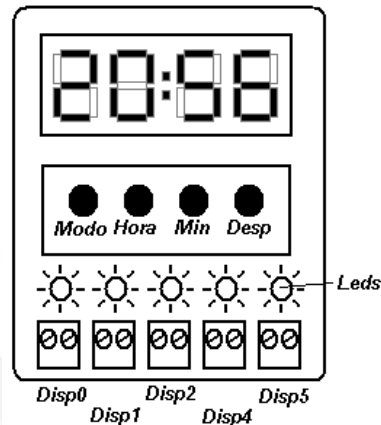


Fig.4.6 LEDs indicadores de funcionamiento

El módulo de control dispondrá de un botón interno de RESET al cual podrá accederse por medio de una abertura en el chasis del equipo.

4.1.6.2 Requerimientos para el diseño electrónico del módulo de control.

En virtud a las funciones previstas para el modulo de control en la sección 4.1.6.1, así como en las secciones 4.1.2 y 4.1.3, podemos definir las características de los principales componentes electrónicos del módulo de control.

4.1.6.2.1 Microcontrolador:

Se estima que el microcontrolador debe tener puertos de entrada/salida en la siguiente disposición, como mínimo:

- 4 bits para botones de hora, minuto, modo y despertar
- 6 bits para controlar los 6 relés de activación de dispositivos (5 externos y 1 interno para control de displays).
- 4 bits para indicar el carácter a ser impreso en cada display (usando un decodificador BCD-7 segmentos), y 2 bits para elegir cada uno de los 4 displays que serán activados (usando un decodificador adicional).

En total el microcontrolador debe disponer al menos de: $4 + 6 + 6 = 16$ bits para que el módulo funcione adecuadamente (Figura 4.7).

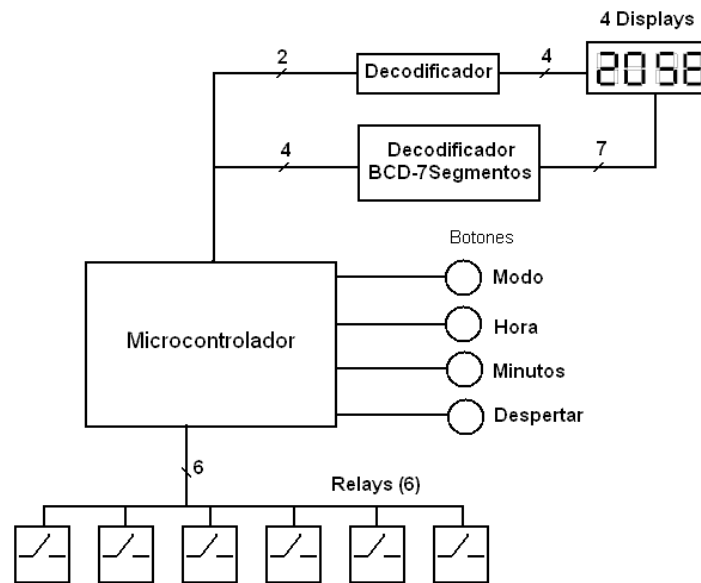


Fig. 4.7 : Diagrama de puertos I/O requeridos para módulo de control

El microcontrolador, además debe poseer una memoria Flash para albergar un programa en lenguaje Assembler, de cortas dimensiones (dada la sencillez de la interfase usuario).

La velocidad del microcontrolador no es un aspecto crucial para su uso en éste proyecto, ya que la temporización se lleva a cabo hasta los segundos. Sin embargo teóricamente es necesario que el microcontrolador deba al menos funcionar con una frecuencia de 1 Hz.

4.1.6.2.2 Relés

Se requieren relés cuyos contactos soporten una corriente superior a la alimentación de un dispositivo de ahuyentamiento. Como se demostrará al final de la sección 4.6.3.2, el dispositivo de ahuyentamiento sonoro consume en promedio 0.88A, por lo cual los contactos del relé deben soportar como mínimo 1A.

4.1.6.2.3 Displays 7 segmentos

El uso de 4 displays de 7 segmentos para mostrar la hora y minuto del día, representa el mínimo de recursos para ofrecer la información debida al usuario. Como vimos en la sección 4.1.6.1, el uso de 4 displays permite visualizar la hora y programar el dispositivo.

4.1.6.3 Selección de componentes electrónicos para diseño del módulo de control

4.1.6.3.1 Microcontrolador

En la Tabla 4.6 mostramos dos microcontroladores que cumplen con los requisitos de funcionamiento,

	PIC18F1320	ATMEGA8L
Memoria para programa	4K x 16	8K x 8
RAM	256 x 8	1K x 8
Numero de puertos I/O	16	23
Encapsulado	18-DIP (300 mil)	28-DIP
Velocidad	40MHz	8MHz
Oscilador	Interno	Interno
Tipo de memoria de programa	FLASH	FLASH
EEPROM	256 x 8	512 x 8
ADC	A/D 7x10b	A/D 6x10b
Tamaño de núcleo	8-bits	8-bits
Interfase	USART	I ² C, SPI, USART
Temperatura de operación	-40°C ~ 85°C	-40°C ~ 85°C
Disponibilidad en el mercado peruano	en búsqueda	Sí
Precio referencial según catalogo en línea Digi-Key (por volumen)	US\$ 4.1	US\$ 3.66
Dominio del componente (proyectos anteriores realizados)	No	Sí

Tabla 4.6 Comparación entre PIC18F1320 y ATMEGA8L

Nuestras opciones son el ATMEGA8L y el PIC18F1320. Ambos poseen características similares, tales como el mismo tipo de memoria de programación FLASH, núcleo de 8 bits y un número de puertos I/O igual o superior a 16, como se requiere en la Sección 4.1.6.2.1.

Sin embargo, el ATMEGA8L posee una mayor memoria RAM, un precio menor por volumen (US\$ 3.66 vs US\$ 4.1 según la Tabla 4.6), disponibilidad en el mercado peruano y experiencia del autor en proyectos con dicho microcontrolador. Todo esto nos lleva a elegir el ATMEGA8L para nuestro módulo de control.

4.1.6.3.2 Fuente de alimentación:

La elección del ATMEGA8L condiciona el uso de voltajes TTL (0 y 5VDC) para nuestro circuito del módulo de control. Esto se debe cumplir para el mismo microcontrolador y los

circuitos integrados TTL que se utilizarán para la visualización de displays (como los decodificadores). Sin embargo, para el manejo de los relés, es preferible utilizar una tensión mayor en favor de una reducción de la corriente en las bobinas del mismo. Utilizaremos 12VDC para energizar las bobinas de los relés. En conclusión se utilizarán tres tensiones eléctricas en el circuito: 0V, 5VDC y 12VDC. Las tensiones de 5VDC pueden ser producidas a partir de una fuente de 12VDC utilizando un regulador de voltaje fijo, como el LM7805. Dicho componente soporta hasta 1.5A, y como veremos en la Sección 4.2.3, puede soportar el consumo de corriente previsto para el módulo de control.

4.1.6.3.3 Relés:

Los relés a utilizar, funcionarán con una tensión de 12VDC y soportarán una corriente máxima de 1A por los motivos expuestos en la sección 4.1.6.3.2. El componente que cumple con éste requisito es el relé SONGLE 12V – 1A³⁹ (Figura 4.8). Dicho componente requiere una tensión de 12 VDC a 16.7mA en sus bobinas, para funcionar. Además puede conducir hasta 1A entre sus contactos. Presenta una doble disposición de contactos (4 en total) los cuales se cierran en paralelo.



Figura 4.8 : Relé Songle 12VDC – 1A.

³⁹ Hoja de datos técnicos de Relé Songle 12V. <http://www.songle.com/en/Product.asp?ClassID=9>

4.2 Diseño electrónico del subsistema de ahuyentamiento

4.2.1 Descripción general

El **módulo de control** está basado en un microcontrolador ATMEGA8L de Atmel⁴⁰ (Figura 4.9), el cuál fue seleccionado en la sección 4.1.6.4.1.

Este microcontrolador de 8 bits posee una memoria Flash programable de 8 Kbytes y un set de instrucciones reducido (arquitectura RISC) que combinado con sus 32 registros permite una programación flexible en lenguaje ensamblador.

Su frecuencia de trabajo a través de un oscilador interno puede ser configurada a 1, 2, 4 y 8 MHz. Para nuestra aplicación utilizaremos la frecuencia, por defecto, de 1 MHz.

Una característica decisiva para nuestro diseño es la disponibilidad de 3 puertos para el control de los dispositivos. El puerto PB de 6 bits, el puerto PC de 6 bits y el puerto PD de 8 bits, lo cual suma 20 líneas de control de 1 bit cada una.

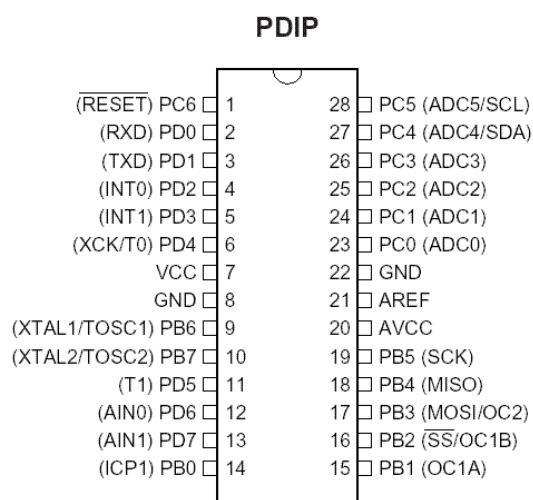


Fig. 4.9 Configuración de pines del ATMEGA8L

4.2.2 Conexiones básicas

El ATMEGA8L será alimentado por una fuente de 5 VDC proporcionado por un regulador de voltaje LM7805⁴¹, el cual obtiene energía de una batería de 12 VDC 7Ah. Las tensiones

⁴⁰ ATMEL 8bit-AVR Atmega 8 & Atmega 8L Preliminary Summary, Rev 2486IS-AVR-12/02

⁴¹ Fairchild Semiconductor LM78XX 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator.

en los terminales de VCC y tierra actuarán como referencia para el pin 21 AREF por medio de condensadores de desacoplamiento de $0.1 \mu\text{F}$ ⁴².

Una línea de reset (Pin 1) será conectada a un pulsador, cuya segunda conexión se encuentra en tierra (0V). Finalmente un LED y una resistencia de 1K conectados en serie entre la salida del LM7805, y tierra, permitirán saber si el ATMEGA8L se encuentra encendido.

4.2.3 Fuentes de alimentación

La corriente requerida por todo el circuito consta principalmente de 6 relés cuyo consumo en las bobinas es de $16.7 \text{ mA}^{43} \times 6 = 100.2 \text{ mA}$, y el consumo instantáneo de los displays puede llegar a ser de 100mA. Por tanto se requiere aproximadamente de 200 a 300 mA en el peor de los casos. El LM7805 (Sección 4.1.6.3.2) puede manejar corrientes de hasta 1.5A por lo que no hay riesgos de sobrecargar el componente.

Pruebas anteriores a la implementación del circuito final mostraron un recalentamiento del LM7805 al alimentar el modulo de control. Sabemos que el módulo funcionará en exteriores, bajo el sol y a altas temperaturas. Para reducir el recalentamiento utilizaremos dos LM7805 en nuestro diseño.

4.2.4 Conexión al puerto PB: Relés

El puerto PB posee 6 líneas de control de 1 bit, las cuales pueden tener valores de 5 ó 0 VDC, de acuerdo a la programación del microcontrolador. Dicho puerto se encargará de activar o desactiva los relés, permitiendo la circulación de corriente en sus bobinas.

Con el fin de proteger el puerto B de los posibles picos de corriente de las bobinas de los relés, se debe introducir un componente que proporcione la corriente adecuada para tal función. Las opciones son:

- Transistores discretos (por ejemplo TIP32C - PNP).
- Arreglos de Transistores en un circuito integrado (por ejemplo ULN2803 - NPN).

Ambas opciones cumplen con la función de proteger al microcontrolador y proporcionar corriente para las bobinas de los relés, sin embargo el circuito integrado requiere menos espacio para su montaje en el circuito impreso.

⁴² El pin AREF proporciona un voltaje de referencia para las funciones del conversor análogo-digital del ATMEGA8L. Al colocar a tierra este pin por medio de un condensador de desacoplamiento, se obtiene inmunidad al ruido. Dicha estabilidad es necesaria para ampliar las funciones del módulo hacia el monitoreo y control del sistema de energía fotovoltaico - Manual de ATMEGA8L páginas 6 y 196.

⁴³ Corriente de la bobina del Relé Songle 12V, según hoja de datos.

Debido a esto, se optó por utilizar el ULN2803 (Figura 4.10), el cual es un arreglo de 8 transistores NPN Darlington, con salida de colector abierto. Este circuito permite el paso de hasta 500 mA, suficientes para activar la bobina de un relé.

El ULN2803 fue diseñado para ser compatible con los estándares TTL, por eso puede funcionar en conjunto con las salidas de 0-5VDC del microcontrolador.

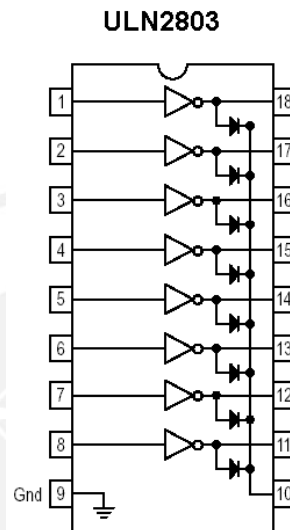


Fig. 4.10 Conexiones internas del ULN2803

La lógica negativa del ULN2803 hace posible que las señales en alta del Puerto PB sean traducidas en señales en baja, y viceversa. Esto permite que el ULN2803 actúe como un drenador de corriente en estado bajo, pudiendo acoplarse a sus salidas circuitos que requieran niveles de 0VDC en el momento en que se requiera sean energizados.

Se conectarán las bobinas de 6 relés marca SONGLE de 12V – 1A⁴⁴, a las salidas del ULN2803. En paralelo a cada bobina se conectan diodos 1N4004 de manera inversa, con el fin de proteger al componente de las tensiones autoinducidas de la bobina. El otro extremo del arreglo está conectado a la energía de alimentación del circuito: 12 VDC.

Cuando en los puertos PB del ATMEGA8L aparezca un nivel alto (5VDC), el ULN2803 pondrá en 0V la salida correspondiente al puerto, y permitirá que circule la corriente entre la fuente de 12VDC y la salida del ULN2803, energizando la bobina y cerrando los contactos del relé. En el caso complementario, cuando en los puertos PB del ATMEGA8L aparezca un nivel bajo (0V), el ULN2803 pondrá sus salidas en colector abierto, permitiendo que la

⁴⁴ <http://www.songle.com/en/Product.asp?ClassID=9>

tensión de salida sea igual a 12VDC e impidiendo la circulación de corriente a través de la bobina. Al no haber corriente en la bobina, el relé será desactivado (Figura 4.11).

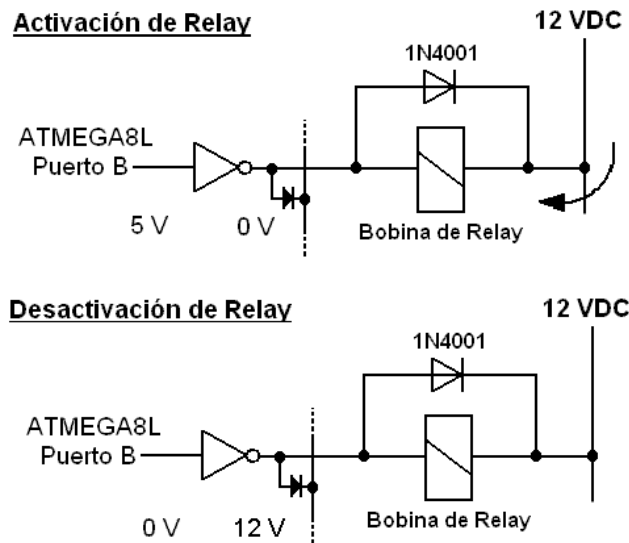


Fig. 4.11 Manejo de corriente de activación de relé por medio del ULN2803

Estos relés son los responsables de activar los dispositivos de ahuyentamiento del sistema.

4.2.5 Conexión al puerto PC: Interfase de salida usuario

Para programar las secuencias de ahuyentamiento, se dispondrá de una pantalla de 4 displays de 7 Segmentos-ánodo común, los cuales serán operados con los 6 bits del puerto PC. Como se ha previsto en la sección 4.1.6.3, debe utilizarse un decodificador 74LS47⁴⁵, para convertir los números de BCD (4 bits) a 7 segmentos de acuerdo a la Tabla 4.7.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f

Tabla. 4.7 Designaciones numéricas del 74LS47 resultantes en el Display de 7 segmentos.

Los otros 2 bits restantes del puerto PC serán utilizados para seleccionar cada uno de los 4 displays de 7 segmentos, de manera que una subrutina del programa (ver sección 4.5.5) escriba un número diferente en cada uno de los displays, creando la ilusión óptica de que los 4 displays están encendidos al mismo tiempo.

⁴⁵ Fairchild Semiconductor DM74LS47 BCD to 7-Segment Decoder/Driver with Open-Collector Outputs. Oct 1988

La selección de cada uno de los 4 displays se realizará utilizando un decodificador 74LS138⁴⁶, el cuál convertirá los números de 2 bits en un juego de 4 señales, permitiendo seleccionar cada display con valores de entrada 00, 01, 10, 11.

Las 4 salidas del 74LS138 se conectarán a la base de 4 transistores TIP32C⁴⁷ tipo PNP en corte-saturación, que permitirán la circulación de corriente a través del ánodo común de cada uno de los displays, desde una fuente de 5 VDC. Esto se observan en la Figura 4.12.

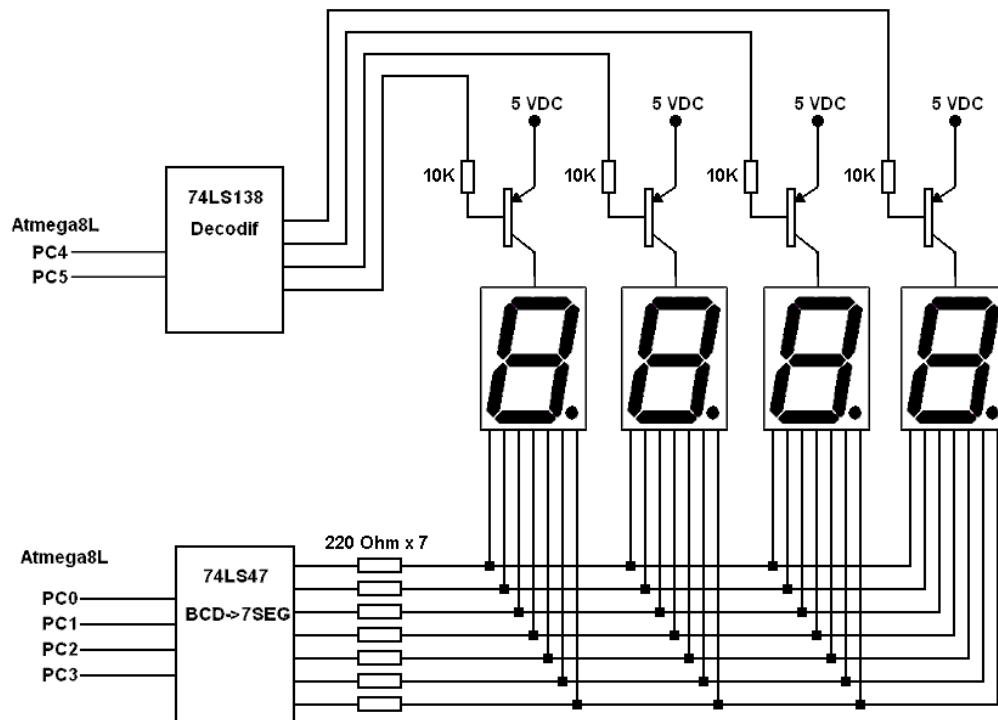


Fig. 4.12 Conexión de displays al decodificador 74LS138 para habilitación de cada display, y al decodificador 74LS47 para activación de los segmentos.

Dado que los displays pueden ser considerados como un conjunto de 8 LEDs, con una corriente de consumo aproximada de 17mA cada uno, en el peor de los casos se utilizarán todos los LEDs del display generando un consumo de $17\text{mA} \times 7 = 119\text{mA}$.

El valor de 119mA corresponde a la corriente de colector (I_c), que guarda una relación $B = 200$ veces la corriente de base (I_b). Luego $I_b = 0.59\text{mA}$. Para que exista dicha corriente de base I_b , es necesario que la resistencia de base sea: $R_b = (5\text{V} - 0.7\text{V}) / 0.59\text{mA} = 7.3\text{K}$ o para propósitos prácticos $R_b = 10\text{K}$, como se muestra en la figura 4.16.

⁴⁶ Fairchild Semiconductor DM74LS138 Decoder/Demultiplexer. Aug 1986

⁴⁷ Fairchild Semiconductor TIP32 Series. Medium Power Linear Switching Applications.

Observemos que las salidas del 74LS47 han sido diseñadas para trabajar con displays 7 segmentos de ánodo común (Tabla 4.8), pues una señal de salida en baja, permite cerrar el circuito compuesto por la entrada de 5VDC por el ánodo común y el segmento hacia la salida del 74LS47, en baja, permitiendo que la corriente circule por el display (Ver Tabla 4.17).

Dado que la circulación de la corriente por cada LED del Display es 17mA, las resistencias entre los cátodos del display y las entradas del 74LS47, debe ser de $R_d = 5V / 17mA = 294$ Ohms o para propósitos prácticos $R_d = 220$ Ohmios, como se muestra en la figura 4.12.

DM74LS47

Truth Table															
Decimal or Function	Inputs							Outputs						Note	
	LT	RBI	A3	A2	A1	A0	BI/RBO	a	b	c	d	e	f		g
0	H	H	L	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	H	(Note 2)
1	H	X	L	L	L	H	H	H	L	L	H	H	H	H	(Note 2)
2	H	X	L	L	H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	
3	H	X	L	L	H	H	H	L	L	L	L	H	H	L	
4	H	X	L	H	L	L	H	H	L	L	H	H	L	L	
5	H	X	L	H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	L	
6	H	X	L	H	H	L	H	H	H	L	L	L	L	L	
7	H	X	L	H	H	H	H	L	L	L	H	H	H	H	
8	H	X	H	L	L	L	H	L	L	L	L	L	L	L	
9	H	X	H	L	L	H	H	L	L	L	H	H	L	L	
10	H	X	H	L	H	L	H	H	H	H	L	L	H	L	
11	H	X	H	L	H	H	H	H	H	L	L	H	H	L	
12	H	X	H	H	L	L	H	H	L	H	H	H	L	L	
13	H	X	H	H	L	H	H	L	H	H	L	H	L	L	
14	H	X	H	H	H	L	H	H	H	H	L	L	L	L	
15	H	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	
\overline{BI}	X	X	X	X	X	X	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 3)
\overline{RBI}	H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	(Note 4)
\overline{LT}	L	X	X	X	X	X	H	L	L	L	L	L	L	L	(Note 5)

Note 2: $\overline{BI/RBO}$ is wire-AND logic serving as blanking input (\overline{BI}) and/or ripple-blanking output (\overline{RBO}). The blanking out (\overline{BI}) must be open or held at a HIGH level when output functions 0 through 15 are desired, and ripple-blanking input (\overline{RBI}) must be open or at a HIGH level if blanking or a decimal 0 is not desired. X = input may be HIGH or LOW.

Note 3: When a LOW level is applied to the blanking input (forced condition) all segment outputs go to a HIGH level regardless of the state of any other input condition.

Note 4: When ripple-blanking input (\overline{RBI}) and inputs A0, A1, A2 and A3 are LOW level, with the lamp test input at HIGH level, all segment outputs go to a HIGH level and the ripple-blanking output (\overline{RBO}) goes to a LOW level (response condition).

Note 5: When the blanking input/ripple-blanking output ($\overline{BI/RBO}$) is OPEN or held at a HIGH level, and a LOW level is applied to lamp test input, all segment outputs go to a LOW level.

Tabla.4.8 Valores de verdad lógicos del decodificador 74LS47

4.2.6 Encendido de Displays

Los displays son necesarios en el momento de observar la hora del reloj del módulo, y cuando se desea programar las secuencias de ahuyentamiento (Sección 4.1.6.1). Esto representa un promedio de 5 minutos como máximo al día, para un usuario experimentado. El resto del tiempo, los displays encendidos consumen energía de manera inútil.

Para evitar esto, conectaremos los contactos de uno de los relés, vinculado al puerto PB3, al encendido general de los displays. De este modo se podrán encender por software cuando el usuario quiera programar la tarjeta. Se destinará uno de los pulsadores para este propósito. La figura 4.13 ilustra las conexiones para esta función.

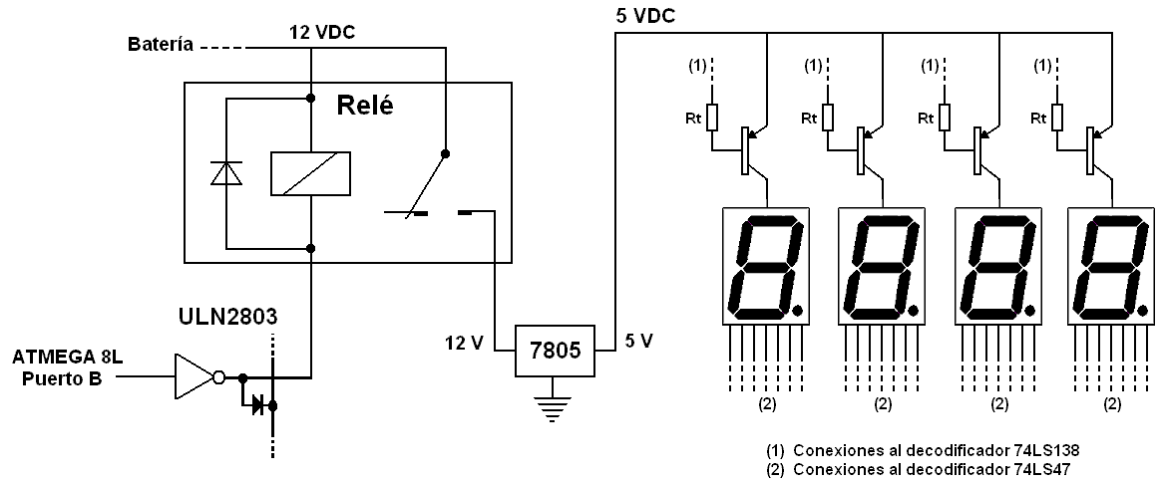


Fig. 4.13 Conexión de Puerto B para dar energía a los displays

4.2.7 Conexión al puerto PD: Interfase de entrada usuario

El puerto PD dispone de 8 bits. La interfaz de entrada para el usuario serán 4 pulsadores conectados al puerto PD. Los otros 4 bits resultantes quedarán reservados para futuras aplicaciones. Dado que el puerto PD será configurado como entrada, detectará niveles en alta o baja, los cuales son 5 y 0 VDC respectivamente.

