

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
DE UN EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIA

Trabajo de Titulación para optar al  
Título de Ingeniero en Electrónica

PROFESOR PATROCINANTE:  
Sr. Franklin Castro Rojas

Richard Daniel Garay Quintramán

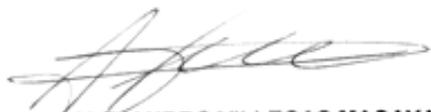
VALDIVIA 2006



**FRANKLIN CASTRO ROJAS**  
Profesor Patrocinante



**GUILHERMO CÁRDENAS GÓMEZ**  
Profesor Informante



**ALEJANDRO VILLEGAS MACAYA**  
Profesor Informante

*Agradezco a quienes  
me entregaron todo  
y que siempre estuvieron  
a mi lado cuando los necesité...  
...Mis padres,  
Luis Osvaldo y María Eliana...  
...Sin ustedes  
jamás lo habría logrado.  
Gracias por su apoyo incondicional.*

## INDICE

RESUMEN .....	5
SUMMARY .....	6
INTRODUCCIÓN .....	7
OBJETIVO GENERAL .....	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
CAPITULO I	
CONDUCTOSCOPIA .....	10
1.1.-INSPECCION POR CONDUCTOSCOPIA .....	10
1.2.-CONDUCTOS COLECTIVOS .....	11
1.3.-EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIA .....	12
CAPITULO II	
DISEÑO PRELIMINAR DEL EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIA .....	13
2.1.-ETAPA DE INSPECCIÓN .....	13
2.2.-ETAPA DE TRANSMISIÓN.. .....	14
2.3.-ETAPA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL .....	15
CAPITULO III	
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA .....	16
3.1.-ETAPA DE INSPECCIÓN .....	17
3.2.-ETAPA DE TRANSMISIÓN.....	23
3.3.-ETAPA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL .....	25

## CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIA .....	28
4.1.-ETAPA DE INSPECCION .....	28
4.2.-ETAPA DE VISUALIZACION Y CONTROL .....	32
4.2.1.-CIRCUITO.....	34
4.2.2.-PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR.....	37
4.2.2.1.-CALCULO DE LOS RETARDOS DE TIEMPO .....	40
4.2.2.2.-CODIGO DEL PROGRAMA EN BASIC.....	42
4.3.-ETAPA DE TRANSMISION.....	45

## CAPITULO V

RESULTADOS, PROBLEMAS Y SOLUCIONES DEL DISEÑO FINAL .....	46
CONCLUSIONES .....	49
BIBLIOGRAFIA.....	51

## RESUMEN

En el presente trabajo se presenta, a través de la descripción de los conductos colectivos y su inspección, las características que debe tener un Equipo de Conductoscopia, a partir de ello se realizó un diseño preliminar donde se definieron tres etapas: la etapa de inspección, la etapa de transmisión y la etapa de visualización y control. Por medio de estas tres etapas es menos complejo llevar a cabo el desarrollo del Equipo de Conductoscopia, de estas mismas se realiza un estudio de factibilidad técnica y económica de los materiales que podrían ser utilizados en cada una de ellas, para así pasar a la construcción del equipo en sí, donde se emplearon software y placas de circuitos impreso.

Cabe consignar que el apoyo técnico del uso del Equipo de Conductoscopia y del financiamiento de los componentes para su construcción, fueron proporcionados por el Proyecto Gas del Instituto de Materiales y Procesos Termomecánicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Austral de Chile.

## SUMMARY

In the following work it is presented, through the description of the collective conduits and their inspection, the characteristics that should have a Equipment of ConduitScope, starting from it was carried out it a preliminary design where they were defined three stages: the inspection stage, the transmission stage and the visualization and control stage. By means of these three stages it is less complex to carry out the development of the Equipment of ConduitScope, of these same ones it is carried out a study of technical and economic feasibility of the materials that could be used in each one of her, for this way to pass to the construction of the equipment, in whose construction software and plaque of circuits form were involved.

It is necessary to consign that the technical support of the use of the Equipment of ConduitScope and of the financing of the components for their construction, they were provided by the Gas Project of the Institute of Materials and Processes Thermomechanics of the Faculty of Engineering of the University Austral of Chile.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en los centros urbanos de nuestro país ya es cada vez mas frecuente ver que las construcciones habitacionales han comenzado a crecer hacia arriba, edificios de departamentos, oficinas, son parte ya del paisaje cotidiano. La complejidad de estas construcciones trae como consecuencia que sus instalaciones deban ser fiscalizadas cada cierto tiempo.

Es el caso de los conductos colectivos de evacuación de gases, que se producen producto de la combustión. Estos deben ser inspeccionados según la ley, cada dos años por personal calificado y para llevar a cabo su labor es necesario que cuenten con instrumentación específica para ello.

Uno de estos implementos es el Equipo de Conductoscopia, mediante el cual es posible visualizar todo cuanto hay dentro de un conducto colectivo.

Debido a que este equipo no es fácil de conseguir dentro del país, el presente trabajo tiene por finalidad realizar un diseño, y la posterior construcción de uno de estos equipos, para que así pueda ser utilizado por alumnos de la Universidad y personas que deseen especializarse en el tema de la inspección de instalaciones de gas.

Para llevar a cabo este trabajo se estudiarán las características que presenta un conducto colectivo, revisando los decretos y resoluciones de la SEC, Superintendencia de Electricidad y Combustibles, que se refieren al tema. Luego se buscaran las opciones que entrega el mercado, con respecto a los posibles materiales que podrían ser utilizados para su construcción y se realizará el diseño completo del equipo, de su forma y su funcionamiento; a partir de este diseño se llevará a cabo la construcción del Equipo de Conductoscopia.

Una vez listo se realizarán pruebas en cuanto a su funcionamiento en situaciones normales. Obviamente, considerando que este es el prototipo de un equipo, hay que decir que quizás la implementación final que se haga en el presente trabajo podrá tener muchas mejoras, ya sea en cuanto a su forma, funcionamiento y algunos detalles, que quizás por ahora no son tan relevantes, pero que con el tiempo podrían ser solucionables, para una mejor labor de los inspectores que deseen utilizarlo.

## OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un Equipo de Conductoscopia apto para inspeccionar conductos colectivos de evacuación de gases provenientes de equipos domésticos que consumen gas como combustible. Este equipo servirá para complementar el laboratorio de gas con que cuenta la Facultad de Ingeniería de la UACH y ayudará a la formación en el área de gas de los alumnos de las carreras de ingenieros constructores e ingenieros mecánicos.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigación de las características (materiales, dimensiones, etc.) de un conducto colectivo de evacuación de gases, producto de la combustión.
- Diseño preliminar del equipo portátil.
- Evaluar técnica y económicamente los materiales que se utilizarán en la construcción del equipo.
- Construir el equipo con los materiales mas adecuados según la evaluación hecha.
- Probar el funcionamiento del equipo.
- Ensayar el Equipo de Conductoscopia construido, para situaciones en conductos colectivos reales.

## CAPITULO I

### CONDUCTOSCOPIA

#### 1.1.-INSPECCION POR CONDUCTOSCOPIA

Para poder comprender con mas detalle en que consiste una inspección por medio de un Equipo de Conductoscopia, se tomará como referencia lo que dice la Resolución Exenta N° 489 de la SEC, en el punto en que se refiere a las inspecciones visuales, donde dice, que la conductoscopia se lleva a cabo mediante la introducción de una sonda de televisión, conectada a un video grabador, por el extremo de la salida de gases. La cinta en la cual se registra deberá ser en formato VHS para reproducción según sistema NTSC.

Mediante la conductoscopia es posible detectar fisuras, roturas, obstrucciones, estrangulaciones y discontinuidades. Además permite comprobar si el conducto colectivo cumple con los requisitos de verticalidad.

Cabe señalar que esta inspección por conductoscopia es un método obligatorio para todo tipo de edificio colectivo de habitación.

## 1.2.-CONDUCTOS COLECTIVOS

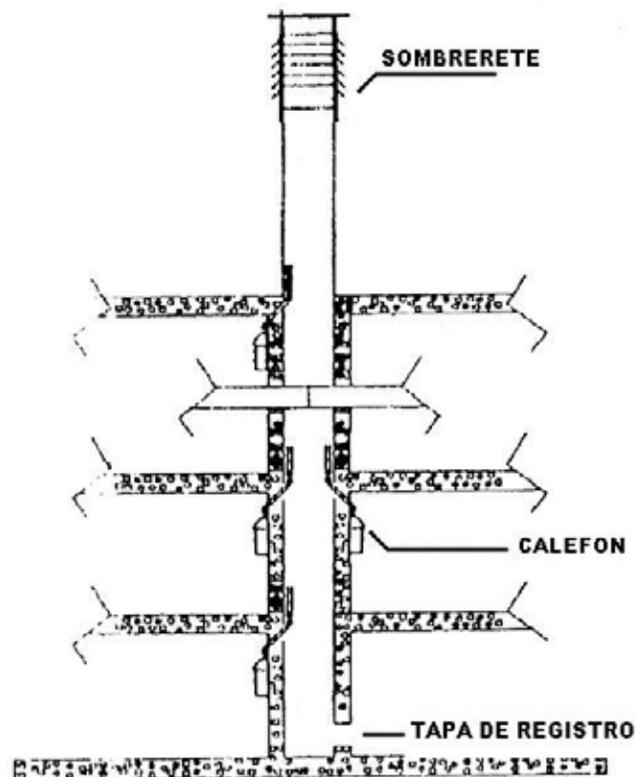
A partir del D.S. 222 (Decreto Supremo 222) de la SEC es posible tener una visión importante para ver en que consiste un conducto colectivo, específicamente en lo que respecta a su forma, las dimensiones y la cantidad de luminosidad.

En lo que respecta a la forma este decreto dice, que un conducto colectivo puede ser de sección circular, cuadrada o rectangular y por ningún motivo, con sección inferior al de la salida de los calefón o termos que se encuentren conectados a él.

Si el conducto es de forma cuadrada o rectangular, tendrán la sección correspondiente a uno circular, aumentada en 10%; en caso de ser rectangular, la relación entre el lado mayor y el lado menor no debe ser superior a 1,5 veces.

No deberán presentar cambios de ángulos que impidan que sus extremos superior e inferior sean mutuamente observables.

En la figura se observa un conducto colectivo, en el cual se puede observar que solo es posible conectar hasta dos conductos de calefón o termos por piso.



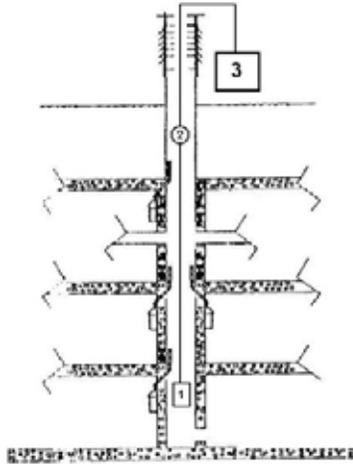
### 1.3.-EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIA

Es parte del equipamiento mínimo establecido por la SEC, con el que deben contar las Entidades de Certificación de Instalaciones Interiores de Gas para efectuar las inspecciones periódicas de las instalaciones de gas. La Superintendencia dice con respecto a un equipo de conductoscopia que debe contar con una cámara de inspección con el equipamiento apropiado para obtener imágenes nítidas de todo el conducto colectivo y un sistema que permita grabar en formato VHS para reproducir dichas imágenes según sistema NTSC, además de editar la fecha de la inspección periódica, junto con la identificación de la instalación inspeccionada.

