



industriales
etsii

Escuela Técnica
Superior
de Ingeniería
Industrial

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Sistema de Resolución Mediante Microcontroladores PIC de un Cubo de Rubik. Diseño y Construcción de un Prototipo.

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y
AUTOMÁTICA

Autor: Víctor Francisco Belchí Martínez

Director: Manuel Sánchez Alonso



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Cartagena, curso 2017-2018

Índice general

1	Estado del arte	9
1.1.	Algoritmia	9
1.1.1.	Algoritmos de ordenamiento	9
1.1.2.	Optimización	11
1.2.	El cubo de Rubik	12
1.2.1.	Variantes del cubo de Rubik	13
1.2.2.	Métodos de resolución	14
2	Objetivos del proyecto	19
3	Selección de componentes	21
3.1.	Selección de los componentes de visualización	21
3.1.1.	Selección de los demultiplexores	23
3.2.	Selección del método de comunicación	24
3.3.	Selección del microcontrolador	25
3.3.1.	Microcontroladores PIC	26
3.3.2.	Selección del microcontrolador	32
4	Circuito general	35
4.1.	Introducción	35
4.2.	Conexión del PIC16F876	35
4.3.	Conexión de los displays	37
4.4.	Conexión del módulo Bluetooth	38
4.5.	Circuito general	39
4.6.	Diseño de PCB	39
4.6.1.	Diseño de las caras del cubo	40
4.6.2.	Diseño de PCB principal	40

5	Diseño del software	41
5.1.	Inicialización del microcontrolador	41
5.2.	Configuración de los registros	42
5.2.1.	Configuración de la puerta A	42
5.2.2.	Configuración de la puerta B	43
5.2.3.	Configuración del módulo USART	43
5.3.	Visualización de las caras	47
5.4.	Lectura y escritura de la memoria EEPROM	47
5.5.	Comunicación Bluetooth	49
5.6.	Resolución automática	51
5.7.	Resumen del funcionamiento	52
6	Implementación del software	55
6.1.	MPLAB	55
6.1.1.	Pasos seguidos para la realización del proyecto	55
6.2.	Usbpicprog	56
6.2.1.	Pasos seguidos para la realización del proyecto	56
7	Resultados del trabajo	59
7.1.	Dificultades encontradas	59
7.2.	Funcionamiento	60
8	Conclusiones	63
9	Vías futuras	65
	Bibliografía	67
	Anexos	71
A	Código del microcontrolador	73
A.1.	Archivo main.asm	73
A.2.	Archivo cubo.inc	78
A.3.	Archivo eeprom.inc	79
A.4.	Archivo movimientos.inc	80
A.5.	Archivo buscar.inc	96
A.6.	Archivo cruz.inc	97
A.7.	Archivo esquinas.inc	124
A.8.	Archivo capaintermedia.inc	152
A.9.	Archivo cruzabajo.inc	172
A.10.	Archivo esquinasabajo.inc	179

Resumen

Aunque pueda parecer que este Trabajo Fin de Grado trata sobre un “juguete”, la realidad es que, todos los conocimientos se han aplicado a un ejemplo concreto para que se pueda visualizar todo el potencial de lo que se va a desarrollar a continuación. Uno de los problemas más comunes dentro del desarrollo de los Sistemas de Control es la implementación del propio algoritmo que gestiona el proceso. En ciertos casos (por no decir en muchos) los diseñadores dejan de lado lo más importante para que todo funcione.

Todos los Sistemas de Control necesitan recoger entradas (de varias naturalezas), procesar de manera digital esta información, y generar unas salidas como respuesta (también de varios tipos). Puede parecer “inofensiva” la actividad de estos periféricos para la gestión del Sistema de Control, pero en verdad, condicionan todo el desarrollo del software de la aplicación.

Basta con comprobar los tiempos de respuesta de los elementos de entrada de información, para desarrollar un buen software se deberá tener en cuenta, no sólo el tiempo de respuesta individual, sino el tiempo en conjunto de todos los periféricos. Por ejemplo, cuantos más sensores tenga el Sistema, más lecturas habrá que realizar, atendiendo a la velocidad relativa de cada sensor, y sumándole el retardo del sistema de comunicación (Bus de líneas, RS-232, I2C, Bluetooth, WIFI, etc.).

La otra parte interesante es como gestionar las respuestas. Al igual que con las Entradas, los dispositivos periféricos de Salida tendrán un retardo en su actuación, desde que reciben la orden hasta que la ponen en marcha. Como siempre, habrá que volver a contemplar el modo de transmisión de dicha información (Bus de líneas, RS-232, I2C, Bluetooth, WIFI, etc.).

En este Trabajo se contempla la gestión de estos aspectos. Para poder establecer

un modelo de gestión de periféricos hemos optado por un modelo sencillo, donde se incorporan las problemáticas anteriormente expuestas. Para que sea factible hemos escogido un sistema a controlar con 54 periféricos de salida y una entrada mediante conexión Bluetooth. Esto se ha plasmado en un Cubo de Rubik, 6 caras con 9 elementos independientes (54 salidas), y entrada de ordenes mediante conexión Bluetooth para realizar los movimientos de los elementos en cada cara del cubo.

Concluimos que lo realmente importante, en este caso, no es donde se aplica sino como se aplica. Se incorpora un estudio basado en técnicas de Investigación Operativa que optimizan la gestión de las salidas a cada periférico. Este mismo Trabajo sería perfectamente aplicable a la gestión óptima de riegos agrícolas, control de válvulas de llenado y vaciado en barcos cisterna, y aplicable a cualquier otro sistema en el que se necesite una gestión masiva de periféricos.

Estado del arte

1.1. Algoritmia

La algoritmia es la ciencia que estudia el cálculo aritmético y algebraico, se encarga de inventar y analizar los algoritmos, y establece los límites entre los problemas que un ordenador es capaz de realizar. A pesar de que los algoritmos son independientes del ordenador, es a partir del nacimiento de la informática cuando han adquirido mayor importancia.

En el siglo XX se comienza a considerar que la actividad del cerebro humano está basada en secuencias definidas de operaciones, siendo algorítmica gran parte de esta actividad [1].

1.1.1. Algoritmos de ordenamiento

Los algoritmos de ordenamiento se encargan de permutar los elementos de una lista de forma que sigan una relación de orden. En este tipo de algoritmos es muy importante la eficiencia, ya que normalmente suelen combinarse con otros algoritmos como los de búsqueda [2].

En la tabla 1.1 se pueden ver algunos algoritmos de ordenamiento comunes.

Estabilidad en algoritmos de ordenamiento. La estabilidad en los algoritmos de ordenamiento indica cómo se comporta cuando la parte que se está ordenando es idéntica en varios elementos. En un algoritmo de ordenamiento estable se mantiene el orden relativo de los elementos iguales. Por ejemplo, si una lista ordenada por número se reordena en orden alfabético con un algoritmo estable, todos los elementos cuya clave alfabética sea la misma quedarán ordenados en orden numérico.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

Estables		Inestables	
Nombre	Complejidad	Nombre	Orden
Bubble sort	$O(n^2)$	Shell sort	$O(n^{1,25})$
Bucket sort	$O(n)$	Comb sort	$O(n \cdot \log n)$
Counting sort	$O(n + k)$	Selection sort	$O(n^2)$
Binary tree sort	$O(n \cdot \log n)$	Quicksort	$O(n \log n)$

Tabla 1.1: Algunos algoritmos de ordenamiento

(8, 1) (4, 4) (4, 2) (1, 3) Original

(1, 3) (4, 4) (4, 2) (8, 1) Orden mantenido (estable)

(1, 3) (4, 2) (4, 4) (8, 1) Orden cambiado (inestable)

Los algoritmos inestables pueden ser modificados para ser estables [3].

Complejidad. La complejidad de los algoritmos de ordenamiento no tiene que ver con la dificultad, sino con el rendimiento de este. Para definir la complejidad se utiliza el orden de las funciones, representado como $O(g(x))$.

Una función $f(x)$ pertenece a $O(g(x))$ cuando existe una constante positiva tal que a partir de un valor x_0 , $f(x)$ no sobrepasa a $cg(x)$ [4].

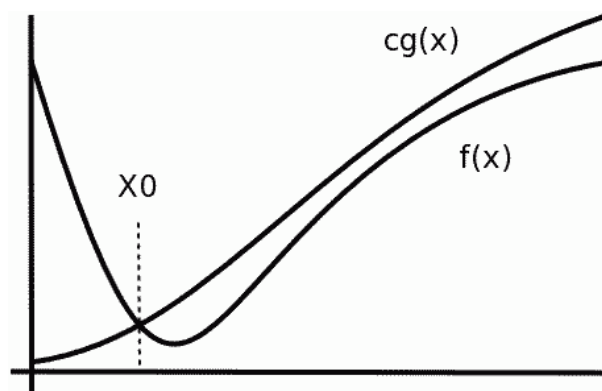


Figura 1.1: Cota superior asintótica.

Los ordenes más utilizados en el análisis de algoritmos son los siguientes:

Notación	Nombre
$O(1)$	Orden constante
$O(\log \log n)$	Orden sublogarítmica
$O(\log n)$	Orden logarítmica
$O(\sqrt{n})$	Orden sublineal
$O(n)$	Orden lineal o de primer orden
$O(n \cdot \log n)$	Orden lineal logarítmica
$O(n^2)$	Orden cuadrática o de segundo orden
$O(n^3), \dots$	Orden cúbica o de tercer orden, ...
$O(n^c)$	Orden potencial fija
$O(c^n), n > 1$	Orden exponencial
$O(n!)$	Orden factorial
$O(n^n)$	Orden potencial exponencial

Tabla 1.2: Órdenes usuales para funciones

1.1.2. Optimización

En matemáticas, se define optimización como la selección del mejor elemento dentro de un conjunto a partir de algún criterio. El caso más sencillo consiste en maximizar o minimizar una función.

Factibilidad del problema. La factibilidad determina si existe o no una solución. En muchos algoritmos de optimización es necesario comenzar a partir de un punto factible. Una forma de obtener ese punto es utilizar variables de holgura; con suficiente holgura cualquier punto de partida es factible.

Condiciones necesarias de optimalidad. La **condición de primer orden** indica que los puntos óptimos se encuentran donde la primera derivada de la función es igual a cero. En problemas con restricciones, estos puntos se encuentran mediante multiplicadores de Lagrange. Este método calcula un sistema de desigualdades llamado **condiciones de holguras complementarias**.

Condiciones suficientes de optimalidad. En el apartado anterior se ha visto que mediante la primera derivada se identifican los puntos que pueden ser extremos, pero de esta forma no se distingue entre máximos y mínimos. En los casos en los que la función se puede derivar dos veces, es posible distinguir estos máximos y mínimos a partir de su segunda derivada (**condiciones de segundo orden**).

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

Si un punto cumple las condiciones de primer y segundo orden, es suficiente para establecer, al menos, optimalidad local [5].

Técnicas de optimización computacional.

- **Algoritmos de optimización.** Estos algoritmos terminan en un número finito de pasos.
 - Algoritmo Simplex (y sus variaciones)
 - Algoritmos combinatorios
- **Métodos iterativos.** Convergen a una solución.
 - Método de Newton
 - Métodos de gradiente conjugado
 - Métodos de interpolación
- **Heurísticas.** Los métodos heurísticos proveen soluciones aproximadas.
 - Evolución diferencial
 - Algoritmos genéticos
 - Nelder-Mead

1.2. El cubo de Rubik

El cubo de Rubik es un rompecabezas tridimensional inventado en 1974 por Ernő Rubik, escultor y profesor de la Escuela de Artes Comerciales de Budapest. Originalmente llamado “cubo mágico”, fue licenciado por Rubik para ser vendido por Ideal Toys Company en 1980. Hasta enero de 2009 se habían vendido 350 millones de cubos, convirtiéndolo en el juguete más vendido del mundo [6].

Un cubo de Rubik clásico posee seis colores, blanco, amarillo, rojo, naranja, azul y verde. Un mecanismo de ejes permite girar cada cara independientemente, mezclando así sus colores. Para resolver el rompecabezas, cada cara debe quedar de un solo color [7].

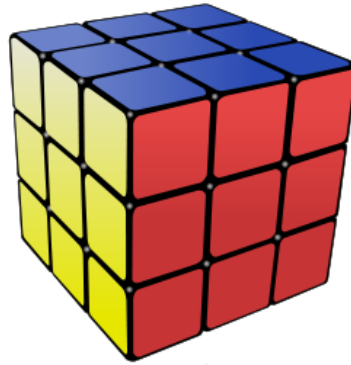


Figura 1.2: Cubo de Rubik resuelto.

1.2.1. Variantes del cubo de Rubik

No hay más que entrar en cualquier página web dedicada a la venta de cubos de Rubik para darse cuenta de la grandísima variedad de formas y tamaños que existe.

- **Variaciones en el número de capas.** Algunas variantes del cubo de Rubik, simplemente, modifican el número de capas que tiene, aumentando o disminuyendo la dificultad en función de estas. Estas versiones van desde el más sencillo, con tan solo dos capas, hasta cubos de trece capas y cientos de piezas.

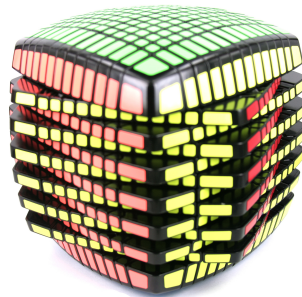


Figura 1.3: Cubo de Rubik de 13 capas [8].

- **Variaciones en la forma.** Existen multitud de estas variaciones, entre las más comunes encontramos pirámides, dodecaedros, o cubos con un número de capas irregular.

Dentro de estas dos clasificaciones también encontramos cubos con piezas de diferentes tamaños, o desplazadas respecto a los ejes de giro. Es resultado es un aumento de la dificultad para resolverlos, ya que con apenas algunos giros, quedarán completamente deformados.



Figura 1.4: Megaminx [9].



Figura 1.5: Mastermorphix [10].

1.2.2. Métodos de resolución

Existen muchos métodos de resolución, pero los más popularizados son:

- Método de principiantes
- Método Fridrich

Método de principiantes

Este método requiere resolver el cubo por capas, primero la superior, después la central, y por último la inferior. Con algo de práctica es posible resolverlo en menos de 2 minutos [11].

- **Paso 1: Cruz superior.** En este paso tan solo se tiene que crear una cruz en la cara superior, de forma que los colores también coincidan en las capas anexas.
- **Paso 2: Completar la capa superior.** Basta con colocar los cuatro vértices superiores en su sitio.
- **Paso 3: Completar la segunda capa.** Se colocan las cuatro aristas de la capa central.
- **Paso 4: Cruz en la última cara.** Se dibuja una cruz en la cara de abajo del cubo.
- **Paso 5: Extender la cruz de la última capa.** Se hacen coincidir los colores laterales de la cruz con los de las caras anexas a esta.
- **Paso 6: Colocar los últimos vértices.** En este paso es posible que tras colocarlos no queden bien orientados.
- **Paso 7: Terminar el cubo.** Se giran los vértices que no hayan quedado bien orientados, completando así el cubo.



Figura 1.6: Resumen del método de principiantes.

Método Fridrich

El método Fridrich es uno de los más rápidos para resolver el cubo de Rubik. Consiste en resolver el cubo en 3 pasos. A diferencia del método de principiantes, requiere aprender bastantes algoritmos [12].

- **Paso 1:** Consiste en resolver las dos primeras capas del cubo simultáneamente.
- **Paso 2:** Orientar las piezas de la última capa de forma que la cara inferior quede del mismo color.
- **Paso 3:** Permutar las piezas de la última capa.

Soluciones óptimas

Las soluciones óptimas del cubo de Rubik se refieren a aquellas que necesitan muy pocos movimientos para resolverlo en cualquier estado inicial. Un algoritmo que resuelva el cubo en el menor número de movimientos posible se conoce como algoritmo de Dios.

- **Algoritmo de Thistlethwaite.** Se basa en la teoría de grupos y en búsquedas mediante computador. Hasta la fecha, los algoritmos dividían el problema mirando las partes del cubo que deberían permanecer fijas. Thistlethwaite lo dividió restringiendo el tipo de movimientos que se podían ejecutar.

$$\begin{aligned}G_0 &= \langle L, R, F, B, U, D \rangle \\G_1 &= \langle L, R, F, B, U^2, D^2 \rangle \\G_2 &= \langle L, R, F^2, B^2, U^2, D^2 \rangle \\G_3 &= \langle L^2, R^2, F^2, B, U^2, D^2 \rangle \\G_4 &= \{1\}\end{aligned}$$

El algoritmo es capaz de resolver el cubo de Rubik en menos de 45 movimientos.

- **Algoritmo de Kociemba.** Es una mejora del algoritmo de Thistlethwaite. Reduce el número de grupos intermedios a solo dos.

$$\begin{aligned}G_0 &= \langle L, R, F, B, U, D \rangle \\G_1 &= \langle L, R, F^2, B^2, U^2, D^2 \rangle \\G_2 &= \{1\}\end{aligned}$$

Normalmente este algoritmo es capaz de encontrar soluciones en menos de 21 movimientos.

- **Algoritmo de Korf.** Richard Korf anunció un algoritmo con el cual había resuelto cubos de Rubik en menos de 18 movimientos. Para ello dividió el problema en los siguientes subproblemas:
 1. Esquinas
 2. 6 aristas
 3. Las otras 6 aristas

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE

Mediante este algoritmo se generan todos los cubos que son el resultado de aplicar un movimiento al cubo original, posteriormente se generan los cubos resultantes al aplicar 2 movimientos, y así sucesivamente. Si en algún punto se detecta que un cubo deja de ser óptimo se elimina de la lista [13].

Objetivos del proyecto

La finalidad de este trabajo es el desarrollo y la creación del prototipo de un cubo de Rubik electrónico, el cual podrá ser manipulado remotamente y tendrá una función de autoresolución. Para ello, se escogerá un microcontrolador adecuado a los requisitos del trabajo, se estudiarán las posibles tecnologías de comunicación, los periféricos para representar la información y los diferentes métodos de resolución.

Para la elección del microcontrolador primero se determinarán la cantidad de periféricos con sus necesidades de conexión para datos, y la cantidad de señales de control necesarias para gobernarlas. Posteriormente se pasará a la elección del microcontrolador PIC que más se ajuste a estos requisitos, así como el lenguaje (o lenguajes) de programación a utilizar. Dependiendo del tipo de microcontrolador escogido y sus capacidades de interconexión, se decidirá el sistema de comunicación más asequible al desarrollo de un TFG.

La información será mostrada mediante displays 7 segmentos, representando por números el color de cada casilla, o bien mediante diodos RGB. En ambos casos, al requerir un gran número de salidas, será necesario un gestor de direccionamiento para poder controlarlos todos.

Se incluirá la programación básica para que el usuario tenga capacidad de control sobre los giros de las caras del cubo desde cualquier tipo de soporte que disponga del tipo de comunicación elegida. Además, se estudiarán los diferentes métodos de resolución existentes, y se implementará un algoritmo que sea capaz de resolver paso a paso el cubo desde cualquier posición de inicio.

Selección de componentes

3.1. Selección de los componentes de visualización

Para representar las caras del cubo se ha optado por displays 7 segmentos, los cuales, a pesar de ser menos estéticos que los diodos LED RGB, son más baratos y sencillos de utilizar, evitando así el control PWM necesario en los LED RGB para mostrar los colores adecuados, lo que implicaría complicar el software de control, y la necesidad de utilizar microcontroladores más complejos.

Los displays 7 segmentos son componentes constituidos por una serie de LED ubicados formando un 8; se utilizan para representar caracteres en muchos dispositivos electrónicos [14].

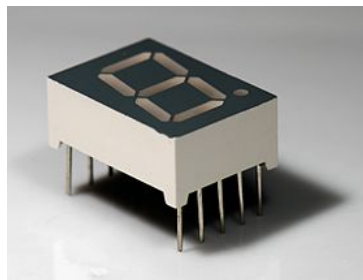


Figura 3.1: Display de 7 segmentos.

Existen dos tipos de displays, de ánodo común y de cátodo común.

- **Ánodo común.** Todos los ánodos de los segmentos están unidos internamente a una patilla común, tal como se representa en la figura 3.2.

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

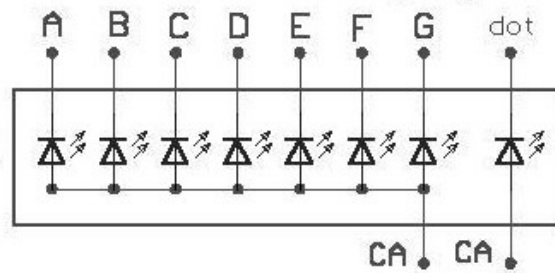


Figura 3.2: Conexión ánodo común.

- **Cátodo común.** Todos los cátodos están conectados internamente a una patilla común, como se muestra en la figura 3.3.

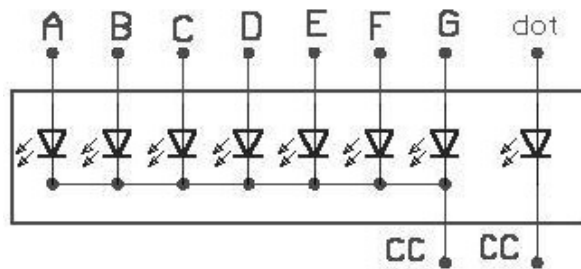


Figura 3.3: Conexión cátodo común.

Durante la ejecución del programa tan solo uno de ellos estará encendido cada vez durante un breve periodo de tiempo, engañando al ojo y haciéndolo creer que todos están encendidos al mismo tiempo debido al barrido en la presentación de los valores. El software implementado realiza 33 instrucciones para mostrar cada valor en los displays, lo que significa que para la realización de un barrido completo serán necesarias 1782 instrucciones. Teniendo en cuenta que por la frecuencia del reloj cada instrucción tomará $1 \mu s$, podemos estimar que el microcontrolador será capaz de realizar 560 barridos por segundo, cifra muy superior a la necesaria para dejar de ser perceptible por el ojo humano. El control de los displays se llevará a cabo mediante el uso de demultiplexores, de forma que la cantidad de salidas necesarias para controlarlos todos disminuirá drásticamente. Hay que tener en cuenta que esto hará que la corriente media que pasa por cada display también disminuya, de acuerdo a la fórmula 3.1.

$$\bar{I} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \quad (3.1)$$

Esto repercutirá en un menor brillo de los displays, que se podrá solucionar aumentando la corriente y escogiendo displays más brillantes.

Para este trabajo se han escogido los displays SC56-21SURKWA, del fabricante Kingbright. Estos son displays de 7 segmentos de color rojo y conexión en cátodo común, con un valor típico de 97 mcd a 10 mA. Soporta una corriente máxima de 30 mA en continua, pudiendo alcanzar picos de corriente de hasta 185 mA en pulsos de 0.1 ms cada 10 ms.

3.1.1. Selección de los demultiplexores

Un demultiplexor es un circuito combinacional que tiene una entrada de datos, n entradas de control y 2^n salidas. Mediante las entradas de control es posible decidir la salida por la cual se mostrará la información recibida en la entrada de datos. [15].

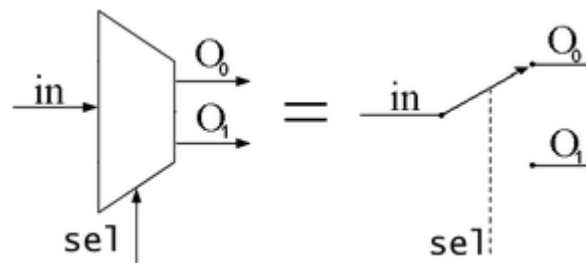


Figura 3.4: Esquema de un demultiplexor 1 a 2.

Las salidas de los demultiplexores se conectarán al común de los displays. Siguiendo el esquema de conexiones desarrollado en la sección 4.3 y teniendo en cuenta que los displays se activarán a nivel bajo, para que solo uno de ellos esté encendido cada vez, será necesario que los demultiplexores inviertan la salida.

Para este trabajo se han seleccionado los demultiplexores 74HC138, de 3 a 8 líneas con salida invertida.

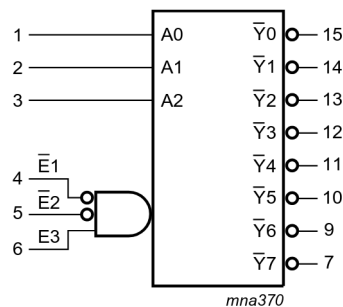


Figura 3.5: Esquema de conexiones del demultiplexor 74HC138.

3.2. Selección del método de comunicación

Para la realización de este proyecto se ha optado por el uso del protocolo Bluetooth, el cual está especialmente diseñado para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance y bajo costo.

Las comunicaciones se realizan mediante radiofrecuencia, por lo que los dispositivos no tienen que estar alineados, ni en la misma habitación si la potencia de transmisión es suficiente. Dependiendo de la potencia de transmisión, los dispositivos Bluetooth se clasifican en:

	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Alcance (m)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~100 m
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~5-10 m
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 m

Tabla 3.1: Potencia y alcance de los dispositivos Bluetooth.

Para la realización de este proyecto se utilizará un módulo Bluetooth HC-05, que proporciona comunicación Bluetooth a partir de protocolo serie.

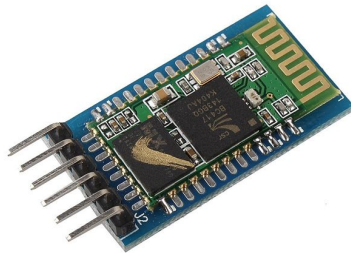


Figura 3.6: Módulo Bluetooth HC-05.

Es un módulo sencillo de utilizar, y del que se dispone de gran cantidad de ejemplos en internet. Tiene una sensibilidad de -80 dBm y una potencia de 4 dBm, suficiente para cubrir 10 m.

Puede ser configurado mediante sencillos comandos Hayes (también conocidos como comandos AT); permitiendo cambiar, entre otros, la velocidad de transmisión, el modo de trabajo (maestro o esclavo), así como la contraseña de emparejamiento con otros dispositivos [16].

Los comandos AT son un conjunto de instrucciones desarrolladas por la empresa Hayes Communications como un interfaz de comunicación con un módem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono. Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo [17].

3.3. Selección del microcontrolador

Para trabajar con microcontroladores es necesario conocer qué es la arquitectura HARVARD, la cual por sus características es muy interesante en sistemas de propósito específico. En esta arquitectura, la información se encuentra separada en dos espacios de memoria, uno para las instrucciones y otro para los datos que maneja el programa. La memoria de instrucciones es de tipo ROM, lo que la protege de pérdidas de información en caso de falta de energía. Por otro lado, la memoria de datos es de tipo RAM. Como consecuencia, existen dos buses diferentes para intercambiar las instrucciones y los datos, siendo estos accesibles simultáneamente.

Esta arquitectura utiliza un juego de instrucciones tipo RISC (*Reduced Instructions Set Computer*), por lo que todas tienen el mismo tamaño y comparten el formato. Una ventaja de tener un juego de instrucciones reducido es la de conocer el tiempo de ejecución de cada una, ya que se establece un ciclo de instrucción igual para todas, a excepción de las de salto que necesitan dos. De esta forma es sencillo calcular la duración de la ejecución de un programa a partir del número de instrucciones que realiza.

Las mayores diferencias se producen en los recursos básicos comunes y en los auxiliares del resto de la arquitectura. En general, todos los microprocesadores tienen como recursos comunes las puertas de Entrada/Salida (digitales o analógicas) que permiten la conexión con el mundo exterior, al menos un dispositivo que posibilita establecer tiempos de ejecución o contar eventos externos, un sistema de gestión de interrupciones y una Unidad Aritmético-Lógica.

Los recursos auxiliares disponibles pueden ser memorias ROM para datos de usuario donde guardar información de forma permanente, multiplicadores hardware, comparadores de tensión, conversores ADC/DAC, circuitos de conexión a RS-232, bus I^2C ...

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Algo a tener en cuenta cuando se utilizan microcontroladores es el espacio de almacenamiento disponible, tanto para instrucciones como para datos. El espacio de instrucciones será una memoria EEPROM o FLASH, y deberá ser lo suficientemente grande para contener el software. En el espacio de datos se almacenarán las variables que usará el programa, y su tamaño estará condicionado por el número de variables que se necesiten para gestionar correctamente el sistema que se desea controlar.

El número de productos que funcionan en base a uno o varios microcontroladores aumenta de forma exponencial. No es aventurado pronosticar que en el siglo XXI habrá pocos elementos que carezcan de microcontrolador. La industria Informática acapara gran parte de los microcontroladores que se fabrican. Casi todos los periféricos del computador, desde el ratón o el teclado hasta la impresora, son regulados por el programa de un microcontrolador. Los electrodomésticos incorporan numerosos microcontroladores. Igualmente, los sistemas de supervisión, vigilancia y alarma en los edificios utilizan estos chips. También se emplean para optimizar el rendimiento de ascensores, calefacción, aire acondicionado, alarmas de incendio, robo, etc [18].

3.3.1. Microcontroladores PIC

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por General Instrument.

El PIC original se desarrolló en 1975 para mejorar las prestaciones de entrada/salida de la CPU CP16000. Para realizar estas tareas utilizaba microcódigo simple almacenado en la memoria ROM.

En 1985 la división de microelectrónica de General Instrument se separa como compañía independiente y, en 1987, cambia su nombre a Microchip Technology. En 1989 es adquirida por un grupo de inversores y el nuevo propietario canceló casi todos los desarrollos, que para esas fechas la mayoría estaban obsoletos. El PIC, sin embargo, se mejoró con EPROM para conseguir un controlador programable. Hoy en día multitud de PIC vienen con varios periféricos incluidos (módulos de comunicación serie, UART, núcleos de control de motores...) y con memoria de programa desde 512 a 32.000 instrucciones.

La arquitectura del PIC se caracteriza por las siguientes prestaciones:

- Área de código y de datos separadas (Arquitectura Harvard).

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

- Un reducido número de instrucciones de longitud fija.
- Implementa segmentación de tal modo que la mayoría de instrucciones duran 1 tiempo de instrucción (o 4 tiempos de reloj).
- Un solo acumulador (W), cuyo uso (como operador de origen) es implícito (no está especificado en la instrucción).
- Todas las posiciones de la RAM funcionan como registros de origen y/o de destino de operaciones matemáticas y otras funciones.
- Una pila de hardware para almacenar instrucciones de regreso de funciones.
- Una relativamente pequeña cantidad de espacio de datos direccionable (típicamente, 256 bytes), extensible a través de manipulación de bancos de memoria.
- El espacio de datos está relacionado con el CPU, puertos, y los registros de los periféricos.
- El contador de programa está también relacionado dentro del espacio de datos, y es posible escribir en él (permitiendo saltos indirectos).

A diferencia de la mayoría de CPU, no hay distinción entre los espacios de memoria y los espacios de registros, ya que la RAM cumple ambas funciones, y esta es normalmente referida como “archivo de registros” [19].

Familias de PIC

Microchip dispone de cuatro gamas de microcontroladores de 8 bits para adaptarse a las necesidades de la mayoría de los clientes [20].

Gama baja: PIC16C5X. Son una serie de PIC de bajos recursos, pero con una de las mejores relaciones coste/prestaciones. Utilizan encapsulados de 18 y 28 patillas, y pueden alimentarse a partir de 2,5 V, lo que los hace perfectos para aplicaciones que funcionan con pilas. Tienen un repertorio de 33 instrucciones de 12 bits. No admiten interrupciones y la pila tan solo dispone de dos niveles.

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

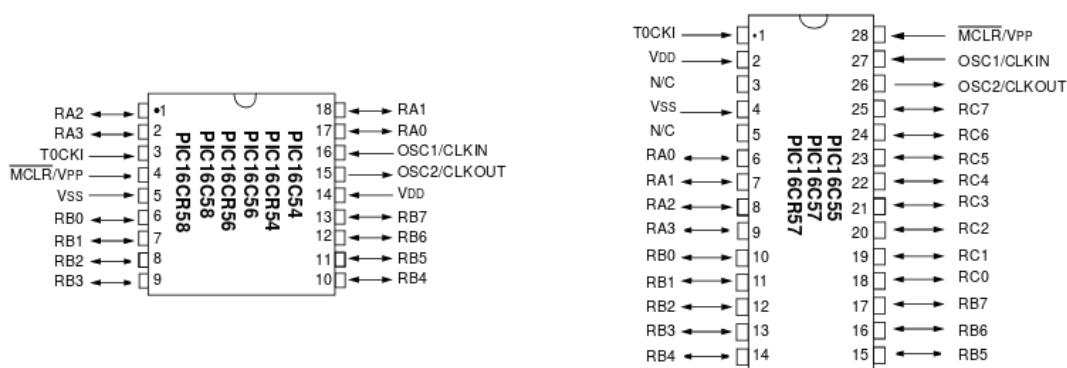


Figura 3.7: Diagrama de patillas de los PIC de gama baja.

Modelo	Memoria de programa (x12 BITS)	Memoria de datos	Frecuencia máxima	Líneas E/S	Temporizadores	Patillas
PIC16C52	384	25	4 MHz	4	TMR0 + WDT	18
PIC16C54	512	25	20 MHz	12	TMR0 + WDT	18
PIC16C55	512	24	20 MHz	20	TMR0 + WDT	28
PIC16C56	1 K	25	20 MHz	12	TMR0 + WDT	18
PIC16C57	2 K	72	20 MHz	20	TMR0 + WDT	28
PIC16C578	2 K	72	20 MHz	20	TMR0 + WDT	28
PIC16C5A	2 K	73	20 MHz	12	TMR0 + WDT	18

Tabla 3.2: Principales características de algunos modelos de la gama baja

Gama media: PIC16C(F)XXX. Es la gama más variada y completa. Sus modelos tienen desde 18 hasta 68 patillas. Tienen un repertorio de 35 instrucciones de 14 bits cada una. También disponen de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas.

La gama media puede clasificarse en las siguientes subfamilias:

- Gama media estándar (PIC16C55X)
- Gama media con comparador analógico (PIC16C62X/64X/66X)
- Gama media con módulo de captura (CCP), modulación de anchura de impulsos (PWM) y puerta serie (PIC16C6X)
- Gama media con CAD de 8 bits (PIC16C7X)
- Gama media con CAD de precisión (PIC14000)
- Gama media con memoria Flash y EEPROM (PIC16F87X)
- Gama media con driver LCD (PIC16C92X)

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Dentro de la gama media también se encuentra la versión PIC14C000, que soporta el diseño de controladores inteligentes para cargadores de baterías, fuentes de alimentación y cualquier sistema que requiera gestión de la energía de alimentación.