Los 4 pulsadores serán conectados a 5VDC en su entrada. La salida de los mismos estará conectada a 0V por medio de una resistencia, y en el mismo nodo estarán conectadas a uno de los puertos PD0-PD3 (Figura 4.14). De este modo, mientras el pulsador no cierre el circuito, los puertos estarán fijos en 0VDC, y cuando se cierren, permitirán que pase la corriente a través de la resistencia, fijando el valor de 5VDC en el puerto correspondiente.

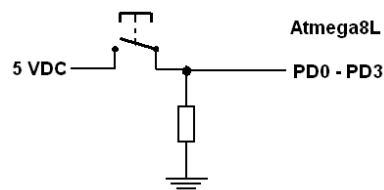
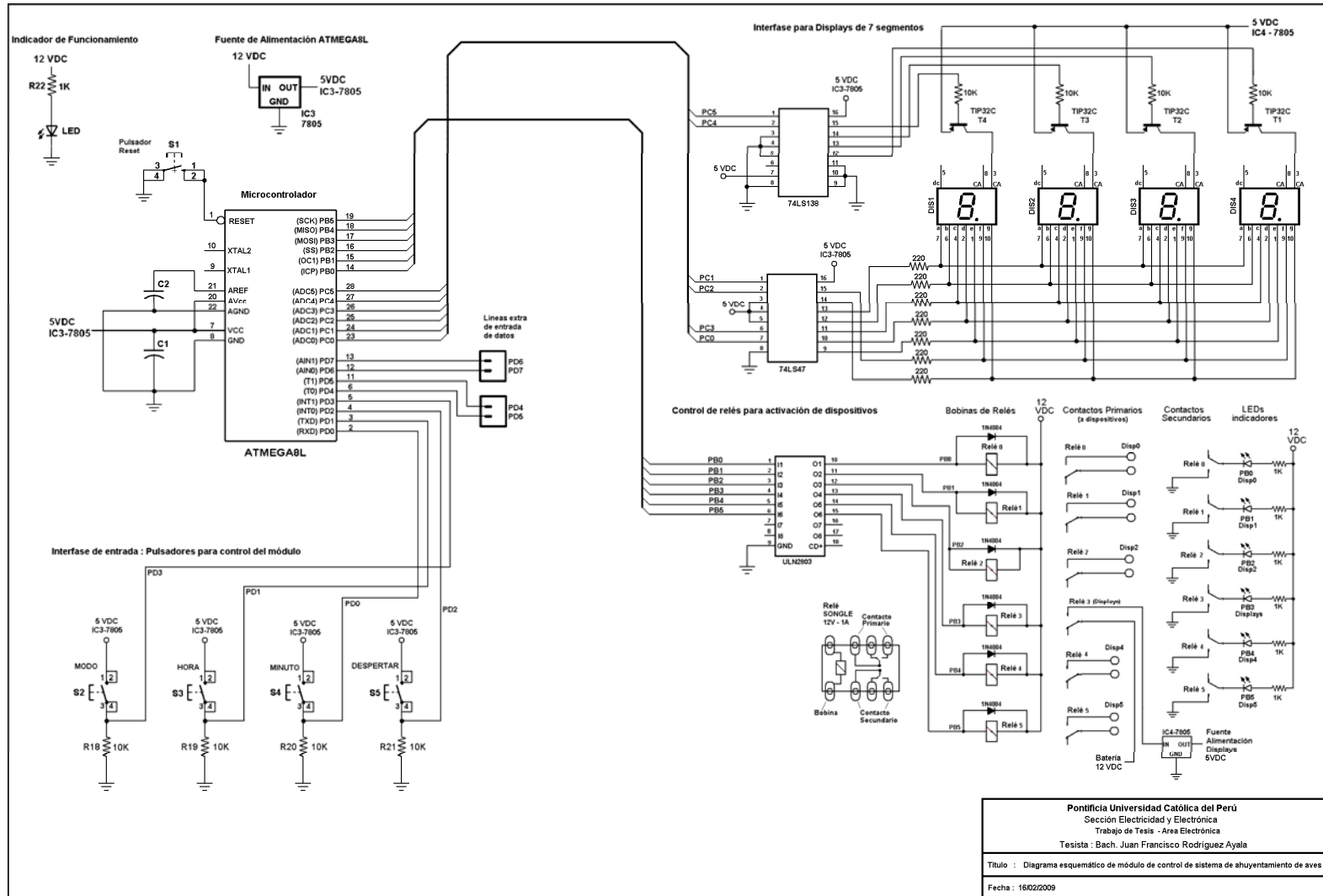


Fig. 4.14 Conexión de pulsador a puertos de entrada PD0-PD3

4.2.8 Diagrama Esquemático General



4.2.8.1 Descripción de diagrama esquemático

a) Fuentes de alimentación

En la Sección 4.2.3 estimamos el consumo de corriente del módulo de control entre 200 y 300 mA, y además determinamos que son necesarios dos reguladores LM7805 para evitar el sobrecalentamiento de dichos componentes.

Como vimos en la Tabla 4.4, en nuestro módulo de control se han previsto 10 combinaciones de ahuyentamiento (de 0 a 9) que involucran el funcionamiento aleatorio de uno o más relés, de manera separada o en simultáneo. El caso de mayor consumo es la combinación 9, que demanda el funcionamiento de todos los relés.

Realizamos mediciones de corriente al módulo de control ya implementado, como se muestra en la sección 4.6.4.1 y confirmamos que el mayor consumo es de 278 mA.

Por los motivos expuestos, debemos confirmar que el circuito dispondrá de dos fuentes de alimentación, compuestas por los reguladores de voltaje 7805. La primera fuente proveerá de 5VDC al microcontrolador, y la segunda a los displays.

b) Indicador de funcionamiento

Se trata de un LED conectado a la fuente de 12VDC, el cual indicará cuando el microcontrolador se encuentre en funcionamiento.

c) Microcontrolador ATMEGA8L

El ATMEGA8L cuenta con alimentación de 5VDC, una línea de RESET en el pin 1, y sus puertos se encuentran conectados a los relés (pines 14 al 19), a los displays (pines 23 a 28) y a los pulsadores (pines 2 al 4).

d) Interfase de entrada: pulsadores para control del módulo

Los pulsadores tendrán dos estados. Cuando no son presionados, su salida estará a 0V, por lo cual los puertos de entrada PD0 a PD3 (ATMEGA8L) estarán a 0V también. Al presionar los pulsadores, los puertos tendrán 5V, y la señal en alta informará al programa del microcontrolador que se ha presionado un pulsador. Son 4 pulsadores, cuyas funciones son: Modo, Hora, Minuto y Despertar.

e) Control de relés para activación de dispositivos

Los pines 14 al 19 del ATMEGA8L, correspondientes a los puertos PB0 a PB5, enviarán señales en alta para ordenar la activación de cada uno de los 6 relés del módulo de control.

Para proporcionar la corriente para activar estos relés se utilizará un arreglo de transistores Darlington (ULN2803), tal y como se describe en la Sección 4.2.4. Las entradas del ULN2803 están conectadas a los puertos PB0 a PB5, y las salidas a las bobinas de los relés. Las salidas del ULN2803 se encuentran invertidas por lo cual, se pondrán en 0V cuando se active una línea, permitiendo el paso de corriente desde la fuente de 12V hacia la bobina y finalmente a la salida del ULN2803.

Cada relé posee 2 pares de contactos, activados al mismo tiempo por la bobina. Los contactos primarios serán las líneas de activación de los dispositivos por lo cual serán conectadas a borneras que comunicarán circuitos exteriores (los dispositivos). Los contactos secundarios están reservados para activar LEDs indicadores del funcionamiento de los contactos primarios, por tanto, cuando se active un relés, se conectará el dispositivo y se encenderá el LED respectivo.

f) Interfase para Displays de 7 Segmento

Los puertos PC0 a PC5 del ATMEGA8L presentarán la información en 4 displays de 7 segmentos. La estrategia consistirá en enviar a los displays el número que se quiere imprimir mediante los puertos PC0 a PC3 (4 bits), y la posición de dicho número en alguno de los 4 displays, mediante los puertos PC4 y PC5 (2 bits). La posición del número tiene 4 combinaciones posibles, las cuales serán decodificadas por el IC 74LS138 a partir de las dos entradas. Las salidas irán conectadas a la base de 4 transistores TIP32C – PNP en corte y saturación, los cuales proveerán corriente al display de acuerdo a lo ordenado por el microcontrolador.

El número a ser impreso en los displays, será determinado por los puertos PC0 a PC3, los cuales estarán conectados al Decodificador BCD-7segmentos 74LS47, cuyas líneas de salida servirán como sumidero a la corriente que circulará por los displays de 7 segmentos, cerrando el circuito y formando el número en el mismo.

g) Líneas extra de entrada de datos.

Son líneas de control, conectadas a los puertos PD4,PD5,PD6 y PD7, las cuales estarán disponibles para alguna futura función del módulo de control, como por ejemplo la carga de energía fotovoltaica del módulo.

4.3 Diseño de circuito impreso del módulo de control

La tarjeta del módulo de control se realizará sobre un circuito impreso de doble cara, con el fin de agrupar a todos los componente en el menor espacio posible y facilitar su montaje en el interior de una caja protectora. El diseño puede ser observado en la Figura 4.15.

4.3.1 Cara de la interfase de usuario en la tarjeta de circuito impreso.

La cara de interfase posee las pistas de conexión de los componentes del reverso de la tarjeta, pero también sirve de espacio para instalar componentes que darán la cara al usuario: los displays, LEDs indicadores y los 4 botones para operar y programar el módulo.

4.3.2 Cara de componentes de tarjeta de circuito impreso.

Esta cara de la tarjeta de control lleva en su superficie la mayoría de componentes del módulo, incluyendo el ATMEGA8L y los relés que dan conexión a los dispositivos.

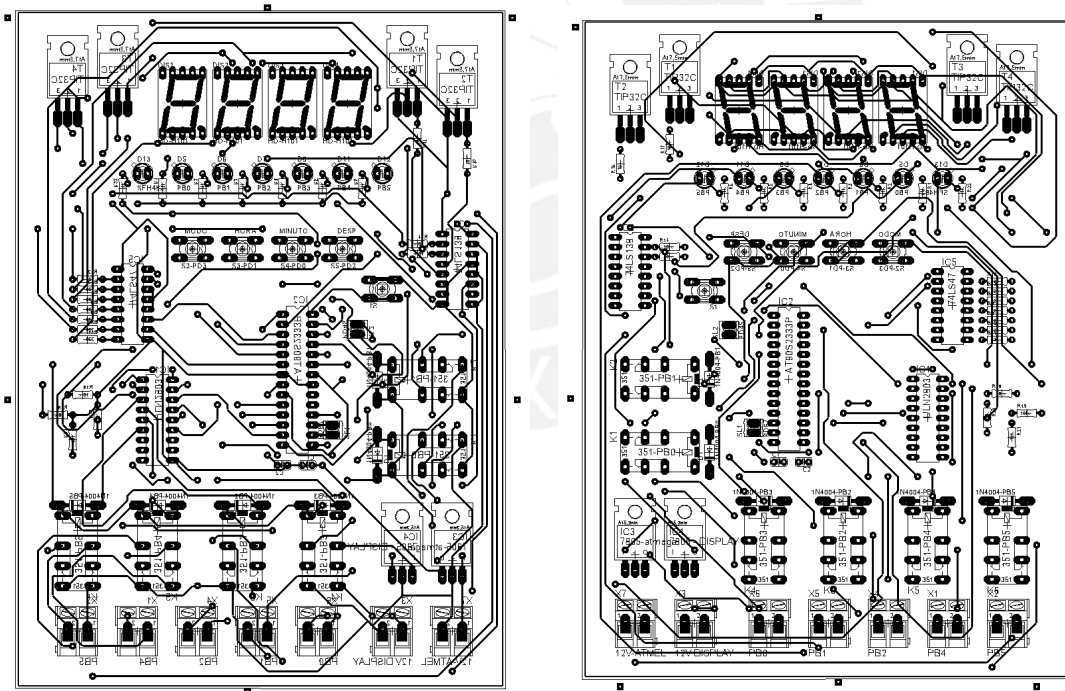


Fig.4.15 Esquema de cara de interfase de usuario (izquierda) y cara de componentes (derecha) de la tarjeta del módulo de control

4.3.3 Descripción de la tarjeta del módulo de control.

- Dimensiones : 18 x 13 cm
- Material : Fibra de vidrio con doble cara conductora
- Herramienta de diseño : Software CADSoft EAGLE
- Método de impresión: Transferencia de toner por calor.
- Método de montaje de componentes: agujero pasante.

Criterios de fabricación:

4.3.3.1 Integración de componentes. Dada la gran cantidad de conexiones existente entre los componentes, se decidió concentrar a todos en una misma tarjeta de circuito impreso, para evitar el riesgo de fallas por desconexiones o corto-circuitos.

4.3.3.2 Tamaño reducido. De este modo el circuito se adapta a un chasis que pueda ser transportado sin problemas, debido a que no será muy grande.

4.3.3.3 Ubicación de Microcontrolador. Se decidió ubicar el ATMEGA8L en la parte central de la tarjeta de circuito impreso para facilitar el enrutamiento de las pistas conductoras a los componentes, ubicados alrededor del microcontrolador.

4.3.3.4 Doble cara con fines ergonómicos. Una de las caras de la tarjeta estará destinada a la mayoría de componentes, y la otra cara a los displays, pulsadores y LEDs, de modo que cuando se monte la tarjeta en una caja, dicho lado sea el que dé al usuario. Ver Figura 4.16.

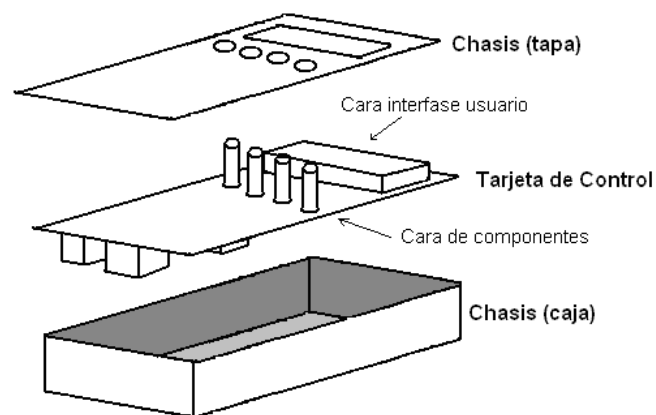
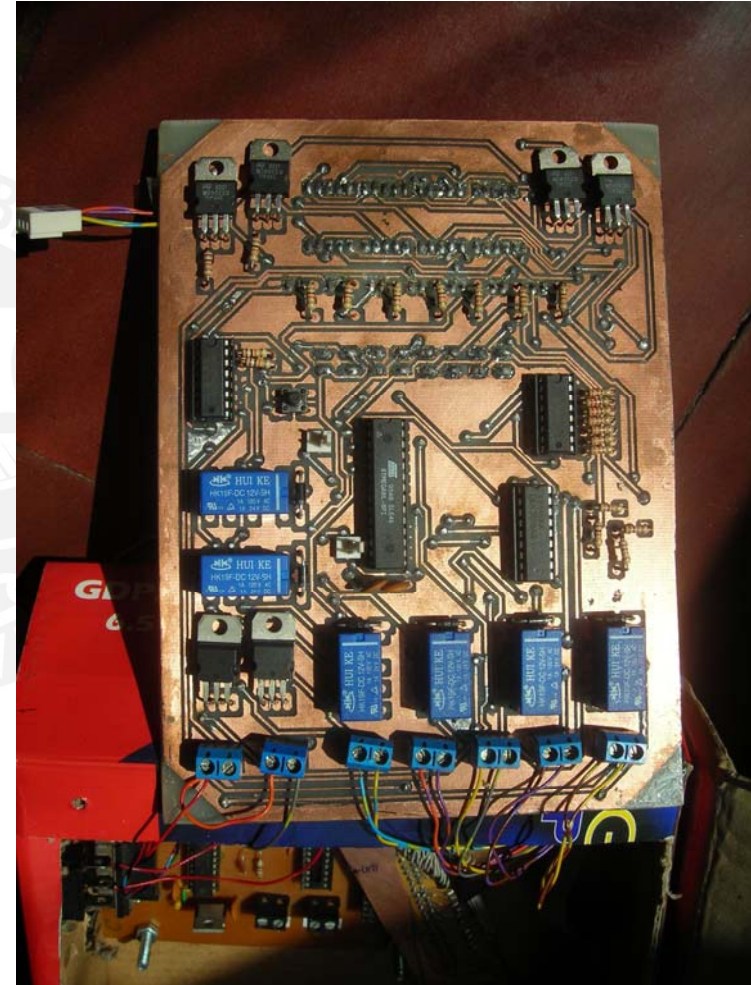
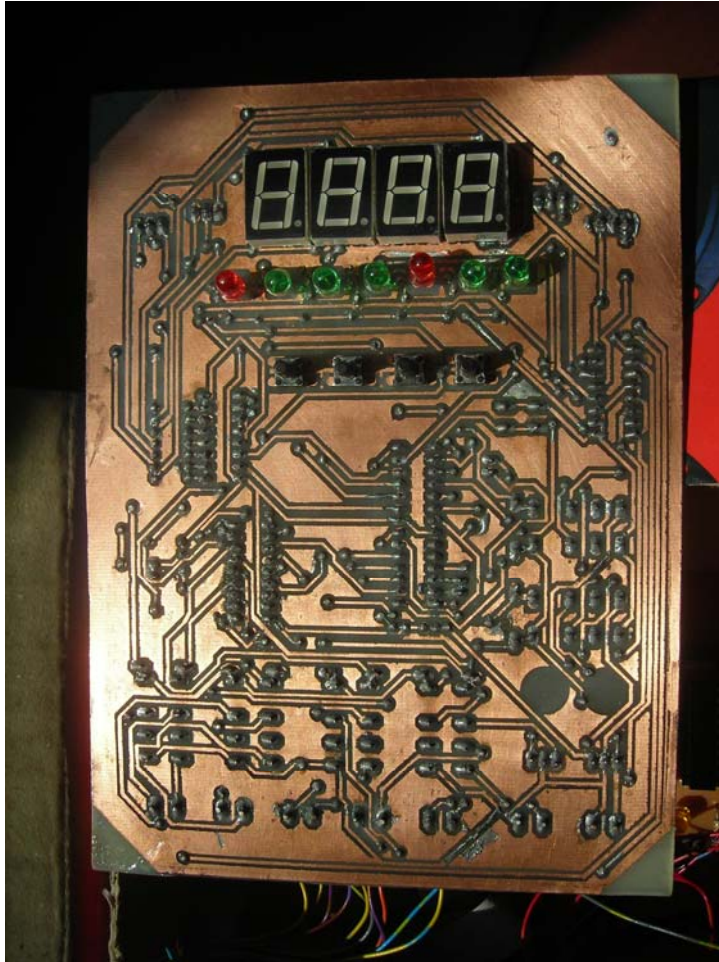


Fig. 4.16 Montaje de tarjeta de módulo de control en un chasis.

4.3.4 Vista frontal y posterior de tarjeta de circuito impreso del módulo de control



4.4 Interfase de comunicación entre módulo de control y dispositivos de ahuyentamiento

Como vimos en la sección 4.2.4 los relés del módulo de control se cierran cuando el microcontrolador ordena la activación de un dispositivo. La señal de activación puede transmitirse por un cable que conecte el interruptor del dispositivo con la salida del relé de la tarjeta de control.

El arreglo elemental para este circuito puede consistir en conectar la alimentación al relé, permitiendo que el mismo conmute el encendido / apagado del dispositivo, como vemos en la Figura 4.17.

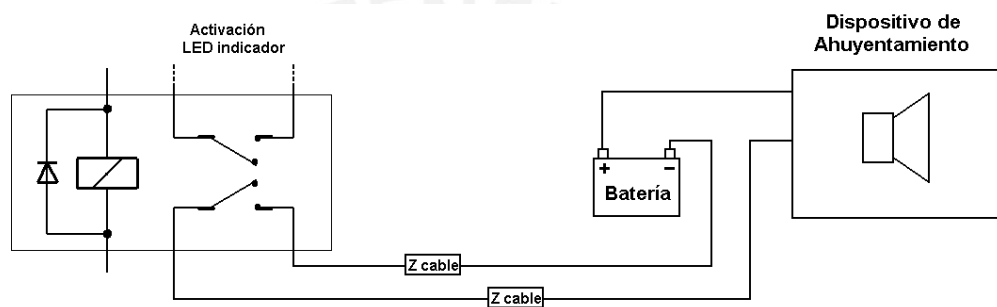


Fig.4.17 Conexión entre relé de control y alimentación del dispositivo de ahuyentamiento.

Sin embargo este modo de activar el dispositivo tiene como desventaja la pérdida de energía a través del cable de conexión entre el módulo de control y el dispositivo. Si el dispositivo se encuentra cerca del módulo de control, es factible conectarlos directamente. Pero este es un caso especial ya que los dispositivos deben situarse alejados unos de otros para cubrir una mayor área. Es necesario aplicar métodos que permitan controlarlos a distancia.

Presentaremos dos métodos sugeridos para comunicar los dispositivos al módulo de control. Conviene aclarar que estas propuestas no forman parte de nuestra tesis.

4.4.1 Transmisión de señales de control mediante cables de cobre

La transmisión de un voltaje DC por medio de un cable de cobre sufre pérdidas de potencia debido a que la impedancia del mismo es directamente proporcional a su longitud. Una forma de evadir este problema es transmitir la información en la frecuencia de la señal eléctrica. La señal puede tener una componente de frecuencia como se muestra en la Figura 4.18, de modo que su detección en el receptor sea independiente del nivel DC.

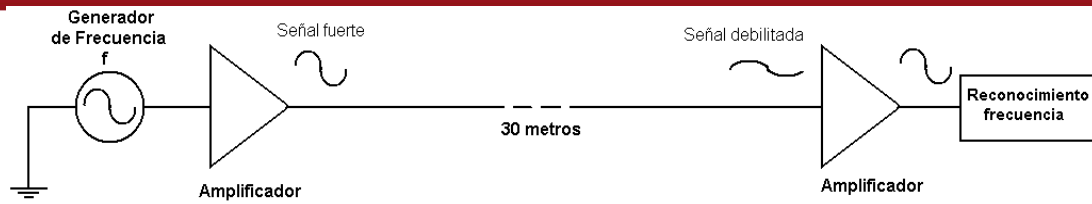


Fig.4.18 Interfase de comunicación basada en transmisión de señal de frecuencia.

4.4.2 Control remoto por radiofrecuencia

Para activar los dispositivos a distancia, sin las desventajas que involucra un tendido de cable conductor, es necesario el desarrollo de un sistema de comunicación inalámbrico basado en ondas de radio.

La solución consiste en conectar un transmisor en la salida del módulo de control, y un receptor a la entrada de señal del dispositivo de ahuyentamiento. De este modo, el módulo de control podrá activar el dispositivo dentro del alcance máximo del transmisor. En la Figura 4.19 se muestra el sistema planteado.

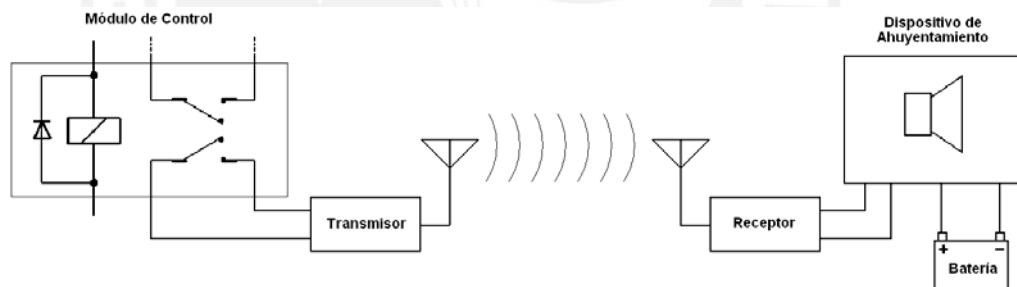


Fig.4.19 Control remoto inalámbrico de un dispositivo de ahuyentamiento.

4.5 Programación

4.5.1 Estructura del programa

El microcontrolador ATMEGA8L fue programado usando lenguaje Assembler y utilizando una estructura compuesta de 3 partes :

- Programa Principal
- Subrutinas
- Rutina de Servicio de Interrupción

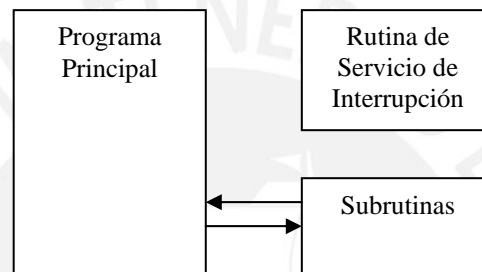


Fig.4.20 Esquema general de programa del módulo de control

El **Programa Principal** ha sido realizado como un lazo cerrado, encargado de :

- 1) Actualizar los displays,
- 2) Leer los pulsadores y ,
- 3) Activar los relés que realizarán a su vez el encendido de los dispositivos de ahuyentamiento.
- 4) Incrementar el contador de carrera libre para generar números aleatorios.