## CAPITULO II

### DISEÑO PRELIMINAR DEL EQUIPO

Para comenzar con el diseño del equipo de conductoscopia y hacer más simple esta tarea, se considerarán 3 etapas específicas:

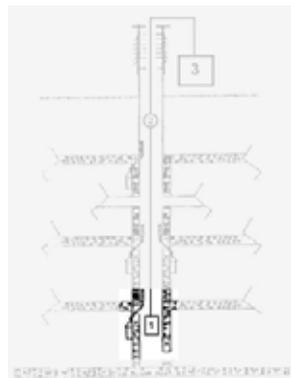


1. Etapa de Inspección.
2. Etapa de Transmisión.
3. Etapa de Visualización y Control

A continuación se detallará cada una de las etapas, para así definir en parte cual será su función dentro del equipo completo.

#### 2.1.-ETAPA DE INSPECCIÓN.

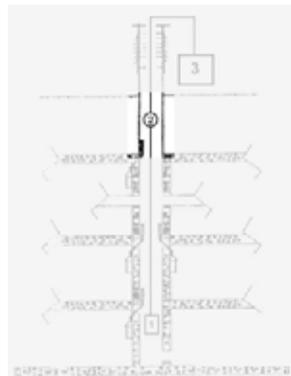
Esta etapa se encargará de ingresar dentro del Conducto Colectivo (C.C.), para así poder verificar si es que existen roturas, fisuras o cualquier desperfecto dentro del conducto.



Para ello debe tener ciertas dimensiones que se calcularán más tarde, ya que por lo estrecho de estos conductos, es necesario tener ciertas restricciones en su diámetro, debido además que dentro del C.C. se encuentran los conductos de calefón y termos que entorpecerán el descenso y ascenso del equipo, por eso también es necesario que tenga una forma tal que no quede atascado dentro del C.C.. De igual forma debe tener la capacidad de moverse libremente para así poder ver todo cuanto halla dentro del C.C..

## 2.2.-ETAPA DE TRANSMISIÓN.

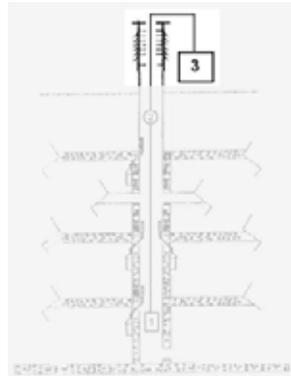
Esta etapa esta encargada de comunicar a la etapa de inspección con la etapa de visualización y control.



Ya que es necesario transmitir la imagen de la inspección, junto con voltajes y señales de control entre otros, hacia la etapa de visualización y control; debe tener cierta resistencia y flexibilidad para no tener problemas con los obstáculos que halla dentro del conducto. Las dimensiones serán consideradas para edificios de 10 a 12 pisos de altura.

### 2.3.-ETAPA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL

En esta etapa se podrá ver todo cuanto se esté captando en la etapa de inspección y además se tendrá el control sobre esta etapa. De esta forma se podrá manejar a distancia que es lo que se desea inspeccionar.



Esta etapa se encuentra en un extremo fuera del conducto donde se encontrará la persona encargada de la inspección, a esta etapa se puede conectar otro dispositivo externo para grabar la inspección que se realizará.

## CAPITULO III

## ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TECNICA Y ECONOMICA

Para implementar cada una de estas etapas, es necesario evaluar las posibles soluciones desde el punto de vista técnico y económico.

## 3.1.-ETAPA DE INSPECCIÓN.

Para la etapa de inspección, es necesario ver el espacio con que se dispone, referente a las dimensiones de un conducto colectivo: según la Tabla N° 58.1 del D.S.222, la sección de un conducto colectivo puede variar según la potencia total de los calefón y termos que descargarán en el.

Tabla N° 58.1

**Sección interior del conducto colectivo según potencia instalada (\*) (\*\*)**

Caudal de gas			Potencia total		Sección interior para conductos colectivos circulares, en cm <sup>2</sup> , según número de conductos de calefones y termos hasta 25 Mcal/h que descarguen por piso	
Ciudad	Natural	Licuado	Equivalente		Uno	Dos
m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	Mcal/h	MJ/h		
20	10,2	4,0	100 ó menos	4,2 ó menos	440	560
30	16,8	6,0	150	6,3	540	670
40	22,5	8,0	200	8,4	640	770
60	33,7	12,0	300	12,6	N.A	960
80	45,0	16,0	400	16,7	N.A	1150

Nota N.A. = NO ACEPTABLE.

(\*) Esta tabla es aplicable a conductos colectivos de edificios de hasta 8 pisos.

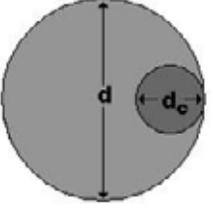
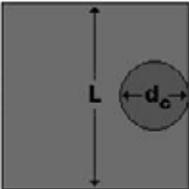
(\*\*) Situaciones no contempladas en esta tabla deberán ser resueltas de acuerdo a prácticas reconocidas de ingeniería, según lo establecido en el artículo 7° del presente reglamento. No obstante lo anterior, esta tabla quedará sin efecto desde el momento de la entrada en vigencia de la Norma Chilena sobre la materia

Según esta tabla la mínima sección para un conducto colectivo es de 440 cm<sup>2</sup> con un conducto de calefón o termo por piso y 560 cm<sup>2</sup> con dos conductos de calefón o termo por piso.

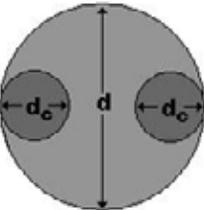
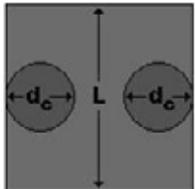
Si bien esta tabla se aplica para conductos colectivos de edificios de hasta 8 pisos, en este caso no interesa la altitud, ya que más importante es saber cual es el mayor diámetro disponible en la menor sección utilizada.

Entonces hecha esta aclaración, es necesario calcular con cuanto espacio se dispondrá para poder trabajar dentro del conducto colectivo; descontando el diámetro de los conductos de calefón o termos, que es  $d_c = 7,5$  cm, al diámetro o longitud (según la sección), como se muestra en la tabla siguiente.

Con un conducto de calefón o termo por piso:

Sección	Circular	Cuadrada
Área	440 cm <sup>2</sup>	484 cm <sup>2</sup>
	$d = 23,08$ cm	$L = 22$ cm
		
	$d - d_c = 15,58$ cm	$L - d_c = 14,5$ cm

Con dos conductos de calefón o termo por piso:

Sección	Circular	Cuadrada
Área	560 cm <sup>2</sup>	616 cm <sup>2</sup>
	$d = 26,7$ cm	$L = 24,8$ cm
		
	$d - d_c = 11,7$ cm	$L - d_c = 9,8$ cm

El menor diámetro con el que se dispone, luego de descontar el diámetro de los conductos de termos y calefón por piso es de 9,8 cm, es el ancho con el cual se dispone para poder introducir algún dispositivo para realizar la inspección.

Para ello se empleará una cámara que debe ser lo mas pequeña posible ya que el diámetro que es posible utilizar dentro del C.C. es de 9,8 cm. solamente, además hay que tener en consideración que el C.C. tendrá algunas imperfecciones o que los conductos de los calefon y termos quizás estén torcidos e interfieran con el paso del equipo.

En el mercado existen diversos tipos de cámaras, y dentro de las cámaras más pequeñas se consideraron, las cámaras web y circuitos cerrados de televisión.

Las cámaras web tenían la desventaja con respecto a la luminosidad; ya que se pretende diseñar un equipo para ser utilizado en edificios de 10 a 12 pisos, es predecible que la visibilidad sea nula, por las características de hermeticidad que posee el conducto colectivo. Además que al ser una imagen digital de estas cámaras económicas, tiene la desventaja de la lentitud con que se ven ciertos movimientos realizados con ella, que para este equipo es primordial.

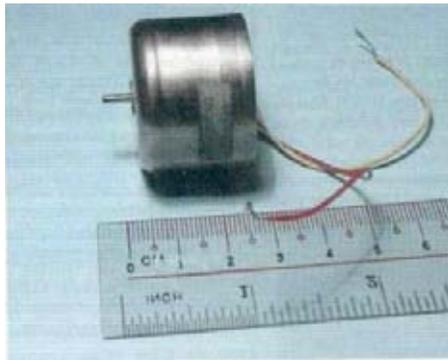
Existe un circuito cerrado de televisión, con cámara y monitor incluido, el cual es bastante económico, su valor es el doble que el de una cámara web, pero es mas completa. Se escogió esta opción, ya que la cámara es bastante pequeña, además tiene 6 leds infrarrojos que le permiten poder ver en la oscuridad, que para un equipo de conductoscopia es fundamental, otro punto importante es que cuenta con un monitor B/N de 5,7 " y que posee una salida para conectar a un VHS, o sea, en parte también soluciona la etapa de visualización y control, por todo esto es mas rentable que cualquier otra opción.

Esto en cuanto a la cámara, ahora otra cosa importante es la forma como se le entregará movimiento a esta cámara escogida.

Para ello se pensó en mecanismos electrónicos como los motores. Existen diversos tipos de motores pequeños, que para este caso es necesario que puedan ser comandados por algún dispositivo programable; aquí se verán brevemente algunas características de las opciones que se evaluarán.

## Motores de corriente continua

Dentro de la gran variedad de tipos existentes en el mercado, los más económicos son los que se utilizan en algunos juguetes, pero tienen el inconveniente de que su número de revoluciones por segundo (RPS) es muy elevado, lo que no les hace muy apropiados para la construcción, si no se utilizan reductores adicionales o un sistema de regulación electrónico.



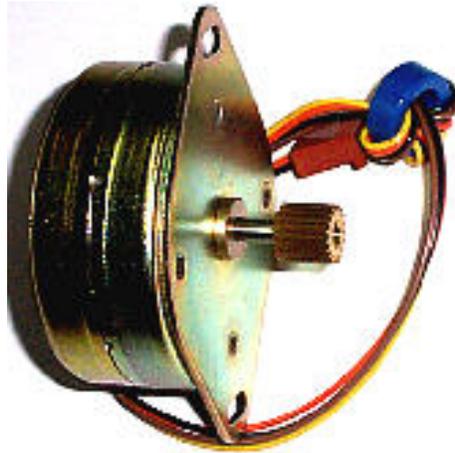
Se puede encontrar motores con reductores o sistemas reductores para acoplar a los motores, como el de la figura a continuación.



Esta es una buena opción si se dispone de ellos, en caso contrario, existen en el mercado motores reductores que además de disminuir la velocidad dan más potencia para moverse.

## Motores paso a paso.

Un motor paso a paso es un dispositivo que convierte pulsos eléctricos en movimientos discretos (por pasos) de rotación mecánica.



