

**DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL BUCAL PARA CONTROLAR PROTOTIPO
DE UNA SILLA DE RUEDAS**

CRISTIAN ANDRÉS RESTREPO OCAMPO

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS
MEDELLÍN
2018**

**DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL BUCAL PARA CONTROLAR PROTOTIPO
DE UNA SILLA DE RUEDAS**

CRISTIAN ANDRÉS RESTREPO OCAMPO

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Sistemas Mecatrónicos

Asesor Metodológico

Oscar Ignacio Botero Henao

MSc. en Gestión de la Tecnología Educativa

Asesora Técnica

Vesna Srdanovic

MSc. en Ingeniería con énfasis en Telecomunicaciones

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA EN SISTEMAS MECATRÓNICOS

MEDELLÍN

2018

Contenido

	Pág.
Introducción.....	10
1. Planteamiento del problema	11
1.1 Descripción	11
1.2 Formulación	11
2. Justificación.....	12
3. Objetivos	13
3.1 Objetivo general.....	13
3.2 Objetivos específicos	13
4. Marco teórico.....	14
4.1 Transmisión de datos por rayos infrarrojos	14
4.2 Microcontrolador PIC	16
4.3 Férula dental	19
5. Metodología	31
5.1 Tipo de proyecto	31
5.2 Método	31
5.3 Instrumentos de recolección de información.....	31
5.3.1 Fuentes primarias.....	31
5.3.2 Fuentes secundarias.....	31
6. Resultados.....	32
7. Conclusiones	38
10. Bibliografía	42
11. Anexos.....	44

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Espectro electromagnético de luz visible	14
Figura 2. Receptor de infrarrojos	16
Figura 3. Microcontrolador PIC 12F1822	19
Figura 4. Férula dental deportiva	20
Figura 5. Material Kapton utilizado en la electrónica.....	21
Figura 6. Zona de trabajo del módulo ISIS	22
Figura 7. Módulo ARES	24
Figura 8. Componentes de montaje superficial.....	25
Figura 9. Tipo de montaje superficial	26
Figura 10. Panel de desarrollo PIC C Compiler.....	27
Figura 11. Diagrama de flujo.....	28
Figura 12. Placa Arduino UNO.....	29
Figura 13. Shield L298P	30
Figura 14. Pruebas con el montaje del circuito transmisor en la protoboard.....	33
Figura 15. Montaje del circuito transmisor en tarjeta PCB	34
Figura 16. Pulsos transmitidos por rayos infrarrojos.....	35
Figura 17. Diseño del circuito electrónico del control bucal.....	35
Figura 18. Chasis del prototipo de la silla de ruedas	37
Figura 19. Shield de motores DC 12V	37

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Código micro controlador PIC 12F1822.....	44
Anexo B. Código del receptor en Arduino.....	48
Anexo C. Esquema electrónico en proteus.....	52
Anexo D. Circuito electrónico en módulo ARES	53

Resumen

DISEÑO ELECTRÓNICO DE CONTROL BUCAL PARA CONTROLAR PROTOTIPO DE UNA SILLA DE RUEDAS

CRISTIAN ANDRÉS RESTREPO OCAMPO

El desarrollo de este prototipo, está orientado hacia las personas con movilidad reducida, en especial aquellas que tienen cuadriplejía, debido a que una silla de ruedas tradicional no es adecuada para que ellos se transporten en forma autónoma. Se desarrolla un sistema electrónico que acciona el movimiento del prototipo de una silla de ruedas eléctrica, mediante el dispositivo que podría ser insertado en una férula dental, equipado con los pulsadores para ser accionados por movimientos de la lengua. El circuito electrónico del control diseñado y experimentalmente comprobado, posteriormente debería estar impreso en una tarjeta flexible tipo Kapton, de un tamaño reducido y adecuado para montaje en férula dental. Se logró su diseño gracias a la información obtenida en pruebas de laboratorio y asesoría de los maestros de semillero; dichas pruebas se hicieron por medio de simulación, ensambles de circuito en protoboard y la programación fue hecha en el programa PIC C Compiler que se utiliza para la configuración de microcontroladores PIC. Lo más relevante de este proyecto es que se obtuvo la transmisión inalámbrica de datos mediante luz infrarroja. El prototipo es innovador ya que podría ser un sistema pionero, se proyecta implementar el sistema de control en la férula dental para generar las acciones de control por medio de movimientos de la lengua, sin necesidad de intervención quirúrgica en la boca y con comunicación inalámbrica implementada.