Este programa brinda las siguientes opciones:

- Encender los displays al presionar el pulsador “Despertar”
- Ofrecer dos pantallas al usuario : *Pantalla 1 : Hora Actual*, y *Pantalla 2 : Combinaciones*
 - En la *Pantalla 1: Hora Actual*, se podrá programar la hora actual mediante los pulsadores “Hora” y “Minuto”.
 - En la *Pantalla 2: Combinaciones*, el usuario podrá escoger el tipo de combinación de dispositivos a activar en una o varias horas elegidas.

- Apagar los displays cuando transcurra un minuto luego del último uso de los pulsadores.
- Generar números aleatorios para activar y desactivar los dispositivos en un patrón aleatorio.

Las **Subrutinas** ayudan al programa principal a realizar funciones tales como:

- Control de encendido de los displays
- Escribir información actualizada en los displays
- Activar la combinación de relés programada

Finalmente la **Rutina de Servicio de Interrupción**, brinda la sincronización al conjunto, conteniendo un reloj 00→24 Hrs y capturando los valores aleatorios útiles para el programa principal. Ha sido configurada para ejecutarse cada 250ms, por lo cual usa un contador de 0 a 4 para incrementar los valores de segundos en 1 por vez.

4.5.2 Programa Principal

El programa principal está compuesto de un lazo cerrado que realiza varias de las funciones del sistema. Describiremos cada una de ellas.

4.5.2.1 Avance del contador de carrera libre

El programa del módulo de control requiere de un contador de carrera libre para generar números aleatorios que permitan activar los dispositivos de manera igualmente aleatoria. Esto es parte fundamental de la estrategia aleatoria de ahuyentamiento de aves, definida en la sección 4.1.4.

Este contador de carrera libre del programa principal incrementa sus valores de 0 a 255 (8 bits) , volviendo a 0 en el valor final de la cuenta.

La contraparte de este contador se encuentra en la Rutina de Servicio de Interrupción (RSI) y se encarga de capturar los valores del contador de carrera libre en el programa principal.

Dado que la velocidad de ejecución del lazo cerrado del programa principal es mucho más rápida que el periodo de ocurrencia de la RSI (250ms), la captura del valor del contador, por

parte de la RSI se convierte en una recolección de números aleatorios, los cuales serán usados para activar los relés de manera aleatoria.

4.5.2.2 Invocación de Subrutina de Activación de Relés

En cada ejecución del lazo cerrado del programa, se invoca la subrutina de activación de relés, con el fin de actualizar continuamente el estado del puerto PB, los cuales están vinculados a los relés que activarán los dispositivos de ahuyentamiento.

4.5.2.3 Detección de pulsadores y refresco de pantalla.

Tanto en la pantalla 1 como en la pantalla 2, el lazo cerrado repasa continuamente el estado de los pulsadores. De acuerdo al pulsador presionado por el usuario, el programa ejecuta la subrutina correspondiente. De este modo se pueden aumentar los minutos ($PD1=1$) y horas ($PD0=1$), para programar la hora actual (Figura 4.21).

El pulsador “Despertar” atiende la necesidad de ahorrar la energía de los displays, pues al ser presionado ($PD2=1$) da paso a una subrutina que enciende el relé conectado a la energía que tomarán los displays para su funcionamiento.

El programa también posee un contador de 0 a 60 segundos, al cabo de los cuales, si no ha habido uso de los pulsadores, apaga los displays.

El pulsador de “Modo” ($PD3=1$) realiza el cambio de pantalla, de la hora actual a la pantalla de programación, en la cuál se pueden observar los cambios introducidos por el usuario.

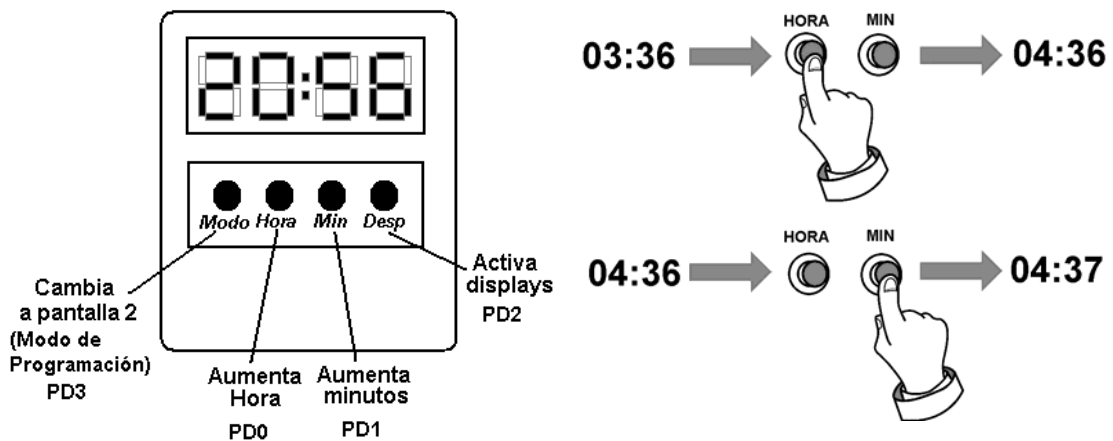


Fig. 4.21 procedimiento para ajustar hora del reloj del módulo de control.

El desarrollo completo del programa principal en la pantalla de reloj, puede ser apreciado en el diagrama de flujo de la figura 4.22.

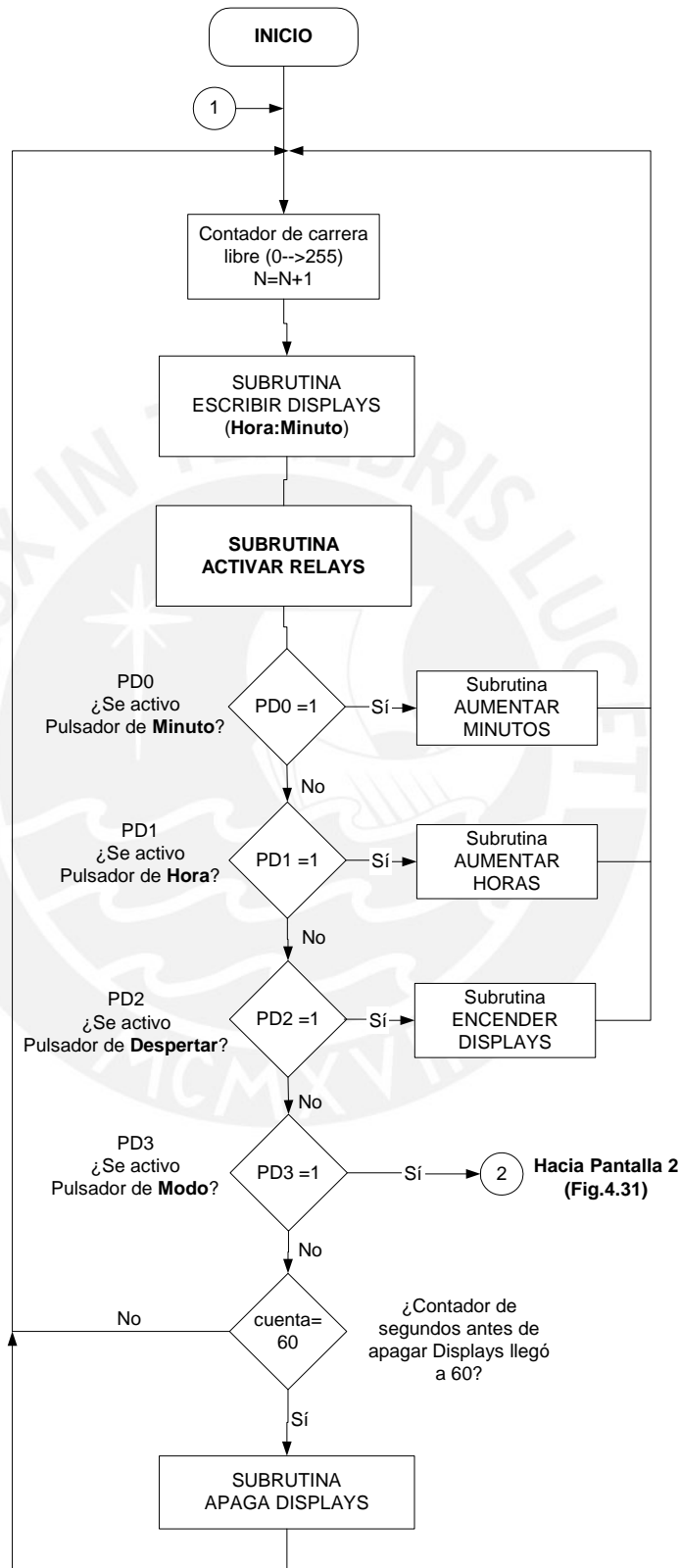


Fig.4.22 Diagrama de flujo de programa principal en modo de reloj

4.5.3 Pantalla 2: Modo de programación del ahuyentamiento

Esta parte del programa principal es similar al correspondiente a la pantalla inicial. Al utilizar el pulsador de cambio de combinación (PD0) el programa invoca una subrutina que cambia el valor de combinación de una determinada hora, y graba este valor en la variable correspondiente, de modo que el programa pueda:

- Activar los dispositivos de ahuyentamiento durante las horas programadas
- Activar la combinación de dispositivos elegida por el usuario, para cada hora.

Utilizando el pulsador “Modo”, el programa puede saltar al inicio del lazo, volviendo a la pantalla 1.

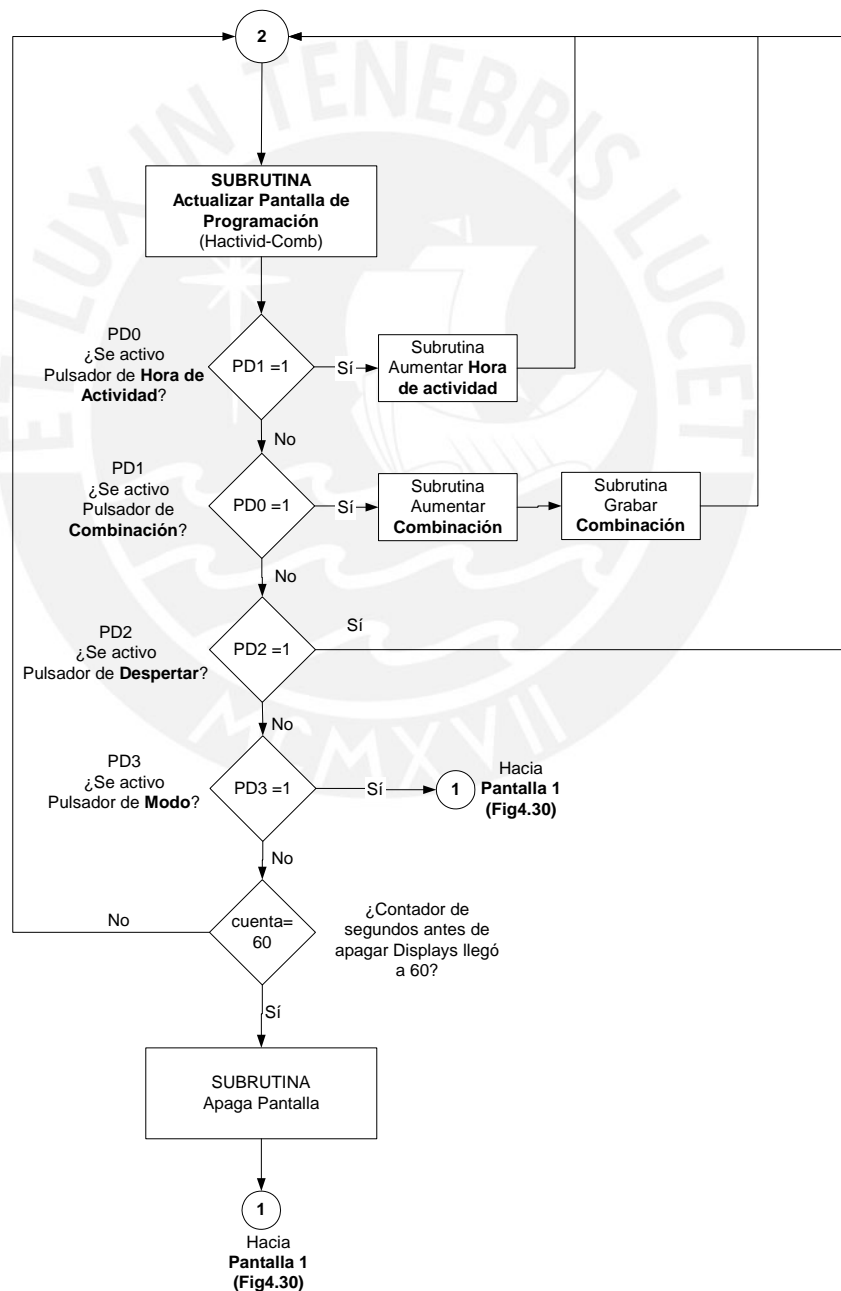


Fig. 4.23 Diagrama de flujo de programa principal en modo de programación

En el modo de programación, para fijar la hora de ahuyentamiento y la combinación deseada, se usan los botones de “hora” y “minuto”. Esto se puede apreciar en la Figura 4.24.

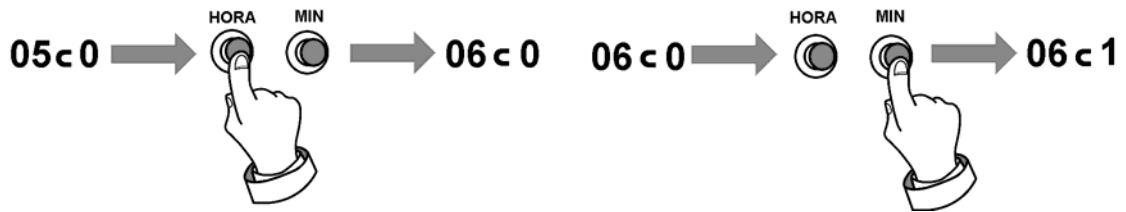


Fig. 4.24 Procedimiento para programar la hora de ahuyentamiento y combinación deseada

4.5.4 Rutina de Servicio de Interrupción

La Rutina de Servicio de Interrupción ha sido programada para ejecutarse cada 250ms y tiene como función principal la actualización de los valores de segundos, minutos y horas.

Al ejecutarse cada 250ms, el contador RSI aumenta en 1 en cada vuelta, y si se llega a la cuenta máxima (4), el valor de segundos es incrementado en 1. Luego, el valor de los segundos se incrementa hasta alcanzar el valor de 60, momento en el cual se incrementa el valor de minutos. En similar proceso, se incrementan las horas, de 00 a 24Hrs (Ver figura 4.26).

Cada segundo, la RSI captura uno de los valores del contador de carrera libre en el programa principal (ver Figura 4.25), el cual se incrementa progresivamente a una velocidad mucho mayor. Al ser tan diferentes las velocidades del RSI y el programa principal, los valores obtenidos por la RSI no guardan una periodicidad aparente y son virtualmente aleatorios.

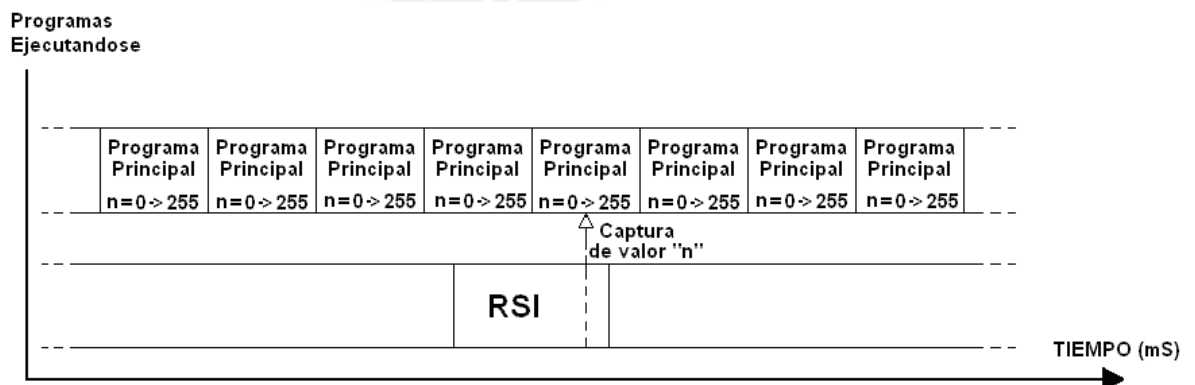


Fig. 4.25 Diagrama de tiempos de generación de números aleatorios

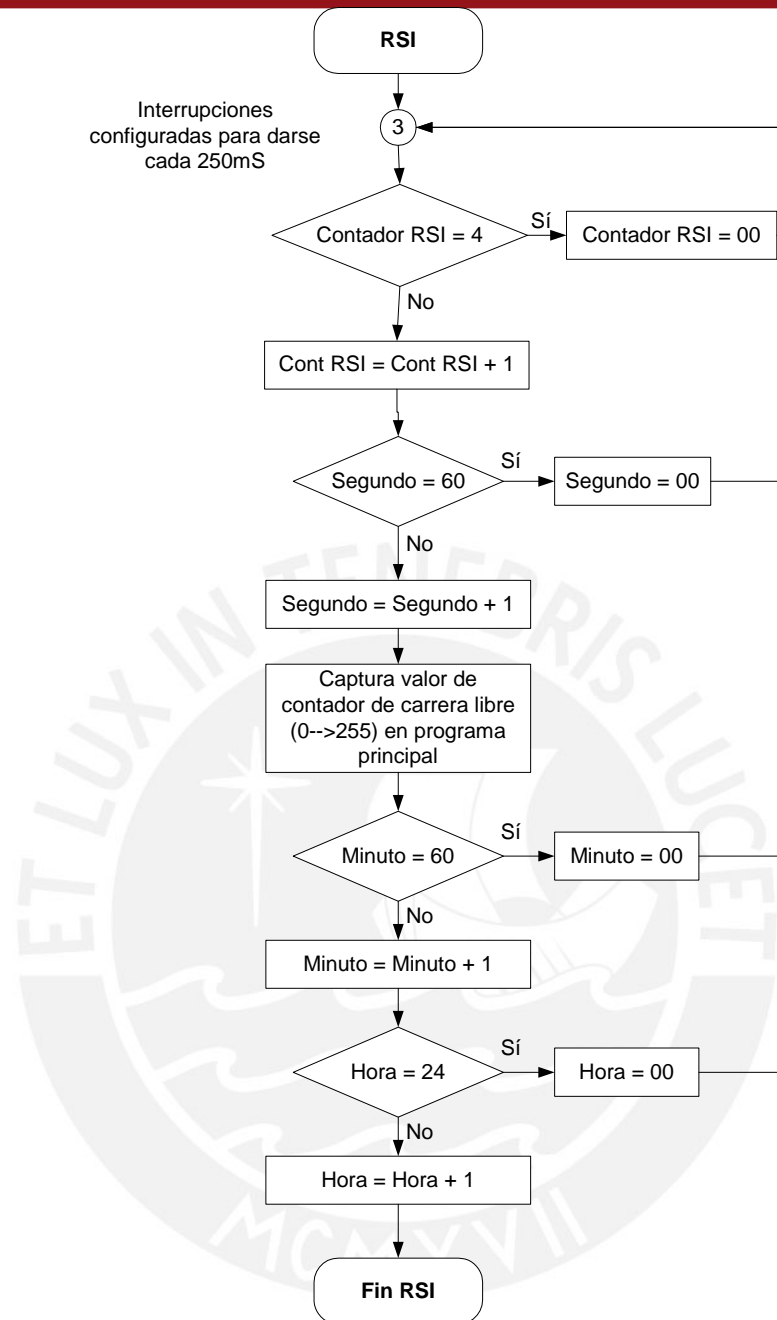


Fig. 4.26 Diagrama de flujo de rutina de servicio de interrupción.

4.5.5 Subrutinas

Tenemos 3 subrutinas principales para que el módulo desarrolle sus funciones básicas.

- Subrutina para escribir displays de pantalla principal.
- Subrutina para actualizar pantalla de programación (segunda pantalla).
- Subrutina para activar relés.

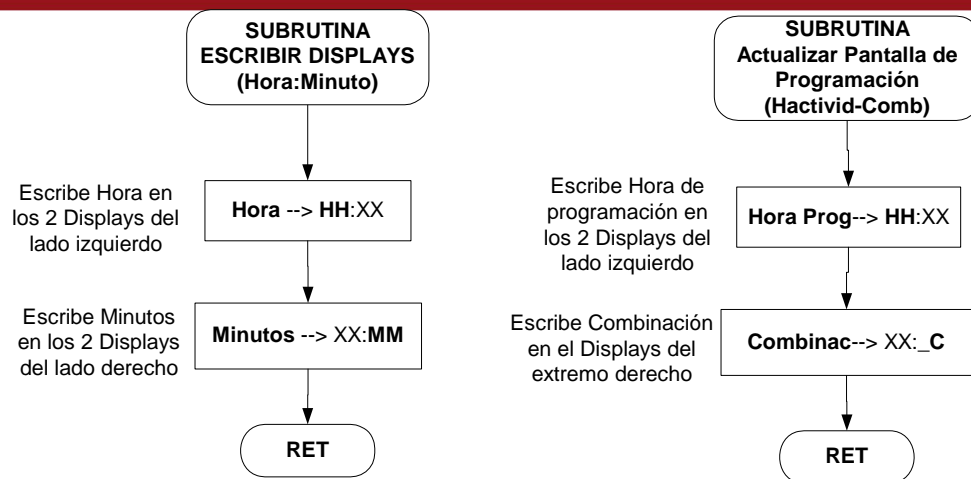


Fig. 4.27 Diagramas de flujo de subrutinas para escribir displays y actualizar pantalla de programación.

Respecto a la **subrutina para actualizar la pantalla principal**, debemos recalcar que los valores mostrados en los displays corresponden a la cuenta de minutos y horas de la RSI (Figura 4.27).

Sobre la **subrutina para actualizar pantalla de programación**, su funcionamiento es similar a la subrutina antes descrita, con la diferencia de que toma los valores de combinación de las variables correspondientes. Estas variables pueden ser modificadas directamente por el usuario, mediante los pulsadores.

La **subrutina para activar los relés** (Figura 4.28) merece una descripción más detallada. Esta subrutina compara la hora actual con la hora programada para ahuyentamiento. Las horas programadas para ahuyentamiento son definidas por el usuario, por medio de la pantalla 2. La subrutina observa primero si hay una coincidencia de horas.

En caso de que exista la coincidencia, el siguiente paso es obtener el número aleatorio de la RSI, el cuál no es más que el valor que la misma capturó del contador de carrera libre del programa principal.

El valor aleatorio tiene una extensión de 8 bits, los cuales pueden trasladarse directamente al puerto PB, y activar de este modo los relés de manera aleatoria. Sin embargo, el paso siguiente restringe esta traslación directa de bits al PB usando como máscara la **combinación** que el usuario ha escogido para la hora en curso.

Por ejemplo, si el usuario quiere que se usen solamente los dispositivos 1 y 2, estos se encenderán de forma aleatoria, pero no el resto de dispositivos. La máscara de **combinación** permite mantener apagados los bits correspondientes a esos dispositivos que no se desea usar.

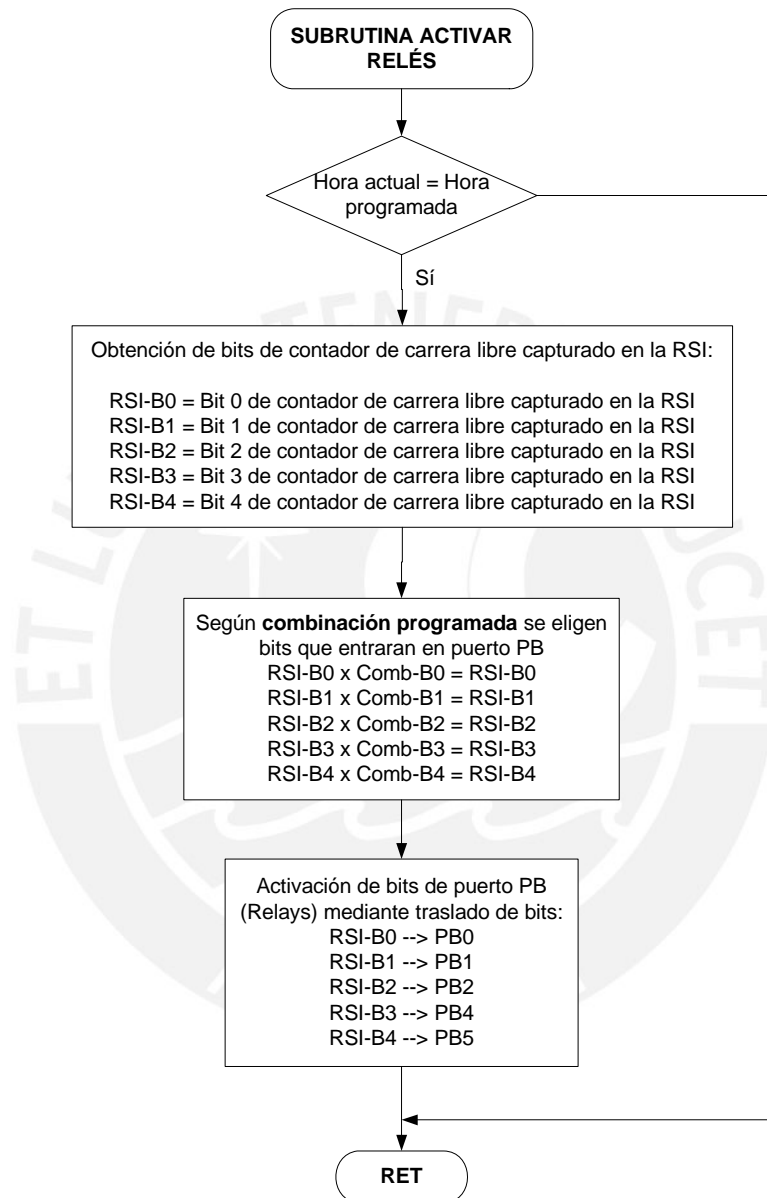


Fig. 4.28 Diagrama de subrutina para activar los relés

4.6 Sistema de Energía

4.6.1 Elección del tipo de consumo de energía.

El sistema de ahuyentamiento será utilizado en zonas rurales, por lo que deben compararse las ventajas y desventajas de las fuentes de energía disponibles en dichos lugares para garantizar una autonomía que permita el cumplimiento de su propósito.