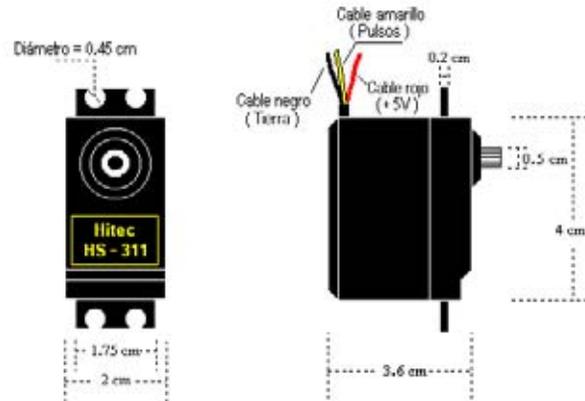
La clave de un motor paso a paso radica en el diseño de una combinación de rotor y estator que tiene posiciones de equilibrio espaciadas regularmente y creadas por polos magnéticos alternos (norte – sur – norte...). El rotor está construido de un imán permanente de material cerámico que tiene un patrón fijo de polos norte y sur alternados. El estator está compuesto por dos secciones en forma de copa de hierro con dientes, energizadas por dos embobinados separados.

Los motores paso a paso permiten construir sistemas muy simples de control de movimiento y posición, por lo tanto, se utilizan en una gran variedad de aplicaciones. La más cercana es el manejo de las cabezas de los discos duros y flexibles de almacenamiento magnético. De manera similar, trabaja el mecanismo que controla el avance del papel y la posición de la cabeza de la impresora.

La naturaleza digital de este motor facilita el control de la posición del eje en muchas aplicaciones, porque reduce todo a llevar la cuenta de los pasos o ángulos que avanza.

## Servomotores de aeromodelismo.

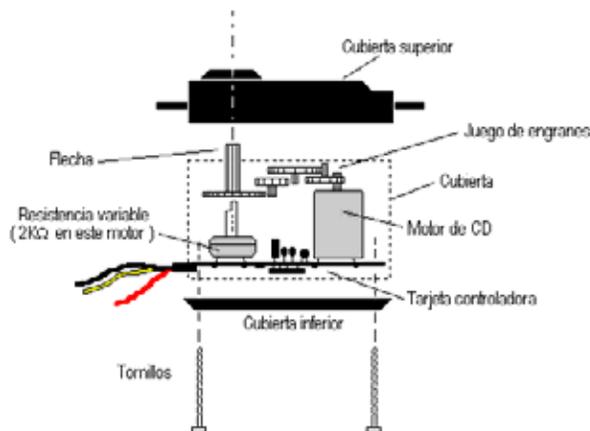
Un servomotor es básicamente un motor eléctrico que sólo se puede mover en un ángulo de aproximadamente 180 grados.



Tiene 3 cables que salen de su cajita. El rojo es de alimentación de Voltaje (+5V), el negro es de tierra (0V ó GND). El cable amarillo es el cable por el cuál se le pide al servomotor en qué posición acomodarse (de 0 grados a 180).

Dentro del servomotor, una tarjeta controladora le dice a un pequeño motor de corriente continua cuántas vueltas girar para acomodar la flecha (el palito de plástico que sale al exterior) en la posición que se le ha pedido.

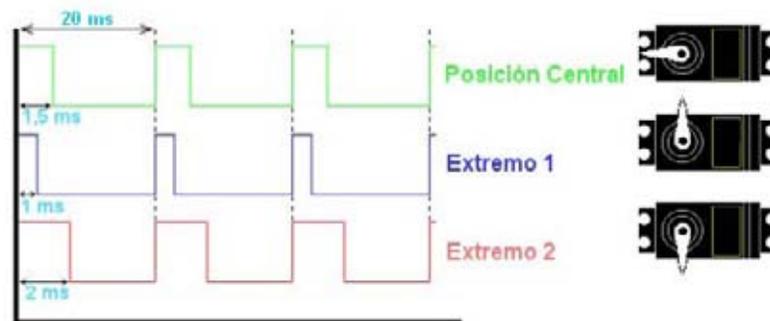
En la siguiente figura se observa cómo están acomodadas estas piezas dentro del servomotor:



La resistencia variable (también llamada "potenciómetro") está sujeta a la flecha, y mide hacia dónde está rotada en todo momento. Es así como la tarjeta controladora sabe hacia dónde mover al motor.

La posición deseada se le da al servomotor por medio de pulsos. Todo el tiempo debe haber una señal de pulsos presente en ese cable.

La señal de pulsos controla al servomotor de la siguiente forma:



El intervalo de tiempo entre pulsos se mantiene constante, y la variación del ancho de los mismos es lo que le indica al servomotor la posición que se desea.

Todos ellos pueden ser controlados, aunque los dos últimos poseen mejor precisión, otro factor importante para este caso es el peso que tenga el motor; según estos dos puntos la opción del servomotor es la más conveniente con respecto a las demás.

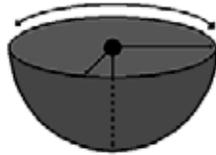
En cuanto al costo de los servomotores, se puede decir que es relativamente económico y que se encuentra dentro del rango de las otras dos opciones.

Seleccionado el servomotor para dar movimiento a la cámara, se precisa saber cual o cuales serán los movimientos que esta realizará. Pensando en que debe abarcar la mayor área posible, la idea sería que pudiese mostrar todo lo que se encuentre en el hemisferio de una esfera. O sea una vez ubicada la cámara en una altura fija se pueda tener la panorámica de todo cuanto está a su alrededor hacia los costados y hacia abajo.

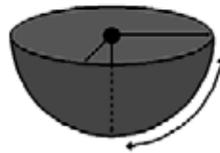
Para poder ver todo lo que esta en un hemisferio inferior, debe tener a lo menos dos movimientos: Horizontal y vertical.

Por lo cual se empleará un servomotor para cada movimiento que se realizará, uno para el movimiento horizontal y otro para el vertical.

**Movimiento horizontal:** La cámara girará en  $360^\circ$  y además tendrá un giro sin fin, o sea, podrá dar vueltas sin detenerse, para ello hay que hacer un arreglo en el servomotor que se encargará de este movimiento, ya que solo pueden moverse en  $180^\circ$ .



**Movimiento vertical:** La cámara girará de  $90^\circ$  a  $0^\circ$ , desde abajo a un costado y viceversa, de igual forma habrá que hacer una arreglo en la forma como se utilizará el servomotor encargado de este movimiento ya sea por hardware o por software, pero esto se verá mas adelante.



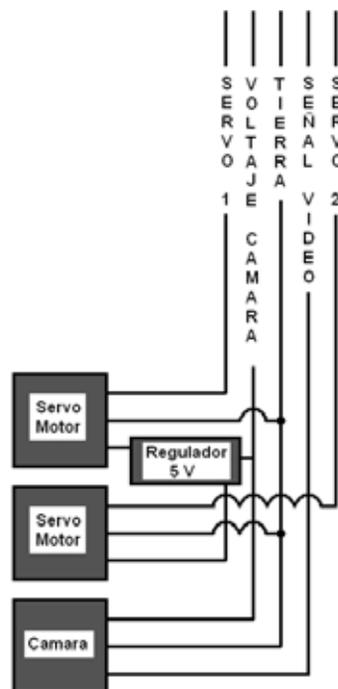
Con esto quedan definidos los materiales mas importantes que serán usados y la forma como se utilizarán en la etapa de inspección, obviamente en el transcurso de éste trabajo se utilizarán otros materiales, los cuales completaran la etapa de inspección, que mas adelante se verá mas detalladamente.

### 3.2.-ETAPA DE TRANSMISIÓN.

Para la etapa de transmisión se utilizará un cable; como el diseño esta orientado a edificios de 10 a 12 pisos, se utilizarán 30 mts de cable, este cable tiene algunas particularidades, ya que por el debe pasar la imagen de video, las señales de control de los servomotores, la alimentación de estos y de la cámara, por lo tanto deberá contar con un número aun no determinado de conductores internamente, por el momento solo

esta determinado su largo total, y que debe ser resistente para que no se corte por su propio peso junto al de la cámara y los servomotores.

Para determinar el número de conductores necesario para el equipo, sabemos que se utilizarán dos servomotores y una cámara en la etapa de inspección, según la figura a continuación, el cable debe tener como mínimo 5 conductores, ya que como los servomotores son alimentados con 5 Volts y la cámara necesita 10 Volts para su funcionamiento, se puede utilizar un regulador de 5 Volts a partir de los 10 Volts y se ahorra un conductor.



Dentro de las opciones revisadas se encuentra el cable UTP Categoría 5, que cuenta con 4 pares de cables o sea en total 8 conductores, otra opción es ocupar el cable telefónico, ya que en el mercado existe uno con 6 conductores, éste se aproxima a lo que se requiere, el gran inconveniente de estas dos opciones es que los conductores son unifilares, o sea, dentro de cada uno de ellos solo lleva un cable por cada conductor, lo cual produce que tenga poca flexibilidad y la posibilidad de que si se dobla demasiado se dañe alguno de ellos.

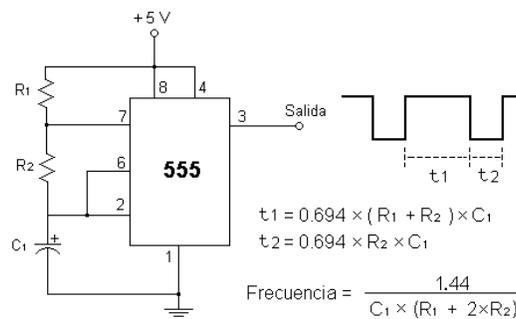
Afortunadamente se encontró otra opción en el mercado, un cable con 5 conductores y una malla protectora, la cual le da mayor resistencia contra los tirones y que además los conductores son multifilar, de este modo tiene mayor flexibilidad. Este cable es utilizado para maquinaria agrícola, si bien es un poco más caro que las otras opciones mencionadas con anterioridad, cabe destacar que este cumple con las características requeridas.

### 3.3.-ETAPA DE VISUALIZACIÓN Y CONTROL

Pasando a la última etapa, la de visualización y control, como se pudo ver anteriormente, la parte de visualización quedó solucionada en conjunto con la etapa de inspección. Entonces, abocándonos por completo a definir como estará constituida la etapa de control, hay que tener en consideración que como este equipo debe ser portátil, la solución escogida debe ser compatible con ello.

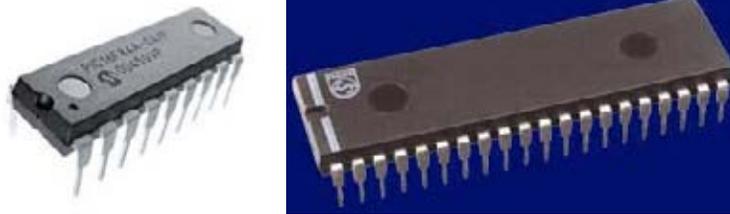
Existen diversas formas de cómo controlar un servomotor, para este caso se usará la forma más práctica y económica.

Una forma es por medio de un circuito generador de pulsos, como el que se muestra en la figura.



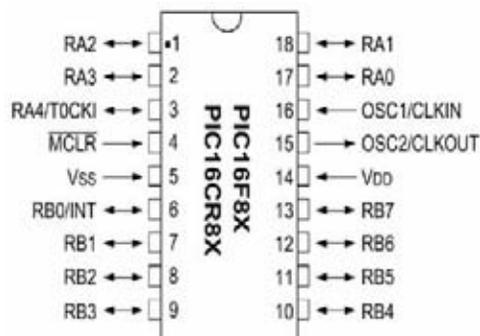
Si bien no cuenta con componentes difíciles de conseguir, es un poco complicado dar con los valores específicos para cada periodo de tiempo, además habría que construir uno para cada movimiento de cada servomotor. Es una opción válida de todas formas.

Otra forma es por medio de un microcontrolador, dentro los más conocidos y fáciles de utilizar se encuentran, el 16F84 y el 16F877.