Palabras claves: Comunicación infrarrojo, Circuito electrónico tipo Kapton, Microcontrolador PIC, Dispositivos de montaje superficial, Compilador PIC C, Software Proteus módulo ARES

Abstract

ELECTRONIC DESIGN OF ORAL CONTROL TO CONTROL A WHEELCHAIR PROTOTYPE

CRISTIAN ANDRÉS RESTREPO OCAMPO

The development of this prototype is aimed at people with reduced mobility, especially those who have quadriplegia, because a traditional wheelchair is not suitable for them to transport themselves independently. An electronic system is developed that drives the movement of the prototype of an electric wheelchair, by means of the device that could be inserted in a dental splint, equipped with the push buttons to be activated by movements of the tongue. The electronic circuit of the control designed and experimentally checked, later should be printed on a flexible card type Kapton, of a reduced size and suitable for assembly in dental splint. Its design was achieved thanks to the information obtained in laboratory tests and advice from the nursery teachers; these tests were made by means of simulation, protoboard circuit assemblies and the programming was done in the PIC C Compiler program that is used for the configuration of PIC microcontrollers. The most relevant aspect of this project is that the wireless transmission of data by infrared light was obtained. The prototype is innovative since it could be a pioneering system, it is planned to implement the control system in the dental splint to generate the control actions by means of movements of the tongue, without the need of surgical intervention in the mouth and with wireless communication implemented.

Keywords: Infrared communication, Kapton type electronic circuit, PIC microcontroller, Surface mount devices, PIC C compiler, Software Proteus module
ARES

Glosario

Circuito membrana: es un circuito electrónico impreso en un material flexible, delgado como una hoja de papel, que trae incorporado el circuito y las pistas; este se puede flexionar sin generar daños en sus pistas eléctricas, hasta cierto punto de flexión. Esta placa electrónica, tipo Kapton, es adecuada para este proyecto ya que puede tomar la forma de curvatura bucal.

Cuadriplejia: es la parálisis total o parcial de brazos y piernas causada por un daño en la medula espinal. Las personas con cuadriplejia total no tienen movimiento de ninguna de las extremidades (brazos o piernas) y con la cuadriplejia parcial pueden mover los brazos, pero no los dedos.

DIP (Dual In-line Package): es una forma de circuito integrado encapsulado con pines en paralelo, prácticos para hacer montajes en una placa o protoboard.

Férula dental: es un molde único para la dentadura de cada persona, es utilizado en odontología para mantener la posición de los dientes después de un tratamiento. La férula es de un material tipo resina, que no lastima ninguna parte de la boca.

Microcontroladores PIC: es una de las familias de microcontroladores de Microchip; son pequeños dispositivos electrónicos de procesamiento de datos, contienen salidas y entradas digitales/analógicas, manejan conversión de señales análogo a digital o viceversa. Todo un desarrollo de la ingeniería en un pequeño dispositivo denominado chip.

ROM (Read Only Memory): es la memoria interna de los diversos dispositivos digitales como un microcontrolador y sirve para almacenar permanentemente instrucciones y datos.

Señal infrarroja: es un tipo de radiación electromagnética (también conocido como radiación IR) de longitud de onda mayor que la luz visible, pero menor que la de las microondas; tiene

longitud de onda mayor a 0,7 μm . En electrónica son muy utilizados transmisor-receptor de señales infrarrojos ya que son fáciles de generar y no sufren interferencias electromagnéticas.

SOIC (Small Outline Integrated Circuit): es un tipo de encapsulado para ensamblar componentes electrónicos, de montaje superficial, con el objetivo de ocupar menos espacio en una tarjeta electrónica.