Es necesaria una comparación entre la energía eléctrica comercial de 220 VAC y la energía fotovoltaica solar. La Tabla 4.9 muestra las principales ventajas y desventajas de ambas:

Tipo de fuente de energía	Ventajas	Desventajas
Energía comercial 220 VAC	<ul style="list-style-type: none"> - En general estable. - Proporciona una potencia mayor a la necesaria. - Es económica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Largos tendidos de cable de cobre. - Poca libertad de movimiento. - Riesgo de choque eléctrico
Energía Fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> - Proporciona la potencia necesaria. - Proporciona movilidad e independencia de fuentes fijas de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depende de la disponibilidad del brillo solar. - Inversión inicial costosa.

Tabla 4.9 Ventajas y desventajas de fuentes de energía solar y comercial

4.6.1.1 Energía Comercial

La energía comercial es relativamente estable y puede cargar una batería que permita el funcionamiento del módulo de control o de los dispositivos de ahuyentamiento durante los cortes de suministro eléctrico.

Sin embargo el uso de energía comercial depende de una instalación fija de cables de corriente eléctrica, los cuales deben cruzar grandes extensiones de terreno para llegar a los artefactos. Además, esto limita la movilidad de los dispositivos, ya que al cambiarlos de lugar, la instalación eléctrica debe modificarse también.

4.6.1.2 Energía Fotovoltaica

La principal ventaja de la energía fotovoltaica es que puede ser llevada junto con el módulo o con el dispositivo al lugar donde se requiera. Su movilidad ayuda a evitar que las aves se acostumbren a esperar la misma ubicación en las fuentes de sonido o de movimiento.

Los sistemas fotovoltaicos proporcionan suficiente energía a artefactos de bajo consumo eléctrico como el módulo de control y los dispositivos. Por otro lado el recurso energético principal, el brillo solar, es abundante en Ica todo el año y sobre todo en el verano, época en la que se realizará el ahuyentamiento de aves.

Creemos que el sistema fotovoltaico es la elección adecuada para nuestro sistema de ahuyentamiento. En adelante desarrollaremos este sistema para nuestro proyecto.

4.6.2 Sistemas Fotovoltaicos

Todo Sistema Fotovoltaico (SFV) está compuesto por 3 componentes interconectados:

- Panel(es) solares
- Batería(s)
- Circuito controlador de carga

Los paneles fotovoltaicos, o paneles solares, convierten la luz solar en electricidad por medio del efecto fotovoltaico producido en sus placas de Silicio. Las baterías almacenan la electricidad por medios electroquímicos, siendo necesario que sean recargables. El controlador de carga es un circuito electrónico que administra la carga de las baterías con la energía producida por los paneles solares (Figura 4.29).

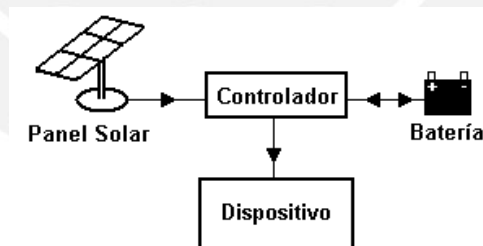


Fig.4.29 Sistema fotovoltaico básico

El proceso de selección de estos componentes se conoce como **Dimensionamiento de Energía Fotovoltaica**, y se realiza mediante los siguientes cálculos:

- Consumo de energía de los artefactos que se desea alimentar.
- Determinación de paneles solares requeridos (potencia en W y cantidad)
- Elección de una batería adecuada (corriente en Ah)
- Controlador requerido (corriente máxima en A)

4.6.3 Consumo de energía

4.6.3.1 Consumo de energía del Módulo de control

En la sección 4.1.6.1 definimos el funcionamiento del módulo de control como un conjunto de actividades que involucran el encendido de 4 displays, 5 relés de control y la programación del microcontrolador. Dichas actividades tienen un consumo de energía que puede medirse mientras las actividades se realizan. Haciendo una síntesis del funcionamiento del módulo de control podemos distinguir 3 estados de funcionamiento:

- a) Funcionamiento del microcontrolador (estado de espera - reloj funcionando)
- b) Encendido de displays 7-segmentos
- c) Activación de relés.

Para conocer el consumo de energía de cada estado, es necesario calcular un promedio ponderado de los consumos de dichos estados en los periodos de tiempo correspondientes.

Debemos señalar que el estado de **Activación de relés** tiene 9 combinaciones. Cada combinación puede tener uno o varios relés activados al mismo tiempo. Las 9 combinaciones fueron definidas en la Sección 4.1.6.1.

Considerando los tres estados de funcionamiento y sus combinaciones, hemos realizamos mediciones de la corriente (A) consumida por el módulo de control en los distintos estados de funcionamiento (y combinaciones). La Tabla 4.10. resume dichos consumos.

Corriente (A)	Displays apagados		Displays encendidos	
	Off	On	Off	On
Combinación 0	0.021	(apagado)	0.183	(apagado)
Combinación 1	0.021	0.044	0.185	0.203
Combinación 2	0.021	0.043	0.185	0.197
Combinación 3	0.021	0.044	0.183	0.203
Combinación 4	0.021	0.044	0.182	0.201
Combinación 5	0.021	0.044	0.183	0.201
Combinación 6	0.022	0.065	0.185	0.223
Combinación 7	0.021	0.065	0.186	0.224
Combinación 8	0.021	0.065	0.188	0.228
Combinación 9	0.021	0.079	0.185	0.278

Tabla 4.10 Corrientes consumidas por el módulo de control (A) @ 12.13 VDC

En la tabla 4.10 distinguimos que dos factores de consumo importantes son la combinación de dispositivos a activar (mayor o menor cantidad de relés activados varían el consumo) y el encendido de los displays (On/Off).

Notemos que en la **combinación 0** cuando los displays están apagados, la corriente consumida es 0.021A. Por otro lado, cuando los displays están encendidos, el consumo de corriente es de 0.183A. No hay otro caso pues los relés no se encenderán en esta combinación.

En la **combinación 1**, cuando los displays están apagados, existen dos posibles consumos de corriente: cuando los relés están funcionando (0.044A) y cuando no están funcionando (0.021A).

En cambio, cuando los displays están encendidos, existen dos posibles consumos de corriente: cuando los relés están funcionando (0.203A) y cuando no están funcionando (0.185A).

4.6.3.1.1 Cálculos para hallar el consumo de energía del módulo de control.

Para obtener la potencia promedio del módulo de control, en un ciclo normal de funcionamiento, calcularemos un promedio ponderado que involucre el tiempo en el cual cada estado de funcionamiento ocurre.

Sea:

T1: Tiempo programación del módulo en horas (Relés apagados, displays encendidos).

T2: Tiempo de ahuyentamiento en horas (Relés encendidos, displays apagados).

T3: Tiempo de espera en horas (Relés apagados, displays apagados).

Asumiremos que el ciclo de funcionamiento básico comprende:

- 10 minutos diarios de programación: sincronización del reloj, programación de combinaciones, etc.
- 5 horas de ahuyentamiento al día: tres en la mañana y dos en la tarde.⁴⁸
- Uso de la combinación 9, el caso de mayor consumo de energía posible⁴⁹.

⁴⁸ Según la información obtenida en las pruebas de campo en el fundo La Caravedo, el ataque de las aves ocurre principalmente entre 6:00am y 9:00am, y entre 4:00pm y 6:00pm

⁴⁹ Es recomendable asumir el peor caso posible.

Se tiene que:

$$T1 = 10 \text{ minutos} = 0.166 \text{ horas} \quad ; \quad T2 = 5 \text{ horas}$$

Finalmente:

$$T3 = 24 - T2 - T1 = 18.834 \text{ horas}$$

Calculamos, considerando los valores de corriente conocidos (A):

$$\text{Corriente Tarjeta Control} = \frac{T1 \times \text{Corr}T1 + T2 \times \text{Corr}T2 + T3 \times \text{Corr}T3}{T1 + T2 + T3}$$

donde:

CorrT1: Corriente en periodo T1 (tiempo de programación del módulo)

CorrT2: Corriente en periodo T2 (tiempo de funcionamiento de dispositivos combinación 9).

CorrT3: Corriente en periodo T3 (tiempo de espera, sin funcionamiento de dispositivos)

$$\text{Corriente Tarjeta Control} = \frac{0.166 \times 0.185 + 5 \times 0.079 + 18.834 \times 0.021}{24}$$

$$\text{Corriente Tarjeta Control} = 0.0342 \text{ A} = 34.22 \text{ mA}$$

Concluimos que la tarjeta de control del sistema ahuyentador de aves consume en promedio 0.0342A, lo cual equivale a **0.415 W @ 12.13V** que evaluados en un periodo de 24 horas de funcionamiento, dan un consumo de:

$$0.0342 \text{ A} \times 24 \text{ horas} = 0.8213 \text{ Ah/día}$$

$$0.415 \text{ W} \times 24 \text{ horas} = 9.9627 \text{ Wh/día}$$

4.6.3.2 Consumo de energía del dispositivo de ahuyentamiento por sonido

El dispositivo de ahuyentamiento por sonido es básicamente un amplificador genérico⁵⁰ conectado a dos parlantes de 90W. El sonido proviene de un reproductor MP3 cuyo consumo de energía es muy bajo y puede depender de la fuente de energía del amplificador.

Al igual que el módulo de control, el dispositivo de ahuyentamiento sonoro posee estados de funcionamiento que dependen del sonido emitido en cada momento. Para esta prueba elegimos uno de los CD de sonidos de prueba que utilizamos en el Fundo La Caravedo, el cual tiene secuencias de ruidos y voces fuertes. Estas pistas de sonido intercalan momentos

⁵⁰ Amplificador Genérico : Es un amplificador común, sin marca, y de bajo costo.

de silencio y momentos de sonido intenso. Ambos estados consumen distintas cantidades de energía.

Para saber cual es la proporción entre los momentos de sonido intenso y de silencio, analizamos el sonido utilizando un software llamado *Cool Edit Pro*. Este programa permite observar la forma de onda del sonido, e identificar los momentos de presencia o ausencia del mismo. Podemos apreciar la pantalla del programa en la Figura 4.30.



Fig.4.30 Pantalla de Cool Edit Pro. Nótese la gráfica de la forma de onda.

Mediante una función de este software, es posible conocer la proporción de los dos estados (sonido / silencio) del dispositivo. La Tabla 4.11 muestra la duración en segundos, de los momentos de silencio y de sonido en las pistas de reproducción del CD.

CD	Descripción	Distribución de Tiempo (segundos)		
		Sonido	Silencio	Total
PISTA 1	Gritos de personas	60	136	196
PISTA 2	Gritos vocalizados	52	106	158
PISTA 3	Silbatos de policía	18	99	117
PISTA 4	Motocicletas	84	92	176
PISTA 5	Gritos y disparos	36	62	98
PISTA 6	Gritos, risas, vocalización	55	122	177
PISTA 7	Canto de halcón	57	6	63
PISTA 8	Diálogo a gritos y disparo	9	30	39
PISTA 9	Sonidos sintetizados	27	40	67
PISTA 10	Motocicletas estéreo	84	87	171
PISTA 11	Aplausos y conversación	35	50	85
PISTA 12	Silbatos de policía (2)	33	89	122
TOTAL		550	919	1469
		9min 10seg	15min 19seg	24min 29seg
Distribución		37.44%	62.56%	100.00%

Tabla 4.11. Distribución de tiempo (segundos) de sonido y silencio en pistas de CD

De esta información podemos deducir que utilizando estas pistas de audio, el amplificador reproducirá sonidos el **37.44%** del tiempo total, y silencio el **62.56%** del tiempo total.

Simultáneamente, medimos la corriente consumida por el amplificador durante la emisión de las pistas de audio. Como vemos en la Tabla 4.12, la corriente y potencia consumidas cuando se emite un sonido es superior al consumo cuando se reproduce silencio.

CD	Descripción	Corriente consumida (A)		Potencia consumida (W)	
		Sonido	Silencio	Sonido	Silencio
PISTA 1	Gritos de personas	2.05	0.18	26.61	2.39
PISTA 2	Gritos vocalizados	2.01	0.18	26.09	2.39
PISTA 3	Silbatos de policía	1.95	0.18	25.31	2.39
PISTA 4	Motocicletas	2.07	0.18	26.87	2.39
PISTA 5	Gritos y disparos	2.10	0.18	27.26	2.39
PISTA 6	Gritos, risas, vocalización	1.95	0.18	25.31	2.39
PISTA 7	Canto de halcón	2.08	0.18	27.00	2.39
PISTA 8	Diálogo a gritos y disparo	2.06	0.18	26.74	2.39
PISTA 9	Sonidos sintetizados	1.99	0.18	25.83	2.39
PISTA 10	Motocicletas estéreo	2.17	0.18	28.17	2.39
PISTA 11	Aplausos y conversación	2.03	0.18	26.35	2.39
PISTA 12	Silbatos de policía (2)	2.02	0.18	26.22	2.39
Valores promedio ponderado		2.05	0.18	26.67	2.39

Tabla 4.12. Valores de corriente asociados a sonido y silencio en pistas de CD⁵¹

Podemos observar que cuando el amplificador emite sonidos, el promedio ponderado de la corriente consumida alcanza los **2.05A**, y cuando no se emiten sonidos consume **0.18A**.

De los valores obtenidos podemos deducir cuál será el consumo de corriente promedio del amplificador, al reproducir una grabación como el CD utilizado en La Caravedo, durante un periodo de 5 horas. La Tabla 4.13 muestra la corriente consumida.

Distribución (%)	Sonido	Silencio	Total
	37.44%	62.56%	100.00%
Tiempo funcionamiento (horas)	1.87	3.13	5
Corriente (A)	2.05	0.18	
Total (Amperios-hora)	3.84	0.56	4.40

Tabla 4.13. Corriente consumida por amplificador en momentos de silencio y sonido.

La corriente consumida en un periodo diario de 5 horas es de **4.40 Ah**.

La corriente promedio consumida por el amplificador es de: $4.40\text{Ah} / 5 \text{ horas} = \mathbf{0.88 A}$

La potencia promedio consumida por el amplificador es de: $0.88\text{A} \times 12.98\text{V} = \mathbf{11.42\text{W}}$

⁵¹ Nota: mediciones tomadas con batería 7Ah a 12.98 VDC

4.6.3.3 Consumo de energía del dispositivo de ahuyentamiento visual o de movimiento.

Éste dispositivo es un maniquí móvil de cartón que simula la silueta de una persona. La movilidad de este dispositivo se debe a un motor eléctrico DC con engranajes de plástico. El consumo de corriente de este dispositivo, corresponderá a dos estados: encendido y apagado. En estado de apagado, el motor no consumirá energía, y en el de encendido, dependiendo de la carga en su rotor, el motor eléctrico consumirá la mayor corriente posible.

Se efectuaron mediciones de corriente, de un pequeño motor eléctrico en movimiento, con carga y sin carga en su eje. Los resultados pueden ser observados en la Tabla 4.14.

Tipos de medición	Corriente (A)	Potencia (W)
Sin carga	0.05	0.62
Con carga	0.09	1.07

Tabla 4.14. Valores de corriente de motor eléctrico en movimiento con y sin carga

Para nuestro cálculo de consumo eléctrico, elegiremos la corriente correspondiente al eje con carga, ya que éste estado es el caso de mayor consumo eléctrico.

Ahora asumiremos que el ritmo de funcionamiento de este dispositivo es el mismo que el del amplificador, manteniendo la proporción de 37.44% (actividad) y 62.56% (inactividad). Observemos en la Tabla 4.15 dicha distribución.

Distribución (%)	Actividad	Inactividad	Total
	37.44%	62.56%	100.00%
Tiempo funcionamiento (horas)	1.87	3.13	5
Corriente (A)	0.09	0	
Total (Amperios-hora)	0.168	0	0.168

Tabla 4.15. Corriente consumida por motor eléctrico en periodos de actividad e inactividad.

Entonces, la corriente consumida en un periodo de 5 horas es de **0.168 Ah**

La corriente promedio consumida por el motor es de: $0.168\text{Ah} / 5 \text{ horas} = \mathbf{0.0336A} = \mathbf{33.6mA}$.

4.6.4 Cálculo de paneles fotovoltaicos para sistema de ahuyentamiento

4.6.4.1 Radiación solar incidente

El sistema de ahuyentamiento será implementado en los campos de cultivo de uva en el fundo La Caravedo, a 10Km de la ciudad de Ica.

El clima iqueño es conocido por su permanente brillo solar y altas temperaturas durante los meses de verano. Precisamente en esta época (Febrero y Marzo) es cuando comienza el ataque de las aves al fruto de la vid en plena maduración (Sección 1.1). Por lo tanto, tenemos la ventaja de que nuestro sistema fotovoltaico podrá alimentar sin problemas el sistema de ahuyentamiento de aves, en los meses de mayor radiación solar.

Según el Atlas de Energía Solar del Perú (SENAMHI)⁵², los valores de radiación solar en Ica, en Febrero (inicios de la cosecha), oscilan entre 5.5 y 6 kWh/m² (Figura 4.31). Significa que debemos elegir el peor de los casos posibles, asumiendo que la radiación solar mínima para nuestro sistema es de 5.5 kWh/m², durante el mes de Febrero.

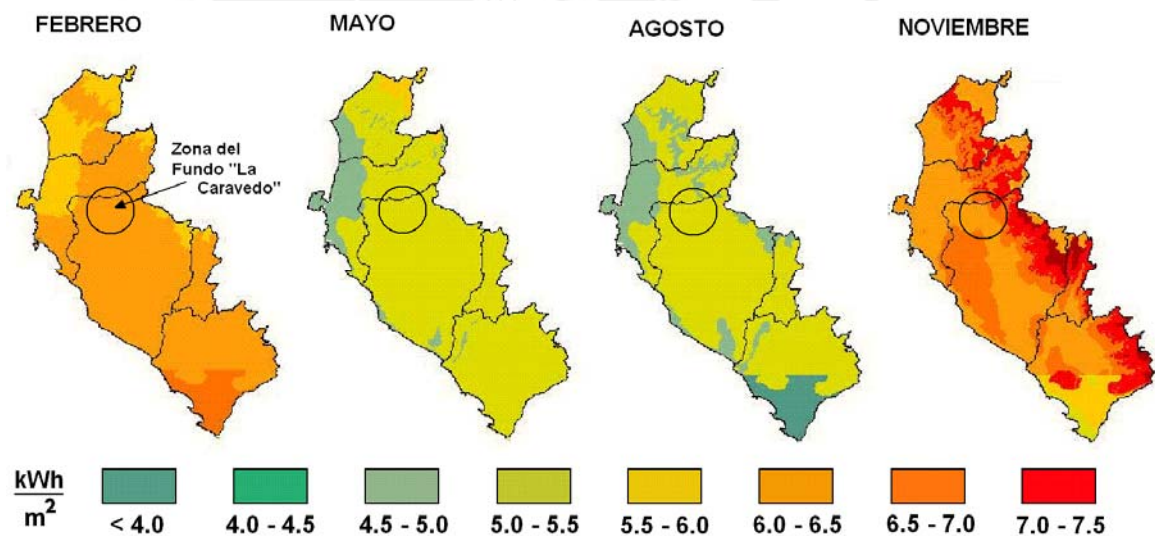


Fig. 4.31 Valores promedio mensuales de radiación solar en Ica (SENAMHI)

4.6.4.2 Capacidad de paneles solares

El cálculo de los paneles se realiza mediante la siguiente fórmula:

⁵² Atlas de Energía Solar del Perú – SENAMHI - 2003

Potencia Paneles = $1200 \times \text{Consumo eléctrico (kWh/día)} / \text{Radiación solar incidente (kWh/m}^2\text{/día)}$ ⁵³

Aplicaremos este cálculo a los consumos eléctricos obtenidos en la Sección 4.6.3, y que se muestran en la Tabla 4.16.

Artefactos	Corriente promedio (A)	Corriente por día (Ah/día)	Potencia promedio por día (Wh/día)	Potencia promedio por día (kWh/día)	Radiación Solar (kWh/m ² /día)	Potencia pico paneles (Wp)
Módulo de Control	0.0342	0.8213	9.962	0.009962	5.5	2.17
Dispositivo Sonido	0.880	4.400	57.112	0.05711	5.5	12.46
Dispositivo Visual	0.034	0.168	2.181	0.00218	5.5	0.48

Tabla 4.16 Corrientes consumidas por módulo de control, dispositivo de sonido y visual.

La **potencia pico de paneles** (Wp), es la potencia que el panel solar puede entregar en condiciones de iluminación máxima.

De los resultados obtenidos podemos deducir que el tamaño (potencia) de los paneles solares para cada dispositivo debe ser siempre un poco mayor al consumo:

- El módulo de control requiere un panel solar con un mínimo de 3 Wp
- El dispositivo de sonido requiere un panel o grupo de paneles⁵⁴ que ofrezcan 13 Wp
- El dispositivo de movimiento requiere un panel que entregue 1 Wp.

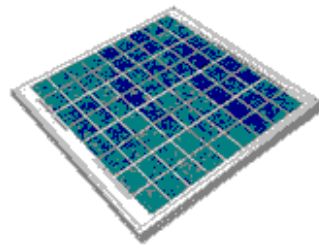
Podemos buscar en el mercado nacional, paneles solares que satisfagan nuestro diseño de energía. Sin embargo, para tener una referencia verificable, mencionaremos algunas cotizaciones mostradas en Internet.

La siguiente es una cotización de un panel de marca Kyocera, uno de los principales fabricantes de paneles solares en el medio (Figura 4.32).

⁵³ Curso de Sistemas Fotovoltaicos – GRUPO PUCP, 2008

⁵⁴ Del mismo modo que las baterías, los paneles solares pueden conectarse en paralelo para proporcionar la suma de las potencias de cada uno. Por ejemplo, un panel de 20W puede ser reemplazado por dos paneles de 10W conectados en paralelo. Se recomienda que dichos paneles sean de la misma marca, pues al conectarse productos distintos, la diferencia en los rendimientos puede afectarlos.

Kyocera KS20 Module 20 Watt, 12 Volt



Kyocera 20 Watt 12 Volt Solar Panel

Item# KS20

Regular price: \$244.00

Sale price: \$184.00

Availability: Usually ships the next business day.



Fig. 4.32 Módulo solar KS20 de 20 Watts y 12 VDC ofrecido en sitio Web⁵⁵

El precio del panel solar mencionado en la figura 4.32 es de **US\$ 184** en el mercado norteamericano. Dicho panel de 20W puede satisfacer las necesidades de energía del dispositivo de sonido, que requiere como mínimo 12.46Wp (Tabla 4.16).

Tanto el módulo de control, como los dispositivos de ahuyentamiento deben tener sus propios paneles solares pues se ubicarán en lugares diferentes.

En la figura 4.33 podemos ver el precio de un panel solar de 1Wp, el cual puede ser utilizado para la tarjeta de control y el dispositivo de movimiento:

(3) paneles solares de 1W para el módulo de control (consumo: 2.17Wp, ver Tabla 4.16)

(1) panel solar de 1W para dispositivo de movimiento (consumo: 0.48Wp, ver Tabla 4.16)

**Power Up
BSP-1-12
1W 12V Solar Panel**

Our line of rugged outdoor solar panels come complete with a built-in blocking diode and a ten foot UV resistant output cable
The anodized aluminum frame provides for easy mounting to the optional mounting brackets and also offer full protection for years of continued charging.

Specifications:

Typical Electrical Characteristics	
Maximum Power (Pmax)	1W
Voltage at Pmax (Vmp)	16.7V
Current at Pmax (Imp)	0.075A
Short-circuit current (Isc)	0.09A
Open-circuit voltage (Voc)	21V
Mechanical Characteristics	
Dimensions	3.88" x 9.38" x 0.63"
Weight	1.04 lbs



List Price: \$29.92
Our Price: **\$26.35**
Model: **BSP1-12**
Save: **12%**



Fig.4.33 Panel Solar de 1W ofrecido en sitio Web⁵⁶

⁵⁵ <http://store.solar-electric.com/kyoceraks20.html>

4.6.5 Cálculo de baterías necesarias

Las baterías almacenan la energía que el sistema utilizará cuando los paneles no puedan suministrarla. Durante los periodos de alta radiación solar, los paneles generan energía suficiente para activar el sistema, y un excedente que es almacenado en las baterías.

Es necesario dimensionar las baterías requeridas para que el sistema tenga suficiente energía para funcionar durante la noche y durante periodos de poca radiación solar. El tiempo que se espera que las baterías sostengan el funcionamiento del sistema es llamado **autonomía**.

Para nuestro proyecto estableceremos el tiempo de autonomía por cada artefacto, como se muestra en la Tabla 4.17.

Tecnología	Horas de funcionamiento diario	Autonomía (días)
Módulo de Control	24	7
Dispositivo Sonido	5	0.41
Dispositivo Movimiento	5	0.41

Tabla 4.17 Autonomía de energía requerida para cada elemento del sistema de ahuyentamiento

Para el módulo de control estableceremos una autonomía de 7 días, durante las 24 horas, ya que requiere mantener la sincronización de su reloj interno. Veremos además que debido al bajo consumo eléctrico del módulo de control (9.9627 Wh/día) es relativamente simple mantener su funcionamiento permanente.

Los dispositivos requieren una autonomía de 2 días, a 5 horas por día según lo establecido en la Sección 4.6.3. Por lo tanto, la autonomía total debe ser de 10 horas o 0.41 días (de 24 horas).⁵⁷ Consideremos los consumos de corriente diarios, como se muestran en la Tabla 4.18.

Artefactos	Corriente promedio (A)	Corriente por día (Ah/día)
Módulo de Control	0.034	0.821
Dispositivo Sonido	0.880	4.400
Dispositivo Movimiento	0.034	0.168

Tabla 4.18 Consumos proyectados de corriente de los dispositivos y el módulo de control

⁵⁶ <http://store.altenergystore.com/Solar-Panels/1-to-50-Watt-Solar-Panels/Power-Up-BSP1-12-1W-12V-Solar-Panel/p5895/>

⁵⁷ Si los dispositivos funcionan 5 horas diarias y luego son desactivados, entonces la suma de horas de funcionamiento luego de 2 días es de 10 horas = 0.416 días

4.6.5.1 Uso de hojas técnicas de baterías

Para un cálculo más preciso del dimensionamiento de la batería, es necesario utilizar hojas técnicas, en búsqueda de fórmulas o gráficos de curvas que nos describan mejor el comportamiento del producto a utilizar.