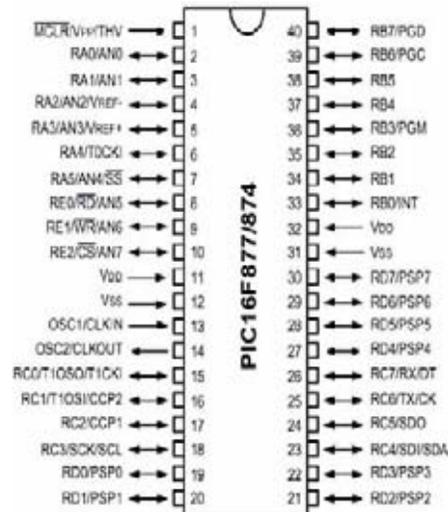
La opción de un microcontrolador es mas atractiva, ya que si hay que hacer alguna modificación con el movimiento que debe tener alguno de los servomotores, se puede hacer por medio del software que se cargará en el microcontrolador. Así que tomando esta segunda alternativa, resta definir que microcontrolador se utilizará, para ello es necesario conocer las características de ambos.

El PIC 16F84 posee 2 puertos (A y B), que pueden ser utilizados de entrada o salida, el puerto A consta de 5 líneas (RA<sub>0</sub>, RA<sub>1</sub>, RA<sub>2</sub>, RA<sub>3</sub>, RA<sub>4</sub>) y el puerto B de 8 líneas (RB<sub>0</sub>, RB<sub>1</sub>, RB<sub>2</sub>, RB<sub>3</sub>, RB<sub>4</sub>, RB<sub>5</sub>, RB<sub>6</sub>, RB<sub>7</sub>), además su tensión de alimentación es de 5 Volts y posee también un clock o señal de reloj.



La memoria en este PIC es la que se denomina flash; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).

El PIC 16F877 posee 5 puertos (A, B, C, D y E) que pueden ser utilizados de entrada o salida, el puerto A tiene 6 pines; el puerto B tiene 8 pines; el puerto C, 8 pines; el puerto D, 8 pines y el puerto E tiene 3 pines. La memoria en este PIC también es flash.



Como el equipo tendrá cuatro movimientos básicos (arriba, abajo, derecha, izquierda) y son dos los servomotores a controlar (dos señales de control), se requiere a lo menos seis pines de los puertos disponibles, o sea, el PIC 16F84 sería el microcontrolador escogido, además que se costo es menor que el del 16F877.

A continuación hay que definir de que forma se ingresarán las señales de comando, un joystick sería los ideal y para ello hay dos opciones, encontrar uno en el mercado o construirlo; por mientras se utilizarán unos pulsadores para cada una de las señales de entrada.

Definidos los materiales más básicos que se utilizarán, se comienza con la construcción del equipo de conductoscopia.

## CAPITULO IV

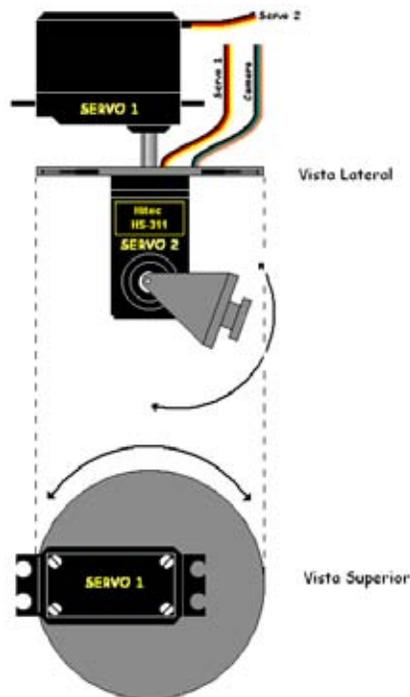
### CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE CONDUCTOSCOPIÁ

A partir del diseño preliminar de cada etapa se comenzó con la elaboración de ellas, haciendo algunas correcciones y agregando ciertos detalles que en una primera instancia no se consideraron.

#### 4.1.-ETAPA DE INSPECCIÓN

Como se había establecido con anterioridad, en esta etapa se utilizarán dos servomotores para entregar los movimientos que requiere la cámara.

En un primer intento se implementó de la siguiente manera:



Esta era la manera menos complicada de montar los dos servomotores y la cámara; el servomotor 1 se encarga del movimiento horizontal, montando sobre su eje una pieza de acrílico y sobre ésta pieza se coloca el servomotor 2 que se encarga del

movimiento vertical, moviendo la cámara puesta sobre su eje para que pueda moverse en  $90^\circ$ .

Para que un servomotor que gira en  $180^\circ$ , se haga girar en  $360^\circ$ , es necesario hacer un pequeño arreglo dentro de él.

A partir del servomotor con que se dispone, se sacan los 4 tornillos que trae en la parte posterior. Dentro se ve un circuito impreso por la parte de las soldaduras. Si se saca se apreciará algo similar a la fotografía a continuación.



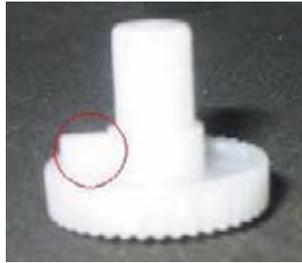
El circuito impreso tiene soldado un pequeño motor, unas cuantas resistencias, un par de transistores, un puente H encapsulado y un potenciómetro que lo une a una segunda parte.

Dentro de esa segunda parte del servomotor se encuentran alojados una serie de engranajes formando lo que se llama grupo reductor. Este grupo reductor se encarga de reducir el número de RPM (revoluciones por minuto) del motor y que además le otorga un par de fuerza más elevado.



Lo que hay que hacer para que el servomotor gire  $360^\circ$  es sustituir el potenciómetro por dos resistencias de en serie cuyo valor sea el de la mitad del potenciómetro o como se hizo en este caso, dejar fijo el potenciómetro en el centro.

Una vez hecho esto solo resta cortar el tope que presenta uno de los engranajes de la caja reductora, que es el que se observa en la figura a continuación.



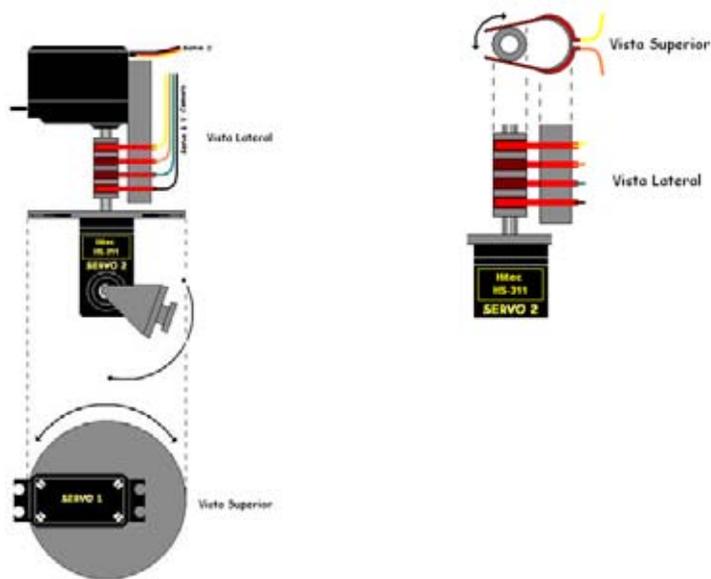
Tras cortar el tope se debe tener cuidado para que quede lo mas liso posible, para que al girar no rocen los rebordes de plástico debido a un mal corte ya que de lo contrario el servomotor hará bastante ruido y se deteriorará mucho antes. Antes de volver a cerrar el servomotor es necesario lubricar los engranajes con un poco de vaselina, esto disminuirá el roce entre los bordes; luego se cierra y ahora girara en 360°.

Corregido el detalle del servomotor 1, existe una complicación con este diseño y es que imposibilita la capacidad que tiene este servomotor de dar vueltas sin fin, debido a los cables del servomotor 2 y los cables de la cámara.

La solución encontrada para este problema, es que utilizando el mismo eje sobre el cual gira la cámara junto al servomotor 2, se puede implementar algo similar al sistema que utiliza el cable de la aspiradora. De modo que sin importar las vueltas que dé, no se enredará el cable.

En la figura puesta a continuación se observa, en parte la mejora realizada al primer diseño descrito anteriormente.

Para que los cables del servomotor 2 y la cámara no se enredaran al girar el servomotor 1, se contruyó a partir del eje de este último, un eje mas largo, donde se colocaron 4 anillos de cobre, los cuales estan conectados al servomotor 2 y a la cámara, luego se colocó un soporte unido al servomotor 1 y en un extremo se incorporaron 4 lengüetas de bronce, las cuales harían contacto con los 4 anillos, éstas lengüetas se unen posteriormente a la etapa de transmisión, de esta forma aunque dé un sin fin de vueltas siempre estarán en contacto los 4 anillos, los que se encargan de trasportar las señal de control del servomotor 2 (amarillo), la señal de video (naranja) y los 10V (verde) de alimentación junto con el cable de tierra (negro).



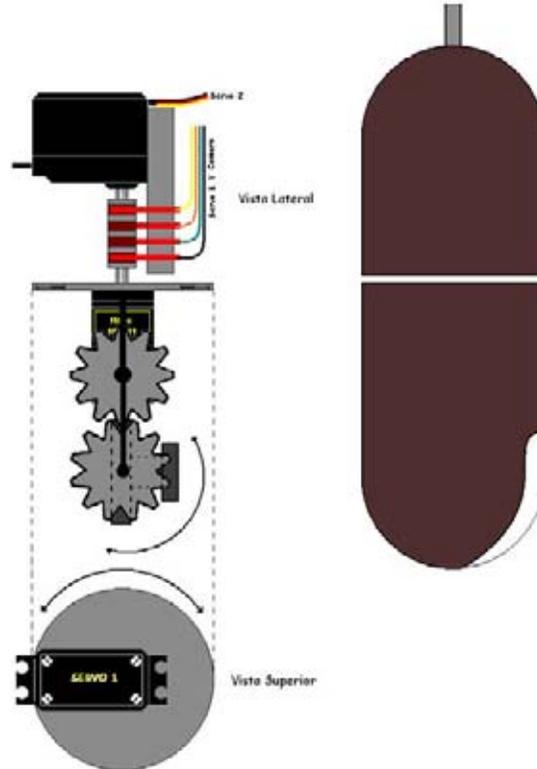
Otro inconveniente de la implementación original, es que el movimiento vertical de la cámara abarca mucho espacio, y como se estableció desde el comienzo, de lo que menos se dispone es de ancho, de tal forma mientras menor sea el diámetro que se utilice, será mejor para su funcionamiento.

De modo que para mejorar esta parte, se diseñó de forma que la cámara se moviera en torno a su propio eje.

Para ello se construyeron dos engranajes de acrílico, ya que en el mercado no existían de las dimensiones requeridas para este caso. Para que la cámara se moviera solo en  $90^\circ$  se hizo el engranaje de ésta un poco más pequeño y el del servomotor 2 se hizo un poco más grande, ya que el servomotor se mueve de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , además que se le daba un poco más de fineza al movimiento de la cámara.

Además todo esto debe ir dentro de algún tipo de cápsula que evite que se dañe la cámara y los servomotores, que impida que esté en contacto directo con los objetos que hay dentro del conducto colectivo.