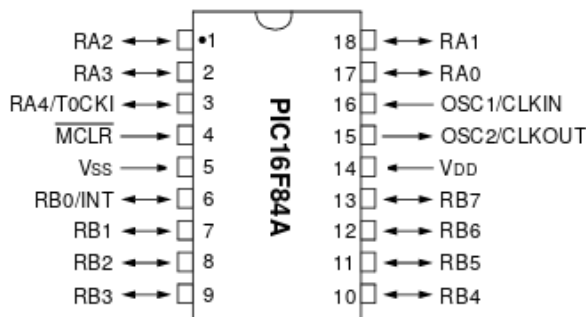


Figura 3.8: Diagrama de patillas del PIC16F84A.

Modelo	Memoria de programa	Memoria de datos		Registros específicos	Temporizadores	Interrupciones	E/S	Patillas
		RAM	EEPROM					
PIC16C84	1K x14 EEPROM	36	64	11	TMR0 + WDT	4	13	18
PIC16F84	1K x14 FLASH	68	64	11	TMR0 + WDT	4	13	18
PIC16F83	512 x14 FLASH	36	64	11	TMR0 + WDT	4	13	18

Tabla 3.3: Principales características de algunos modelos de la gama media

Gama alta: PIC17CXXX. En esta gama se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits. Sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo y un multiplicador hardware de gran velocidad.

La característica más destacable de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador mediante elementos externos. Para ello, las patillas sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control.

Gama mejorada: PIC18C(F)XXX. Esta gama fue creada con la finalidad de soportar aplicaciones avanzadas en las áreas de automoción, comunicaciones, ofimática y control industrial. Destacan por su alta velocidad (40 MHz) y su gran rendimiento.

Entre las aportaciones más representativas de esta gama, destacan:

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

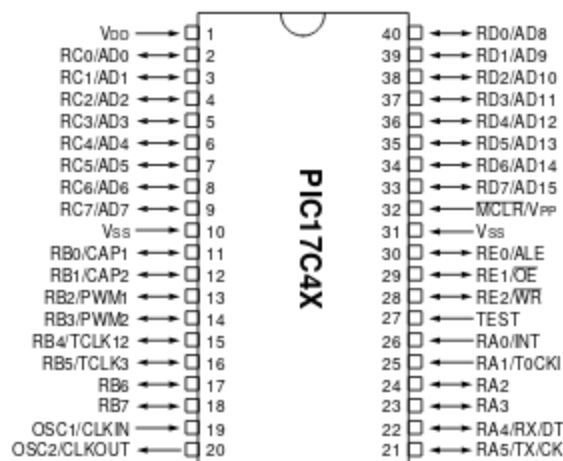


Figura 3.9: Diagrama de patillas de los PIC de gama alta.

Modelo	Memoria de programa (x16 BITS)	Memoria de datos	Registros específicos	PWM	CAD 10 bit	Líneas E/S	Temporizadores	Patillas
PIC17C42A	2 K	232	48	2		33	4 + WDT	40/44
PIC17C43	4 K	454	48	2		33	4 + WDT	40/44
PIC17C44	8 K	454	48	2		33	4 + WDT	40/44
PIC17C52	8 K	454	76	3	12	33	4 + WDT	64/68
PIC17C56	16 K	902	76	3	12	50	4 + WDT	64/68

Tabla 3.4: Principales características de algunos modelos de la gama alta

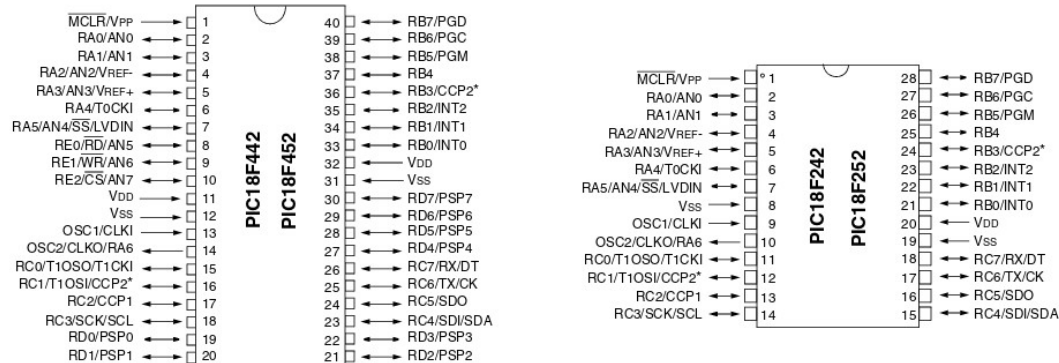


Figura 3.10: Diagrama de patillas de los PIC de gama mejorada.

- Un espacio de direccionamiento para la memoria de programa que permite alcanzar los 2 MB, y 4 KB para la memoria de datos.
- Inclusión de la tecnología FLASH para la memoria de código.
- Potente juego de 77 instrucciones de 16 bits cada una. Permiten realizar una multiplicación 8x8 en un ciclo de instrucción, mover información entre las memorias y modificar el valor de un bit en un registro o en una línea de E/S.

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Modelo	Memoria de programa	Memoria de datos		CAD	Temporizadores	Interrupciones	E/S	Patillas
		RAM	EEPROM					
PIC18C242	16K EEPROM	512	-	5	4	16	23	28
PIC18F242	16K FLASH	768	256	5	4	16	23	28
PIC18F252	32K FLASH	1536	256	5	4	16	23	28
PIC18F452	32K FLASH	1536	256	8	4	16	34	40
PIC18F6620	64K FLASH	3840	1024	12	4	16	52	68
PIC18F8720	128K FLASH	3840	1024	16	4	16	68	80

Tabla 3.5: Principales características de algunos modelos de la gama mejorada

- Orientación a la programación en lenguaje C con la incorporación de compiladores muy eficientes para este lenguaje.
- Nuevas herramientas para la emulación.

PIC de 8 patillas: PIC12C(F)XXX. La principal característica de este grupo de PIC es su reducido tamaño, al utilizar encapsulados de 8 patillas. Se pueden alimentar con un voltaje comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y tienen un consumo menor a 2 mA cuando operan a 5 V y 4 MHz. Sus instrucciones pueden ser de 12 o 14 bits, y su repertorio de instrucciones varía entre 33 y 35, según la gama a la que pertenezcan.

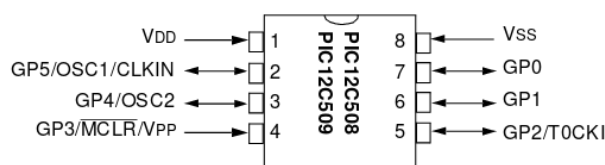


Figura 3.11: Diagrama de patillas de los PIC de la serie enana.

Modelo	Memoria de programa	Memoria de datos	Frecuencia máxima	Líneas E/S	CAD 8 bits	Temporizadores
PIC12C508	512x12	25x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT
PIC12C509	1024x12	41x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT
PIC12C670	512x14	80x8	4 MHz	6		TMR0 + WDT
PIC12C671	1024x14	128x8	4 MHz	6	2	TMR0 + WDT
PIC12C672	2048x14	128x8	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT
PIC12C680	512x12 FLASH	80x8 16x8 EEPROM	4 MHz	6	4	TMR0 + WDT
PIC12C681	1024X14 FLASH	80X8 16x8 EEPROM	4 MHz	6		TMR0 + WDT

Tabla 3.6: Principales características de algunos modelos de la serie enana

3.3.2. Selección del microcontrolador

Para escoger el microcontrolador será necesario determinar la cantidad de entradas y salidas necesarias, así como el tipo de señales y la memoria que se utilizará.

Se necesitarán 6 salidas digitales¹ para seleccionar cada uno de los 56 displays mediante demultiplexores, y 8 salidas digitales para cambiar el número que aparecerá en ellos.

Para las comunicaciones será necesario que el PIC incluya una UART, ya que como se ve en la sección 3.2, el módulo Bluetooth que se va a utilizar envía y recibe la información por el puerto serie.

En cuanto a la memoria EEPROM, serán necesarios 56 bytes para almacenar cada uno de los números representados en cada display. La memoria de datos debe tener, al menos, otros 56 bytes para poder almacenar el estado del cubo antes de aplicar algún movimiento.

Además, el PIC deberá ser suficientemente rápido para poder llevar a cabo todas las operaciones necesarias para mostrar el valor de cada display, al menos, 30 veces por segundo, dando la impresión de que todos están encendidos al mismo tiempo.

Por todo esto, se escogerá el microcontrolador PIC16F876, que posee las siguientes características:

- Hasta 20 MHz
- Memoria de programa de 8K palabras de 14 bits
- 368 bytes de memoria de datos
- EEPROM de 256 bytes
- 13 interrupciones
- Puertas A, B y C
- 3 temporizadores
- 2 módulos CCP

¹Con 6 bits se podrían escoger hasta 64 displays ($2^6 = 64$).

CAPÍTULO 3. SELECCIÓN DE COMPONENTES

- Convertidor AD con 5 canales de entrada
- 35 instrucciones de 14 bits

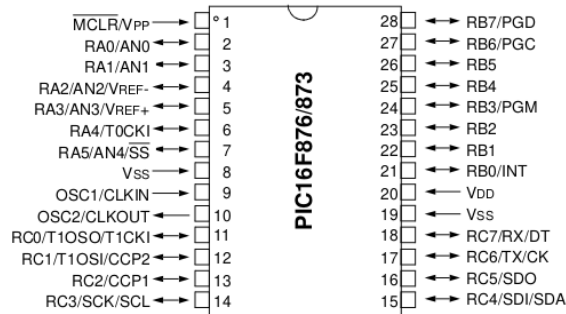


Figura 3.12: Diagrama de patillas del PIC16F876.

Como se puede ver, este microcontrolador cumple sobradamente las especificaciones requeridas para el desarrollo del proyecto, dejando margen para futuras mejoras.

Circuito general

4.1. Introducción

En este capítulo se explicará el circuito realizado, así como los pasos que se han seguido para su elaboración.

El circuito se dividirá en distintas partes bien diferenciadas, analizando en cada una de ellas los componentes principales del circuito y las conexiones necesarias con el resto de elementos. Finalmente se mostrará el circuito completo.

Los elementos principales que se analizarán son:

- Microcontrolador PIC16F876.
- Display 7 segmentos.
- Módulo Bluetooth HC-05.

4.2. Conexión del PIC16F876

El microcontrolador es el elemento más importante de este trabajo, ya que es el que controla y se comunica con el resto de elementos.

Las conexiones básicas del microcontrolador deberán incluir el oscilador, alimentación y masa. De esta forma, tal y como se puede ver en la figura 3.12, las conexiones del PIC serán las siguientes:

- Alimentación: patilla 20.
- Referencia: patillas 8 y 19.

CAPÍTULO 4. CIRCUITO GENERAL

- Oscilador: patillas 9 y 10.
- \overline{MCLR} : patilla 1.

A partir de estas conexiones se representa el siguiente esquema:

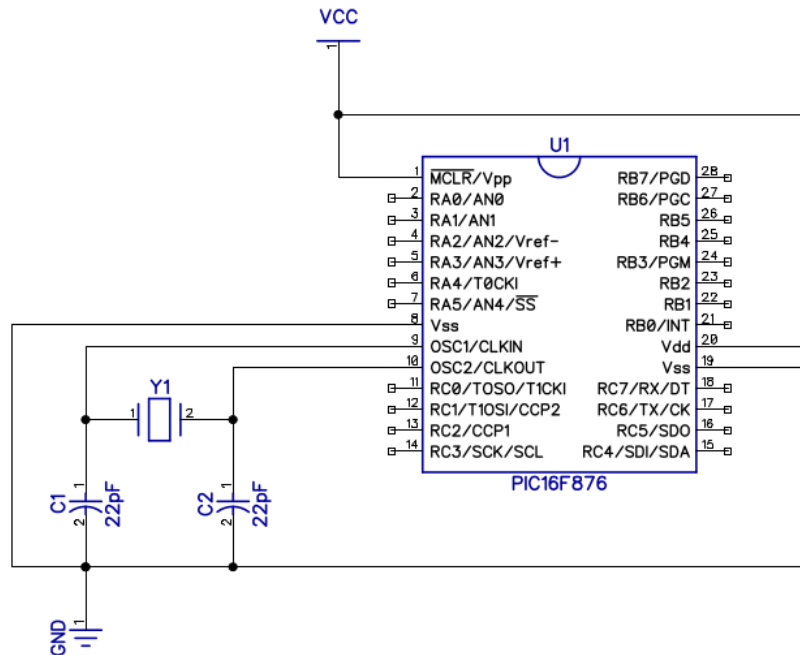


Figura 4.1: Esquema básico para el funcionamiento del microcontrolador.

Como se puede ver, se han añadido dos condensadores entre los extremos del oscilador y masa. Esto es necesario para su correcto funcionamiento, tal y como se indica en el datasheet del microcontrolador (figura 4.2). También cabe destacar que \overline{MCLR} se activa a nivel bajo, por lo que se conectará a alimentación para evitar que el microcontrolador se reinicie.

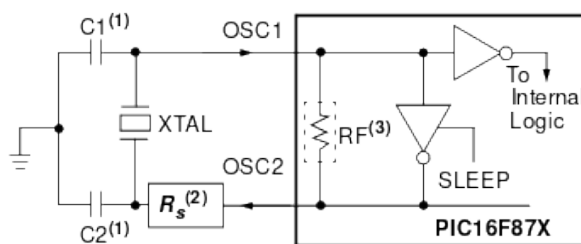


Figura 4.2: Conexión del oscilador.

4.3. Conexión de los displays

Las conexiones con los displays se harán a través de las puertas RA y RB.

La selección de los displays se llevará a cabo mediante 6 líneas, por lo que la puerta RA es perfecta para este fin.

Como en este trabajo no se utilizarán decodificadores BCD a 7 segmentos, serán necesarias 8 líneas para enviar a los displays la información que deben mostrar. Tanto la puerta RB como la RC tienen las patillas necesarias, pero al estar la USART incluida en la puerta RC dejaremos esta para la conexión del módulo Bluetooth, y utilizaremos la puerta RB para enviar la información a los displays.

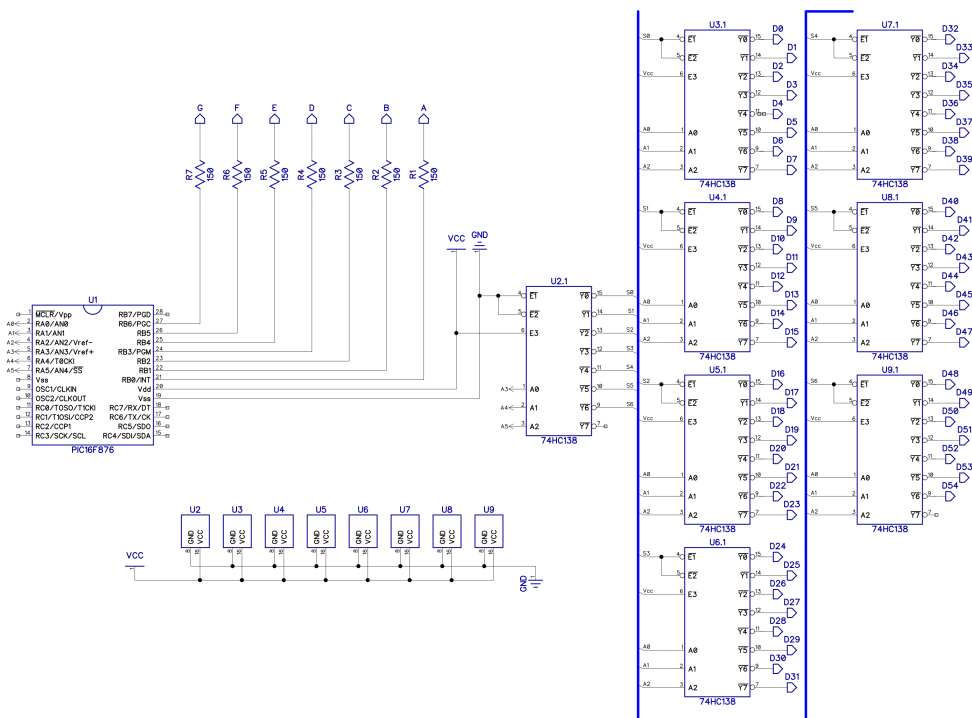


Figura 4.3: Esquema de conexiones de los displays en la placa principal.

En la placa principal estarán todos los elementos necesarios para hacer funcionar los displays. Por un lado encontramos un gestor de direccionamiento formado por demultiplexores 74HC138, cuyas salidas se conectarán directamente al común de cada display, tal como se ve en la figura 4.4. Por otro lado encontramos las salidas A, B, C, D, E, F y G, precedidas por resistencias limitadoras de corriente para asegurar el correcto funcionamiento de los displays. Estas salidas serán comunes para todos los displays, y se conectarán a sus patillas homónimas.

CAPÍTULO 4. CIRCUITO GENERAL

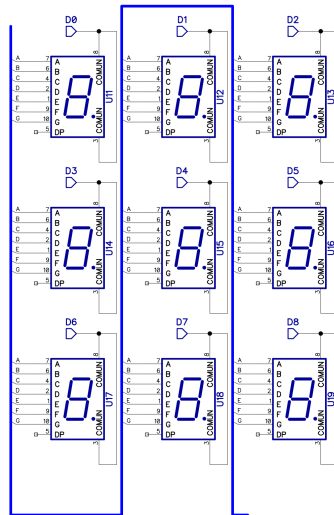


Figura 4.4: Esquema de conexiones de los displays en una de las caras.

La figura 4.4 representa las conexiones de la primera cara del cubo, aunque será extrapolable a cualquier cara cambiando las entradas D0 a D8 por las correspondientes en cada caso.

4.4. Conexión del módulo Bluetooth

Para establecer la comunicación con el módulo Bluetooth se deberá usar la USART disponible en la puerta RC del microcontrolador. Este módulo se encuentra en las patillas 17 (transmisión de datos) y 18 (recepción).

Además, el módulo Bluetooth se deberá conectar a alimentación y masa.

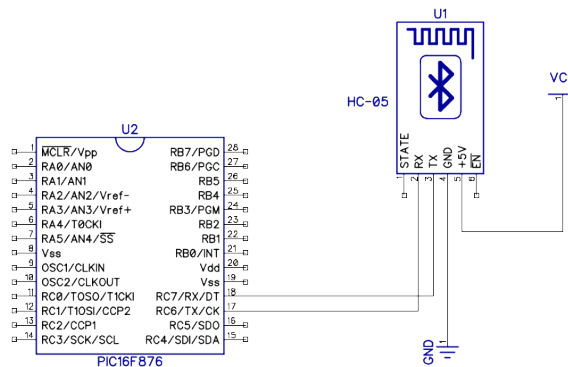


Figura 4.5: Esquema de conexiones del módulo Bluetooth al microcontrolador.

4.5. Circuito general

Una vez obtenidos los circuitos principales, figuras 4.1, 4.3 y 4.5, se pasará a unirlos en uno solo y desarrollar el circuito general.

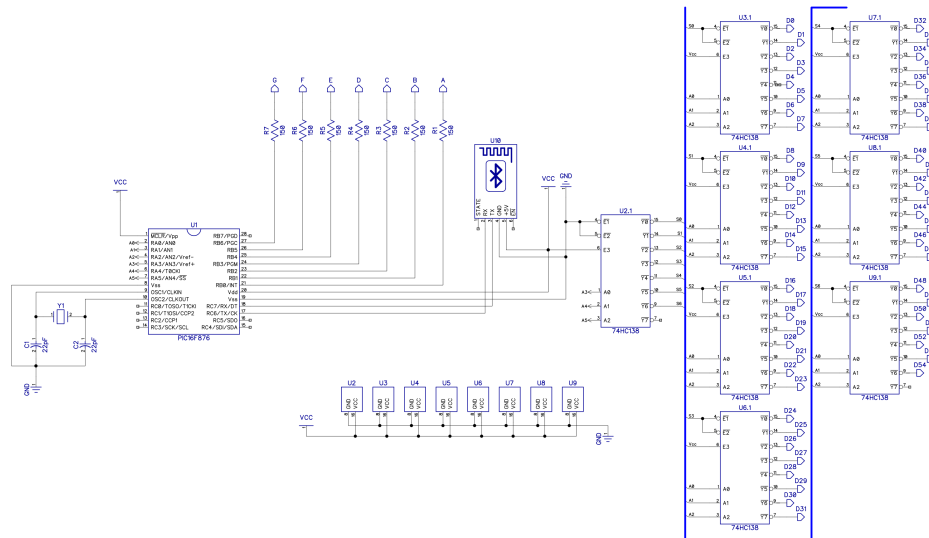


Figura 4.6: Circuito general.

4.6. Diseño de PCB

Una vez desarrollado el circuito general, se procederá a diseñar las placas de circuito impreso. Para este trabajo, se diseñarán dos tipos de placas diferentes:

- Caras del cubo
- Placa principal

La primera de ellas, como su nombre indica, se utilizará para representar las caras del cubo. En ella se colocarán los displays, utilizando el esquema de la figura 4.4, y tendrá las conexiones necesarias para acoplarse junto a las demás caras en forma de cubo.

En la segunda, se colocarán el resto de elementos, siendo esta la PCB que servirá para manejar la información y controlar las PCB que servirán de caras. Su realización se llevará a cabo siguiendo el esquema de la figura 4.6.

Esta PCB se situará en el interior del cubo, y será invisible para la persona que lo esté manipulando.

4.6.1. Diseño de las caras del cubo

El diseño de las placas de circuito impreso que servirán de caras del cubo es relativamente sencillo. En estas placas tan solo se colocarán los displays, y bastará con ser cuidadoso para que queden bien ordenados, y escoger un tamaño de placa suficiente para que al montarlas en forma de cubo, la placa principal pueda ser cubierta por estas sin problema.

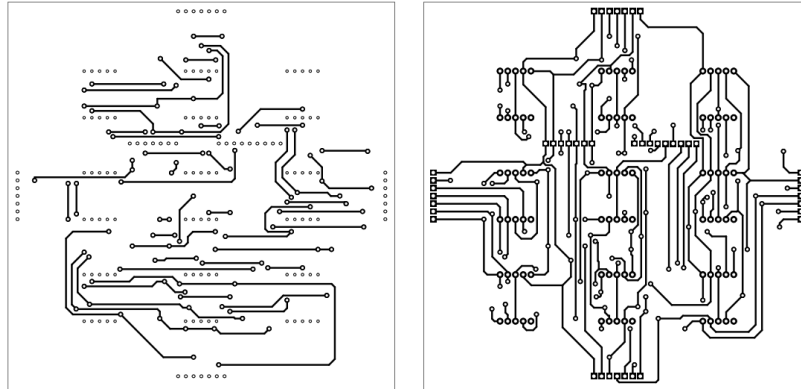


Figura 4.7: PCB de las caras del cubo.

4.6.2. Diseño de PCB principal

En la placa principal se colocarán el resto de elementos detallados en el circuito general. Desde esta placa se enviarán las señales necesarias para el correcto funcionamiento de las PCB que forman las caras.

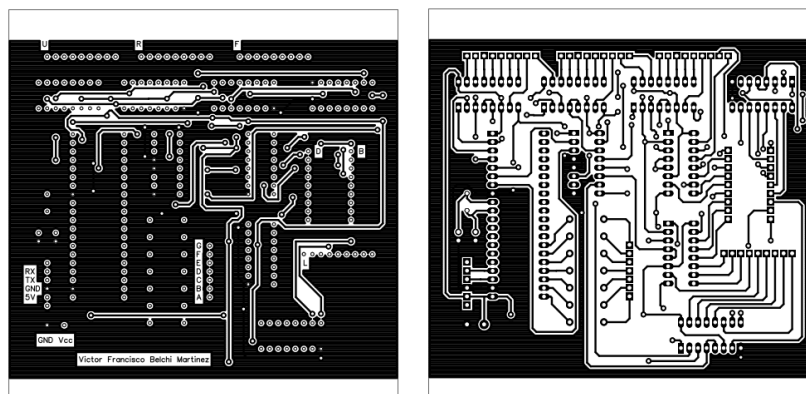


Figura 4.8: PCB principal.

Diseño del software

5.1. Inicialización del microcontrolador

Para facilitar la programación, se incluirá en el código el archivo `p16f876.inc`, gracias al cual se podrán utilizar los registros de propósito específico sin tener que definirlos uno a uno, además también se podrán usar los nombres de cada bit en lugar de indicar su posición en el registro.

La directiva `list` le indica al compilador el procesador que se va a utilizar, consiguiendo que el código compilado se ajuste perfectamente a las características del microcontrolador.

Mediante `__CONFIG 3F39` se configura el microcontrolador de la siguiente forma:

- XT oscillator
- WDT disabled
- PWRT disabled
- Code protection off
- BOR disabled
- RB3 is digital I/O, HV on MCLR must be used for programming
- Unprotected program memory may be written to by EECON control

El resto de código servirá para definir, mediante la directiva `EQU`, las variables que se utilizarán durante la ejecución del programa.

```
1 #include "p16f876a.inc"
2     list           p=16F876a
3
4     __CONFIG 3F39
5
6     ; Declaración de variables
7 VALUE     EQU 0x20
8 ADDR      EQU 0x21
9 AUX       EQU 0x22
10
11 ADDR1     EQU 0x23
12 ADDR2     EQU 0x24
13 ADDR3     EQU 0x25
14 ADDR4     EQU 0x26
15 VALUE1    EQU 0x27
16 VALUE2    EQU 0x28
17 VALUE3    EQU 0x29
18 VALUE4    EQU 0x2A
19 AUX2      EQU 0x2B
20
21 BUSCAR1   EQU 0x2C
22 BUSCAR2   EQU 0x2D
23 BUSCAR3   EQU 0x30
24 NUM1      EQU 0x2E
25 NUM2      EQU 0x2F
26 NUM3      EQU 0x31
27
28 AUX3      EQU 0x32
29 AUX_INT   EQU 0x33
```

5.2. Configuración de los registros

5.2.1. Configuración de la puerta A

La puerta A es una puerta bidireccional de 6 bits, cuya dirección depende del registro TRISA. Estableciendo un bit de TRISA a 1 hará que el pin correspondiente de PORTA sea una entrada, ponerlo a 0 hará que sea una salida.

Algunos pines de PORTA se multiplexan con entradas analógicas. El tipo de operación de estos pines se podrá seleccionar mediante el registro ADCON1.

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Fh	ADCON1	ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'.
Shaded cells are not used by PORTA.

Figura 5.1: Registros asociados a la puerta A.

Para este trabajo la puerta A se utilizará exclusivamente como salida, por lo tanto, bastará con establecer todos los bits de TRISA a 0. El registro ADCON1 tan solo se utiliza cuando PORTA se utiliza como entrada, por lo que podemos obviar su valor.

5.2.2. Configuración de la puerta B

La puerta B es una puerta bidireccional de 8 bits, cuya dirección depende del registro TRISB. Estableciendo un bit de TRISB a 1 hará que el pin correspondiente de PORTB sea una entrada, ponerlo a 0 hará que sea una salida.

Cada pin de PORTB tiene una resistencia pull-up interna controlada mediante el registro OPTION_REG. Al configurar PORTB como salida, las resistencias de pull-up se deshabilitan automáticamente.

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
06h, 106h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	xxxx xxxx	uuuu uuuu
86h, 186h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	1111 1111
81h, 181h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	1111 1111

Legend: x = unknown, u = unchanged. Shaded cells are not used by PORTB.

Figura 5.2: Registros asociados a la puerta B.

Para este trabajo la puerta B se utilizará exclusivamente como salida, por lo tanto, bastará con configurar todos los bits de TRISB a 0.

5.2.3. Configuración del módulo USART

El módulo USART permitirá la conexión con el módulo Bluetooth. Para configurarlo correctamente se deberán conocer los registros asociados a este módulo.

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SOFTWARE

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
98h	TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	—	BRGH	TRMT	TX9D	0000 -010	0000 -010
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	0000 000x
99h	SPBRG	Baud Rate Generator Register								0000 0000	0000 0000

Legend: x = unknown, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the BRG.

Figura 5.3: Registros asociados al módulo USART.

Puede ser configurado como un sistema *full duplex* asíncrono, o como sistema *half duplex* síncrono, tanto maestro como esclavo.

Registro TXSTA: Registro de control y estado de transmisión.

- CSRC: Bit de selección de la fuente del reloj (solo en modo síncrono)
 - 1 = Generada internamente a partir de BRG
 - 0 = Fuente externa
- TX9: Bit de habilitación de la transmisión de 9 bits
 - 1 = Transmisión de 9 bits
 - 0 = Transmisión de 8 bits
- TXEN: Habilitación de transmisión
 - 1 = Habilitada
 - 0 = Deshabilitada
- SYNC: Selección del modo
 - 1 = Modo maestro
 - 0 = Modo esclavo
- BRGH: Selección de la velocidad de transmisión (solo para modo asíncrono)
 - 1 = Alta velocidad
 - 0 = Baja velocidad
- TRMT: Estado del registro de transmisión
 - 1 = Registro vacío
 - 0 = Registro lleno
- TX9D: Bit 9 de la información a transmitir

Registro RCSTA: Registro de control y estado de la recepción

- SPEN: Bit de habilitación del puerto serie
 - 1 = Habilitado
 - 0 = Deshabilitado
- RX9: Bit de habilitación del bit 9
 - 1 = Selecciona recepción de 9 bits
 - 0 = Selecciona recepción de 8 bits
- SREN: Habilidad de solo recepción (válido solo para modo maestro)
 - 1 = Habilitada
 - 0 = Deshabilitada
- CREN: Habilidad del modo de recepción continua
 - 1 = Habilitada
 - 0 = Deshabilitada
- ADDEN: Habilidad de detección de dirección (solo para modo asíncrono con RX9 = 1)
 - 1 = Habilita la detección, habilita interrupciones y carga del buffer de recepción cuando se establece RSR<8>
 - 0 = Deshabilita la detección, todos los bytes son recibidos, y el último bit puede ser utilizado como bit de paridad
- FERR: Bit de error de encuadre
 - 1 = Error de encuadre
 - 0 = No hay error de encuadre
- OERR: Bit de error de desbordamiento
 - 1 = Error de desbordamiento
 - 0 = No hay error de desbordamiento
- RX9D: Datos recibidos por el bit 9

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SOFTWARE

SYNC	BRGH = 0 (Low Speed)	BRGH = 1 (High Speed)
0	(Asynchronous) Baud Rate = $F_{OSC}/(64(X+1))$	Baud Rate = $F_{OSC}/(16(X+1))$
1	(Synchronous) Baud Rate = $F_{OSC}/(4(X+1))$	N/A

X = value in SPBRG (0 to 255)

Figura 5.4: Fórmulas para la tasa de baudios.

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	-	-	-	-	-	-	2.441	1.71	255
9.6	9.615	0.16	129	9.615	0.16	103	9.615	0.16	64
19.2	19.231	0.16	64	19.231	0.16	51	19.531	1.72	31
28.8	29.070	0.94	42	29.412	2.13	33	28.409	1.36	21
33.6	33.784	0.55	36	33.333	0.79	29	32.895	2.10	18
57.6	59.524	3.34	20	58.824	2.13	16	56.818	1.36	10
HIGH	4.883	-	255	3.906	-	255	2.441	-	255
LOW	1250.000	-	0	1000.000	-	0	625.000	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.6864 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-
1.2	1.202	0.17	207	1.2	0	191
2.4	2.404	0.17	103	2.4	0	95
9.6	9.615	0.16	25	9.6	0	23
19.2	19.231	0.16	12	19.2	0	11
28.8	27.798	3.55	8	28.8	0	7
33.6	35.714	6.29	6	32.9	2.04	6
57.6	62.500	8.51	3	57.6	0	3
HIGH	0.977	-	255	0.9	-	255
LOW	250.000	-	0	230.4	-	0

Figura 5.5: Tablas para el cálculo de SPBRG (modo síncrono).

Registro SPBRG: Generador de tasa de baudios.

Dependiendo de la configuración escogida en los registros anteriores, se deberá utilizar una fórmula matemática u otra para el cálculo del valor de este registro. A partir de las tablas de la figura 5.5, teniendo en cuenta que la frecuencia de oscilación será de 4 MHz y que serán necesarios 9600 baudios, se determina que SPBRG deberá tener un valor de 25.

```

1   BSF     STATUS,RP0 ; Banco 1
2   MOVLW  .25
3   MOVWF  SPBRG
4   MOVLW  0x24
5   MOVWF  TXSTA
6   CLRF   TRISB

```

```

7      BCF      STATUS,RP0    ; Banco 0
8      MOVLW   0x90
9      MOVWF   RCSTA

```

5.3. Visualización de las caras

Para la visualización del cubo, se utilizará la función `MostrarCubo`, mediante la cual se leerán los valores almacenados en la memoria EEPROM, desde el 0x00 hasta el 0x36. Para ello se apoyará de las funciones `LeerEEPROM` y `ColoresCubo`, las cuales servirán para leer los datos almacenados en cada posición de la memoria EEPROM, y convertirlos a datos utilizables por los displays, respectivamente.

```

1  MostrarCubo
2      MOVLW   .0            ; Empieza a leer la EEPROM
3      MOVWF   ADDR         ; desde 0x00
4      CALL   LeerEEPROM
5      MOVWF   VALUE
6      CLRF   PORTB        ; Antes cambiar de display apaga puerta B
7      MOVF   ADDR,0
8      MOVWF  PORTA        ; Cambia al siguiente display
9      MOVF   VALUE,0
10     CALL   ColoresCubo
11     MOVWF  PORTB        ; Carga valor en display
12     INCF   ADDR,1
13     MOVLW  0x36         ; Mientras no llegue a 0x36
14     SUBWF  ADDR,0       ; sigue avanzando por la EEPROM
15     BTFSS  STATUS,Z
16     GOTO   $-.12
17     RETURN

```

5.4. Lectura y escritura de la memoria EEPROM

Las funciones de lectura y escritura de la memoria EEPROM están disponibles en el datasheet del microcontrolador, tan solo ha sido necesario añadir una

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SOFTWARE

comprobación de finalización de escritura en la función `EscribirEEPROM` para evitar errores.

```
1 LeerEEPROM ; Lee ADDR
2     MOVF    ADDR, W
3     BSF     STATUS, RP1
4     BCF     STATUS, RP0
5     MOVWF   EEADR
6     BSF     STATUS, RP0
7     BCF     EECON1, EEPGD
8     BSF     EECON1, RD
9     BCF     STATUS, RP0
10    MOVF    EEDATA, W
11    BCF     STATUS, RP1
12    RETURN
13
14 EscribirEEPROM ; Escribe VALUE en ADDR
15    BSF     STATUS, RP1
16    BSF     STATUS, RP0
17    BTFSC   EECON1, WR
18    GOTO    $-1
19    BCF     STATUS, RP0
20    BCF     STATUS, RP1
21    MOVF    ADDR, W
22    BSF     STATUS, RP1
23    MOVWF   EEADR
24    BCF     STATUS, RP1
25    MOVF    VALUE, W
26    BSF     STATUS, RP1
27    MOVWF   EEDATA
28    BSF     STATUS, RP0
29    BCF     EECON1, EEPGD
30    BSF     EECON1, WREN
31    BCF     INTCON, GIE
32    MOVLW   0x55
33    MOVWF   EECON2
34    MOVLW   0xAA
35    MOVWF   EECON2
36    BSF     EECON1, WR
37    BSF     INTCON, GIE
38    BCF     EECON1, WREN
39    BCF     EECON1, WR
```



```

40     BCF     STATUS, RP0
41     BCF     STATUS, RP1
42
43     BSF     STATUS, RP1     ; Comprueba que ha dejado
44     BSF     STATUS, RP0     ; de escribir en la memoria
45     BTFSC   EECON1, WR     ; EEPROM
46     GOTO    $-1
47     BCF     STATUS, RP0
48     BCF     STATUS, RP1
49     RETURN

```

5.5. Comunicación Bluetooth

La comunicación con el módulo Bluetooth se realiza dentro de la función principal, ya que debe comprobarse constantemente la llegada de información.