Alimentaremos nuestro **dispositivo de sonido** con una batería de Ácido-Plomo recargable, de marca YUASA, el cual es un producto disponible en el mercado nacional. Utilizaremos documentación técnica de YUASA⁵⁸, para baterías de Ácido-Plomo de 12 VDC.

En dicha hoja de datos se describe un modo sencillo de dimensionar el tamaño de la batería en función al consumo de corriente y de los modelos de baterías disponibles.

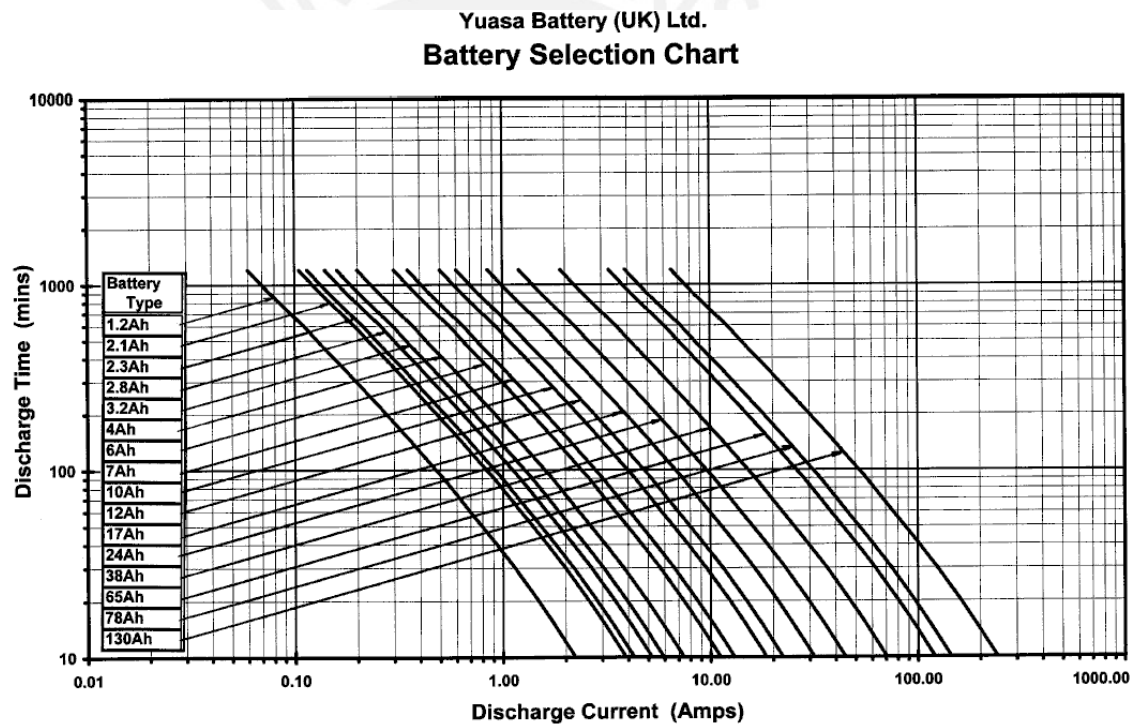


Fig. 4.34 Grafico de curvas de selección de baterías Yuasa.

En la Figura 4.34 se muestra una curva de selección de baterías, proporcionada por Yuasa. Se puede deducir la capacidad de la batería en Ah (Battery Type) para el consumo de corriente que se tendrá (Discharge Current). Primero, se marca el consumo de corriente en el eje horizontal, y se sigue la línea vertical correspondiente hasta alcanzar la curva correspondiente a un tipo de batería determinado.

⁵⁸ YUASA NP, Valve regulated, Lead Acid battery Manual. 01/12/99

A partir de ése punto se traza una recta horizontal, la cual nos dará el tiempo de descarga deseado (*Discharge Time*), es decir, la autonomía deseada para nuestro módulo. Podemos observar que las curvas no permiten hallar una batería para corrientes tan pequeñas como las consumidas por la tarjeta de control y por el dispositivo de movimiento (0.03A, ver Tabla 4.18).

Sabemos que el consumo de corriente del **dispositivo de sonido** es de 0.88A (Tabla 4.18), y esta puede ser bien observada en la Figura 4.35, donde se trazarán las rectas verticales sobre las curvas.

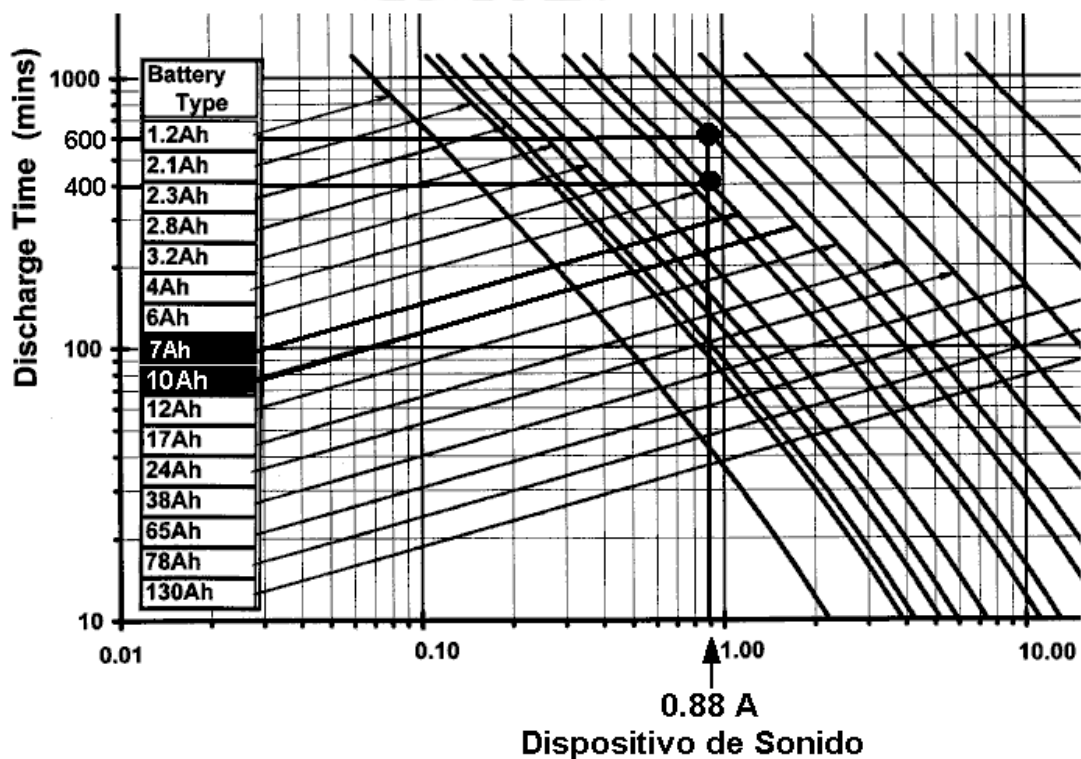


Fig. 4.35 Grafico de curvas de selección de baterías Yuasa con selección de modelo de batería para dispositivo de sonido.

En la Figura 4.35 observamos que la autonomía ofrecida por una batería de 7Ah es de 400 minutos = 6.66 horas. Si la autonomía buscada es de 10 horas, o de 2 días de 5 horas cada uno, debemos elegir una batería de mayor capacidad.

En la Figura 4.35 también se observa la presencia de una batería de 10Ah, con la cual se tendrá una autonomía de aproximadamente 600 minutos = 10 horas, o dos días de funcionamiento de 5 horas cada uno, exactamente el requerimiento planificado.

4.6.5.2 Uso de fórmula de dimensionamiento

Los casos de la tarjeta de control y del dispositivo de movimiento no pueden resolverse con la hoja de datos de la batería YUASA, debido a que las corrientes de consumo son demasiado pequeñas para coincidir con las curvas dadas por el fabricante. Sin embargo, es posible dimensionar el tamaño de batería necesario utilizando una sencilla deducción. En la Tabla 4.19 resumimos los consumos por cada artefacto.

Artefactos	Corriente promedio (A)	Corriente por día (Ah/día)
Módulo de Control	0.034	0.821
Dispositivo Sonido	0.880	4.400
Dispositivo Movimiento	0.034	0.168

Tabla 4.19 Consumos de corriente de dispositivos y módulo de control.

Para el **dispositivo de movimiento**, la corriente por día es de 0.168 Ah/día.

Si se desea que funcione por 2 días, la batería debería poder proporcionar:

$$0.168 \text{ Ah/día} \times 2 \text{ días} = 0.336 \text{ Ah}$$

Consideremos que la batería se ve afectada por dos factores:

Factor de eficiencia: 80%⁵⁹

Factor de descarga de batería: 50%⁶⁰

Agregando este factor a nuestros cálculos obtenemos lo siguiente:

$$0.168 \text{ Ah/día} \times 2 \text{ días} \times 1/0.8 \times 1/0.5 = 0.84 \text{ Ah}$$

El cual es un valor adecuado y con un margen de error suficiente como para confiar en una buena elección de tamaño de batería.

Como resultado, se requiere una batería de aproximadamente **1 Ah** para energizar el **dispositivo de movimiento**, con una autonomía de 2 días.

⁵⁹ Se considera que la batería no entrega energía a plena capacidad (Ah) sino siempre un poco menos. Es un dato empírico orientado a obtener un margen de seguridad cuando se elige un tipo de batería. Curso de Sistemas Fotovoltaicos – GRUPO PUCP, 2008

⁶⁰ Se considera que una batería puede descargarse aún cuando el artefacto se encuentre apagado. Es un dato empírico orientado a obtener un margen de seguridad cuando se elige un tipo de batería. Curso de Sistemas Fotovoltaicos – GRUPO PUCP, 2008

Para el **módulo de control**, la corriente por día es de 0.821 Ah/día.

Si se desea que funcione por 7 días, la batería debería poder proporcionar:

$$0.821 \text{ Ah/día} \times 7 \text{ días} = 5.747 \text{ Ah}$$

Consideremos que la batería se ve afectada por el factor de eficiencia:

Factor de eficiencia: 80%

En lugar de asumir un factor de descarga de 50%, y dado que el periodo de funcionamiento será largo (7 días) utilizaremos la curva de auto-descarga de la batería YUASA (ver Figura 4.36) la cual nos indica que la capacidad resultante de la batería sin uso desciende a un 85% aproximadamente a los 3 meses, a 20°C. Por lo tanto esperamos una capacidad de -5% por mes y -1.25% por semana.

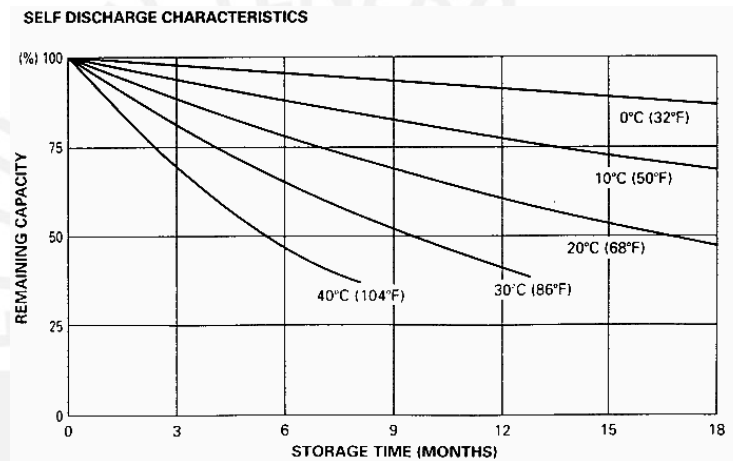


Fig.4.36 Curva de auto-descarga de baterías Yuasa

Entonces, asumiremos un factor de descarga de $100\% - 1.25\% = 98.75\%$

Factor de descarga de batería: 98.75%

Agregando este factor a nuestros cálculos obtenemos lo siguiente:

$$0.821 \text{ Ah/día} \times 7 \text{ días} \times 1/0.8 \times 1/0.9875 = 7.277 \text{ Ah}$$

Como resultado, se requiere una batería de aproximadamente **7 Ah** para alimentar el **módulo de control** por una semana.

Ahora bien, digamos que disponemos de una batería YUASA de 12VDC-7Ah, ¿cuál será la autonomía del **módulo de control** con dicha batería?

Si en la **módulo de control**, la corriente consumida por día es de 0.821 Ah/día, la autonomía se calculará del siguiente modo:

Autonomía (días) = Tamaño de batería / (consumo Ah/día x factor eficiencia x factor descarga)

$$\text{Autonomía (días)} = 7 \text{ Ah} / (0.821 \times 1/0.8 \times 1/0.9875) = 6.73 \text{ días}$$

Nuestros cálculos aseguran que la autonomía de la batería es de aproximadamente **6.73 días**.

4.6.5.3 Pruebas con batería LONG 12V 7Ah

En el desarrollo de nuestra investigación hemos podido probar la autonomía real de una batería de marca LONG, (similar a YUASA) de 12VDC 7Ah conectada al módulo de control. Las pruebas demostraron un funcionamiento de **8 días**, con la batería originalmente cargada a 13.59V y sin recargas intermedias. Los datos de la prueba se encuentran disponibles en el **ANEXO 1**. El ritmo diario de trabajo fue de 5 horas de funcionamiento y 19 horas en stand-by, consumo similar al utilizado en los cálculos de la sección anterior.

4.6.6 Controlador de carga

Los circuitos controladores de carga, también llamados cargadores de baterías, administran la energía obtenida por los paneles solares, destinándola al funcionamiento del artefacto, así como a la carga de la batería.

Para elegir un controlador de carga, es necesario conocer la máxima corriente proporcionada por los paneles, pues el controlador debe poder manejarla, de lo contrario se averiará.

Para el dispositivo de sonido se dimensionó un panel solar de 20W, de marca KYOCERA. La hoja técnica de dicho panel solar⁶¹ indica que la máxima corriente que puede entregar dicho panel es de 1.20A. Por lo tanto el controlador elegido debe soportar 1.20A o más.

En el mercado, los controladores más comunes son los de 12A a 30A. Para nuestra aplicación hemos podido encontrar en Internet un modelo de 5A (Figura 4.37). Dado que 5A es una corriente mayor que 1.20A, el controlador podrá desempeñar bien sus funciones.

⁶¹ <http://www.kyocerasolar.com/pdf/specsheets/ks20.pdf>



5 A Solar Charge Controller for Home

Features

- Microcontroller Control for Fully Intelligent System
- Utilizes Serial Mode PWM Control for Maximum Efficiency
- Temperature Compensation
- Digital LED Indicator Light
- Wide Temperature Working Range of -35c to 50c
- No Adjustable Resistance
- Full Installation Instructions Included

Order Now for \$22.90

ORDER

Fig. 4.37 Controlador de carga solar ofrecido en Internet⁶²

En el caso del dispositivo visual y la tarjeta de control, los paneles de 1W proporcionan una corriente de 0.075A, valor que prácticamente cualquier controlador puede manejar e incluso el mismo se acerca al límite inferior de sensibilidad del artefacto. Por lo tanto sugerimos el desarrollo de un sencillo circuito controlador hecho a base a componentes básicos.

El arreglo más sencillo consiste en un panel solar, un grupo de baterías conectadas en serie, cables y un diodo 1N4001 (Figura 4.38). El diodo debe estar conectado en tal sentido que solamente permita el paso de corriente del polo positivo del panel solar al polo positivo de las baterías, y no de manera inversa. De este modo, cuando los paneles produzcan un voltaje mayor al de las baterías, se producirá una corriente que las cargará.

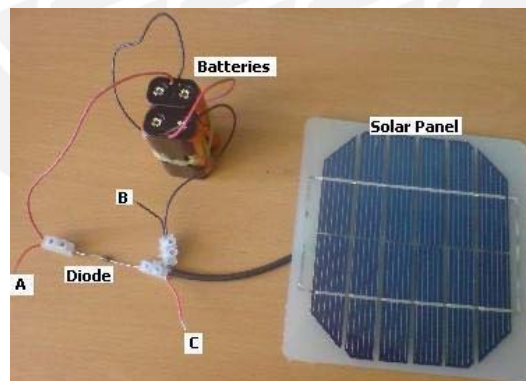


Fig. 4.38 Circuito básico de carga solar⁶³

Otra manera de controlar la carga es utilizando un transistor en corte-saturación y un amplificador operacional configurado como un *Schmitt Trigger*. En la Figura 4.39 se muestra un diagrama esquemático de éste controlador.

⁶² http://www.futurlec.com/Solar_Charge_Controller.shtml

⁶³ <http://www.reuk.co.uk/Basic-4-AA-Solar-Battery-Charger-Plans.htm>

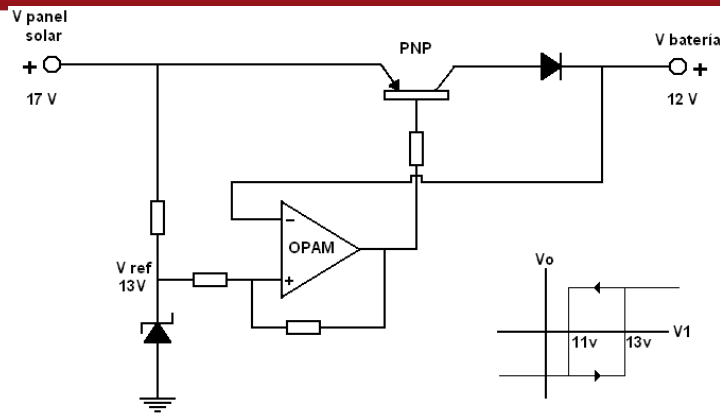


Fig. 4.39 Diagrama esquemático de circuito de carga solar de baterías usando OPAM

El OPAM, configurado como *Schmitt Trigger*, compara la tensión de referencia ($V_{ref}=13V$, establecida por un diodo Zener) con la tensión de la batería, conmutando a un valor negativo V_o cuando la batería reduzca su tensión a 11V. En dicho momento, la tensión negativa V_o , que se encuentra conectada a la base del transistor PNP, causará la saturación del mismo, permitiendo que la corriente circule del panel a la batería.

Conforme la batería se recarga, alcanzará los 13V (batería cargada), con lo cual el OPAM conmutará su salida a un valor positivo en V_o . Dicho valor positivo causará el corte en el transistor, y la interrupción del paso de la corriente hacia la batería.

En el caso del módulo de control, una alternativa es la de utilizar los puertos ADC del microcontrolador ATMEGA 8L para tomar lecturas de los valores de tensión en la batería, y con estos datos el programa pueda controlar la carga de la misma (Figura 4.40).

Éste método de carga es más inteligente pues permite que el programa decida cuando iniciar la carga, basado en la tensión producida por el panel y la tensión actual de la batería. energía.

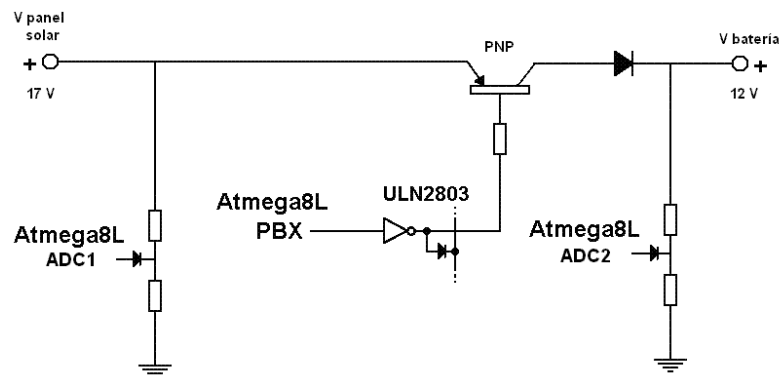


Fig. 4.40 Diagrama esquemático de circuito de carga solar de baterías controlado por ATMEGA8L.

El microcontrolador ATMEGA8L cuenta con 6 canales de ADC en el puerto PC (ADC0-ADC5), los cuales pueden usarse para leer los valores de tensión en el panel y la batería.

En esta configuración el transistor PNP permite el paso de la corriente cuando el buffer de protección (ULN2803) proporciona una tensión negativa, la cual es producida (con valor inverso) por alguna de las líneas del puerto PB.

4.7 Experiencias de campo

Las visitas a campos de cultivo en Ica sirvieron para observar directamente la problemática del ataque de las aves, y también para realizar experimentos con reproducción de sonidos para observar la reacción de éstos animales. Posteriormente sirvieron para determinar los parámetros para el desarrollo del equipo electrónico necesario.

4.7.1 Primer experimento de emisión de sonidos en Fundo La Caravedo – Ica

El primer experimento se llevó a cabo el 31/03/2007 en el fundo La Caravedo, situado a 10Km al norte de la ciudad de Ica.

El objetivo del experimento fue observar la reacción de las aves de la zona a la emisión de sonidos de aves, obtenidos en Internet. El equipo usado en esta ocasión fue un amplificador genérico de 35W, un reproductor de CD portátil y dos bocinas de alta frecuencia⁶⁴.

Dado que los sonidos de aves eran agudos, las bocinas resultaron ser un difusor ideal para estos sonidos ya que reproduce mejor las altas frecuencias.

Se observó que las aves no siempre se encuentran volando, sino también se desplazan entre los surcos del campo prácticamente camufladas, en especial las aves pequeñas.⁶⁵

Las bocinas (2) fueron ubicadas a una distancia de 10m y 36m respectivamente, de la fuente de sonidos. A una distancia similar realizamos las filmaciones.⁶⁶

Previo a la emisión de sonidos alrededor de las bocinas se observó un estado de calma y silencio.⁶⁷ Luego de iniciada la emisión de los sonidos, los Chaucatos emitieron cantos de

⁶⁴ También conocidas por su nombre en inglés : “Tweeters”

⁶⁵ V_20070331_02

⁶⁶ V_20070331_03

alerta. Notamos que cuando se reprodujo el sonido de un halcón, los Chaucatos intensificaron sus cantos.⁶⁸

Finalmente los Chaucatos volaron y se reunieron alrededor de las bocinas, atraídos por el sonido del halcón. Al cambiar el sonido, las aves se retiraron de la zona.⁶⁹

Es posible que la conducta de los Chaucatos sea de curiosidad y precaución ante este sonido que pudo considerarse extraño, y hasta peligroso. Esta conducta nerviosa se aprecia en los momentos siguientes de la prueba.⁷⁰

Como conclusión de esta prueba, podemos afirmar que los sonidos de aves emitidos a través de las bocinas lograron atraer la atención de las aves del lugar, en especial del Chaucato. Esto demuestra que las aves de este tipo reaccionan a la emisión de sonidos, y emiten un canto de alerta que es percibido por otras especies.

4.7.2 Experimentos sobre ahuyentamiento usando dos fuentes de sonido disuasivo

El experimento tuvo lugar el 27/01/2008 en el fundo La Caravedo, situado a 10Km al norte de la ciudad de Ica.

El objetivo principal del experimento fue observar el efecto del uso de múltiples bocinas distribuidas en una zona al mismo tiempo. Como objetivo secundario se pretendió establecer las principales necesidades para efectuar experimentos en los cuales se pueda observar adecuadamente la reacción de las aves.

Se utilizaron los siguientes equipos (Figura 4.41):

Dos (2) reproductores de CD con grabaciones de sonidos diversos.

Dos (2) amplificadores monoaurales⁷¹ genéricos de 35W c/u.

Cuatro (4) parlantes de audio para automóvil, de 90W genéricos.

Cuatro (4) secciones de cables de audio de aproximadamente 30m c/u⁷²

⁶⁷ V_20070331_04

⁶⁸ V_20070331_05

⁶⁹ V_20070331_06

⁷⁰ V_20070331_07, V_20070331_08, V_20070331_09

⁷¹ Monoaural: (*De mono-*, *el lat. auris, oreja, y -al*). Dicho de un sistema de grabación y reproducción sonora: Realizado a través de un solo canal. Diccionario Real Academia Española - <http://www.rae.es/rae.html>

⁷² V_20080127_01



Fig. 4.41 Equipos básicos de ahuyentamiento.(Fundo La Caravedo – Ica).

Las salidas de los reproductores de CD fueron conectadas a los amplificadores monoaurales (alimentados por dos baterías de 12VDC 7Ah), de manera que cada uno transmitiera a dos parlantes el sonido del reproductor de CD correspondiente. Los parlantes fueron ubicados en posiciones distintas, en surcos diferentes de una parte de la hectárea (Figura 4.42).⁷³

El operador se situó a la mayor distancia posible para no influenciar la conducta de las aves.

Los sonidos emitidos, la mayoría obtenidos de fuentes de Internet, eran pitos, sonidos de águilas, llantos de niños, voces humanas, sonidos guturales y gritos. La percepción del sonido nos indicó que es factible el uso de arreglos de fuentes de sonido que produzcan en conjunto un efecto de multiplicidad de entidades, lo cual podría disuadir de manera más eficiente a las aves.⁷⁴



Fig. 4.42 Parlante instalado entre los arbustos de uva (Fundo La Caravedo – Ica).

⁷³ V_20080127_05, V_20080127_06, V_20080127_07, V_20080127_08

⁷⁴ V_20080127_02, V_20080127_03, V_20080127_04

El mismo experimento fue repetido una semana después, observándose mejor los resultados.⁷⁵

Por otro lado quedó claro que las condiciones de experimentación en campo exigen equipos portátiles y simples de configurar. El uso de cables para conectar los amplificadores con los parlantes presenta las siguientes desventajas:

- La potencia de la señal se ve reducida por el efecto resistivo del cable en largas longitudes (30m aproximadamente).
- El tendido de cable es una actividad difícil y requiere de instalaciones fijas, que no pueden ser variadas de lugar.

Por lo tanto, para efectos de la experimentación y del funcionamiento eficiente del sistema, planteamos las siguientes soluciones:

- Cada parlante debe tener su propio amplificador y fuente de sonidos (Reproductor de CD, Reproductor MP3, u otro) además de una fuente de alimentación.
- Cada parlante podría tener un receptor de radio y un amplificador, de modo que los sonidos puedan ser transmitidos desde una base.
- Cada parlante podría ser activado a distancia
- Para observar la reacción de las aves, es necesaria la instalación de una cámara de circuito cerrado de video en un poste en el área involucrada.