Es por eso que, se diseñó una cápsula de acrílico, la cual según las dimensiones que abarcan los dos servomotores y la cámara con sus engranajes es como se muestra en la figura a continuación, donde esta junto al diseño final de la etapa de inspección.

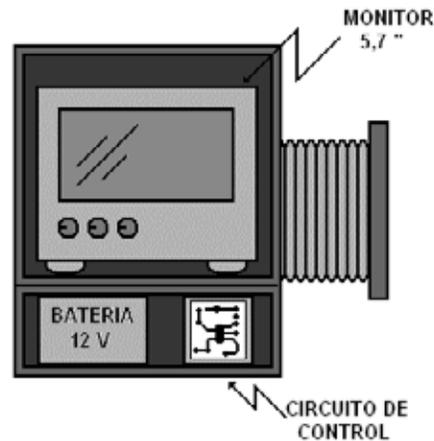


Esta cápsula tiene un diámetro de 7 cm con lo cual está dentro de las dimensiones estipuladas en un comienzo. Y su largo es de 22 cm.

#### 4.2.-ETAPA DE VISUALIZACION Y CONTROL

Con respecto a la etapa de visualización, el monitor B/N de 5,7" es alimentado por 12 V, y tiene dos entradas y una salida de video, además tiene una salida de 10V para alimentar la cámara, por lo tanto hay que destinar un conector para la salida de video, para así conectarlo a un VHS. Como es el componente de mayor dimensión del equipo, a partir de éste se construirá una "caja" donde irán todos los componentes que conforman la etapa de visualización y control.

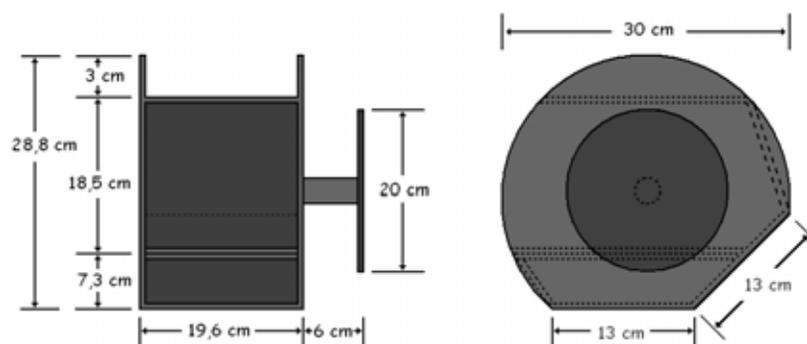
La disposición de esta "caja" será como se muestra en la figura la continuación:



En la parte superior irá el monitor, en la parte inferior se colocará la batería junto con todo lo que corresponde al circuito de control del equipo, al costado derecho se guardará el cable destinado para la etapa de transmisión.

Para construir esta “caja” se necesita algún material relativamente liviano, ya que de por si algunos componentes del equipo son pesados, como por ejemplo la batería de 12 V, pero a la vez debe ser resistente.

Por ello se construirá en madera, de 1 cm. de espesor, las dimensiones de esta “caja” se calcularon según los componentes de la etapa de visualización y control, y según eso se determinaron estas dimensiones dadas a continuación.



Eso en cuanto a la caja que contendrá a toda esta etapa, dentro de la parte de la etapa de control misma, la cual es la mas importante dentro de todo este trabajo, existen dos áreas a desarrollar, las cuales se tratarán por separado para revisar con mas detalles todo cuanto se desarrolló.

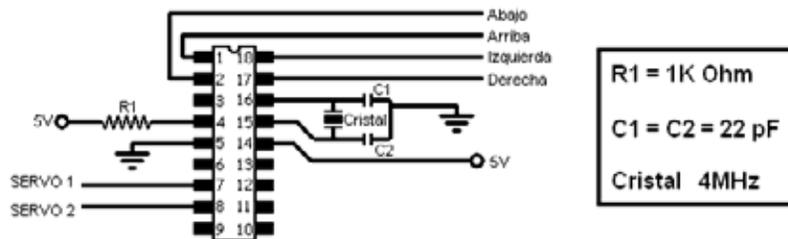
Estas áreas son:

- Circuito o hardware
- Programa del microcontrolador o software

#### 4.2.1.-CIRCUITO

Para poder controlar un servomotor, se mencionó anteriormente que se utilizará un microcontrolador PIC 16F84, es necesario probar el funcionamiento del circuito antes de llevarlo a la placa de cobre definitiva.

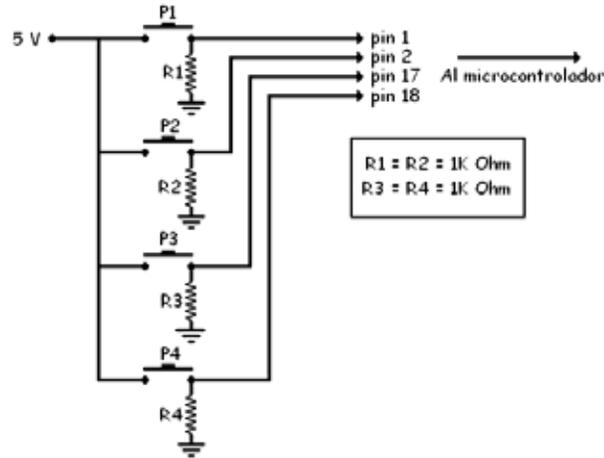
En el protoboard se montó el circuito que muestra la figura:



Como se observa, los pines 1, 2, 17 y 18, que son parte del Puerto A del microcontrolador, se utilizarán como las entradas al sistema, o sea, arriba, abajo, derecha e izquierda, respectivamente. En el pin 4 que es el Reset del microcontrolador se utilizó una resistencia (R1) de  $1\text{ K}\Omega$  conectada a una fuente de 5V, ya que no se utilizará el reset manual. Se utilizará un cristal de 4 MHz junto con dos condensadores de 22 pF, de esta forma como la frecuencia del cristal se divide por 4 se obtiene un clock interno de 1 MHz, lo que garantiza que cada instrucción dure exactamente 1 ms.

Ahora en cuanto a los pines 7 y 8, estas serán las dos salidas del sistema y se utilizarán para controlar cada uno de los servomotores, el pin 7 estará conectado con el servomotor 1 y el pin 8 con el servomotor 2, los pines 7 y 8 son parte del Puerto B que mas tarde en la parte del programa se configurará como salida.

Otra parte de este circuito es el mando que se utilizará; definitivamente se construirá un teclado, por medio de 4 pulsadores, los cuales estarán dispuestos de la siguiente forma.



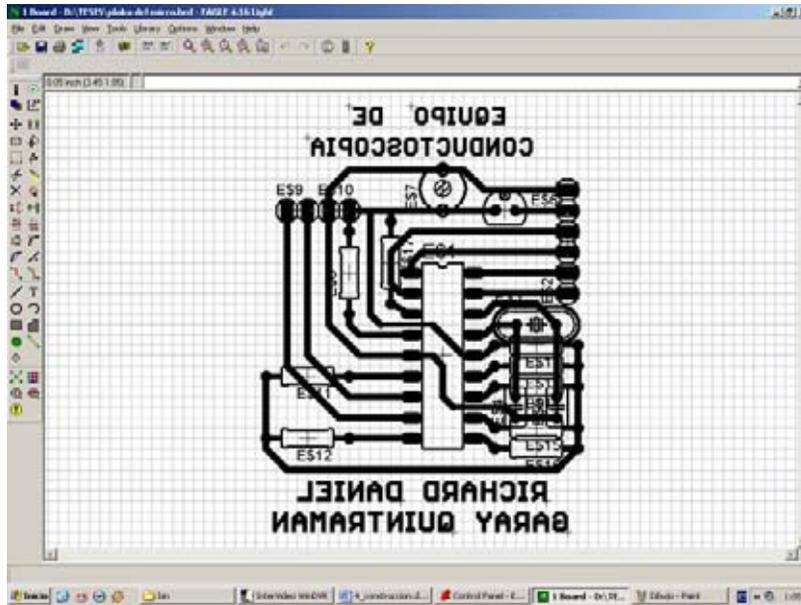
De esta manera, al presionar cualquiera de los pulsadores (P1, P2, P3 ó P4), se enviará un nivel lógico alto (5V), al microcontrolador, el cual se encargará de ejecutar alguna instrucción relacionada con los 4 movimientos que anteriormente fueron definidos.

Al estar todos los pulsadores inactivos, se está enviando un nivel lógico bajo al microcontrolador, permaneciendo todo el sistema en un estado inactivo.

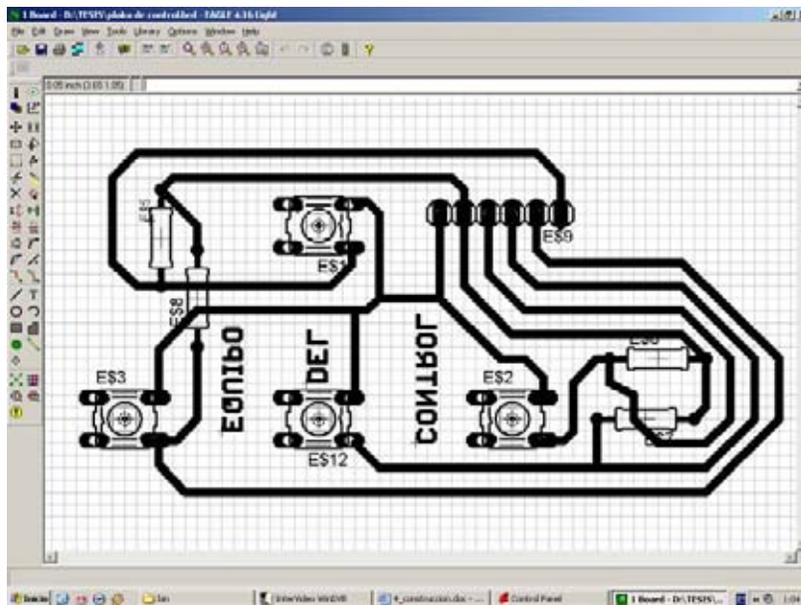
Todo esto fue montado en el protoboard y una vez comprobado su correcto funcionamiento, se comenzó con el diseño de las placas de cobre o PCB definitivas, para lo cual se utilizó el Eagle, que es un software destinado al diseño de PCB, éste programa se puede obtener gratis de su sitio [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de), tiene ciertas limitaciones en cuanto a las dimensiones que se pueden diseñar, pero como en este caso se trata de placas relativamente pequeñas, no hay problemas con utilizar este programa.

Se diseñaron dos placas, una en la cual va el microcontrolador y otros dispositivos, a la cual se le denominó “placa de control” y la otra es la placa del teclado. A continuación se pueden ver cada una de ellas.