Introducción

Este trabajo de grado titulado “Diseño electrónico de control bucal para controlar prototipo de una silla de ruedas”, presenta los resultados de investigación y desarrollo del proyecto titulado “Prototipo de silla de ruedas accionada por movimiento bucal para personas con movilidad reducida”, realizado como proyecto de investigación de semillero SICEI (Semillero de Investigación en Ciencias Electrónicas e Informáticas), en la Institución Universitaria Pascual Bravo. Se desarrolló, diseñó y programó el circuito electrónico para accionar y controlar el movimiento de prototipo de una silla de ruedas, de modo inalámbrico mediante señales infrarrojos; éste se encuentra conformado por 4 pulsadores que posteriormente serán implementados en una férula dental, para lograr el control bucal por movimiento de la lengua. Gracias al uso de la micro tecnología este circuito electrónico debería estar impreso en una tarjeta electrónica flexible, tipo Kapton, debido al propósito de posterior implementación en un espacio tan reducido como lo es la boca.

Ya que la transmisión del control bucal se lleva a cabo por señales infrarrojos desde el interior de la boca, pasando a través de la mejilla, se hizo importante la investigación sobre la afectación que podría generar la radiación IR sobre la piel y la cavidad bucal, lo cual arrojó como resultado que la luz infrarroja es inocua, o sea que no le hace daño al paciente, porque genera una radiación de muy baja frecuencia, menor a 1KHz y no perjudica la salud de los potenciales usuarios.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Muchas personas en el mundo y en nuestro país sufren de cuadriplejia, que son principalmente causadas por lesiones en la medula espinal o por enfermedades del sistema nervioso. Cuadriplejia (a veces llamada tetraplejia) es parálisis de las piernas y brazos, es por ello que el objetivo principal de este proyecto está centrado en el diseño de un prototipo de silla de ruedas, donde el control de accionamiento es por movimiento bucal que brindará beneficios a dichas personas, ya que no requieren el uso de sus miembros para activar el control.

Existen otras partes del cuerpo para activar controles de mando para una silla de ruedas, como el mentón, mecanismos manipulados por medio de soplido y succión, el movimiento de la retina o por señales bioeléctricas del cerebro, pero las se encontraron dificultades encontradas en estos desarrollos son: que la persona a donde dirige la mirada se desplazará la silla y no siempre debe de ser así, también con respecto a las señales del cerebro requiere que la persona esté muy concentrada para manejar el control de forma correcta, etc.. Es por ello que surgió la idea de crear un control bucal, para que estas personas, aprovechen el movimiento de la lengua para poder activar el control de la silla de ruedas eléctrica.

La ventaja del control bucal es que el usuario puede realizar otras actividades como observar y analizar el ambiente, estar relajado y demás.

1.2 Formulación

¿Si se implementa un sistema electrónico de control inalámbrico, integrado en una tarjeta electrónica tipo Kapton, de tamaño reducido y flexible, pueda manejar el prototipo de una silla de ruedas para posteriormente ser introducida en una férula dental, de forma que las personas con cuadriplejia la introduzcan en su boca y logren manejar autónomamente la silla de ruedas?

2. Justificación

Las personas con movilidad reducida, específicamente cuadripléjicos, suelen tener ayuda de terceros para su desplazamiento, lo cual no resulta cómodo debido a que requiere tiempo y paciencia; además necesitan su espacio, sentirse libres y que no dependan de alguien para moverse autónomamente. Es aquí donde surgió la idea de innovar el dispositivo de mando y accionamiento utilizando los movimientos de la lengua y de esta forma eliminar el manejo del control por medio de botones o palancas.

La ventaja de este proyecto es que proporcionará una nueva forma de accionar el prototipo de una silla de ruedas eléctrica, que posteriormente podría ser útil para las personas con movilidad reducida. El sistema cuenta con transmisión inalámbrica por medio de señales infrarrojas, lo cual facilita su adaptación y uso al interior de la boca, con la ventaja adicional que no genera ninguna afectación a la piel.

Otro beneficio que tiene el proyecto, a nivel económico, es el costo relativamente bajo, ya que la tecnología con la que cuenta es accesible, el software de programación es de libre uso y en caso que el usuario tenga una silla de ruedas eléctrica, será fácil intervenirla y acondicionarla para implementar el nuevo sistema de control.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar y desarrollar el sistema electrónico inalámbrico, utilizando transmisión por ondas infrarrojas y microcontrolador PIC con su código programado en lenguaje C, para manipular el prototipo de una silla de ruedas eléctrica.

