UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

TESIS DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES CON MENCION EN GESTION EMPRESARIAL

TEMA:

"DISENO E IMPLEMENTACION DE PLATAFORMA BASADA EN MICROCONTROLADORES PIC PARA FACILITAR EL ESTUDIO PRACTICO Y LA ELABORACION DE PROYECTOS EN LA CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES"

ELABORADO POR:

ALEX MENDEZ LINO

DIRECTOR:

MSC. EDUARDO MENDOZA

GUAYAQUIL ABRIL, 2014

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el **Sr. ALEX MENDEZ LINO** como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES.

DIRECTOR

_____

Ing. Eduardo Mendoza, Msg

REVISADO POR:

_____	_____
Ing. Washington Medina	**Ing. Jimmy Alvarado**
Revisor Metodológico	**Revisor de Contenido**

DIRECTOR DE LA CARRERA

_____

Ing. Armando Heras Sánchez

Guayaquil, 2014

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

ALEX MENDEZ LINO

DECLARO QUE:

El proyecto de tesis denominado **"DISENO E IMPLEMENTACION DE PLATAFORMA BASADA EN MICROCONTROLADORES PIC PARA FACILITAR EL ESTUDIO PRACTICO Y LA ELABORACION DE PROYECTOS EN LA CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES "** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Guayaquil, 2014

_____

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, ALEX MENDEZ LINO

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del proyecto titulado: **"DISENO E IMPLEMENTACION DE PLATAFORMA BASADA EN MICROCONTROLADORES PIC PARA FACILITAR EL ESTUDIO PRACTICO Y LA ELABORACION DE PROYECTOS EN LA CARRERA DE INGENIERIA EN TELECOMUNICACIONES"**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil Abril, 2014

_____

ALEX MENDEZ LINO

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis es inevitable que te asalte un muy humano egocentrismo que te lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que has hecho. Sin embargo, el análisis objetivo muestra inmediatamente que la magnitud de este aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término. Por ello, es para mí un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellas, expresando mis agradecimientos.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Profesor Eduardo Mendoza por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en mi formación como investigador. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Le agradezco también el haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

Muchas gracias a mi familia que siempre me brindó su apoyo y a DIOS que me ha permitido seguir con salud para seguir creciendo en este largo camino de la vida y dar este orgullo a mi familia.

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico esta tesis a mi madre que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi hermana que siempre ha estado junto a mí y brindándome su apoyo, muchas veces poniéndose en el papel de padre.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momento.

CONTENIDO

FIGURAS

TABLAS

GLOSARIO TÉCNICO.

A/D Analógico/Digital.

ADC Analog Digital Converter / Convertidor Analógico Digital.

ADCON0 Registro 0 de control del convertidor analógico/digital.

ADCON1 Registro 1 de control del convertidor analógico/digital.

ADFM Bit selector de formato de resultado del convertidor analógico/digital.

ADRESH Byte alto del registro de resultado del convertidor analógico/digital.

ADRESL Byte bajo del registro de resultado del convertidor analógico/digital.

AC Alternating Current / Corriente Alterna.

Bms Bit menos significativo.

CAN Controller Area Network / Red de Area de Controlador.

DC Direct Current / Corriente Directa.

CMOS Complementary Metal Oxide / Semiconductor de Oxido de Metal Complementario.

COP8 Control Oriented Processor / Procesador Orientado a Control.

CPU Central Processing Unit / Unidad Central de Procesamiento.

D/A Digital/Analógico.

DAC Digital Analog Converter / Convertidor Digital Analógico.

DIP Dual Inline Package / Encapsulado Doble en línea.

DSC Digital Signal Controller / Controlador Digital de Señales.

DSP Digital Signal Processor / Procesador Digital de Señales.

E/S Entradas y Salidas.

EEPROM Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory / Memoria de solo lectura programable eléctricamente borrable.

EIA Electronic Industries Association / Asociación de Industrias de Electronica.

FFT Fast Fourier Transform / Transformada Rápida de Fourier.

FUSES	Fusibles.
HSPLL	Oscilador del microcontrolador.
ICD	In-Circuit Debugger / Depurador en Circuito.
ICE	In-Circuit Emulator / Emulador en Circuito.
IDE	Integrated Development Environment / Ambiente Integrado de Desarrollo.
IEEE	Institute for Electrical and Electronics Engineers / Instituto para Ingenieros Electricos y Electronicos.
IIC	Inter-Integrated Circuit / Inter-conexión de Circuitos Integrados.
ISP	In System Programming / Programacion en Sistema.
KHz	Kilo-Hertz.
GLCD	Graphic Liquid Crystal Display / Pantalla Grafica de Cristal Líquido.
LED	Light Emitting Diode / Diodo Emisor de Luz.
LPT	Line Print Terminal / Terminal de Línea de Impresora.
mA	Mili-Ampere.
MHz.	Mega-Hertz.
MIDI	Musical Instrument Digital Interface / Interfaz Digital de Instrumento Musical.
MIMO	Multiple Imput - Multiple Output / Múltiples Entradas - Múltiples Salidas.
MIPS	Million of Instructions per Second / Millones de Instrucciones por Segundo.
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor / Transistor de efecto de campo de Semiconductor de Oxido de Metal.
nF	Nano-Faradio.
pF	Pico-Faradio.
PIC	Controlador de Interfaz Periférico.
PWM	Pulse Width Modulation / Modulación por Ancho de Pulso.
RAM	Random Access Memory / Memoria de Acceso Aleatorio.
RC	Resistencia Capacitor.

RISC	Reduced Instruction Set Computer / Computadora con Conjunto Reducido de Instrucciones.
ROM	Read-Only Memory / Memoria de Solo Lectura.
RS232	Protocolo de comunicación serial.
SCI	Serial Comunication Interface / Interfaz de Comunicación Serial.
SCL	Serial Clock / Reloj Serial.
SD	Secure Digital / Seguro Digital.
SDA	Serial Data / Dato Serial.
SISO	Single Input - Single Output / Una Entrada – Una Salida.
Spbrg	Registro Generador de Baudios.
TOSC	Tiempo de Oscilación.
TTL	Transistor-Transistor Logic / Lógica Transistor-Transistor.
µC	Microcontrolador.
µF	Micro-Faradio.
µs	Micro-segundo.
USART	Universal Synchronous – Asynchronous Receiver Transmitter / Transmisor-Receptor Universal Síncrono-Asíncrono.
USB	Universal Serial Bus / Bus Serie Universal.
VDC	Voltage Direct Current / Voltaje de Corriente Directa.

RESUMEN

El presente anteproyecto de tesis tiene como finalidad realizar el diseño e implementación de una plataforma de hardware para facilitar el estudio teórico y práctico de microcontroladores de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, teniendo como objetivo su aplicación en un hardware que permita realizar prácticas programables, ayudando de esta manera el aprendizaje de Estudiantes y Docentes.

Esto se lo realizara integrando la parte conceptual y el área práctica que corresponde a la materia y así poder combinar un sistema físico con un programa, obteniendo un mejor aprendizaje y de una manera más fácil poder aplicar los conocimientos adquiridos en el área profesional que se requiera.

El capítulo 1, trata sobre los aspectos generales y fundamentales del proyecto de tesis.

El capítulo 2, trata sobre el marco teórico de los microcontroladores y la plataforma hardware base que será implementada.

El capítulo 3, trata sobre el diseño y la implementación de la plataforma hardware con microcontrolador pic18f4520.

El capítulo 4, trata sobre la programación de la plataforma hardware.

El capítulo 5, trata sobre los costos de la implementación.

ABSTRACT

This draft thesis aims to make the design and implementation of a hardware platform with mountable cards to provide theoretical and practical study of the microcontrolador Career Telecommunications Engineering Faculty technical Development of the Catholic University of Santiago de Guayaquil, taking aim at a hardware implementation that allows for programmable practices, thus helping the learning of students and teachers.

This is what conduct integrating the conceptual part and practice area corresponding to the subject and be able to combine a physical system with a program, getting a better learning and an easier way to apply the knowledge acquired in the professional field is required .

Chapter 1 deals with general and fundamental aspects of the thesis project.

Chapter 2 discusses the theoretical framework based microcontrollers and hardware platform that will be implemented.

Chapter 3 discusses the design and implementation of the hardware platform with PIC18F4520 microcontroller.

Chapter 4 deals with the programming of the hardware platform.

Chapter 5 discusses the implementation costs.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de tesis, consiste en diseñar e implementar una plataforma de hardware con microcontrolador PIC18F4520 que ayude a la realización práctica de las simulaciones que los estudiantes efectúan durante el transcurso de las clases con el software llamado PROTEUS, que es una aplicación capaz de realizar simulaciones de modelado del sistema virtual y circuitos, que ayudara a simular y predecir cómo funcionará un circuito, así como su integralidad en el diseño a nivel de circuito y la placa con su código de programación correspondiente.

Las aplicaciones que se pueden crear a partir de la plataforma base son muy sencillas y de gran variedad tecnológica. El microcontrolador PIC18F4520 tiene una infraestructura muy fácil de entender para el aprendizaje.

La evolución de plataformas con microcontroladores ha dado un giro muy radical, con aplicaciones de sistemas embebidos resultando por la tecnología que usan muy prácticas para el aprendizaje de los estudiantes.

Por lo tanto, la implementación de la plataforma hardware para facilitar el estudio de aprendizaje sobre microcontroladores, y disminuir costos y tiempo es muy necesaria para los estudiantes de la Facultad Técnica de la UCSG.

CAPITULO 1.- GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS.

1.1.1 OBJETIVO GENERAL.

- Demostrar las funciones y aplicaciones de la plataforma hardware basada en microcontrolador a través de la elaboración de una tarjeta principal, que permita la enseñanza de los microcontroladores.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Desarrollar una herramienta que aporte a estudiantes un hardware probado, confiable, que se pueda utilizar cuando se quiera realizar prácticas.

- Elaborar un conjunto de librerías y prácticas para el aprendizaje de microcontroladores.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En la Facultad Técnica no se posee ningún tipo de hardware sobre tarjetas de desarrollo basadas en microcontroladores que permitan al estudiante o docente adaptar periféricos a dicha tarjeta para programar de manera directa sobre ellas, después de haber practicado y programado en los simuladores usados. Lo cual hace que sea necesaria la implementación de una tarjeta de desarrollo con microcontrolador durante el estudio de dicha materia.

1.3 JUSTIFICACION:

El proyecto de diseñar e implementar una plataforma hardware con PIC18F4520, es porque durante el periodo de estudiante no hubo lo necesario para hacer las prácticas de manera física e implementando materiales, sino solo el uso a base a simuladores, por eso se necesita también la programación directa a un tipo de hardware que permita enriquecer los conocimientos del estudiante a un nivel más cercano a la realidad de la carrera.

Por eso que el diseño y la implementación de la plataforma de desarrollo para la programación de microcontroladores PIC son indispensables para un óptimo conocimiento y una gran ayuda para la elaboración de proyectos.

1.4 HIPÓTESIS:

La implementación de la plataforma hardware puede ser un recurso muy fiable y económico para el aprendizaje con microcontroladores de los estudiantes, a través de un método práctico y real.

CAPÍTULO 2 - MARCO TEÓRICO

2.1 MICROCONTROLADOR.-

S. Romero (2010) "Un microcontrolador es una computadora de un solo chip. Micro se refiere a que el dispositivo es pequeño y controlador, es decir que es empleado en sistemas de contro"l.

Un microprocesador difiere de un Microcontrolador en muchos aspectos. La principal es que un microprocesador requiere severos componentes externos para su operación, como memoria de programa y memoria de datos, dispositivos de Entrada/Salida, y un circuito de reloj externo. Un microcontrolador tiene todos los chips de soporte incorporados dentro del único chip. Todos los microcontroladores operan en conjunto de instrucciones (o el programa de usuario) almacenada en la memoria.

Según (Breijo 2009) “Un microcontrolador obtiene las instrucciones de su memoria programa una por una decodificada, estas instrucciones y luego lleva a cabo las operaciones requeridas.”

Los microcontroladores han sido tradicionalmente programados usando el lenguaje de ensamblador del dispositivo de destino. A pesar de que el lenguaje ensamblador es rápido, tiene severas desventajas. Un programa ensamblador consiste en nemónicos (dato simbólico que identifica un comando generalmente numérico (binario, octal, hexadecimal) de una forma más sencilla que su numeración original) lo cual hace que su aprendizaje y mantenimiento de programa escrito sea difícil.

También, los fabricantes de Microcontroladores de diferentes firmas tienen diferentes lenguajes de ensamblador, así el usuario debe de aprender un nuevo lenguaje de programación para cada nuevo microcontrolador que se use.

Figura 2.1: Microcontrolador PIC 18F4520.
Fuente: Hoja de datos MICROCHIP.

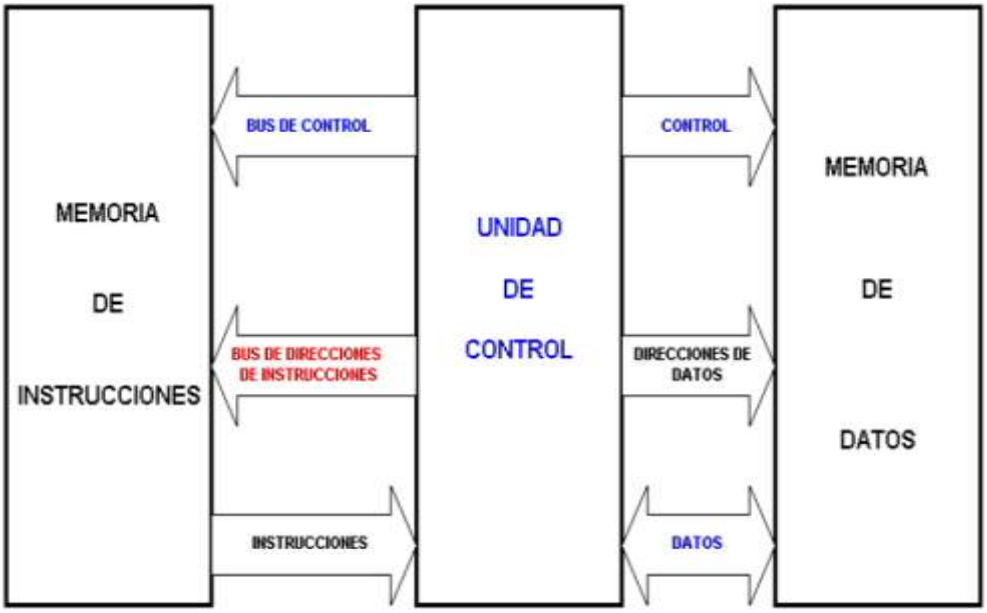
2.2 CARACTERISTICAS DE UN MICROCONTROLADOR.-

Los microcontroladores de distintos fabricantes tienen distintas arquitecturas y capacidades. Algunos se pueden enfocar en aplicaciones particulares mientras que otros pueden ser totalmente inservibles para la misma aplicación.

2.2.1 ARQUITECTURA BASICA.-

O. Barra (2011) "La arquitectura de los microcontroladores es independiente: una, que contiene solo instrucciones y otra, solo datos". Ambas disponen de sus respectivos sistemas de buses de acceso y es posible realizar operaciones de acceso (lectura o escritura) simultáneamente en ambas memorias, con lo cual la velocidad del sistema aumenta.

Figura 2.2: Representación de Arquitectura Harvard.



Fuente: Libro Microcontroladores PIC- H.VALLEJO.
Elaborado: Autor.

2.2.2 PROCESADOR CPU.-

Es la parte central e importante del microcontrolador y según E. Palacios (2005) "determina sus principales características a nivel de la parte física (hardware) y de la programación (software)".

Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código lenguaje máquina de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operadores y el almacenamiento de resultado. Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales:

2.2.3 CISC.-

M. Bates (2006) "Computadores de Juego de Instrucciones Complejo; disponen de más de 80 instrucciones maquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes", requiriendo muchos ciclos para su ejecución.

2.2.4 RISC.-

En estos microcontroladores el número de instrucciones maquina es muy reducido y las instrucciones son simples, y generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

2.2.5 SISC.-

J. Angulo (2010) "En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy específicas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es específico", o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Especifico).

2.2.6 MEMORIA.-

H. Vallejo (1998) "En los microcontroladores disponen de dos memorias integradas en el propio chip. La primera que es la memoria de programa que debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación".

La segunda memoria que es de tipo RAM, volátil, que se la emplea para guardar las variables y los datos.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues solo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como solo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Existen memorias no volátiles que pueden poseer los microcontroladores puesto que la aplicación y utilización del mismo es diferente. A continuación se describen las cinco versiones de memoria no volátil.

2.2.6.1 ROM CON MASCARA.-

M. Bates (2006) "Es una memoria no volátil de solo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip". El elevado costo del diseño de la máscara solo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

2.2.6.2 EPROM.-

H. Vallejo (2008) "Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM, pueden borrarse y grabarse varias veces". La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido. Se emplea luz ultravioleta y se la expone a una ventana de cristal en su superficie donde somete a la EPROM durante varios minutos. Las capsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hecho con material plástico.

2.2.6.3 EEPROM.-

F. Barra (2011) "Se trata de memorias de solo lectura, escritura, programables y borrables eléctricamente EEPROM". Tanto la

programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo control programado de un PC. Es muy cómo y rápida la operación de grabado y la de borrado.

2.3 MICROCONTROLADOR PIC18F4520.-

T. Wilmshurst (2007) "Los microcontroladores PIC existen en gamas de 8bit, 16bit y 32bit. Dentro de la gama más simple de 8bit se encuentra el microcontrolador PIC18F4520", el cual pertenece a la familia PIC18 MCU. Sus características de memoria de programa, memoria RAM, número de Entradas/Salidas, número de canales analógicos y tipos de puertos de comunicación, han hecho de este PICZ uno de los más utilizados para diversas aplicaciones.

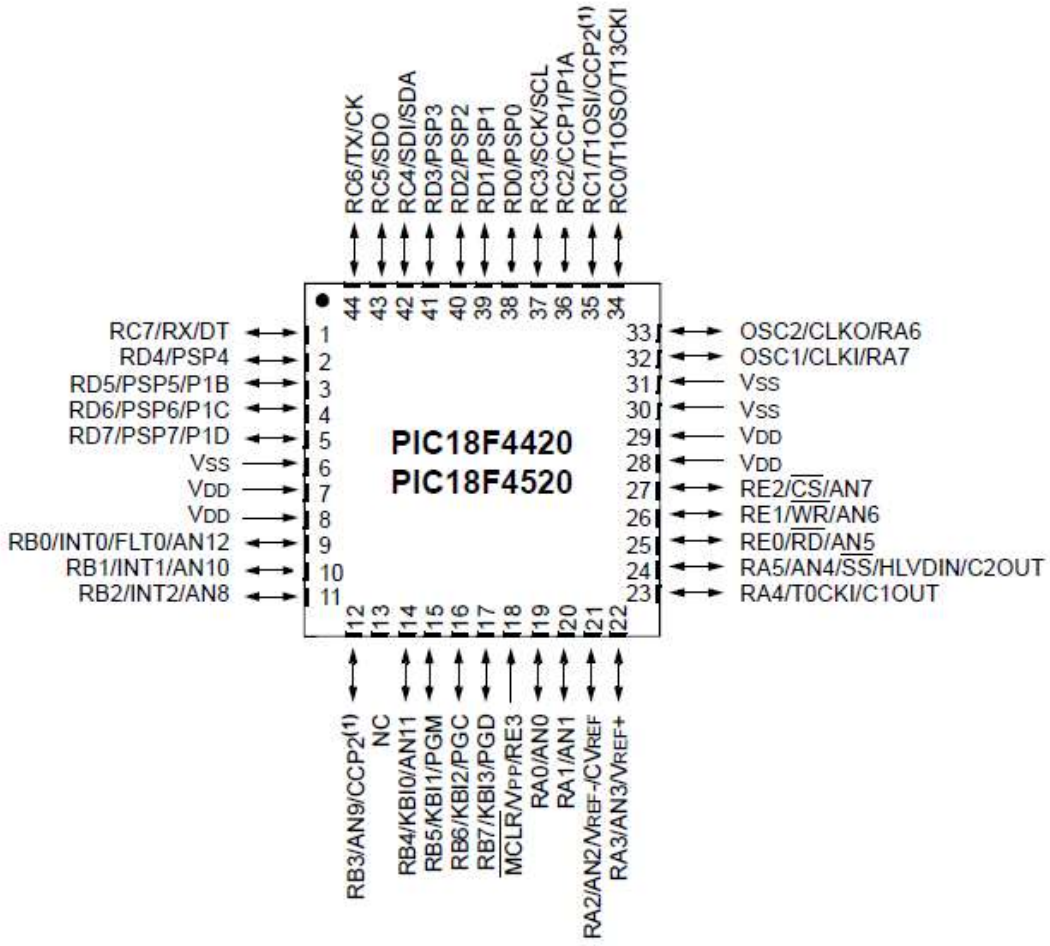


Figura 2.3: Esquemas de pines del PIC18F4520.
Fuente: Hoja de datos de MICROCHIP.

2.3.1 CARACTERISTICAS DEL PIC18F4520.-

A continuación se detallara las principales características del PIC18F4520.

Tabla 2.1: Características del PIC18F4550.

	PIC18F4520
Frecuencia de operación	DC - 40MHZ
Memoria de programa (BYTES)	32768
Memoria del programa (INSTRUCCIONES)	16384
Memoria de datos (BYTES)	1536
Memoria EEPROM de datos (BYTES)	256
Fuentes de interrupción	20
Puertos de E/S	Ports A, B, C, D, E
Temporizadores	4
Módulos de captura (PWM)	1
Comunicaciones serie	MSSP, Enhanced USART
Comunicaciones paralelas	Si
Módulo A/D 10-BIT	13 Canales de entrada
Restablecimiento	POR, BOR, Reset Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (opcional), WDT
Detector programable de alta/baja tensión	Si
Detector de restablecimiento de programación	Si
Conjunto de instrucciones	75 y 83 con set extendido
Paquete	40 pin / 44 pin QFN y TQFP

Fuente: www.microchip.com

En la tabla se presentan las características principales del a familia PIC18. En particular, se pueden observar en la última columna de la derecha las características del PIC18F4520. Microchip (2009) "Este microcontrolador cuenta con 5 puertos E/S, 4 temporizadores, 20 fuentes de interrupción, comunicación serial, modulo USB, 13 canales de entradas analógicas y 2 módulos PWM".

- Arquitectura RISC avanzada Harvard: 18 bit con 8 bit de datos.
- Set de 77 instrucciones.
- Desde 18 a 80 patillas de conexión.
- Hasta 64K bytes de programa (Hasta 2M bytes en ROMless).
- Multiplicador Hardware 8x8.
- Hasta 3968 bytes de RAM Y 1K bytes de EEPROM.
- Frecuencia máxima de reloj 40Mhz. Hasta 10 MIPS.
- Pila de 32 niveles.
- Múltiples fuentes de interrupción.
- Periféricos de comunicación avanzados (CAN y USB).