Tras la recepción de datos, se guardarán en AUX y se pasará a comprobar si coinciden con los movimientos preestablecidos. Si no coincidiese con ninguno, volverá a Main y esperará datos nuevos.

```

1     BTFSS   PIR1, RCIF     ; Comprueba si hay datos en la USART
2     GOTO    Main
3     MOVF   RCREG, W        ; Si llega información la guarda en AUX y
4     MOVWF  AUX             ; comprueba que es
5     MOVLW b'01010101'     ; U
6     XORWF  AUX, 0
7     BTFSC  STATUS, Z
8     CALL   MovimientoU
9     MOVLW b'01110101'     ; u
10    XORWF  AUX, 0
11    BTFSC  STATUS, Z
12    CALL   MovimientoUi
13    MOVLW b'01010010'     ; R
14    XORWF  AUX, 0
15    BTFSC  STATUS, Z
16    CALL   MovimientoR
17    MOVLW b'01110010'     ; r
18    XORWF  AUX, 0
19    BTFSC  STATUS, Z

```

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SOFTWARE

```
20     CALL    MovimientoRi
21     MOVLW  b'01000110'      ; F
22     XORWF  AUX,0
23     BTFSC  STATUS,Z
24     CALL    MovimientoF
25     MOVLW  b'01100110'      ; f
26     XORWF  AUX,0
27     BTFSC  STATUS,Z
28     CALL    MovimientoFi
29     MOVLW  b'01000100'      ; D
30     XORWF  AUX,0
31     BTFSC  STATUS,Z
32     CALL    MovimientoD
33     MOVLW  b'01100100'      ; d
34     XORWF  AUX,0
35     BTFSC  STATUS,Z
36     CALL    MovimientoDi
37     MOVLW  b'01001100'      ; L
38     XORWF  AUX,0
39     BTFSC  STATUS,Z
40     CALL    MovimientoL
41     MOVLW  b'01101100'      ; l
42     XORWF  AUX,0
43     BTFSC  STATUS,Z
44     CALL    MovimientoLi
45     MOVLW  b'01000010'      ; B
46     XORWF  AUX,0
47     BTFSC  STATUS,Z
48     CALL    MovimientoB
49     MOVLW  b'01100010'      ; b
50     XORWF  AUX,0
51     BTFSC  STATUS,Z
52     CALL    MovimientoBi
53     MOVLW  0x61              ; a
54     XORWF  AUX,0
55     BTFSC  STATUS,Z
56     CALL    ResolverCubo
57     GOTO   Main              ; Si el dato es diferente vuelve a Main
```

5.6. Resolución automática

El algoritmo de resolución desarrollado se basa en el método de principiantes presentado en la sección 1.2.2; combinando las fases que en ella aparecen se han creado las siguientes funciones:

- `Cruz`. Encargada de realizar la cruz de la cara superior del cubo
- `Esquinas`. Con esta función se completará la cara superior
- `CapaIntermedia`. Se colocarán las aristas de la capa intermedia del cubo
- `CruzAbajo`. Realizará la cruz en la cara inferior
- `EsquinasAbajo`. Colocará las últimas esquinas del cubo, quedando este completamente resuelto

Todas estas funciones se ejecutan de una forma similar: empezando desde una pieza del cubo, se comprueba si esta está en su posición correcta, si no lo está se comprobará si es posible que esté girada, y finalmente, si no se encuentra en esa posición, se analizarán del mismo modo el resto de piezas hasta dar con la pieza deseada. Tras su localización, se procederá a su posicionamiento mediante combinaciones de movimientos previamente definidos para cada caso.

La búsqueda de esquinas y aristas se llevará a cabo mediante las funciones `BuscarEsquina` y `BuscarArista`, las cuales advertirán si la esquina o arista está en esa posición o no, indicando en caso afirmativo si su posición es correcta o está girada.

El funcionamiento de `BuscarArista` se resume en el esquema 5.6, donde $N1$ y $N2$ son los números que se muestran en la arista que se está analizando, y $B1$ y $B2$ son los números que queremos encontrar. De esta forma, se podrán dar los siguientes casos:

- $N1 = B1$ y $N2 = B2$: Los números que se analizan y los que se buscan son idénticos, y además se encuentran en la posición correcta
- $N1 = B2$ y $N2 = B1$: En este caso los números también son los mismos, pero la arista se encuentra girada
- Otra combinación: Cualquier otra combinación implicaría que al menos uno no es el número que buscamos, por lo que estamos ante una arista incorrecta

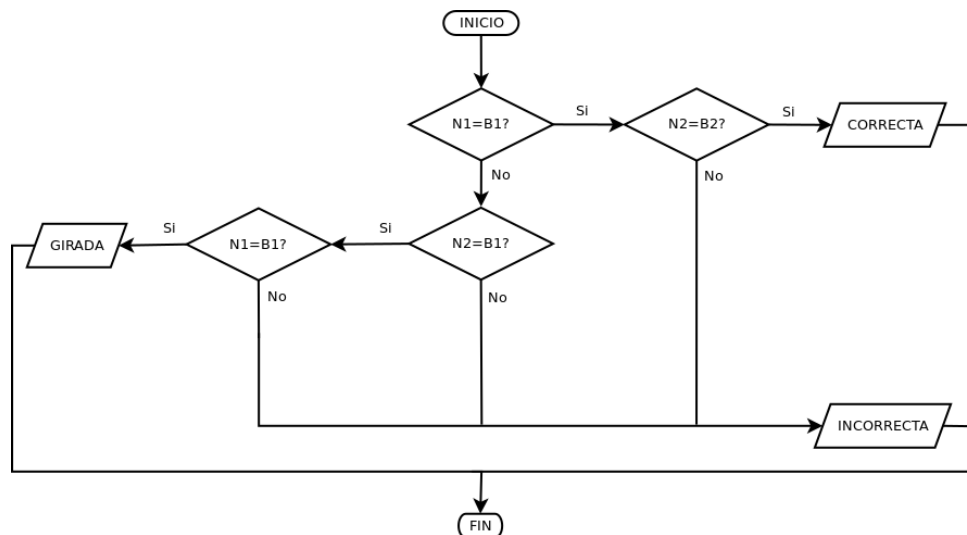


Figura 5.6: Esquema de funcionamiento de la función BuscarArista.

BuscarEsquina sigue un esquema similar, añadiendo $N3$ y $B3$, lo que lleva a un algoritmo un poco más extenso.

5.7. Resumen del funcionamiento

El funcionamiento es bastante sencillo, tras iniciar todos los registros de configuración, el PIC comenzará a mostrar por los displays los números que tiene almacenados en la memoria EEPROM, mientras realiza esto, comprobará si le han llegado datos por el módulo USART. La información recibida será contrastada con los nombres de los movimientos que se han predefinido; estos movimientos están basados en la notación Singmaster [21]:

- U: Rotar la cara superior (up)
- F: Rotar la cara frontal (front)
- R: Rotar la cara derecha (right)
- L: Rotar la cara izquierda (left)
- D: Rotar la cara inferior (down)
- B: Rotar la cara trasera (back)

En la notación Singmaster el sentido del movimiento viene definido por la presencia o la ausencia de ' tras la letra, indicando en caso de estar que el movimiento es en sentido antihorario, y horario si no. Para este trabajo, y por

CAPÍTULO 5. DISEÑO DEL SOFTWARE

no complicar la comunicación añadiendo más caracteres, se diferenciarán los movimientos mediante mayúsculas y minúsculas. De esta forma, las mayúsculas corresponderán con los movimientos en sentido horario, y las minúsculas con los movimientos en sentido antihorario.

También será posible recibir la letra A, mediante la cual se llamará a la función de autoresolución desarrollada en la sección 5.6

Implementación del software

En este capítulo se explicarán los programas informáticos utilizados para el desarrollo del software, así como su implementación en el microcontrolador.

6.1. MPLAB

MPLAB es un software distribuido por Microchip que proporciona un entorno para desarrollar código para sus microcontroladores integrados.

Ofrece una serie de características para mejorar la experiencia de depuración durante la fase de diseño de su proyecto. Está basado en el IDE NetBeans de código abierto de Oracle, y se encuentra disponible para Windows, MAC y Linux.

6.1.1. Pasos seguidos para la realización del proyecto

Tras abrir MPLAB se ha creado un proyecto nuevo, indicando el tipo de microcontrolador que se utilizará, herramientas, el compilador, y el nombre del proyecto. En nuestro caso se han configurado los siguientes parámetros:

- Microcontrolador: PIC16F876
- Herramientas: Simulador
- Compilador: Mpsasm

Una vez creado el proyecto se han escrito las funciones y se han simulado una a una para detectar más fácilmente los errores.

CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

La simulación se ha llevado a cabo mediante la herramienta de debug, que permite avanzar instrucción a instrucción o incluso saltar a cualquier punto del programa para comprobar si se ejecuta como se esperaba.



Figura 6.1: Herramientas de Debug.

Al ser un programa largo, ha sido conveniente separar las funciones en diferentes archivos y dejar el archivo principal más organizado.

La memoria del microcontrolador se encuentra dividida en varias páginas, por lo que una vez alcanzado el número máximo de instrucciones se debe indicar mediante la directiva `CODE` la dirección de memoria en la que se guardarán las siguientes. Esto complica la llamada a funciones y los saltos de línea, puesto que si no se encuentran en la misma página el programa saltará a la línea correspondiente pero de una página incorrecta. Para evitar este problema se han utilizado las instrucciones `PAGESEL`, `LGOTO` y `LCALL`.

- `PAGESEL`. Esta instrucción se ha utilizado como una ayuda a `ADDWF`, `PCL`, que por sí sola no es capaz de saltar entre páginas
- `LGOTO` y `LCALL`. Seleccionan la página en la que se encuentra la línea de código a la que se desea saltar y después realizan el salto

6.2. Usbpicprog

Usbpicprog es un programador de código abierto para procesadores PIC mediante el puerto USB.

El diseño del hardware, el software y el firmware están disponibles de forma gratuita para su descarga.

6.2.1. Pasos seguidos para la realización del proyecto

Una vez abierto Usbpicprog nos dirigimos al menú superior y oprimimos “Autodetectar”; automáticamente, el programa detectará el tipo de PIC que hemos conectado (esto también servirá para comprobar que la conexión es correcta).

CAPÍTULO 6. IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Cargamos el archivo .hex generado en MPLAB y comprobamos que los bits de configuración son los deseados. Una vez hecho esto, solamente hace falta pulsar en “Programar” y el programa comenzará a grabar el microcontrolador.

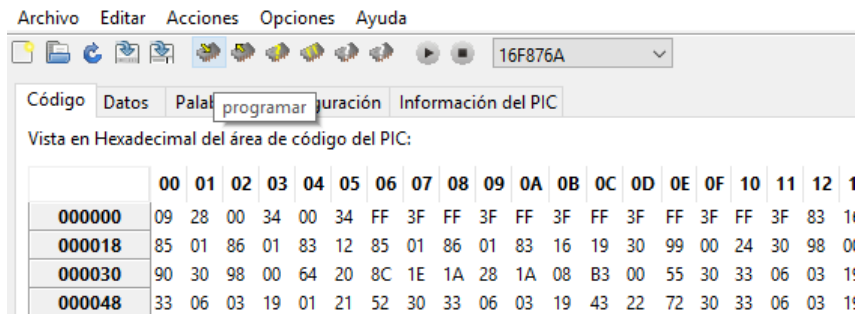


Figura 6.2: Ventana principal del programa Usbpicprog.

Resultados del trabajo

7.1. Dificultades encontradas

Durante el desarrollo de este trabajo se han presentado ciertas dificultades, tanto en la fase de diseño como en la posterior fabricación y montaje.

En cuanto al diseño, la mayor problemática ha surgido al desarrollar el software de control. El primer problema que se tuvo que afrontar fue debido a la paginación de memoria. Se hace necesario indicar mediante la directiva `CODE` las diferentes partes del código para que el compilador las separe correctamente.

El siguiente problema surgió a partir de la solución al problema anterior; como el código quedó separado en diferentes páginas, antes de realizar una instrucción de salto se debe modificar el registro `PCLATH` para que el contador de programa apunte al lugar correcto. Esto se puede lograr sustituyendo las instrucciones `GOTO` y `CALL` por `LGOTO` y `LCALL`, respectivamente, y añadir `PAGESEL $` en las rutinas que añaden un literal al contador de programa, como la rutina `ColoresCubo`.

Otro problema en el diseño software vino al tomar una tabla incorrecta a la hora de tomar el valor del registro `SPBRG` para establecer la velocidad de comunicación con el módulo Bluetooth (tabla 5.5).

En el diseño hardware se cometieron varios errores al diseñar el circuito principal, el primero de ellos fue colocar en la PCB un patrón con 40 patillas en lugar de las 28 necesarias para la conexión del microcontrolador. La solución fue soldar tiras de pines y un zócalo del tamaño adecuado en una placa perforada, a modo de adaptador.

No se tuvo en cuenta que la salida de la patilla RA4 del microcontrolador es

CAPÍTULO 7. RESULTADOS DEL TRABAJO

del tipo *open drain*, lo que resultó en fallo durante la selección de los displays, haciendo que algunos no se seleccionasen y que otros lo hiciesen varias veces dentro del mismo barrido, mezclando los números que aparecían en ellos. Este problema se pudo solucionar fácilmente añadiendo una resistencia de pull-up con un valor de $4,7\text{ k}\Omega$ en la patilla RA4 [22].

7.2. Funcionamiento

El funcionamiento del cubo es el esperado, al encenderlo por primera vez aparecerá cada número en su lugar correspondiente, tal y como se ve en la figura 7.1.

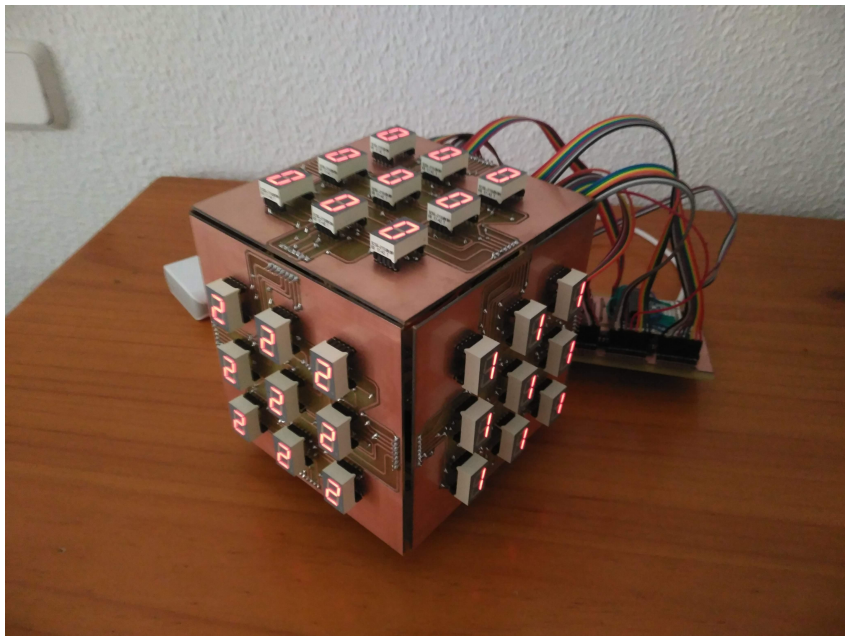


Figura 7.1: Foto del prototipo en estado inicial.

El envío de comandos para comprobar el funcionamiento se ha llevado a cabo mediante la aplicación BlueTerm, aunque cualquier aplicación similar servirá perfectamente. En ella, cuando nos conectemos aparecerá el nombre del módulo Bluetooth y un teclado mediante el cual podremos enviar los comandos.

Tras enviar varios comandos, el cubo quedará desordenado, un ejemplo de esto se puede ver en la figura 7.3. Si se corta la alimentación en cualquier momento, como el estado del cubo está almacenado en la memoria EEPROM, este queda intacto.

CAPÍTULO 7. RESULTADOS DEL TRABAJO

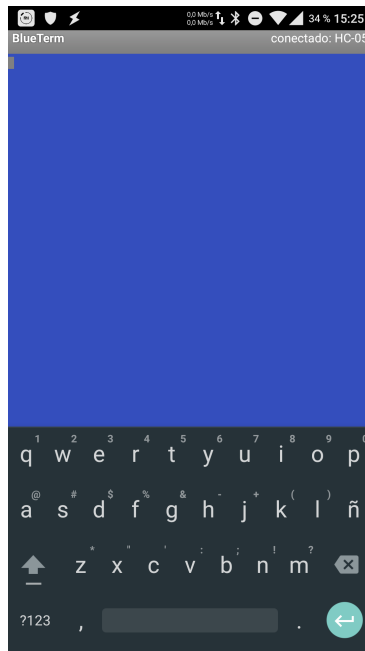


Figura 7.2: Interfaz de la aplicación BlueTerm.

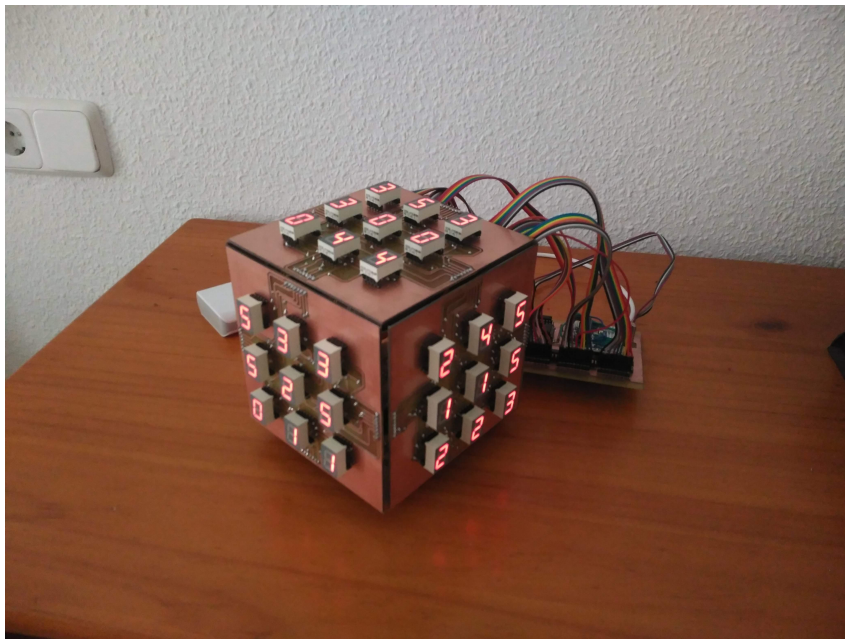
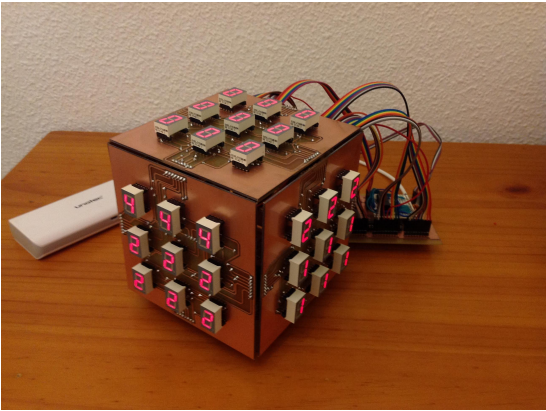


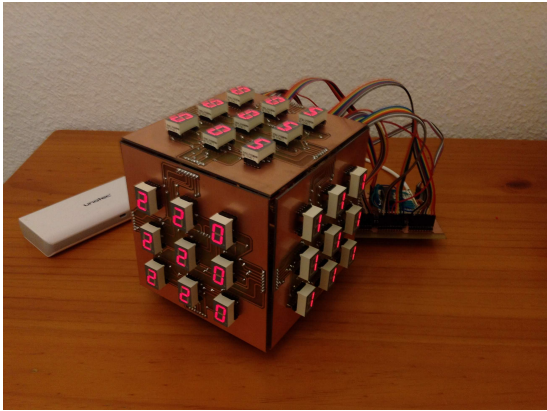
Figura 7.3: Foto del prototipo tras ejecutar algunos movimientos.

En la figura 7.4 se puede ver como cambia el cubo tras mover cada una de las caras en sentido antihorario, enviar los mismos comandos con letras mayúsculas tendrá como resultado los mismos giros pero en sentido contrario.

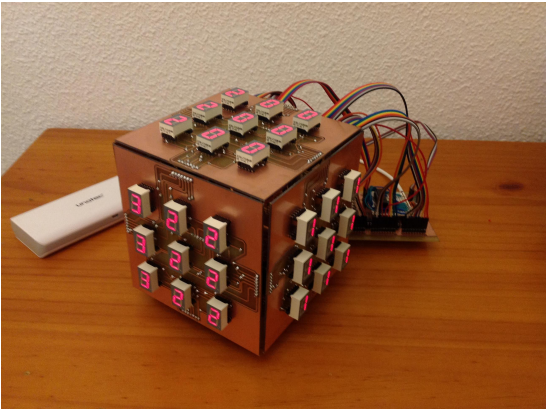
CAPÍTULO 7. RESULTADOS DEL TRABAJO



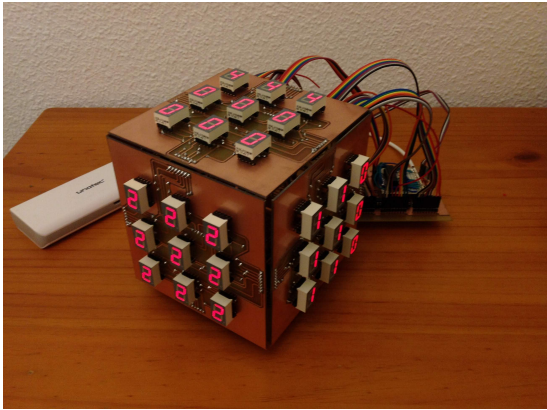
(a) Tras enviar comando u



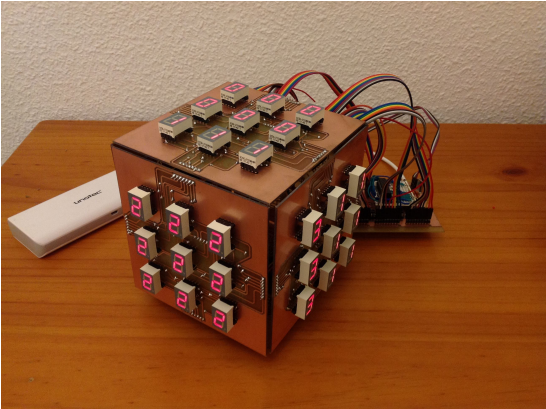
(b) Tras enviar comando r



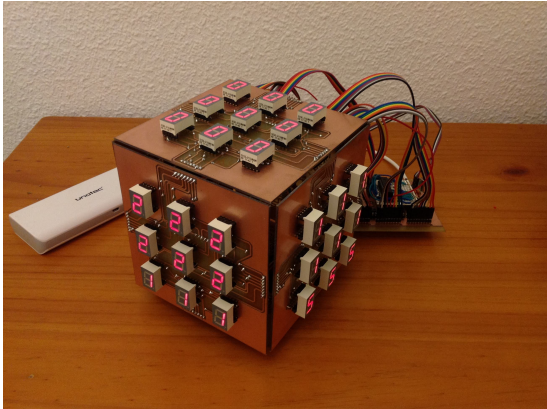
(c) Tras enviar comando l



(d) Tras enviar comando b



(e) Tras enviar comando f



(f) Tras enviar comando d

Figura 7.4: Prototipo del cubo tras aplicar movimientos

Conclusiones

Después de desarrollar este Trabajo Fin de Grado Específico, hemos podido recopilar un conjunto de conclusiones que nos proporcionan una visión más allá del propio cubo de Rubik. En el fondo, el modelo siempre ha sido una excusa para desarrollar un proceso de gestión y control de periféricos mediante un microcontrolador de bajo coste, fácil programación, y bastante eficiente energéticamente.

Comentemos una parte importante dentro del Trabajo que puede pasar desapercibida, nos referimos al estudio de la Algoritmia. Dentro de los Sistemas de Control se suelen utilizar ciertos criterios para la gestión de las entradas y las salidas. Aunque a esto se le conoce en términos informáticos como “prioridad”, realmente sólo se trata de decidir quién y cuándo actúa en cada momento.

Para nuestro trabajo, a falta de disponer de sensores y actuadores reales, se optó por los displays, al fin, y al cabo siguen siendo unos periféricos controlables. Todo esto nos ha llevado a comprobar que no es necesario un “supermicrocontrolador” (tipo ATMEL, ARM, o RaspBerry PI), tampoco un microprocesador, pues el uso de los anteriores genera una complicación importante en el desarrollo de la conectividad, consumo energético y programación.

En el trabajo hemos demostrado que se puede llegar a implementar un control eficiente para un número nada despreciable de periféricos (concretamente 54). Se ha integrado la conexión inalámbrica mediante Bluetooth, que permite que cualquier dispositivo que disponga de esta norma de conexión, pueda controlar, en nuestro caso, el cubo.

Al haber implementado, un algoritmo de resolución automática en el microcontrolador, nos proporciona la posibilidad de modificar el algoritmo en función de las necesidades de la aplicación donde se instale el sistema. Basta con modificar

CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES

una parte del código, y nos proporcionará un acceso a cada periférico en función de los requerimientos del Sistema de Control.

Se ha aprendido mucho sobre la implementación física de los circuitos, esto incluye la fabricación de las placas, soldado, comprobación del funcionamiento de pistas, etc. Respecto a la parte del software hemos podido constatar que, para según que aplicaciones no es necesario usar lenguajes de alto nivel (tipo C o Java), basta con programar en ensamblador. De esta manera conseguimos optimizar los procesos de comunicación, reduciendo los tiempos de respuesta de los periféricos.

En resumen, ha sido un trabajo muy productivo desde el punto de vista de afianzar los conocimientos que se imparten en la titulación. Juntamos el diseño de circuitos, con el control de sistemas, y su aplicación a los microcontroladores. Añadiendo materias adicionales como el tratamiento de las comunicaciones y el análisis de la Investigación Operativa para la resolución de problemas de control.

Vías futuras

A tenor de lo comentado en las conclusiones, es bastante sencillo deducir cuales pueden ser las vías futuras de este desarrollo, exponemos las más evidentes y cercanas:

- Aplicar el concepto de la gestión de periféricos a los nuevos tipos de sensores que se imponen en la transición a la IoT (Internet of Things).
- Implica utilizar microcontroladores más potentes para optimizar la conectividad con los sensores, y poder aplicar nuevos algoritmos de ordenación de los turnos de intervención de los periféricos.
- Realizar un estudio de “consumo energético”, que tienda a la baja, para poder mantener los sensores con baterías, placas solares, etc. . .
- Producir un conjunto de bibliotecas software que implementen los distintos algoritmos de ordenación (o prioridad de actuación), que sean fácilmente incorporables al código existente.
- Realizar todo lo anterior con microcontroladores que permitan múltiples salidas analógicas, para no limitar todo el proceso a valores digitales.
- Estudiar el proceso de migración de la aplicación a tecnologías de comunicación diferentes a Bluetooth, véase conexión fija a Internet o mediante WIFI, en función de las posibilidades de los sensores.

Bibliografía

- [1] Una asignatura online de historia de los algoritmos. http://oa.upm.es/22377/1/INVE_MEM_2012_152260.pdf.
- [2] Winston W. L. *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos*. Thomson Iberoamericana, 2005.
- [3] Wikipedia. Algoritmo de ordenamiento — wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Algoritmo_de_ordenamiento&oldid=108404251, 2018. [Internet; descargado 3-octubre-2018].
- [4] Wikipedia. Cota superior asintótica — wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cota_superior_asint%C3%B3tica&oldid=110799266, 2018. [Internet; descargado 3-octubre-2018].
- [5] Wikipedia. Optimización (matemática) — wikipedia, la enciclopedia libre. [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Optimizaci%C3%B3n_\(matem%C3%A1tica\)&oldid=108212667](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Optimizaci%C3%B3n_(matem%C3%A1tica)&oldid=108212667), 2018. [Internet; descargado 3-octubre-2018].
- [6] Tinsa. Historia del cubo de rubik, el juguete más vendido del mundo. <https://www.tinsa.es/blog/historia/historia-del-cubo-de-rubik-el-juguete-mas-vendido-del-mundo> 2014.
- [7] Wikipedia. Cubo de Rubik — Wikipedia, La enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cubo_de_Rubik&oldid=108970072, 2018. [Internet; consultado el 6-julio-2018].

BIBLIOGRAFÍA

- [8] <http://www.puzzlesdeingenio.com/wp/wp-content/uploads/Cubo-MoYu-13x13x13.jpg>.
- [9] <https://www.lightake.com/p/ShengShou-Dodecahedron-Megamin62712.html>.
- [10] http://www.skilltoys.by/SHENGSHOU_MASTERMORPHIX.html.
- [11] Carlos Angosto Hernández. Solución sencilla del cubo de rubik. <http://www.rubikaz.com/resolucion.php>.
- [12] Carlos Angosto Hernández. Resolución para expertos. <http://www.rubikaz.com/speed/avanzado.php>.
- [13] Wikipedia. Optimal solutions for rubik's cube — Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Optimal_solutions_for_Rubik%27s_Cube&oldid=840323954, 2018. [Internet; descargado 7-julio-2018].
- [14] Wikipedia. Visualizador de siete segmentos — wikipedia, la enciclopedia libre. https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Visualizador_de_siete_segmentos&oldid=101957697, 2017. [Internet; descargado 11-julio-2018].
- [15] Wikipedia. Demultiplexor — wikipedia, la enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Demultiplexor&oldid=76262733>, 2014. [Internet; descargado 7-octubre-2018].
- [16] Serial port bluetooth module (master/slave) : Hc-05. [https://www.itead.cc/wiki/index.php?title=Serial_Port_Bluetooth_Module_\(Master/Slave\)::_HC-05&oldid=5846](https://www.itead.cc/wiki/index.php?title=Serial_Port_Bluetooth_Module_(Master/Slave)::_HC-05&oldid=5846).
- [17] Comandos at. <http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>.
- [18] Angulo I. Angulo J. M. *Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones*. McGRAW-HILL, Madrid, tercera edition, 2003.
- [19] Wikipedia. Microcontrolador PIC — Wikipedia, the free encyclopedia. <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Microcontrolador%20PIC&oldid=103377098>, 2018. [Online; accessed 29-May-2018].

[20] Angulo J. M. Angulo I. Martín, E. *Microcontroladores PIC. La solución en un CHIP*. Paraninfo, 2000.

[21]

[22] <https://www.forosdeelectronica.com/threads/problema-usando-ra4-del-pic16f84a-como-salida.12211/>.

Anexos

Código del microcontrolador

El código desarrollado está dividido en varios archivos para facilitar la programación y la búsqueda de partes concretas del código que se deseen modificar.