3.2 Objetivos específicos

Diseñar y entregar el esquema de la tarjeta electrónica tipo membrana con las características adecuadas para ser implementada en una férula dental, en una etapa posterior.

Desarrollar el algoritmo de control en lenguaje C y programar el microcontrolador PIC de montaje superficial tipo SMD.

Realizar pruebas y obtener datos de los pulsos de la señal infrarroja que genera el transmisor IR de tres terminales, mediante la programación del microcontrolador.

Interconectar el módulo de mando con el prototipo de la silla de ruedas eléctrica, para controlar inalámbricamente su desplazamiento.

4. Marco teórico

4.1 Transmisión de datos por rayos infrarrojos

El nombre de infrarrojo significa “por debajo del rojo”, proviene cuando fue observado el espectro visible de la luz solar; al dividir la luz solar en diferentes colores por medio de un prisma se observa la gama de colores del rojo al violeta. En la Figura 1 se puede observar el espectro de luz visible donde en los extremos se encuentran los rayos ultravioletas e infrarrojos. La longitud de onda de radiación infrarroja es mayor de 700 nanómetros (superior de luz visible) y menor de 1 milímetro (inferior de microondas).

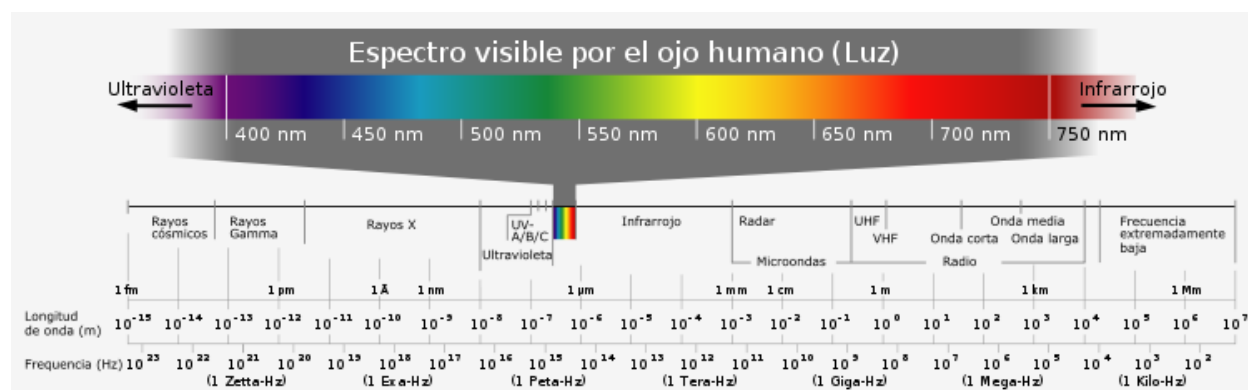


Figura 1. Espectro electromagnético de luz visible

Fuente: <http://juanashop.com/blog/caracteristicas-de-la-luz-que-influyen-en-las-plantas-n119>

La comunicación inalámbrica por rayos infrarrojos, que se usó en este proyecto, es una tecnología que se ha vuelto muy común y eficaz. Se ve en muchas aplicaciones de la vida cotidiana, por ejemplo, cuando se opera un control remoto de un televisor o de un equipo de sonido; lo que se hace es transmitir comandos por medio de señal infrarroja. Un enlace de este tipo puede servir, para muchas otras aplicaciones de la robótica.

Los sistemas de comunicación por infrarrojo (IR) ofrecen ciertas ventajas respecto a los sistemas de radio frecuencia (RF). El sistema de comunicación infrarrojo cuenta con un canal

cuyo potencial de ancho de banda es muy grande y no está regulado internacionalmente, o sea que su uso es de acceso libre.