## PLACA DE CONTROL

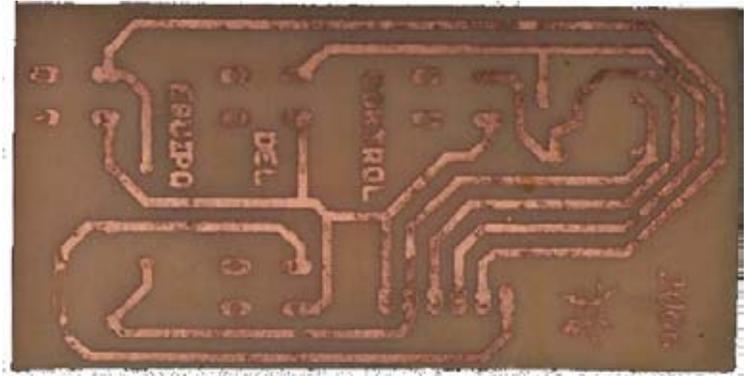
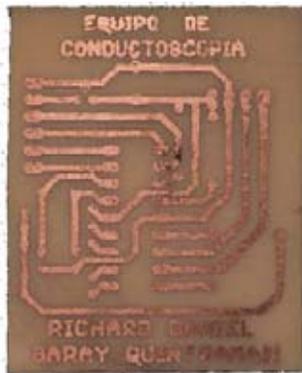


## PLACA DEL TECLADO



Una vez listos los dos diseños, el paso siguiente es poner estos diseños en la placa de cobre, para ello se estampa por medio de una impresora láser, y luego aplicando calor por medio de una plancha se traspasa el diseño de la hoja a la placa, de

esta forma queda adherida a la placa de cobre la tinta, el ultimo paso es echar ambas placas a la solución ácida para circuitos impresos. Finalmente el resultado obtenido es el siguiente.



Listas las placas, se perforaran y luego colocan los componentes en los lugares requeridos. Hecho esto, es necesario resolver el tema del programa o rutina que se cargará al microcontrolador.

#### 4.2.2.-PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

En lo que respecta al software, existen diversas formas de programar un microcontrolador, aunque este finalmente solo puede “entender” el lenguaje de maquinas o Assembler, hay otras maneras de editar el programa antes de cargarlo definitivamente al microcontrolador.

Con el fin de hacer un poco más fácil la programación de este dispositivo, se buscó una de estas maneras, ya que hay una amplia gama de programas para crear y editar las rutinas destinadas a los microcontroladores, las cuales mas tarde pueden ser convertidas a una archivo de Assembler y ser cargado en el PIC. Es el caso de L.E.T. PIC Basic, el cual esta basado en el lenguaje mas simple en cuanto a programación que existe en el mundo, el cual es Basic, a partir de este programa se pueden obtener además el código Assembler necesario para poder cargar el PIC, en la figura adjunta se muestra la apariencia de el software que se utilizará.

**CODIGO EN BASIC**

```

device 16F84
dim a,b,c,d,e,f
a=0
b=0
c=0
d=0
e=0
f=0

define porta=00011111
define portb=00000000

ciclo:
a=porta&1
b=porta&2
c=porta&1
d=porta&2

e=a+b
f=c+d

if e=1 then goto abajo 'avanza a abajo
if e=2 then goto arriba 'avanza a arriba
if f=1 then goto derecha 'avanza a derecha
if f=2 then goto izquierda 'avanza a izquierda

goto ciclo

abajo:
set b.3
gosub des
clear b.3
gosub do
goto ciclo

```

**CODIGO EN ASSEMBLER**

```

(C) Crownhill Associates Ltd
--- LET Pic Basic Compiler Lite
Website: www.letbasic.com

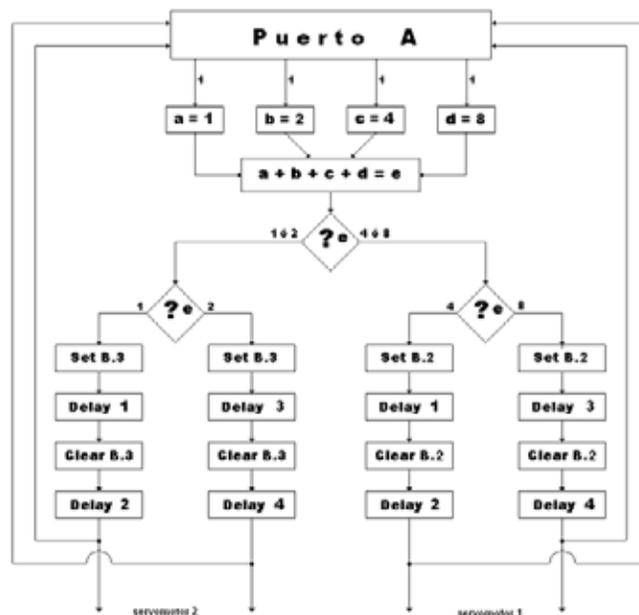
S      equ      00
F      equ      01

LIST      p=16F84
----- DIM A,B,C,D,E,F -----
ATMP    equ     20
DTMP    equ     21
CTMP    equ     22
UTMP    equ     23
ETMP    equ     24
FTMP    equ     25
----- A=0 -----
movlw   0
movwf   ATMP
----- B=0 -----
movlw   0
movwf   DTMP
----- C=0 -----
movlw   0
movwf   CTMP
----- D=0 -----
movlw   0
movwf   UTMP
----- E=0 -----
movlw   0
movwf   ETMP
----- F=0 -----
movlw   0
movwf   FTMP
----- DEFINE PORTA=00011111 -----
movlw   01
movwf   05
----- DEFINE PORTB=00000000 -----
movlw   0
movwf   06
CICLO   title   A=PORTA

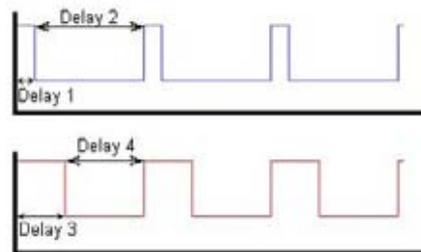
```

\*\*\*\*\* LET PIC-BASIC COMPILED OK \*\*\*\*\* Code Ends at: 008d  
Generated .ASM file for MPASM and CODE for LET PIC Programmer  
To program the code into a PIC choose Compile -> Pic Programmer

Como se puede observar al costado izquierdo se arma el programa en Basic y luego al compilar la rutina se genera el código en Assembler, que se observa a la derecha en la imagen. Este programa puede ser obtenido en forma gratuita desde Internet en su sitio que es [www.letbasic.com](http://www.letbasic.com), antes de comenzar a hacer la rutina es mejor ver por medio de un diagrama, la forma como funcionará la rutina a crear mas tarde.



En el diagrama se explica como se obtendrán las dos señales de control para cada servomotor, en el primer bloque (Puerto A) llegan los niveles de tensión del teclado indicando si están activos (1) o están desactivados (0), para el segundo caso el programa no realiza ninguna acción y queda a la espera que se active alguna de las entradas, una vez que ingresa el nivel lógico desde el teclado, se le asigna un valor (1, 2, 4 ó 8), luego se suman todos los valores, de forma que al estar una de las teclas activas, en la suma dé como resultado solo el valor asignado a esa tecla, así se asegura que no tome más de un valor a la vez, una vez obtenido un valor de la suma, según este toma una de las cuatro rutinas que generan un tren de pulsos, por ejemplo la que se encuentra a la izquierda comienza con un Set B.3, el cual indica que pone en la posición 3 del Puerto B del microcontrolador un nivel lógico alto "1", luego va el Delay 1 que es un retardo de tiempo; a continuación Clear B.3, que indica que se pone un nivel lógico bajo "0" y nuevamente otro Delay, con un valor diferente, de esta forma se crea el tren de pulsos, como el de la figura, que le indicará al servomotor 2 que tiene que moverse hacia abajo. Para que el servomotor 2 se mueva hacia arriba, según el diagrama la suma "e" debe dar como resultado 2 con lo cual toma la segunda ruta, la rutina es similar solo que aquí hay dos Delay's más (Delay 3 y Delay 4).



Para el servomotor 1 que controla el movimiento vertical de la etapa de inspección, es similar en lo que respecta a los retardos de tiempo, solo que los valores de las entradas al sistema son distintas. Para el caso del giro a la izquierda, el valor asignado a esta tecla es  $c = 4$ , y para la derecha es  $d = 8$ . Los delay del giro a la izquierda son los mismos que los del movimiento hacia abajo en el servomotor 2 y los del giro a la derecha son los mismos que del movimiento hacia arriba del servomotor 2 y

además para el servomotor 1 se utiliza la posición 2 del puerto B, por donde debiera salir un tren de pulsos como en la figura anterior.

A continuación se definirá el valor de los Delay para poder realizar el programa que se cargará en el microcontrolador, estos son los mismo que se utilizan para el servomotor 1, ya que es un tren de pulsos para cada sentido que tiene el servomotor.

#### 4.2.2.1.-CALCULO DE LOS RETARDOS DE TIEMPO (DELAY)

Debido a que se el programa L.E.T. PIC Basic solo considera cristales de 10 MHz para los Delay's de tiempo y en este caso se usará un cristal de 4 MHz junto con el microcontrolador es necesario hacer un arreglo.

$$\frac{\text{Delay}}{4} = \frac{t}{10}$$

Utilizando esta relación se puede calcular el Delay que se necesita según el tiempo (en milisegundos) requerido.

Al despejar para hacer el cálculo se obtiene:

$$\text{Delay} = 0,4 \times t$$

A partir de ella se obtuvo una tabla con los siguientes resultados.

T (ms)	Delay (ms)
1,0	0,40
1,2	0,48
1,4	0,56
1,6	0,64
1,8	0,72
2,0	0,80

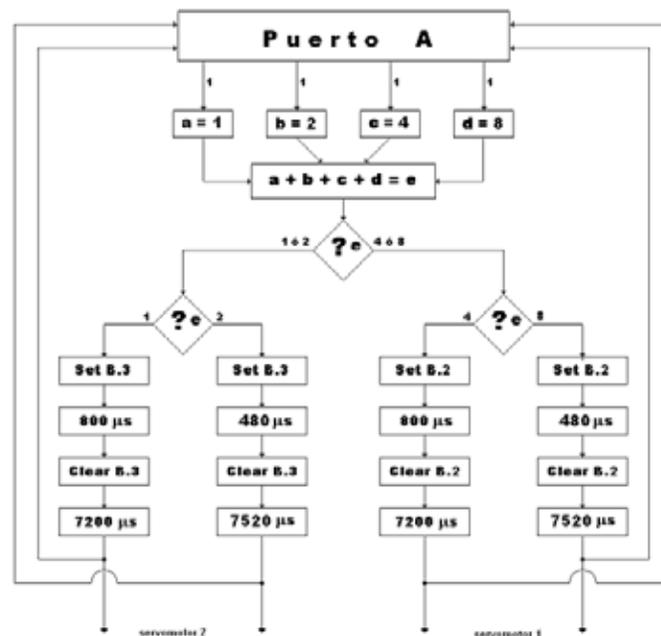
T (ms)	Delay (ms)
19,0	7,60
18,8	7,52
18,6	7,44
18,4	7,36
18,2	7,28
18,0	7,20

Para calcular el Delay 1, con 1 ms que es lo que se requiere, da como resultado un Delay de  $400 \times 10^{-6}$  o sea 400 microsegundos. Luego de algunas pruebas se decidió cambiar este valor por el que se obtiene con 1,2 ms; con este valor se obtiene un Delay de 480 ms, que es el que finalmente se usará.

Para el Delay 2 basta con hacer la diferencia entre el periodo total y el Delay 1, o sea, el Delay 2 es de  $7,52 \times 10^{-3}$ , de todas forma se podría calcular como lo hicimos anteriormente en la tabla.

Para 2 ms que equivale al Delay 3 de  $800 \times 10^{-6}$ , por lo tanto el Delay 4 es de  $7,2 \times 10^{-3}$ . De esta forma quedan definidos los valores para los retardos de tiempo (Delay's) que se utilizarán con respecto al servomotor 2 que se encarga del movimiento vertical de la cámara.