4.7.3 Módulo experimental de ahuyentamiento sonoro

El día 30/03/2008 en el Fundo La Caravedo, fue instalado el primer prototipo de dispositivo de ahuyentamiento sonoro.

El dispositivo consiste de un amplificador monoaural de 30W conectado a un reproductor MP3 marca Daewoo en cuya memoria hay secuencias de sonidos agresivos (pitos, disparos de arma de fuego, gritos, sonidos guturales, diálogos cinematográficos de gran dramatismo, etc). Los sonidos pueden ser reproducidos de manera aleatoria por el reproductor MP3 ya que cuenta con la opción de reproducción de sonidos al azar.⁷⁶

⁷⁵ V_20080203_05

⁷⁶ F_20080330_01, F_20080330_02, F_20080330_03, F_20080330_04, F_20080330_05, F_20080330_06

Estos equipos fueron iguales a los utilizados en las primeras pruebas. El sonido fue difundido por dos parlantes de 90W conectados al amplificador. El amplificador fue alimentado por una batería de 12VDC 7Ah, y el reproductor MP3 por un arreglo de 4 pilas recargables de 1.25 VDC de 1000 mAh cada una, conectadas en paralelo.

Los artefactos fueron instalados dentro de una caja de plástico impermeable, ya que en los meses de verano, las lluvias ocasionales son comunes en el departamento de Ica. Se aprovechó un recipiente de plástico de forma cuadrangular como caja de protección, pues permite abrir y cerrar herméticamente el módulo, para intercambiar baterías y encender/apagar el amplificador y el reproductor MP3 (Figura 4.43).



Fig. 4.43 Dispositivo de ahuyentamiento instalado bajo el camuflaje de las plantas de uva.
(Fundo La Caravedo – Ica).

Adicionalmente se instaló un techo de material Fibraforte opaco, que protege el módulo de la intensa radiación solar en los campos iqueños. El techo se encuentra fijo al módulo por medio de un perno y una tuerca.

El dispositivo se ubicó dentro de los arbustos de vid en el centro de uno de los campos de cultivo del fundo. Las hojas de la planta permitieron camuflar el módulo, haciendo más difícil su ubicación para las aves.

Se coordinó con el personal del fundo para que el operador encienda y apague el amplificador y el reproductor MP3 en las horas señaladas antes y después de las horas de mayor presencia de aves.

Pudimos observar que los parlantes emiten el sonido con mayor volumen, pues están conectados por un cable corto entre ellos y el amplificador, y el efecto resistivo del cable es mucho menor que en las primeras pruebas (tramos de 30m de cable de audio). Para

confirmar esta mejora en la potencia acústica, se ubicó el módulo en medio de un campo de cultivo de 140m por 134m, y en dos de las cuatro esquinas del terreno el sonido del módulo fue claramente percibido. En este caso, la distancia a la cual se escuchó el sonido fue aproximadamente 97m, pero puede ser mayor en campo abierto (sin las plantas de uva de por medio).

Para confirmar nuestras suposiciones acerca del efector resistivo en largos tramos de cable de audio, realizamos mediciones de resistencia eléctrica en el mismo cable que fue usado en el experimento anterior. En un tramo de 20m, el cable de audio presenta una resistencia de 4.3 Ohmios en la línea de tierra y 3 Ohmios en la línea positiva, dando un total de 7.3 Ohmios. Esta resistencia sumada a la impedancia de las bocinas de 4 Ohmios da como resultado 11.3 Ohmios, que es una impedancia mayor a la que el amplificador requiere (4 Ohmios).

En este sentido el teorema de máxima transferencia de potencia establece que para que la entrega de potencia del amplificador a la bocina sea la mayor posible, la resistencia de la bocina y la del amplificador deben ser iguales. Sin embargo la adición de un cable largo agrega una impedancia adicional que produce una pérdida de potencia en la emisión del sonido (Figura 4.44).

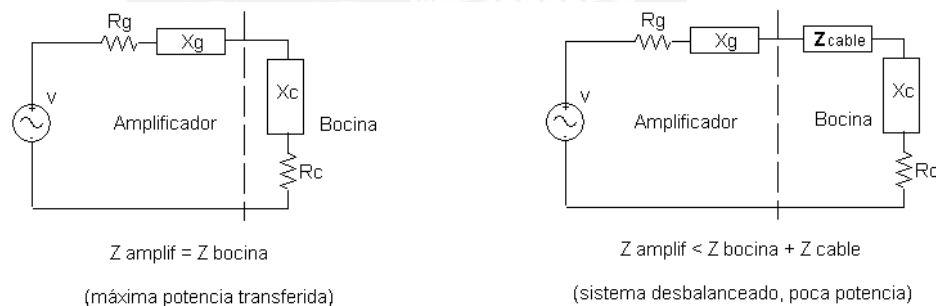


Fig.4.44 Comparación entre sistema balanceado y No-balanceado

El dispositivo experimental se mantiene a una corta distancia entre las bocinas y el amplificador, por lo que el cable de audio entre ellos es muy corto y la calidad y potencia del sonido fueron mejores que en los experimentos anteriores.

Finalmente, creemos que aunque el módulo puede ser operado por una persona, es posible que un sistema de encendido / apagado automático pueda reemplazar el control humano.

4.7.4 Descripción del Sistema de Ahuyentamiento implementado.

Actualmente se cuenta con los siguientes equipos, fruto de nuestra investigación:

- Un (1) **Módulo de control de ahuyentamiento**, temporizado, alimentado por una batería de 12VDC 7Ah y con una autonomía de aproximadamente 7 días. Las pruebas de laboratorio de dicho módulo pueden ser apreciadas en los clips de video V_20090430_01, V_20090430_02, V_20090430_03, ubicados en el DVD adjunto y descritos en el ANEXO 4.
- Un **Dispositivo de ahuyentamiento**, alimentado por una batería de 12VDC. Las pruebas de funcionamiento pueden ser apreciadas en los clips de video V_20090430_04, V_20090430_05, V_20090430_06, ubicados en el DVD adjunto y descritos en el ANEXO 4. El citado artefacto no forma parte de los objetivos de nuestra tesis, pero representa un complemento de la misma. Actualmente esta siendo desarrollado por el autor.

4.7.5 Costos de Fabricación, Instalación y Mantenimiento del Módulo de Control

El cálculo de los costos de fabricación del módulo de control puede ser observado en el **ANEXO 6** ubicado en el DVD adjunto al presente documento. En la Tabla 4.20 presentamos un resumen de los costos involucrados en la producción del módulo de control:

Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 108.80
Costos adicionales KIT Fotovoltaico	S/. 195.00
Costos adicionales KIT Inalámbrico	S/. 115.00
Costo de materiales recuperados de Módulo	S/. 93.40
Costo de materiales recuperados de KIT Fotovoltaico	S/. 125.00
Costo de materiales recuperados de KIT inalámbrico	S/. 110.00
Costos de mano de obra de fabricación de módulo	S/. 176.67
Costos de Instalación de Módulo	S/. 138.81
Costos de visita técnica de mantenimiento	S/. 138.81

Tabla 4.20 Principales Costos relativos a producción del Módulo de Control

El costo de los materiales del módulo consiste en solamente componentes del mismo. Los costos adicionales se refieren a un KIT fotovoltaico (paneles solares, batería, controlador) en caso de no tener energía comercial cercana, y un KIT inalámbrico (transmisor de radio para controlar los dispositivos a distancia).

La venta no puede desligarse del servicio técnico, por ello existen costos de instalación y de mantenimiento. Además es preciso brindar al cliente la opción de una renovación de equipos, es decir cambiar los equipos viejos por nuevos. En estos casos es necesario recoger los equipos viejos del campo y recuperar los componentes útiles para reutilizarlos. De éste modo el costo de renovación de equipos es inferior al de los equipos nuevos, y el precio es más atractivo.

Todos estos costos pueden formar combinaciones que nos permitan ofrecer el producto junto con el servicio. En la Tabla 4.21 mostramos el costo de un equipo nuevo.

Módulo de Control de Ahuyentamiento	
<i>Incluye : Adaptador AC-DC, Instalación, garantía 1 año.</i>	
Costos de Servicio:	
Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 108.80
Costos de mano de obra de fabricación de módulo	S/. 176.67
Costos de Instalación de Módulo	S/. 138.81
Costos de visita técnica de mantenimiento (garantía)	S/. 138.81
Subtotal (S/.)	S/. 563.08
Imprevistos 5%	S/. 28.15
Utilidad 20%	S/. 118.25
Precio de venta total (sin IGV) (S/.)	S/. 709.48
Precio de venta total (sin IGV) (US\$)	\$228.86

Tabla 4.21 Precio de un Módulo de Ahuyentamiento Nuevo

Síntesis del Capítulo

En éste capítulo hemos propuesto un sistema de ahuyentamiento de aves, basado en un módulo de control automático. Dicho módulo cumple con los requisitos planteados en la arquitectura del sistema de ahuyentamiento (Sección 4.1), desde su diseño electrónico (Sección 4.2) hasta su programación que produce secuencias aleatorias de funcionamiento y una interfase amigable para el usuario (Sección 4.5). El módulo de control ha sido implementado (Sección 4.3) y sometido a pruebas de funcionamiento que confirman la operatividad de sus funciones (ANEXO 4).

Se han realizado experiencias de campo (Sección 4.7) que han ayudado a desarrollar el concepto del módulo de control (autonomía, control automático de varios dispositivos), y se ha resaltado la importancia que tienen para el proyecto las fuentes de energía fotovoltaica en espacios rurales. Se diseñó un sistema fotovoltaico para todos los elementos del sistema de ahuyentamiento (Sección 4.6)

CONCLUSIONES

A continuación las conclusiones de nuestra investigación:

1. El módulo de control propuesto es un artefacto diseñado y programado para activar secuencias aleatorias de ahuyentamiento, basadas en un algoritmo insertado en la rutina de interrupción y en el programa principal (Sección 4.5). Esta característica evitará que las aves se acostumbren a los dispositivos conectados en sus líneas de control.
2. Nuestro módulo de control es programable ya que el usuario puede elegir para cada hora del día una de las 9 combinaciones de ahuyentamiento disponibles (Sección 4.1.6), permitiéndole una gran flexibilidad para variar continuamente las horas de ahuyentamiento y de éste modo evitar que las aves se acostumbren.
3. El módulo de control cuenta con 5 líneas de control del tipo circuito abierto y cerrado, que por definición puede activar y desactivar cualquier tipo de contacto eléctrico de un dispositivo de ahuyentamiento. Esto es posible gracias al uso de relés (Sección 4.1.6.3.3). Por ende, es amplia la gama de dispositivos de ahuyentamiento que, con ligeras modificaciones, pueden ser administrados por el módulo con gran flexibilidad.
4. Se cumple con el requisito de autonomía del módulo de control en dos aspectos. En primer lugar, realiza la activación y desactivación de los dispositivos bajo los criterios que le brinda su propia programación, en los horarios definidos por el usuario (Sección 4.1.6.1). En segundo lugar, depende de un sistema de energía fotovoltaico, el cuál le brinda energía continuamente (Sección 4.6).
5. El módulo de control, además de ser modular según lo expuesto en la conclusión 3, tiene la capacidad física de conformar un sistema escalar, en el cual otro módulo puede activarlo. Esto es posible ya que hay bits libres en el puerto PD del microcontrolador (Ver Sección 4.2.7), el cual recibe las señales de los pulsadores. Con una ligera modificación en la programación, es posible configurar el módulo como un elemento maestro o esclavo de un sistema escalar.
6. La participación del usuario en la configuración del módulo de control y la selección de los dispositivos de ahuyentamiento es crucial para el éxito de una estrategia de

control de aves. El módulo de control es una herramienta para la aplicación de estrategias y debe entenderse como tal (Sección 3.4).

7. Tanto en la orientación acerca de la organización de sistemas de ahuyentamiento, así como en el soporte técnico de nuestro módulo de control y de los dispositivos aplicados, existe un espacio laboral para personal especializado o bien para la implementación de una empresa de servicios (Sección 3.4, Sección 4.7.5).
8. El módulo de control y los dispositivos de ahuyentamiento fabricados en el Perú, poseen la ventaja competitiva del soporte técnico nacional disponible, así como de la asesoría en métodos y estrategias de ahuyentamiento que pueden convertir nuestra propuesta parte de una solución orientada a empresarios agropecuarios (Sección 3.4).
9. Los dispositivos BirdGard (Sección 2.4.1) tienen precios que van desde US\$ 175 hasta US\$ 2650, no ofrecen el servicio de instalación ni una garantía a costo cero. Además es necesario importarlos a pedido. Según el presupuesto calculado en el ANEXO 6, el precio estimado de venta de nuestro módulo de control, incluyendo instalación y garantía, es de US\$ 229. Nuestro precio de reparación (en caso de averías fuera de garantía) es de US\$ 56 y además puede renovarse a una versión más moderna por solamente US\$ 191. Estas ventajas competitivas hacen más atractivo nuestro producto.
10. El módulo de control de ahuyentamiento de aves puede ser utilizado para otros propósitos en los que se requiera la generación de actividades aleatorias. Por ejemplo, al conectar los 5 contactos del módulo a interruptores de electricidad, podemos simular la presencia de personas en una casa y conformar un sistema de seguridad anti-robos. Otra aplicación es el muestreo aleatorio automatizado en una cadena de producción para el control de calidad.

RECOMENDACIONES

1. La efectividad de nuestro módulo de control puede ser mejorada si se adapta una interfase inalámbrica de control entre el módulo y los dispositivos de ahuyentamiento. Se debe tomar en cuenta que el cableado de dispositivos en campos de cultivo de varias hectáreas es sumamente difícil, por lo que un enlace inalámbrico de al menos 1 Km de alcance se hace indispensable. Se recomienda desarrollar o adaptar un control remoto multicanal a las salidas del módulo.
2. La interfaz de usuario del módulo de control puede ser mejorada en el aspecto visual. Una pantalla LCD puede ser más amigable que 4 displays para que el usuario programe el módulo. Por otro lado, es recomendable mejorar la programación interna con el fin de ofrecer una mayor autonomía del artefacto frente al control humano. Es decir, que debidamente programado, el microcontrolador pueda elegir de forma aleatoria las horas de ahuyentamiento, los días de la semana en que se realicen, e incluso la temporada del año en que debe de funcionar (la época de cosecha).
3. Recomendamos incorporar al módulo de control una memoria para guardar las opciones elegidas por el usuario. De éste modo, ante una pérdida temporal de energía, el módulo de control no perderá su configuración. La sincronización de su reloj interno puede realizarse mediante el enlace inalámbrico propuesto en la recomendación 1.
4. Existen 4 bits libres en el puerto PD del microcontrolador del módulo de control, reservado para futuras aplicaciones. Estas líneas de entrada pueden utilizarse para configurar el módulo como maestro o esclavo en una organización de trabajo escalar, con varios módulos de control interconectados.
5. En el Perú la efectividad de los artefactos de ahuyentamiento de aves no ha podido ser medida de manera cuantificada. Es necesario el desarrollo de métodos que permitan evaluar el desempeño de productos como nuestro módulo de control y de los dispositivos de ahuyentamiento disponibles. Se recomienda realizar un estudio de las consecuencias del ataque de las aves en la producción agropecuaria y el uso de los métodos de ahuyentamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DESCO – Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo
“Control de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de la Vid”
- [2] MINISTERIO DE DEFENSA – Dirección Regional de Ica
“Boletín Regional del SENAMHI – Ica – Febrero 2007”
- [3] PORTAL Perú Ecológico (Mayo 2009)
<http://www.peruecologico.com.pe>
- [4] PORTAL Solo Ciencia (Febrero 2009)
<http://www.solociencia.com/biologia/05042107.htm>
- [5] PORTAL Departamento de Salud y Salud Mental de la ciudad de Nueva York
<http://www.nyc.gov/html/doh/html/epi/epi-pigeon-sp.shtml>
- [6] J.C. BREMOND, GRAMET & OTROS
“A Comparison of Some Broadcasting Equipments and Recorded Distress Calls for Scaring Birds” - J.-C. Bremond, Ph. Gramet y otros - The Journal of Applied Ecology, Vol. 5, No. 3 (Dec., 1968), pp. 521-529. - Una comparación de algunos equipos de difusión y llamados de angustia para ahuyentar aves. <http://www.jstor.org/pss/2401630>
- [7] GERAL L. LONG
“Pyrotechnics for Bird Control”, University of Nebraska, 1981
- [8] PORTAL BIRD-GARD
<http://www.birdgard.com/>
- [9] PORTAL REED-JOSEPH
http://www.reedjoseph.com/lp_gas_cannon.htm
- [10] PORTAL SUNGARDEN – SISTEMAS INTELIGENTES PARA EL JARDÍN
<http://www.sungarden.com.mx/espantapajaros.html>
- [11] GARY LITTAHUER
“Avian Predators – Frightening Techniques for Reducing Bird Damage at Aquaculture Facilities”. South Regional Aquaculture Center, November 1990.
- [12] SONGLE ELECTRONICS
Relay 12V 1A, Datasheet
<http://www.songle.com/en/Product.asp?ClassID=9>
- [13] ATMEL
8bit-AVR Atmega 8 & Atmega 8L Preliminary Summary, Rev 2486IS-AVR-12/02
- [14] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR
LM78XX 3-Terminal 1A Positive Voltaje Regulator. Datasheet.

- [15] MOTOROLA
ULN2803 Octal High Voltaje, High Current Darlington Transistor Arrays. Datasheet
- [16] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR
DM74LS47 BCD to 7-Segment Decoder/Driver with Open-Collector Outputs. Oct 1988
- [17] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR
DM74LS138 Decoder/Demultiplexer. Aug 1986
- [18] FAIRCHILD SEMICONDUCTOR
TIP32 Series. Medium Power Linear Switching Applications.
- [19] YUASA
NP, Valve regulated, Lead Acid battery Manual. 01/12/99
- [20] KYOCERA SOLAR
<http://www.kyocerasolar.com/pdf/specsheets/ks20.pdf>
- [21] ACCIPITER RADAR TECHNOLOGIES
<http://www.sicomsystems.com/home.html>
- [22] WEBER, NOHARA & Others
Affordable, Real-Time, 3-D Avian Radar Networks For Centralized North American Bird Advisory Systems.
[http://www.sicomsystems.com/SicomBirdStrike2005\(R2\).pdf](http://www.sicomsystems.com/SicomBirdStrike2005(R2).pdf)
- [23] APC
Motion Sensor - AP9322
[http://sturgeon.apcc.com/techref.nsf/partnum/990-1471/\\$FILE/990-1471-EN.pdf](http://sturgeon.apcc.com/techref.nsf/partnum/990-1471/$FILE/990-1471-EN.pdf)
- [24] GRUPO - PUCP
Curso a distancia de Sistemas Fotovoltaicos, 2008

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

ANEXOS DE TESIS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE AHUYENTAMIENTO DE AVES POR MEDIO DE RECURSOS SONOROS Y VISUALES PARA LA PROTECCIÓN DE CAMPOS DE CULTIVO

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

Juan Francisco Rodríguez Ayala

ASESOR : Ing. Miguel Angel Cataño Sánchez

Lima, Febrero del 2009

INDICE

INDICE	2
ANEXOS	4
Anexo 1 : Autonomía de energía del módulo de control.....	4
Anexo 2 : Métodos tecnológicos disponibles para el control de aves.....	6
Anexo 3: Registro de imágenes.....	10
F_20070318_01	10
F_20070321_01	10
F_20070324_01	10
F_20070324_02	11
F_20070331_01	11
F_20070331_02	11
F_20070331_03	12
F_20070510_01	12
F_20070512_01	12
F_20070512_02	13
F_20070512_03	13
F_20070617_01	13
F_20070909_01	14
F_20071201_01	14
F_20071201_02	14
F_20071208_01	15
F_20071208_02	15
F_20071208_03	15
F_20071208_04	16
F_20071208_05	16
F_20080127_01	16
F_20080127_02	17
F_20080127_03	17
F_20080127_04	17
F_20080127_05	18
F_20080127_06	18
F_20080127_07	18
F_20080203_01	19
F_20080203_02	19
F_20080203_03	19
F_20080330_01	20
F_20080330_02	20
F_20080330_03	20
F_20080330_04	21
F_20080330_05	21
F_20080330_06	21
F_20080330_07	22
F_20080330_08	22

F_20080801_01	22
F_20080801_02	23
 Anexo 4: Registro de videos	 24
V_20070324_01	24
V_20070325_01	24
V_20070325_02	28
V_20070909_01	29
V_20071124_01	30
V_20071208_01	30
V_20071208_02	31
V_20080127_01	31
V_20080127_02	32
V_20080127_03	33
V_20080127_04	33
V_20080127_05	34
V_20080127_06	34
V_20080127_07	35
V_20080127_08	35
V_20080203_01	36
V_20080203_02	36
V_20080203_03	37
V_20080203_04	37
V_20080203_05	38
V_20070331_01	38
V_20070331_02	39
V_20070331_03	39
V_20070331_04	40
V_20070331_05	40
V_20070331_06	41
V_20070331_07	41
V_20070331_08	42
V_20070331_09	42
V_20090430_01	43
V_20090430_02	43
V_20090430_03	43
V_20090430_04 , V_20090430_05, V_20090430_06	43
 Anexo 5 : Detalle de las características básicas del subsistema de ahuyentamiento propuesto.	 44
 Anexo 6 : Costos de Fabricación, Instalación y Mantenimiento de Módulo de Control ..	 46

ANEXOS

Anexo 1 : Autonomía de energía del módulo de control

Para confirmar los cálculos de energía desarrollados en la sección 4.6.6 para la autonomía del módulo de control, se conectó dicho módulo a una batería LONG 12 VDC 7Ah, en funcionamiento permanente con un ritmo de trabajo diario de 5 horas de actividad y 19 horas en stand-by. Antes de ser conectada, la batería fue cargada al máximo de su capacidad (13.59 V).

La autonomía del módulo de control se extendió hasta por 8 días sin recarga. En el gráfico siguiente se muestra la curva de descarga de la batería conectada al módulo, que consta de las lecturas de voltaje tomadas durante los días de funcionamiento del equipo. Se observa una descarga rápida en el primer día, y una descarga lenta casi uniforme en los siguientes 7 días.

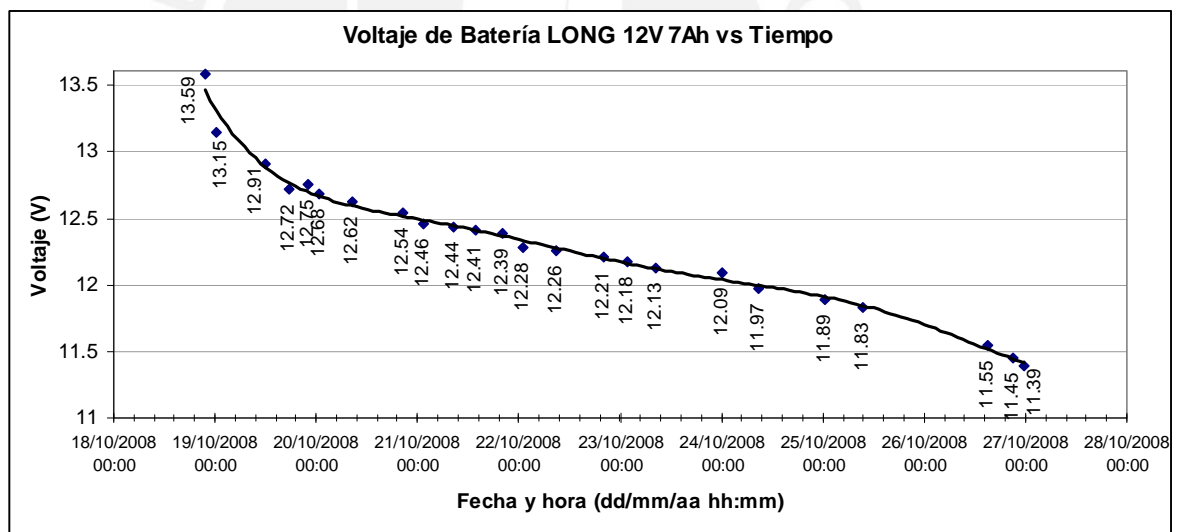


Fig.A1.1 Curva de descarga de batería 12V-7Ah conectada a módulo de control

Día/Mes/Año hh:mm	Voltaje en Batería	Día/Mes/Año hh:mm	Voltaje en Batería
18/10/2008 21:37	13.59	22/10/2008 08:39	12.26
19/10/2008 00:31	13.15	22/10/2008 20:15	12.21
19/10/2008 11:50	12.91	23/10/2008 01:30	12.18
19/10/2008 17:25	12.72	23/10/2008 08:36	12.13
19/10/2008 21:52	12.75	24/10/2008 00:20	12.09
20/10/2008 00:49	12.68	24/10/2008 08:35	11.97
20/10/2008 08:29	12.62	25/10/2008 00:31	11.89
20/10/2008 20:22	12.54	25/10/2008 09:20	11.83
21/10/2008 01:31	12.46	26/10/2008 15:05	11.55
21/10/2008 08:35	12.44	26/10/2008 21:00	11.45
21/10/2008 13:43	12.41	26/10/2008 23:50	11.39
21/10/2008 20:00	12.39	27/10/2008 08:30	7.48
22/10/2008 01:00	12.28		

Fig.A1.2 Lecturas de voltaje de la batería con fecha y hora de lectura

Anexo 2 : Métodos tecnológicos disponibles para el control de aves.

El control de aves trasciende el ámbito agrícola y se vuelve una actividad necesaria en los campos aéreos. La colisión de aves contra las aeronaves constituye un gran peligro para las personas que viajan en ellas. Se han utilizado varias tecnologías para tratar de controlar a las aves cerca de los aeropuertos, desafortunadamente ésta actividad se complica debido a los altos costos de los equipos.

Uso del Radar para la detección de aves

La compañía Sicom Systems Ltd¹ produce radares para detectar aves y prevenir colisiones entre estas y las aeronaves. Comparadas con los costos extra que generan estas colisiones, el precio de estos sistemas es reducido.

Los Accipiter® Avian Radar System, utilizan un radar NEXRAD Doppler, con un alcance efectivo de entre 11 y 55 Km. Existen estudios que resumen las experiencias de empresas y entidades educativas (i.e. universidades) que han sumado esfuerzos para realizar una detección efectiva de las aves.