Además, los sistemas infrarrojos de comunicación son inmunes a interferencias y ruido de tipo radioeléctrico. Un informe de la Universidad Oberta de Catalunya, realizado por Josep Prieto Blázquez dice:

Una de las principales ventajas de esta tecnología es la movilidad, no depender del cable. El hecho de que el punto de entrada de la red de comunicación no esté ligado a una ubicación fija y que el medio de transmisión ya esté preparado favorece su expansión, que puede ser más rápida que la de cualquier otro tipo de tecnología. Existe un ejemplo que lo corrobora: en solo cinco años de existencia, la tecnología móvil ya tuvo más usuarios que la telefonía fija (Blázquez, Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos, 2011, pág. 5).

Se pueden usar tres modos de transmisión por rayos infrarrojos: punto a punto, semi-difuso y difuso. Las señales infrarrojas son inmunes a la interceptación que hace difícil la recepción clandestina.

Los enlaces dirigidos emplean transmisores y receptores altamente direccionales, los cuales deben apuntar uno al otro o hacia un área común (generalmente en el techo) para establecer el enlace. En los enlaces directos se maximiza la eficiencia de potencia, ya que esta se dirige en un rango muy pequeño de direcciones, y por lo mismo se minimizan las pérdidas de propagación y la recepción de ruido causado por la luz ambiental. Los enlaces no dirigidos son aquellos que emplean transmisores y receptores de gran ángulo, disminuyendo así la necesidad de tal direccionalidad, siendo esta la configuración utilizada en el prototipo, para que al ser manejada la silla de ruedas y el conductor cambie la posición de su cabeza, no exista ninguna o pocas pérdidas de datos y por ende este deje de operar o hacer incomoda su manipulación. Al ser mínima la necesidad de apuntamiento en un enlace no dirigido se facilita su reconfiguración.

Los receptores de infrarrojos codificados integran en un chip el elemento sensible al infrarrojo, una lente, un filtro de espectro y toda la lógica necesaria para distinguir señales

moduladas a una determinada frecuencia. En la Figura 2 se observa el receptor del infrarrojo de tres pines.



Figura 2. Receptor de infrarrojos

Fuente: www.elecrow.com

En la radiación infrarroja no existe ningún tipo de efecto hacia la salud, debido a que es una frecuencia extremadamente baja, siendo esta inferior a 1 KHz; además existen diversas aplicaciones sobre los beneficios que tiene el uso de la radiación infrarroja sobre la piel; como se explica en el informe sobre la radiación infrarroja:

Producen relajación por efecto del calor y ejercen una acción anticontracturante. Además, aumentan la irrigación del musculo, lo que facilita la reposición del esfuerzo, mejora la deuda de oxígeno y favorece la reabsorción del ácido láctico. Tanto la relajación como la hiperemia muscular facilitan la preparación para el ejercicio. Por todos estos motivos, las aplicaciones de IR son especialmente útiles en traumatología y medicina deportiva (Sendra & Martínez, pág. 3).

4.2 Microcontrolador PIC

El uso del microcontrolador PIC en este proyecto, se debió a su amplia documentación para trabajar y aprovechar al máximo todas las capacidades que estos ofrecen; además existe una gran variedad de microcontroladores desde 8 terminales hasta 40, adecuados para la aplicación que se desee trabajar. Un microcontrolador es un circuito integrado que en su interior contiene una Unidad Central de Procesamiento (CPU), unidades de memorias RAM (Memoria de Acceso

Aleatorio) y ROM (Memoria de Sólo Lectura), puertos de entrada y salida (I/O) y periféricos. Estas partes están interconectadas dentro del microcontrolador. Se puede decir con toda propiedad que un micro controlador es una microcomputadora completa, encapsulada en un circuito integrado.

El microcontrolador requiere de un programa para que realice una función específica. Este se almacena normalmente en la memoria ROM. No está de más mencionar que sin un programa, los microcontroladores carecen de utilidad. El propósito fundamental del microcontrolador es vasto, se puede decir que solo están limitadas por la imaginación del programador. Es común encontrar microcontroladores en campos como la robótica, en la industria en aplicaciones de automatización, consolas de video juegos, en los sistemas de telecomunicaciones, en el hogar, etc.