- main.asm
- cubo.inc
- eeprom.inc
- movimientos.inc
- buscar.inc
- cruz.inc
- esquinas.inc
- capaintermedia.inc
- cruzabajo.inc
- esquinasabajo.inc

A.1. Archivo main.asm

```
1 #include "p16f876a.inc"
2     list           p=16F876a
3
4     __CONFIG 3F39
5
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
6      ; Declaración de variables
7  VALUE      EQU 0x20
8  ADDR       EQU 0x21
9  AUX        EQU 0x22
10
11  ADDR1      EQU 0x23
12  ADDR2      EQU 0x24
13  ADDR3      EQU 0x25
14  ADDR4      EQU 0x26
15  VALUE1     EQU 0x27
16  VALUE2     EQU 0x28
17  VALUE3     EQU 0x29
18  VALUE4     EQU 0x2A
19  AUX2       EQU 0x2B
20
21  BUSCAR1    EQU 0x2C
22  BUSCAR2    EQU 0x2D
23  BUSCAR3    EQU 0x30
24  NUM1       EQU 0x2E
25  NUM2       EQU 0x2F
26  NUM3       EQU 0x31
27
28  AUX3       EQU 0x32
29  AUX_INT    EQU 0x33
30  d1         EQU 0x34
31  AUX_M      EQU 0x35
32  AUX_M2     EQU 0x36
33
34  RES_VECT   CODE    0x0000      ; processor reset vector
35      GOTO    START            ; go to beginning of program
36
37  MAIN_PROG  CODE          0x0009      ; let linker place main program
38
39  START
40      ; Configuración inicial
41      ;CLRF    INT              ; Flag interrupción
42
43      BSF     STATUS,RP0        ; Banco 1
44      MOVLW   0x07
45      MOVWF  OPTION_REG        ; TMR0 prescaler 256
46      MOVLW   0x06
47      MOVWF  ADCON1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
48     CLRF     TRISA           ; Puertas A y B todo salidas
49     CLRF     TRISB
50     ;BCF     OPTION_REG,7   ;Resistencias pull up habilitadas
51     BCF     STATUS,RP0      ; Banco 0
52     CLRF     PORTA         ; Puertas A y B salidas a 0
53     CLRF     PORTB
54
55     ; Iniciar Bluetooth
56     BSF     STATUS, RP0     ; Banco 1
57     MOVLW   .25
58     MOVWF   SPBRG
59     MOVLW   0x24
60     MOVWF   TXSTA
61     CLRF     TRISB
62     BCF     STATUS, RP0     ; Banco 0
63     MOVLW   0x90
64     MOVWF   RCSTA
65     ; -----
66
67     CLRF     ADDR
68     CALL    LeerEEPROM
69     MOVWF   VALUE
70     MOVLW   0xFF
71     XORWF   VALUE,0
72     BTFSC   STATUS,Z
73     CALL    IniciarCubo
74
75 Main
76     CALL    MostrarCubo
77     BTFSS   PIR1, RCIF      ; Tras mostrar el cubo comprueba si hay datos
78     GOTO    Main
79
80     MOVF    RCREG, W        ; Si llega información la guarda en AUX y compru
81     MOVWF   AUX_INT
82     MOVLW   b'01010101'    ; U
83     XORWF   AUX_INT,0
84     BTFSC   STATUS,Z
85     CALL    MovimientoU
86     MOVLW   b'01110101'    ; u
87     XORWF   AUX_INT,0
88     BTFSC   STATUS,Z
89     CALL    MovimientoUi
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
90     MOVLW    b'01010010'           ; R
91     XORWF    AUX_INT,0
92     BTFSC    STATUS,Z
93     CALL     MovimientoR
94     MOVLW    b'01110010'           ; r
95     XORWF    AUX_INT,0
96     BTFSC    STATUS,Z
97     CALL     MovimientoRi
98     MOVLW    b'01000110'           ; F
99     XORWF    AUX_INT,0
100    BTFSC    STATUS,Z
101    CALL     MovimientoF
102    MOVLW    b'01100110'           ; f
103    XORWF    AUX_INT,0
104    BTFSC    STATUS,Z
105    CALL     MovimientoFi
106    MOVLW    b'01000100'           ; D
107    XORWF    AUX_INT,0
108    BTFSC    STATUS,Z
109    CALL     MovimientoD
110    MOVLW    b'01100100'           ; d
111    XORWF    AUX_INT,0
112    BTFSC    STATUS,Z
113    CALL     MovimientoDi
114    MOVLW    b'01001100'           ; L
115    XORWF    AUX_INT,0
116    BTFSC    STATUS,Z
117    CALL     MovimientoL
118    MOVLW    b'01101100'           ; l
119    XORWF    AUX_INT,0
120    BTFSC    STATUS,Z
121    CALL     MovimientoLi
122    MOVLW    b'01000010'           ; B
123    XORWF    AUX_INT,0
124    BTFSC    STATUS,Z
125    CALL     MovimientoB
126    MOVLW    b'01100010'           ; b
127    XORWF    AUX_INT,0
128    BTFSC    STATUS,Z
129    CALL     MovimientoBi
130    MOVLW    0x61                   ; a
131    XORWF    AUX_INT,0
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
132     BTFSC     STATUS,Z
133     CALL     ResolverCubo
134     GOTO     Main           ; Si el dato es diferente vuelve a Main
135
136
137 IniciarCubo ; Pone los colores del cubo en su estado original
138     MOVLW    .9
139     MOVWF    AUX
140     MOVLW    .0
141     MOVWF    ADDR           ; Empieza a escribir en la dirección 0x00
142     MOVLW    .0
143     MOVWF    VALUE         ; Empieza escribiendo el número 0
144 IniciarCubo_2
145     LCALL    EscribirEEPROM
146     ;PAGESELW    $
147     ;MOVWF    PCLATH
148     INCF     ADDR,1
149     MOVF     AUX,0
150     SUBWF    ADDR,0
151     BTFSS    STATUS,Z       ; Cuando llega a siguiente cara empieza otra vez
152     GOTO     IniciarCubo_2
153     MOVLW    .9
154     ADDWF    AUX,1
155     MOVF     AUX,0
156     INCF     VALUE,1
157     MOVLW    .6
158     SUBWF    VALUE,0
159     BTFSS    STATUS,Z
160     GOTO     IniciarCubo_2
161     RETURN
162
163
164 ResolverCubo
165     ; Primera cara
166     LCALL    Cruz
167     CALL     Esquinas
168     ; -----
169     ; Fila media
170     LCALL    CapaIntermedia
171     ; -----
172     ; Cruz ultima cara
173     LCALL    CruzAbajo
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
174      ; -----
175      ; Esquinas ultima cara
176      LCALL   EsquinasAbajo
177      LCALL   EsquinasAbajo
178      ; -----
179      ;LGOTO   Main
180      RETURN
181
182      #include "cubo.inc"
183      #include "eeprom.inc"
184      #include "movimientos.inc"
185      #include "buscar.inc"
186      MAIN_PROG2 CODE    0x800
187      #include "cruz.inc"
188      MAIN_PROG3 CODE    0x390
189      #include "esquinas.inc"
190      MAIN_PROG4 CODE    0x1000
191      #include "capaintermedia.inc"
192      MAIN_PROG5 CODE    0x15A5
193      #include "cruzabajo.inc"
194      MAIN_PROG6 CODE    0x1800
195      #include "esquinasabajo.inc"
196
197      END
```

A.2. Archivo cubo.inc

```
1  MostrarCubo
2      CLRF   ADDR
3  MostrarCubo_2
4      CALL   LeerEEPROM
5      MOVWF  VALUE
6      CLRF   PORTB      ; Antes cambiar de display apaga puerta B
7      MOVF   ADDR,0
8      MOVWF  PORTA      ; Cambia al siguiente display
9      ;MOVF  VALUE,0
10     CALL   ColoresCubo
11     MOVWF  PORTB      ; Carga valor en display
12     INCF   ADDR,1
13     MOVLW  0x36      ; Mientras no llegue a 0x36 -----
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
14     SUBWF   ADDR, 0
15     BTFSS  STATUS, Z
16     GOTO   MostrarCubo_2
17     CLRF   PORTB
18     RETURN
19
20 ColoresCubo
21     PAGESELW $
22     MOVWF  PCLATH
23     MOVF   VALUE, 0
24     ADDWF  PCL, 1
25     RETLW  b'10111111'      ; 0
26     RETLW  b'10000110'      ; 1
27     RETLW  b'11011011'      ; 2
28     RETLW  b'11001111'      ; 3
29     RETLW  b'11100110'      ; 4
30     RETLW  b'11101101'      ; 5
```

A.3. Archivo eeprom.inc

```
1 LeerEEPROM ; Lee ADDR
2     MOVF   ADDR, W
3     BSF           STATUS, RP1
4     BCF           STATUS, RP0
5     MOVWF  EEADR
6     BSF           STATUS, RP0
7     BCF           EECON1, EEPGD
8     BSF           EECON1, RD
9     BCF           STATUS, RP0
10    MOVF   EEDATA, W
11    BCF           STATUS, RP1
12    RETURN
13
14 EscribirEEPROM ; Escribe VALUE en ADDR
15    BSF           STATUS, RP1
16    BSF           STATUS, RP0
17    BTFSC  EECON1, WR
18    GOTO   $-1
19    BCF           STATUS, RP0
20    BCF           STATUS, RP1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
21     MOVF     ADDR, W
22     BSF           STATUS, RP1
23     MOVWF    EEADR
24     BCF           STATUS, RP1
25     MOVF     VALUE, W
26     BSF           STATUS, RP1
27     MOVWF    EEDATA
28     BSF           STATUS, RP0
29     BCF           EECON1, EEPGD
30     BSF           EECON1, WREN
31     BCF           INTCON, GIE
32     MOVLW    0x55
33     MOVWF    EECON2
34     MOVLW    0xAA
35     MOVWF    EECON2
36     BSF           EECON1, WR
37     BSF           INTCON, GIE
38     BCF           EECON1, WREN
39     BCF           EECON1, WR
40     BCF           STATUS, RP0
41     BCF           STATUS, RP1
42
43     BSF           STATUS, RP1           ; Comprueba que ha dejado
44     BSF           STATUS, RP0 ; de escribir en la memoria
45     BTFSC    EECON1, WR           ; EEPROM
46     GOTO     $-1
47     BCF           STATUS, RP0
48     BCF           STATUS, RP1
49     RETURN
```

A.4. Archivo movimientos.inc

```
1 Rotacion
2     MOVF     ADDR1,0
3     MOVWF    ADDR
4     CALL    LeerEEPROM           ; Lee ADDR1 y lo guarda en VALUE1
5     MOVWF    VALUE1
6     MOVF     ADDR2,0
7     MOVWF    ADDR
8     CALL    LeerEEPROM           ; Lee ADDR2 y lo guarda en VALUE2
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
9      MOVWF  VALUE2
10     MOVF   ADDR3,0
11     MOVWF  ADDR
12     CALL   LeerEEPROM           ; Lee ADDR3 y lo guarda en VALUE2
13     MOVWF  VALUE3
14     MOVF   ADDR4,0
15     MOVWF  ADDR
16     CALL   LeerEEPROM           ; Lee ADDR4 y lo guarda en VALUE4
17     MOVWF  VALUE4
18
19     MOVF   VALUE1,0
20     MOVWF  VALUE
21     MOVF   ADDR2,0
22     MOVWF  ADDR
23     CALL   EscribirEEPROM      ; Escribe VALUE1 en ADDR2
24     MOVF   VALUE2,0
25     MOVWF  VALUE
26     MOVF   ADDR3,0
27     MOVWF  ADDR
28     CALL   EscribirEEPROM      ; Escribe VALUE2 en ADDR3
29     MOVF   VALUE3,0
30     MOVWF  VALUE
31     MOVF   ADDR4,0
32     MOVWF  ADDR
33     CALL   EscribirEEPROM      ; Escribe VALUE3 en ADDR4
34     MOVF   VALUE4,0
35     MOVWF  VALUE
36     MOVF   ADDR1,0
37     MOVWF  ADDR
38     CALL   EscribirEEPROM      ; Escribe VALUE4 en ADDR1
39     RETURN
40
41     MovimientoU
42     MOVLW  .0
43     MOVWF  ADDR1
44     MOVLW  .2
45     MOVWF  ADDR2
46     MOVLW  .8
47     MOVWF  ADDR3
48     MOVLW  .6
49     MOVWF  ADDR4
50     CALL   Rotacion            ; -----
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
51     MOVLW    .1
52     MOVWF   ADDR1
53     MOVLW    .5
54     MOVWF   ADDR2
55     MOVLW    .7
56     MOVWF   ADDR3
57     MOVLW    .3
58     MOVWF   ADDR4
59     CALL    Rotacion      ; -----
60     MOVLW    .20
61     MOVWF   ADDR1
62     MOVLW    .38
63     MOVWF   ADDR2
64     MOVLW    .45
65     MOVWF   ADDR3
66     MOVLW    .11
67     MOVWF   ADDR4
68     CALL    Rotacion      ; -----
69     MOVLW    .19
70     MOVWF   ADDR1
71     MOVLW    .37
72     MOVWF   ADDR2
73     MOVLW    .48
74     MOVWF   ADDR3
75     MOVLW    .10
76     MOVWF   ADDR4
77     CALL    Rotacion      ; -----
78     MOVLW    .18
79     MOVWF   ADDR1
80     MOVLW    .36
81     MOVWF   ADDR2
82     MOVLW    .51
83     MOVWF   ADDR3
84     MOVLW    .9
85     MOVWF   ADDR4
86     CALL    Rotacion
87     LCALL   Delay
88     RETURN
89
90 MovimientoUi
91     MOVLW    .0
92     MOVWF   ADDR1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
93     MOVLW    .6
94     MOVWF   ADDR2
95     MOVLW    .8
96     MOVWF   ADDR3
97     MOVLW    .2
98     MOVWF   ADDR4
99     CALL    Rotacion      ; -----
100    MOVLW    .1
101    MOVWF   ADDR1
102    MOVLW    .3
103    MOVWF   ADDR2
104    MOVLW    .7
105    MOVWF   ADDR3
106    MOVLW    .5
107    MOVWF   ADDR4
108    CALL    Rotacion      ; -----
109    MOVLW    .20
110    MOVWF   ADDR1
111    MOVLW    .11
112    MOVWF   ADDR2
113    MOVLW    .45
114    MOVWF   ADDR3
115    MOVLW    .38
116    MOVWF   ADDR4
117    CALL    Rotacion      ; -----
118    MOVLW    .19
119    MOVWF   ADDR1
120    MOVLW    .10
121    MOVWF   ADDR2
122    MOVLW    .48
123    MOVWF   ADDR3
124    MOVLW    .37
125    MOVWF   ADDR4
126    CALL    Rotacion      ; -----
127    MOVLW    .18
128    MOVWF   ADDR1
129    MOVLW    .9
130    MOVWF   ADDR2
131    MOVLW    .51
132    MOVWF   ADDR3
133    MOVLW    .36
134    MOVWF   ADDR4
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
135     CALL    Rotacion
136     LCALL   Delay
137     RETURN
138
139 MovimientoL
140     MOVLW   .36
141     MOVWF   ADDR1
142     MOVLW   .38
143     MOVWF   ADDR2
144     MOVLW   .44
145     MOVWF   ADDR3
146     MOVLW   .42
147     MOVWF   ADDR4
148     CALL    Rotacion      ; -----
149     MOVLW   .37
150     MOVWF   ADDR1
151     MOVLW   .41
152     MOVWF   ADDR2
153     MOVLW   .43
154     MOVWF   ADDR3
155     MOVLW   .39
156     MOVWF   ADDR4
157     CALL    Rotacion      ; -----
158     MOVLW   .0
159     MOVWF   ADDR1
160     MOVLW   .18
161     MOVWF   ADDR2
162     MOVLW   .27
163     MOVWF   ADDR3
164     MOVLW   .47
165     MOVWF   ADDR4
166     CALL    Rotacion      ; -----
167     MOVLW   .3
168     MOVWF   ADDR1
169     MOVLW   .21
170     MOVWF   ADDR2
171     MOVLW   .30
172     MOVWF   ADDR3
173     MOVLW   .46
174     MOVWF   ADDR4
175     CALL    Rotacion      ; -----
176     MOVLW   .6
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
177     MOVWF  ADDR1
178     MOVLW  .24
179     MOVWF  ADDR2
180     MOVLW  .33
181     MOVWF  ADDR3
182     MOVLW  .45
183     MOVWF  ADDR4
184     CALL   Rotacion
185     LCALL  Delay
186     RETURN
187
188 MovimientoLi
189     MOVLW  .36
190     MOVWF  ADDR1
191     MOVLW  .42
192     MOVWF  ADDR2
193     MOVLW  .44
194     MOVWF  ADDR3
195     MOVLW  .38
196     MOVWF  ADDR4
197     CALL   Rotacion      ; -----
198     MOVLW  .37
199     MOVWF  ADDR1
200     MOVLW  .39
201     MOVWF  ADDR2
202     MOVLW  .43
203     MOVWF  ADDR3
204     MOVLW  .41
205     MOVWF  ADDR4
206     CALL   Rotacion      ; -----
207     MOVLW  .0
208     MOVWF  ADDR1
209     MOVLW  .47
210     MOVWF  ADDR2
211     MOVLW  .27
212     MOVWF  ADDR3
213     MOVLW  .18
214     MOVWF  ADDR4
215     CALL   Rotacion      ; -----
216     MOVLW  .3
217     MOVWF  ADDR1
218     MOVLW  .46
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
219     MOVWF  ADDR2
220     MOVLW  .30
221     MOVWF  ADDR3
222     MOVLW  .21
223     MOVWF  ADDR4
224     CALL   Rotacion      ; -----
225     MOVLW  .6
226     MOVWF  ADDR1
227     MOVLW  .45
228     MOVWF  ADDR2
229     MOVLW  .33
230     MOVWF  ADDR3
231     MOVLW  .24
232     MOVWF  ADDR4
233     CALL   Rotacion
234     LCALL  Delay
235     RETURN
236
237  MovimientoF
238     MOVLW  .18
239     MOVWF  ADDR1
240     MOVLW  .20
241     MOVWF  ADDR2
242     MOVLW  .26
243     MOVWF  ADDR3
244     MOVLW  .24
245     MOVWF  ADDR4
246     CALL   Rotacion      ; -----
247     MOVLW  .19
248     MOVWF  ADDR1
249     MOVLW  .23
250     MOVWF  ADDR2
251     MOVLW  .25
252     MOVWF  ADDR3
253     MOVLW  .21
254     MOVWF  ADDR4
255     CALL   Rotacion      ; -----
256     MOVLW  .6
257     MOVWF  ADDR1
258     MOVLW  .9
259     MOVWF  ADDR2
260     MOVLW  .29
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
261     MOVWF  ADDR3
262     MOVLW  .44
263     MOVWF  ADDR4
264     CALL   Rotacion      ; -----
265     MOVLW  .7
266     MOVWF  ADDR1
267     MOVLW  .12
268     MOVWF  ADDR2
269     MOVLW  .28
270     MOVWF  ADDR3
271     MOVLW  .41
272     MOVWF  ADDR4
273     CALL   Rotacion      ; -----
274     MOVLW  .8
275     MOVWF  ADDR1
276     MOVLW  .15
277     MOVWF  ADDR2
278     MOVLW  .27
279     MOVWF  ADDR3
280     MOVLW  .38
281     MOVWF  ADDR4
282     CALL   Rotacion
283     LCALL  Delay
284     RETURN
285
286 MovimientoFi
287     MOVLW  .18
288     MOVWF  ADDR1
289     MOVLW  .24
290     MOVWF  ADDR2
291     MOVLW  .26
292     MOVWF  ADDR3
293     MOVLW  .20
294     MOVWF  ADDR4
295     CALL   Rotacion      ; -----
296     MOVLW  .19
297     MOVWF  ADDR1
298     MOVLW  .21
299     MOVWF  ADDR2
300     MOVLW  .25
301     MOVWF  ADDR3
302     MOVLW  .23
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
303     MOVWF  ADDR4
304     CALL   Rotacion      ; -----
305     MOVLW  .6
306     MOVWF  ADDR1
307     MOVLW  .44
308     MOVWF  ADDR2
309     MOVLW  .29
310     MOVWF  ADDR3
311     MOVLW  .9
312     MOVWF  ADDR4
313     CALL   Rotacion      ; -----
314     MOVLW  .7
315     MOVWF  ADDR1
316     MOVLW  .41
317     MOVWF  ADDR2
318     MOVLW  .28
319     MOVWF  ADDR3
320     MOVLW  .12
321     MOVWF  ADDR4
322     CALL   Rotacion      ; -----
323     MOVLW  .8
324     MOVWF  ADDR1
325     MOVLW  .38
326     MOVWF  ADDR2
327     MOVLW  .27
328     MOVWF  ADDR3
329     MOVLW  .15
330     MOVWF  ADDR4
331     CALL   Rotacion
332     LCALL  Delay
333     RETURN
334
335 MovimientoD
336     MOVLW  .27
337     MOVWF  ADDR1
338     MOVLW  .29
339     MOVWF  ADDR2
340     MOVLW  .35
341     MOVWF  ADDR3
342     MOVLW  .33
343     MOVWF  ADDR4
344     CALL   Rotacion      ; -----
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
345     MOVLW     .28
346     MOVWF     ADDR1
347     MOVLW     .32
348     MOVWF     ADDR2
349     MOVLW     .34
350     MOVWF     ADDR3
351     MOVLW     .30
352     MOVWF     ADDR4
353     CALL      Rotacion      ; -----
354     MOVLW     .15
355     MOVWF     ADDR1
356     MOVLW     .53
357     MOVWF     ADDR2
358     MOVLW     .42
359     MOVWF     ADDR3
360     MOVLW     .24
361     MOVWF     ADDR4
362     CALL      Rotacion      ; -----
363     MOVLW     .16
364     MOVWF     ADDR1
365     MOVLW     .50
366     MOVWF     ADDR2
367     MOVLW     .43
368     MOVWF     ADDR3
369     MOVLW     .25
370     MOVWF     ADDR4
371     CALL      Rotacion      ; -----
372     MOVLW     .17
373     MOVWF     ADDR1
374     MOVLW     .47
375     MOVWF     ADDR2
376     MOVLW     .44
377     MOVWF     ADDR3
378     MOVLW     .26
379     MOVWF     ADDR4
380     CALL      Rotacion
381     LCALL     Delay
382     RETURN
383
384 MovimientoDi
385     MOVLW     .27
386     MOVWF     ADDR1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
387     MOVLW     .33
388     MOVWF     ADDR2
389     MOVLW     .35
390     MOVWF     ADDR3
391     MOVLW     .29
392     MOVWF     ADDR4
393     CALL      Rotacion      ; -----
394     MOVLW     .28
395     MOVWF     ADDR1
396     MOVLW     .30
397     MOVWF     ADDR2
398     MOVLW     .34
399     MOVWF     ADDR3
400     MOVLW     .32
401     MOVWF     ADDR4
402     CALL      Rotacion      ; -----
403     MOVLW     .15
404     MOVWF     ADDR1
405     MOVLW     .24
406     MOVWF     ADDR2
407     MOVLW     .42
408     MOVWF     ADDR3
409     MOVLW     .53
410     MOVWF     ADDR4
411     CALL      Rotacion      ; -----
412     MOVLW     .16
413     MOVWF     ADDR1
414     MOVLW     .25
415     MOVWF     ADDR2
416     MOVLW     .43
417     MOVWF     ADDR3
418     MOVLW     .50
419     MOVWF     ADDR4
420     CALL      Rotacion      ; -----
421     MOVLW     .17
422     MOVWF     ADDR1
423     MOVLW     .26
424     MOVWF     ADDR2
425     MOVLW     .44
426     MOVWF     ADDR3
427     MOVLW     .47
428     MOVWF     ADDR4
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
429     CALL    Rotacion
430     LCALL   Delay
431     RETURN
432
433 MovimientoR
434     MOVLW   .9
435     MOVWF   ADDR1
436     MOVLW   .11
437     MOVWF   ADDR2
438     MOVLW   .17
439     MOVWF   ADDR3
440     MOVLW   .15
441     MOVWF   ADDR4
442     CALL    Rotacion      ; -----
443     MOVLW   .10
444     MOVWF   ADDR1
445     MOVLW   .14
446     MOVWF   ADDR2
447     MOVLW   .16
448     MOVWF   ADDR3
449     MOVLW   .12
450     MOVWF   ADDR4
451     CALL    Rotacion      ; -----
452     MOVLW   .26
453     MOVWF   ADDR1
454     MOVLW   .8
455     MOVWF   ADDR2
456     MOVLW   .51
457     MOVWF   ADDR3
458     MOVLW   .35
459     MOVWF   ADDR4
460     CALL    Rotacion      ; -----
461     MOVLW   .23
462     MOVWF   ADDR1
463     MOVLW   .5
464     MOVWF   ADDR2
465     MOVLW   .52
466     MOVWF   ADDR3
467     MOVLW   .32
468     MOVWF   ADDR4
469     CALL    Rotacion      ; -----
470     MOVLW   .20
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
471     MOVWF  ADDR1
472     MOVLW  .2
473     MOVWF  ADDR2
474     MOVLW  .53
475     MOVWF  ADDR3
476     MOVLW  .29
477     MOVWF  ADDR4
478     CALL   Rotacion
479     LCALL  Delay
480     RETURN
481
482 MovimientoRi
483     MOVLW  .9
484     MOVWF  ADDR1
485     MOVLW  .15
486     MOVWF  ADDR2
487     MOVLW  .17
488     MOVWF  ADDR3
489     MOVLW  .11
490     MOVWF  ADDR4
491     CALL   Rotacion      ; -----
492     MOVLW  .10
493     MOVWF  ADDR1
494     MOVLW  .12
495     MOVWF  ADDR2
496     MOVLW  .16
497     MOVWF  ADDR3
498     MOVLW  .14
499     MOVWF  ADDR4
500     CALL   Rotacion      ; -----
501     MOVLW  .26
502     MOVWF  ADDR1
503     MOVLW  .35
504     MOVWF  ADDR2
505     MOVLW  .51
506     MOVWF  ADDR3
507     MOVLW  .8
508     MOVWF  ADDR4
509     CALL   Rotacion      ; -----
510     MOVLW  .23
511     MOVWF  ADDR1
512     MOVLW  .32
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
513     MOVWF  ADDR2
514     MOVLW  .52
515     MOVWF  ADDR3
516     MOVLW  .5
517     MOVWF  ADDR4
518     CALL   Rotacion      ; -----
519     MOVLW  .20
520     MOVWF  ADDR1
521     MOVLW  .29
522     MOVWF  ADDR2
523     MOVLW  .53
524     MOVWF  ADDR3
525     MOVLW  .2
526     MOVWF  ADDR4
527     CALL   Rotacion
528     LCALL  Delay
529     RETURN
530
531  MovimientoB
532     MOVLW  .45
533     MOVWF  ADDR1
534     MOVLW  .47
535     MOVWF  ADDR2
536     MOVLW  .53
537     MOVWF  ADDR3
538     MOVLW  .51
539     MOVWF  ADDR4
540     CALL   Rotacion      ; -----
541     MOVLW  .46
542     MOVWF  ADDR1
543     MOVLW  .50
544     MOVWF  ADDR2
545     MOVLW  .52
546     MOVWF  ADDR3
547     MOVLW  .48
548     MOVWF  ADDR4
549     CALL   Rotacion      ; -----
550     MOVLW  .0
551     MOVWF  ADDR1
552     MOVLW  .42
553     MOVWF  ADDR2
554     MOVLW  .35
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
555     MOVWF  ADDR3
556     MOVLW  .11
557     MOVWF  ADDR4
558     CALL   Rotacion      ; -----
559     MOVLW  .1
560     MOVWF  ADDR1
561     MOVLW  .39
562     MOVWF  ADDR2
563     MOVLW  .34
564     MOVWF  ADDR3
565     MOVLW  .14
566     MOVWF  ADDR4
567     CALL   Rotacion      ; -----
568     MOVLW  .2
569     MOVWF  ADDR1
570     MOVLW  .36
571     MOVWF  ADDR2
572     MOVLW  .33
573     MOVWF  ADDR3
574     MOVLW  .17
575     MOVWF  ADDR4
576     CALL   Rotacion
577     LCALL  Delay
578     RETURN
579
580 MovimientoBi
581     MOVLW  .45
582     MOVWF  ADDR1
583     MOVLW  .51
584     MOVWF  ADDR2
585     MOVLW  .53
586     MOVWF  ADDR3
587     MOVLW  .47
588     MOVWF  ADDR4
589     CALL   Rotacion      ; -----
590     MOVLW  .46
591     MOVWF  ADDR1
592     MOVLW  .48
593     MOVWF  ADDR2
594     MOVLW  .52
595     MOVWF  ADDR3
596     MOVLW  .50
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
597     MOVWF   ADDR4
598     CALL    Rotacion      ; -----
599     MOVLW   .0
600     MOVWF   ADDR1
601     MOVLW   .11
602     MOVWF   ADDR2
603     MOVLW   .35
604     MOVWF   ADDR3
605     MOVLW   .42
606     MOVWF   ADDR4
607     CALL    Rotacion      ; -----
608     MOVLW   .1
609     MOVWF   ADDR1
610     MOVLW   .14
611     MOVWF   ADDR2
612     MOVLW   .34
613     MOVWF   ADDR3
614     MOVLW   .39
615     MOVWF   ADDR4
616     CALL    Rotacion      ; -----
617     MOVLW   .2
618     MOVWF   ADDR1
619     MOVLW   .17
620     MOVWF   ADDR2
621     MOVLW   .33
622     MOVWF   ADDR3
623     MOVLW   .36
624     MOVWF   ADDR4
625     CALL    Rotacion
626     LCALL   Delay
627     RETURN
628
629
630 Delay
631     MOVLW   .5
632     MOVWF   d1
633 Delay_1
634     MOVLW   .61
635     MOVWF   TMR0
636     BCF          INTCON, T0IF
637 Delay_0
638     BTFSS     INTCON, T0IF
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
639     GOTO     Delay_2
640     DECFSZ  d1,1
641     GOTO     Delay_1
642     RETURN
643 Delay_2
644     CALL  MostrarCubo
645     GOTO     Delay_0
```

A.5. Archivo buscar.inc

```
1  BuscaArista
2     MOVF     NUM1,0
3     XORWF   BUSCAR1,0
4     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM1=BUSCAR1?
5     GOTO    $+.7              ; No
6     MOVF     NUM2,0           ; Si
7     XORWF   BUSCAR2,0
8     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM2=BUSCAR2?
9     GOTO    $+.13             ; No
10    MOVLW   .0                 ; Si: AUX2=1 -> Arista Correcta
11    GOTO    $+.12             ; Va a RETURN
12    MOVF     NUM2,0
13    XORWF   BUSCAR1,0
14    BTFSS   STATUS,Z           ; NUM2=BUSCAR1?
15    GOTO    $+.7              ; No
16    MOVF     NUM1,0           ; Si
17    XORWF   BUSCAR2,0
18    BTFSS   STATUS,Z           ; NUM1=BUSCAR2?
19    GOTO    $+.3              ; No
20    MOVLW   .1                 ; Si: AUX2=2 -> Arista al revés
21    GOTO    $+.2              ; Va a RETURN
22    MOVLW   .2                 ; AUX2=3 -> No es la arista que buscamos
23    MOVWF   AUX2
24    RETURN
25
26 BuscaEsquina
27    MOVF     BUSCAR1,0
28    XORWF   NUM1,0
29    BTFSS   STATUS,Z           ; NUM1=BUSCAR1? -----
30    GOTO    $+.7              ; No
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
31     MOVF     BUSCAR2,0           ; Si
32     XORWF   NUM2,0
33     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM2=BUSCAR2?
34     GOTO    $+.23             ; No es
35     MOVLW   .0                ; Si: AUX2=0 -> Esquina Correcta
36     GOTO    $+.22             ; Va a RETURN
37     MOVF     BUSCAR1,0
38     XORWF   NUM2,0
39     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM1=BUSCAR2? -----
40     GOTO    $+.7              ; No
41     MOVF     BUSCAR2,0           ; Si
42     XORWF   NUM3,0
43     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM2=BUSCAR3?
44     GOTO    $+.13             ; No es
45     MOVLW   .2                ; Si: AUX2=2 -> Esquina girada horario
46     GOTO    $+.12             ; Va a RETURN
47     MOVF     BUSCAR1,0
48     XORWF   NUM3,0
49     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM1=BUSCAR3? -----
50     GOTO    $+.7              ; No es
51     MOVF     BUSCAR2,0
52     XORWF   NUM1,0
53     BTFSS   STATUS,Z           ; NUM2=BUSCAR1?
54     GOTO    $+.3
55     MOVLW   .1                ; AUX2=2 -> Esquina girada antihorario
56     GOTO    $+.2
57     MOVLW   .3                ; AUX2=3 -> No es la esquina que buscamos
58     MOVWF   AUX2
59     RETURN
```