Fig.A2.1 Sistema de Radar Aviario de Accipier

Un ejemplo es el BIRD RAD², Bird Radar, desarrollado en 1998 por el Laboratorio de Ornitología de la Universidad Clemson. Utiliza un radar marino Furuno 2155BB cuya antena en forma de "T" ha sido reemplazada por una antena parabólica de 1m de diámetro. Dicha antena gira para efectuar barridos del espacio aéreo en periodos de 2.5 segundos. Aves de gran tamaño pueden ser detectadas incluso a 11Km de distancia.

¹ <http://www.sicomsystems.com/home.html>

² [http://www.sicomsystems.com/SicomBirdStrike2005\(R2\).pdf](http://www.sicomsystems.com/SicomBirdStrike2005(R2).pdf)

Los radares de detección de aves son artefactos utilizados mayormente para la vigilancia de los campos aéreos, en prevención de colisiones con las aeronaves. Los sistemas de radar aviarios son relativamente económicos pues cuestan alrededor de **US\$ 500,000**, que es el costo de la reparación de una turbina dañada por la colisión con un ave.³ Sin embargo para proyectos pequeños como el nuestro, estos costos referenciales nos indican que la detección por radar es una tecnología muy costosa e inaccesible.

Detección de movimiento

Es una técnica ampliamente usada para aplicaciones como la detección de intrusos, activación automática de luces en pasillos de hoteles, y hasta la vigilancia de bebés. Los sensores de movimiento⁴ son dispositivos que cubren áreas pequeñas (generalmente en interiores, en las puertas de las casas), permitiendo la detección de cualquier objeto móvil, incluyendo personas y aves.

Los detectores de movimiento se han adaptado a dispositivos de ahuyentamiento de aves, como se muestra en el siguiente ejemplo. El Sonic Bird Chaser BC1 reproduce sonidos de halcones y búhos, e incluye un detector de movimientos que registra todo lo existente en un ángulo de apertura de 130°, hasta unos 9.2 m de distancia.

Éste dispositivo tiene un precio de **US\$ 90** y representa una solución para ambientes pequeños, como graneros o almacenes.



Fig.A2.2 Bird Chaser BC1. Derecha : dispositivo completo, Izquierda : detalle de los controles.

³ http://www.boston.com/news/nation/articles/2009/01/26/airports_testing_radar_that_could_spot_birds/

⁴ Por ejemplo : [http://sturgeon.apcc.com/techref.nsf/partnum/990-1471/\\$FILE/990-1471-EN.pdf](http://sturgeon.apcc.com/techref.nsf/partnum/990-1471/$FILE/990-1471-EN.pdf)

Detección de movimientos por DSP⁵

Una técnica más sofisticada para la detección de movimientos es el análisis de las imágenes capturadas por una cámara digital de video. Dichas imágenes son tratadas por medio de algoritmos que permiten determinar el comportamiento de los objetos observados.

Para realizar un análisis de imagen por DSP son necesarios el uso de computadoras, cámaras digitales y software.



Fig.A2.3 Sistema de video vigilancia

Una vez capturada una secuencia de imágenes, un algoritmo (que puede ser escrito en MATLAB o en lenguaje C) determinará si los objetos en cuestión se han movido. Pero el análisis puede extenderse incluso hasta el reconocimiento del tipo de objeto, en nuestro caso, la forma del ave, la velocidad de su vuelo y su dirección.



Fig.A2.4 Posible proceso de análisis de imagen

⁵ DSP, *Digital Signal Processing* : Procesamiento digital de señales.

Éste método posee mucho potencial, ya que aprovecha el uso difundido de la computadora personal y de los sistemas de video-vigilancia. Ambos elementos pueden formar parte de una red de detección contra intrusos humanos y animales.

La detección del intruso dará paso a la activación a control remoto de los dispositivos correspondientes a la zona que ha sido invadida.

Un sistema como éste, sin embargo, es adecuado para un proyecto más grande que el nuestro, pues involucra equipo más costoso.

Un sistema básico de vigilancia requiere una tarjeta PCI de captura digital de imágenes, la cual puede costar US\$ 400 (para 4 canales de video)⁶. Además se requieren 4 cámaras de video con una resolución suficiente para captar imágenes de pequeñas aves en la distancia, con un precio aproximado de US\$ 300 cada una.⁷ Se requiere además de una computadora con un CPU Intel Celeron 1.0 Ghz como mínimo, 128 MB de RAM y 80GB de Disco Duro, la cual tiene un precio aproximado de US\$ 400 en el mercado nacional. Finalmente se debe agregar el costo de instalar las cámaras sobre postes de madera tratada en distintos lugares del campo, y una red de cables de video. Esta solución podría mejorarse con cámaras inalámbricas con un costo ligeramente superior al de las convencionales⁸.

La infraestructura de video vigilancia planteada puede tener un costo aproximado de **US\$ 2100**.

Conclusión

Encontramos que los sistemas de vigilancia actuales, aplicados a la detección y ahuyentamiento de aves son opciones cuyo costo crece en proporción al rango de detección efectivo. Las tecnologías económicas como la detección de movimiento, son inefectivas por su bajo rango (distancia) de detección. Las de rango medio como los sistemas de video vigilancia requieren de equipos relativamente costosos para proyectos pequeños. Finalmente los sistemas que cubren grandes distancias, como el radar, son productos que solamente pueden costear las grandes empresas o instituciones gubernamentales.

⁶ <http://spyville.com/tfs-04124camerapcivideorecarder.html>

⁷ <http://spyville.com/cm259vair-sl-high-resolution-night-vision.html>

⁸ <http://www.spyville.com/4-camera-wireless-camera-system.html>

Anexo 3: Registro de imágenes

Descripción de imágenes citadas en la memoria descriptiva. Todas las imágenes se encuentran disponibles en formato digital.

F_20070318_01

Fecha : 24/03/2007

Lugar : Fundo de Luisa Mesías Chinchá , ICA



Parte de un racimo recientemente afectado por las aves. Fue hallado en el suelo. Probablemente ataque de paloma.

F_20070321_01

Fecha : 21/03/2007

Lugar : Domicilio del Tesista - LIMA



Primer Prototipo de ahuyentador de aves, basado en ATMEGA8L. Manejado por medio de un teclado telefónico, selecciona una pista de sonido de un reproductor de CD y la emite mediante un amplificador de 20W. Posee un puerto paralelo para programación.

F_20070324_01

Fecha : 24/03/2007

Lugar : CITEVID-ICA (Campos de pruebas agrícolas) - ICA



En compañía del Ing. Alex Caitano, del CITEVID⁹-ICA, reproducimos sonidos de cantos de depredadores y aves, desde un reproductor de CD portátil, un amplificador genérico monoaural de 35W y una bocina.

⁹ CITEVID : Centro de Innovación Tecnológica Vitivinícola, dependencia del Ministerio de la Producción.

F_20070324_02

Fecha : 24/03/2007

Lugar : CITEVID-ICA (Campos de pruebas agrícolas) - ICA



Tesista en la entrada del CITEVID-ICA, en el Km 295 de la Panamericana Sur, a 5 Km de la ciudad de ICA.

F_20070331_01

Fecha : 31/03/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Equipos de prueba para ahuyentamiento : Dos reproductores de CD y dos amplificadores de 35W, energizados por una batería de 12V 7Ah. Es importante destacar que en estas pruebas de campo, el montaje de equipos y tendido de cables es una actividad que se realiza con mucha dificultad. Conviene utilizar equipos integrados y portátiles.

F_20070331_02

Fecha : 31/03/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Bocina Nro.1 amarrada a una de las vigas de soporte de las plantas de uva. El cable de audio conectado a la bocina mide aproximadamente 10 metros y lo comunica con el amplificador.

F_20070331_03

Fecha : 31/03/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Bocina Nro 2 amarrada a un cable de soporte de las plantas de uva.

F_20070510_01

Fecha: 10/05/2007

Lugar : Domicilio del Tesista – LIMA



Parlante acondicionado con varias bocinas, de rango medio y rango alto de frecuencias, en la cima de un soporte de aluminio. El propósito de éste experimento fue probar que a mayor altura, mayor alcance de los sonidos sobre el campo.

F_20070512_01

Fecha : 12/05/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Parlante acondicionado con varias bocinas, montado sobre uno de los surcos del campo de cultivo. El soporte fue enterrado algunos centímetros en el suelo, y el balance fue proporcionado por cuerdas atadas a estacas clavadas sobre el suelo. Ayudantes, el Sr. Vargas y el Sr. Sihuas.

F_20070512_02

Fecha : 12/05/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Parlante acondicionado con varias bocinas, visto desde la base.

F_20070512_03

Fecha : 12/05/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Parlante acondicionado con varias bocinas, visto desde otro ángulo.

F_20070617_01

Fecha : 12/05/2007

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Parlantes que pueden ser manejados por el prototipo de ahuyentador de aves, con ayuda de un amplificador de potencia adicional. La diversidad de frecuencias puede favorecer distintos tipos de sonidos a reproducir.

F_20070909_01

Fecha: 09/09/2007

Lugar :

Plaza de la Iglesia de San Francisco

Cercado de Lima



Palomas disfrutaban del agua de la pileta y de los relieves en las paredes del templo, para posarse, y socializar.

F_20071201_01

Fecha: 01/12/2007

Lugar :

Plaza de la Iglesia de San Francisco Cercado de Lima



Adulto dando maíz molido a un niño para que alimente a las palomas. Costumbre inofensiva que favorece la permanencia de las palomas en espacios como éste. Nótese que ésta foto fue tomada poco después del retiro de gradas y escenario de El Gran Teatro del Mundo, producido por la PUCP en Noviembre 2008.

F_20071201_02

Fecha: 01/12/2007

Lugar : Plaza Mayor – Cercado de Lima



Palomas descansando y disfrutando de la brisa húmeda de la pileta de la plaza mayor, que permanentemente les proporciona agua. Nótese que éste espacio esta prohibido para los transeúntes.

F_20071208_01

Fecha: 08/12/2007

Lugar : Plaza de la Iglesia de San Francisco –
Cercado de Lima



Vendedora de maíz molido destinado a la alimentación de las palomas, esperando a algún cliente. Éste negocio se encuentra vinculado directamente a la presencia de estas aves en la plaza de San Francisco. Una paloma parece vigilar de cerca.

F_20071208_02

Fecha: 08/12/2007

Lugar : Plaza de la Iglesia de San Francisco
Cercado de Lima



Niños alimentando a las palomas.

F_20071208_03

Fecha: 08/12/2007

Lugar : Plaza Mayor – Cercado de
Lima



Adultos y niños por igual, alimentan a las palomas de la Plaza Mayor.

F_20071208_04

Fecha: 08/12/2007

Lugar : Plaza Mayor – Cercado de Lima



Palomas bebiendo agua de la pileta de la Plaza Mayor.

F_20071208_05

Fecha: 08/12/2007

Lugar : Plaza de la Iglesia de San Francisco – Cercado de Lima



Niños alimentando palomas en el lado derecho de la plaza de San Francisco.

F_20080127_01

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Dos reproductores de CD, conectados a dos amplificadores monoaurales de 35W, alimentados por dos baterías de 12V 7Ah, reproducen sonidos estridentes variados a través de 4 parlantes (2 conectadas a cada amplificador), por medio de cables de audio de aproximadamente 30m. Los parlantes fueron ubicados separados el uno del otro en surcos diferentes del campo. El operador se ubicó a la mayor distancia posible de los parlantes, para no influenciar la conducta de las aves. El objetivo del experimento fue probar la percepción de los sonidos emitidos por los artefactos, y si es posible observar la reacción de las aves ante dos fuentes de sonido en el campo. Los sonidos emitidos son : pitos, sonidos de águila, llantos de niños, voces humanas, sonidos guturales y gritos.

F_20080127_02

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Uno de los parlantes para la emisión de sonidos. Nótese que esta bien camuflado por las hojas de la planta de uva.

F_20080127_03

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Otro de los parlantes para la emisión de sonidos. Nótese que esta conectado a un cable largo de audio, el cual lleva al amplificador.

F_20080127_04

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Racimo de uvas con algunas faltantes y otras picoteadas por las aves. Nótese que las uvas atacadas entraron en descomposición y disminuyen calidad del racimo.

F_20080127_05

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Gran cantidad de uvas consumidas por las aves. Uvas vecinas son inmaduras y no fueron tocadas.

F_20080127_06

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Racimo completo consumido por las aves. Probablemente por las palomas. Posición del racimo da comodidad a las aves para ser consumido.

F_20080127_07

Fecha : 27/01/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Sr. Raúl desempacando equipos destinados al ahuyentamiento por sonido. Éste trabajador de La Caravedo aprendió el montaje de los equipos y la operación de las secuencias de sonido. Además mantuvo las baterías cargadas. Éstas labores fueron realizadas por el citado trabajador durante toda la semana, por algunas semanas, en ausencia del Tesista.

F_20080203_01

Fecha : 03/02/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Sr. Raúl muestra instrumentos de ahuyentamiento tradicionales. Las latas vacías producen un sonido metálico y estridente.

F_20080203_02

Fecha : 03/02/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Parlantes antes de ser instalados en los surcos de los campos de cultivo de La Caravedo.

F_20080203_03

Fecha : 03/02/2008

Lugar : Fundo La Caravedo – ICA



Detalle de Parlantes. Dos de ellos son pares de parlantes unidos por su parte trasera, de modo que dos parlantes emitan sonidos en ambas direcciones. El tercer parlante posee instaladas dos bocinas en la misma caja.

F_20080330_01

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



F_20080330_02

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



F_20080330_03

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



Vista lateral del dispositivo de ahuyentamiento. El dispositivo esta contenido en un recipiente plástico que lo protege de las ocasionales lluvias del verano iqueño. Un techo de fibreforte sobre el dispositivo completa la protección del sol y de las precipitaciones. Podemos apreciar uno de los dos parlantes instalados en el recipiente.

F_20080330_04

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



Vista lateral del dispositivo de ahuyentamiento. Podemos notar el segundo parlante montado en uno de los lados del dispositivo. Los parlantes colocados uno en dirección distinta al otro permiten la emisión del sonido en ambas direcciones y una mayor cobertura.

F_20080330_05

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



Detalle del techo del dispositivo de ahuyentamiento, protegido por el techo de fibraforte.

F_20080330_06

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



Detalle del interior del dispositivo. En su interior un reproductor MP3, que funciona con pilas AA, proporciona el sonido para que un amplificador lo lleve a los parlantes.

F_20080330_07

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA



Otra imagen del dispositivo instalado bajo las plantas de la vid.

F_20080330_08

Fecha: 30/03/2008

Lugar: Fundo La Caravedo - ICA

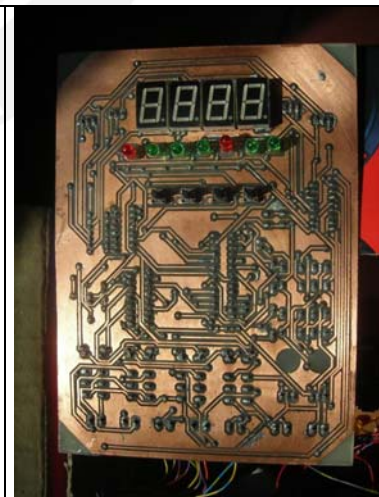


Módulo oculto debajo de las ramas de una planta de vid. Nótese que las plantas protegen del sol y la lluvia al módulo.

F_20080801_01

Fecha: 01/08/2008

Lugar: Domicilio del tesista.



Vista delantera del módulo. En esta cara se colocaron principalmente los componentes de la interfase de usuario, como los displays, los leds indicadores de actividad y los pulsadores, para el manejo del módulo.

F_20080801_02

Fecha: 01/08/2008

Lugar: Domicilio del tesista.



Vista posterior de módulo de control. Esta cara contiene la mayoría de componentes, entre los cuales podemos destacar el microcontrolador ATMEGA8L, los relés (6) y las borneras.



Anexo 4: Registro de videos

Descripción de cada video citado en el texto de la tesis. Todos los videos se encuentran disponibles en formato digital.

V_20070324_01

Fecha : 24/03/2007

Lugar : CITEVID-ICA (Campos de pruebas agrícolas) - ICA

En compañía del Ing. Alex Caitano, del CITEVID¹⁰-ICA, reproducimos sonidos de cantos de depredadores y aves, desde un reproductor de CD, un amplificador monoaural de 35W y una bocina. El Ing. Caitano comenta el cambio de conducta de las aves ante los sonidos reproducidos. (01:20 se escucha cantos de alerta de Chaucato)



V_20070325_01

Fecha: 25/03/2007

Lugar: Fundo de Armando Alva - ICA

En compañía de Pedro Alva, hijo de propietario de fundo, recorrimos la propiedad mientras proporcionaba datos importantes sobre su experiencia en ahuyentamiento de aves.

(mm:ss)

00:00-00:11

(...)después de la paloma sigue ése negrito que te digo, el saltapalito, después del saltapalito viene ése picudito, pero no solamente es eso, una vez que ellas entran, ya viene la famosa abeja, la avispa (...)

¹⁰ CITEVID : Centro de Innovación Tecnológica Vitivinícola, dependencia del Ministerio de la Producción.

00:11-00:36

(...)entonces, qué hemos hecho frente a eso una vez (...) comenzamos a probar de todo un poco : cintitas de colores que con el aire se movía, después (...) un amigo ingeniero me que haga un repelente, haz macerar ajos, aplícalos a los racimos de uvas, y a la hora de la hora, eso no dio ningún resultado.



00:37-01:46

Éste año (...) hemos hecho pendulación de racimos, es decir que la planta cuelgue sus racimos cuando hacemos las podas, aparte hemos hecho un trabajo de deshoje, y lo mas importante para dominar esto (...) si yo veo aquí un nido de cuculí o saltapalito, lo dejo, esos animalitos en el fondo (...) son nuestros aliados porque (...) ellos van comiendo cualquier polillita, cualquier coleoptero (...) no solamente comen la uva, sino también las plagas de la planta. (...) solo así hemos logrado disminuir. Esa manera de deshojar nos ha dado mejores resultados.

01:47

(...) Inclusive hemos colgado botellas de gaseosa (...) pero lo que nos ha dado mejor resultado es disuadir (...) ¿cómo disuadimos?, con una honda, con un terroncito, ni siquiera los matamos. Ellos escuchan y se van. Una vez que la uva (...) es expuesta al sol (...) es una uva que tiene el pellejo más grueso (...) a éstos animalitos no les gusta lo duro (...) no le hacen caso.

02:39

(...) El animalito solamente tiene determinadas horas en que se alimenta. Por ejemplo en el caso de las palomas (...) 9,10,11 de la mañana. Pasado mediodía ya no regresa hasta la tarde. (...)viene la paloma y (...) te desgrana, y medio racimo queda tirado en el suelo.

03:28

(...) Acá nosotros no aplicamos ningún agroquímico, absolutamente nada.

03:40

(...) el animalito es selectivo porque (...) en el caso de las uvas quebranta que están un poco expuestas al sol (...) no ataca mucho (...) en el caso de las (...) sombreadas, por ejemplo estas de aquí (...) no las limpiamos, esta sombreada, no quepa la menor duda que el (el ave) va a hacerse dueño.



04:04-05:30

(...)si tu tienes un racimo (...) que ya esta maduro, y ella (ave) no lo ha tocado, pasando 15 a 20 días, es más difícil que empiece a hacerle daño (...) éste es el caso del *Saltapalito* que pica el grano y lo pudre. Pero en el caso de la paloma, así este maduro o no maduro, y tiene hambre, él tumba. (...) pero el *Salatapalito*, ese negrito que hace huequito (...) ahí ya comienza la pudrición, ahí viene la abeja. Pero si viene y encuentra el racimo, la mitad maduro, entonces no lo toca.

06:00-06:20

(...) otra cosa, al pajarito no le gusta (...) estos sitios que están muy abiertos, él le gusta ese monte (señalando arbustos tupidos). Palomas, saltapalitos, y los picudos.

06:28-06:54

En el caso de las parras nuevas se presenta una cosa bien distinta, (...) porque allá nos ganó la maleza, y donde hay semillas, hay plagas. Y ojo que el animalito no solamente come uva, come semilla, come todo (...)

07:20

(...) a mi me pasó una cosa bien simpática (...) se habrían escapado unos loros (...) venían las palomas, y palomas vienen bastante por aquí, y su canto del loro (...) era como si la paloma escuchara (...) al halcón, (...) no sabía dónde meterse.

07:58

(...) para el *Saltapalito*, para el negrito, hay un depredador que es el Cernícalo. (señalando una palmera) en esa palmera (...) hay cernícalos y hay lechuza aceitera.

08:25-09:00

(...) en el fondo, las aves (...) acá en el campo son nuestros aliados, contra las plagas (...) lógicamente si les ponemos exceso de comida, y no sabemos orientar eso, siempre nos van a hacer daño.



09:12-09:40

(...) nosotros estamos aplicando tantas cosas, que estamos tratando de producir mas, pero a veces en esa escala y en esa situación de querer producir más, (...) su área y sus espacios de ellos los destruamos, su ecología, entonces qué le queda a ése animalito, (...) lo único que le queda es la sobrevivencia, y ésta es que si está tu fruta, se la va a llevar.

10:09-10:20

(...)por ejemplo otra cosa que hemos probado son las cintas de casete, pero el animalito es bien astuto.

11:47- 12:10

(...)mira, así desgrana la paloma (señalando un racimo de uvas afectado) (...) y a veces la desgrana (cayendo las uvas al suelo) y ella misma baja a comerlas. Y ojo que aquí hay granos muy grandes que ella ya no los puede pasar.

12:57-13:40

(...) un año, por ejemplo, hace dos, (...) hasta el año pasado ése fundo grande (fundo vecino) envenenaba la uva, me daba pena porque las palomitas venían a morir aquí a la pecana (árbol)

(...) te diré que ese año ha habido una mortandad tremenda de palomas. Es algo feo matar esos animales porque son parte de todo éste entorno.

13:40-14:07

(...)ése es el *Piturrín* que le llaman, ése también es tremendo (refiriéndose a un ave).Es bien sinvergüenza, tu te acercas y no se va.

V_20070325_02

Fecha: 25/03/2007

Lugar: Fundo de Armando Alva

Tesista indicando al Sr. Pedro Alva funcionamiento de filmadora, para efectuar una prueba de emisión de sonidos de aves.

01:12

Observar bocina instalada sobre una de las vigas de madera, y el cable conectado a amplificador. Los sonidos serán reproducidos por el Tesista, y el Sr. Pedro filmará reacciones de aves.



01:51

Inicio de emisión de sonidos.

02:17

Reacción de Chaucato

02:23

Reacción de Guardacaballos

03:00 –04:20

Ante sonidos reproducidos, Chaucato responde emitiendo sonidos. El Sr. Pedro agrega :
“Chaucato (...) y el Chaucato cuando ve víbora, culebra, hace ése tipo de (sonido) (...) esta pasando la voz”



05:40-06:15

“Palomas, se van”

V_20070909_01

Fecha: 09/09/2007

Lugar: Plaza de la Iglesia de San Francisco, Cercado de Lima

Éste video, del 9 de Septiembre del 2007, muestra una escena normal en éste lugar, palomas circulan libremente en la plazuela, alternando con las personas. Disponen de agua en la pileta de la plaza, para beber y refrescarse. Las palomas incluso se posan en los bordes de la iglesia para descansar.

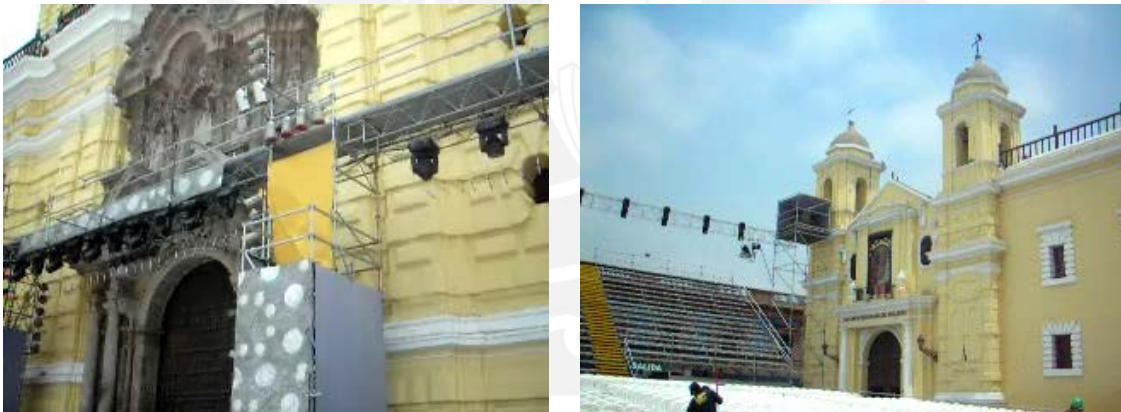


V_20071124_01

Fecha: 24/11/2007

Lugar: Plaza de la Iglesia de San Francisco, Cercado de Lima.

Éste video, del 24 de Noviembre del 2007, muestra la plaza e iglesia de San Francisco, aseada, pintada y con las estructuras que serán parte del espectáculo “El Gran Teatro del Mundo” organizado por la PUCP. Nótese la ausencia de palomas en los bordes de la iglesia. Se han levantado gradas para el público, sobre las cuales las palomas no se han posado, a pesar de tener partes altas. La pileta ha sido desmontada para dar lugar a los asientos del público. En el índice 00:37 nótese que las palomas hacen un vuelo circular desde el lado derecho del templo de San Francisco, donde no se han levantado estructuras y donde las personas y vendedores se han ubicado, inclusive se posan en los bordes de las paredes de éste lado del templo. Esto indica que las palomas se han mudado del espacio principal, a uno secundario, pero no han abandonado la plaza.



V_20071208_01

Fecha: 08/12/2007

Lugar: Plaza de la Iglesia de San Francisco, Cercado de Lima.

Éste video, del 08 de Diciembre del 2007, muestra la plaza e iglesia de San Francisco, durante una fiesta religiosa. Éstas imágenes fueron tomadas luego de que la PUCP levantara las estructuras del escenario y estrados del espectáculo “El Gran Teatro del Mundo”, presentado solo algunos días atrás. Nótese que las palomas han vuelto al espacio principal de la plaza, alternando con las personas, sin problemas.