2.3.1.1 RESISTENCIA DE LA MEMORIA.-

J. Angulo (2010) "Las celdas de memoria temporal (memoria flash) tanto para la memoria de programa y los datos EEPROM permiten ciclos de escritura hasta 100.000 para la memoria de programa y 1.000.000 para la memoria EEPROM".

2.3.1.2 AUTO-PROGRAMACION.-

T., Wilmshurst (2007) "Estos dispositivos pueden escribir en sus propios espacios de memoria del programa en virtud del control de software". Mediante el uso de una rutina de gestor de arranque situado en el bloque de arranque, protegida en la parte superior de la memoria de programa, se hace posible crear una aplicación que permita actualizarse a sí mismo.

2.3.2.3 INSTRUCCIÓN DE SET EXTENDIDO.-

J. González (2008) "La familia PIC18F4520 introduce una extensión opcional para el conjunto de instrucciones PIC18, que añade 8 nuevas instrucciones y un modo de direccionamiento indexado". Esta extensión, habilitada como opción en la configuración del dispositivo, ha sido

diseñado específicamente para optimizar el código de aplicación reentrante desarrollado originalmente en lenguajes de alto nivel, tales como el C.

2.3.2.4 MÓDULO CCP.-

J. Angulo (2010) "En el modo PWM, este módulo ofrece 1, 2 o 4 salidas moduladas para el control de medio puente y los controladores de puente completo". Otras características incluyen auto-apagado, para desactivar salidas PWM de las condiciones de selección de interrupción o de otro tipo y el pre-arranque automático, para reactivar las salidas una vez que la condición ha despejado.

2.3.2.5 USART DIRECCIONABLE.-

F. Barra (2011) "Este módulo de comunicación serie es capaz de funcionar con el estándar RS-232 y proporciona soporte para el protocolo de bus LIN". Además, incluye la detección automática de velocidad y una velocidad de transmisión generador de 16 bits para una mejor resolución. Cuando el microcontrolador utiliza el bloque oscilador interno, el USART proporciona un funcionamiento estable para aplicaciones sin necesidad de utilizar un cristal externo (o la necesidad de añadir potencia de acompañamiento).

2.3.2.6 CONERTIDOR A/D DE 10-BIT.-

M. Bates (2006) "Este módulo incorpora el tiempo de adquisición programable, lo que permite un canal que se seleccionará y una conversión para ser iniciado sin esperar un período de muestreo y, por tanto, reducir el código de inicio".

2.3.2.7 WATCHDOG (WDT).-

E. Palacios (2005) "Esta versión mejorada incluye una de 16 bits, lo que permite un rango de tiempo de espera prolongado que es estable a través de la tensión de funcionamiento y la temperatura". Su función es contar cada cierto número de pulsos de reloj en un determinado tiempo, esperando algún evento generado por el programa, si no llega, el watchdog se activa y hace que todo empiece de nuevo y si llega el evento, entonces no hace nada.

2.4 BLOQUES QUE COMPONEN UNA PLATAFORMA HARDWARE PARA PIC.-

2.4.1 FUENTE DE ALIMENTACION DE TENSION REGULADA.-

Permite obtener diferentes tensiones para que la plataforma pueda disponer de una o varias líneas de alimentación. Se facilita diferentes valores de tensión, concretamente los más utilizados; 5V para circuitos integrados, y 12V para relés de salida, o múltiples tensiones con el mismo valor (+5V/+5V), separando así la alimentación de los circuitos integrados de la plataforma, de la utilizada en periféricos que pueden generar picos de corriente por altos consumos, como puede ser la visualización dinámica con displays de 7 segmentos. De esta forma, se consigue una mayor estabilidad en la alimentación de los microcontroladores que integran la plataforma.

2.4.2 PERIFÉRICOS DE SALIDA.-

Sirven para permitir al usuario de la plataforma visualizar acciones producidas por el µC. Sin estos dispositivos, el sistema del µC no podría mostrar los resultados de sus operaciones, en dispositivos como por ejemplo displays de 7 segmentos, visualizador LCD, conjunto de diodos LED, etc.

2.4.3 PERIFÉRICOS DE ENTRADA.-

Sirven para permitir al usuario y entorno interaccionar con el µC, pudiendo introducir datos digitales o señales, en el caso de las entradas analógicas. Como por ejemplo un conjunto de pulsadores e interruptores, teclado matricial, entradas analógicas con juego de sensores y potenciómetros, generador de onda rectangular, etc.

2.4.4 COMUNICACIONES.-

Posibilitan al µC comunicarse con otros dispositivos, ya sea un ordenador (comunicación RS232 o USB) o con otros periféricos (comunicación I2C). Además, se engloban dentro de este apartado sistemas como el ICSP que permite al µC ser programado mientras se encuentra montado sobre el propio circuito.

2.5 COMPONENTES PARA UNA PLATAFORMA PARA MICROCONTROLADORES.-

2.5.1 ENCAPSULADOS DE TECNOLOGÍA DE AJUGEROS PASANTES (THT).-

Son todos aquellos componentes que poseen patillas para ser instalados en perforaciones metalizadas (llamadas Thru-Hole). Este tipo de componentes se sueldan por la capa opuesta de la tarjeta escudo. Generalmente son montados por un solo lado de la tarjeta y soldados del otro lado.

Figura 2.4: Ejemplos de componentes Thru-Hole.
Fuente: www.mcelectronics.com.ar

Figura 2.5: Componentes Thru-Hole en una plataforma base.
Fuente: www.traffitec.cl

VENTAJAS.-

- Tienen uniones mecánicas fuertes.
- Son económicos y asequibles.
- Son componentes que tienen mayores resistencias térmicas.

DESVENTAJAS.-

- Limitan el área de encaminamiento disponible para las trazas de señal entre los componentes.

- La perforación adicional requerida hace que las tarjetas electrónicas sean más caras de producir.

2.5.2 ENCAPSULADOS DE MONTAJE SUPERFICIAL SMD/SMT).-

Son todos aquellos componentes que se montan en forma superficial, es decir sin necesidad de hacer agujeros en la placa base de la tarjeta. Tienen la ventaja de que pueden montarse por ambos lados de la tarjeta escudo, además de ser más pequeños que los Thru-Hole, lo que permite hacer circuitos más pequeños y más densos. Se los utiliza frecuentemente para diseños en alta frecuencia debido a su tamaño reducido.

Figura 2.6: Ejemplos de componentes SMD/SMT.
Fuente: www.u.jimdo.com

Figura 2.7: Componentes SMD/SMT en una plataforma base.
Fuente: Alex Méndez

VENTAJAS.-

- Son componentes sumamente pequeños.
- Proporcionan menor costo y menor tiempo de producción para cada tarjeta escudo.
- Mejor comportamiento mecánico y más resistencia a vibraciones y golpes.
- Son más fáciles de ensamblar en la tarjeta.
- Generan menos agujeros en la placa base de la tarjeta.
- Ahorran espacio y longitud de pistas de cobre.
- Son componentes que están preparados para las últimas tecnologías.
- Minimizan la inductancia y la capacitancia parásita de cables conductores, que pueden menoscabar la función del circuito.

DESVENTAJAS.-

- El reducido tamaño, implica que la superficie de disipación también es menor, y normalmente la resistencia térmica entre el interior del componente y el exterior es más grande.

- Al ser sus conexiones más pequeñas, requieren de técnicas especializadas para su ensamblaje en la tarjeta.

- La reparación de este tipo de componentes es más difícil y costosa.

- No están diseñados para manejar altas potencias o voltajes, por lo que en ciertas ocasiones se combinan con los componentes Thru-Hole.

- Requieren un mayor control de la temperatura al ser ensamblados en la placa de la tarjeta escudo.

2.5.3 PISTAS DE UN CIRCUITO IMPRESO.-

Son líneas continuas y laminadas de cobre que están constituidas por un material conductor, para poder conectar eléctricamente a los componentes de una tarjeta escudo y sostenerlos mecánicamente.

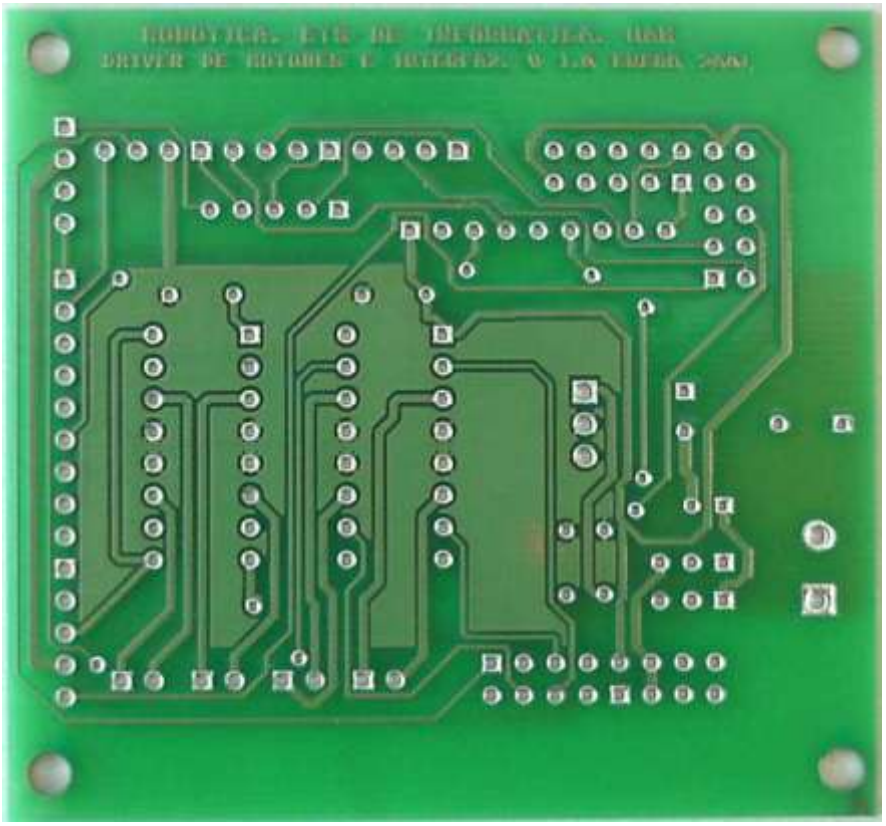


Figura 2.8: Caminos de circuito impreso en una plataforma base.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

2.5.3.1 PADS.-

F. Barra (2011) "Un pad es una superficie de cobre en un circuito impreso o PCB que permite soldar o fijar la componente a la placa base". Existen dos tipos de pads; los thru-hole y los smd (montaje de superficie).

Los pads thru-hole están pensados para introducir el pin de la componente para luego soldarla por el lado opuesto al cual se introdujo. Este tipo de pads es muy similar a una via thru-hole.

Los pads smd están pensados para montaje superficial, es decir, soldar la componente por el mismo lado de la placa en donde se emplazó.

A continuación se muestran en la figura 4, cuatro componentes. La componente IC1 y R1 tienen 8 y 2 pads SMD respectivamente, mientras que ambas componentes Q1 y PW tienen 3 pads thru-hole.

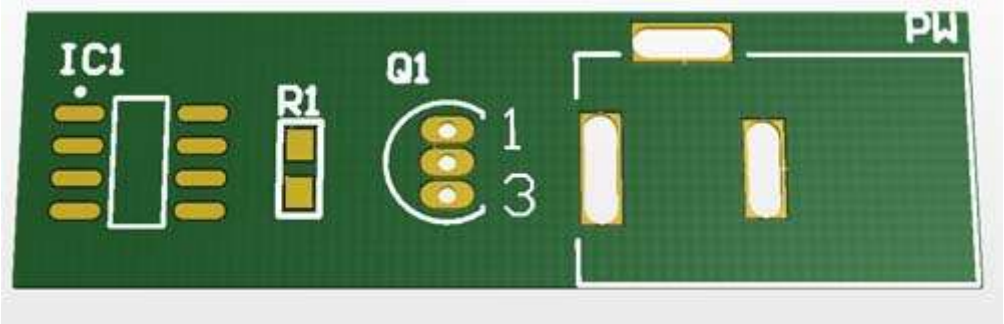


Figura 2.9: Pads SMD y THT.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

2.5.3.2 Caminos de cobres (pistas o tracks).-

Según M. Batess (2006) "Un track es un camino conductor de cobre que sirve para conectar un pad (donde descansa el pin o terminal de un componente) a otro". Los tracks pueden ser de distinto ancho dependiendo de las corrientes que fluyen a través de ellos.

Cabe destacar, que en altas frecuencias es necesario calcular el ancho del track de forma que exista una adaptación de impedancias durante todo su recorrido (más de este tema en una futura publicación).

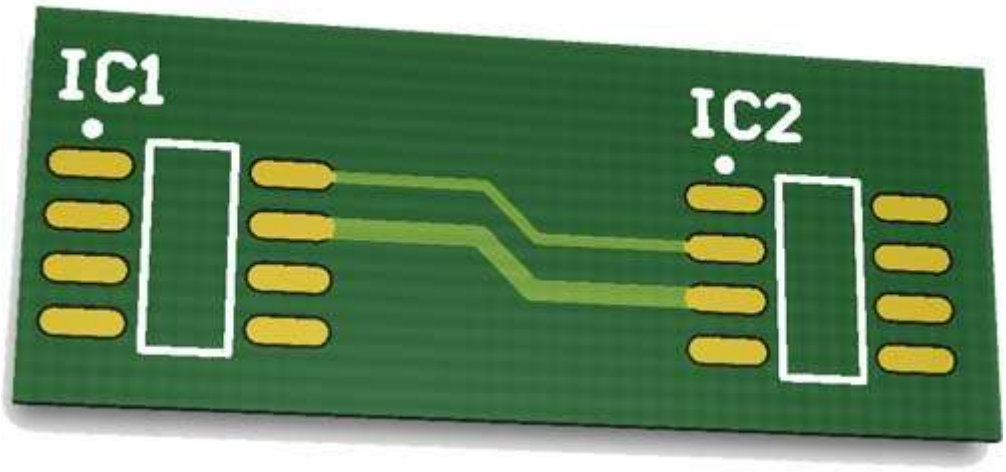


Figura 2.10: Tracks que interconectan 2 circuitos impresos.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

2.5.3.3 Perforaciones Metalizadas a través de orificio (Thru-hole Vias o Full Stack Vias).-

Cuando se debe realizar una conexión de un componente que se encuentra en la capa superior de la PCB con otro de la capa inferior, se utiliza una vía. E. Palacios (2005) "Una vía es una perforación metalizada (en inglés, plated via) que permite que la conducción eléctrica no se interrumpa cuando se pasa de una superficie a otra". En la figura 6 puede apreciarse como salen 2 tracks desde los pads de un chip que se encuentra en la capa superior de la PCB, que luego de pasar por 2 vias, se conectan a los pads del chip que se encuentra en la capa inferior.

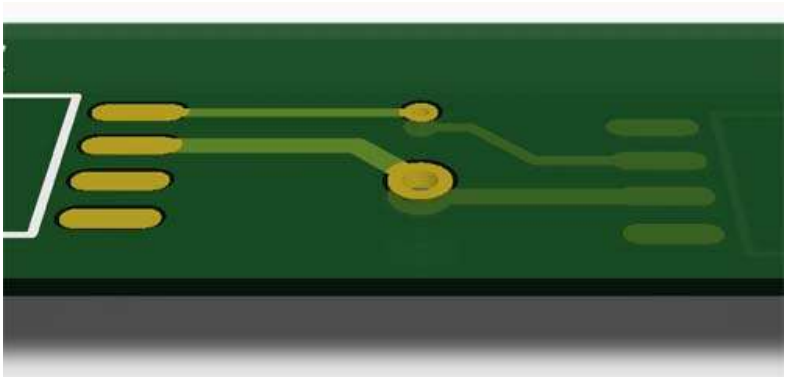


Figura 2.11: Dos chips en caras opuestas se conectan, atravesando la placa con vías.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

En la tabla se muestra una vista más detallada de una sección de circuito impreso. Los colores significan:

Tabla 2.2: Secciones de circuito impreso.

Color	Descripción
Verde	máscaras de soldado de las capas superior (top) e inferior (bottom)
Rojo	corresponde a la capa superior (top)
Violeta	corresponde a la segunda layer que en este caso es un plano de energía (i.e. Vcc o Gnd)
Amarillo	corresponde a la tercera layer que en este caso es un plano de energía (i.e. Vcc o Gnd)
Azul	corresponde a la capa inferior (bottom)

.

Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

Este circuito impreso PCB es de 4 capas, y se puede apreciar como un track de la capa superior (top) atraviesa la placa donde sale un track en la capa inferior (bottom).

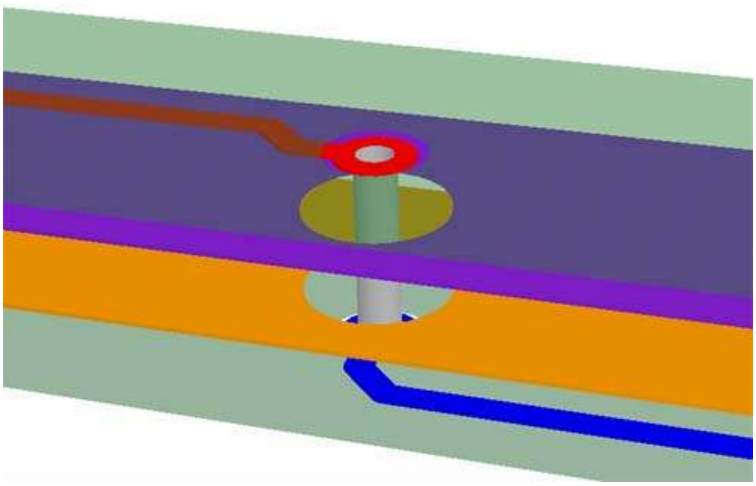


Figura 2.12: Track de la capa superior atravesando la PCB y saliendo en la capa inferior Perforaciones Metalizadas ciegas (Blind Vias).
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

2.5.3.4 Perforaciones Metalizadas ciegas (Blind Vias).-

En diseños complejos de alta densidad es necesario utilizar más de 2 layers como hemos mostrado en la figura 7. Generalmente en los diseños de sistemas multicapas donde hay muchos integrados, se utilizan planos de energía (de Vcc's o de Gnd) para evitar tener que routear muchos tracks de alimentación. Dicho en otras palabras es más fácil y seguro conectarse a la alimentación directamente bajo del chip (capa contigua a la superior) que con tracks largos hacia el PDS (Power Delivery System).

También hay veces que se debe routear un track de señal desde una capa externa a una interna con el mínimo largo posible debido a problemas que se generan cuando se trabaja en frecuencias altas que afectan la integridad de las señales (más de esto en otra publicación futura).

Para esos tipos de conexionado se utilizan vias ciegas, las cuales permiten conectar una capa externa a una capa interna. La via ciega comienza en una capa externa y termina en un capa interna, es por eso que se llama ciega. Para darse cuenta si una via es ciega, puede ponerse el circuito impreso contra una fuente de luz y ver si la luz pasa a través de ella. En el caso de que la luz no traspase la PCB estamos hablando de una via ciega, en caso contrario, de una via thru-hole.

Es muy útil utilizar este tipo de vias en diseño de circuitos impresos cuando no se posee de mucho espacio para emplazar componentes, por lo que se debe poblar la placa por componentes en ambas caras. Si las vias fuesen del tipo thru-hole utilizaría espacio extra el hecho de que una via atravesara la placa completa.

En la figura podemos apreciar 3 vias en este circuito impreso. Si vemos de izquierda a derecha, la primera via que veremos es una thru-hole o fullstack. La segunda es una via que nace en la capa superior y termina en la segunda capa, por lo que decimos que es una 1-2 blind via. Por último la tercera es una via que nace en la capa inferior y termina en la tercera, por lo tanto es una 3-4 blind via.

Es importante destacar que las blind vias se suelen manufacturar en layers consecutivas, en otras palabras L1 L2, L3 L4, Ln-1 Ln.

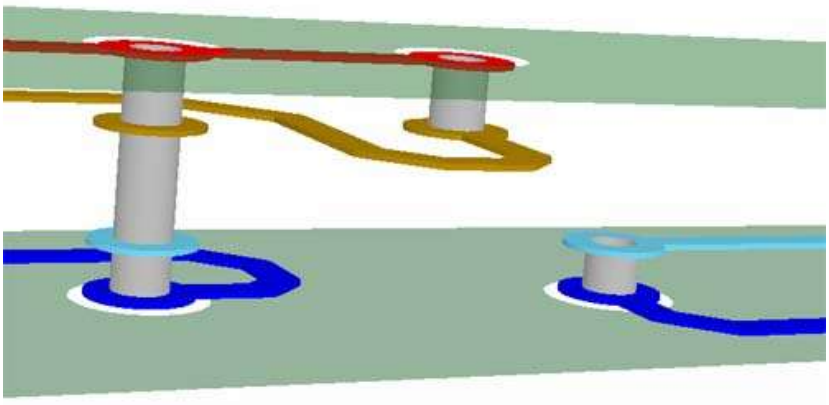


Figura 2.13: Comparación de una Thru-hole via con una Blind via.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

La desventaja que tiene el utilizar este tipo de vias es su alto costo en comparación a la alternativa de vias thruhole.

2.5.3.5 Perforaciones Metalizadas enterradas u ocultas (Buried Vias).-

Estas vias son similares a las ciegas, la diferencia es que no nacen ni terminan en ninguna capa externa o de superficie. Si vemos de izquierda a derecha, la primera es una thru-hole o fullstack y la segunda es una 1-2 blind, al igual que en el ejemplo anterior. La tercera en este caso es una 2-3 buried via que nace en la segunda capa y termina en la tercera.

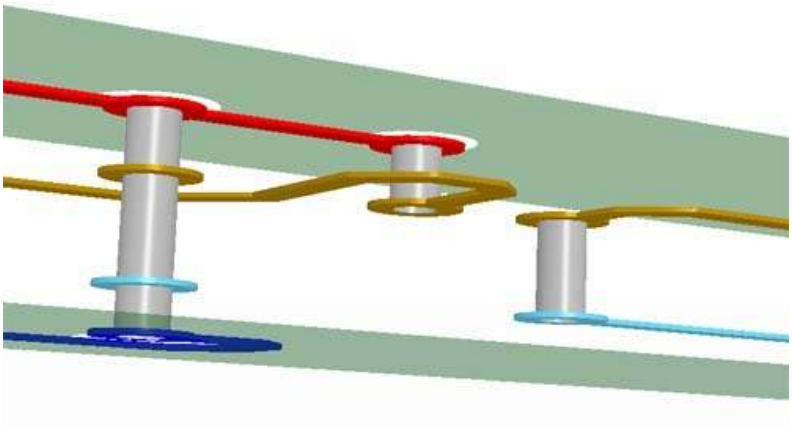


Figura 2.14: Buried via.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

Es importante destacar que las buried vias se suelen manufacturar en layers consecutivas (i.e. L1 L2)

La desventaja que tiene el utilizar este tipo de vias es su alto costo en comparación a la alternativa de vias thruhole.

2.5.4 APILAMIENTOS DE CABECERAS.-

Todas las tarjetas deben de tener apilamientos de cabeceras. Muchos escudos están equipados con encabezados regulares separatistas que sobresalen por debajo de la tarjeta, pero no proporcionan un lugar en la parte superior donde otro escudo puede ser conectado.