El cálculo para el servomotor 1 es similar, ya que los retardos de tiempo son los mismos, para ese caso, el Delay 1 y el 2 que pertenecen al movimiento hacia abajo, son iguales al del movimiento hacia la izquierda que va a realizar el servomotor 1; y el Delay 3 y 4 que están relacionados con el movimiento hacia arriba en el servomotor 2 son los mismos para el giro hacia la derecha que dará el servomotor 1. Lo único distinto así como muestra el diagrama a continuación, es que en vez de entregar este tren de pulsos por la posición 3 del Puerto B, lo hace por la posición 2, como se observa también su funcionamiento es el mismo.



De tal forma definidos los valores de los retardos de tiempo, se comienza con la programación en L.E.T. PicBasic.

A continuación a la izquierda se muestra el código del programa realizado, al costado derecho se han agregado algunas observaciones, de modo de poder comprender un poco mejor el programa.

#### 4.2.2.2.-CODIGO DEL PROGRAMA EN BASIC

<pre>device 1604 dim a,b,c,d,e a=0 b=0 c=0 d=0 e=0  define porta=00011111 define portb=00000000  ciclo:   a=inporta&amp;1   b=inporta&amp;2   c=inporta&amp;4   d=inporta&amp;8    e=a+b+c+d    if e=1 then goto abajo   if e=2 then goto arriba   if e=4 then goto derecha   if e=8 then goto izquierda  goto ciclo  abajo:   set b.3   gosub dos   clear b.3   gosub do   goto ciclo  arriba:   set b.3   gosub un   clear b.3   gosub dn   goto ciclo  derecha:   set b.2   gosub dos   clear b.2   gosub do   goto ciclo  izquierda:   set b.2   gosub un   clear b.2   gosub dn   goto ciclo  un:   delayus[200]   delayus[200]   delayus[0] return  dn:   delayms[7]   delayus[200]   delayus[200]   delayus[120] return  dos:   delayus[200]   delayus[200]   delayus[200]   delayus[200] return  do:   delayms[7]   delayus[200] return  end</pre>	<p>Se define el microcontrolador que se utilizará Se define las variables y constantes que se usarán</p> <p>De esta forma se asegura que todos los valores estén en cero cuando se ejecute el programa</p> <p>Se define el Puerto A como entrada Se define el Puerto B como salida</p> <p>Etiqueta "ciclo"</p> <p>Cada una de las 4 entradas tiene su valor declinado</p> <p>Por medio del valor "e" se discrimina cual fue la entrada activada</p> <p>El programa salta a la etiqueta "abajo" El programa salta a la etiqueta "arriba" El programa salta a la etiqueta "derecha" El programa salta a la etiqueta "izquierda"</p> <p>Vuelve a la etiqueta "ciclo"</p> <p>Etiqueta "abajo"</p> <p>Se pone un 1 logico en la posición 3 del Puerto B Va a la subrutina "dos" Se pone un 0 logico en la posición 3 del Puerto B Va a la subrutina "do" Vuelve a la etiqueta "ciclo"</p> <p>Etiqueta "arriba"</p> <p>Se pone un 1 logico en la posición 3 del Puerto B Va a la subrutina "un" Se pone un 0 logico en la posición 3 del Puerto B Va a la subrutina "dn" Vuelve a la etiqueta "ciclo"</p> <p>Etiqueta "derecha"</p> <p>Se pone un 1 logico en la posición 2 del Puerto B Va a la subrutina "dos" Se pone un 0 logico en la posición 2 del Puerto B Va a la subrutina "do" Vuelve a la etiqueta "ciclo"</p> <p>etiqueta "izquierda"</p> <p>Se pone un 1 logico en la posición 2 del Puerto B Va a la subrutina "un" Se pone un 0 logico en la posición 2 del Puerto B Va a la subrutina "dn" Vuelve a la etiqueta "ciclo"</p> <p>Etiqueta "un"</p> <p>1.2 ms</p> <p>Vuelve de donde saltó</p> <p>Etiqueta "dn"</p> <p>18.8 ms</p> <p>Vuelve de donde saltó</p> <p>Etiqueta "dos"</p> <p>2ms</p> <p>Vuelve de donde saltó</p> <p>Etiqueta "do"</p> <p>18ms</p> <p>Vuelve de donde saltó</p> <p>El fin</p>
--	---

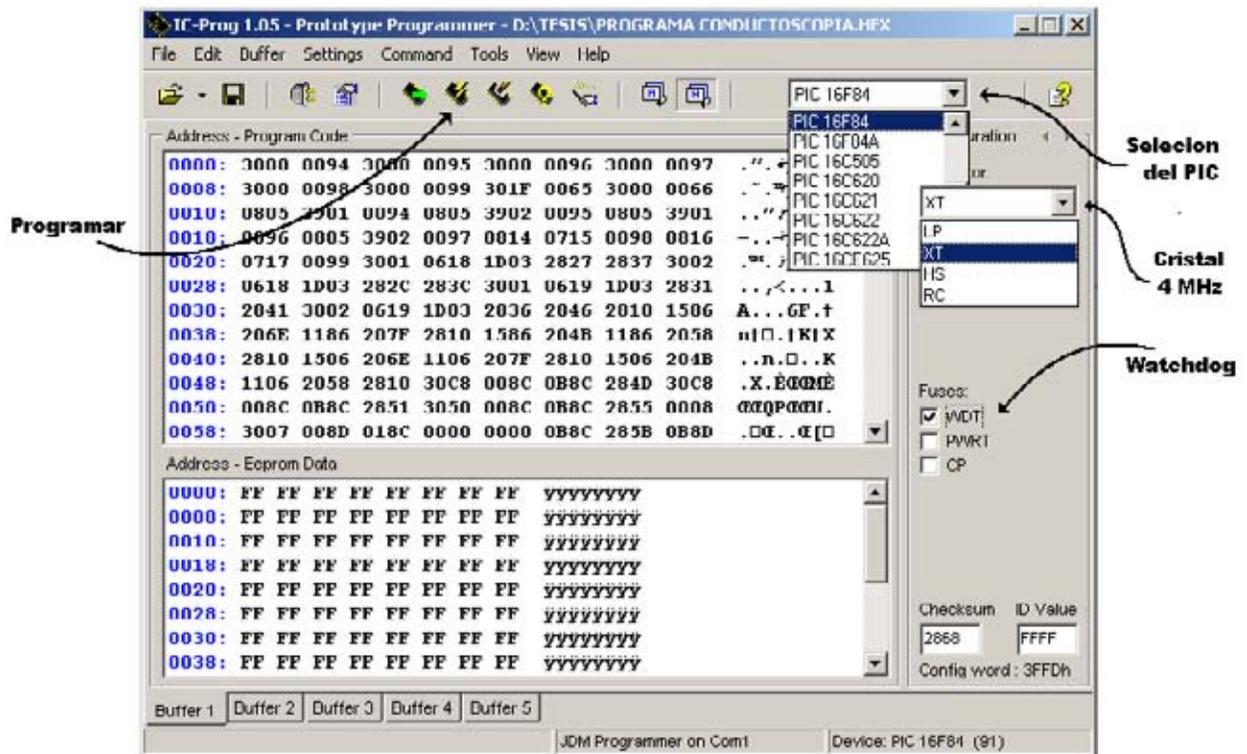
A partir de este código en Basic, como se dijo anteriormente por medio del L.E.T. PicBasic se genera el archivo \*.asm, que corresponde al código en Assembler, antes eso si, para poder cargar este programa en el microcontrolador es necesario generar a partir de éste archivo de Assembler otro archivo de extensión \*.hex, esto se hace por medio de un programa llamado MPASM el cual es posible bajar en forma gratuita se [www.microchip.com](http://www.microchip.com), su trabajo es generar un archivo en hexadecimal (\*.hex) que es posible cargar en el Pic.



En este programa se carga el archivo \*.asm y luego se genera (Assemble) el archivo \*.hex. Una vez generado el archivo \*.hex es preciso tener un cargador de Pic, para este caso se utilizó un cargador IC-Prog que esta disponible en su página <http://www.ic-prog.com>, este consta de un software y hardware, al primero se le denomina cargador y al segundo entrenador, el entrenador de Pic IC-Prog es un circuito que se conecta al puerto serie del computador, y posee unos cuantos diodos, resistencias, transistores y condensadores, además de una base donde se colocará el Pic.

Mientras que el cargador es un programa que no necesita instalación, es bastante liviano y solo hay que configurarlo antes de utilizarlo.

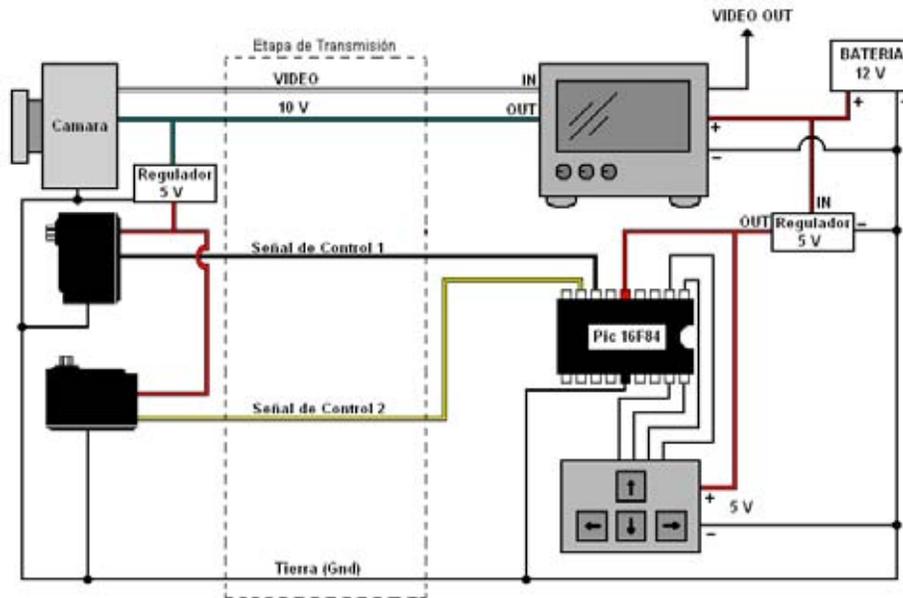
Su apariencia es como se observa en la imagen a continuación, donde se muestran algunas opciones de configuración que hay que realizar.



Una vez cargado el programa en el microcontrolador, queda pendiente aun la etapa de transmisión, como están operando las otras dos etapas, por medio de esta última etapa se completaría el equipo en su totalidad.

### 4.3.-ETAPA DE TRANSMISION

En cuanto a esta etapa, ahora que las otras dos están en funcionamiento, se podrá ver por completo el equipo armado, en el esquema a continuación se aprecian las conexiones en los extremos que es lo que importa en relación a esta etapa.



Como se puede apreciar solo se utilizarán 5 conductores en total, ya que la alimentación de 5 Volt de los servomotores se obtiene por medio de un regulador de 5 V a partir de los 10 Volt que también alimentan a la cámara.

Con esto la implementación está completa y por ahora hay que ver algunos detalles que tenga el equipo para así encontrarle una solución.

## CAPITULO V

### RESULTADOS, PROBLEMAS Y SOLUCIONES DEL DISEÑO FINAL

El funcionamiento del equipo se puede considerar como óptimo, ya que al introducirlo en lugares oscuros, la visibilidad es perfecta, presenta gran nitidez en cuanto a distinguir objetos, el cable soportó correctamente el peso de la etapa de inspección, los controles funcionan bien y en general su manejo es simple.