V_20071208_02

Fecha: 08/12/2007

Lugar: Plaza de la Iglesia de San Francisco, Cercado de Lima.

Nótese cómo los visitantes a la plaza alimentan a las palomas con maíz molido, el cual es vendido además por los comerciantes de velas y recuerdos instalados al interior de la plaza.



V_20080127_01

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Dos reproductores de CD, conectados a dos amplificadores monoaurales de 35W, alimentados por dos baterías de 12V 7Ah, reproducen sonidos estridentes variados a través de 4 parlantes (2 conectadas a cada amplificador), por medio de cables de audio de aproximadamente 30m. Los parlantes fueron ubicados separados el uno del otro en surcos diferentes del campo. El operador

se ubicó a la mayor distancia posible de los parlantes, para no influenciar la conducta de las aves. El objetivo del experimento fue probar la percepción de los sonidos emitidos por los artefactos, y si es posible observar la reacción de las aves ante dos fuentes de sonido en el campo. Los sonidos emitidos son : pitos, sonidos de águila, llantos de niños, voces humanas, sonidos guturales y gritos.



V_20080127_02

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Prueba de audio. Uno de los parlantes utilizados, en funcionamiento. Se encuentran dentro de una caja de color verde, y un cable largo lo comunica con el amplificador, situado a 30m de distancia. La caja fue confeccionada de cartón-piedra y unida por tornillos, para un transporte más fácil desde Lima.



V_20080127_03

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Otro de los parlantes instalados en el campo, en funcionamiento. Funciona al mismo tiempo que el anterior parlante. Se aprecia colgado de los alambres que ofrecen sostén a las plantas de la vid.

**V_20080127_04**

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Desde la posición del operador (amplificadores y reproductores de CD) se observa el tendido de cable y se perciben los sonidos emitidos por los parlantes a una distancia de 30m cada uno, aproximadamente.



V_20080127_05

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Recorrido que muestra la posición del parlante número 1 respecto a la esquina del campo de cultivo. Obsérvese que las hojas actúan como un buen camuflaje.

**V_20080127_06**

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Recorrido que muestra la posición del parlante número 2. Obsérvese que las hojas actúan como un buen camuflaje.



V_20080127_07

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Recorrido que muestra la posición del parlante número 3. Obsérvese que las hojas actúan como un buen camuflaje.



V_20080127_08

Fecha: 27/01/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Recorrido que muestra la posición del parlante número 4. Obsérvese que las hojas actúan como un buen camuflaje.



V_20080203_01

Fecha: 03/02/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Sr. Manuel, trabajador del fundo, muestra forma tradicional de alejar a las aves. Utiliza latas de leche para emitir sonidos estridentes.

**V_20080203_02**

Fecha: 03/02/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Búsqueda de uno de los parlantes instalados en las pruebas de la semana anterior. Encargado de La Caravedo colocó una bolsa de plástico para proteger el parlante de las lluvias ocurridas por esas fechas.



V_20080203_03

Fecha: 03/02/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Continuación de video Nro 02. El parlante no presenta daños debido a la lluvia. Protección de plástico funcionó bien.

**V_20080203_04**

Fecha: 03/02/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Abeja posándose sobre uvas afectadas por las aves previamente. Según el conocimiento local, las abejas son atraídas por el dulce del jugo de uva, expuesto al exterior gracias al picoteo de aves pequeñas como el Saltapalito.



V_20080203_05

Fecha: 03/02/2008

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Reproducción de sonidos, observada desde una de las esquinas del campo de cultivo. Obsérvese la superposición de los sonidos provenientes de las dos fuentes de sonido.

La cámara recorre los surcos acercándose a aquellos donde se han instalado parlantes.



V_20070331_01

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Guardacaballo o Chucraco



V_20070331_02

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Aves pequeñas camufladas en las plantas del suelo de los surcos.

**V_20070331_03**

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Localización de bocinas conectadas a amplificador. Bocina 1 colocada a aproximadamente 10m de distancia. Bocina 2 colocada aproximadamente a 36m de distancia.



V_20070331_04

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Tranquilidad y silencio cerca de las bocinas antes de reproducción de sonidos de depredadores y llamados de alerta.

**V_20070331_05**

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Reproducción de sonidos de aves y depredadores motiva a Chaucatos de las cercanías a emitir su canto de alerta. En el índice 01:50 los cantos del Chaucato se intensifican, ante la reproducción de sonidos de halcón.



V_20070331_06

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Un grupo de Chaucatos se reúne alrededor de las bocinas, atraídos por el sonido de halcón emitido. Los cantos de los Chaucatos continúan.

Una vez cambia el sonido de halcón al de una ave en peligro, las aves se retiran, probablemente por el riesgo de quedarse cerca.

**V_20070331_07**

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Aves vuelan en círculos, sobre las bocinas, pero no aterrizan, sólo exploran y se alejan rápidamente.



V_20070331_08

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Tiempo después, se repiten los sonidos. Aves cercanas, una paloma y un chaucato, se encuentran inmóviles cerca de la fuente de sonido. Algunos chaucatos regresan y se posan cerca de las bocinas.

**V_20070331_09**

Fecha: 31/03/2007

Lugar: Fundo La Caravedo – ICA

Se realiza la prueba una tercera vez, observándose que antes de reproducir los sonidos, hay silencio, pero una vez emitidos, los chaucatos comienzan a emitir llamados de alerta.



V_20090430_01

Fecha: 30/04/2009

Lugar: Laboratorio de Tesista

Se demuestra el modo de operación del Módulo de Control, cómo se programa la hora actual y la hora de ahuyentamiento, también la combinación de dispositivos.

V_20090430_02

Fecha: 30/04/2009

Lugar: Laboratorio de Tesista

Se demuestra cómo conectar los dispositivos de ahuyentamiento al módulo de control. Se conecta un dispositivo alámbrico y un inalámbrico. Se realizan pruebas de funcionamiento frente a la cámara.

V_20090430_03

Fecha: 30/04/2009

Lugar: Laboratorio de Tesista

Breve inspección al interior del módulo de ahuyentamiento, la tarjeta de circuito impreso y conexiones internas.

V_20090430_04 , V_20090430_05, V_20090430_06

Fecha: 30/04/2009

Lugar: Laboratorio de Tesista

Presentación de dispositivo de ahuyentamiento que viene siendo desarrollad por el tesista, como extensión del trabajo realizado en el módulo de control. Este proyecto no forma parte de la presente tesis.

Anexo 5 : Detalle de las características básicas del subsistema de ahuyentamiento propuesto.

1. **Los dispositivos controlados son activados en intervalos de tiempo aleatorios.** De esta manera es más difícil que las aves se habitúen a los sonidos o imágenes que las ahuyentan. La ausencia de patrones aumenta la sensación de incertidumbre y temor en las aves.
2. **Puede administrar más de una línea de control de 1 bit para activar o desactivar los dispositivos de ahuyentamiento.** De la experiencia en aplicar dispositivos de ahuyentamiento en los campos de cultivo íqueños, se llegó a la conclusión de que varios dispositivos actuando coordinadamente, en lugar de uno, causan un mayor efecto en las aves. Específicamente el uso de más de un dispositivo de ahuyentamiento al mismo tiempo posee las siguientes ventajas:
 - a. **Definen un área mayor de ahuyentamiento:** Si cada dispositivo tiene un área efectiva de ahuyentamiento, la distribución de varios dispositivos en el espacio demarca un área efectiva mayor. Cuanto mayor sea el área de ahuyentamiento, mayor será la cantidad de producto agropecuario protegido.

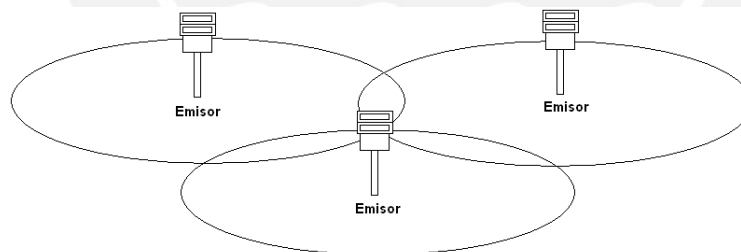


Fig a. Cobertura combinada de dispositivos de ahuyentamiento

- b. **Permite que los equipos sean modulares y de bajo costo:** Para cubrir grandes extensiones de terreno, es preferible la instalación de varios dispositivos con un alcance y potencia bajos, en lugar de un solo dispositivo de gran alcance y potencia. Esto permite un ahorro en el consumo de energía y una inversión económica progresiva en equipos.

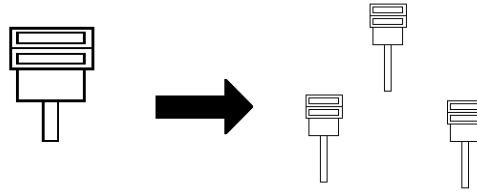


Fig b. Dispositivos grandes vs dispositivos pequeños

- c. **Causan un efecto de múltiple presencia en una determinada zona:** Si un dispositivo sonoro o visual puede representar una entidad peligrosa, varios dispositivos pueden interpretarse como un grupo de entidades cuya peligrosidad en conjunto es mayor.

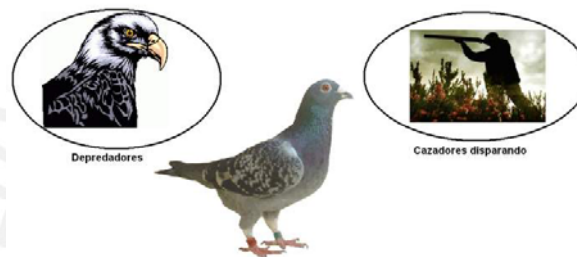


Fig.3.7 Efecto de múltiple presencia

- d. **Creación de estímulos aleatorios espaciales:** Al activarse dispositivos espacialmente distribuidos en intervalos de tiempo aleatorios, se genera un espacio donde los estímulos (visuales y sonoros) aparecen en distintas direcciones. Esto confundirá y atemorizará a las aves.

3. Los usuarios (agricultores) controlan el ahuyentamiento

- a. **Programación de horario de ahuyentamiento:** Por experiencia, los usuarios del campo conocen las horas del día en que las aves atacan sus campos.
- b. **Programación de combinación de dispositivos a aplicar:** Es posible reforzar el carácter aleatorio de la aplicación de los dispositivos seleccionando cuáles se utilizarán en determinadas horas. Si el cliente varía estas combinaciones de dispositivos cada día o semana, puede haber una variedad en los estímulos sonoros y visuales que las aves reciben.
- c. **Dispositivos intercambiables con conexión estándar:** Parte importante del proyecto son los dispositivos ahuyentadores, que en sí mismos deben ser eficientes, pero también deben poder conectarse a cualquier puerto del módulo de control, a través de una conexión estándar. Es responsabilidad del agricultor reubicar continuamente los dispositivos.

Anexo 6 : Costos de Fabricación, Instalación y Mantenimiento de Módulo de Control

1.- Primero debemos evaluar los costos de materiales del módulo:

Costo de materiales de un Módulo de Control

Componente	Precio unitario	Precio total
Placa de circuito impreso doble cara	S/. 14.00	S/. 14.00
Display 7 segmentos A-común	S/. 1.50	S/. 6.00
Microcontrolador ATMEGA8L	S/. 15.00	S/. 15.00
74LS138	S/. 1.20	S/. 1.20
74LS47	S/. 1.70	S/. 1.70
ULN2803	S/. 2.00	S/. 2.00
Diodo 1N4004	S/. 0.10	S/. 0.60
Pulsadores	S/. 0.50	S/. 2.50
Resistencias	S/. 0.05	S/. 1.50
Leds	S/. 0.10	S/. 0.60
Relay 12V-1A	S/. 2.50	S/. 15.00
LM7805	S/. 1.00	S/. 2.00
TIP32C	S/. 1.20	S/. 4.80
Dip Socket	S/. 0.30	S/. 0.90
Borneras	S/. 5.00	S/. 5.00
Estaño para soldaduras	S/. 1.00	S/. 1.00
Carcaza metálica (+ pintura)	S/. 20.00	S/. 20.00
Adaptador 220VAC-12VDC	S/. 15.00	S/. 15.00
Costo total :		S/. 108.80

Costos adicionales de sistema de energía fotovoltaico para Módulo de Control

Componente	Precio unitario	Precio total
KIT Fotovoltaico		
(1) Panel Solar de 3Wp	S/. 80.00	S/. 80.00
(1) Controlador de carga 1A	S/. 45.00	S/. 45.00
(1) Batería 12V 7Ah	S/. 60.00	S/. 60.00
Cables de conexión	S/. 10.00	S/. 10.00
Costo total :		S/. 195.00

Costos adicionales de sistema de control remoto inalámbrico para Módulo de Control

Componente	Precio unitario	Precio total
KIT Inalámbrico		
(1) Transmisor de 5 canales	S/. 80.00	S/. 80.00
(5) Receptores de 1 canal	S/. 30.00	S/. 30.00
Cables de conexión	S/. 5.00	S/. 5.00
Costo total :		S/. 115.00

Los costos adicionales corresponden a características del módulo que podrían agregarse al producto básico, como un sistema de energía solar, para que sea autónomo, o también un

control remoto para que maneje los dispositivos sin necesidad de tender cables. El agregar estas características al precio básico, depende del cliente.

2.- El costo de mano de obra para la fabricación del módulo contempla la necesidad de contratar un personal técnico por 5 días de trabajo, que es el tiempo estimado de elaboración de un módulo de control básico.

Costos de mano de obra de fabricación de Módulo de Control

Tiempo de fabricación por equipo : 5 días
(suponiendo fabricación de un solo equipo por vez)

Actividad	Costo mensual	Costo unitario
Mano de obra		
Técnico (5 días)	S/. 1,000	S/. 167
Tareas		
Construcción de tarjeta de circuito impreso		
Pegado de componentes		
Pruebas de funcionamiento		
Protección de placa		
Instalación de carcasa de protección		
Consumibles		
Cinta aislante, pasta soldadura, aislarco	S/. 10	S/. 10
	Costo total :	S/. 177

Como podemos ver, el técnico deberá hacer la tarjeta de circuito impreso, pegar los componentes, probar el artefacto e instalarlo en su carcasa. El sueldo del técnico es el costo prorrateado de su sueldo mensual (S/. 1000) por los 5 días de trabajo (S/. 167). Se supone que la producción de módulos de control es continua y que el técnico siempre gana su sueldo mensual. El prorrateo del sueldo sirve para calcular el costo en mano de obra para un módulo específicamente.

En estas tareas se utilizarán consumibles que también deben ser considerados como costos.

3.- La instalación del módulo de control en el campo tiene también su costo. Se deben considerar los pasajes y el tiempo de trabajo del técnico que irá a instalarlo y a capacitar al usuario.

Costos de Instalación de Módulo de Control en localidad rural (fuera de Lima)

Tiempo de viaje a localidad - ida y vuelta (días)	0.8	Ejemplo Lima-Ica
Tiempo de instalación (días)	0.2	
Tiempo de trabajo total (días)	1	

Actividad	Costo mensual	Costo unitario
Mano de obra		
Técnico (1 día)	S/. 1,000	S/. 33.33
Viáticos (1 día)	S/. 30	S/. 30.00
Transporte		
Pasajes Lima-Ica-Lima (Empresa Soyuz)	S/. 35	S/. 70.00
Depreciacion de activos (a 6 meses)		
KIT de herramientas		
Desarmadores	S/. 3	S/. 0.11
Alicates	S/. 5	S/. 0.17
Multímetro	S/. 6	S/. 0.19
Consumibles		
Cinta aislante, pasta soldadura, aislarco	S/. 5	S/. 5.00
Costo total :		S/. 138.81

Se deben costear además las herramientas que utilizará, ya que estas han sido compradas como inversión inicial para la realización de la instalación. Se colocará el costo de las herramientas depreciado a 6 meses. Por ejemplo un juego de desarmadores podría costar 18 S/., en 6 meses el costo debe ser de 3 S/. mensuales Y durante el día de instalación debe costar 0.11 S/. Observemos además que el tiempo de instalación es de 1 día, estimando que el equipo será instalado en Ica y tomando en cuenta el tiempo de ida, regreso y del trabajo en campo.

4.- El mantenimiento del módulo de control también tiene un costo. Este costo es similar al de la instalación y considera pasajes y salario del técnico.

Costos de Mantenimiento de Módulo de Control en localidad rural (fuera de Lima)

Tiempo de viaje a localidad - ida y vuelta (días)	0.8	Ejemplo Lima-Ica
Tiempo de mantenimiento (días)	0.2	
Tiempo de trabajo total (días)	1	

Actividad	Costo mensual	Costo unitario
Mano de obra		
Técnico (1 día)	S/. 1,000	S/. 33.33
Viáticos (1 día)	S/. 30	S/. 30.00
Transporte		
Pasajes Lima-Ica-Lima (Empresa Soyuz)	S/. 35	S/. 70.00
Depreciacion de activos (a 6 meses)		
KIT de herramientas		
Desarmadores	S/. 3	S/. 0.11
Alicates	S/. 5	S/. 0.17
Multímetro	S/. 6	S/. 0.19
Consumibles		
Cinta aislante, pasta soldadura, aislarco	S/. 5	S/. 5.00
Costo total :		S/. 138.81

5.- Para reducir costos en materiales, y así ofrecer precios más competitivos a los clientes, es necesario considerar el reciclaje de los componentes de nuestro módulo de control. Sea para la aplicación de una garantía, como para la renovación periódica de tecnología, los componentes de módulos viejos aún operativos pueden ser reutilizados en módulos nuevos o más avanzados. Consideremos por ejemplo el ATMEGA8L y los demás integrados, montados sobre DIP-Sockets. El ATMEGA8L puede ser re-programado para reutilizarse en un nuevo diseño de módulo. El cliente entonces puede entregar su módulo de control antiguo o averiado como parte de pago, y pagar un precio menor por el nuevo módulo. Por eso hemos presupuestado los materiales que pueden ser recuperados:

Costos de materiales recuperados de equipos usados

Componente	Precio unitario	Precio total
Placa de circuito impreso doble cara		
Display 7 segmentos A-común	S/. 1.50	S/. 6.00
Microcontrolador ATMEGA8L	S/. 15.00	S/. 15.00
74LS138	S/. 1.20	S/. 1.20
74LS47	S/. 1.70	S/. 1.70
ULN2803	S/. 2.00	S/. 2.00
Diodo 1N4004	S/. 0.10	S/. 0.60
Pulsadores		
Resistencias	S/. 0.05	S/. 1.50
Leds	S/. 0.10	S/. 0.60
Relay 12V-1A	S/. 2.50	S/. 15.00
LM7805		
TIP32C	S/. 1.20	S/. 4.80
Dip Socket		
Borneras	S/. 5.00	S/. 5.00
Estaño para soldaduras		
Cables de conexión	S/. 5.00	S/. 5.00
Carcaza metálica (+ pintura)	S/. 20.00	S/. 20.00
Adaptador 220VAC-12VDC	S/. 15.00	S/. 15.00
Costo total :		S/. 93.40

Costos de KIT Fotovoltaico recuperado de equipos usados

Componente	Precio unitario	Precio total
KIT Fotovoltaico		
(1) Panel Solar de 3Wp	S/. 80.00	S/. 80.00
(1) Controlador de carga 1A	S/. 45.00	S/. 45.00
(1) Batería 12V 7Ah		
Cables de conexión		
Costo total :		S/. 125.00

Costos adicionales de sistema de control remoto inalámbrico para Módulo de Control

Componente	Precio unitario	Precio total
KIT Inalámbrico		
(1) Transmisor de 5 canales	S/. 80.00	S/. 80.00
(5) Receptores de 1 canal	S/. 30.00	S/. 30.00
Cables de conexión		
Costo total :		S/. 110.00

Hay algunos componentes que no se pueden recuperar, como los DIP Sockets, el estaño de las soldaduras y los LM7805 con una expectativa de vida menor en un nuevo dispositivo. Componentes como los cables de conexión y las baterías desgastadas tampoco pueden reutilizarse.

6.- Resumen de costos de fabricación y servicios

Podemos apreciar los costos calculados en este Anexo.

Costos de Módulo de Control

Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 108.80
Costos adicionales KIT Fotovoltaico	S/. 195.00
Costos adicionales KIT Inalámbrico	S/. 115.00
Costo de materiales recuperados de Módulo	S/. 93.40
Costo de materiales recuperados de KIT Fotovoltaico	S/. 125.00
Costo de materiales recuperados de KIT inalámbrico	S/. 110.00
Costos de mano de obra de fabricación de módulo	S/. 176.67
Costos de Instalación de Módulo	S/. 138.81
Costos de visita técnica de mantenimiento	S/. 138.81

7.- Combinaciones de precios con servicios.

Los clientes prefieren comprar productos que sean respaldados por un servicio local de mantenimiento y renovación tecnológica. Es por ello que en base a los precios calculados en este Anexo podemos ofrecer tarifas que satisfagan prácticamente cualquier demanda. La siguiente tabla muestra una de las ofertas:

Módulo de Control de Ahuyentamiento	
<i>Incluye : Adaptador AC-DC, Instalación, garantía 1 año.</i>	
Costos de Servicio:	
Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 108.80
Costos de mano de obra de fabricación de módulo	S/. 176.67
Costos de Instalación de Módulo	S/. 138.81
Costos de visita técnica de mantenimiento (garantía)	S/. 138.81
Subtotal (S/.)	S/. 563.08
Imprevistos 5%	S/. 28.15
Utilidad 20%	S/. 118.25
Precio de venta total (sin IGV) (S/.)	S/. 709.48
Precio de venta total (sin IGV) (US\$)	\$228.86

Describe la venta de un módulo de instalación básico, sin paneles solares ni control remoto. Incluye el costo de la instalación y 1 año de garantía. Nótese que se han sumado los costos de materiales, de mano de obra de fabricación, de instalación y de una visita de mantenimiento (en caso de que durante el año de garantía el módulo se malogre). Finalmente es necesario aplicar

un 5% de imprevistos (costos imprevistos de componentes, ajuste de salarios, pasajes) y un 20% de utilidad, que es lo que el productor del módulo gana por cada artefacto que vende e instala.

El precio de esta primera opción es de US\$ 229 (Al cambio de S/3.0).

Veamos los precios de los productos BirdGard :

 <p>Bird Gard® 78m2 PRO 175 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 1.5 acres • Fully programmable • Random operation 	 <p>Bird Gard® 1.2 Has PRO PLUS 325 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 3 acres • Drives Two Speakers • Random Operation
 <p>Bird Gard® 2.4 Has SUPER PRO 525 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 6 acres • Drives Four Speakers • Enhanced Random Operation 	 <p>Bird Gard® 12 Has SUPER PRO AMP 2650 US\$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 30 acres • Drives 20 Speakers • Random Operation
 <p>Bird Gard® PRO PA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Protects up to 2 acres • Drives a PA Speaker • Random Operation 	 <p>PROUDLY MADE IN THE USA FROM DOMESTIC AND IMPORTED PARTS</p>

Es claro que nuestro módulo ofrece un precio competitivo frente a estos productos importados, porque además de no ser más caro que estos, cuenta con un servicio de instalación, mantenimiento y renovación tecnológica.

8.- Los costos de mantenimiento también pueden ser presupuestados para el cliente. Supongamos que ocurre una avería de un módulo cuya garantía ha vencido. En este caso podemos plantearnos dos situaciones:

- No se requiere cambio del equipo
- Se requiere cambio del equipo

Como ambas situaciones pueden ocurrir, es preciso hacer dos presupuestos de mantenimiento y ofrecerle al cliente dos precios a pagar:

Visita técnica de Mantenimiento sin reemplazo	
<i>(Fuera de garantía)</i>	
<i>Restricción: Sin cambio de equipo</i>	
Costos de Servicio:	
Costos de visita técnica de mantenimiento (garantía)	S/. 138.81
Subtotal (S/.)	S/. 138.81
Imprevistos 5%	S/. 6.94
Utilidad 20%	S/. 29.15
Precio de venta total (sin IGV) (S/.)	S/. 174.90
Precio de venta total (sin IGV) (US\$)	\$56.42

Visita técnica de Mantenimiento con reemplazo	
<i>(Fuera de garantía)</i>	
<i>Restricción: Incluye cambio de equipo malogrado</i>	
Costos de Servicio:	
Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 15.40
Costos de visita técnica de mantenimiento (garantía)	S/. 138.81
Subtotal (S/.)	S/. 154.21
Imprevistos 5%	S/. 7.71
Utilidad 20%	S/. 32.38
Precio de venta total (sin IGV) (S/.)	S/. 194.30
Precio de venta total (sin IGV) (US\$)	\$62.68

Como podemos ver, el costo sin reemplazo es menor al del costo con reemplazo. Sin embargo, incluso si se requiere un reemplazo, el precio es bajo (US\$ 63). Esto se debe a que el equipo averiado es recuperado por el fabricante y puede hacer uso de los componentes que no estén malogrados (el costo de los componentes es de apenas S/.15.40) En caso de que el equipo no cuente con componentes sanos, se cobrará el precio de un módulo de control nuevo, si el cliente así lo desea. Es labor del técnico en campo determinar esto.

9.- Se puede ofrecer además un servicio de renovación tecnológica, es decir entregar al cliente un equipo más moderno a cambio de su equipo antiguo como parte de pago. De nuevo la reutilización de componentes hace posible ofrecer precios competitivos.

Renovación tecnológica de Módulo de Control	
<i>Requiere : entrega de Módulo usado como parte de pago</i>	
<i>Incluye : Adaptador AC-DC, Instalación, garantía 1 año.</i>	
Costos de Servicio:	
Costo de materiales de Módulo de Control	S/. 15.40
Costos de mano de obra de fabricación de módulo	S/. 176.67
Costos de Instalación de Módulo	S/. 138.81
Costos de visita técnica de mantenimiento (garantía)	S/. 138.81
Subtotal (S/.)	S/. 469.68
Imprevistos 5%	S/. 23.48
Utilidad 20%	S/. 98.63
Precio de venta total (sin IGV) (S/.)	S/. 591.79
Precio de venta total (sin IGV) (US\$)	\$190.90

Podemos apreciar que el precio de renovación tecnológica (US\$ 190) es menor al de un equipo nuevo (US\$229) y además se ofrece la misma garantía y servicio de instalación.