Por eso esta característica se debe utilizar siempre en la estructura del diseño de una tarjeta escudo, como se muestra a continuación.

Figura 2.15: Apilamientos de cabeceras de una plataforma base.
Fuente: www.pcb.electrosoft.cl

2.5.5 CONTENCION DE PATILLAS EN LA PLATAFORMA HARDWARE.-

Es comprobar la asignación de patillas para los módulos y las tarjetas escudos que se desean utilizar, y asegurar de que estas tarjetas no van a estar conectadas por las mismas patillas y causar interrupción en la plataforma hardware base. Puede ser muy difícil determinar a través de la esquemática del fabricante qué patillas se pueden utilizar.

Solo se pueden compartir las patillas que contengan una tensión o voltaje de referencia; ya que las tarjetas escudos no pueden compartir las mismas patillas de datos, porque no tendrían comunicación con el microcontrolador.

Si las tarjetas escudos utilizan comunicaciones SPI todos pueden coexistir en el mismo bus SPI, con la excepción de la SS (Slave Select)

de la línea (a veces llamado CS o Chip Select), que tendrá que ser configurado de forma diferente para cada tarjeta.

El MISO, SCLK, MOSI, y todo puede ser compartido por múltiples escudos. Si se dispone de varias pantallas que utilizan SPI y también se usa el mismo pin de SS, se debe modificar una de las tarjetas.

Un enfoque típico es cortar el camino que va a la SS en una de las tarjetas y utilizar un cable de puente para conectarlo a una patilla de alternativa, luego, modificar el código software para que la tarjeta pueda utilizar esa conexión en comunicación con la otra tarjeta.

Figura 2.16: Patillas que contienen sus respectivas pistas de conexión.
Fuente: www.microsystem.com

2.5.6 SOFTWARE.-

Una plataforma hardware debe tener una buena cantidad de sobrecarga de software, a veces se puede tornar un poco complicado el combinar tarjetas escudos, si se utiliza un montón de memorias FLASH o SRAM, ya

que se genera conflictos de interrupciones o requisitos de tiempo ajustados.

Para determinar el valor nominal se debe saber el funcionamiento interno de todas las bibliotecas que participan muy íntimamente.

2.5.7 ENERGÍA.-

Las plataformas hardware con microcontroladores requieren una cantidad de energía mínima o máxima de alimentación, que se puede disponer desde la misma plataforma base para su correcto funcionamiento, y en caso de no obtenerla desde la plataforma se la debe alimentar externamente a través de conectores como el USB o de fuentes de voltaje.

Figura 2.17: Requerimiento de energía.
Fuente: www.microsystem.com

2.6 COMPILADOR PIC-C CCS.-

G. Breijo (2008) "El compilador PIC-C CCS, denominado PCWH, utiliza un lenguaje de códigos muy eficiente, fácil y manejable, pero sobre todo de alto nivel, basado en C ANSI" que contiene las funciones y librerías necesarias para el diseño de cualquier aplicación basada en microcontroladores PIC: matemáticas, control de protocolos serial, I2C, etc. Además, suministra los controladores (drivers) para diversos dispositivos como LCD, convertidores AD, relojes en tiempo real, EEPROM serie, etc.

La versión PCWH admite todos los dispositivos PIC de las gamas: baja 12XXX, media 16XXX y alta 18XXX, con núcleos de 12, 14, 16 bits respectivamente e incluso núcleos hasta con 24 bits como son la familia dsPIC30F2010. Incluye IDE (Entorno Integrado de Desarrollo) en Windows lo cual facilita la edición y depuración de los programas, líneas de comando PCB,PCM, PCH y PCD, un terminal de comunicación serial perfecto; así como ayuda a la configuración de los dispositivos. Cabe recalcar que las instrucciones y el manual de ayuda en el programa se encuentran totalmente en inglés.

Este compilador soporta dispositivos de todas las familias de los microcontroladores PIC y en su última versión (4.1) se incluyen librerías para poder controlar más de 300 modelos de microcontroladores PIC.

El compilador incluye funciones para acceder al hardware de los procesadores PIC, tal como ***read_adc ()*** para leer el valor de un conversor A/D. La entrada y salida de la comunicación se maneja describiendo las características de los puertos en un PRAGMA. Funciones tales como ***input ()*** y ***output_high ()*** mantienen apropiadamente los registros tri-Estado. Las variables, incluyendo estructuras pueden ser

directamente mapeadas a la memoria tal como los puertos de entrada y salida para representar mejor la estructura del Hardware en C.

La velocidad del reloj del microcontrolador se puede especificar en un PRAGMA para permitir que las funciones incorporadas retrasen un número dado de microsegundos o milisegundos. Las funciones de E/S serie permiten que funciones estándar como ***get ()*** y ***printf ()*** sean usadas para RS-232.

El transceptor serie del Hardware se usa en las partes que aplican cuando es posible. Para otros casos el compilador genera un transceptor serie de software. Los operadores estándar de C y las funciones estándar incorporadas se optimizan para producir código muy eficiente para funciones de bits y de E/S.

Pueden implementarse funciones in-line o separadas, que permiten optimizar según mejoras en la ROM o en la velocidad. Los parámetros de las funciones se pasan en registros reusables. Las funciones in-line con parámetros de referencia se implementan eficientemente sin sobrecarga de memoria.

Durante el proceso de enlazado se analiza la estructura del programa. Las funciones que se llaman unas a otras con frecuencia se agrupan juntas en el mismo segmento de página. La herramienta transparente al usuario maneja funciones a través de las páginas automáticamente. Las funciones se pueden implementar in-line o separadas. La RAM se reserva eficientemente para determinar cuántas ubicaciones pueden ser reutilizadas. Las cadenas constantes y tablas se almacenan en la ROM del dispositivo.

El compilador produce principalmente tres tipos de archivos:

- Archivos con extensión ***.hex*** que permitirá grabar el programa ejecutable en el PIC por medio del uso de un programador.

- El archivo ***.asm*** contendrá un listado en assembler del programa compilado con la información del mapeo de memoria. Estos archivos son muy útiles para el *debugging* de los programas y para determinar la cantidad de pasos de programas (ciclos de ejecución) contiene la aplicación.

- Los archivos con extensiones ***.pre*** contienen la información procesada del programa, ***#defines, #includes***, etc. La cual es expandida y guardada en el archivo.

- La salida en ***.hex*** y los archivos de depuración son seleccionables y compatibles con emuladores y programadores populares incluyendo MPLAB IDE para depuración a nivel de fuente. PCW incluye un poderoso IDE bajo Windows. El compilador requiere Windows 95, 98, ME, NT4, 2000, XP, VISTA, W7 o Linux para su normal funcionamiento.

PRINCIPALES VENTAJAS.-

- Está basado en el ANSI C.

- Soporte completo de las familias de Microcontroladores PIC.

- Salida Assembly.

- Biblioteca de funciones pre-compiladas y directivas de las que disponen.

- Funciones listas para usarse, ahorra mucho trabajo al programador.

- Industria estándar INTEL Hex 8 bit Mergerd format (INHX8M).

- Soporta interrupciones internas y externas.
- Tipos de datos 8, 6, 16 bit int, char, long, punteros, unsigned, etc.
- Inserción de código asamblea asm ().
- Operadores aritméticos, incluyendo multiplicación, división, modulo y otros.
- Las variables y funciones no utilizadas son borradas automáticamente.
- Reutilización de RAM.
- Instrucciones simples.
- Se tiene un aprovechamiento eficiente de los recursos del PIC.

2.7 PROGRAMACION EN PIC-C CCS.-

La programación en lenguaje C, para PIC, es bastante similar en su estructura y sintaxis a la programación tradicional para ordenadores, una de las diferencias está en las librerías creadas específicamente para los microcontroladores PIC como por ejemplo para el LCD, teclado matricial, bus I2C, etc.

La función ***main ()*** es imprescindible en todo programa escrito en lenguaje C, pues es la función principal, desde aquí se puede hacer el llamado a otras funciones. Para crear un programa en lenguaje C, hay que seguir los pasos siguientes:

1. Especificaciones del programa.
2. Hacer organigrama.

3. Escribir el código fuente.
4. Compilar + enlazar.

5. Depurar errores, si es que los hay.

2.7.1 ESTRUCTURA DE UN PROGRAMA EN CCS.-

G. Breijo (2008) "Para escribir un programa en C con el CCS se deben tener en cuenta una serie de elementos básicos de su estructura", que se detallan a continuación:

2.7.1.1 DIRECTIVAS DE PROCESADO.-

Controlan la conversión del programa a código maquina por parte del compilador.

2.7.1.2 PROGRAMAS O FUNCIONES.-

Conjunto de instrucciones. Puede haber uno o varios; en cualquier caso siempre debe haber uno definido como principal mediante la inclusión de la llamada ***main ().***

2.7.1.3 INSTRUCCIONES.-

Indican cómo se debe comportar el PIC en todo momento.

2.7.1.4 COMENTARIOS.-

Permiten describir lo que significa cada línea del programa.

2.7.2 TIPOS DE DATOS.-

CCS C acepta los tipos de datos que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Tipos de Datos.

TIPO	TAMAÑO	RANGO	DESCRIPCION
Int1 Short	1 bit	0 a 1	Entero de 1 bit
Int Int8	8 bit	0 a 255	Entero
Int16 Long	16 bit	0 a 65.535	Entero de 16 bit
Int 32	32 bit	0 a 4.294.967.295	Entero de 32 bit
Float	32 bit	±1.175x10^-38 a ±3.402x10^+38	Coma flotante
Char	8 bit	0 a 255	Carácter
Void	-	-	Sin valor
Signed Int8	8 bit	-128 +127	Entero con signo
Signed Int16	16 bit	-32768 a 32767	Entero largo con signo
Signed Int 32	32 bit	-2^31 a +(2^31 + 1)	Entero 32 bit con signo

Fuente: Libro Compilador CCS C.

2.7.3 LAS CONSTANTES.-

Las constantes se pueden especificar en decimal, octal, hexadecimal o en binario, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 2.4: Tipos de Constantes en CCS C.

123	Decimal
0123	Octal (0)
0x123	Hexadecimal (0x)
0b010010	Binario (0b)
´/x´	Carácter
´/010´	Carácter octal
´/xA5´	Carácter hexadecimal

Fuente: Manual CCS C

Además, se pueden definir constantes con un sufijo:

Tabla 2.5: Definición de Constantes con un sufijo en CCS C.

Int8	127U
Long	80UL
Signed INT16	80L
Float	3.14F
Char	Con comillas simples ´C´

Fuente: Manual CCS C.

También se definen caracteres especiales, algunos como:

Tabla 2.6: Caracteres Especiales en CCS C.

/n	Cambio de línea.
/r	Retorno de carro.
/T	Tabulación.
/b	Backspace.

Fuente: Manual CCS C.

2.7.4 VARIABLES.-

G. Breijo (2008)Las variables se utilizan para nombrar posiciones de memoria RAM; se deben declarar obligatoriamente, antes de ser utilizadas; para eso se debe indicar el nombre y el tipo de dato que se utilizará. Se definen de la siguiente forma:

TIPO NOMBRE_VARIABLE [=VALOR INICIAL]

TIPO.- Hace referencia a cualquiera de los tipos de datos visto.

NOMBRE_VARIABLE.- Puede ser cualquiera y el valor inicial es opcional; como se muestra en el siguiente ejemplo:

Float temp_limit=500.0

Las variables definidas en un programa pueden ser de tipo LOCAL o GLOBAL. Las variables locales sólo se utilizan en la función donde se encuentran declaradas; las variables globales se pueden utilizar en todas las funciones del programa. Ambas deben declararse antes de ser utilizadas y las globales deben declararse antes de cualquier función y fuera de ellas. Las variables globales son puestas a cero cuando se inicia la función principal ***main ().***

Las variables pueden ser definidas con:

- **AUTO.-** Es usada por defecto, no hace falta que se indique; donde la variable existe mientras la función esta activa. Estas variables no se inicializan a cero. Su valor se pierde cuando se sale de la función.

- **STATIC.-** Una variable local se activa como global, se inicializa a cero y mantiene su valor al entrar y salir de la función.

- **EXTERN.-** Permite el uso de variables en compilaciones múltiples.

2.8 EAGLE: SOFTWARE PARA DISEÑOS DE PCB´S.-

Todas las tarjetas escudos, incluida la plataforma hardware que contiene al microcontrolador están diseñadas en un software de dibujo asistido llamado Eagle PCB. Usando este programa se puede crear circuitos impresos partiendo de un esquemático previamente diseñado, utilizando herramientas de fácil uso.

2.8.1 INTERFAZ DE USUARIO DE EAGLE.

M. Guadilla (2000) "Eagle se ha diseñado de tal modo que cualquier acción se realiza mediante un comando". Normalmente el usuario selecciona los comandos de la barra de herramientas que se encuentra a la izquierda de la ventana de trabajo, haciendo clic sobre los iconos. Pero existe otra opción, que es introducir los comandos mediante texto en la barra superior de la ventana de trabajo.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE PLATAFORMA HARDWARE CON PIC18F4520

3.1 INTRODUCCIOÓN.-

La plataforma entrenadora implementada en el presente trabajo es un conjunto didáctico en donde se puede trabajar con los µC PIC. Concretamente, y como hemos mencionado previamente, está diseñada para trabajar con un PIC18F4520.

En la placa se incluyen una gran variedad de periféricos para probar sobre ésta, los circuitos con µC, tanto a nivel software como hardware. Todos estos periféricos se encuentran directamente conectados con las diferentes patillas del µC, por lo que el usuario no deberá hacer ningún tipo de conexión adicional, lo que hace aún más fiable su funcionamiento y permitirá centrarse únicamente en los errores de software.

Figura 3.1: Plataforma Hardware con PIC18F4520.
Fuente: Autor

Cabe remarcar que, en la implementación de la presente propuesta, se ha escogido una plataforma que proporcione facilidad al momento de trabajar en la parte práctica.

Para realizar el diseño de la plataforma base que contiene al PIC18F4520, primero se busca el respectivo Data sheet y de acuerdo a la información proporcionado por el fabricante se hizo las conexiones a las patillas del PIC.

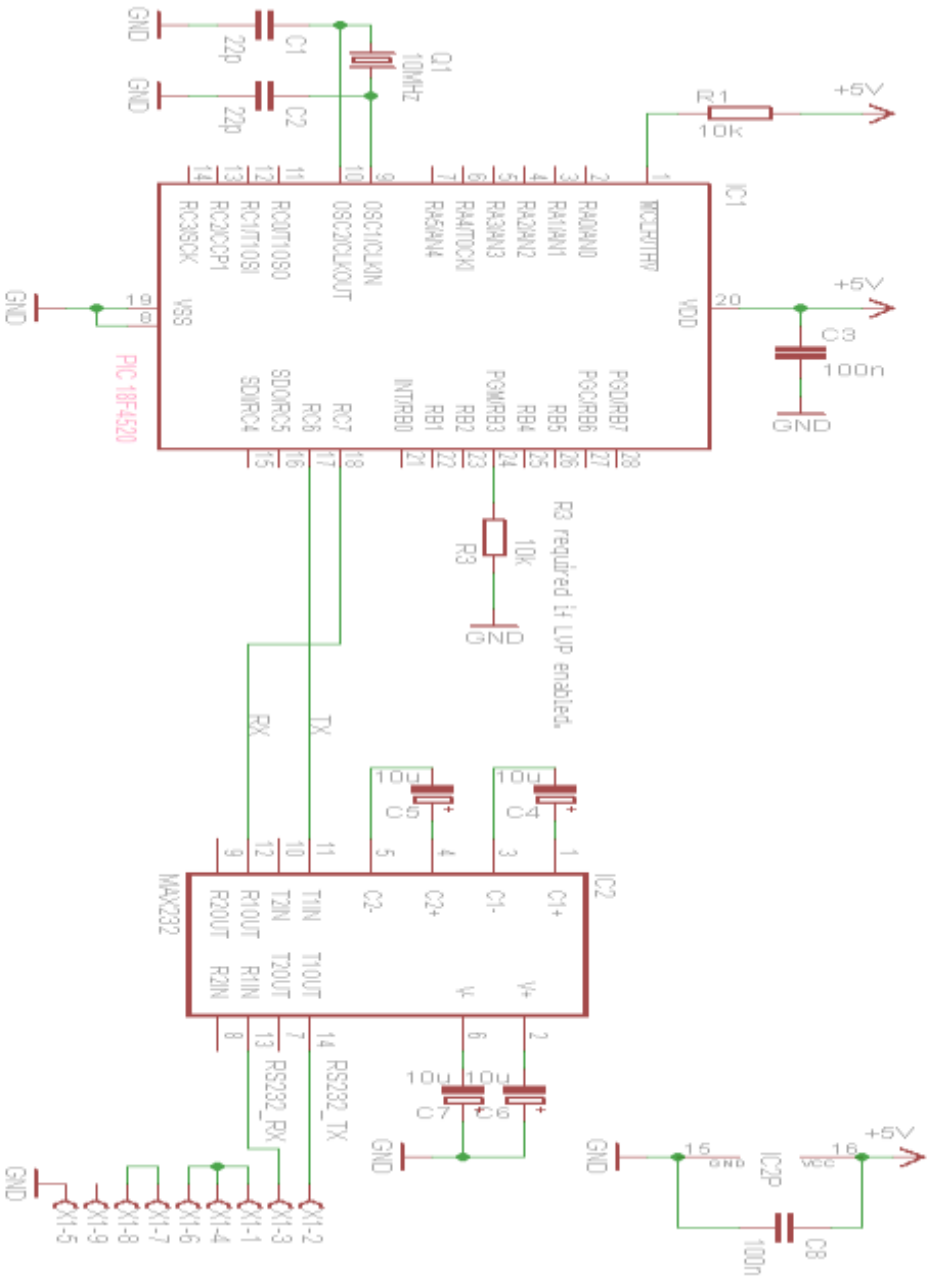
Este PIC es el que vamos a usar para que sea el cerebro de nuestro entrenador. Este PIC es de la gama alta por lo que nos dará grandes prestaciones y un sinfín de posibilidades para poder trabajar con total comodidad.

Características generales:

- Memoria Flash de 32K bytes
- Memoria SRAM de 2048 bytes
- Memoria EEPROM de 256 bytes
- I/O: 35
- Conversores A/D: 13
- Módulos ECCP: 1
- Soporta SPI
- Soporta I2C
- Soporta USB
- Temporizadores de 8bits: 1
- Temporizadores de 16bits: 3

Se traza una línea en cada patilla del PIC, y las nombramos con etiquetas cada una (RA0, RA6). Luego se procede hacer lo mismo, pero en este caso con bus unidos a los puertos.

Figura 3.2: Descripción de las patillas del PIC18F4520.



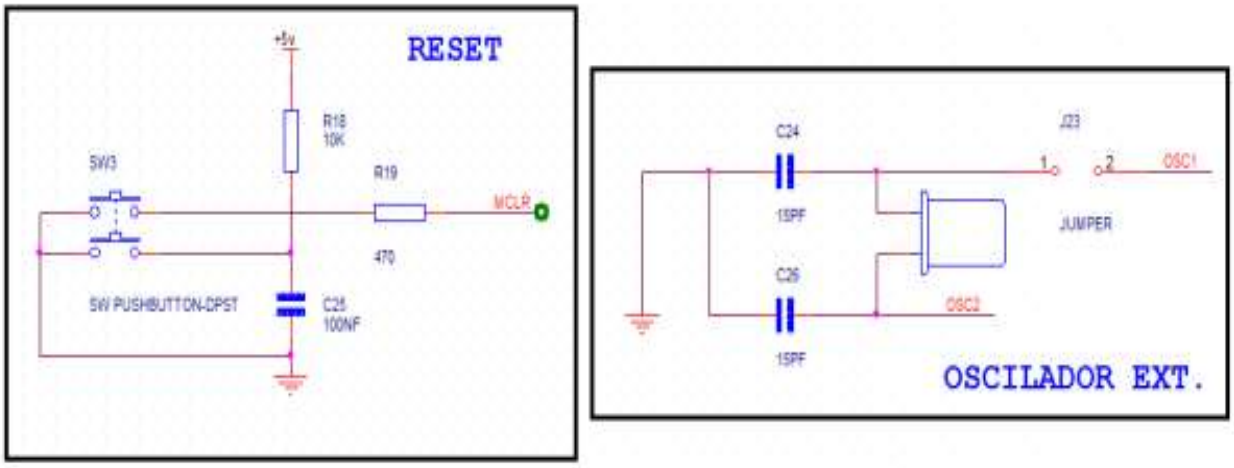
Fuente: Autor
Elaborado: Autor

Una vez obtenido el cableado del PIC se sigue diseñando pero en distintas hojas las partes que va a tener la plataforma base. Cada un sera independiente pero al final se irán uniendo.

3.2 RESET Y OSCILADOR EXTERNO.

Una de esas partes es el diseño del **Reset** y el **Oscilador Externo**. El reset está compuesto por un pulsador que su función será resetear el PIC manualmente. En cuanto al oscilador, todo microcontrolador necesita que le indiquen a qué velocidad trabajar es como el motor por lo tanto, este pequeño circuito no debe faltar.

Figura 3.3: Diseño del Reset y Oscilador externo.

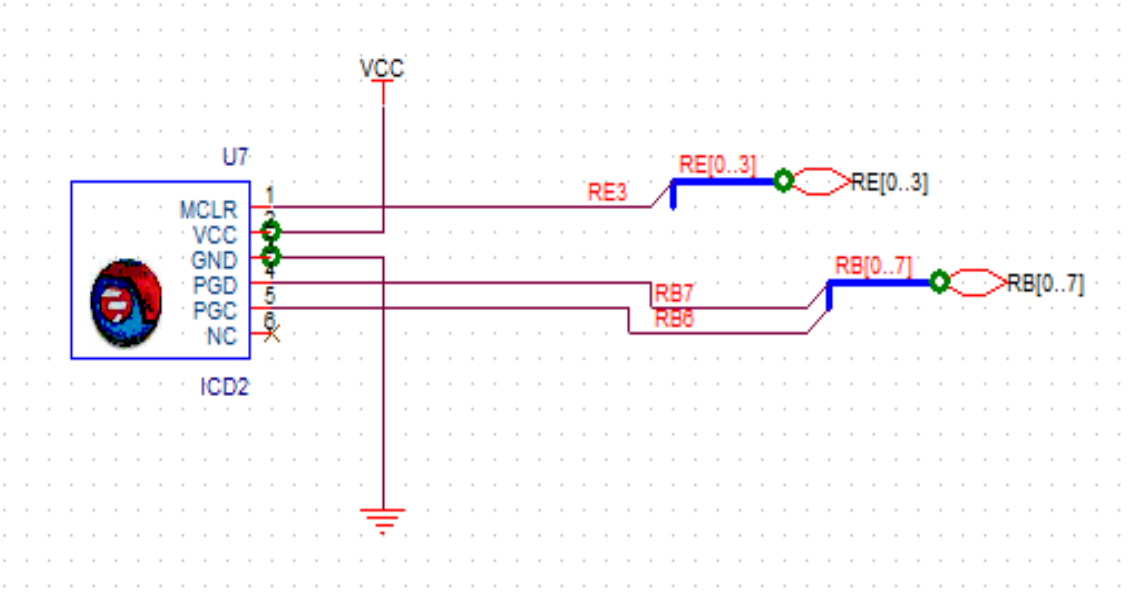


Fuente: Alex Méndez
Elaborado: Alex Méndez

3.3 COMUNICACIÓN ICD2.

Otra parte de la plataforma base es la comunicación **ICD2** una comunicación propia de Microchip la cual permite comunicarse con el PIC usando el MPLAB.