A.6. Archivo cruz.inc

```
1 Cruz
2     MOVLW   .0
3     MOVWF   BUSCAR1
4     MOVLW   .1
5     MOVWF   BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
6     MOVLW   .5
7     MOVWF   ADDR
8     LCALL   LeerEEPROM
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
9      MOVWF  NUM1
10     MOVLW  .10
11     MOVWF  ADDR
12     LCALL  LeerEEPROM
13     MOVWF  NUM2          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
14     LCALL  BuscaArista   ; Busca en las aristas los números deseados
15     PAGESELW $
16     MOVF   AUX2,0
17     ADDWF  PCL,1
18     GOTO   Siguiente     ;Siguiente arista de la cruz
19     GOTO   Rotar         ;Rotar
20     GOTO   Otra          ;Comprobar si está en otra arista
21  Rotar          ; ----- ROTAR
22     LCALL  MovimientoRi
23     LCALL  MovimientoU
24     LCALL  MovimientoFi
25     LCALL  MovimientoUi
26     LGOTO  Siguiente
27  Otra          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
28          ; ----- REPETICIÓN DE LO ANTERIOR CAMBIANDO DIRECCIÓN Y MOVIMIENTOS
29     MOVLW  .7
30     MOVWF  ADDR
31     LCALL  LeerEEPROM
32     MOVWF  NUM1
33     MOVLW  .19
34     MOVWF  ADDR
35     LCALL  LeerEEPROM
36     MOVWF  NUM2
37     LCALL  BuscaArista
38     PAGESELW $
39     MOVF   AUX2,0
40     ADDWF  PCL,1
41     GOTO   Colocar      ;Colocar en su sitio
42     GOTO   Rotar2       ;Colocar rotada en su sitio
43     GOTO   Otra2        ;Comprobar si está en otra arista
44  Colocar        ; ----- COLOCAR
45     LCALL  MovimientoFi
46     LCALL  MovimientoU
47     LCALL  MovimientoF
48     LCALL  MovimientoUi
49     LGOTO  Siguiente
50  Rotar2         ; ----- COLOCAR ROTADA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
51     LCALL    MovimientoF
52     LCALL    MovimientoR
53     LGOTO    Siguiente
54 Otra2           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
55     MOVLW    .3
56     MOVWF    ADDR
57     LCALL    LeerEEPROM
58     MOVWF    NUM1
59     MOVLW    .37
60     MOVWF    ADDR
61     LCALL    LeerEEPROM
62     MOVWF    NUM2
63     LCALL    BuscaArista
64     PAGESELW $
65     MOVF     AUX2,0
66     ADDWF    PCL,1
67     GOTO     Colocar2           ;Colocar en su sitio
68     GOTO     Rotar3            ;Colocar rotada en su sitio
69     GOTO     Otra3             ;Comprobar si está en otra arista
70 Colocar2       ; ----- COLOCAR
71     LCALL    MovimientoL
72     LCALL    MovimientoU
73     LCALL    MovimientoU
74     LCALL    MovimientoLi
75     LCALL    MovimientoU
76     LCALL    MovimientoU
77     LGOTO    Siguiente
78 Rotar3         ; ----- COLOCAR ROTADA
79     LCALL    MovimientoL
80     LCALL    MovimientoU
81     LCALL    MovimientoF
82     LCALL    MovimientoUi
83     LGOTO    Siguiente
84 Otra3         ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
85     MOVLW    .1
86     MOVWF    ADDR
87     LCALL    LeerEEPROM
88     MOVWF    NUM1
89     MOVLW    .48
90     MOVWF    ADDR
91     LCALL    LeerEEPROM
92     MOVWF    NUM2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
93     LCALL   BuscaArista
94     PAGESELW $
95     MOVF    AUX2,0
96     ADDWF   PCL,1
97     GOTO    Colocar3           ;Colocar en su sitio
98     GOTO    Rotar4            ;Colocar rotada en su sitio
99     GOTO    Otra4             ;Comprobar si está en otra arista
100 Colocar3   ; ----- COLOCAR
101     LCALL   MovimientoB
102     LCALL   MovimientoUi
103     LCALL   MovimientoBi
104     LCALL   MovimientoU
105     LGOTO   Siguiente
106 Rotar4     ; ----- COLOCAR ROTADA
107     LCALL   MovimientoBi
108     LCALL   MovimientoRi
109     LGOTO   Siguiente
110 Otra4     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
111     MOVLW   .12
112     MOVWF   ADDR
113     LCALL   LeerEEPROM
114     MOVWF   NUM1
115     MOVLW   .23
116     MOVWF   ADDR
117     LCALL   LeerEEPROM
118     MOVWF   NUM2
119     LCALL   BuscaArista
120     PAGESELW $
121     MOVF    AUX2,0
122     ADDWF   PCL,1
123     GOTO    Colocar4           ;Colocar en su sitio
124     GOTO    Rotar5            ;Colocar rotada en su sitio
125     GOTO    Otra5             ;Comprobar si está en otra arista
126 Colocar4   ; ----- COLOCAR
127     LCALL   MovimientoFi
128     LCALL   MovimientoUi
129     LGOTO   Siguiente
130 Rotar5     ; ----- COLOCAR ROTADA
131     LCALL   MovimientoR
132     LGOTO   Siguiente
133 Otra5     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
134     MOVLW   .21
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
135     MOVWF  ADDR
136     LCALL  LeerEEPROM
137     MOVWF  NUM1
138     MOVLW  .41
139     MOVWF  ADDR
140     LCALL  LeerEEPROM
141     MOVWF  NUM2
142     LCALL  BuscaArista
143     PAGESELW $
144     MOVF   AUX2,0
145     ADDWF  PCL,1
146     GOTO   Colocar5           ;Colocar en su sitio
147     GOTO   Rotar6            ;Colocar rotada en su sitio
148     GOTO   Otra6             ;Comprobar si está en otra arista
149 Colocar5 ; ----- COLOCAR
150     LCALL  MovimientoLi
151     LCALL  MovimientoU
152     LCALL  MovimientoU
153     LGOTO  Siguiente
154 Rotar6   ; ----- COLOCAR ROTADA
155     LCALL  MovimientoF
156     LCALL  MovimientoUi
157     LGOTO  Siguiente
158 Otra6   ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
159     MOVLW  .39
160     MOVWF  ADDR
161     LCALL  LeerEEPROM
162     MOVWF  NUM1
163     MOVLW  .46
164     MOVWF  ADDR
165     LCALL  LeerEEPROM
166     MOVWF  NUM2
167     LCALL  BuscaArista
168     PAGESELW $
169     MOVF   AUX2,0
170     ADDWF  PCL,1
171     GOTO   Colocar6           ;Colocar en su sitio
172     GOTO   Rotar7            ;Colocar rotada en su sitio
173     GOTO   Otra7             ;Comprobar si está en otra arista
174 Colocar6 ; ----- COLOCAR
175     LCALL  MovimientoBi
176     LCALL  MovimientoU
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
177      LGOTO      Siguiente
178 Rotar7          ; ----- COLOCAR ROTADA
179      LCALL     MovimientoL
180      LCALL     MovimientoU
181      LCALL     MovimientoU
182      LGOTO      Siguiente
183 Otra7          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
184      MOVLW     .14
185      MOVWF     ADDR
186      LCALL     LeerEEPROM
187      MOVWF     NUM1
188      MOVLW     .52
189      MOVWF     ADDR
190      LCALL     LeerEEPROM
191      MOVWF     NUM2
192      LCALL     BuscaArista
193      PAGESELW $
194      MOVF      AUX2,0
195      ADDWF     PCL,1
196      GOTO      Colocar7          ;Colocar en su sitio
197      GOTO      Rotar8           ;Colocar rotada en su sitio
198      GOTO      Otra8           ;Comprobar si está en otra arista
199 Colocar7       ; ----- COLOCAR
200      LCALL     MovimientoB
201      LCALL     MovimientoU
202      LGOTO      Siguiente
203 Rotar8          ; ----- COLOCAR ROTADA
204      LCALL     MovimientoRi
205      LGOTO      Siguiente
206 Otra8          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
207      MOVLW     .16
208      MOVWF     ADDR
209      LCALL     LeerEEPROM
210      MOVWF     NUM1
211      MOVLW     .32
212      MOVWF     ADDR
213      LCALL     LeerEEPROM
214      MOVWF     NUM2
215      LCALL     BuscaArista
216      PAGESELW $
217      MOVF      AUX2,0
218      ADDWF     PCL,1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
219     GOTO    Colocar8           ;Colocar en su sitio
220     GOTO    Rotar9             ;Colocar rotada en su sitio
221     GOTO    Otra9              ;Comprobar si está en otra arista
222 Colocar8 ; ----- COLOCAR
223     LCALL   MovimientoDi
224     LCALL   MovimientoFi
225     LCALL   MovimientoR
226     LGOTO   Siguiete
227 Rotar9           ; ----- COLOCAR ROTADA
228     LCALL   MovimientoR
229     LCALL   MovimientoR
230     LGOTO   Siguiete
231 Otra9           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
232     MOVLW   .25
233     MOVWF   ADDR
234     LCALL   LeerEEPROM
235     MOVWF   NUM1
236     MOVLW   .28
237     MOVWF   ADDR
238     LCALL   LeerEEPROM
239     MOVWF   NUM2
240     LCALL   BuscaArista
241     PAGESELW $
242     MOVF    AUX2,0
243     ADDWF   PCL,1
244     GOTO    Colocar9           ;Colocar en su sitio
245     GOTO    Rotar10            ;Colocar rotada en su sitio
246     GOTO    Otra10            ;Comprobar si está en otra arista
247 Colocar9 ; ----- COLOCAR
248     LCALL   MovimientoFi
249     LCALL   MovimientoR
250     LGOTO   Siguiete
251 Rotar10          ; ----- COLOCAR ROTADA
252     LCALL   MovimientoD
253     LCALL   MovimientoR
254     LCALL   MovimientoR
255     LGOTO   Siguiete
256 Otra10          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
257     MOVLW   .43
258     MOVWF   ADDR
259     LCALL   LeerEEPROM
260     MOVWF   NUM1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
261     MOVLW     .30
262     MOVWF     ADDR
263     LCALL     LeerEEPROM
264     MOVWF     NUM2
265     LCALL     BuscaArista
266     PAGESELW  $
267     MOVF      AUX2,0
268     ADDWF     PCL,1
269     GOTO      Colocar10           ;Colocar en su sitio
270     GOTO      Rotar11            ;Colocar rotada en su sitio
271     GOTO      Otrall             ;Comprobar si está en otra arista
272 Colocar10    ; ----- COLOCAR
273     LCALL     MovimientoD
274     LCALL     MovimientoFi
275     LCALL     MovimientoR
276     LGOTO     Siguiete
277 Rotar11      ; ----- COLOCAR ROTADA
278     LCALL     MovimientoD
279     LCALL     MovimientoD
280     LCALL     MovimientoR
281     LCALL     MovimientoR
282     LGOTO     Siguiete
283 Otrall       ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
284     MOVLW     .50
285     MOVWF     ADDR
286     LCALL     LeerEEPROM
287     MOVWF     NUM1
288     MOVLW     .34
289     MOVWF     ADDR
290     LCALL     LeerEEPROM
291     MOVWF     NUM2
292     LCALL     BuscaArista
293     PAGESELW  $
294     MOVF      AUX2,0
295     ADDWF     PCL,1
296     GOTO      Colocar11           ;Colocar en su sitio
297     GOTO      Rotar12            ;Colocar rotada en su sitio
298     GOTO      Otrall2           ;Comprobar si está en otra arista
299 Colocar11    ; ----- COLOCAR
300     LCALL     MovimientoB
301     LCALL     MovimientoRi
302     LGOTO     Siguiete
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

303 Rotar12          ; ----- COLOCAR ROTADA
304     LCALL      MovimientoDi
305     LCALL      MovimientoR
306     LCALL      MovimientoR
307     LGOTO      Siguiente
308 Otral2          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
309          ; ----- No debería darse este caso
310
311 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
312 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
313 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
314
315 Siguiente
316     MOVLW      .0
317     MOVWF      BUSCAR1
318     MOVLW      .2
319     MOVWF      BUSCAR2          ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
320     MOVLW      .7
321     MOVWF      ADDR
322     LCALL      LeerEEPROM
323     MOVWF      NUM1
324     MOVLW      .19
325     MOVWF      ADDR
326     LCALL      LeerEEPROM
327     MOVWF      NUM2          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
328     LCALL      BuscaArista          ; Busca en las aristas los números deseados
329     PAGESELW   $
330     MOVF       AUX2,0
331     ADDWF      PCL,1
332     GOTO       Siguiente2          ;Siguiente arista de la cruz
333     GOTO       Rotar13            ;Rotar
334     GOTO       Otral3            ;Comprobar si está en otra arista
335 Rotar13          ; ----- ROTAR
336     LCALL      MovimientoFi
337     LCALL      MovimientoU
338     LCALL      MovimientoLi
339     LCALL      MovimientoUi
340     LGOTO      Siguiente2
341 Otral3          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
342     MOVLW      .3
343     MOVWF      ADDR
344     LCALL      LeerEEPROM

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
345     MOVWF    NUM1
346     MOVLW   .37
347     MOVWF    ADDR
348     LCALL   LeerEEPROM
349     MOVWF    NUM2
350     LCALL   BuscaArista
351     PAGESELW $
352     MOVF     AUX2,0
353     ADDWF    PCL,1
354     GOTO     Colocar12           ;Colocar en su sitio
355     GOTO     Rotar14            ;Colocar rotada en su sitio
356     GOTO     Otra14            ;Comprobar si está en otra arista
357 Colocar12  ; ----- COLOCAR
358     LCALL   MovimientoLi
359     LCALL   MovimientoU
360     LCALL   MovimientoL
361     LCALL   MovimientoUi
362     LGOTO   Siguiente2
363 Rotar14    ; ----- COLOCAR ROTADA
364     LCALL   MovimientoL
365     LCALL   MovimientoF
366     LGOTO   Siguiente2
367 Otra14    ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
368     MOVLW   .1
369     MOVWF    ADDR
370     LCALL   LeerEEPROM
371     MOVWF    NUM1
372     MOVLW   .48
373     MOVWF    ADDR
374     LCALL   LeerEEPROM
375     MOVWF    NUM2
376     LCALL   BuscaArista
377     PAGESELW $
378     MOVF     AUX2,0
379     ADDWF    PCL,1
380     GOTO     Colocar13           ;Colocar en su sitio
381     GOTO     Rotar15            ;Colocar rotada en su sitio
382     GOTO     Otra15            ;Comprobar si está en otra arista
383 Colocar13  ; ----- COLOCAR
384     LCALL   MovimientoB
385     LCALL   MovimientoL
386     LCALL   MovimientoL
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
387     LCALL  MovimientoF
388     LGOTO  Siguiete2
389 Rotar15           ; ----- COLOCAR ROTADA
390     LCALL  MovimientoB
391     LCALL  MovimientoU
392     LCALL  MovimientoL
393     LCALL  MovimientoUi
394     LGOTO  Siguiete2
395 Otral5           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
396     MOVLW  .12
397     MOVWF  ADDR
398     LCALL  LeerEEPROM
399     MOVWF  NUM1
400     MOVLW  .23
401     MOVWF  ADDR
402     LCALL  LeerEEPROM
403     MOVWF  NUM2
404     LCALL  BuscaArista
405     PAGESELW $
406     MOVF   AUX2,0
407     ADDWF  PCL,1
408     GOTO   Colocar14           ;Colocar en su sitio
409     GOTO   Rotar16           ;Colocar rotada en su sitio
410     GOTO   Otral6           ;Comprobar si está en otra arista
411 Colocar14       ; ----- COLOCAR
412     LCALL  MovimientoFi
413     LGOTO  Siguiete2
414 Rotar16           ; ----- COLOCAR ROTADA
415     LCALL  MovimientoUi
416     LCALL  MovimientoR
417     LCALL  MovimientoU
418     LGOTO  Siguiete2
419 Otral6           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
420     MOVLW  .21
421     MOVWF  ADDR
422     LCALL  LeerEEPROM
423     MOVWF  NUM1
424     MOVLW  .41
425     MOVWF  ADDR
426     LCALL  LeerEEPROM
427     MOVWF  NUM2
428     LCALL  BuscaArista
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
429     PAGESELW $
430     MOVF     AUX2,0
431     ADDWF   PCL,1
432     GOTO    Colocar15           ;Colocar en su sitio
433     GOTO    Rotar17            ;Colocar rotada en su sitio
434     GOTO    Otra17             ;Comprobar si está en otra arista
435 Colocar15 ; ----- COLOCAR
436     LCALL   MovimientoU
437     LCALL   MovimientoLi
438     LCALL   MovimientoUi
439     LGOTO   Siguiente2
440 Rotar17   ; ----- COLOCAR ROTADA
441     LCALL   MovimientoF
442     LGOTO   Siguiente2
443
444     NOP                ; Problema con ADDWF     PCL,1
445     NOP                ; Se soluciona añadiendo estas líneas
446     NOP                ; Así todos gotos están en misma página PCLATH
447     NOP
448     NOP
449
450 Otra17   ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
451     MOVLW   .39
452     MOVWF   ADDR
453     LCALL   LeerEEPROM
454     MOVWF   NUM1
455     MOVLW   .46
456     MOVWF   ADDR
457     LCALL   LeerEEPROM
458     MOVWF   NUM2
459     LCALL   BuscaArista
460     PAGESELW $
461     MOVF     AUX2,0
462     ADDWF   PCL,1
463     GOTO    Colocar16           ;Colocar en su sitio
464     GOTO    Rotar18            ;Colocar rotada en su sitio
465     GOTO    Otra18             ;Comprobar si está en otra arista
466 Colocar16 ; ----- COLOCAR
467     LCALL   MovimientoL
468     LCALL   MovimientoL
469     LCALL   MovimientoF
470     LGOTO   Siguiente2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

471 Rotar18          ; ----- COLOCAR ROTADA
472     LCALL      MovimientoU
473     LCALL      MovimientoL
474     LCALL      MovimientoUi
475     LGOTO      Siguiete2
476 Otra18          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
477     MOVLW      .14
478     MOVWF      ADDR
479     LCALL      LeerEEPROM
480     MOVWF      NUM1
481     MOVLW      .52
482     MOVWF      ADDR
483     LCALL      LeerEEPROM
484     MOVWF      NUM2
485     LCALL      BuscaArista
486     PAGESELW   $
487     MOVF       AUX2,0
488     ADDWF      PCL,1
489     GOTO       Colocar17          ;Colocar en su sitio
490     GOTO       Rotar19           ;Colocar rotada en su sitio
491     GOTO       Otra19            ;Comprobar si está en otra arista
492 Colocar17       ; ----- COLOCAR
493     LCALL      MovimientoR
494     LCALL      MovimientoR
495     LCALL      MovimientoFi
496     LCALL      MovimientoR
497     LCALL      MovimientoR
498     LGOTO      Siguiete2
499 Rotar19          ; ----- COLOCAR ROTADA
500     LCALL      MovimientoR
501     LCALL      MovimientoDi
502     LCALL      MovimientoF
503     LCALL      MovimientoF
504     LCALL      MovimientoRi
505     LGOTO      Siguiete2
506 Otra19          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
507     MOVLW      .16
508     MOVWF      ADDR
509     LCALL      LeerEEPROM
510     MOVWF      NUM1
511     MOVLW      .32
512     MOVWF      ADDR

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
513     LCALL   LeerEEPROM
514     MOVWF  NUM2
515     LCALL   BuscaArista
516     PAGESELW $
517     MOVF   AUX2,0
518     ADDWF  PCL,1
519     GOTO   Colocar18           ;Colocar en su sitio
520     GOTO   Rotar20           ;Colocar rotada en su sitio
521     GOTO   Otra20           ;Comprobar si está en otra arista
522 Colocar18 ; ----- COLOCAR
523     LCALL   MovimientoR
524     LCALL   MovimientoFi
525     LCALL   MovimientoRi
526     LGOTO  Siguiente2
527 Rotar20   ; ----- COLOCAR ROTADA
528     LCALL   MovimientoDi
529     LCALL   MovimientoF
530     LCALL   MovimientoF
531     LGOTO  Siguiente2
532 Otra20   ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
533     MOVLW  .25
534     MOVWF  ADDR
535     LCALL   LeerEEPROM
536     MOVWF  NUM1
537     MOVLW  .28
538     MOVWF  ADDR
539     LCALL   LeerEEPROM
540     MOVWF  NUM2
541     LCALL   BuscaArista
542     PAGESELW $
543     MOVF   AUX2,0
544     ADDWF  PCL,1
545     GOTO   Colocar19           ;Colocar en su sitio
546     GOTO   Rotar21           ;Colocar rotada en su sitio
547     GOTO   Otra21           ;Comprobar si está en otra arista
548 Colocar19 ; ----- COLOCAR
549     LCALL   MovimientoF
550     LCALL   MovimientoU
551     LCALL   MovimientoLi
552     LCALL   MovimientoUi
553     LGOTO  Siguiente2
554 Rotar21   ; ----- COLOCAR ROTADA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
555     LCALL    MovimientoF
556     LCALL    MovimientoF
557     LGOTO    Siguiente2
558 Otra21           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
559     MOVLW    .43
560     MOVWF    ADDR
561     LCALL    LeerEEPROM
562     MOVWF    NUM1
563     MOVLW    .30
564     MOVWF    ADDR
565     LCALL    LeerEEPROM
566     MOVWF    NUM2
567     LCALL    BuscaArista
568     PAGESELW $
569     MOVF     AUX2,0
570     ADDWF    PCL,1
571     GOTO     Colocar20           ;Colocar en su sitio
572     GOTO     Rotar22           ;Colocar rotada en su sitio
573     GOTO     Otra22           ;Comprobar si está en otra arista
574 Colocar20        ; ----- COLOCAR
575     LCALL    MovimientoLi
576     LCALL    MovimientoF
577     LGOTO    Siguiente2
578 Rotar22          ; ----- COLOCAR ROTADA
579     LCALL    MovimientoD
580     LCALL    MovimientoF
581     LCALL    MovimientoF
582     LGOTO    Siguiente2
583 Otra22          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
584     MOVLW    .50
585     MOVWF    ADDR
586     LCALL    LeerEEPROM
587     MOVWF    NUM1
588     MOVLW    .34
589     MOVWF    ADDR
590     LCALL    LeerEEPROM
591     MOVWF    NUM2
592     LCALL    BuscaArista
593     PAGESELW $
594     MOVF     AUX2,0
595     ADDWF    PCL,1
596     GOTO     Colocar21           ;Colocar en su sitio
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
597     GOTO    Rotar23           ;Colocar rotada en su sitio
598     GOTO    Otra23           ;Comprobar si está en otra arista
599 Colocar21 ; ----- COLOCAR
600     LCALL   MovimientoD
601     LCALL   MovimientoLi
602     LCALL   MovimientoF
603     LGOTO   Siguiente2
604 Rotar23           ; ----- COLOCAR ROTADA
605     LCALL   MovimientoD
606     LCALL   MovimientoD
607     LCALL   MovimientoF
608     LCALL   MovimientoF
609     LGOTO   Siguiente2
610 Otra23           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
611           ; ----- No debería darse este caso
612
613 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
614 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
615 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
616
617 Siguiente2
618     MOVLW   .0
619     MOVWF   BUSCAR1
620     MOVLW   .4
621     MOVWF   BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
622     MOVLW   .3
623     MOVWF   ADDR
624     LCALL   LeerEEPROM
625     MOVWF   NUM1
626     MOVLW   .37
627     MOVWF   ADDR
628     LCALL   LeerEEPROM
629     MOVWF   NUM2           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
630     LCALL   BuscaArista       ; Busca en las aristas los números deseados
631     PAGESELW $
632     MOVF    AUX2,0
633     ADDWF   PCL,1
634     GOTO    Siguiente3       ;Siguiente arista de la cruz
635     GOTO    Rotar24           ;Rotar
636     GOTO    Otra24           ;Comprobar si está en otra arista
637 Rotar24           ; ----- ROTAR
638     LCALL   MovimientoLi
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

639     LCALL   MovimientoU
640     LCALL   MovimientoBi
641     LCALL   MovimientoUi
642     LGOTO   Siguiente3
643 Otra24           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
644     MOVLW   .1
645     MOVWF   ADDR
646     LCALL   LeerEEPROM
647     MOVWF   NUM1
648     MOVLW   .48
649     MOVWF   ADDR
650     LCALL   LeerEEPROM
651     MOVWF   NUM2
652     LCALL   BuscaArista
653     PAGESELW $
654     MOVF    AUX2,0
655     ADDWF   PCL,1
656     GOTO    Colocar22           ;Colocar en su sitio
657     GOTO    Rotar25           ;Colocar rotada en su sitio
658     GOTO    Otra25           ;Comprobar si está en otra arista
659 Colocar22       ; ----- COLOCAR
660     LCALL   MovimientoB
661     LCALL   MovimientoU
662     LCALL   MovimientoBi
663     LCALL   MovimientoUi
664     LGOTO   Siguiente3
665 Rotar25         ; ----- COLOCAR ROTADA
666     LCALL   MovimientoB
667     LCALL   MovimientoL
668     LGOTO   Siguiente3
669 Otra25         ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
670     MOVLW   .12
671     MOVWF   ADDR
672     LCALL   LeerEEPROM
673     MOVWF   NUM1
674     MOVLW   .23
675     MOVWF   ADDR
676     LCALL   LeerEEPROM
677     MOVWF   NUM2
678     LCALL   BuscaArista
679     PAGESELW $
680     MOVF    AUX2,0

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
681     ADDWF    PCL,1
682     GOTO     Colocar23           ;Colocar en su sitio
683     GOTO     Rotar26            ;Colocar rotada en su sitio
684     GOTO     Otra26             ;Comprobar si está en otra arista
685 Colocar23   ; ----- COLOCAR
686     LCALL    MovimientoUi
687     LCALL    MovimientoFi
688     LCALL    MovimientoU
689     LGOTO    Siguiete3
690 Rotar26     ; ----- COLOCAR ROTADA
691     LCALL    MovimientoF
692     LCALL    MovimientoF
693     LCALL    MovimientoLi
694     LCALL    MovimientoF
695     LCALL    MovimientoF
696     LGOTO    Siguiete3
697 Otra26     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
698     MOVLW    .21
699     MOVWF    ADDR
700     LCALL    LeerEEPROM
701     MOVWF    NUM1
702     MOVLW    .41
703     MOVWF    ADDR
704     LCALL    LeerEEPROM
705     MOVWF    NUM2
706     LCALL    BuscaArista
707     PAGESELW $
708     MOVF     AUX2,0
709     ADDWF    PCL,1
710     GOTO     Colocar24           ;Colocar en su sitio
711     GOTO     Rotar27            ;Colocar rotada en su sitio
712     GOTO     Otra27             ;Comprobar si está en otra arista
713 Colocar24   ; ----- COLOCAR
714     LCALL    MovimientoLi
715     LGOTO    Siguiete3
716 Rotar27     ; ----- COLOCAR ROTADA
717     LCALL    MovimientoUi
718     LCALL    MovimientoF
719     LCALL    MovimientoU
720     LGOTO    Siguiete3
721 Otra27     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
722     MOVLW    .39
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

723     MOVWF   ADDR
724     LCALL  LeerEEPROM
725     MOVWF   NUM1
726     MOVLW   .46
727     MOVWF   ADDR
728     LCALL  LeerEEPROM
729     MOVWF   NUM2
730     LCALL  BuscaArista
731     PAGESELW $
732     MOVF    AUX2,0
733     ADDWF   PCL,1
734     GOTO    Colocar25           ;Colocar en su sitio
735     GOTO    Rotar28            ;Colocar rotada en su sitio
736     GOTO    Otra28             ;Comprobar si está en otra arista
737 Colocar25 ; ----- COLOCAR
738     LCALL  MovimientoU
739     LCALL  MovimientoBi
740     LCALL  MovimientoUi
741     LGOTO  Siguiete3
742 Rotar28   ; ----- COLOCAR ROTADA
743     LCALL  MovimientoL
744     LGOTO  Siguiete3
745 Otra28   ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
746     MOVLW   .14
747     MOVWF   ADDR
748     LCALL  LeerEEPROM
749     MOVWF   NUM1
750     MOVLW   .52
751     MOVWF   ADDR
752     LCALL  LeerEEPROM
753     MOVWF   NUM2
754     LCALL  BuscaArista
755     NOP
756     PAGESELW $+.4
757     MOVF    AUX2,0
758     ADDWF   PCL,1
759     GOTO    Colocar26           ;Colocar en su sitio
760     GOTO    Rotar29            ;Colocar rotada en su sitio
761     GOTO    Otra29             ;Comprobar si está en otra arista
762 Colocar26 ; ----- COLOCAR
763     LCALL  MovimientoU
764     LCALL  MovimientoB

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
765     LCALL   MovimientoUi
766     LGOTO   Siguiente3
767 Rotar29           ; ----- COLOCAR ROTADA
768     LCALL   MovimientoB
769     LCALL   MovimientoB
770     LCALL   MovimientoL
771     LGOTO   Siguiente3
772 Otra29           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
773     MOVLW   .16
774     MOVWF   ADDR
775     LCALL   LeerEEPROM
776     MOVWF   NUM1
777     MOVLW   .32
778     MOVWF   ADDR
779     LCALL   LeerEEPROM
780     MOVWF   NUM2
781     LCALL   BuscaArista
782     PAGESELW $
783     MOVF    AUX2,0
784     ADDWF   PCL,1
785     GOTO    Colocar27           ;Colocar en su sitio
786     GOTO    Rotar30           ;Colocar rotada en su sitio
787     GOTO    Otra30           ;Comprobar si está en otra arista
788 Colocar27       ; ----- COLOCAR
789     LCALL   MovimientoDi
790     LCALL   MovimientoF
791     LCALL   MovimientoLi
792     LCALL   MovimientoFi
793     LGOTO   Siguiente3
794 Rotar30           ; ----- COLOCAR ROTADA
795     LCALL   MovimientoD
796     LCALL   MovimientoD
797     LCALL   MovimientoL
798     LCALL   MovimientoL
799     LGOTO   Siguiente3
800 Otra30           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
801     MOVLW   .25
802     MOVWF   ADDR
803     LCALL   LeerEEPROM
804     MOVWF   NUM1
805     MOVLW   .28
806     MOVWF   ADDR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
807     LCALL   LeerEEPROM
808     MOVWF   NUM2
809     LCALL   BuscaArista
810     PAGESELW $
811     MOVF    AUX2,0
812     ADDWF   PCL,1
813     GOTO    Colocar28           ;Colocar en su sitio
814     GOTO    Rotar31            ;Colocar rotada en su sitio
815     GOTO    Otra31             ;Comprobar si está en otra arista
816 Colocar28 ; ----- COLOCAR
817     LCALL   MovimientoF
818     LCALL   MovimientoLi
819     LCALL   MovimientoFi
820     LGOTO   Siguiente3
821 Rotar31   ; ----- COLOCAR ROTADA
822     LCALL   MovimientoDi
823     LCALL   MovimientoL
824     LCALL   MovimientoL
825     LGOTO   Siguiente3
826 Otra31   ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
827     MOVLW   .43
828     MOVWF   ADDR
829     LCALL   LeerEEPROM
830     MOVWF   NUM1
831     MOVLW   .30
832     MOVWF   ADDR
833     LCALL   LeerEEPROM
834     MOVWF   NUM2
835     LCALL   BuscaArista
836     PAGESELW $
837     MOVF    AUX2,0
838     ADDWF   PCL,1
839     GOTO    Colocar29           ;Colocar en su sitio
840     GOTO    Rotar32            ;Colocar rotada en su sitio
841     GOTO    Otra32             ;Comprobar si está en otra arista
842 Colocar29 ; ----- COLOCAR
843     LCALL   MovimientoDi
844     LCALL   MovimientoBi
845     LCALL   MovimientoL
846     LGOTO   Siguiente3
847 Rotar32   ; ----- COLOCAR ROTADA
848     LCALL   MovimientoL
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
849     LCALL   MovimientoL
850     LGOTO   Siguiete3
851 Otra32           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
852     MOVLW   .50
853     MOVWF   ADDR
854     LCALL   LeerEEPROM
855     MOVWF   NUM1
856     MOVLW   .34
857     MOVWF   ADDR
858     LCALL   LeerEEPROM
859     MOVWF   NUM2
860     LCALL   BuscaArista
861     PAGESELW $
862     MOVF    AUX2,0
863     ADDWF   PCL,1
864     GOTO    Colocar30           ;Colocar en su sitio
865     GOTO    Rotar33           ;Colocar rotada en su sitio
866     GOTO    Otra33           ;Comprobar si está en otra arista
867 Colocar30       ; ----- COLOCAR
868     LCALL   MovimientoBi
869     LCALL   MovimientoL
870     LGOTO   Siguiete3
871 Rotar33         ; ----- COLOCAR ROTADA
872     LCALL   MovimientoD
873     LCALL   MovimientoL
874     LCALL   MovimientoL
875     LGOTO   Siguiete3
876 Otra33         ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
877           ; ----- No debería darse este caso
878
879 Siguiete3
880     MOVLW   .0
881     MOVWF   BUSCAR1
882     MOVLW   .5
883     MOVWF   BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
884     MOVLW   .1
885     MOVWF   ADDR
886     LCALL   LeerEEPROM
887     MOVWF   NUM1
888     MOVLW   .48
889     MOVWF   ADDR
890     LCALL   LeerEEPROM
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

891     MOVWF    NUM2           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
892     LCALL   BuscaArista      ; Busca en las aristas los números deseados
893     PAGESELW $
894     MOVF    AUX2,0
895     ADDWF   PCL,1
896     GOTO    CruzFin          ;Colocar en su sitio
897     GOTO    Rotar34          ;Colocar rotada en su sitio
898     GOTO    Otra34           ;Comprobar si está en otra arista
899 Rotar34           ; ----- ROTAR
900     LCALL   MovimientoB
901     LCALL   MovimientoUi
902     LCALL   MovimientoL
903     LCALL   MovimientoU
904     LGOTO   CruzFin
905 Otra34           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
906     MOVLW   .12
907     MOVWF   ADDR
908     LCALL   LeerEEPROM
909     MOVWF   NUM1
910     MOVLW   .23
911     MOVWF   ADDR
912     LCALL   LeerEEPROM
913     MOVWF   NUM2
914     LCALL   BuscaArista
915     PAGESELW $
916     MOVF    AUX2,0
917     ADDWF   PCL,1
918     GOTO    Colocar31        ;Colocar en su sitio
919     GOTO    Rotar35          ;Colocar rotada en su sitio
920     GOTO    Otra35           ;Comprobar si está en otra arista
921 Colocar31        ; ----- COLOCAR
922     LCALL   MovimientoR
923     LCALL   MovimientoR
924     LCALL   MovimientoB
925     LCALL   MovimientoR
926     LCALL   MovimientoR
927     LGOTO   CruzFin
928 Rotar35           ; ----- COLOCAR ROTADA
929     LCALL   MovimientoU
930     LCALL   MovimientoR
931     LCALL   MovimientoUi
932     LGOTO   CruzFin

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
933 Otra35          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
934     MOVLW      .21
935     MOVWF      ADDR
936     LCALL      LeerEEPROM
937     MOVWF      NUM1
938     MOVLW      .41
939     MOVWF      ADDR
940     LCALL      LeerEEPROM
941     MOVWF      NUM2
942     LCALL      BuscaArista
943     PAGESELW   $
944     MOVF        AUX2,0
945     ADDWF      PCL,1
946     GOTO       Colocar32          ;Colocar en su sitio
947     GOTO       Rotar36           ;Colocar rotada en su sitio
948     GOTO       Otra36           ;Comprobar si está en otra arista
949 Colocar32      ; ----- COLOCAR
950     LCALL      MovimientoUi
951     LCALL      MovimientoLi
952     LCALL      MovimientoU
953     LGOTO     CruzFin
954 Rotar36        ; ----- COLOCAR ROTADA
955     LCALL      MovimientoL
956     LCALL      MovimientoL
957     LCALL      MovimientoBi
958     LCALL      MovimientoL
959     LCALL      MovimientoL
960     LGOTO     CruzFin
961 Otra36          ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
962     MOVLW      .39
963     MOVWF      ADDR
964     LCALL      LeerEEPROM
965     MOVWF      NUM1
966     MOVLW      .46
967     MOVWF      ADDR
968     LCALL      LeerEEPROM
969     MOVWF      NUM2
970     LCALL      BuscaArista
971     PAGESELW   $
972     MOVF        AUX2,0
973     ADDWF      PCL,1
974     GOTO       Colocar33          ;Colocar en su sitio
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

975     GOTO    Rotar37           ;Colocar rotada en su sitio
976     GOTO    Otra37          ;Comprobar si está en otra arista
977 Colocar33 ; ----- COLOCAR
978     LCALL   MovimientoBi
979     LGOTO   CruzFin
980 Rotar37           ; ----- COLOCAR ROTADA
981     LCALL   MovimientoUi
982     LCALL   MovimientoL
983     LCALL   MovimientoU
984     LGOTO   CruzFin
985 Otra37           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
986     MOVLW   .14
987     MOVWF   ADDR
988     LCALL   LeerEEPROM
989     MOVWF   NUM1
990     MOVLW   .52
991     MOVWF   ADDR
992     LCALL   LeerEEPROM
993     MOVWF   NUM2
994     LCALL   BuscaArista
995     PAGESELW $
996     MOVF    AUX2,0
997     ADDWF   PCL,1
998     GOTO    Colocar34        ;Colocar en su sitio
999     GOTO    Rotar38         ;Colocar rotada en su sitio
1000    GOTO    Otra38         ;Comprobar si está en otra arista
1001 Colocar34 ; ----- COLOCAR
1002    LCALL   MovimientoB
1003    LGOTO   CruzFin
1004 Rotar38           ; ----- COLOCAR ROTADA
1005    LCALL   MovimientoU
1006    LCALL   MovimientoRi
1007    LCALL   MovimientoUi
1008    LGOTO   CruzFin
1009 Otra38           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA -----
1010    MOVLW   .16
1011    MOVWF   ADDR
1012    LCALL   LeerEEPROM
1013    MOVWF   NUM1
1014    MOVLW   .32
1015    MOVWF   ADDR
1016    LCALL   LeerEEPROM

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1017     MOVWF    NUM2
1018     LCALL    BuscaArista
1019     PAGESELW $
1020     MOVF     AUX2,0
1021     ADDWF    PCL,1
1022     GOTO     Colocar35           ;Colocar en su sitio
1023     GOTO     Rotar39           ;Colocar rotada en su sitio
1024     GOTO     Otra39           ;Comprobar si está en otra arista
1025 Colocar35 ; ----- COLOCAR
1026     LCALL    MovimientoRi
1027     LCALL    MovimientoB
1028     LCALL    MovimientoR
1029     LGOTO    CruzFin
1030 Rotar39     ; ----- COLOCAR ROTADA
1031     LCALL    MovimientoD
1032     LCALL    MovimientoB
1033     LCALL    MovimientoB
1034     LGOTO    CruzFin
1035 Otra39     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
1036     MOVLW    .25
1037     MOVWF    ADDR
1038     LCALL    LeerEEPROM
1039     MOVWF    NUM1
1040     MOVLW    .28
1041     MOVWF    ADDR
1042     LCALL    LeerEEPROM
1043     MOVWF    NUM2
1044     LCALL    BuscaArista
1045     PAGESELW $
1046     MOVF     AUX2,0
1047     ADDWF    PCL,1
1048     GOTO     Colocar36           ;Colocar en su sitio
1049     GOTO     Rotar40           ;Colocar rotada en su sitio
1050     GOTO     Otra40           ;Comprobar si está en otra arista
1051 Colocar36 ; ----- COLOCAR
1052     LCALL    MovimientoD
1053     LCALL    MovimientoRi
1054     LCALL    MovimientoB
1055     LCALL    MovimientoR
1056     LGOTO    CruzFin
1057 Rotar40     ; ----- COLOCAR ROTADA
1058     LCALL    MovimientoD
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1059     LCALL     MovimientoD
1060     LCALL     MovimientoB
1061     LCALL     MovimientoB
1062     LGOTO     CruzFin
1063 Otra40           ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
1064     MOVLW     .43
1065     MOVWF     ADDR
1066     LCALL     LeerEEPROM
1067     MOVWF     NUM1
1068     MOVLW     .30
1069     MOVWF     ADDR
1070     LCALL     LeerEEPROM
1071     MOVWF     NUM2
1072     LCALL     BuscaArista
1073     PAGESELW $
1074     MOVF      AUX2,0
1075     ADDWF     PCL,1
1076     GOTO      Colocar37           ;Colocar en su sitio
1077     GOTO      Rotar41           ;Colocar rotada en su sitio
1078     GOTO      Otra41           ;Comprobar si está en otra arista
1079 Colocar37       ; ----- COLOCAR
1080     LCALL     MovimientoL
1081     LCALL     MovimientoBi
1082     LCALL     MovimientoLi
1083     LGOTO     CruzFin
1084 Rotar41         ; ----- COLOCAR ROTADA
1085     LCALL     MovimientoDi
1086     LCALL     MovimientoB
1087     LCALL     MovimientoB
1088     LGOTO     CruzFin
1089 Otra41         ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
1090     MOVLW     .50
1091     MOVWF     ADDR
1092     LCALL     LeerEEPROM
1093     MOVWF     NUM1
1094     MOVLW     .34
1095     MOVWF     ADDR
1096     LCALL     LeerEEPROM
1097     MOVWF     NUM2
1098     LCALL     BuscaArista
1099     PAGESELW $
1100     MOVF      AUX2,0
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1101      ADDWF   PCL,1
1102      GOTO   Colocar38      ;Colocar en su sitio
1103      GOTO   Rotar42        ;Colocar rotada en su sitio
1104      GOTO   Otra42         ;Comprobar si está en otra arista
1105 Colocar38 ; ----- COLOCAR
1106      LCALL  MovimientoD
1107      LCALL  MovimientoL
1108      LCALL  MovimientoBi
1109      LCALL  MovimientoLi
1110      LGOTO  CruzFin
1111 Rotar42      ; ----- COLOCAR ROTADA
1112      LCALL  MovimientoB
1113      LCALL  MovimientoB
1114      LGOTO  CruzFin
1115 Otra42      ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
1116      ; ----- No debería darse este caso
1117
1118 CruzFin
1119      CLRF   PCLATH
1120      RETURN
```