Los microcontroladores están diseñados para interpretar y procesar datos e instrucciones en forma binaria. Patrones de 1 y 0 conforman el lenguaje máquina de los microcontroladores; estos niveles altos y bajos representan la unidad mínima de información, conocida como bit, ya que solo puede adoptar uno de dos valores posibles. La representación de datos, instrucciones y señales en forma de bits resulta dificultosa y tediosa para aquellas personas que no estén familiarizadas con el sistema de numeración binario. Aún para los usuarios expertos no resulta tan evidente la interpretación de instrucciones en forma binaria o lenguaje máquina; el lenguaje máquina se le conoce también como lenguaje de bajo nivel debido a que las instrucciones no son propias del lenguaje humano. Es por esto que la programación comúnmente se lleva a cabo en un lenguaje de alto nivel, es decir, un lenguaje que utilice frases o palabras semejantes o propias del lenguaje humano. Las sentencias de los lenguajes de alto nivel facilitan enormemente la programación, ya que son familiares a nuestra manera de comunicarnos. Lenguajes de alto nivel como C o C++ son comúnmente utilizados en la programación de microcontroladores.

Otro tipo de lenguaje más especializado es el lenguaje ensamblador. El lenguaje ensamblador es una lista con un limitado número de instrucciones a los cuales puede responder un microcontrolador. Estas instrucciones son palabras o abreviaciones que representan las instrucciones en lenguaje máquina del microcontrolador. Las instrucciones en lenguaje

ensamblador, también conocidas como nemotécnicos, son fáciles de entender y permiten operar directamente los registros de memoria, así como las instrucciones intrínsecas del microcontrolador. Es por esto que el lenguaje ensamblador es sin lugar a dudas el lenguaje por excelencia en la programación de microcontroladores, ya que permite hacer uso eficiente de la memoria y minimizar el tiempo de ejecución de un programa.

Cualquier lenguaje que se utilice en la programación de microcontroladores, es de lo más recomendable profundizar en su arquitectura interna, ya que con este conocimiento se pueden aprovechar más y mejor las capacidades de un microcontrolador. Todo programa escrito en un lenguaje de alto nivel debe ser transformado en código máquina. El software compilador, traduce y transforma el programa escrito en lenguaje de alto nivel a código máquina, que es lo que realmente puede leer e interpretar el microcontrolador. Una vez compilado el programa, se transfiere hacia la memoria interna del microcontrolador, específicamente hacia la memoria ROM, para ser ejecutado por el microcontrolador.

El microcontrolador utilizado en este proyecto es de la familia 12F de Microchip; son circuitos integrados encapsulados de 8 pines (DIP o SOIC). Este microcontrolador maneja instrucciones de 12 a 14 bits en memoria de programa, de 33 o 35 instrucciones, maneja memoria EEPROM de datos, módulos de conversión analógica-digital A/D y opera con voltaje de alimentación desde 2.5V hasta 5V. En la Figura 3 se puede observar el micro controlador PIC 12F1822

Todos los datos específicos mencionados fueron tomados del Data Sheet del microcontrolador, donde se especifica toda la información y estructura interna de este, además su capacidad de memoria, reloj con el que trabaja, entre otras características, muy importantes para tener en cuenta cuando se programa este (Microchip, 2010).



Figura 3. Microcontrolador PIC 12F1822

Fuente: www.roboeq.ir

4.3 Férula dental

La visión futura de este proyecto es implementar el circuito electrónico en una férula dental, para que las personas con cuadriplejía puedan controlar su desplazamiento en una silla de ruedas. Existen proyectos con el mismo principio, donde se pueden destacar los siguientes avances. Una Universidad de Madrid en España, hizo una investigación sobre manejo de una silla con la lengua y presentó el siguiente informe basado en un caso en particular:

Un accidente que tuvo Jason Disanto, mientras buceaba, lo dejó paralizado del cuello hacia abajo. Desde entonces, conduce una silla de ruedas eléctrica que controla mediante un pulsador de succión y soplido. En la boca lleva como una especie de tubo, a través de la cual controla, por ejemplo, la velocidad de su silla. Dependiendo de los soplos o las succiones que realice, se moverá hacia adelante, atrás y giros (Tardón, 2013).