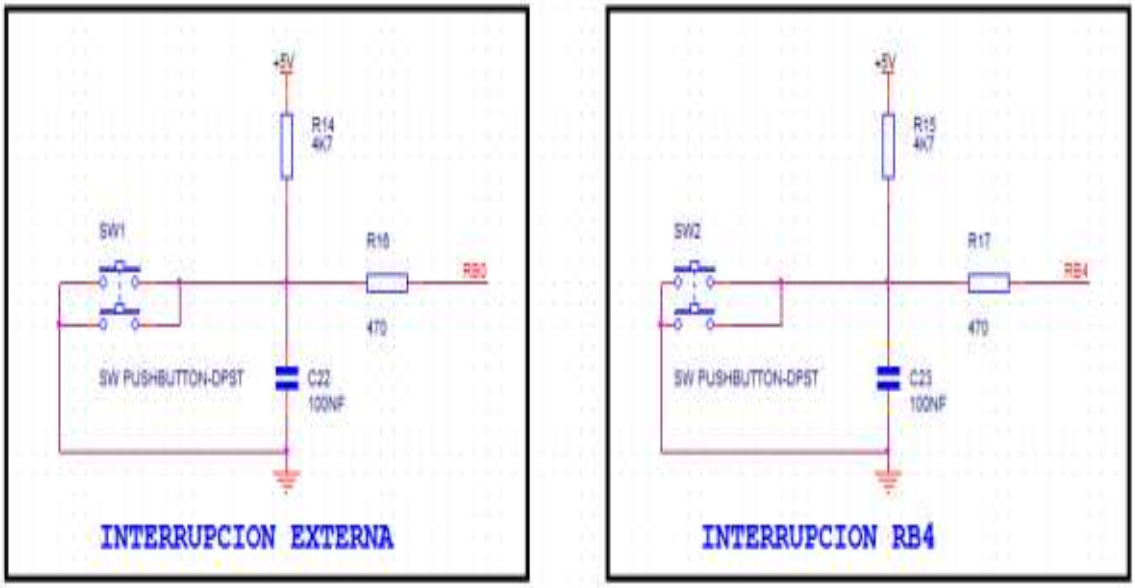
Figura 3.4: Diseño de Comunicación ICD2.



Fuente: Alex Méndez
Elaborado: Alex Méndez

El siguiente bloque del esquema es la **Interrupción externa** con un dos pulsadores uno a Rb4 y Rb0 poniendo los dos a cero.

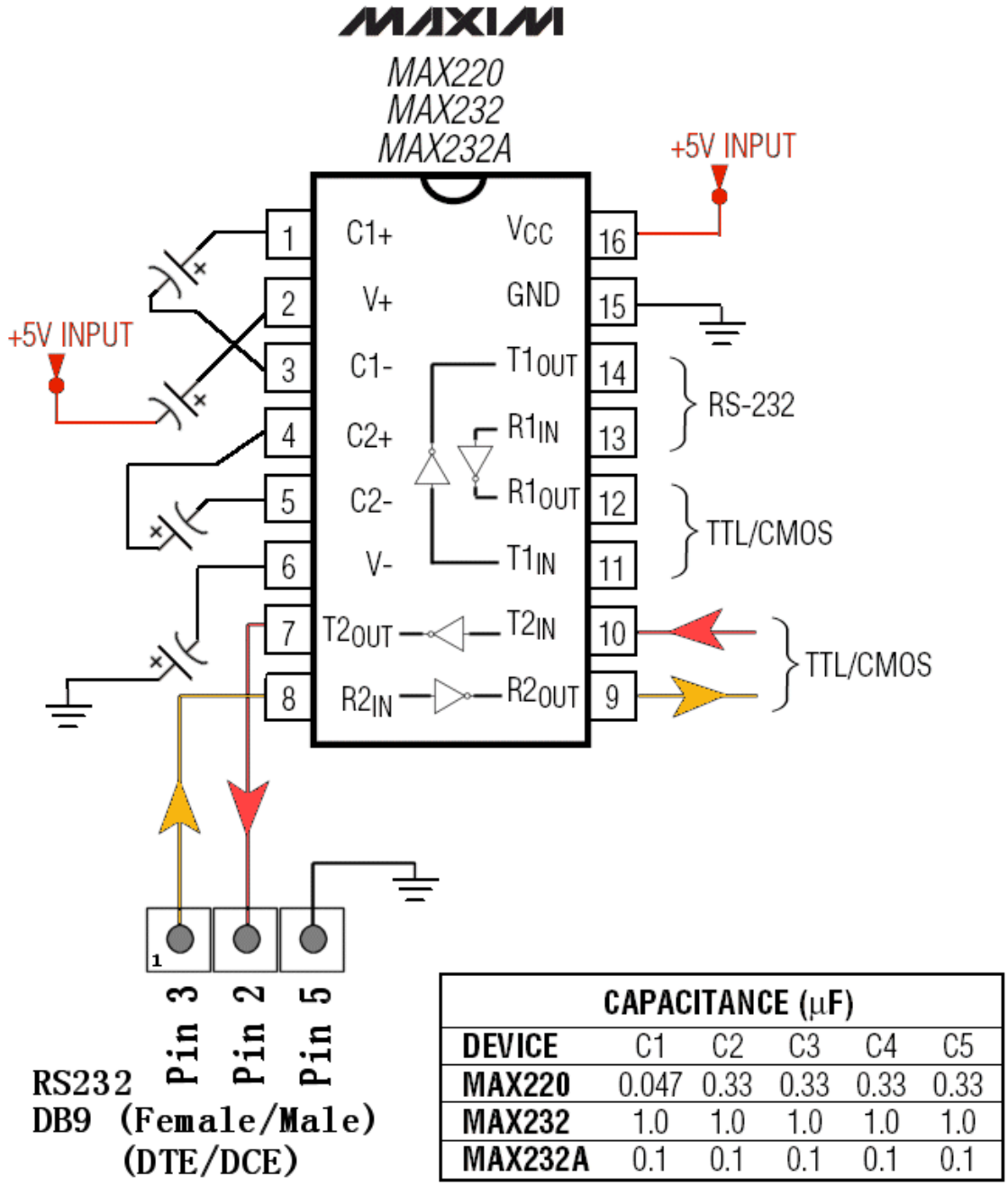
Figura 16: Diseño de la Interrupción Externa.



Fuente: Alex Méndez
Elaborado: Alex Méndez

El siguiente bloque contiene una parte de comunicación, que permite comunicar al PIC al ordenador mediante un RS232.

Figura 3.5: Esquema de Comunicación RS232.



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	0.047	0.33	0.33	0.33	0.33
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Fuente:www.siongboon.com/projects/2006-03-06_serial_communication/
Elaborado: Alex Méndez

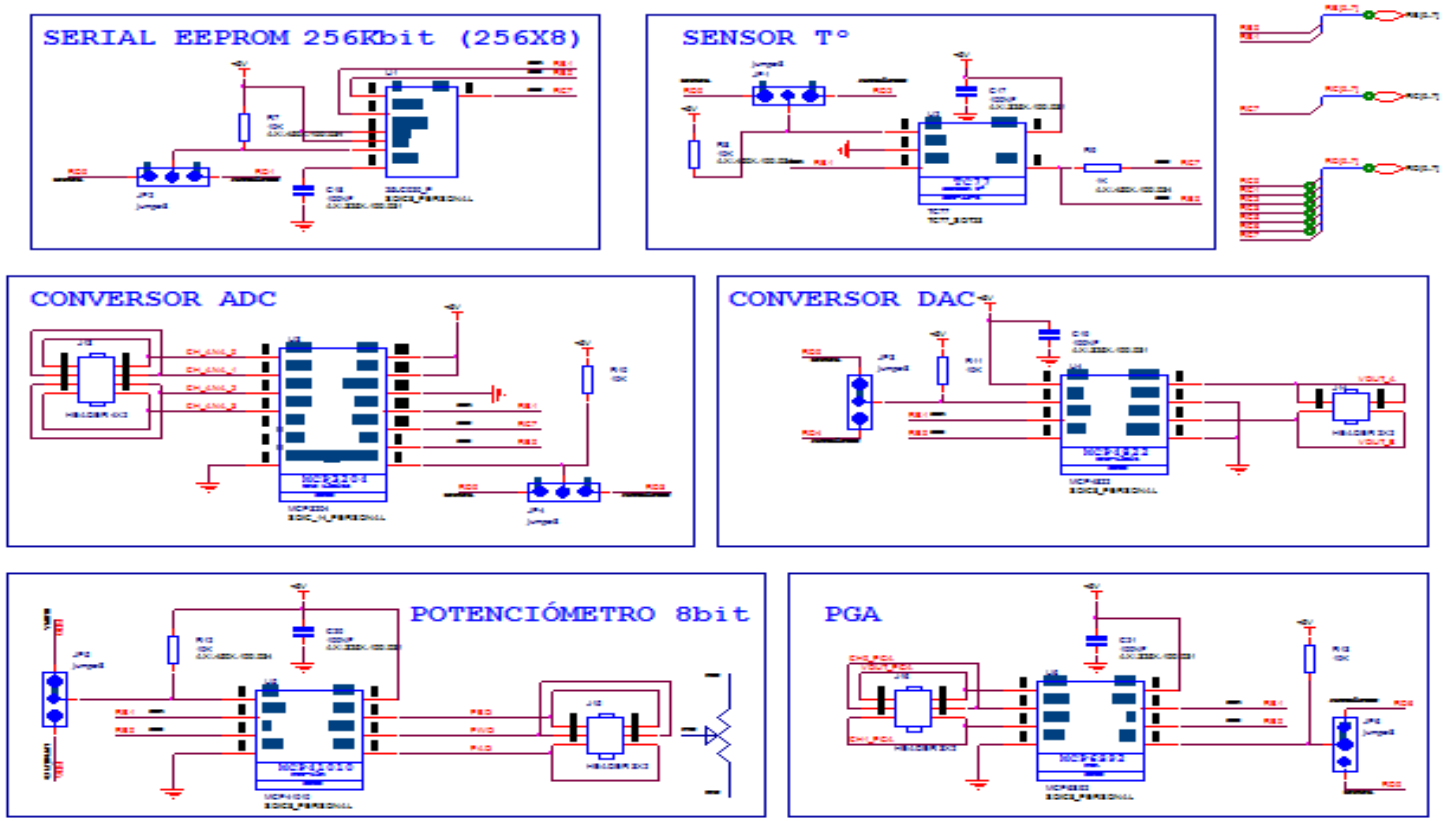
El siguiente bloque es el de expansión, que nos permitirá conectar más PIC a la placa.

El último bloque de comunicación son los SPI (serial de interfaz de periféricos), que es un estándar de enlace de datos sincronizados por un reloj. En pocas palabras el SPI nos permite la comunicación entre los circuitos integrados.

En este caso los que vamos a utilizar no estan en las libreria de Orcad, por lo tanto toca diseñar tal y como se hizo con el pic. Para ello necesitamos la ayuda de los fabricantes (Data Sheet) de los siguientes integrados:

- MCP3204
- TC77
- MCP4822
- MCP42010
- MCP6292
- MCP23S08

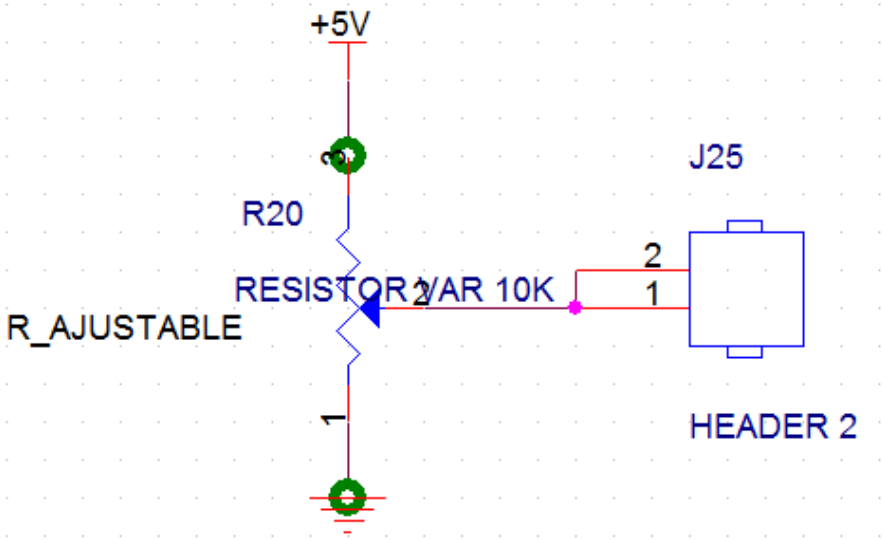
Figura 3.6: Diseño de los bloques que contendrá la plataforma base.



Fuente: Alex Méndez
Elaborado: Alex Méndez

Por último se agrega un potenciómetro analógico.

Figura 3.8: Diseño de potenciómetro analógico.



Fuente: Alex Méndez
Elaborado: Alex Méndez

3.4 ESPECIFICACIONES:

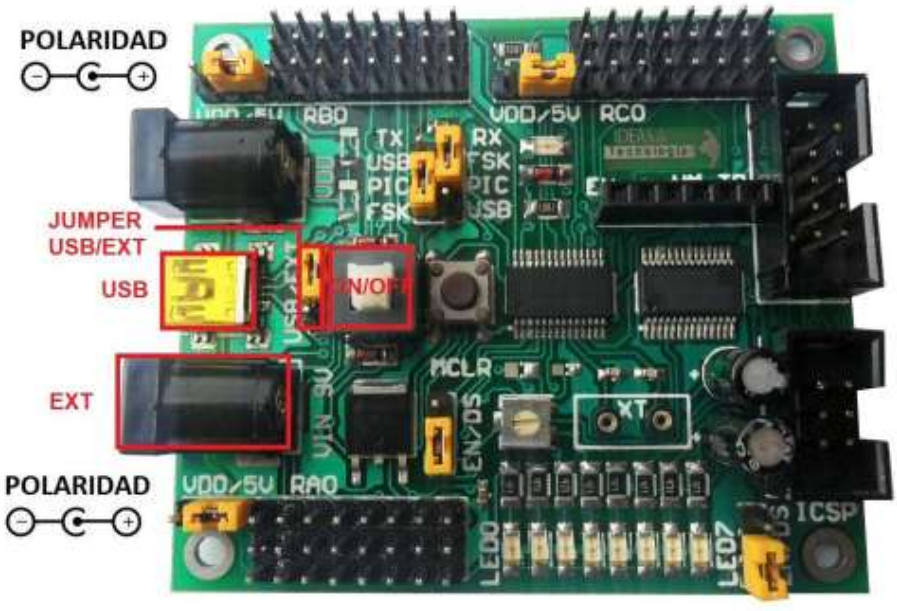


Figura 3.9: Especificaciones de la plataforma hardware.
Fuente: Autor.

- Comunicación serial asíncrona UART.
- Comunicación serial síncrona SPI e I2C.
- Comunicación ONE WIRE y USART.
- Comunicación inalámbrica RX y TX con módulos.
- FSK y ASK.
- 1 Potenciómetro integrado.
- 10 entradas analógicas.
- 24 entradas y salidas digitales.
- Tiene 8 leds que indican las salidas digitales.
- Controla 4 servomotores.
- Controla 2 motores DC (Dirección y Velocidad).
- Programación ICSP in circuit.
- Reset manual.
- 1 Switch de ON/OFF.
- 1 Led indicador de power

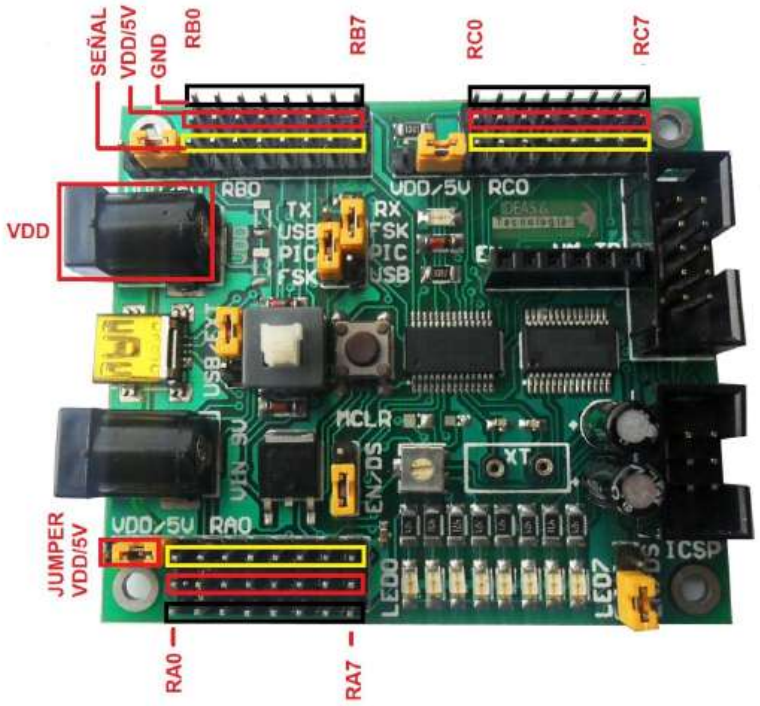


Figura 3.10: Especificaciones de puertos de la tarjeta hardware.
Fuente: Autor.

3.5 RESET (MCLR).

Este botón posee un resistor pull up y está conectado al PIN MCLR. Para utilizar este botón es necesario que se lo habilite mediante software.

CAPITULO 4

SOFTWARE Y PROGRAMACIÓN DE LA PLATAFORMA HARDWARE

4.1 Comunicación entre el PIC18f4520 y la memoria EEPROM 25LC020A mediante el protocolo SPI:

En la programación del software vamos a leer y escribir datos en una memoria EEprom 25LC020A que trabaja mediante el bus SPI y los vamos a programar atreves del PIC18f4520**.**

Para acceder al dispositivo es necesario hacerlo mediante el bus SPI. Las señales requeridas son de una entrada de reloj (SCK), además de los datos de entrada (SI) y los datos de salida (SO) y para acceder al dispositivo se controla mediante el pin de selección (CS).

4.2 Configuración de Puertos A, B, C Entradas/Salidas:

Cada puerto contiene 8 pines correspondientes a los 8 bits, a cada bit se denomina señal entrada/salida (I/O) acompañada de las patillas correspondientes a las conexiones de **+Vcc** y **Gnd,** donde Vcc puede ser seleccionable es decir utilizar el voltaje interno del módulo entrenamiento o externo mediante el Jack VDD.

- PORTA (0,1,2,3,4,5,6,7).
- PORTB (0,1,2,3,4,5,6,7).
- PORTC (0,1,2,3,4,5,6,7)22,4+3,95+0,8.

4.3 Entradas Analógicas.

- ✓ AN0=RA0, AN1=RA1, AN2=RA2, AN3=RA3, AN4=RA5.
- ✓ AN8=RB2, AN9=RB3, AN10=RB1
- ✓ AN11=RB4, AN12=RB0, AN13=RB5.

4.4 Led en Puerto B (PORTB):

Para poder utilizar los led del puerto B (PORTB), debemos reiniciar las patillas de este puerto como salidas, además debemos de habilitar el jumper LED **(EN/DS)**. De esta manera quedan habilitados todos los indicadores led del módulo de entrenamiento.

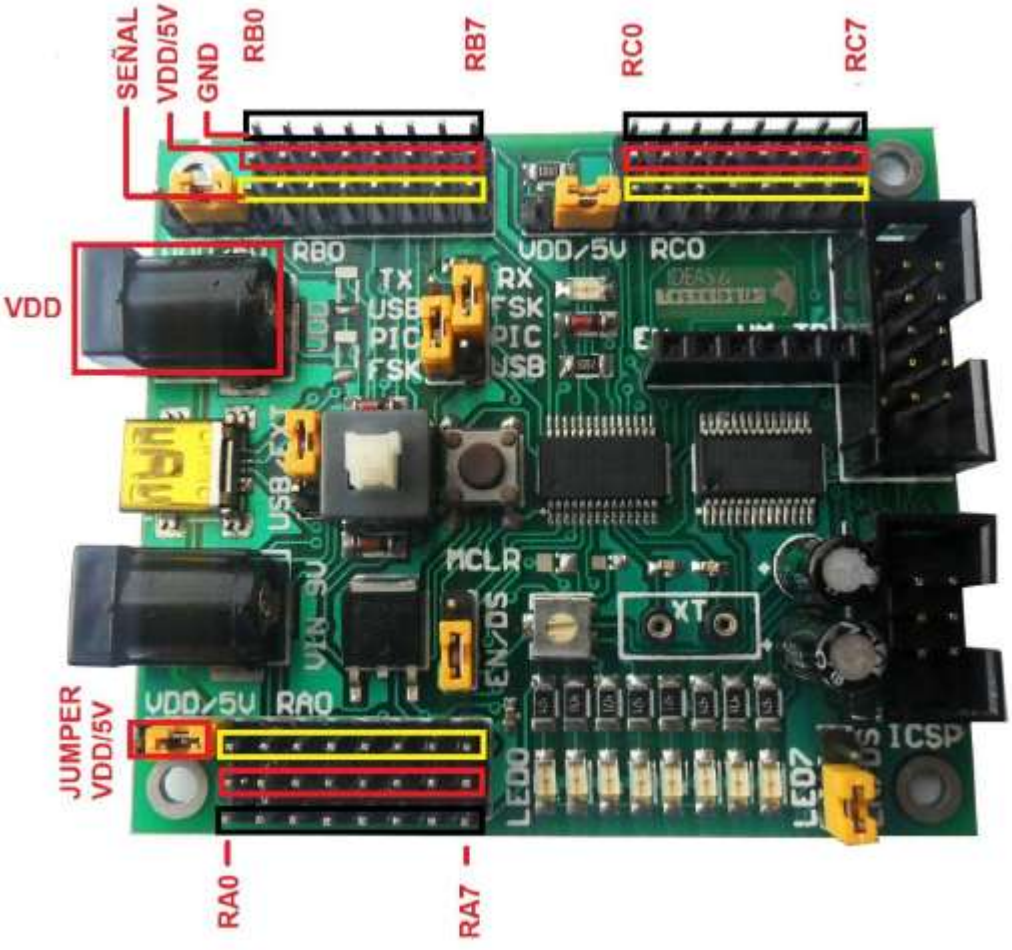


Figura 4.1: Especificaciones de puertos para la programación de la tarjeta hardware.
Fuente: Autor.

4.5 Programación:

Lo primer es escribir el código fuente del programa en lenguaje c para PIC's. Vamos a comenzar escribiendo, que en mi caso los valores que voy a escribir serán 4 datos **"0, 1, 2, 3"** esto quiere decir que desde el valor 0×00 hasta 0×03 en hexadecimal. Esto también se va a ir mostrando en el LCD según vaya escribiendo en la memoria y de la misma manera cuando termine de escribir pasaremos a leerlos y mostrarlos.