A.7. Archivo esquinas.inc

```
1 Esquinas      ;8/9/20
2      MOVLW   .0
3      MOVWF   BUSCAR1
4      MOVLW   .1
5      MOVWF   BUSCAR2
6      MOVLW   .2
7      MOVWF   BUSCAR3      ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
8      MOVLW   .8
9      MOVWF   ADDR
10     CALL    LeerEEPROM
11     MOVWF   NUM1
12     MOVLW   .9
13     MOVWF   ADDR
14     CALL    LeerEEPROM
15     MOVWF   NUM2
16     MOVLW   .20
17     MOVWF   ADDR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
18     CALL    LeerEEPROM
19     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
20     CALL    BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
21     PAGESELW $
22     MOVF    AUX2,0
23     ADDWF   PCL,1
24     GOTO    Siguiente5     ;Siguiente esquina
25     GOTO    RotarH         ;Rotar horario
26     GOTO    RotarA         ;Rotar antihorario
27     GOTO    OtraE         ;Comprobar otra esquina
28     ; SIGUIENTE
29 RotarH           ; ROTAR HORARIO
30     CALL    MovimientoRi
31     CALL    MovimientoD
32     CALL    MovimientoR
33     CALL    MovimientoDi
34     CALL    MovimientoRi
35     CALL    MovimientoD
36     CALL    MovimientoR
37     GOTO    Siguiente5
38 RotarA           ; ROTAR ANTIHORARIO
39     CALL    MovimientoRi
40     CALL    MovimientoDi
41     CALL    MovimientoR
42     CALL    MovimientoD
43     CALL    MovimientoRi
44     CALL    MovimientoDi
45     CALL    MovimientoR
46     GOTO    Siguiente5
47 OtraE           ; COMPROBAR OTRA
48     MOVLW   .6
49     MOVWF   ADDR
50     CALL    LeerEEPROM
51     MOVWF   NUM1
52     MOVLW   .18
53     MOVWF   ADDR
54     CALL    LeerEEPROM
55     MOVWF   NUM2
56     MOVLW   .38
57     MOVWF   ADDR
58     CALL    LeerEEPROM
59     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
60     CALL    BuscaEsquina          ; Busca en las aristas los números deseados
61     PAGESELW $
62     MOVF    AUX2,0
63     ADDWF   PCL,1
64     GOTO    ColocarE              ;Posición correcta
65     GOTO    RotarH1              ;Rotar horario
66     GOTO    RotarA1              ;Rotar antihorario
67     GOTO    OtraE1               ;Comprobar otra esquina
68 ColocarE   ; POSICIÓN CORRECTA
69     CALL    MovimientoL
70     CALL    MovimientoD
71     CALL    MovimientoLi
72     CALL    MovimientoD
73     CALL    MovimientoF
74     CALL    MovimientoDi
75     CALL    MovimientoFi
76     GOTO    Siguiete5
77 RotarH1    ; ROTAR HORARIO
78     CALL    MovimientoRi
79     CALL    MovimientoL
80     CALL    MovimientoD
81     CALL    MovimientoR
82     CALL    MovimientoLi
83     GOTO    Siguiete5
84 RotarA1    ; ROTAR ANTIHORARIO
85     CALL    MovimientoL
86     CALL    MovimientoD
87     CALL    MovimientoLi
88     CALL    MovimientoDi
89     CALL    MovimientoL
90     CALL    MovimientoD
91     CALL    MovimientoRi
92     CALL    MovimientoD
93     CALL    MovimientoR
94     CALL    MovimientoLi
95     GOTO    Siguiete5
96 OtraE1    ; COMPROBAR OTRA
97     MOVLW   .0
98     MOVWF   ADDR
99     CALL    LeerEEPROM
100    MOVWF   NUM1
101    MOVLW   .36
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
102     MOVWF   ADDR
103     CALL    LeerEEPROM
104     MOVWF   NUM2
105     MOVLW   .45
106     MOVWF   ADDR
107     CALL    LeerEEPROM
108     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
109     CALL    BuscaEsquina       ; Busca en las aristas los números deseados
110     PAGESELW $
111     MOVF    AUX2,0
112     ADDWF   PCL,1
113     GOTO    ColocarE1         ;Posición correcta
114     GOTO    RotarH2           ;Rotar horario
115     GOTO    RotarA2           ;Rotar antihorario
116     GOTO    OtraE2           ;Comprobar otra esquina
117 ColocarE1 ; POSICIÓN CORRECTA
118     CALL    MovimientoLi
119     CALL    MovimientoRi
120     CALL    MovimientoD
121     CALL    MovimientoD
122     CALL    MovimientoR
123     CALL    MovimientoL
124     GOTO    Siguiente5
125 RotarH2           ; ROTAR HORARIO
126     CALL    MovimientoLi
127     CALL    MovimientoD
128     CALL    MovimientoL
129     CALL    MovimientoRi
130     CALL    MovimientoD
131     CALL    MovimientoD
132     CALL    MovimientoR
133     GOTO    Siguiente5
134 RotarA2           ; ROTAR ANTIHORARIO
135     CALL    MovimientoLi
136     CALL    MovimientoDi
137     CALL    MovimientoL
138     CALL    MovimientoF
139     CALL    MovimientoDi
140     CALL    MovimientoFi
141     GOTO    Siguiente5
142 OtraE2           ; COMPROBAR OTRA
143     MOVLW   .2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
144     MOVWF   ADDR
145     CALL    LeerEEPROM
146     MOVWF   NUM1
147     MOVLW   .51
148     MOVWF   ADDR
149     CALL    LeerEEPROM
150     MOVWF   NUM2
151     MOVLW   .11
152     MOVWF   ADDR
153     CALL    LeerEEPROM
154     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
155     CALL    BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
156     PAGESELW $
157     MOVF    AUX2,0
158     ADDWF   PCL,1
159     GOTO    ColocarE2      ;Posición correcta
160     GOTO    RotarH3        ;Rotar horario
161     GOTO    RotarA3        ;Rotar antihorario
162     GOTO    OtraE3         ;Comprobar otra esquina
163 ColocarE2 ; POSICIÓN CORRECTA
164     CALL    MovimientoB
165     CALL    MovimientoRi
166     CALL    MovimientoB
167     CALL    MovimientoB
168     CALL    MovimientoDi
169     CALL    MovimientoB
170     CALL    MovimientoR
171     GOTO    Siguiete5
172 RotarH3   ; ROTAR HORARIO
173     CALL    MovimientoR
174     CALL    MovimientoD
175     CALL    MovimientoD
176     CALL    MovimientoR
177     CALL    MovimientoR
178     CALL    MovimientoD
179     CALL    MovimientoR
180     GOTO    Siguiete5
181 RotarA3   ; ROTAR ANTIHORARIO
182     CALL    MovimientoBi
183     CALL    MovimientoF
184     CALL    MovimientoDi
185     CALL    MovimientoB
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

186     CALL    MovimientoFi
187     GOTO    Siguiente5
188
189  OtraE3                ; COMPROBAR OTRA -----
190     MOVLW   .35
191     MOVWF   ADDR
192     CALL    LeerEEPROM
193     MOVWF   NUM1
194     MOVLW   .17
195     MOVWF   ADDR
196     CALL    LeerEEPROM
197     MOVWF   NUM2
198     MOVLW   .53
199     MOVWF   ADDR
200     CALL    LeerEEPROM
201     MOVWF   NUM3        ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
202     CALL    BuscaEsquina        ; Busca en las aristas los números deseados
203     PAGESELW $
204     MOVF    AUX2,0
205     ADDWF   PCL,1
206     GOTO    ColocarE3        ;Posición correcta
207     GOTO    RotarH4          ;Rotar horario
208     GOTO    RotarA4          ;Rotar antihorario
209     GOTO    OtraE4          ;Comprobar otra esquina
210  ColocarE3        ; POSICIÓN CORRECTA
211     CALL    MovimientoF
212     CALL    MovimientoBi
213     CALL    MovimientoD
214     CALL    MovimientoD
215     CALL    MovimientoB
216     CALL    MovimientoFi
217     GOTO    Siguiente5
218  RotarH4                ; ROTAR HORARIO
219     CALL    MovimientoF
220     CALL    MovimientoDi
221     CALL    MovimientoFi
222     GOTO    Siguiente5
223  RotarA4                ; ROTAR ANTIHORARIO
224     CALL    MovimientoD
225     CALL    MovimientoD
226     CALL    MovimientoRi
227     CALL    MovimientoD

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
228     CALL     MovimientoR
229     GOTO     Siguiete5
230 OtraE4     ; COMPROBAR OTRA
231     MOVLW   .29
232     MOVWF   ADDR
233     CALL     LeerEEPROM
234     MOVWF   NUM1
235     MOVLW   .26
236     MOVWF   ADDR
237     CALL     LeerEEPROM
238     MOVWF   NUM2
239     MOVLW   .15
240     MOVWF   ADDR
241     CALL     LeerEEPROM
242     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
243     CALL     BuscaEsquina       ; Busca en las aristas los números deseados
244     PAGESELW $
245     MOVF    AUX2,0
246     ADDWF   PCL,1
247     GOTO    ColocarE4           ;Posición correcta
248     GOTO    RotarH5             ;Rotar horario
249     GOTO    RotarA5             ;Rotar antihorario
250     GOTO    OtraE5             ;Comprobar otra esquina
251 ColocarE4     ; POSICIÓN CORRECTA
252     CALL     MovimientoDi
253     CALL     MovimientoL
254     CALL     MovimientoRi
255     CALL     MovimientoD
256     CALL     MovimientoD
257     CALL     MovimientoR
258     CALL     MovimientoLi
259     GOTO     Siguiete5
260 RotarH5       ; ROTAR HORARIO
261     CALL     MovimientoD
262     CALL     MovimientoF
263     CALL     MovimientoDi
264     CALL     MovimientoFi
265     GOTO     Siguiete5
266 RotarA5       ; ROTAR ANTIHORARIO
267     CALL     MovimientoDi
268     CALL     MovimientoRi
269     CALL     MovimientoD
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
270     CALL    MovimientoR
271     GOTO    Siguiente5
272 OtraE5    ; COMPROBAR OTRA
273     MOVLW   .27
274     MOVWF   ADDR
275     CALL    LeerEEPROM
276     MOVWF   NUM1
277     MOVLW   .44
278     MOVWF   ADDR
279     CALL    LeerEEPROM
280     MOVWF   NUM2
281     MOVLW   .24
282     MOVWF   ADDR
283     CALL    LeerEEPROM
284     MOVWF   NUM3          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
285     CALL    BuscaEsquina      ; Busca en las aristas los números deseados
286     PAGESELW $
287     MOVF    AUX2,0
288     ADDWF   PCL,1
289     GOTO    ColocarE5        ;Posición correcta
290     GOTO    RotarH6          ;Rotar horario
291     GOTO    RotarA6          ;Rotar antihorario
292     GOTO    OtraE6          ;Comprobar otra esquina
293 ColocarE5  ; POSICIÓN CORRECTA
294     CALL    MovimientoRi
295     CALL    MovimientoL
296     CALL    MovimientoD
297     CALL    MovimientoD
298     CALL    MovimientoR
299     CALL    MovimientoLi
300     GOTO    Siguiente5
301 RotarH6    ; ROTAR HORARIO
302     CALL    MovimientoD
303     CALL    MovimientoD
304     CALL    MovimientoF
305     CALL    MovimientoDi
306     CALL    MovimientoFi
307     GOTO    Siguiente5
308 RotarA6    ; ROTAR ANTIHORARIO
309     CALL    MovimientoRi
310     CALL    MovimientoD
311     CALL    MovimientoR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
312     GOTO     Siguiete5
313 OtraE6     ; COMPROBAR OTRA
314     MOVLW   .33
315     MOVWF   ADDR
316     CALL    LeerEEPROM
317     MOVWF   NUM1
318     MOVLW   .47
319     MOVWF   ADDR
320     CALL    LeerEEPROM
321     MOVWF   NUM2
322     MOVLW   .42
323     MOVWF   ADDR
324     CALL    LeerEEPROM
325     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
326     CALL    BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
327     PAGESELW $
328     MOVF    AUX2,0
329     ADDWF   PCL,1
330     GOTO    ColocarE6      ;Posición correcta
331     GOTO    RotarH7        ;Rotar horario
332     GOTO    RotarA7        ;Rotar antihorario
333     GOTO    OtraE7         ;Comprobar otra esquina
334 ColocarE6   ; POSICIÓN CORRECTA
335     CALL    MovimientoF
336     CALL    MovimientoLi
337     CALL    MovimientoD
338     CALL    MovimientoL
339     CALL    MovimientoFi
340     GOTO    Siguiete5
341 RotarH7     ; ROTAR HORARIO
342     CALL    MovimientoF
343     CALL    MovimientoD
344     CALL    MovimientoD
345     CALL    MovimientoFi
346     GOTO    Siguiete5
347 RotarA7     ; ROTAR ANTIHORARIO
348     CALL    MovimientoRi
349     CALL    MovimientoD
350     CALL    MovimientoD
351     CALL    MovimientoR
352     GOTO    Siguiete5
353 OtraE7     ; COMPROBAR OTRA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

354
355 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
356 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
357 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
358
359 Siguiente5
360     MOVLW     .0
361     MOVWF     BUSCAR1
362     MOVLW     .2
363     MOVWF     BUSCAR2
364     MOVLW     .4
365     MOVWF     BUSCAR3           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
366     MOVLW     .6
367     MOVWF     ADDR
368     CALL     LeerEEPROM
369     MOVWF     NUM1
370     MOVLW     .18
371     MOVWF     ADDR
372     CALL     LeerEEPROM
373     MOVWF     NUM2
374     MOVLW     .38
375     MOVWF     ADDR
376     CALL     LeerEEPROM
377     MOVWF     NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
378     CALL     BuscaEsquina       ; Busca en las aristas los números deseados
379     PAGESELW $
380     MOVF     AUX2,0
381     ADDWF     PCL,1
382     GOTO     Siguiente6         ;Posición correcta
383     GOTO     RotarH8           ;Rotar horario
384     GOTO     RotarA8           ;Rotar antihorario
385     GOTO     OtraE8           ;Comprobar otra esquina
386     ; SIGUIENTE
387 RotarH8           ; ROTAR HORARIO
388     CALL     MovimientoFi
389     CALL     MovimientoD
390     CALL     MovimientoF
391     CALL     MovimientoDi
392     CALL     MovimientoFi
393     CALL     MovimientoD
394     CALL     MovimientoF
395     GOTO     Siguiente6

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
396 RotarA8          ; ROTAR ANTIHORARIO
397     CALL    MovimientoL
398     CALL    MovimientoDi
399     CALL    MovimientoLi
400     CALL    MovimientoD
401     CALL    MovimientoL
402     CALL    MovimientoDi
403     CALL    MovimientoLi
404     GOTO    Siguiete6
405 OtraE8          ; COMPROBAR OTRA
406     MOVLW   .0
407     MOVWF   ADDR
408     CALL    LeerEEPROM
409     MOVWF   NUM1
410     MOVLW   .36
411     MOVWF   ADDR
412     CALL    LeerEEPROM
413     MOVWF   NUM2
414     MOVLW   .45
415     MOVWF   ADDR
416     CALL    LeerEEPROM
417     MOVWF   NUM3          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
418     CALL    BuscaEsquina          ; Busca en las aristas los números deseados
419     PAGESELW $
420     MOVF    AUX2,0
421     ADDWF   PCL,1
422     GOTO    ColocarE7          ;Posición correcta
423     GOTO    RotarH9          ;Rotar horario
424     GOTO    RotarA9          ;Rotar antihorario
425     GOTO    OtraE9          ;Comprobar otra esquina
426 ColocarE7      ; POSICIÓN CORRECTA
427     CALL    MovimientoB
428     CALL    MovimientoD
429     CALL    MovimientoBi
430     CALL    MovimientoD
431     CALL    MovimientoL
432     CALL    MovimientoDi
433     CALL    MovimientoLi
434     GOTO    Siguiete6
435 RotarH9        ; ROTAR HORARIO
436     CALL    MovimientoFi
437     CALL    MovimientoB
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

438     CALL     MovimientoD
439     CALL     MovimientoF
440     CALL     MovimientoBi
441     GOTO     Siguiente6
442 RotarA9           ; ROTAR ANTIHORARIO
443     CALL     MovimientoB
444     CALL     MovimientoD
445     CALL     MovimientoBi
446     CALL     MovimientoDi
447     CALL     MovimientoB
448     CALL     MovimientoD
449     CALL     MovimientoFi
450     CALL     MovimientoD
451     CALL     MovimientoF
452     CALL     MovimientoBi
453     GOTO     Siguiente6
454 OtraE9           ; COMPROBAR OTRA
455     MOVLW    .2
456     MOVWF    ADDR
457     CALL     LeerEEPROM
458     MOVWF    NUM1
459     MOVLW    .51
460     MOVWF    ADDR
461     CALL     LeerEEPROM
462     MOVWF    NUM2
463     MOVLW    .11
464     MOVWF    ADDR
465     CALL     LeerEEPROM
466     MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
467     CALL     BuscaEsquina           ; Busca en las aristas los números deseados
468     PAGESELW $+.3
469     MOVF     AUX2,0
470     ADDWF    PCL,1
471     GOTO     ColocarE8           ;Posición correcta
472     GOTO     RotarH10           ;Rotar horario
473     GOTO     RotarA10           ;Rotar antihorario
474     GOTO     OtraE10           ;Comprobar otra esquina
475 ColocarE8       ; POSICIÓN CORRECTA
476     CALL     MovimientoBi
477     CALL     MovimientoFi
478     CALL     MovimientoD
479     CALL     MovimientoD

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

480     CALL    MovimientoF
481     CALL    MovimientoB
482     GOTO    Siguiente6
483 RotarH10    ; ROTAR HORARIO
484     CALL    MovimientoBi
485     CALL    MovimientoD
486     CALL    MovimientoB
487     CALL    MovimientoFi
488     CALL    MovimientoD
489     CALL    MovimientoD
490     CALL    MovimientoF
491     GOTO    Siguiente6
492 RotarA10    ; ROTAR ANTIHORARIO
493     CALL    MovimientoBi
494     CALL    MovimientoDi
495     CALL    MovimientoB
496     CALL    MovimientoL
497     CALL    MovimientoDi
498     CALL    MovimientoLi
499     GOTO    Siguiente6
500
501 OtraE10          ; COMPROBAR OTRA
502     MOVLW   .29
503     MOVWF   ADDR
504     CALL    LeerEEPROM
505     MOVWF   NUM1
506     MOVLW   .26
507     MOVWF   ADDR
508     CALL    LeerEEPROM
509     MOVWF   NUM2
510     MOVLW   .15
511     MOVWF   ADDR
512     CALL    LeerEEPROM
513     MOVWF   NUM3          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
514     CALL    BuscaEsquina          ; Busca en las aristas los números deseados
515     PAGESELW $
516     MOVF    AUX2,0
517     ADDWF   PCL,1
518     GOTO    ColocarE9          ;Posición correcta
519     GOTO    RotarH11          ;Rotar horario
520     GOTO    RotarA11          ;Rotar antihorario
521     GOTO    OtraE11          ;Comprobar otra esquina

```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
522 ColocarE9 ; POSICIÓN CORRECTA
523     CALL    MovimientoD
524     CALL    MovimientoD
525     CALL    MovimientoFi
526     CALL    MovimientoB
527     CALL    MovimientoD
528     CALL    MovimientoD
529     CALL    MovimientoF
530     CALL    MovimientoBi
531     GOTO    Siguiente6
532 RotarH11   ; ROTAR HORARIO
533     CALL    MovimientoL
534     CALL    MovimientoDi
535     CALL    MovimientoLi
536     GOTO    Siguiente6
537 RotarA11   ; ROTAR ANTIHORARIO
538     CALL    MovimientoD
539     CALL    MovimientoD
540     CALL    MovimientoFi
541     CALL    MovimientoD
542     CALL    MovimientoF
543     GOTO    Siguiente6
544 OtraE11    ; COMPROBAR OTRA
545     MOVLW   .27
546     MOVWF   ADDR
547     CALL    LeerEEPROM
548     MOVWF   NUM1
549     MOVLW   .44
550     MOVWF   ADDR
551     CALL    LeerEEPROM
552     MOVWF   NUM2
553     MOVLW   .24
554     MOVWF   ADDR
555     CALL    LeerEEPROM
556     MOVWF   NUM3 ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
557     CALL    BuscaEsquina ; Busca en las aristas los números deseados
558     PAGESELW $
559     MOVF    AUX2,0
560     ADDWF   PCL,1
561     GOTO    ColocarE10 ;Posición correcta
562     GOTO    RotarH12 ;Rotar horario
563     GOTO    RotarA12 ;Rotar antihorario
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
564      GOTO      OtraE12          ;Comprobar otra esquina
565 ColocarE10    ; POSICIÓN CORRECTA
566      CALL      MovimientoDi
567      CALL      MovimientoB
568      CALL      MovimientoFi
569      CALL      MovimientoD
570      CALL      MovimientoD
571      CALL      MovimientoF
572      CALL      MovimientoBi
573      GOTO      Siguiente6
574 RotarH12      ; ROTAR HORARIO
575      CALL      MovimientoD
576      CALL      MovimientoL
577      CALL      MovimientoDi
578      CALL      MovimientoLi
579      GOTO      Siguiente6
580 RotarA12      ; ROTAR ANTIHORARIO
581      CALL      MovimientoDi
582      CALL      MovimientoFi
583      CALL      MovimientoD
584      CALL      MovimientoF
585      GOTO      Siguiente6
586 OtraE12      ; COMPROBAR OTRA
587      MOVLW     .33
588      MOVWF     ADDR
589      CALL      LeerEEPROM
590      MOVWF     NUM1
591      MOVLW     .47
592      MOVWF     ADDR
593      CALL      LeerEEPROM
594      MOVWF     NUM2
595      MOVLW     .42
596      MOVWF     ADDR
597      CALL      LeerEEPROM
598      MOVWF     NUM3          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
599      CALL      BuscaEsquina    ; Busca en las aristas los números deseados
600      PAGESELW $
601      MOVF      AUX2,0
602      ADDWF     PCL,1
603      GOTO      ColocarE11      ;Posición correcta
604      GOTO      RotarH13        ;Rotar horario
605      GOTO      RotarA13        ;Rotar antihorario
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
606      GOTO      OtraE13          ;Comprobar otra esquina
607 ColocarE11    ; POSICIÓN CORRECTA
608      CALL      MovimientoFi
609      CALL      MovimientoB
610      CALL      MovimientoD
611      CALL      MovimientoD
612      CALL      MovimientoF
613      CALL      MovimientoBi
614      GOTO      Siguiente6
615 RotarH13      ; ROTAR HORARIO
616      CALL      MovimientoD
617      CALL      MovimientoD
618      CALL      MovimientoL
619      CALL      MovimientoDi
620      CALL      MovimientoLi
621      GOTO      Siguiente6
622 RotarA13      ; ROTAR ANTIHORARIO
623      CALL      MovimientoFi
624      CALL      MovimientoD
625      CALL      MovimientoF
626      GOTO      Siguiente6
627 OtraE13      ; COMPROBAR OTRA
628      MOVLW     .35
629      MOVWF     ADDR
630      CALL      LeerEEPROM
631      MOVWF     NUM1
632      MOVLW     .17
633      MOVWF     ADDR
634      CALL      LeerEEPROM
635      MOVWF     NUM2
636      MOVLW     .53
637      MOVWF     ADDR
638      CALL      LeerEEPROM
639      MOVWF     NUM3          ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
640      CALL      BuscaEsquina    ; Busca en las aristas los números deseados
641      PAGESELW $
642      MOVF      AUX2,0
643      ADDWF     PCL,1
644      GOTO      ColocarE12      ;Posición correcta
645      GOTO      RotarH14        ;Rotar horario
646      GOTO      RotarA14        ;Rotar antihorario
647      GOTO      OtraE14        ;Comprobar otra esquina
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
648 ColocarE12 ; POSICIÓN CORRECTA
649     CALL    MovimientoL
650     CALL    MovimientoBi
651     CALL    MovimientoD
652     CALL    MovimientoB
653     CALL    MovimientoLi
654     GOTO    Siguiente6
655 RotarH14   ; ROTAR HORARIO
656     CALL    MovimientoL
657     CALL    MovimientoD
658     CALL    MovimientoD
659     CALL    MovimientoLi
660     GOTO    Siguiente6
661 RotarA14   ; ROTAR ANTIHORARIO
662     CALL    MovimientoFi
663     CALL    MovimientoD
664     CALL    MovimientoD
665     CALL    MovimientoF
666     GOTO    Siguiente6
667 OtraE14   ; COMPROBAR OTRA
668
669 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
670 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
671 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
672
673 Siguiente6
674     MOVLW   .0
675     MOVWF   BUSCAR1
676     MOVLW   .4
677     MOVWF   BUSCAR2
678     MOVLW   .5
679     MOVWF   BUSCAR3 ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
680     MOVLW   .0
681     MOVWF   ADDR
682     CALL    LeerEEPROM
683     MOVWF   NUM1
684     MOVLW   .36
685     MOVWF   ADDR
686     CALL    LeerEEPROM
687     MOVWF   NUM2
688     MOVLW   .45
689     MOVWF   ADDR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
690     CALL    LeerEEPROM
691     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
692     CALL    BuscaEsquina       ; Busca en las aristas los números deseados
693     PAGESELW $
694     MOVF    AUX2,0
695     ADDWF   PCL,1
696     GOTO    Siguiente7         ;Posición correcta
697     GOTO    RotarH15           ;Rotar horario
698     GOTO    RotarA15           ;Rotar antihorario
699     GOTO    OtraE15           ;Comprobar otra esquina
700     ; SIGUIENTE
701 RotarH15     ; ROTAR HORARIO
702     CALL    MovimientoLi
703     CALL    MovimientoD
704     CALL    MovimientoL
705     CALL    MovimientoDi
706     CALL    MovimientoLi
707     CALL    MovimientoD
708     CALL    MovimientoL
709     GOTO    Siguiente7
710 RotarA15     ; ROTAR ANTIHORARIO
711     CALL    MovimientoB
712     CALL    MovimientoDi
713     CALL    MovimientoBi
714     CALL    MovimientoD
715     CALL    MovimientoB
716     CALL    MovimientoDi
717     CALL    MovimientoBi
718     GOTO    Siguiente7
719 OtraE15     ; COMPROBAR OTRA
720     MOVLW   .2
721     MOVWF   ADDR
722     CALL    LeerEEPROM
723     MOVWF   NUM1
724     MOVLW   .51
725     MOVWF   ADDR
726     CALL    LeerEEPROM
727     MOVWF   NUM2
728     MOVLW   .11
729     MOVWF   ADDR
730     CALL    LeerEEPROM
731     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
732     CALL     BuscaEsquina           ; Busca en las aristas los números deseados
733     PAGESELW $
734     MOVF     AUX2,0
735     ADDWF    PCL,1
736     GOTO     ColocarE13             ;Posición correcta
737     GOTO     RotarH16              ;Rotar horario
738     GOTO     RotarA16              ;Rotar antihorario
739     GOTO     OtraE16               ;Comprobar otra esquina
740 ColocarE13 ; POSICIÓN CORRECTA
741     CALL     MovimientoR
742     CALL     MovimientoD
743     CALL     MovimientoRi
744     CALL     MovimientoD
745     CALL     MovimientoB
746     CALL     MovimientoDi
747     CALL     MovimientoBi
748     GOTO     Siguiete7
749 RotarH16   ; ROTAR HORARIO
750     CALL     MovimientoLi
751     CALL     MovimientoR
752     CALL     MovimientoD
753     CALL     MovimientoL
754     CALL     MovimientoRi
755     GOTO     Siguiete7
756 RotarA16   ; ROTAR ANTIHORARIO
757     CALL     MovimientoR
758     CALL     MovimientoD
759     CALL     MovimientoRi
760     CALL     MovimientoDi
761     CALL     MovimientoR
762     CALL     MovimientoD
763     CALL     MovimientoLi
764     CALL     MovimientoD
765     CALL     MovimientoL
766     CALL     MovimientoRi
767     GOTO     Siguiete7
768
769 OtraE16    ; COMPROBAR OTRA -----
770     MOVLW   .27
771     MOVWF   ADDR
772     CALL    LeerEEPROM
773     MOVWF   NUM1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
774     MOVLW     .44
775     MOVWF    ADDR
776     CALL     LeerEEPROM
777     MOVWF    NUM2
778     MOVLW     .24
779     MOVWF    ADDR
780     CALL     LeerEEPROM
781     MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
782     CALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
783     PAGESELW $
784     MOVF     AUX2,0
785     ADDWF    PCL,1
786     GOTO     ColocarE14     ;Posición correcta
787     GOTO     RotarH17       ;Rotar horario
788     GOTO     RotarA17      ;Rotar antihorario
789     GOTO     OtraE17       ;Comprobar otra esquina
790 ColocarE14   ; POSICIÓN CORRECTA
791     CALL     MovimientoD
792     CALL     MovimientoD
793     CALL     MovimientoLi
794     CALL     MovimientoR
795     CALL     MovimientoD
796     CALL     MovimientoD
797     CALL     MovimientoL
798     CALL     MovimientoRi
799     GOTO     Siguiete7
800 RotarH17    ; ROTAR HORARIO
801     CALL     MovimientoB
802     CALL     MovimientoDi
803     CALL     MovimientoBi
804     GOTO     Siguiete7
805 RotarA17    ; ROTAR ANTIHORARIO
806     CALL     MovimientoD
807     CALL     MovimientoD
808     CALL     MovimientoLi
809     CALL     MovimientoD
810     CALL     MovimientoL
811     GOTO     Siguiete7
812 OtraE17    ; COMPROBAR OTRA
813     MOVLW     .33
814     MOVWF    ADDR
815     CALL     LeerEEPROM
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
816     MOVWF    NUM1
817     MOVLW   .47
818     MOVWF    ADDR
819     CALL     LeerEEPROM
820     MOVWF    NUM2
821     MOVLW   .42
822     MOVWF    ADDR
823     CALL     LeerEEPROM
824     MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
825     CALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
826     PAGESELW $
827     MOVF     AUX2,0
828     ADDWF    PCL,1
829     GOTO     ColocarE15     ;Posición correcta
830     GOTO     RotarH18      ;Rotar horario
831     GOTO     RotarA18      ;Rotar antihorario
832     GOTO     OtraE18       ;Comprobar otra esquina
833 ColocarE15 ; POSICIÓN CORRECTA
834     CALL     MovimientoDi
835     CALL     MovimientoR
836     CALL     MovimientoLi
837     CALL     MovimientoD
838     CALL     MovimientoD
839     CALL     MovimientoL
840     CALL     MovimientoRi
841     GOTO     Siguiente7
842 RotarH18   ; ROTAR HORARIO
843     CALL     MovimientoD
844     CALL     MovimientoB
845     CALL     MovimientoDi
846     CALL     MovimientoBi
847     GOTO     Siguiente7
848 RotarA18   ; ROTAR ANTIHORARIO
849     CALL     MovimientoDi
850     CALL     MovimientoLi
851     CALL     MovimientoD
852     CALL     MovimientoL
853     GOTO     Siguiente7
854 OtraE18   ; COMPROBAR OTRA
855     MOVLW   .35
856     MOVWF    ADDR
857     CALL     LeerEEPROM
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
858     MOVWF    NUM1
859     MOVLW   .17
860     MOVWF    ADDR
861     CALL     LeerEEPROM
862     MOVWF    NUM2
863     MOVLW   .53
864     MOVWF    ADDR
865     CALL     LeerEEPROM
866     MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
867     CALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
868     PAGESELW $
869     MOVF     AUX2,0
870     ADDWF   PCL,1
871     GOTO    ColocarE16      ;Posición correcta
872     GOTO    RotarH19       ;Rotar horario
873     GOTO    RotarA19       ;Rotar antihorario
874     GOTO    OtraE19        ;Comprobar otra esquina
875 ColocarE16 ; POSICIÓN CORRECTA
876     CALL     MovimientoLi
877     CALL     MovimientoR
878     CALL     MovimientoD
879     CALL     MovimientoD
880     CALL     MovimientoL
881     CALL     MovimientoRi
882     GOTO    Siguiente7
883 RotarH19   ; ROTAR HORARIO
884     CALL     MovimientoD
885     CALL     MovimientoD
886     CALL     MovimientoB
887     CALL     MovimientoDi
888     CALL     MovimientoBi
889     GOTO    Siguiente7
890 RotarA19   ; ROTAR ANTIHORARIO
891     CALL     MovimientoLi
892     CALL     MovimientoD
893     CALL     MovimientoL
894     GOTO    Siguiente7
895 OtraE19    ; COMPROBAR OTRA
896     MOVLW   .29
897     MOVWF    ADDR
898     CALL     LeerEEPROM
899     MOVWF    NUM1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
900     MOVLW     .26
901     MOVWF    ADDR
902     CALL     LeerEEPROM
903     MOVWF    NUM2
904     MOVLW    .15
905     MOVWF    ADDR
906     CALL     LeerEEPROM
907     MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
908     CALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
909     PAGESELW $
910     MOVF     AUX2,0
911     ADDWF    PCL,1
912     GOTO     ColocarE17     ;Posición correcta
913     GOTO     RotarH20      ;Rotar horario
914     GOTO     RotarA20     ;Rotar antihorario
915     GOTO     OtraE20      ;Comprobar otra esquina
916 ColocarE17 ; POSICIÓN CORRECTA
917     CALL     MovimientoD
918     CALL     MovimientoBi
919     CALL     MovimientoD
920     CALL     MovimientoB
921     CALL     MovimientoB
922     CALL     MovimientoDi
923     CALL     MovimientoBi
924     GOTO     Siguiente7
925 RotarH20   ; ROTAR HORARIO
926     CALL     MovimientoB
927     CALL     MovimientoD
928     CALL     MovimientoD
929     CALL     MovimientoBi
930     GOTO     Siguiente7
931 RotarA20   ; ROTAR ANTIHORARIO
932     CALL     MovimientoLi
933     CALL     MovimientoD
934     CALL     MovimientoD
935     CALL     MovimientoL
936     GOTO     Siguiente7
937 OtraE20   ; COMPROBAR OTRA
938
939 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
940 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
941 ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
942
943   Siguiente7
944     MOVLW   .0
945     MOVWF   BUSCAR1
946     MOVLW   .5
947     MOVWF   BUSCAR2
948     MOVLW   .1
949     MOVWF   BUSCAR3           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
950     MOVLW   .2
951     MOVWF   ADDR
952     CALL    LeerEEPROM
953     MOVWF   NUM1
954     MOVLW   .51
955     MOVWF   ADDR
956     CALL    LeerEEPROM
957     MOVWF   NUM2
958     MOVLW   .11
959     MOVWF   ADDR
960     CALL    LeerEEPROM
961     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
962     CALL    BuscaEsquina     ; Busca en las aristas los números deseados
963     PAGESELW $
964     MOVF    AUX2,0
965     ADDWF   PCL,1
966     GOTO    EsquinasFin      ;Posición correcta
967     GOTO    RotarH21         ;Rotar horario
968     GOTO    RotarA21         ;Rotar antihorario
969     GOTO    OtraE21          ;Comprobar otra esquina
970     ; SIGUIENTE
971   RotarH21   ; ROTAR HORARIO
972     CALL    MovimientoBi
973     CALL    MovimientoD
974     CALL    MovimientoB
975     CALL    MovimientoDi
976     CALL    MovimientoBi
977     CALL    MovimientoD
978     CALL    MovimientoB
979     GOTO    EsquinasFin
980   RotarA21   ; ROTAR ANTIHORARIO
981     CALL    MovimientoR
982     CALL    MovimientoDi
983     CALL    MovimientoRi
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