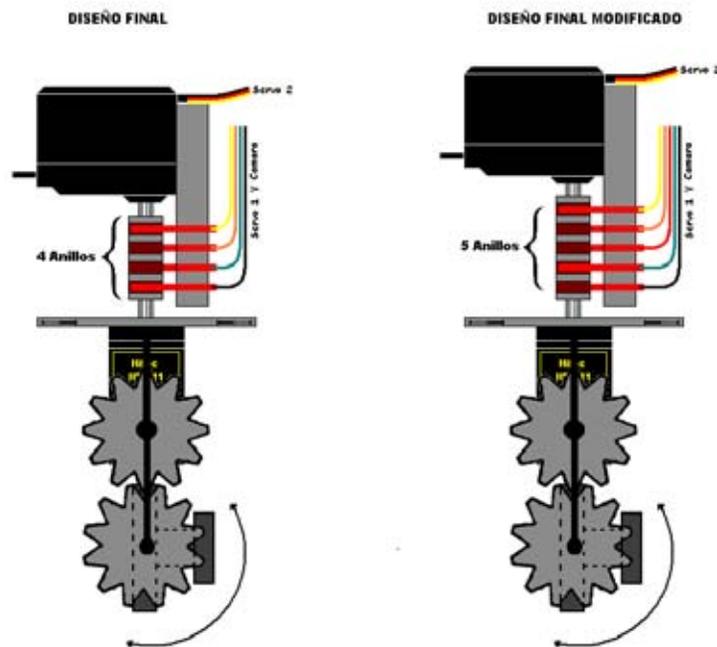
La apariencia del equipo es como se observa en la figura.



Finalizado este proceso, se aisló un problema, con respecto a la imagen generada por la cámara en el monitor. Esta se veía con cierta interferencia, la cual podía ser producto de distintos factores. Estos se fueron evaluando uno a uno para que en conjunto resolvieran el problema.

Los servomotores, en el diseño final, eran alimentados por medio de un regulador de 5 Volts a partir de los 10 Volts que suministraban energía a la cámara, esto podía ser la causa de la interferencia, ya que los servomotores generan bastante ruido hacia la línea de alimentación, de tal forma se decidió separar la línea de alimentación de los servomotores de la línea de alimentación de la cámara, causando esto que halla que

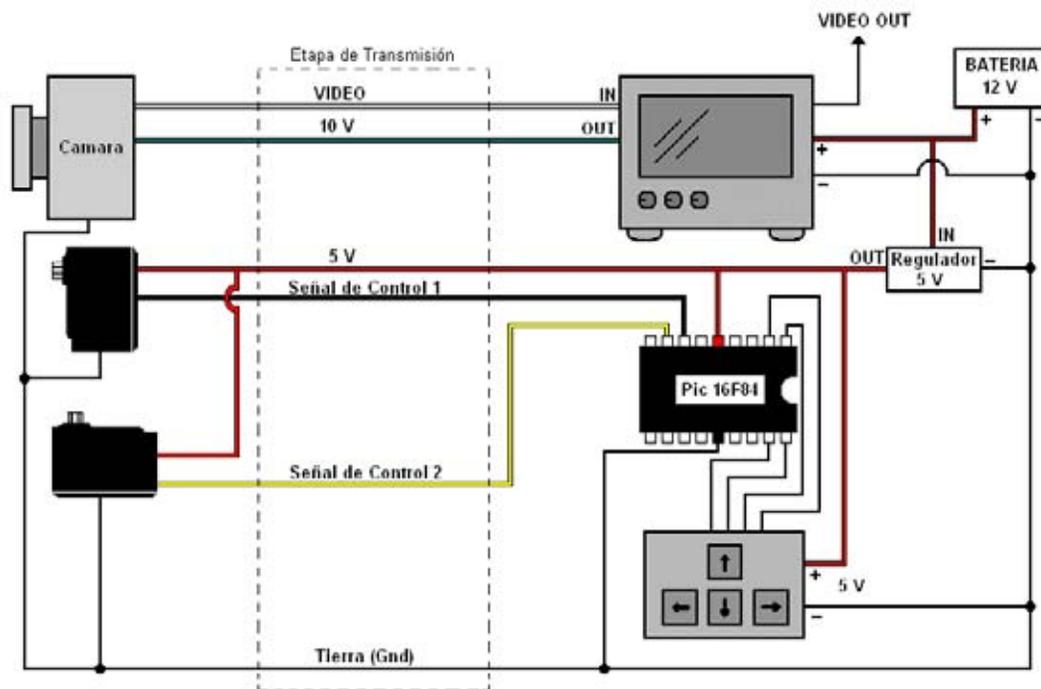
hacer un cambio en la etapa de visualización, ya que hay que utilizar 5 anillos en vez de 4 como se observa en la figura.



Esto solucionó en parte el problema, ya que aun se mantenía un poco de interferencia, aunque se alimentó de una fuente externa a los servomotores. Quizás sea producto de que los servomotores son en esencia motores de corriente continua y por lo tanto poseen escobillas o carbones que al girar producen chispas y así se manifiestan como delgadas líneas verticales en el monitor, este efecto producido es por los campos electromagnéticos que generan los servomotores, para solucionar esto es recomendable aislar los servomotores por medio del efecto de una jaula de Faraday, que consiste en palabras simples, en aislar un objeto de la radiación electromagnética que halla, en este caso se hizo con una lamina delgada metálica, similar al papel de aluminio, con el se envolvieron los servomotores y luego se conecto a tierra, para que si existiese alguna perturbación electromagnética, esta fuese absorbida y enviada a tierra. Además en conjunto con la solución anterior, se conectó un condensador de capacitancia elevada a la entrada de la alimentación de los servomotores, para que si existiese algún ruido enviado por ellos a la fuente de alimentación, este fuese anulado por el condensador.

Todas estas soluciones repararon en gran parte el problema surgido. Quizás se podría haber mejorado mucho más el diseño, pero hay que tener en cuenta que este equipo puede ser considerado un prototipo y aun se le pueden hacer muchas mejoras, ya sea en su diseño como en su construcción, pero de todas formas ahora funciona correctamente.

Haciendo estos cambios la etapa de transmisión quedó de la siguiente manera al agregar un nuevo conductor por separado para la alimentación de los servomotores.



Debido a que el cable que se había comprado disponía de 5 conductores y ahora se necesitaban 6 conductores, se utilizó la malla de protección con que contaba éste, por ello no hubo necesidad de sustituir nada.

## CONCLUSIONES

El diseño y construcción del Equipo de Conductoscopía fue posible después de haber estudiado las variables que interactúan en el entorno donde el equipo se empleará, la aplicación de los conocimientos de la formación en Ingeniería Electrónica durante mis años de estudiante y mi desempeño laboral, además de tener presente las exigencias legales que emanan de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles, mas concretamente el DS 222 y la RE 489 las cuales se refieren al tema desarrollado en el presente trabajo.

A partir de ahora el laboratorio de gas con que cuenta la Facultad de Ingeniería de la UACH, dispondrá de un Equipo de Conductoscopía, con el cual es posible llevar a cabo la inspección de conductos colectivos, que antes no se podían realizar ya que se carecía de este equipo, que es parte del equipamiento mínimo con que deben contar las Entidades de Certificación de Instalaciones Interiores de Gas.

Esta construcción se llevó a cabo solo con materiales conseguidos en la zona, por lo demás no son componentes de difícil adquisición, por ello queda de manifiesto que es posible crear equipos que si bien no son originales en la idea misma, al menos lo son en la manera de su implementación que en este caso como se ve, es muy artesanal, pero hecho con mucho profesionalismo.

A partir de este equipamiento podrían desprenderse nuevas aplicaciones, relacionadas con el tema de poder inspeccionar lugares poco accesibles. Por ejemplo transformar este equipo en un dispositivo inalámbrico, para lugares donde el cable que sustenta a la cámara no pueda ingresar; o ponerle ruedas, para así poder inspeccionar conductos verticales. De igual forma se podría sacar un mayor provecho de los componentes utilizados en la construcción del Equipo de Conductoscopía, ya que la cámara usada traía incorporado un micrófono que iba conectado al monitor, para este caso fue quitado ya que no era de utilidad, pero en el caso que fuese necesario detectar algún sonido en el área que se esta inspeccionando, está la posibilidad de habilitarlo nuevamente.

Así como existen nuevas aplicaciones que podrían llevarse a cabo a partir de este Equipo de Conductoscopía construido, hay que mencionar sus limitaciones, que si

bien algunas son bastante obvias, vale la pena mencionar, por ejemplo este equipo no es posible utilizarlo en un medio donde exista una gran humedad o que este mojado; tampoco es posible utilizarlo a temperaturas elevadas, ya que por su construcción en acrílico no posee gran resistencia para altas temperaturas; si existen estas dos condiciones antes mencionadas probablemente exista presencia de vapor en el conducto, lo cual puede ocasionar que el lente de la cámara se empañe e impida visualizar correctamente lo que se desea, por ello esta es otra de las limitaciones que tiene este equipo, que es similar para el caso en que halla humo dentro del conducto colectivo de ventilación.

En relación a lo anterior hay que mencionar, que una vez listo el equipo entrega una imagen óptima entre 5 cm. y 25 cm. desde el lente de la cámara, a esa distancia de distinguen perfectamente objetos pequeños.

Con respecto a la etapa de visualización y control, específicamente en donde va la batería y el circuito de control, se implementó esta parte de modo que al ser necesario reemplazar la batería u otro componente, el acceso a ellos sea de forma expedita, ya que solo sacando cuatro tornillos se puede acceder ahí. Ya que nombramos la batería se puede decir que según el consumo total, ésta tendría una duración de un poco menos de 5 horas continuas de uso, ya que su capacidad es de 5 Ah y el consumo total del equipo es de alrededor 1,3 Amperes hora.

Finalmente mencionar que gracias a este proyecto logre comprobar mi capacidad de llevar a cabo un proyecto que abarcase distintas áreas, dentro de la ingeniería, ya que si bien la tesis esta orientada al diseño electrónico y a la utilización de diversas herramientas de esta rama, de igual manera fue necesario interiorizarse mas en el área de las instalaciones domiciliarias de gas y sus reglamentación, y lo específico referido a los conductos colectivos

Espero que este equipo pueda ser de ayuda para las personas que deseen optar a ser inspectores de instalaciones de gas, y quien sabe, quizás se logre salvar alguna vida al detectar posibles problemas en un edificio cualquiera, la idea es poder aportar, ya sea, en la formación de los estudiantes o en la utilización del mismo equipo en una situación real.

## BIBLIOGRAFIA

### LIBROS:

- José Maria Angulo Usategui, Ignacio Angulo Martínez, Microcontroladores PIC Diseño Practico de Aplicaciones, McGRAW-HILL, España, 1997.
- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, Decreto Supremo N° 222, Chile, 1996.
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles SEC, Resolución Exenta N° 489, Chile, 2002.

### REVISTAS:

- Curso de PIC para Estudiantes y Aficionados, Editorial Quark SRL, Argentina, 2002

### SITIOS WEB:

- Servomotores HITEC [www.hitecrd.com](http://www.hitecrd.com)
- EAGLE [www.cadsoft.de](http://www.cadsoft.de)
- L.E.T. PICBasic [www.letbasic.com](http://www.letbasic.com)
- MPASM [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- Cargador IC-PROG [www.ic-prog.com](http://www.ic-prog.com)