Para la asignación del encabezado de códigos para la programación de las tarjetas utilizamos los siguientes pasos y comandos:

1. Usamos el protocolo de comunicación serial RS232 a través del siguiente comando

   #use rs232
2. Asignamos al protocolo la velocidad de comunicación en baudios (baud) en que vamos a transmitir los datos.

   Baud = 9600
3. Agregamos el bit de paridad que nos permite comprobar los errores.

   Parity = N
4. Asignamos la patilla (PIN) de la tarjeta que tiene comunicación con el puerto del microcontrolador para la salida de datos.

   Xmit = PIN_C6
5. Asignamos a que patilla (PIN) del microcontrolador por donde va a recibir los datos.

   Rcv = PIN_C7
6. Por último el tamaño de la cantidad de datos que recibe el microcontrolador que es de 8 bits.

   Bits = 8

El código completo de la programación de la tarjeta se lo encontrara en la sección de ANEXOS.

CAPÍTULO 5 – COSTOS

[1] Plataforma hardware con PIC18f4520.

	COSTO
PIC18f4520	4
Componentes Electrónicos	9,56
Circuito Impreso y Diseño PCB	22
SUBTOTAL	35,56
IVA 12%	4,2672
TOTAL	**39,8272**

CONCLUSIONES:

- ✓ El microcontrolador es el dispositivo que más utilizamos en la actualidad, además del uso diario ellos reduce el costo de funcionalidad de muchos dispositivos electrónicos.

- ✓ Esta plataforma permite desarrollar aplicaciones y controlar su funcionamiento; es muy ideal para el aprendizaje de los estudiantes.

- ✓ La programación y las librerías que se desarrollaron fueron lo más sencillas para su entendimiento en el aprendizaje de esta plataforma hardware.

- ✓ El presente proyecto de tesis mostró el diseño y la realización práctica de una plataforma docente para el aprendizaje de µC PIC de la firma Microchip.

- ✓ La plataforma que se desarrollo es del tipo modular, ya que permite agregar diversidad de módulos para realizar prácticas de aprendizaje.

- ✓ La plataforma hardware se diseñó con elementos electrónicos básicos para su fácil implementación.

- ✓ En el diseño de la plataforma docente se resolvió la adición o incorporación de periféricos más allá de los incluidos inicialmente mediante módulos de expansión conectados de los puertos del µC a través de los conectores previstos en la tarjeta.

- ✓ Se desarrolló unos pequeños manuales para el uso del software que se necesita y también un par de prácticas para la enseñanza.

RECOMENDACIONES

- Usar componentes SMT para la implementación de cualquier plataforma didáctica, ya que en el inicio del proyecto se utilizó componentes THT, pero fueron sustituidos por los antes mencionados ya que dificultaban la manipulación de los módulos y conexiones.

- Revisar y verificar que las conexiones realizadas se encuentran bien efectuadas, con el fin de evitar cortocircuitos que puedan dañar a la plataforma u otro dispositivo, porque durante el desarrollo de la plataforma y la comprobación de módulos se quemaron algunos componentes que luego fueron sustituidos.

- Respetar los códigos de programación que fueron creados en lenguaje C y exclusivamente para el compilador CCS PIC, mas no para utilizarlos en MICRO C, porque utilizan lenguajes y comandos con mayor dificultad para programar.

- Para futuros proyectos con plataformas, tratar que sea construidos con los componentes más básicos posibles, para evitar que el tiempo de construcción se prolongue debido a la cantidad y complejidad de elementos que fueron elegidos en este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ANGULO José María, Susana Romero, Ignacio Angulo. (2010) MICROCONTROLADORES PIC / PIC16F87X – PIC18FXXX. (2da. Ed.) Madrid, España. McGraw-Hill.

- BARRA Franklin. (2011). MICROCONTROLADORES PIC CON PROGRAMACION Pic Basic Pro. (8va. Ed.). Barcelona, España. McGraw-Hill.

- BATES Martin. (2006). INTERFACING PIC MICROCONTROLLERS, EMBEDDED DESIGN BY INTERACTIVE SIMULATION. (1era. Ed.) Gran Bretaña. Newnes.

- GARCÍA Breijo Eduardo. (2008). COMPILADOR C CCS Y SIMULADOR PROTEUS PARA MICROCONTROLADORES PIC. (1ra. Ed.) México DF, México. Algaomega.

- PALACIOS Enrique. (2005) Microcontrolador PIC18F4550 Desarrollo de proyectos (1ea Ed.). Madrid-España. Editorial RA-MA

- MICROCHIP Technology Inc. (1999) MPASM ASSEMBLER USERS GUIDE (3ra Ed.). Estados Unidos.

- VALLEJO Horacio. (1998) Microcontroladores PIC – Aprenda una profesión (1ra Ed.). Madrid-España. Editorial Quearks S.R.L

- WILMSHURTS Tim (2007). DESIGNING EMBEDDED SYSTEMS WITCH PIC MICROCONTROLLERS, PRINCIPLES AND APPLICATIONS. (1ra. Ed.) Gran Bretaña. Newnes.

- Andrés Curtidor, Camilo Herrera. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCION DE MODULOS ENTRENADORES PARA MICROCONTROLADORES. (1ra. Ed.) Madrid, España. Editorial Académica Española.

- F. Valdés, R. Pallas. (2007). MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC. (1ra. Ed.) Barcelona, España. Marcombo S.A.

- G. Tojeiro Calaza. (2009). SIMULACION DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS Y MICROCONTROLADORES A TRAVÉS DE EJEMPLOS. (1ra. Ed.) Barcelona, España. Editorial Marcombo.

- Alda Mazarredo (2007). INGENIERÍA DE MICROSISTEMAS PROGRAMADOS. (Vol. 1) Bilbao, España.

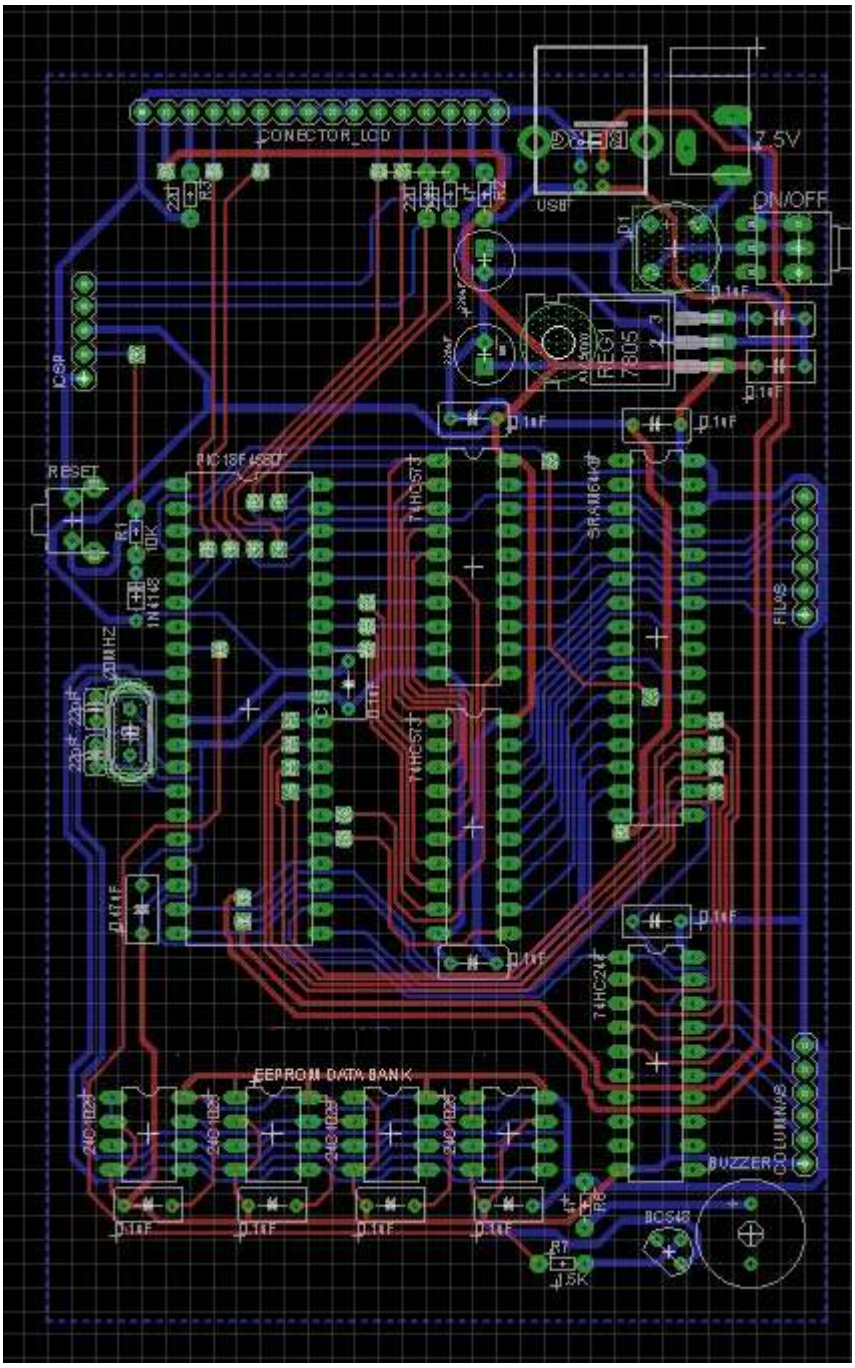
- Introducción a los microcontroladores, José Adolfo González V., McGraw Hill 2008

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA:

- www.dontronics.com
- www.ccsinfo.com
- www.dynamoelectronics.com
- www.arv.umh.es
- www.impronic.com

ANEXOS

PCB DE LA PLATAFORMA HARDWARE CON PIC 18F4520.



MANUAL PARA CREAR PROYECTOS EN PIC C COMPILER

Se presentan a continuación los pasos para crear un proyecto en PIC C CCS.

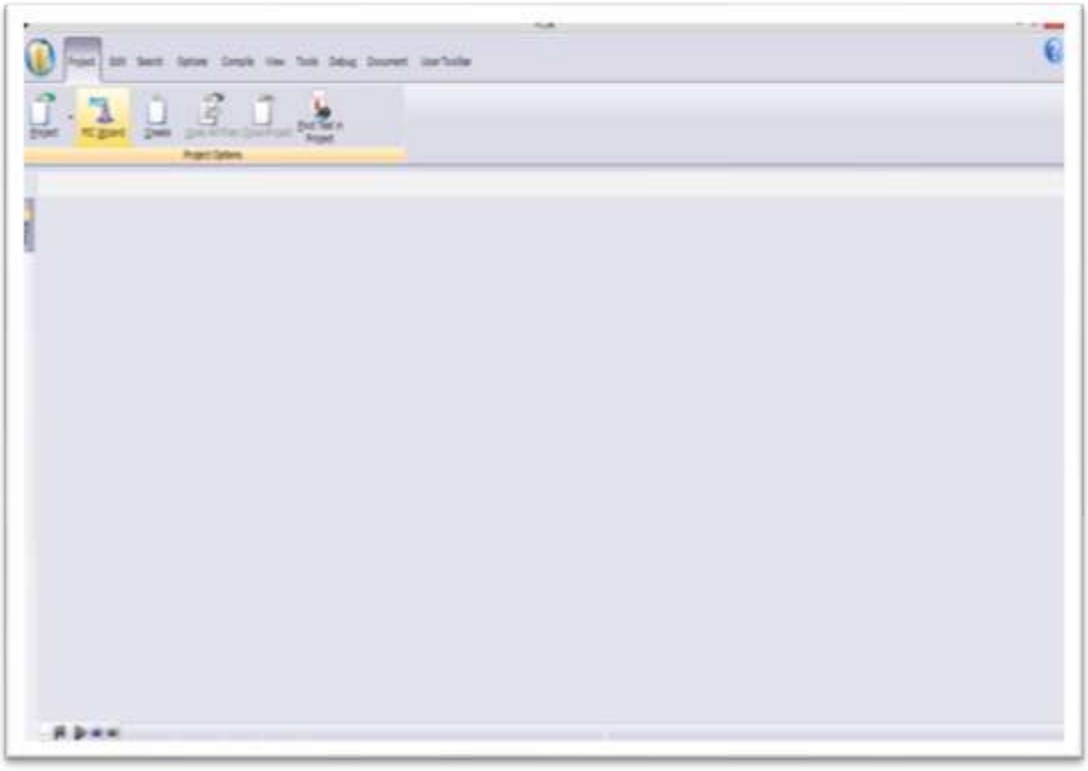
OBJETIVOS.-

- Crear un proyecto para el desarrollo de código embebido orientado a microcontroladores, para el desarrollo de prácticas y analizar su comportamiento.

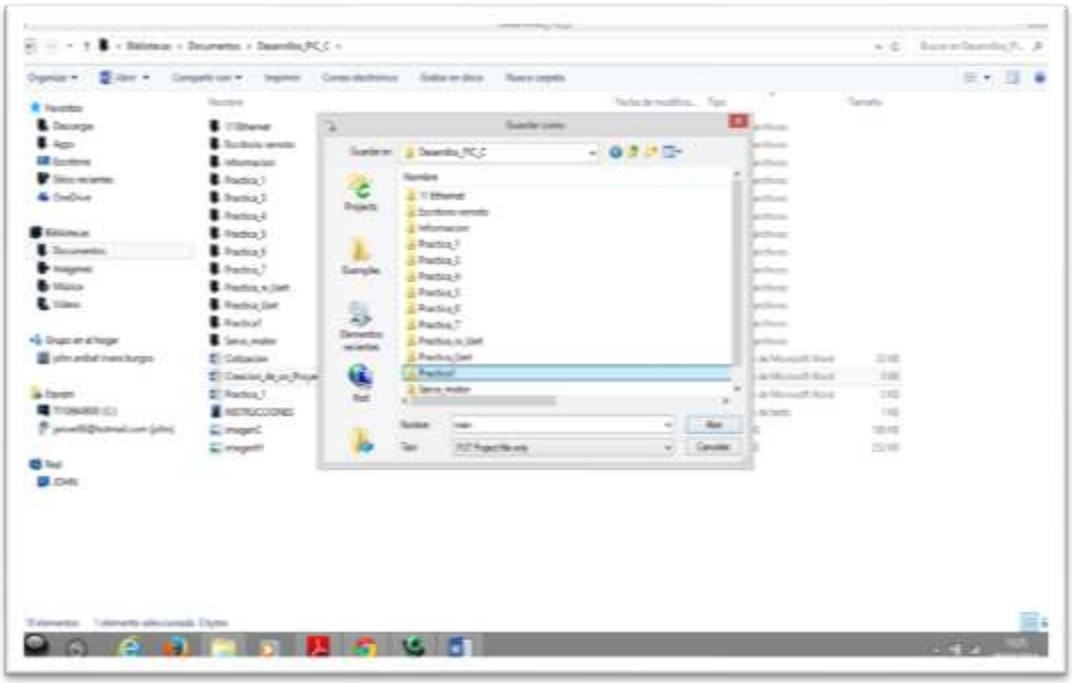
MODO DE USO.-

1. Ejecutar el ícono de PIC C CCS.

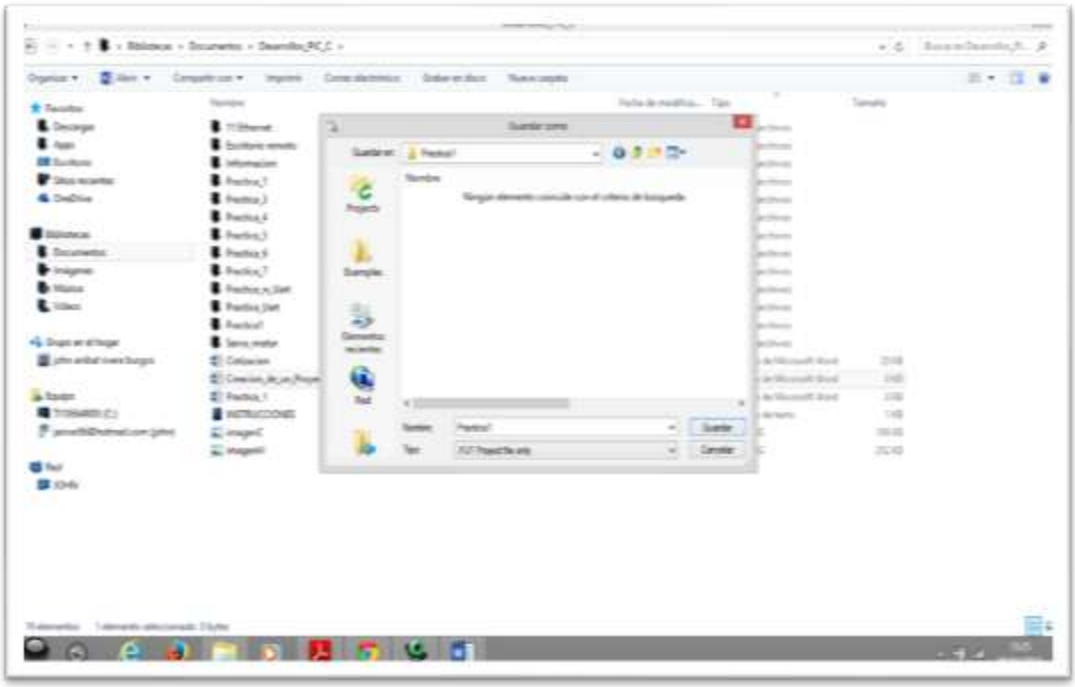
2. Seleccionar ***Project.***
3. Seleccionar ***Pic Wizard.***



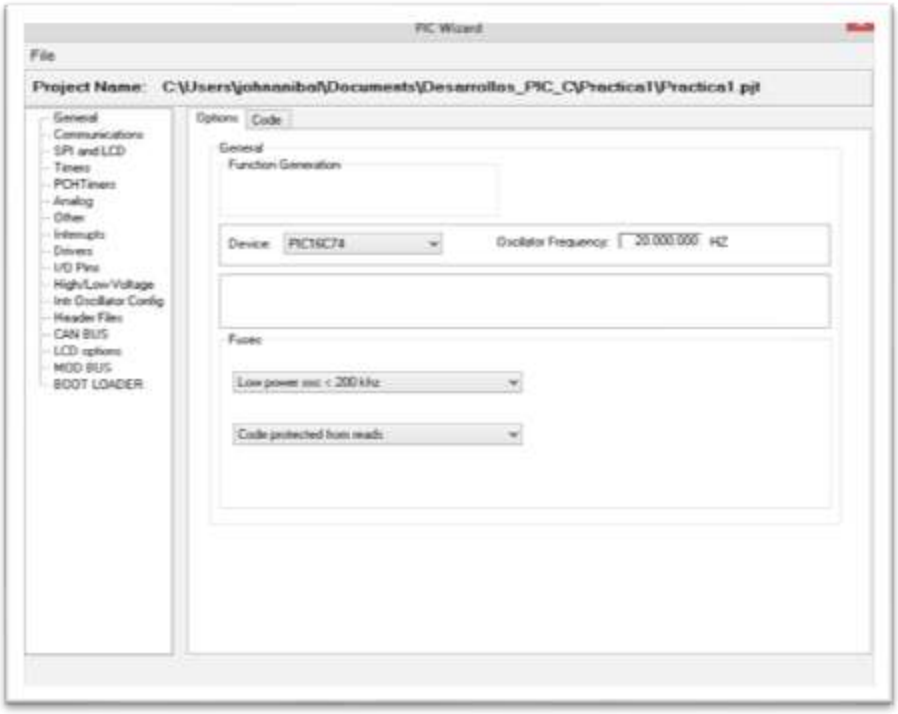
4. Crear una carpeta donde se van a guardar los códigos.



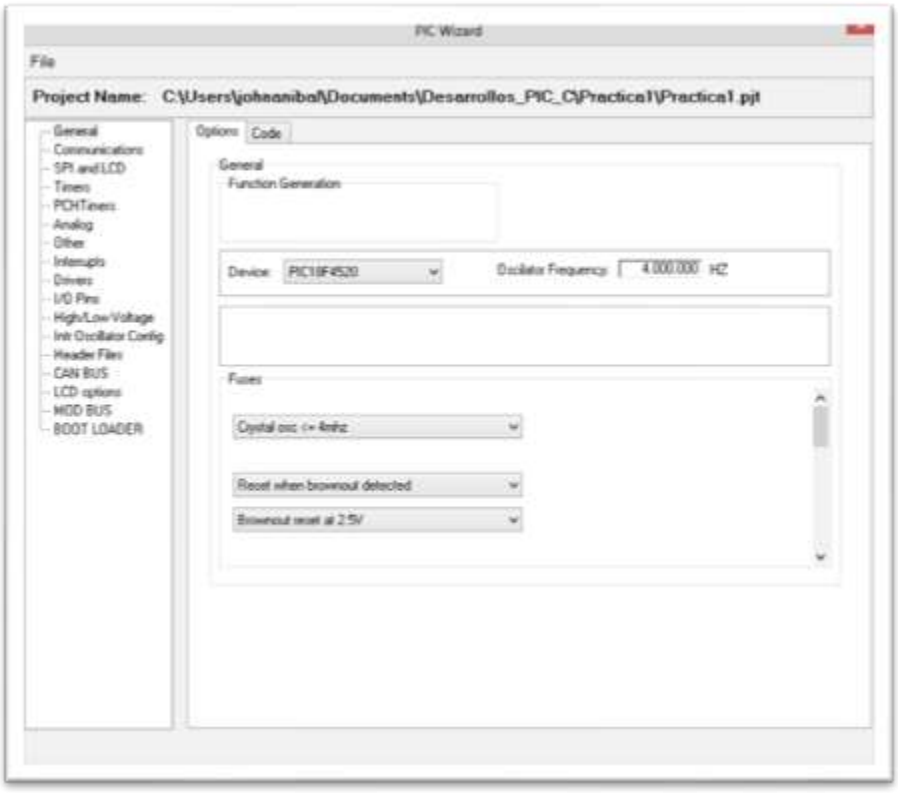
5. Escribir el nombre que se desea para el proyecto.