984     CALL     MovimientoD
985     CALL     MovimientoR
986     CALL     MovimientoDi
987     CALL     MovimientoRi
988     GOTO     EsquinasFin
989
990     OtraE21   ; COMPROBAR OTRA
991     MOVLW    .33
992     MOVWF    ADDR
993     CALL     LeerEEPROM
994     MOVWF    NUM1
995     MOVLW    .47
996     MOVWF    ADDR
997     CALL     LeerEEPROM
998     MOVWF    NUM2
999     MOVLW    .42
1000    MOVWF    ADDR
1001    CALL     LeerEEPROM
1002    MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1, NUM2 y NUM3
1003    CALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
1004    PAGESELW $
1005    MOVF     AUX2,0
1006    ADDWF    PCL,1
1007    GOTO     ColocarE18     ;Posición correcta
1008    GOTO     RotarH22       ;Rotar horario
1009    GOTO     RotarA22       ;Rotar antihorario
1010    GOTO     OtraE22       ;Comprobar otra esquina
1011    ColocarE18 ; POSICIÓN CORRECTA
1012    CALL     MovimientoD
1013    CALL     MovimientoD
1014    CALL     MovimientoBi
1015    CALL     MovimientoD
1016    CALL     MovimientoD
1017    CALL     MovimientoB
1018    CALL     MovimientoDi
1019    CALL     MovimientoBi
1020    CALL     MovimientoD
1021    CALL     MovimientoB
1022    GOTO     EsquinasFin
1023    RotarH22 ; ROTAR HORARIO
1024    CALL     MovimientoR
1025    CALL     MovimientoDi

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1026     CALL    MovimientoRi
1027     GOTO    EsquinasFin
1028 RotarA22    ; ROTAR ANTIHORARIO
1029     CALL    MovimientoD
1030     CALL    MovimientoD
1031     CALL    MovimientoBi
1032     CALL    MovimientoD
1033     CALL    MovimientoB
1034     GOTO    EsquinasFin
1035 OtraE22    ; COMPROBAR OTRA
1036     MOVLW   .35
1037     MOVWF   ADDR
1038     CALL    LeerEEPROM
1039     MOVWF   NUM1
1040     MOVLW   .17
1041     MOVWF   ADDR
1042     CALL    LeerEEPROM
1043     MOVWF   NUM2
1044     MOVLW   .53
1045     MOVWF   ADDR
1046     CALL    LeerEEPROM
1047     MOVWF   NUM3    ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
1048     CALL    BuscaEsquina    ; Busca en las aristas los números deseados
1049     PAGESELW $
1050     MOVF    AUX2,0
1051     ADDWF   PCL,1
1052     GOTO    ColocarE19    ;Posición correcta
1053     GOTO    RotarH23    ;Rotar horario
1054     GOTO    RotarA23    ;Rotar antihorario
1055     GOTO    OtraE23    ;Comprobar otra esquina
1056 ColocarE19  ; POSICIÓN CORRECTA
1057     CALL    MovimientoBi
1058     CALL    MovimientoD
1059     CALL    MovimientoD
1060     CALL    MovimientoB
1061     CALL    MovimientoD
1062     CALL    MovimientoD
1063     CALL    MovimientoR
1064     CALL    MovimientoDi
1065     CALL    MovimientoRi
1066     GOTO    EsquinasFin
1067 RotarH23    ; ROTAR HORARIO
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1068     CALL     MovimientoBi
1069     CALL     MovimientoDi
1070     CALL     MovimientoB
1071     GOTO     EsquinasFin
1072 RotarA23     ; ROTAR ANTIHORARIO
1073     CALL     MovimientoR
1074     CALL     MovimientoD
1075     CALL     MovimientoRi
1076     GOTO     EsquinasFin
1077 OtraE23     ; COMPROBAR OTRA
1078     MOVLW    .29
1079     MOVWF    ADDR
1080     CALL     LeerEEPROM
1081     MOVWF    NUM1
1082     MOVLW    .26
1083     MOVWF    ADDR
1084     CALL     LeerEEPROM
1085     MOVWF    NUM2
1086     MOVLW    .15
1087     MOVWF    ADDR
1088     CALL     LeerEEPROM
1089     MOVWF    NUM3     ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
1090     CALL     BuscaEsquina     ; Busca en las aristas los números deseados
1091     PAGESELW $
1092     MOVF     AUX2,0
1093     ADDWF    PCL,1
1094     GOTO     ColocarE20     ;Posición correcta
1095     GOTO     RotarH24     ;Rotar horario
1096     GOTO     RotarA24     ;Rotar antihorario
1097     GOTO     OtraE24     ;Comprobar otra esquina
1098 ColocarE20   ; POSICIÓN CORRECTA
1099     CALL     MovimientoBi
1100     CALL     MovimientoD
1101     CALL     MovimientoD
1102     CALL     MovimientoB
1103     CALL     MovimientoDi
1104     CALL     MovimientoBi
1105     CALL     MovimientoD
1106     CALL     MovimientoB
1107     GOTO     EsquinasFin
1108 RotarH24     ; ROTAR HORARIO
1109     CALL     MovimientoD
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

1110     CALL    MovimientoD
1111     CALL    MovimientoR
1112     CALL    MovimientoDi
1113     CALL    MovimientoRi
1114     GOTO    EsquinasFin
1115 RotarA24    ; ROTAR ANTIHORARIO
1116     CALL    MovimientoBi
1117     CALL    MovimientoD
1118     CALL    MovimientoB
1119     GOTO    EsquinasFin
1120 OtraE24    ; COMPROBAR OTRA
1121     MOVLW   .27
1122     MOVWF   ADDR
1123     CALL    LeerEEPROM
1124     MOVWF   NUM1
1125     MOVLW   .44
1126     MOVWF   ADDR
1127     CALL    LeerEEPROM
1128     MOVWF   NUM2
1129     MOVLW   .24
1130     MOVWF   ADDR
1131     CALL    LeerEEPROM
1132     MOVWF   NUM3    ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
1133     CALL    BuscaEsquina    ; Busca en las aristas los números deseados
1134     PAGESELW $
1135     MOVF    AUX2,0
1136     ADDWF   PCL,1
1137     GOTO    ColocarE21    ;Posición correcta
1138     GOTO    RotarH25    ;Rotar horario
1139     GOTO    RotarA25    ;Rotar antihorario
1140     GOTO    OtraE25    ;Comprobar otra esquina
1141 ColocarE21  ; POSICIÓN CORRECTA
1142     CALL    MovimientoD
1143     CALL    MovimientoD
1144     CALL    MovimientoBi
1145     CALL    MovimientoD
1146     CALL    MovimientoD
1147     CALL    MovimientoB
1148     CALL    MovimientoD
1149     CALL    MovimientoD
1150     CALL    MovimientoR
1151     CALL    MovimientoDi

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
1152     CALL     MovimientoRi
1153     GOTO     EsquinasFin
1154 RotarH25     ; ROTAR HORARIO
1155     CALL     MovimientoR
1156     CALL     MovimientoD
1157     CALL     MovimientoD
1158     CALL     MovimientoRi
1159     GOTO     EsquinasFin
1160 RotarA25     ; ROTAR ANTIHORARIO
1161     CALL     MovimientoBi
1162     CALL     MovimientoD
1163     CALL     MovimientoD
1164     CALL     MovimientoB
1165     GOTO     EsquinasFin
1166 OtraE25           ; COMPROBAR OTRA
1167
1168 EsquinasFin
1169     CLRF     PCLATH
1170     RETURN
```

A.8. Archivo capaintermedia.inc

```
1  CapaIntermedia
2  MOVLW    .1
3  MOVWF    BUSCAR1
4  MOVLW    .2
5  MOVWF    BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
6
7  MOVLW    .12
8  MOVWF    ADDR
9  LCALL    LeerEEPROM
10 MOVWF    NUM1
11 MOVLW    .23
12 MOVWF    ADDR
13 LCALL    LeerEEPROM
14 MOVWF    NUM2
15 LCALL    BuscaArista
16 PAGESELW $
17 MOVF     AUX2,0
18 ADDWF    PCL,1
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

19     GOTO    Siguiente8          ;Siguiente
20     GOTO    Rotar43             ;Rotar
21     GOTO    Otra43              ;Comprobar si está en otra arista
22 Rotar43          ; ----- COLOCAR ROTADA
23     LCALL   MovimientoF
24     LCALL   MovimientoD
25     LCALL   MovimientoFi
26     LCALL   MovimientoD
27     LCALL   MovimientoD
28     LCALL   MovimientoF
29     LCALL   MovimientoD
30     LCALL   MovimientoD
31     LCALL   MovimientoFi
32     LCALL   MovimientoD
33     LCALL   MovimientoRi
34     LCALL   MovimientoDi
35     LCALL   MovimientoR
36     LGOTO   Siguiente8
37     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
38 Otra43
39     MOVLW   .21
40     MOVWF   ADDR
41     LCALL   LeerEEPROM
42     MOVWF   NUM1
43     MOVLW   .41
44     MOVWF   ADDR
45     LCALL   LeerEEPROM
46     MOVWF   NUM2
47     LCALL   BuscaArista
48     PAGESELW $
49     MOVF    AUX2,0
50     ADDWF   PCL,1
51     GOTO    Colocar39          ;Colocar en su sitio
52     GOTO    Rotar44           ;Colocar rotada en su sitio
53     GOTO    Otra44           ;Comprobar si está en otra arista
54 Colocar39       ; ----- COLOCAR
55     LCALL   MovimientoL
56     LCALL   MovimientoD
57     LCALL   MovimientoLi
58     LCALL   MovimientoDi
59     LCALL   MovimientoFi
60     LCALL   MovimientoDi

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

61      LCALL  MovimientoF
62      LCALL  MovimientoD
63  Aux          ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;          2 ARRIBA 1 ABAJO
64      LCALL  MovimientoRi
65      LCALL  MovimientoD
66      LCALL  MovimientoR
67      LCALL  MovimientoD
68      LCALL  MovimientoF
69      LCALL  MovimientoDi
70      LCALL  MovimientoFi
71      LGOTO  Siguiente8
72  Rotar44      ; ----- COLOCAR ROTADA
73      LCALL  MovimientoL
74      LCALL  MovimientoD
75      LCALL  MovimientoLi
76      LCALL  MovimientoDi
77      LCALL  MovimientoFi
78      LCALL  MovimientoDi
79      LCALL  MovimientoF
80  Aux1         ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;          1 ARRIBA 2 ABAJO
81      LCALL  MovimientoF
82      LCALL  MovimientoDi
83      LCALL  MovimientoFi
84      LCALL  MovimientoDi
85      LCALL  MovimientoRi
86      LCALL  MovimientoD
87      LCALL  MovimientoR
88      LGOTO  Siguiente8
89      ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
90  Otra44
91      MOVLW  .39
92      MOVWF  ADDR
93      LCALL  LeerEEPROM
94      MOVWF  NUM1
95      MOVLW  .46
96      MOVWF  ADDR
97      LCALL  LeerEEPROM
98      MOVWF  NUM2
99      LCALL  BuscaArista
100     PAGESELW $
101     MOVF   AUX2,0
102     ADDWF  PCL,1

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
103     GOTO    Colocar40          ;Colocar en su sitio
104     GOTO    Rotar45           ;Colocar rotada en su sitio
105     GOTO    Otra45            ;Comprobar si está en otra arista
106 Colocar40 ; ----- COLOCAR
107     LCALL   MovimientoB
108     LCALL   MovimientoD
109     LCALL   MovimientoBi
110     LCALL   MovimientoDi
111     LCALL   MovimientoLi
112     LCALL   MovimientoDi
113     LCALL   MovimientoL
114     LCALL   MovimientoDi
115     LCALL   MovimientoDi
116     LGOTO   Aux
117 Rotar45      ; ----- COLOCAR ROTADA
118     LCALL   MovimientoB
119     LCALL   MovimientoD
120     LCALL   MovimientoBi
121     LCALL   MovimientoDi
122     LCALL   MovimientoLi
123     LCALL   MovimientoDi
124     LCALL   MovimientoL
125     LCALL   MovimientoD
126     LGOTO   Aux1
127     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
128 Otra45
129     MOVLW   .52
130     MOVWF   ADDR
131     LCALL   LeerEEPROM
132     MOVWF   NUM1
133     MOVLW   .14
134     MOVWF   ADDR
135     LCALL   LeerEEPROM
136     MOVWF   NUM2
137     LCALL   BuscaArista
138     PAGESELW $
139     MOVF    AUX2,0
140     ADDWF   PCL,1
141     GOTO    Colocar41          ;Colocar en su sitio
142     GOTO    Rotar46           ;Colocar rotada en su sitio
143     GOTO    Otra46            ;Comprobar si está en otra arista
144 Colocar41 ; ----- COLOCAR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
145     LCALL     MovimientoR
146     LCALL     MovimientoD
147     LCALL     MovimientoRi
148     LCALL     MovimientoDi
149     LCALL     MovimientoBi
150     LCALL     MovimientoDi
151     LCALL     MovimientoB
152     LCALL     MovimientoDi
153     LGOTO     Aux
154 Rotar46           ; ----- COLOCAR ROTADA
155     LCALL     MovimientoR
156     LCALL     MovimientoD
157     LCALL     MovimientoRi
158     LCALL     MovimientoDi
159     LCALL     MovimientoBi
160     LCALL     MovimientoDi
161     LCALL     MovimientoB
162     LCALL     MovimientoD
163     LCALL     MovimientoD
164     LGOTO     Aux1
165     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
166 Otra46           ; ----- CAPA IN
167     MOVLW     .25
168     MOVWF     ADDR
169     LCALL     LeerEEPROM
170     MOVWF     NUM1
171     MOVLW     .28
172     MOVWF     ADDR
173     LCALL     LeerEEPROM
174     MOVWF     NUM2
175     LCALL     BuscaArista
176     PAGESELW $
177     MOVF      AUX2,0
178     ADDWF     PCL,1
179     GOTO     Colocar42           ;Colocar en su sitio
180     GOTO     Rotar47           ;Colocar rotada en su sitio
181     GOTO     Otra47           ;Comprobar si está en otra arista
182 Colocar42       ; ----- COLOCAR
183     LCALL     MovimientoD
184     LCALL     MovimientoD
185     LGOTO     Aux1
186 Rotar47           ; ----- COLOCAR ROTADA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

187     LCALL  MovimientoDi
188     LGOTO  Aux
189     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
190 Otra47
191     MOVLW  .43
192     MOVWF  ADDR
193     LCALL  LeerEEPROM
194     MOVWF  NUM1
195     MOVLW  .30
196     MOVWF  ADDR
197     LCALL  LeerEEPROM
198     MOVWF  NUM2
199     LCALL  BuscaArista
200     PAGESELW $
201     MOVF   AUX2,0
202     ADDWF  PCL,1
203     GOTO   Colocar43           ;Colocar en su sitio
204     GOTO   Rotar48            ;Colocar rotada en su sitio
205     GOTO   Otra48            ;Comprobar si está en otra arista
206 Colocar43 ; ----- COLOCAR
207     LCALL  MovimientoDi
208     LGOTO  Aux1
209 Rotar48           ; ----- COLOCAR ROTADA
210     LGOTO  Aux
211     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
212 Otra48
213     MOVLW  .50
214     MOVWF  ADDR
215     LCALL  LeerEEPROM
216     MOVWF  NUM1
217     MOVLW  .34
218     MOVWF  ADDR
219     LCALL  LeerEEPROM
220     MOVWF  NUM2
221     LCALL  BuscaArista
222     PAGESELW $
223     MOVF   AUX2,0
224     ADDWF  PCL,1
225     GOTO   Colocar44           ;Colocar en su sitio
226     GOTO   Rotar49            ;Colocar rotada en su sitio
227     GOTO   Otra49            ;Comprobar si está en otra arista
228 Colocar44 ; ----- COLOCAR

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

229      LGOTO    Aux1
230 Rotar49          ; ----- COLOCAR ROTADA
231      LCALL   MovimientoD
232      LGOTO    Aux
233      ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
234 Otra49
235      MOVLW   .16
236      MOVWF   ADDR
237      LCALL   LeerEEPROM
238      MOVWF   NUM1
239      MOVLW   .32
240      MOVWF   ADDR
241      LCALL   LeerEEPROM
242      MOVWF   NUM2
243      LCALL   BuscaArista
244      PAGESELW $
245      MOVF    AUX2,0
246      ADDWF   PCL,1
247      GOTO    Colocar45          ;Colocar en su sitio
248      GOTO    Rotar50           ;Colocar rotada en su sitio
249      GOTO    Otra50            ;Comprobar si está en otra arista
250 Colocar45       ; ----- COLOCAR
251      LCALL   MovimientoD
252      LGOTO    Aux1
253 Rotar50          ; ----- COLOCAR ROTADA
254      LCALL   MovimientoD
255      LCALL   MovimientoD
256      LGOTO    Aux
257      ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
258 Otra50
259
260      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
261      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
262      ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
263
264 Siguiente8
265      MOVLW   .2
266      MOVWF   BUSCAR1
267      MOVLW   .4
268      MOVWF   BUSCAR2          ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
269
270      MOVLW   .21

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
271     MOVWF   ADDR
272     LCALL   LeerEEPROM
273     MOVWF   NUM1
274     MOVLW   .41
275     MOVWF   ADDR
276     LCALL   LeerEEPROM
277     MOVWF   NUM2
278     LCALL   BuscaArista
279     PAGESELW $
280     MOVF    AUX2,0
281     ADDWF   PCL,1
282     GOTO    Siguiente9           ;Siguiente
283     GOTO    Rotar51             ;Rotar
284     GOTO    Otra51             ;Comprobar si está en otra arista
285 Rotar51           ; ----- COLOCAR ROTADA
286     LCALL   MovimientoL
287     LCALL   MovimientoD
288     LCALL   MovimientoLi
289     LCALL   MovimientoD
290     LCALL   MovimientoD
291     LCALL   MovimientoL
292     LCALL   MovimientoD
293     LCALL   MovimientoD
294     LCALL   MovimientoLi
295     LCALL   MovimientoD
296     LCALL   MovimientoFi
297     LCALL   MovimientoDi
298     LCALL   MovimientoF
299     LGOTO   Siguiente9
300     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
301 Otra51
302     MOVLW   .39
303     MOVWF   ADDR
304     LCALL   LeerEEPROM
305     MOVWF   NUM1
306     MOVLW   .46
307     MOVWF   ADDR
308     LCALL   LeerEEPROM
309     MOVWF   NUM2
310     LCALL   BuscaArista
311     PAGESELW $
312     MOVF    AUX2,0
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
313     ADDWF   PCL,1
314     GOTO    Colocar46           ;Colocar en su sitio
315     GOTO    Rotar52            ;Colocar rotada en su sitio
316     GOTO    Otra52            ;Comprobar si está en otra arista
317 Colocar46 ; ----- COLOCAR
318     LCALL   MovimientoB
319     LCALL   MovimientoD
320     LCALL   MovimientoBi
321     LCALL   MovimientoDi
322     LCALL   MovimientoLi
323     LCALL   MovimientoDi
324     LCALL   MovimientoL
325     LCALL   MovimientoD
326 Aux2           ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
327     LCALL   MovimientoFi
328     LCALL   MovimientoD
329     LCALL   MovimientoF
330     LCALL   MovimientoD
331     LCALL   MovimientoL
332     LCALL   MovimientoDi
333     LCALL   MovimientoLi
334     LGOTO   Siguiente9
335 Rotar52        ; ----- COLOCAR ROTADA
336     LCALL   MovimientoB
337     LCALL   MovimientoD
338     LCALL   MovimientoBi
339     LCALL   MovimientoDi
340     LCALL   MovimientoLi
341     LCALL   MovimientoDi
342     LCALL   MovimientoL
343 Aux3           ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
344     LCALL   MovimientoL
345     LCALL   MovimientoDi
346     LCALL   MovimientoLi
347     LCALL   MovimientoDi
348     LCALL   MovimientoFi
349     LCALL   MovimientoD
350     LCALL   MovimientoF
351     LGOTO   Siguiente9
352     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
353 Otra52
354     MOVLW   .52
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

355     MOVWF   ADDR
356     LCALL  LeerEEPROM
357     MOVWF   NUM1
358     MOVLW  .14
359     MOVWF   ADDR
360     LCALL  LeerEEPROM
361     MOVWF   NUM2
362     LCALL  BuscaArista
363     PAGESELW $
364     MOVF   AUX2,0
365     ADDWF  PCL,1
366     GOTO   Colocar47           ;Colocar en su sitio
367     GOTO   Rotar53            ;Colocar rotada en su sitio
368     GOTO   Otra53             ;Comprobar si está en otra arista
369 Colocar47 ; ----- COLOCAR
370     LCALL  MovimientoR
371     LCALL  MovimientoD
372     LCALL  MovimientoRi
373     LCALL  MovimientoDi
374     LCALL  MovimientoBi
375     LCALL  MovimientoDi
376     LCALL  MovimientoB
377     LCALL  MovimientoDi
378     LCALL  MovimientoDi
379     LGOTO  Aux2
380 Rotar53   ; ----- COLOCAR ROTADA
381     LCALL  MovimientoR
382     LCALL  MovimientoD
383     LCALL  MovimientoRi
384     LCALL  MovimientoDi
385     LCALL  MovimientoBi
386     LCALL  MovimientoDi
387     LCALL  MovimientoB
388     LCALL  MovimientoD
389     LGOTO  Aux3
390     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
391 Otra53   ; ----- CAPA IN
392     MOVLW  .25
393     MOVWF   ADDR
394     LCALL  LeerEEPROM
395     MOVWF   NUM1
396     MOVLW  .28

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
397     MOVWF   ADDR
398     LCALL  LeerEEPROM
399     MOVWF   NUM2
400     LCALL  BuscaArista
401     PAGESELW $
402     MOVF    AUX2,0
403     ADDWF   PCL,1
404     GOTO    Colocar48           ;Colocar en su sitio
405     GOTO    Rotar54           ;Colocar rotada en su sitio
406     GOTO    Otra54           ;Comprobar si está en otra arista
407 Colocar48 ; ----- COLOCAR
408     LCALL  MovimientoD
409     LGOTO  Aux3
410 Rotar54   ; ----- COLOCAR ROTADA
411     LCALL  MovimientoDi
412     LCALL  MovimientoDi
413     LGOTO  Aux2
414     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
415 Otra54
416     MOVLW  .43
417     MOVWF   ADDR
418     LCALL  LeerEEPROM
419     MOVWF   NUM1
420     MOVLW  .30
421     MOVWF   ADDR
422     LCALL  LeerEEPROM
423     MOVWF   NUM2
424     LCALL  BuscaArista
425     PAGESELW $
426     MOVF    AUX2,0
427     ADDWF   PCL,1
428     GOTO    Colocar49           ;Colocar en su sitio
429     GOTO    Rotar55           ;Colocar rotada en su sitio
430     GOTO    Otra55           ;Comprobar si está en otra arista
431 Colocar49 ; ----- COLOCAR
432     LCALL  MovimientoDi
433     LCALL  MovimientoDi
434     LGOTO  Aux3
435 Rotar55   ; ----- COLOCAR ROTADA
436     LCALL  MovimientoDi
437     LGOTO  Aux2
438     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
439 Otra55
440     MOVLW    .50
441     MOVWF   ADDR
442     LCALL   LeerEEPROM
443     MOVWF   NUM1
444     MOVLW    .34
445     MOVWF   ADDR
446     LCALL   LeerEEPROM
447     MOVWF   NUM2
448     LCALL   BuscaArista
449     PAGESELW $
450     MOVF    AUX2,0
451     ADDWF   PCL,1
452     GOTO    Colocar50           ;Colocar en su sitio
453     GOTO    Rotar56            ;Colocar rotada en su sitio
454     GOTO    Otra56            ;Comprobar si está en otra arista
455 Colocar50 ; ----- COLOCAR
456     LCALL   MovimientoDi
457     LGOTO   Aux3
458 Rotar56   ; ----- COLOCAR ROTADA
459     LGOTO   Aux2
460     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
461 Otra56
462     MOVLW    .16
463     MOVWF   ADDR
464     LCALL   LeerEEPROM
465     MOVWF   NUM1
466     MOVLW    .32
467     MOVWF   ADDR
468     LCALL   LeerEEPROM
469     MOVWF   NUM2
470     LCALL   BuscaArista
471     PAGESELW $
472     MOVF    AUX2,0
473     ADDWF   PCL,1
474     GOTO    Colocar51           ;Colocar en su sitio
475     GOTO    Rotar57            ;Colocar rotada en su sitio
476     GOTO    Otra57            ;Comprobar si está en otra arista
477 Colocar51 ; ----- COLOCAR
478     LGOTO   Aux3
479 Rotar57   ; ----- COLOCAR ROTADA
480     LCALL   MovimientoD
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
481     LGOTO     Aux2
482     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
483 Otra57
484
485     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
486     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
487     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
488
489     Siguiente9
490     MOVLW     .4
491     MOVWF     BUSCAR1
492     MOVLW     .5
493     MOVWF     BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
494
495     MOVLW     .39
496     MOVWF     ADDR
497     LCALL     LeerEEPROM
498     MOVWF     NUM1
499     MOVLW     .46
500     MOVWF     ADDR
501     LCALL     LeerEEPROM
502     MOVWF     NUM2
503     LCALL     BuscaArista
504     PAGESELW $
505     MOVF     AUX2,0
506     ADDWF     PCL,1
507     GOTO     Siguiente10       ;Siguiente
508     GOTO     Rotar58           ;Rotar
509     GOTO     Otra58           ;Comprobar si está en otra arista
510 Rotar58           ; ----- COLOCAR ROTADA
511     LCALL     MovimientoB
512     LCALL     MovimientoD
513     LCALL     MovimientoBi
514     LCALL     MovimientoD
515     LCALL     MovimientoD
516     LCALL     MovimientoB
517     LCALL     MovimientoD
518     LCALL     MovimientoD
519     LCALL     MovimientoBi
520     LCALL     MovimientoD
521     LCALL     MovimientoLi
522     LCALL     MovimientoDi
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

523     LCALL   MovimientoL
524     LGOTO   Siguiente10
525     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
526 Otra58
527     MOVLW   .52
528     MOVWF   ADDR
529     LCALL   LeerEEPROM
530     MOVWF   NUM1
531     MOVLW   .14
532     MOVWF   ADDR
533     LCALL   LeerEEPROM
534     MOVWF   NUM2
535     LCALL   BuscaArista
536     PAGESELW $
537     MOVF    AUX2,0
538     ADDWF   PCL,1
539     GOTO    Colocar52           ;Colocar en su sitio
540     GOTO    Rotar59           ;Colocar rotada en su sitio
541     GOTO    Otra59           ;Comprobar si está en otra arista
542 Colocar52 ; ----- COLOCAR
543     LCALL   MovimientoR
544     LCALL   MovimientoD
545     LCALL   MovimientoRi
546     LCALL   MovimientoDi
547     LCALL   MovimientoBi
548     LCALL   MovimientoDi
549     LCALL   MovimientoB
550     LCALL   MovimientoD
551 Aux4           ;;;;;;;;;;;;;;
552     LCALL   MovimientoLi
553     LCALL   MovimientoD
554     LCALL   MovimientoL
555     LCALL   MovimientoD
556     LCALL   MovimientoB
557     LCALL   MovimientoDi
558     LCALL   MovimientoBi
559     LGOTO   Siguiente10
560 Rotar59           ; ----- COLOCAR ROTADA
561     LCALL   MovimientoR
562     LCALL   MovimientoD
563     LCALL   MovimientoRi
564     LCALL   MovimientoDi

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

565     LCALL   MovimientoBi
566     LCALL   MovimientoDi
567     LCALL   MovimientoB
568 Aux5           ;;;;;;;;;;;;;;;;;;
569     LCALL   MovimientoB
570     LCALL   MovimientoDi
571     LCALL   MovimientoBi
572     LCALL   MovimientoDi
573     LCALL   MovimientoLi
574     LCALL   MovimientoD
575     LCALL   MovimientoL
576     LGOTO   Siguiente10
577     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
578 Otra59                                     ; ----- CAPA IN
579     MOVLW   .25
580     MOVWF   ADDR
581     LCALL   LeerEEPROM
582     MOVWF   NUM1
583     MOVLW   .28
584     MOVWF   ADDR
585     LCALL   LeerEEPROM
586     MOVWF   NUM2
587     LCALL   BuscaArista
588     PAGESELW $
589     MOVF    AUX2,0
590     ADDWF   PCL,1
591     GOTO    Colocar53           ;Colocar en su sitio
592     GOTO    Rotar60           ;Colocar rotada en su sitio
593     GOTO    Otra60           ;Comprobar si está en otra arista
594 Colocar53   ; ----- COLOCAR
595     LGOTO   Aux5
596 Rotar60     ; ----- COLOCAR ROTADA
597     LCALL   MovimientoD
598     LGOTO   Aux4
599     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
600 Otra60
601     MOVLW   .43
602     MOVWF   ADDR
603     LCALL   LeerEEPROM
604     MOVWF   NUM1
605     MOVLW   .30
606     MOVWF   ADDR