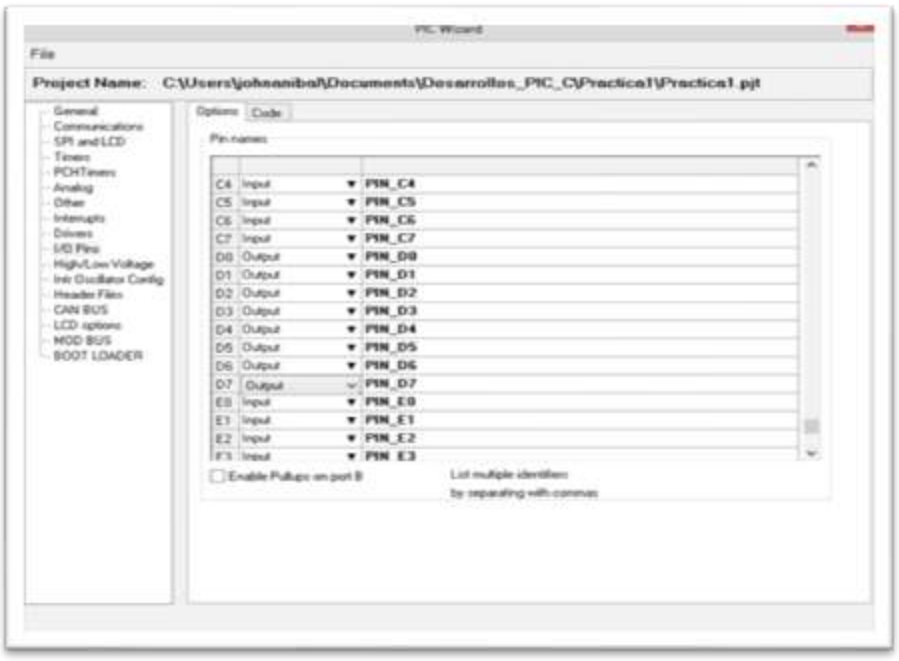
6. Ventana de configuración inicial.



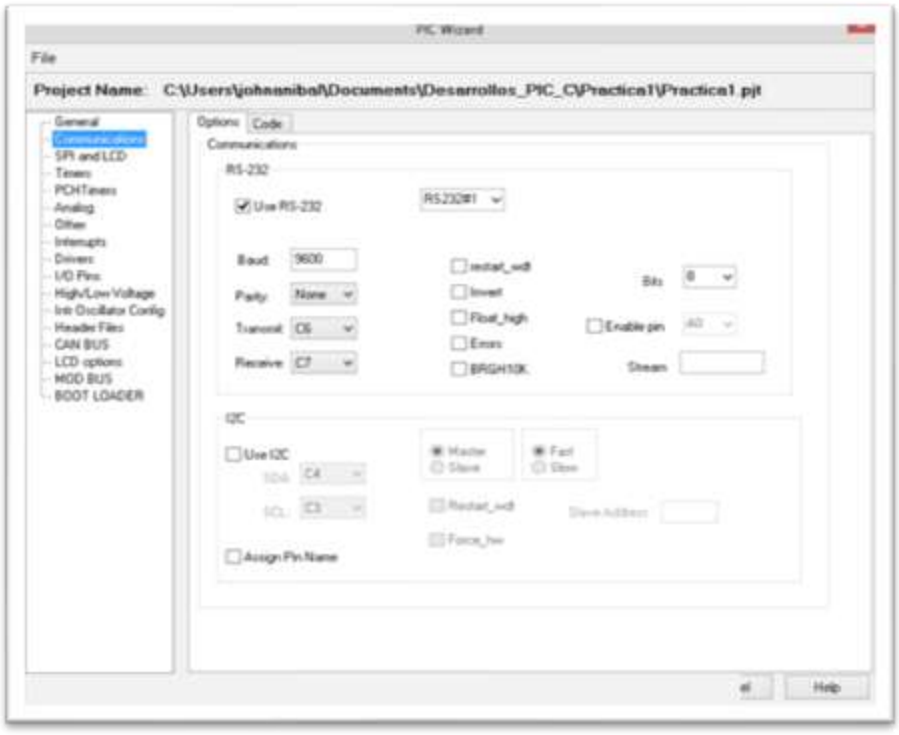
7. Configurar el PIC a utilizar y la frecuencia de trabajo.



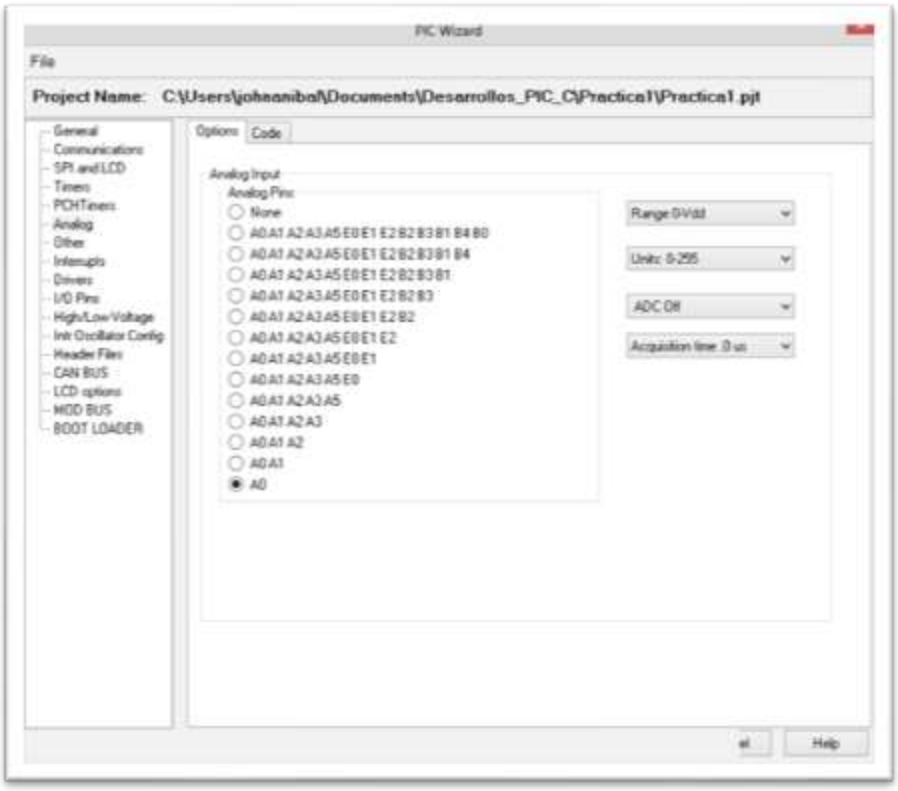
8. Seleccionar en el menú de la izquierda la opción ***I/O Pins.***
9. Configurar como salida los pines desde ***D0*** hasta ***D7*** para el encendido de led´s.



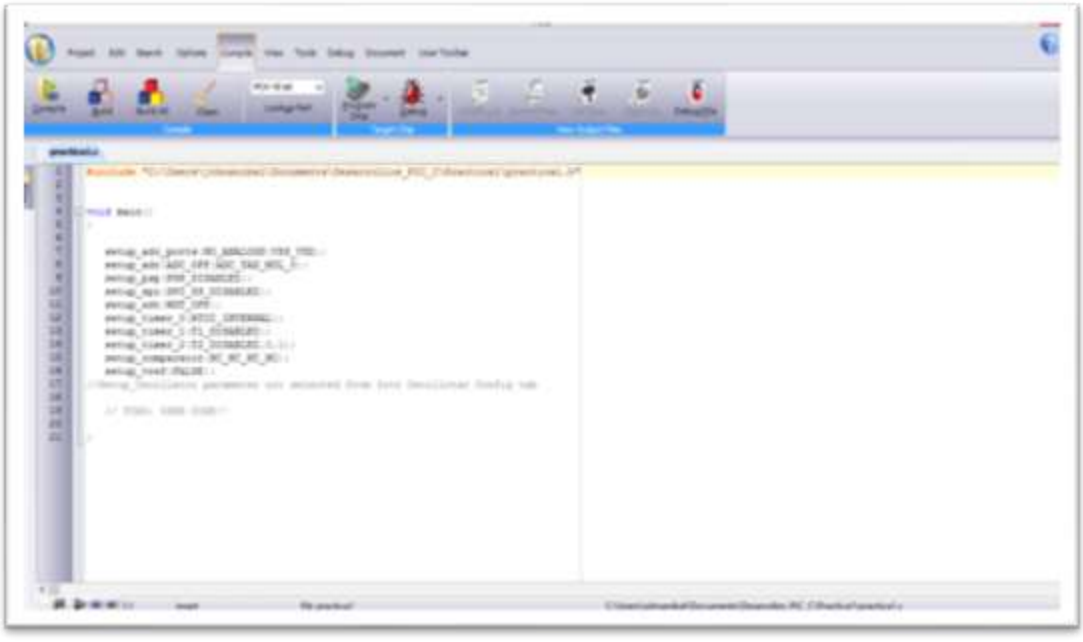
10. Seleccionar en el menú de la izquierda la opción ***Comunications.***
11. Configurar el PIC para comunicación ***Serial UART.***



12. Seleccionar en el menú de la izquierda la opción ***Analog.***
13. Configurar la conversión ***Analógica/Digital A0*.**

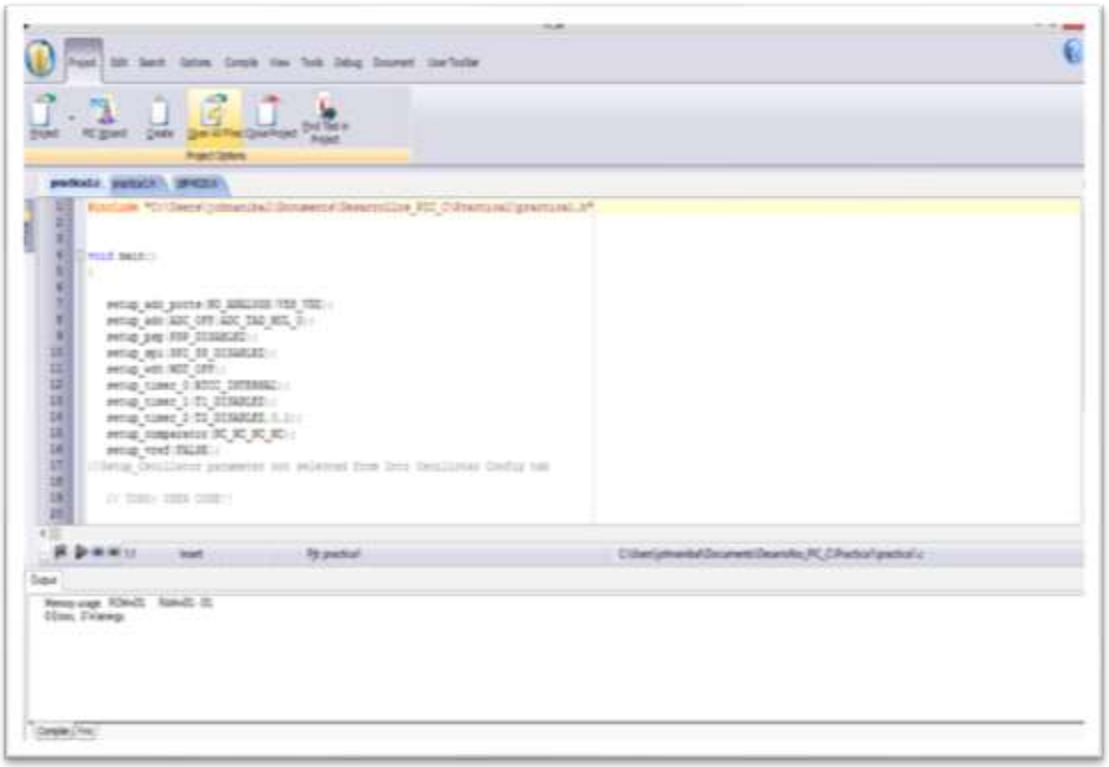


14. Ventana Principal del Archivo extensión ***.C.***

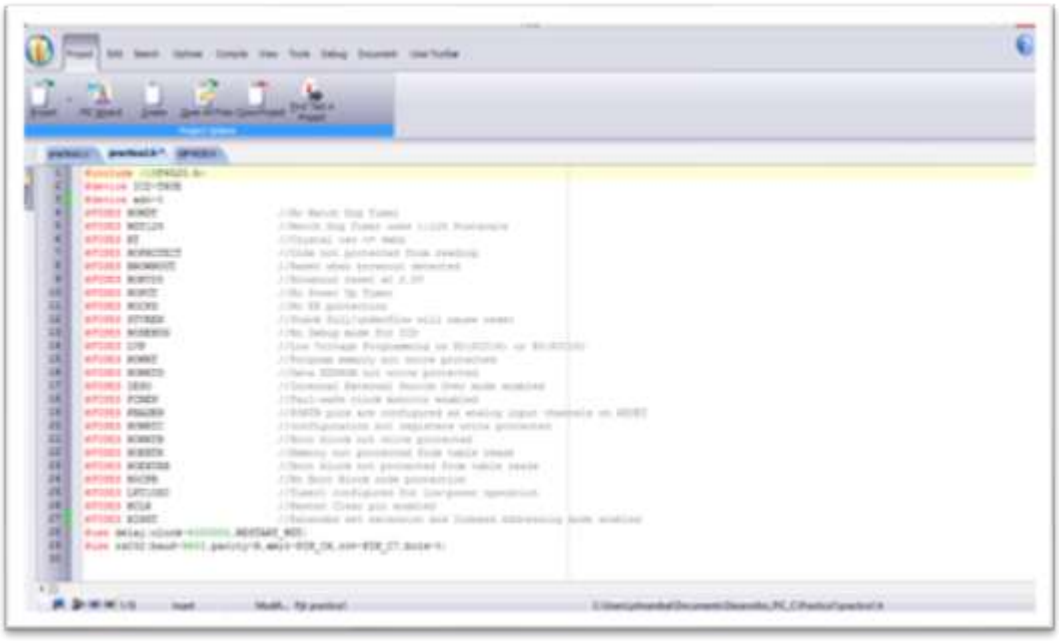


15. Seleccionar en el menú principal la opción ***Compile.***

16. Ventana lista para el inicio de desarrollo de código.



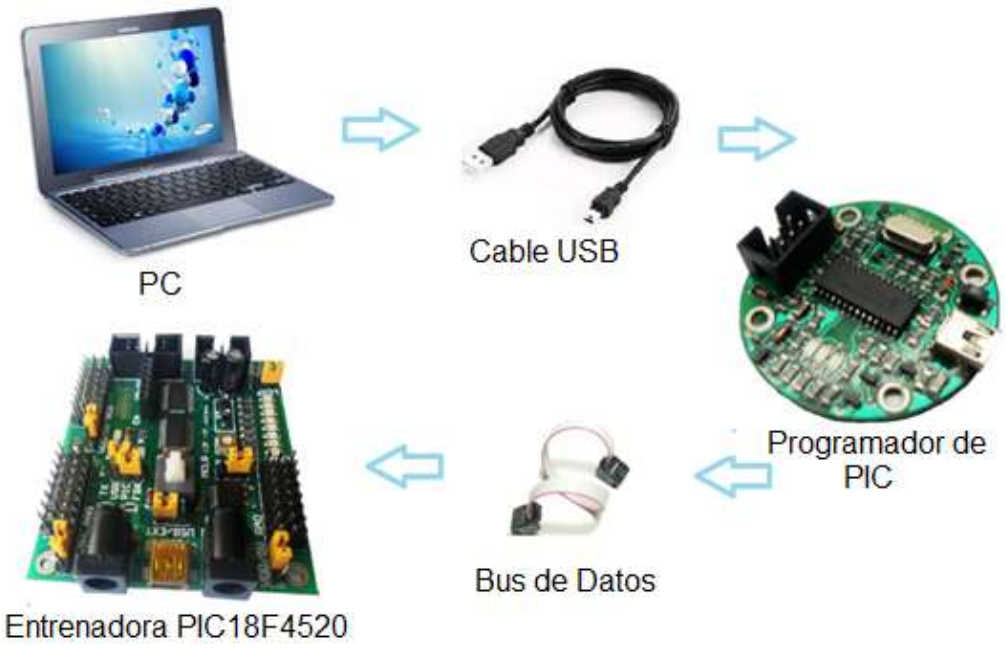
17. Ventana Principal del archivo con extensión .***H.***



MANUAL PARA EL USO DE SOFTWARE PICKIT2

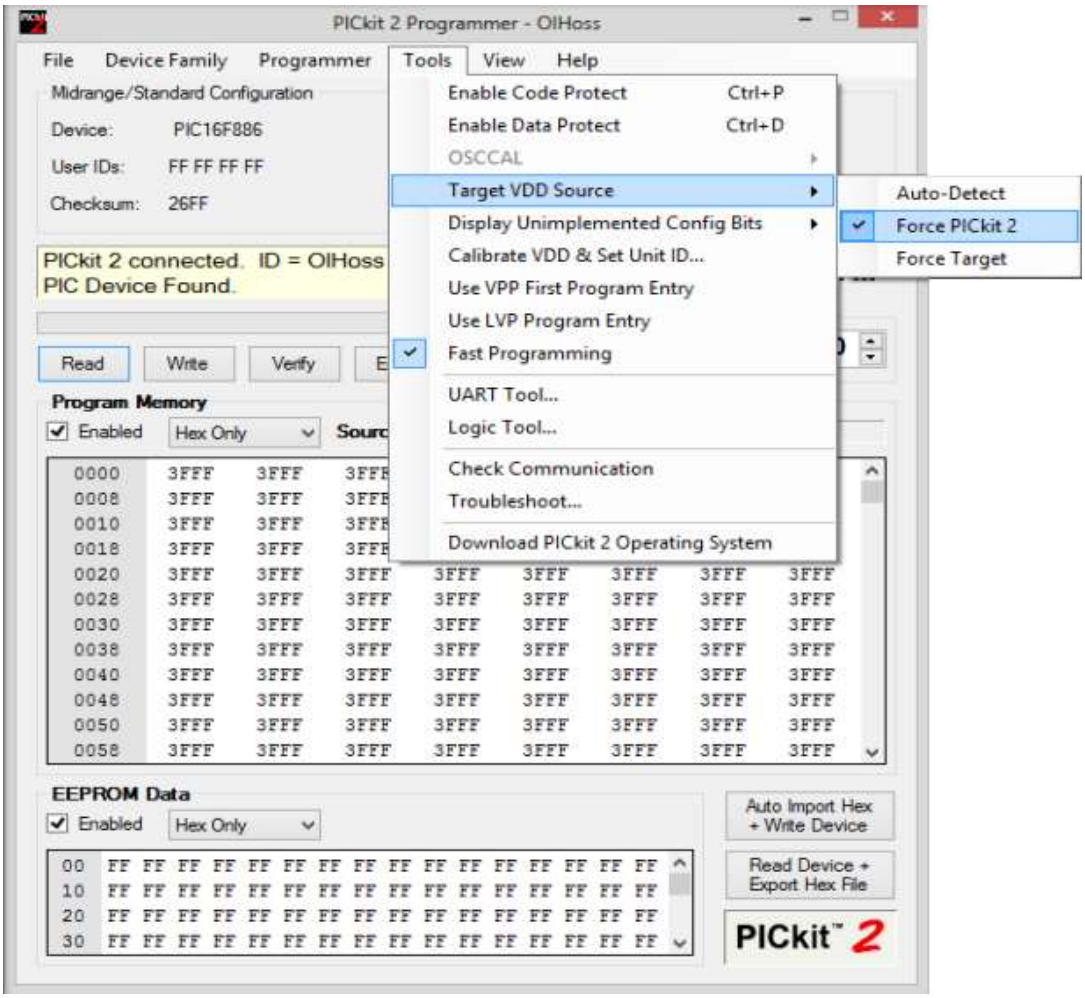
Se presentan a continuación los pasos para poder usar el PICKIT2.

1. Conectar el hardware, como se detalla en el siguiente gráfico.

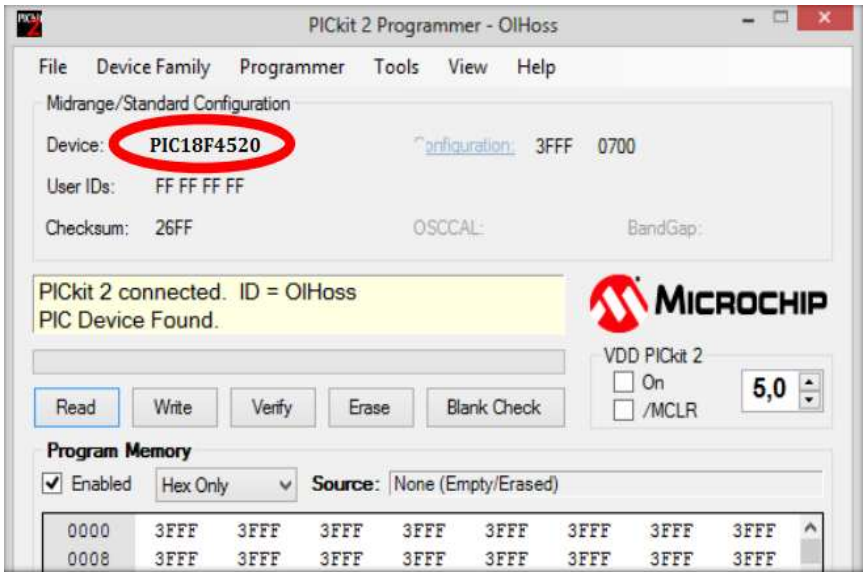


2. Ejecutar el ícono de Pickit2.

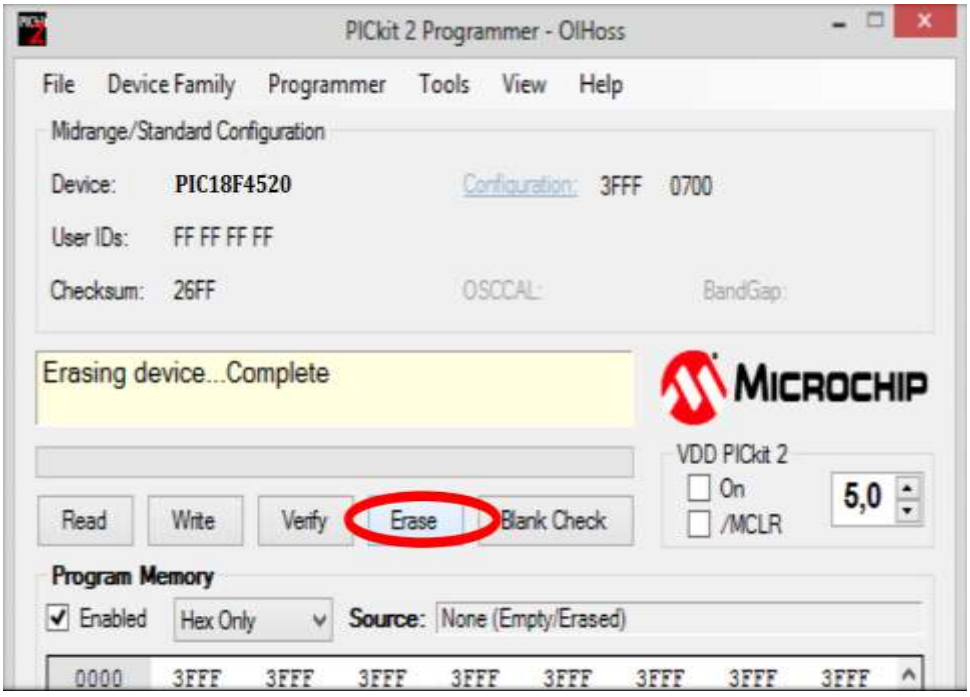
3. Seleccionar en el menú principal la opción ***Tools.***
4. Seleccionar ***Target VDD Source.***
5. Seleccionar ***Force PICkit2.***



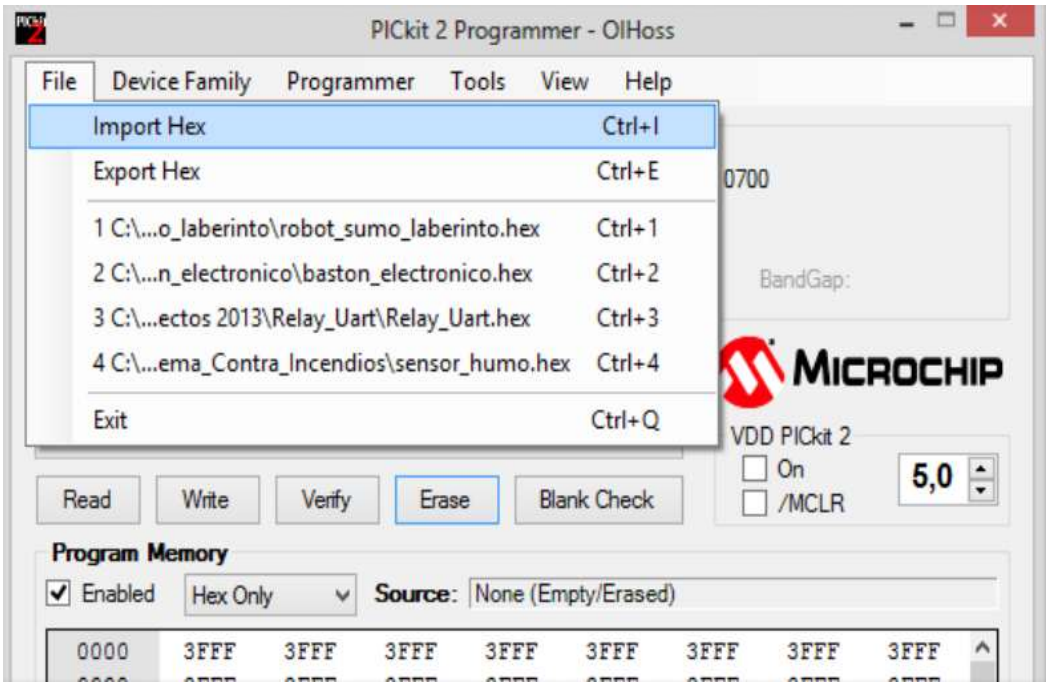
6. Observar que el dispositivo haya sido detectado, en este caso es el PIC18F4520.



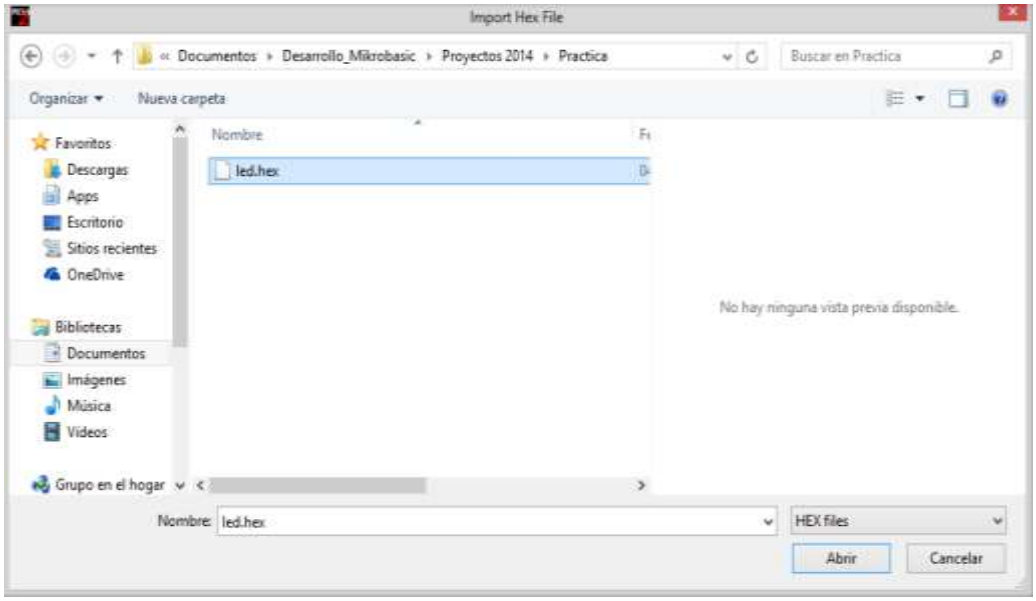
7. Seleccionar la opción ***Erase.***

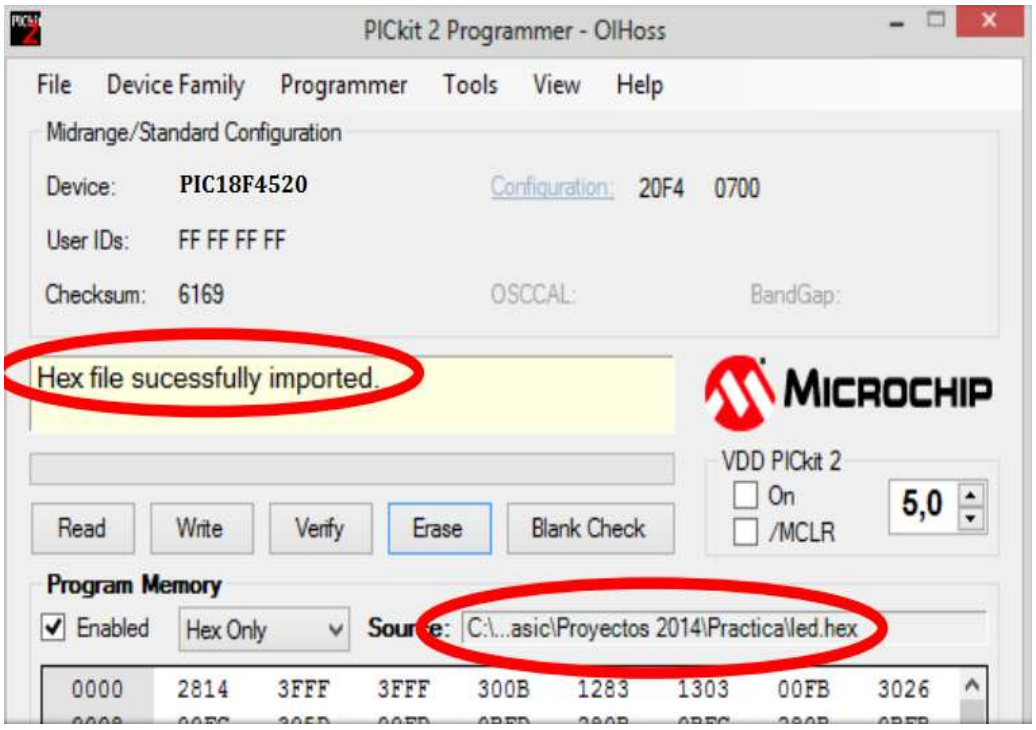


8. Seleccionar en el menú la opción ***File.***
9. Seleccionar la opción ***Import Hex.***



10. Buscar el archivo .HEX en la carpeta donde se creo el proyecto cuando se utilizó el programa PIC C CCS, para que se puede realizar la importación del archivo.





11. Seleccionar la opción ***Write*** para que el código de programa sea escrito en el microcontrolador.


PICkit 2 Programmer - OlHoss
File
Device Family
Programmer
Tools
View
Help
Midrange/Standard Configuration
Device:
PIC18F4520
Configuration:
20F4
0700
User IDs:
FF FF FF FF
Checksum:
6169
OSCCAL:
BandGap:
Programming Successful.
MICROCHIP
VDD PICkit 2
On
/MCLR
5,0
Read
Write
Verify
Erase
Blank Check
Program Memory
Enabled
Hex Only
Source:
C:\...asic\Proyectos 2014\Practica\led.hex
0000
2814
3FFF
3FFF
300B
1283
1303
00FB
3026

MANUAL PARA USO DE SOFTWARE ACCESSPORT

AccessPort es software que permite comunicación con dispositivos por medio del protocolo serial UART.

OBJETIVOS.-

- Manipular la ventana de AccessPort para la comunicación Serial UART
- Identificar la ventana de envío de datos.
- Identificar la ventana de recepción de datos.
- Identificar el menú de configuración de Puerto COM
- Identificar el menú de configuración BAUDRATE.

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.-

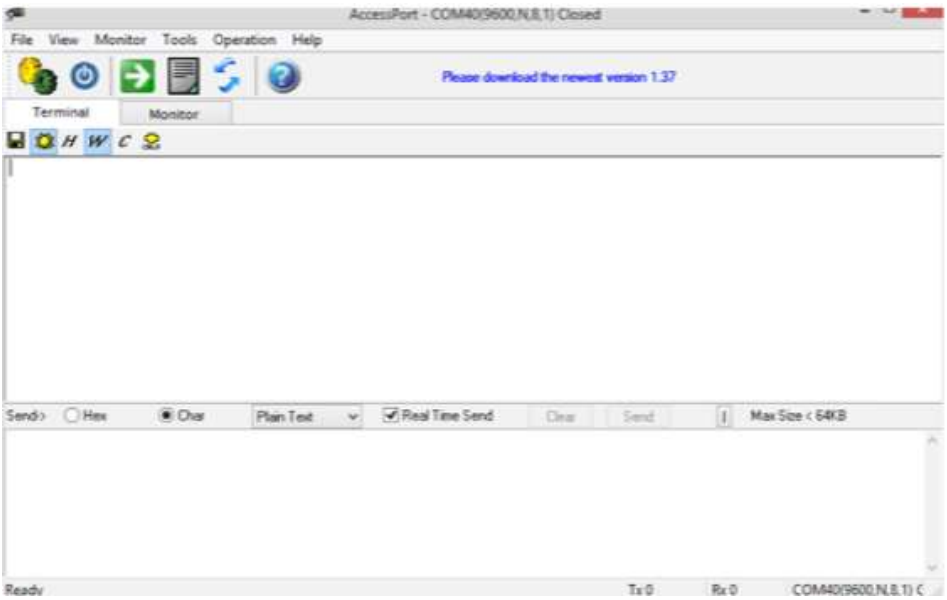
MODO DE USO.-

1. Conectar la tarjeta de control al Computador por el puerto USB.

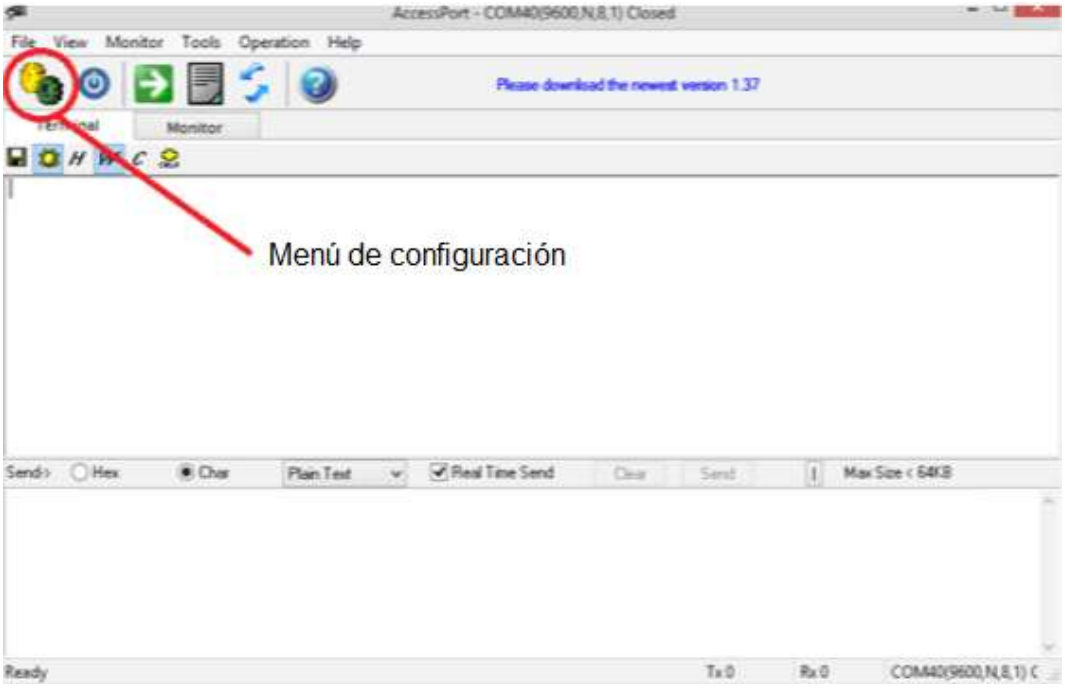
2. Ingresar al Administrador de Dispositivos y verificar el Puerto COM asignado.

3. Ejecutar el ícono de AccessPort.

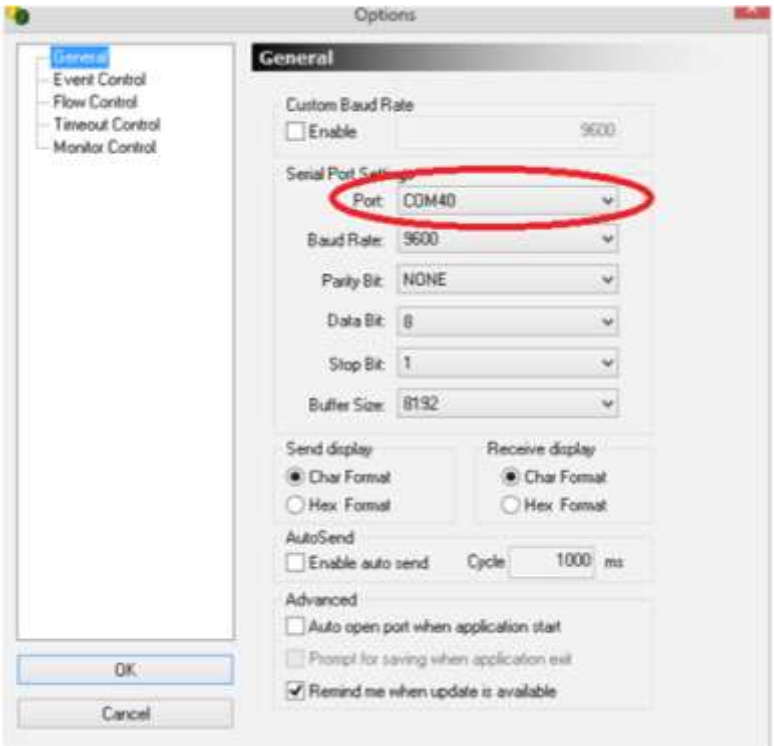
4. Ventana principal de configuración.



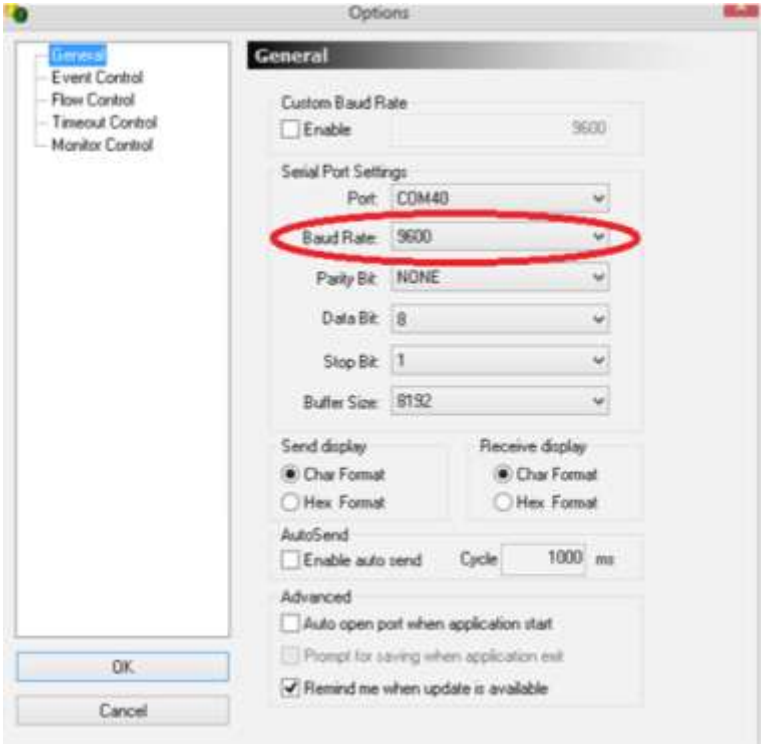
5. Ingresar al menú de configuración.



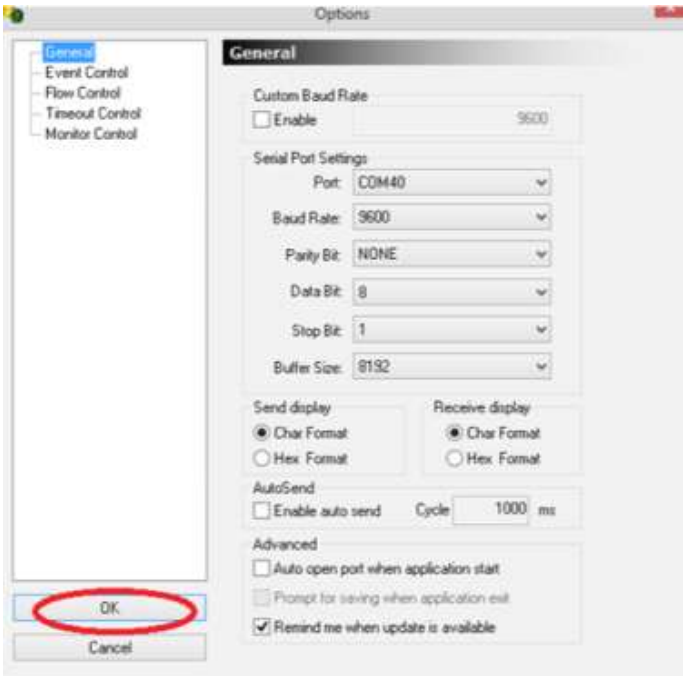
6. Configurar el Puerto COM asignado en el Administrador de Dispositivos



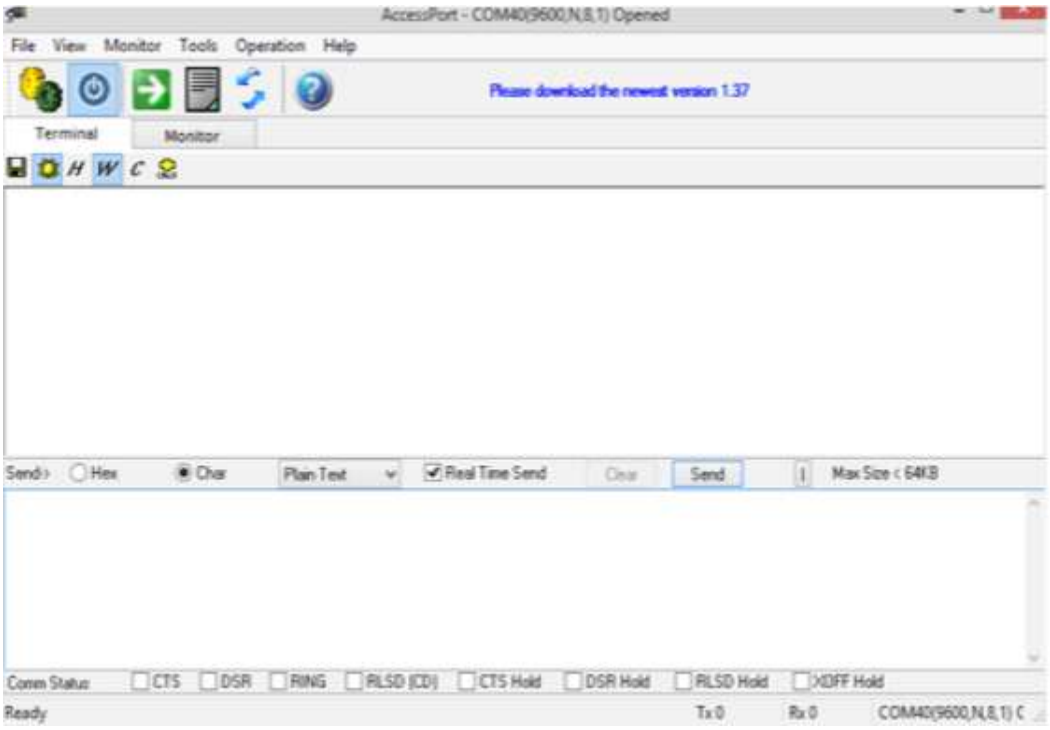
7. Configurar la tasa de transmisión de BITS según lo programado “9600”.



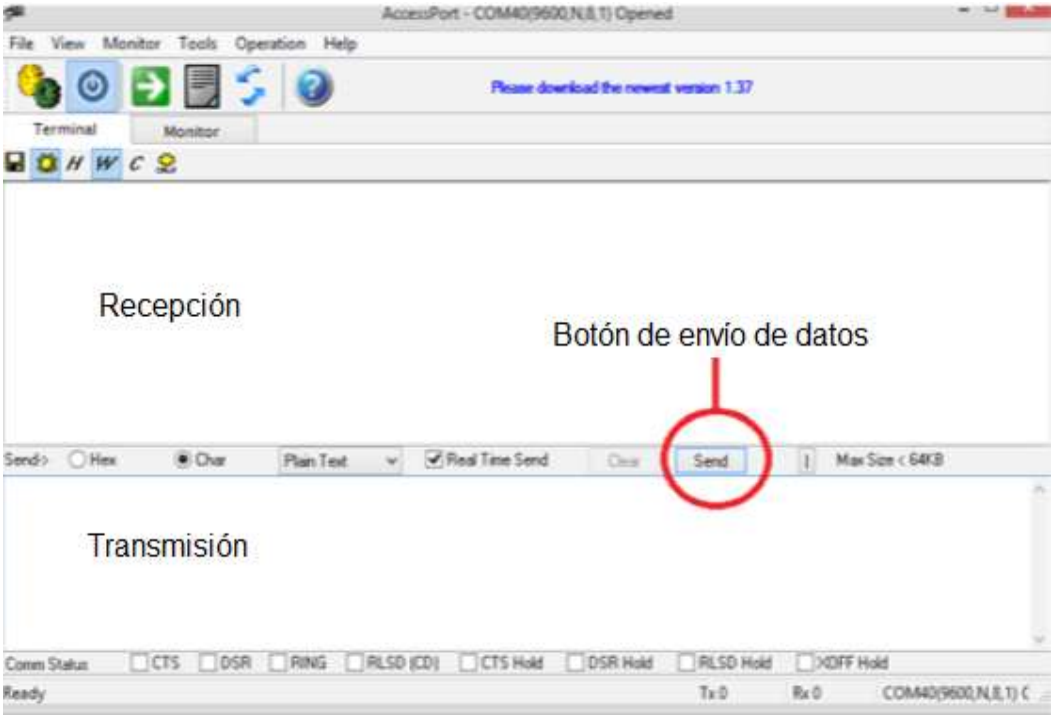
8. Seleccionar la opción ***OK.***



9. Cuando el enlace se realiza con éxito, es indicado por ***BOTON Azul.***



NOTA: No olvidar las Partes importantes de la ventana principal.