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
607     LCALL   LeerEEPROM
608     MOVWF   NUM2
609     LCALL   BuscaArista
610     PAGESELW $
611     MOVF    AUX2,0
612     ADDWF   PCL,1
613     GOTO    Colocar54           ;Colocar en su sitio
614     GOTO    Rotar61            ;Colocar rotada en su sitio
615     GOTO    Otra61             ;Comprobar si está en otra arista
616 Colocar54 ; ----- COLOCAR
617     LCALL   MovimientoD
618     LGOTO   Aux5
619 Rotar61   ; ----- COLOCAR ROTADA
620     LCALL   MovimientoD
621     LCALL   MovimientoD
622     LGOTO   Aux4
623     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
624 Otra61
625     MOVLW   .50
626     MOVWF   ADDR
627     LCALL   LeerEEPROM
628     MOVWF   NUM1
629     MOVLW   .34
630     MOVWF   ADDR
631     LCALL   LeerEEPROM
632     MOVWF   NUM2
633     LCALL   BuscaArista
634     PAGESELW $
635     MOVF    AUX2,0
636     ADDWF   PCL,1
637     GOTO    Colocar55           ;Colocar en su sitio
638     GOTO    Rotar62            ;Colocar rotada en su sitio
639     GOTO    Otra62             ;Comprobar si está en otra arista
640 Colocar55 ; ----- COLOCAR
641     LCALL   MovimientoD
642     LCALL   MovimientoD
643     LGOTO   Aux5
644 Rotar62   ; ----- COLOCAR ROTADA
645     LCALL   MovimientoDi
646     LGOTO   Aux4
647     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
648 Otra62
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

649     MOVLW     .16
650     MOVWF     ADDR
651     LCALL     LeerEEPROM
652     MOVWF     NUM1
653     MOVLW     .32
654     MOVWF     ADDR
655     LCALL     LeerEEPROM
656     MOVWF     NUM2
657     LCALL     BuscaArista
658     PAGESELW $
659     MOVF      AUX2,0
660     ADDWF     PCL,1
661     GOTO     Colocar56           ;Colocar en su sitio
662     GOTO     Rotar63            ;Colocar rotada en su sitio
663     GOTO     Otra63            ;Comprobar si está en otra arista
664 Colocar56   ; ----- COLOCAR
665     LCALL     MovimientoDi
666     LGOTO     Aux5
667 Rotar63     ; ----- COLOCAR ROTADA
668     LGOTO     Aux4
669     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
670 Otra63
671
672     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
673     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
674     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
675
676 Siguiente10
677     MOVLW     .5
678     MOVWF     BUSCAR1
679     MOVLW     .1
680     MOVWF     BUSCAR2           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
681
682     MOVLW     .52
683     MOVWF     ADDR
684     LCALL     LeerEEPROM
685     MOVWF     NUM1
686     MOVLW     .14
687     MOVWF     ADDR
688     LCALL     LeerEEPROM
689     MOVWF     NUM2
690     LCALL     BuscaArista

```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

691     PAGESELW $
692     MOVF     AUX2,0
693     ADDWF    PCL,1
694     GOTO     CapaIntermediaFin           ;Siguiente
695     GOTO     Rotar64                     ;Rotar
696     GOTO     Otra64                     ;Comprobar si está en otra arista
697 Rotar64           ; ----- COLOCAR ROTADA
698     LCALL    MovimientoR
699     LCALL    MovimientoD
700     LCALL    MovimientoRi
701     LCALL    MovimientoD
702     LCALL    MovimientoD
703     LCALL    MovimientoR
704     LCALL    MovimientoD
705     LCALL    MovimientoD
706     LCALL    MovimientoRi
707     LCALL    MovimientoD
708     LCALL    MovimientoBi
709     LCALL    MovimientoDi
710     LCALL    MovimientoB
711     LGOTO    CapaIntermediaFin
712     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
713 Otra64           ; ----- CAPA IN
714     MOVLW    .25
715     MOVWF    ADDR
716     LCALL    LeerEEPROM
717     MOVWF    NUM1
718     MOVLW    .28
719     MOVWF    ADDR
720     LCALL    LeerEEPROM
721     MOVWF    NUM2
722     LCALL    BuscaArista
723     NOP
724     NOP
725     PAGESELW $+.4
726     MOVF     AUX2,0
727     ADDWF    PCL,1
728     GOTO     Colocar57                 ;Colocar en su sitio
729     GOTO     Rotar65                 ;Colocar rotada en su sitio
730     GOTO     Otra65                 ;Comprobar si está en otra arista
731 Colocar57       ; ----- COLOCAR
732     LCALL    MovimientoDi

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
733 Aux7                ;;;;;;;;;;;;;;;;;;
734     LCALL    MovimientoR
735     LCALL    MovimientoDi
736     LCALL    MovimientoRi
737     LCALL    MovimientoDi
738     LCALL    MovimientoBi
739     LCALL    MovimientoD
740     LCALL    MovimientoB
741     LGOTO    CapaIntermediaFin
742 Rotar65              ; ----- COLOCAR ROTADA
743 Aux6                ;;;;;;;;;;;;;;;;;;
744     LCALL    MovimientoBi
745     LCALL    MovimientoD
746     LCALL    MovimientoB
747     LCALL    MovimientoD
748     LCALL    MovimientoR
749     LCALL    MovimientoDi
750     LCALL    MovimientoRi
751     LGOTO    CapaIntermediaFin
752     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
753 Otra65
754     MOVLW    .43
755     MOVWF    ADDR
756     LCALL    LeerEEPROM
757     MOVWF    NUM1
758     MOVLW    .30
759     MOVWF    ADDR
760     LCALL    LeerEEPROM
761     MOVWF    NUM2
762     LCALL    BuscaArista
763     PAGESELW $
764     MOVF     AUX2,0
765     ADDWF    PCL,1
766     GOTO    Colocar58          ;Colocar en su sitio
767     GOTO    Rotar66           ;Colocar rotada en su sitio
768     GOTO    Otra66           ;Comprobar si está en otra arista
769 Colocar58            ; ----- COLOCAR
770     LGOTO    Aux7
771 Rotar66              ; ----- COLOCAR ROTADA
772     LCALL    MovimientoD
773     LGOTO    Aux6
774     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```

775 Otra66
776     MOVLW     .50
777     MOVWF     ADDR
778     LCALL     LeerEEPROM
779     MOVWF     NUM1
780     MOVLW     .34
781     MOVWF     ADDR
782     LCALL     LeerEEPROM
783     MOVWF     NUM2
784     LCALL     BuscaArista
785     PAGESELW $
786     MOVF      AUX2,0
787     ADDWF     PCL,1
788     GOTO     Colocar59           ;Colocar en su sitio
789     GOTO     Rotar67            ;Colocar rotada en su sitio
790     GOTO     Otra67            ;Comprobar si está en otra arista
791 Colocar59    ; ----- COLOCAR
792     LCALL     MovimientoD
793     LGOTO     Aux7
794 Rotar67      ; ----- COLOCAR ROTADA
795     LCALL     MovimientoD
796     LCALL     MovimientoD
797     LGOTO     Aux6
798     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
799 Otra67
800     MOVLW     .16
801     MOVWF     ADDR
802     LCALL     LeerEEPROM
803     MOVWF     NUM1
804     MOVLW     .32
805     MOVWF     ADDR
806     LCALL     LeerEEPROM
807     MOVWF     NUM2
808     LCALL     BuscaArista
809     PAGESELW $
810     MOVF      AUX2,0
811     ADDWF     PCL,1
812     GOTO     Colocar60           ;Colocar en su sitio
813     GOTO     Rotar68            ;Colocar rotada en su sitio
814     GOTO     Otra68            ;Comprobar si está en otra arista
815 Colocar60    ; ----- COLOCAR
816     LCALL     MovimientoD

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
817     LCALL   MovimientoD
818     LGOTO   Aux7
819 Rotar68           ; ----- COLOCAR ROTADA
820     LCALL   MovimientoDi
821     LGOTO   Aux6
822     ; ----- COMPROBAR SI ESTÁ EN OTRA
823 Otra68
824
825 CapaIntermediaFin
826     CLRF    PCLATH
827     RETURN
```

A.9. Archivo cruzabajo.inc

```
1 CruzAbajo
2     CLRF    AUX
3     MOVLW   .3           ; Busca número 3
4     MOVWF   BUSCAR1
5
6     MOVLW   .28
7     MOVWF   ADDR
8     LCALL   LeerEEPROM
9     MOVWF   AUX2
10    PAGESELW $
11    MOVF    AUX2,0
12    XORWF   BUSCAR1,0
13    BTFSS   STATUS,Z
14    GOTO    $+.2
15    BSF     AUX,0
16
17    MOVLW   .30
18    MOVWF   ADDR
19    LCALL   LeerEEPROM
20    MOVWF   AUX2
21    PAGESELW $
22    MOVF    AUX2,0
23    XORWF   BUSCAR1,0
24    BTFSS   STATUS,Z
25    GOTO    $+.2
26    BSF     AUX,1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68

```

MOVLW    .32
MOVWF    ADDR
LCALL    LeerEEPROM
MOVWF    AUX2
PAGESELW $
MOVF     AUX2,0
XORWF    BUSCAR1,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     $+.2
BSF      AUX,2

```

```

MOVLW    .34
MOVWF    ADDR
LCALL    LeerEEPROM
MOVWF    AUX2
PAGESELW $
MOVF     AUX2,0
XORWF    BUSCAR1,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     $+.2
BSF      AUX,3

```

;;

```

PAGESELW $
MOVLW    b'0000'
XORWF    AUX,0
BTFSS    STATUS,Z
GOTO     Siguiente11
LCALL    MovimientoF
LCALL    MovimientoL
LCALL    MovimientoD
LCALL    MovimientoLi
LCALL    MovimientoDi
LCALL    MovimientoFi
LGOTO    CruzAbajo

```

```

Siguiente11
;MOVLW    0001    ; Caso imposible
;MOVLW    0010    ; Caso imposible
PAGESELW $

```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
69      MOVLW   b'0011'
70      XORWF   AUX,0
71      BTFSS   STATUS,Z
72      GOTO    Siguiente12
73  Aux111
74      LCALL   MovimientoB
75      LCALL   MovimientoD
76      LCALL   MovimientoR
77      LCALL   MovimientoDi
78      LCALL   MovimientoRi
79      LCALL   MovimientoBi
80      LGOTO   CruzAbajo2
81
82  Siguiente12
83      ;MOVLW   0100      ; Caso imposible
84      PAGESELW $
85      MOVLW   b'0101'
86      XORWF   AUX,0
87      BTFSS   STATUS,Z
88      GOTO    Siguiente13
89      LCALL   MovimientoDi
90      LGOTO   Aux111
91
92  Siguiente13
93      PAGESELW $
94      MOVLW   b'0110'
95      XORWF   AUX,0
96      BTFSS   STATUS,Z
97      GOTO    Siguiente14
98  Aux222
99      LCALL   MovimientoB
100     LCALL   MovimientoR
101     LCALL   MovimientoD
102     LCALL   MovimientoRi
103     LCALL   MovimientoDi
104     LCALL   MovimientoBi
105     LGOTO   CruzAbajo2
106
107  Siguiente14
108     ;MOVLW   0111      ; Caso imposible
109     ;MOVLW   1000      ; Caso imposible
110     PAGESELW $
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
111     MOVLW    b'1001'
112     XORWF   AUX,0
113     BTFSS   STATUS,Z
114     GOTO    Siguinte15
115     LCALL   MovimientoDi
116     LGOTO   Aux222
117
118 Siguinte15
119     PAGESELW $
120     MOVLW   b'1010'
121     XORWF   AUX,0
122     BTFSS   STATUS,Z
123     GOTO    Siguinte16
124     LCALL   MovimientoD
125     LGOTO   Aux111
126
127 Siguinte16
128     ;MOVLW   1011     ; Caso imposible
129     PAGESELW $
130     MOVLW   b'1100'
131     XORWF   AUX,0
132     BTFSS   STATUS,Z
133     GOTO    CruzAbajo2
134     LCALL   MovimientoD
135     LCALL   MovimientoD
136     LGOTO   Aux111
137
138 CruzAbajo2
139     ;MOVLW   1101     ; Caso imposible
140     ;MOVLW   1110     ; Caso imposible
141     ;MOVLW   1111     ; Resuelto, no hace falta hacer nada
142
143     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
144     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
145     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
146
147 BuscarAzul
148     CLRF    AUX
149     MOVLW   .2
150     MOVWF   BUSCAR1
151
152     MOVLW   .25                ; Cara 2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
153     MOVWF   ADDR
154     LCALL   LeerEEPROM
155     MOVWF   AUX2
156     PAGESELW $
157     MOVF    AUX2,0
158     XORWF   BUSCAR1,0
159     BTFSS   STATUS,Z
160     GOTO    BuscarAzul2
161     LGOTO   BuscarRojo
162
163 BuscarAzul2
164     MOVLW   .43                ; Cara 4
165     MOVWF   ADDR
166     LCALL   LeerEEPROM
167     MOVWF   AUX2
168     PAGESELW $
169     MOVF    AUX2,0
170     XORWF   BUSCAR1,0
171     BTFSS   STATUS,Z
172     GOTO    BuscarAzul3
173     LCALL   MovimientoD
174     LGOTO   BuscarRojo
175
176 BuscarAzul3
177     MOVLW   .50                ; Cara 5
178     MOVWF   ADDR
179     LCALL   LeerEEPROM
180     MOVWF   AUX2
181     PAGESELW $
182     MOVF    AUX2,0
183     XORWF   BUSCAR1,0
184     BTFSS   STATUS,Z
185     GOTO    BuscarAzul4
186     LCALL   MovimientoD
187     LCALL   MovimientoD
188     LGOTO   BuscarRojo
189
190 BuscarAzul4
191     LCALL   MovimientoDi      ; Cara 1
192     LGOTO   BuscarRojo
193
194 BuscarRojo
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
195     CLRF     AUX
196     MOVLW   .4
197     MOVWF   BUSCAR1
198
199     MOVLW   .43                ; Cara 4
200     MOVWF   ADDR
201     LCALL   LeerEEPROM
202     MOVWF   AUX2
203     PAGESELW $
204     MOVF    AUX2,0
205     XORWF   BUSCAR1,0
206     BTFSS   STATUS,Z
207     GOTO    BuscarRojo2
208     LGOTO   BuscarNaranja
209
210 BuscarRojo2
211     MOVLW   .50                ; Cara 5
212     MOVWF   ADDR
213     LCALL   LeerEEPROM
214     MOVWF   AUX2
215     PAGESELW $
216     MOVF    AUX2,0
217     XORWF   BUSCAR1,0
218     BTFSS   STATUS,Z
219     GOTO    BuscarRojo3
220     LCALL   MovimientoRi
221     LCALL   MovimientoDi
222     LCALL   MovimientoR
223     LCALL   MovimientoDi
224     LCALL   MovimientoRi
225     LCALL   MovimientoDi
226     LCALL   MovimientoDi
227     LCALL   MovimientoR
228     LGOTO   BuscarNaranja
229
230 BuscarRojo3
231     LCALL   MovimientoL                ; Cara 1
232     LCALL   MovimientoD
233     LCALL   MovimientoLi
234     LCALL   MovimientoD
235     LCALL   MovimientoL
236     LCALL   MovimientoD
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
237     LCALL   MovimientoD
238     LCALL   MovimientoLi
239     LGOTO   BuscarNaranja
240
241 BuscarNaranja
242     CLRF    AUX
243     MOVLW   .1
244     MOVWF   BUSCAR1
245
246     MOVLW   .16                ; Cara 1
247     MOVWF   ADDR
248     LCALL   LeerEEPROM
249     MOVWF   AUX2
250     PAGESELW $
251     MOVF    AUX2,0
252     XORWF   BUSCAR1,0
253     BTFSS   STATUS,Z
254     GOTO    BuscarNaranja2
255     LGOTO   CruzAbajoFin
256
257 BuscarNaranja2
258     LCALL   MovimientoF
259     LCALL   MovimientoL
260     LCALL   MovimientoDi
261     LCALL   MovimientoLi
262     LCALL   MovimientoDi
263     LCALL   MovimientoL
264     LCALL   MovimientoD
265     LCALL   MovimientoLi
266     LCALL   MovimientoFi
267     LCALL   MovimientoL
268     LCALL   MovimientoD
269     LCALL   MovimientoLi
270     LCALL   MovimientoDi
271     LCALL   MovimientoLi
272     LCALL   MovimientoF
273     LCALL   MovimientoL
274     LCALL   MovimientoFi
275
276     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
277
278 CruzAbajoFin
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
279     CLRF     PCLATH
280     RETURN
```

A.10. Archivo esquinasabajo.inc

```
1  EsquinasAbajo
2      CLRF     AUX
3      MOVLW   .3
4      MOVWF   AUX3
5      MOVWF   BUSCAR1
6      MOVLW   .4
7      MOVWF   BUSCAR2
8      MOVLW   .2
9      MOVWF   BUSCAR3           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
10     MOVLW   .27
11     MOVWF   ADDR
12     LCALL   LeerEEPROM
13     MOVWF   NUM1
14     MOVLW   .44
15     MOVWF   ADDR
16     LCALL   LeerEEPROM
17     MOVWF   NUM2
18     MOVLW   .24
19     MOVWF   ADDR
20     LCALL   LeerEEPROM
21     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
22     LCALL   BuscaEsquina     ; Busca en las aristas los números deseados
23     PAGESELW $
24     MOVF    AUX2,0
25     SUBWF   AUX3,0
26     ADDWF   PCL,1
27     GOTO    EsquinaA2       ; No está aquí
28     NOP
29     NOP
30     MOVF    AUX2,0
31     ADDWF   AUX,1
32     LGOTO   OtraEsquinaA
33
34  EsquinaA2
35     MOVLW   .29
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
36     MOVWF   ADDR
37     LCALL  LeerEEPROM
38     MOVWF   NUM1
39     MOVLW   .26
40     MOVWF   ADDR
41     LCALL  LeerEEPROM
42     MOVWF   NUM2
43     MOVLW   .15
44     MOVWF   ADDR
45     LCALL  LeerEEPROM
46     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
47     LCALL  BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
48     PAGESELW $
49     MOVF    AUX2,0
50     SUBWF   AUX3,0
51     ADDWF   PCL,1
52     GOTO   EsquinaA3     ; No está aquí
53     NOP
54     NOP
55     MOVF    AUX2,0
56     ADDWF   AUX,1
57     LCALL  Girar
58     LGOTO  OtraEsquinaA
59
60     EsquinaA3
61     MOVLW   .35
62     MOVWF   ADDR
63     LCALL  LeerEEPROM
64     MOVWF   NUM1
65     MOVLW   .17
66     MOVWF   ADDR
67     LCALL  LeerEEPROM
68     MOVWF   NUM2
69     MOVLW   .53
70     MOVWF   ADDR
71     LCALL  LeerEEPROM
72     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
73     LCALL  BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
74     PAGESELW $
75     MOVF    AUX2,0
76     SUBWF   AUX3,0
77     ADDWF   PCL,1
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
78     GOTO     EsquinaA4           ; No está aquí
79     NOP
80     NOP
81     MOVF     AUX2,0
82     ADDWF    AUX,1
83     LCALL    MovimientoDi
84     LCALL    Girar
85     LCALL    MovimientoD
86     LCALL    Girar
87     LGOTO    OtraEsquinaA
88
89     EsquinaA4
90     MOVLW    .33
91     MOVWF    ADDR
92     LCALL    LeerEEPROM
93     MOVWF    NUM1
94     MOVLW    .47
95     MOVWF    ADDR
96     LCALL    LeerEEPROM
97     MOVWF    NUM2
98     MOVLW    .42
99     MOVWF    ADDR
100    LCALL    LeerEEPROM
101    MOVWF    NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
102    LCALL    BuscaEsquina     ; Busca en las aristas los números deseados
103    MOVF     AUX2,0
104    ADDWF    AUX,1
105    LCALL    Girar
106    LCALL    Girar
107    LGOTO    OtraEsquinaA
108
109    OtraEsquinaA
110    RLF      AUX,1
111    RLF      AUX,1
112    MOVLW    .3
113    MOVWF    BUSCAR1
114    MOVLW    .2
115    MOVWF    BUSCAR2
116    MOVLW    .1
117    MOVWF    BUSCAR3       ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
118    MOVLW    .29
119    MOVWF    ADDR
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
120     LCALL    LeerEEPROM
121     MOVWF   NUM1
122     MOVLW   .26
123     MOVWF   ADDR
124     LCALL    LeerEEPROM
125     MOVWF   NUM2
126     MOVLW   .15
127     MOVWF   ADDR
128     LCALL    LeerEEPROM
129     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
130     LCALL    BuscaEsquina           ; Busca en las aristas los números deseados
131     PAGESELW $
132     MOVF    AUX2,0
133     SUBWF   AUX3,0
134     ADDWF   PCL,1
135     GOTO    EsquinaA5           ; No está aquí
136     NOP
137     NOP
138     MOVF    AUX2,0
139     ADDWF   AUX,1
140     LGOTO   OtraEsquinaA2
141
142     EsquinaA5
143     MOVLW   .35
144     MOVWF   ADDR
145     LCALL    LeerEEPROM
146     MOVWF   NUM1
147     MOVLW   .17
148     MOVWF   ADDR
149     LCALL    LeerEEPROM
150     MOVWF   NUM2
151     MOVLW   .53
152     MOVWF   ADDR
153     LCALL    LeerEEPROM
154     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
155     LCALL    BuscaEsquina           ; Busca en las aristas los números deseados
156     PAGESELW $
157     MOVF    AUX2,0
158     SUBWF   AUX3,0
159     ADDWF   PCL,1
160     GOTO    EsquinaA6           ; No está aquí
161     NOP
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
162     NOP
163     MOVF     AUX2,0
164     ADDWF   AUX,1
165     LCALL   MovimientoD
166     LCALL   MovimientoD
167     LCALL   Girar
168     LCALL   MovimientoD
169     LCALL   MovimientoD
170     LGOTO   OtraEsquinaA2
171
172     EsquinaA6
173     MOVLW   .33
174     MOVWF   ADDR
175     LCALL   LeerEEPROM
176     MOVWF   NUM1
177     MOVLW   .47
178     MOVWF   ADDR
179     LCALL   LeerEEPROM
180     MOVWF   NUM2
181     MOVLW   .42
182     MOVWF   ADDR
183     LCALL   LeerEEPROM
184     MOVWF   NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
185     LCALL   BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
186     MOVF     AUX2,0
187     ADDWF   AUX,1
188     LCALL   MovimientoD
189     LCALL   MovimientoD
190     LCALL   Girar
191     LCALL   Girar
192     LCALL   MovimientoD
193     LCALL   MovimientoD
194
195     OtraEsquinaA2
196     RLF     AUX,1
197     RLF     AUX,1
198     MOVLW   .3
199     MOVWF   BUSCAR1
200     MOVLW   .1
201     MOVWF   BUSCAR2
202     MOVLW   .5
203     MOVWF   BUSCAR3           ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
204     MOVLW     .35
205     MOVWF     ADDR
206     LCALL     LeerEEPROM
207     MOVWF     NUM1
208     MOVLW     .17
209     MOVWF     ADDR
210     LCALL     LeerEEPROM
211     MOVWF     NUM2
212     MOVLW     .53
213     MOVWF     ADDR
214     LCALL     LeerEEPROM
215     MOVWF     NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
216     LCALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
217     MOVF      AUX2,0
218     ADDWF     AUX,1
219
220     RLF              AUX,1
221     RLF              AUX,1
222     MOVLW     .3
223     MOVWF     BUSCAR1
224     MOVLW     .5
225     MOVWF     BUSCAR2
226     MOVLW     .2
227     MOVWF     BUSCAR3       ; Guarda los números que buscaremos en 1er lugar
228     MOVLW     .33
229     MOVWF     ADDR
230     LCALL     LeerEEPROM
231     MOVWF     NUM1
232     MOVLW     .47
233     MOVWF     ADDR
234     LCALL     LeerEEPROM
235     MOVWF     NUM2
236     MOVLW     .42
237     MOVWF     ADDR
238     LCALL     LeerEEPROM
239     MOVWF     NUM3           ; Guarda los valores en NUM1 y NUM2
240     LCALL     BuscaEsquina   ; Busca en las aristas los números deseados
241     MOVF      AUX2,0
242     ADDWF     AUX,1
243
244     ;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
245
```


ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
246     PAGESELW $
247     MOVLW    b'00000000'
248     MOVWF    AUX2
249     MOVLW    B'11000000'
250     ANDWF    AUX,0
251     XORWF    AUX2,0
252     BTFSS    STATUS,Z
253     GOTO     OtroCaso
254     LGOTO    OtraEsquinaA3
255
256 OtroCaso
257     MOVLW    b'10000000'
258     MOVWF    AUX2
259     MOVLW    B'11000000'
260     ANDWF    AUX,0
261     XORWF    AUX2,0
262     BTFSS    STATUS,Z
263     GOTO     OtroCaso2
264     LCALL    Girar2
265     LCALL    Girar2
266     LGOTO    OtraEsquinaA3
267
268 OtroCaso2
269     LCALL    Girar2
270     LGOTO    OtraEsquinaA3
271
272 OtraEsquinaA3
273     LCALL    MovimientoDi
274     PAGESEL $
275     MOVLW    b'00000000'
276     MOVWF    AUX2
277     MOVLW    B'00110000'
278     ANDWF    AUX,0
279     XORWF    AUX2,0
280     BTFSS    STATUS,Z
281     GOTO     OtroCaso3
282     LGOTO    OtraEsquinaA4
283
284 OtroCaso3
285     MOVLW    b'00100000'
286     MOVWF    AUX2
287     MOVLW    B'00110000'
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
288     ANDWF   AUX, 0
289     XORWF   AUX2, 0
290     BTFSS   STATUS, Z
291     GOTO    OtroCaso4
292     LCALL   Girar2
293     LCALL   Girar2
294     LGOTO   OtraEsquinaA4
295
296 OtroCaso4
297     LCALL   Girar2
298     LGOTO   OtraEsquinaA4
299
300 OtraEsquinaA4
301     LCALL   MovimientoDi
302     PAGESEL $
303     MOVLW   b'00000000'
304     MOVWF   AUX2
305     MOVLW   B'00001100'
306     ANDWF   AUX, 0
307     XORWF   AUX2, 0
308     BTFSS   STATUS, Z
309     GOTO    OtroCaso5
310     LGOTO   OtraEsquinaA5
311
312 OtroCaso5
313     MOVLW   b'00001000'
314     MOVWF   AUX2
315     MOVLW   B'00001100'
316     ANDWF   AUX, 0
317     XORWF   AUX2, 0
318     BTFSS   STATUS, Z
319     GOTO    OtroCaso6
320     LCALL   Girar2
321     LCALL   Girar2
322     LGOTO   OtraEsquinaA5
323
324 OtroCaso6
325     LCALL   Girar2
326     LGOTO   OtraEsquinaA5
327
328 OtraEsquinaA5
329     LCALL   MovimientoDi
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
330     PAGESEL  $
331     MOVLW   b'00000000'
332     MOVWF   AUX2
333     MOVLW   B'00000011'
334     ANDWF   AUX, 0
335     XORWF   AUX2, 0
336     BTFSS   STATUS, Z
337     GOTO    OtroCaso7
338     LGOTO   EsquinasAbajoFin
339
340 OtroCaso7
341     MOVLW   b'00000010'
342     MOVWF   AUX2
343     MOVLW   B'00000011'
344     ANDWF   AUX, 0
345     XORWF   AUX2, 0
346     BTFSS   STATUS, Z
347     GOTO    OtroCaso8
348     LCALL   Girar2
349     LCALL   Girar2
350     LGOTO   EsquinasAbajoFin
351
352 OtroCaso8
353     LCALL   Girar2
354     LGOTO   EsquinasAbajoFin
355
356 Girar           ; 29 en 27
357     LCALL   MovimientoL
358     LCALL   MovimientoBi
359     LCALL   MovimientoL
360     LCALL   MovimientoF
361     LCALL   MovimientoF
362     LCALL   MovimientoLi
363     LCALL   MovimientoB
364     LCALL   MovimientoL
365     LCALL   MovimientoF
366     LCALL   MovimientoF
367     LCALL   MovimientoL
368     LCALL   MovimientoL
369     RETURN
370
371 Girar2
```

ANEXO A. CÓDIGO DEL MICROCONTROLADOR

```
372     LCALL     MovimientoLi
373     LCALL     MovimientoU
374     LCALL     MovimientoL
375     LCALL     MovimientoUi
376     LCALL     MovimientoLi
377     LCALL     MovimientoU
378     LCALL     MovimientoL
379     LCALL     MovimientoUi
380     RETURN
381
382     EsquinasAbajoFin
383     LCALL     MovimientoDi
384     CLRF     PCLATH
385     RETURN
```

Esquemáticos y PCB

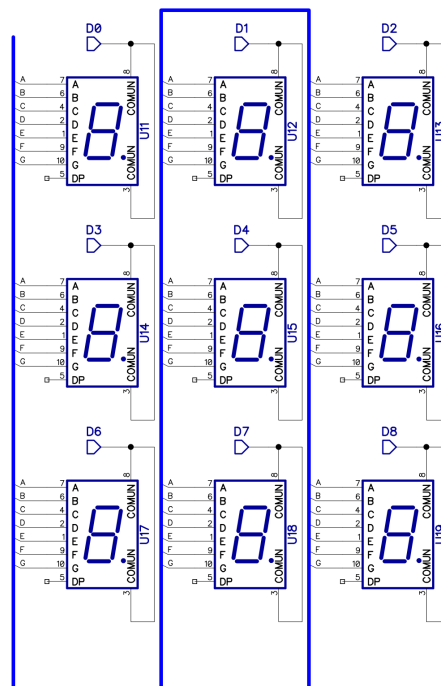


Figura B.1: Circuito de las caras del cubo.

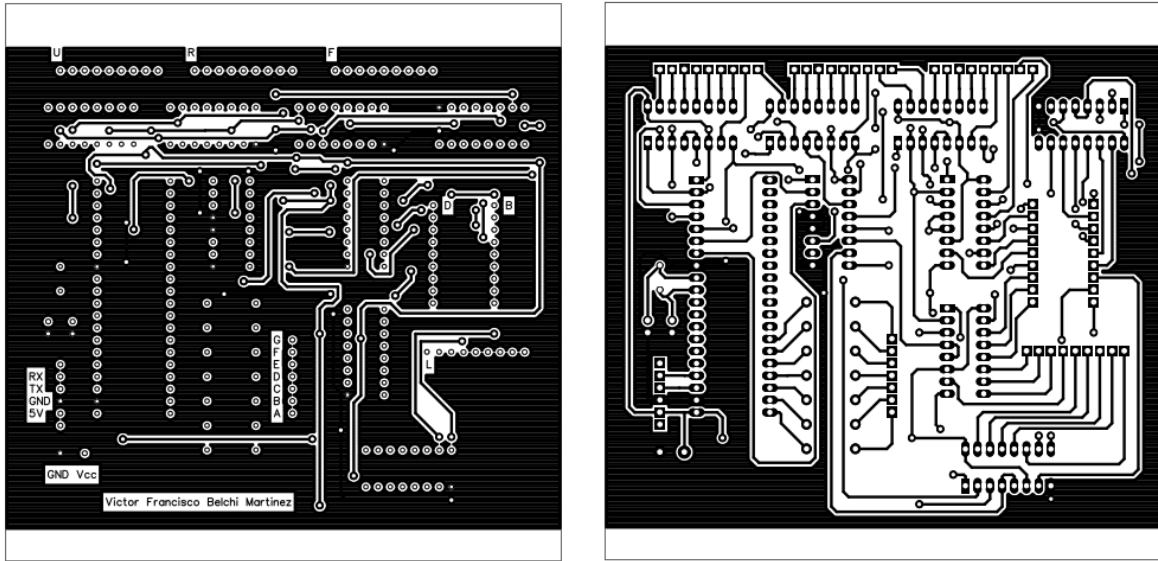


Figura B.3: PCB del circuito principal.

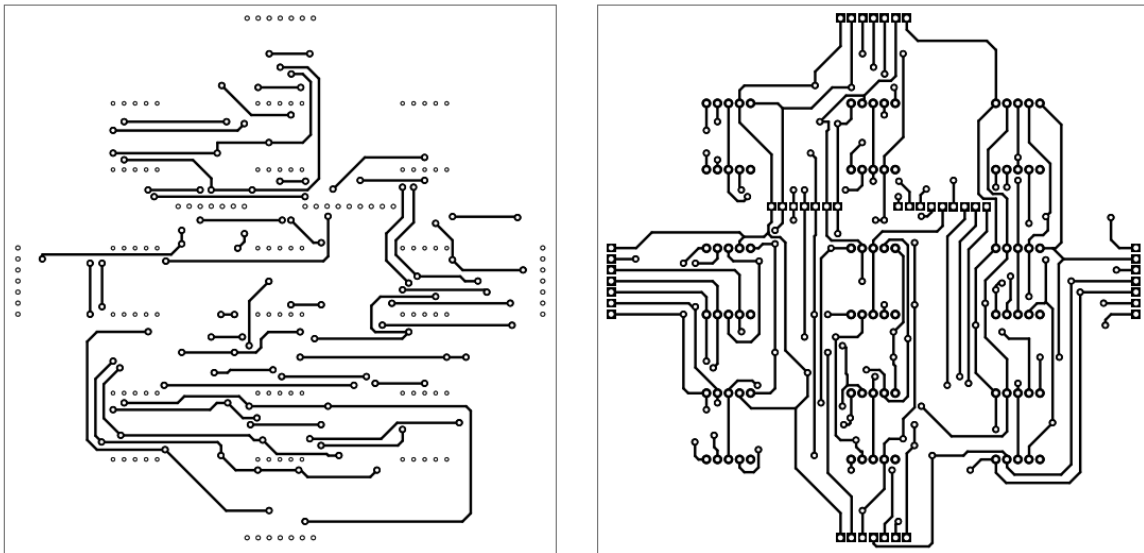


Figura B.4: PCB de las caras del cubo.