PRÁCTICA # 1

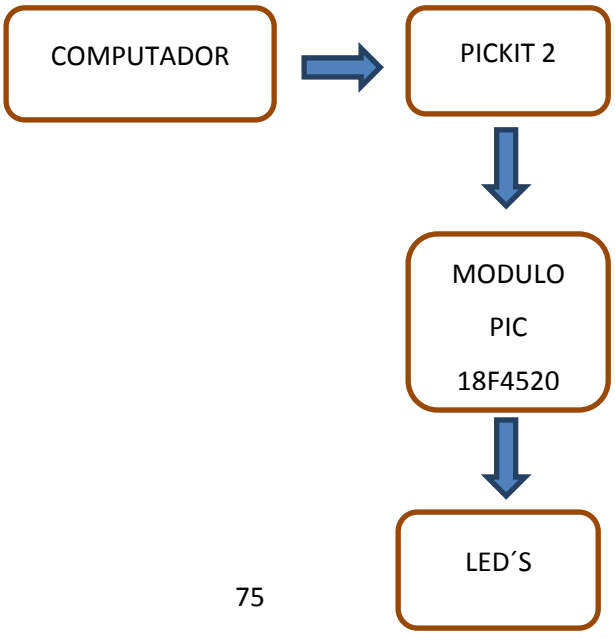
ENCENDIDO DE LED´S

Esta práctica se dedica a dar una introducción para el encendido de Led´s de la Tarjeta de Entrenamiento con PIC 18F4520. Una vez desarrollado el código de ejemplo, el alumno debe realizar cambios en el software de control, para verificar lo aprendido.

OBJETIVOS.-

- Crear un proyecto con el software de control PIC C COMPILER.
- Crear un código para el control del Módulo de Entrenamiento con PIC 18F4520.
- Programar la tarjeta de control con el software PICKIT 2.
- Programar la tarjeta con el Software de control inicial de la Practica 1.
- Realizar pruebas de laboratorio, mediante cambios en el algoritmo de control para consolidar los conocimientos adquiridos.
- Programar el Módulo con PIC 18f4520 para el encendido de Led´s

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.-

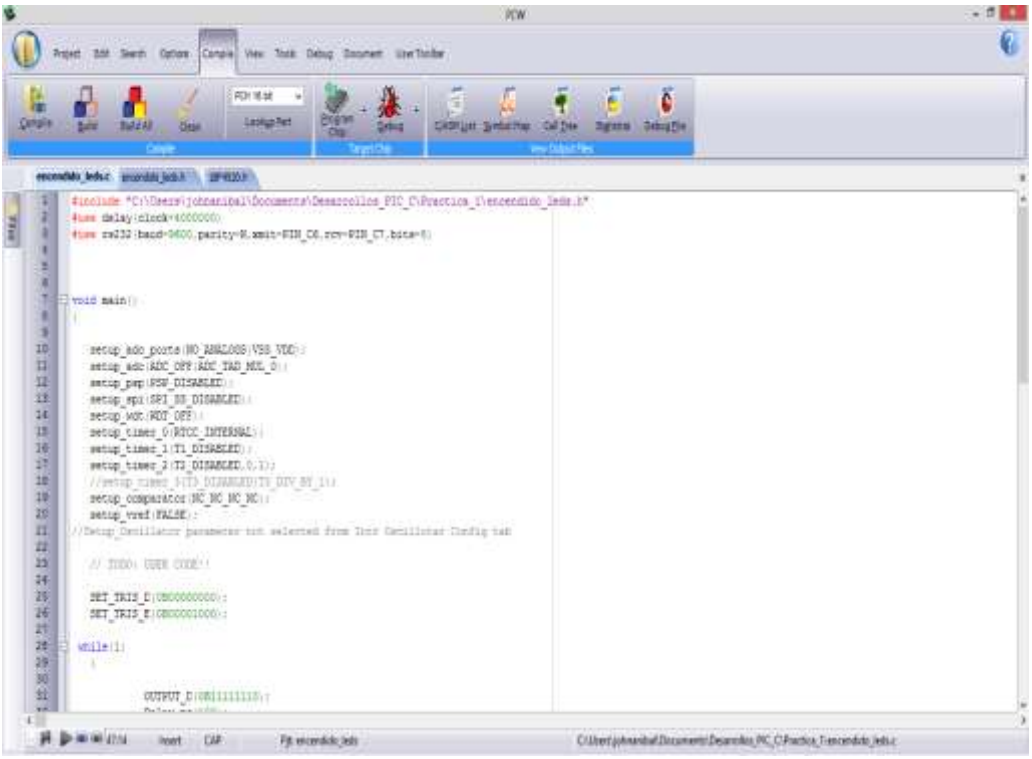


CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.-

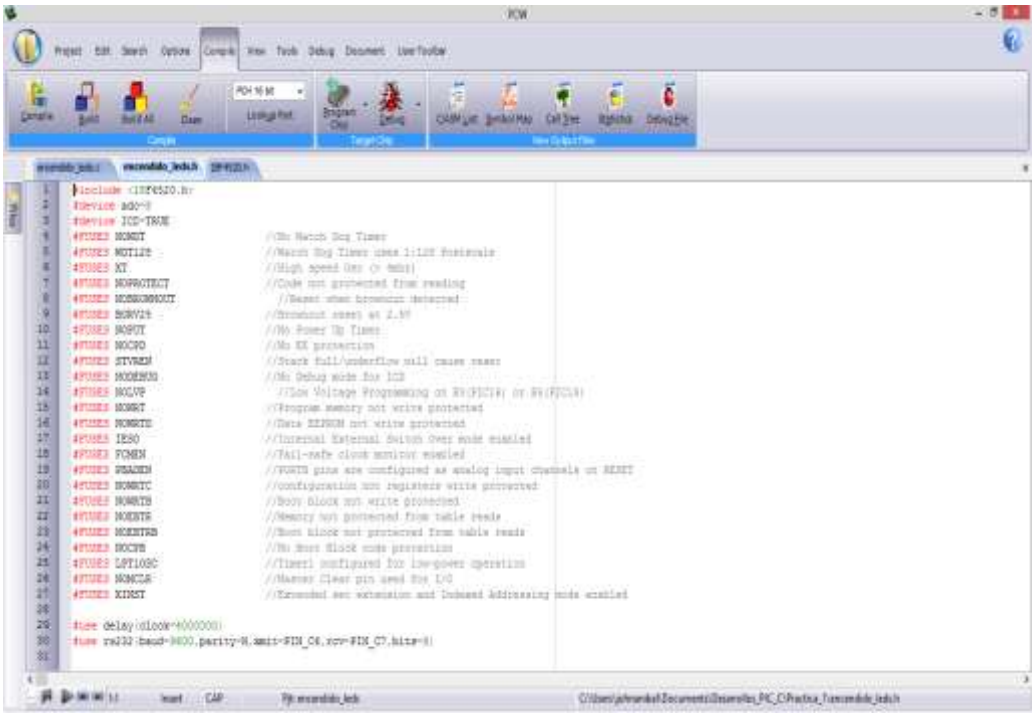
```
#include
#use delay (clock=4000000)
#use rs232 (baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)
void main ()
{
  setup_adc_ports (NO_ANALOGS|VSS_VDD);
  setup_adc (ADC_OFF|ADC_TAD_MUL_0);
  setup_psp (PSP_DISABLED);
  setup_spi (SPI_SS_DISABLED);
  setup_wdt (WDT_OFF);
  setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL);
  setup_timer_1 (T1_DISABLED);
  setup_timer_2 (T2_DISABLED,0,1);
  //setup_timer_3 (T3_DISABLED|T3_DIV_BY_1);
  setup_comparator (NC_NC_NC_NC);
  setup_vref (FALSE);
//Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillotar Config
tab

  // TODO: USER CODE!!

  SET_TRIS_D (0B00000000);
  SET_TRIS_E (0B00001000);

 while (1)
  {

        OUTPUT_D (0B11111110);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111101);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111011);
```

```
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11110111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11101111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11011111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B10111111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B01111111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B01111111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B10111111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11011111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11101111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11110111);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111011);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111101);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111110);
        Delay_ms (100);
        OUTPUT_D (0B11111111);
        Delay_ms (100);
    }
}
```

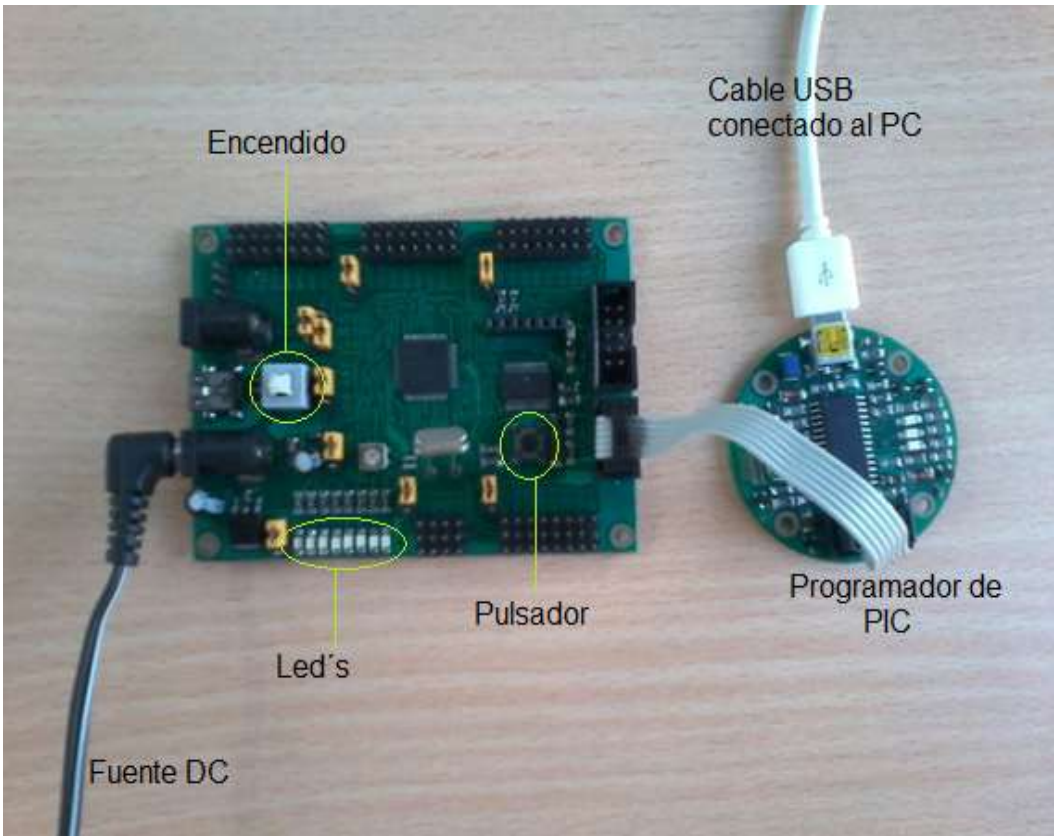
SOFTWARE DE CONTROL ARCHIVO .C.-



SOFTWARE DE CONTROL ARCHIVO .H.-



IMPLEMENTACIÓN.-



CONEXIONES DE PUERTOS.-

PINES DE CONEXIÓN	LUCES LED
PUERTO A	NC
PUERTO B	NC
PUERTO C	NC
PUERTO D	ENCENDICO
PUERTO E	NC
PIN_E3	PULSADOR

NOTA.- Las siglas NC significan No Conectado.

PRÁCTICA # 2

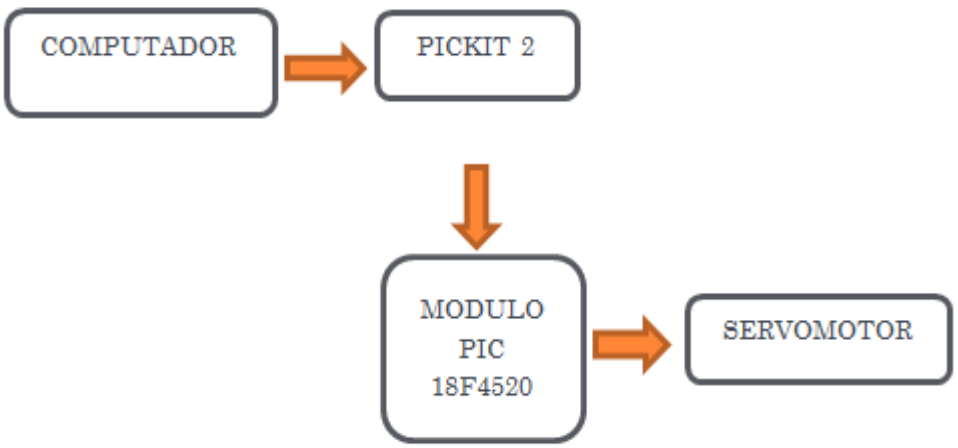
SERVOMOTOR

Esta práctica se dedica a dar una introducción para controlar el giro de un Servomotor utilizado en robótica, con la Tarjeta de Entrenamiento con PIC 18F4520. Una vez desarrollado el código de ejemplo, el alumno debe realizar cambios en el software de control, para verificar lo aprendido.

OBJETIVOS.-

- Crear un proyecto con el software de control PIC C COMPILER.
- Crear un código para el control del Módulo de Entrenamiento con PIC 18F4520.
- Programar la tarjeta de control con el software PICKIT 2.
- Programar la tarjeta con el Software de control inicial de la Practica 7.
- Realizar pruebas de laboratorio, mediante cambios en el algoritmo de control para consolidar los conocimientos adquiridos.
- Programar el Módulo con PIC 18f4520 para hacer girar el servomotor en 3 posiciones diferentes.

DIAGRAMA ESQUEMÁTICO.-

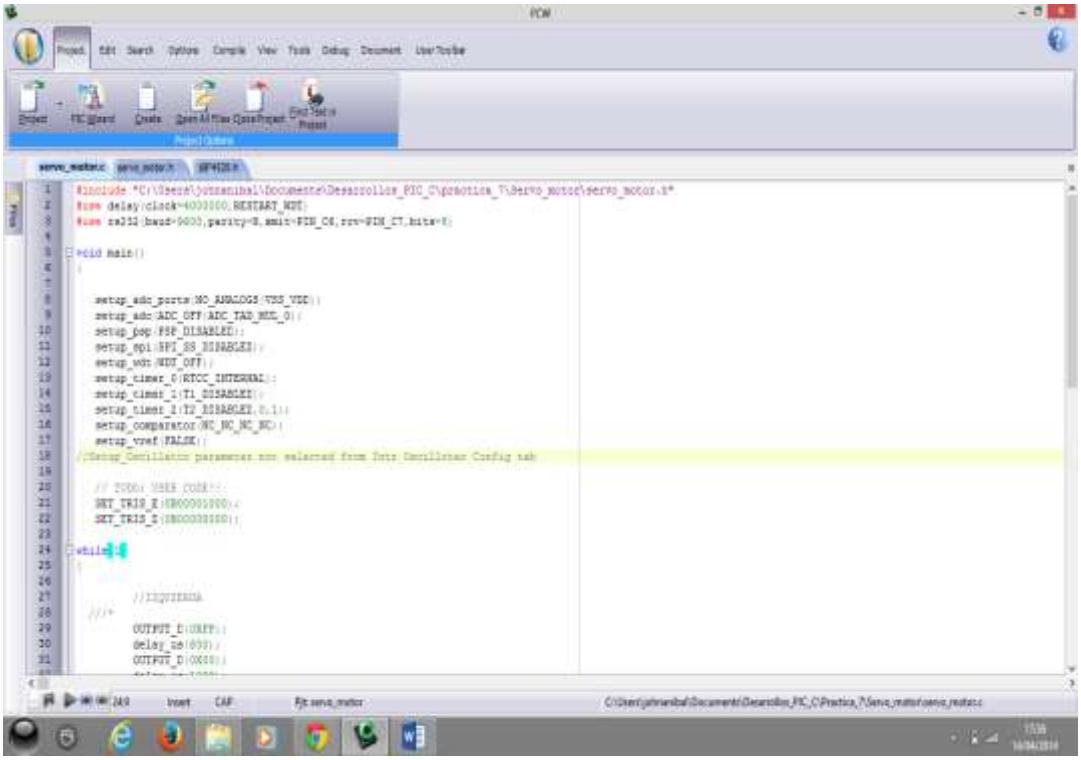


CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN.-

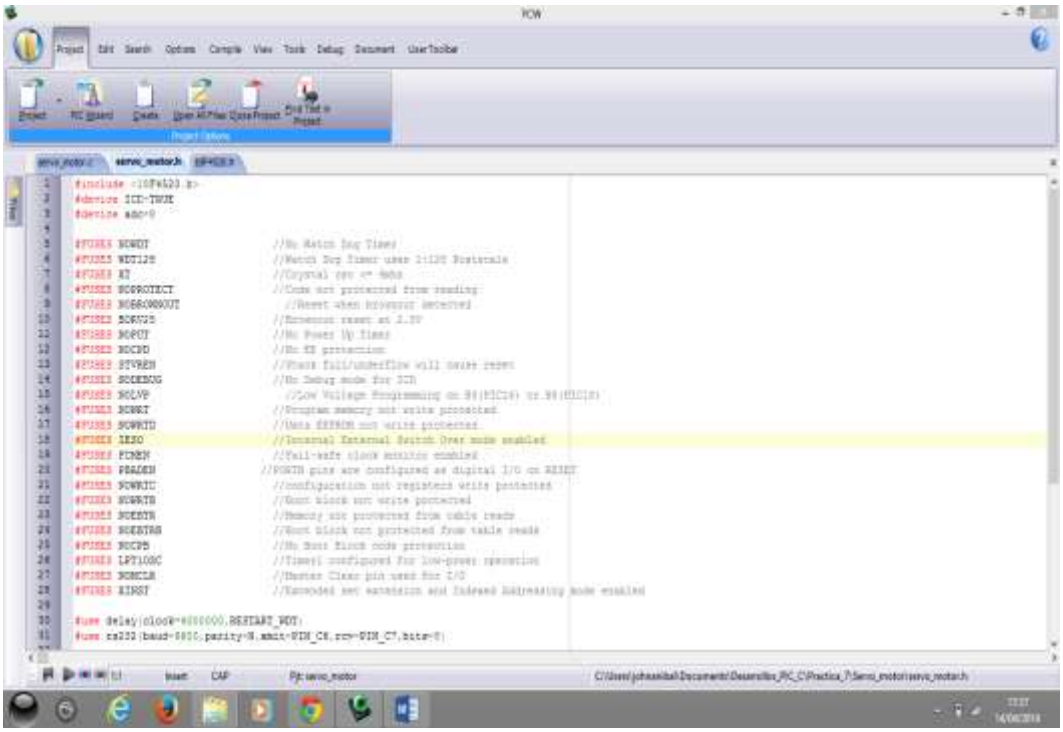
```
#include
#use delay (clock=4000000, RESTART_WDT)
#use rs232 (baud=9600, parity=N, xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,bits=8)

void main()
{
   setup_adc_ports (NO_ANALOGS|VSS_VDD);
   setup_adc (ADC_OFF|ADC_TAD_MUL_0);
   setup_psp (PSP_DISABLED);
   setup_spi (SPI_SS_DISABLED);
   setup_wdt (WDT_OFF);
   setup_timer_0 (RTCC_INTERNAL);
   setup_timer_1 (T1_DISABLED);
   setup_timer_2 (T2_DISABLED,0,1);
   setup_comparator (NC_NC_NC_NC);
   setup_vref (FALSE);
         //Setup_Oscillator parameter not selected from Intr Oscillotar
         Config tab
   // TODO: USER CODE!!
   SET_TRIS_E (0B00001000);
   SET_TRIS_D (0B00000000);
while (1)
{
         //IZQUIERDA
  ///*
         OUTPUT_D (0XFF);
         delay_us (800);
         OUTPUT_D(0X00);
         delay_us (1200);
  //*/
         //CENTRO
  /*
```

```
        OUTPUT_D (0XFF);
        delay_us (1500);
        OUTPUT_D (0X00);
        delay_us (500);
 */
        //DERECHA
  /*
        OUTPUT_D (0XFF);
        delay_us (2400);
        OUTPUT_D (0X00);
        delay_us (300);
  */
}
}
```

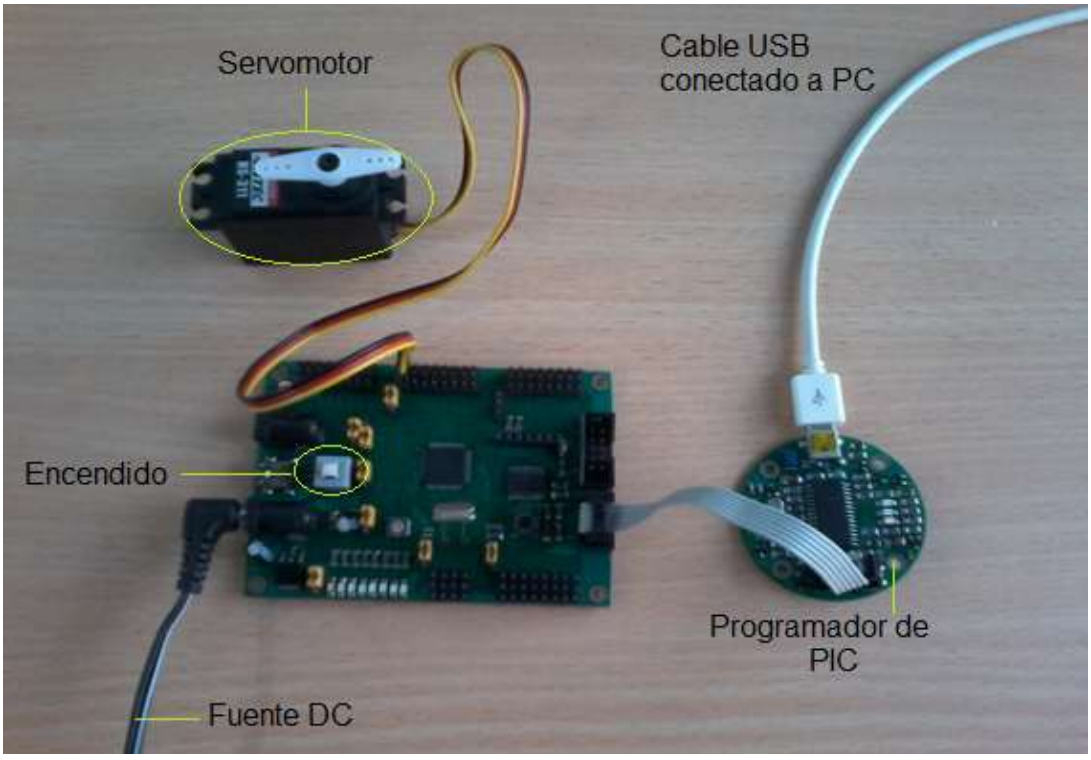
SOFTWARE DE CONTROL ARCHIVO .C.-



SOFTWARE DE CONTROL ARCHIVO .H.-



IMPLEMENTACIÓN.-



CONEXIONES DE PUERTOS.-

PUERTOS DE CONEXIÓN	SERVOMOTOR
PUERTO A	NC
PUERTO B	NC
PUERTO C	NC
PUERTO D	RD0 a RD7
PUERTO E	NC

NOTA.- Las siglas NC significan No conectado.