Este sistema tiene muchas limitaciones y es de un manejo complicado que muchas personas no podrían llevar a cabo, ya que el estar soplando o succionando todo el tiempo se podría llegar a tener mareos por pérdida de aire y al final del día tendríamos muchos dolores en las mejillas y terminar muy cansados. Por eso esta universidad hizo una nueva investigación para mejorar la forma de manejo y publicaron un nuevo informe donde se dice: “Se trata de un sistema *Tongue Drive* centrado en el movimiento de la lengua que permite a las personas con tetraplejía manejar su silla de ruedas con menos esfuerzo y de forma más intuitiva” (Tardón, 2013).

Este sistema *Tongue Drive* es un sistema que, en lo personal, sigue siendo muy incómodo debido a que se debe insertar en la lengua un piercing y llenar los extremos de la boca con unas placas de cobre, para que, al hacer algún movimiento de la lengua hacia estos extremos, exista un

campo magnético y esta señal sea tomada para posteriormente llevarla a un sistema de control para ejecutar los movimientos en una silla de ruedas. Es por esto que el desarrollo del circuito electrónico, para un control bucal que transmite datos por señales infrarrojas, es mucho más sencillo y práctico para ser manipulado por cualquier persona; su sistema inalámbrico lo hace mucho más interesante e innovador.

Un informe tomado de la clínica dental Sonría de Barcelona, España dice:

La férula deportiva es indicada como protector dental a la hora de practicar deportes de impacto, como el boxeo, el hockey o el rugby. Son de materiales flexibles, tipo silicona, que absorben y evitan los golpes que puedan dañar o romper las piezas dentales (ver Figura 4). En cualquier caso, sea cual sea el tipo de férula que utilicemos, se debe cumplir escrupulosamente con su higiene. Aunque las férulas están fabricadas con resinas totalmente inocuas para el organismo, la boca está llena de bacterias, y por eso requiere mantenerlas bien aseadas, para evitar la proliferación de infecciones (Dental, Clínica, 2017).



Figura 4. Férula dental deportiva

Fuente: <https://www.laboratoriodentaldesign.es/ferulas-dentales/>

4.4 Placa electrónica tipo Kapton

Para la fabricación del circuito electrónico con el fin de ser un control bucal, se utilizó un material llamado Kapton (ver Figura 5). Una de sus propiedades físicas es que está compuesta por un recubrimiento de cobre de muy diminuto grosor, lo cual lo hace flexible, siendo esta una propiedad ideal para las características que se necesitan en este proyecto, para poder ser adaptada sin ningún problema en el interior de la boca, en la férula dental. Otra característica y que la hace muy reconocida, es su uso en aeronaves de la NASA, en protección y recubrimiento de todos sus circuitos. Un pequeño artículo tomado de:

All Tapes Depot especifica que: “Ideal para soldaduras por olas, aislamiento de placas de circuitos y revestimiento en polvo con altas temperaturas. Tiene una alta fuerza dieléctrica. La cinta Kapton está acompañada con un adhesivo de silicona que no deja ningún residuo. La cinta Kapton protege las otras áreas del excesivo calor durante el proceso de soldado” (Angel, 2016).



Figura 5. Material Kapton utilizado en la electrónica

Fuente: <http://alltapesdepot.com/los-multiples-usos-de-la-cinta-kapton/>

Este material contiene diversas aplicaciones que son especificadas en el informe citado sobre el material Kapton:

Debido a su amplia gama de estabilidad de la temperatura, y su capacidad de aislamiento

eléctrico, la cinta Kapton se utiliza generalmente en la fabricación electrónica como una capa de aislamiento y la protección de los componentes sensibles y frágiles electrostáticos. Como se puede sostener la temperatura necesaria para una operación de soldadura por reflujo, su protección está disponible durante todo el proceso de producción (Angel, 2016).

El material Kapton se utiliza en circuitos impresos flexibles utilizados en las naves espaciales, satélites y diversos instrumentos espaciales. En este proyecto se propone a utilizarlo para que contenga pistas eléctricas por la cuales se transmiten datos que provienen de los pulsadores, previstos de ser activados con los movimientos de la lengua.

4.5 Software Proteus módulo ARES

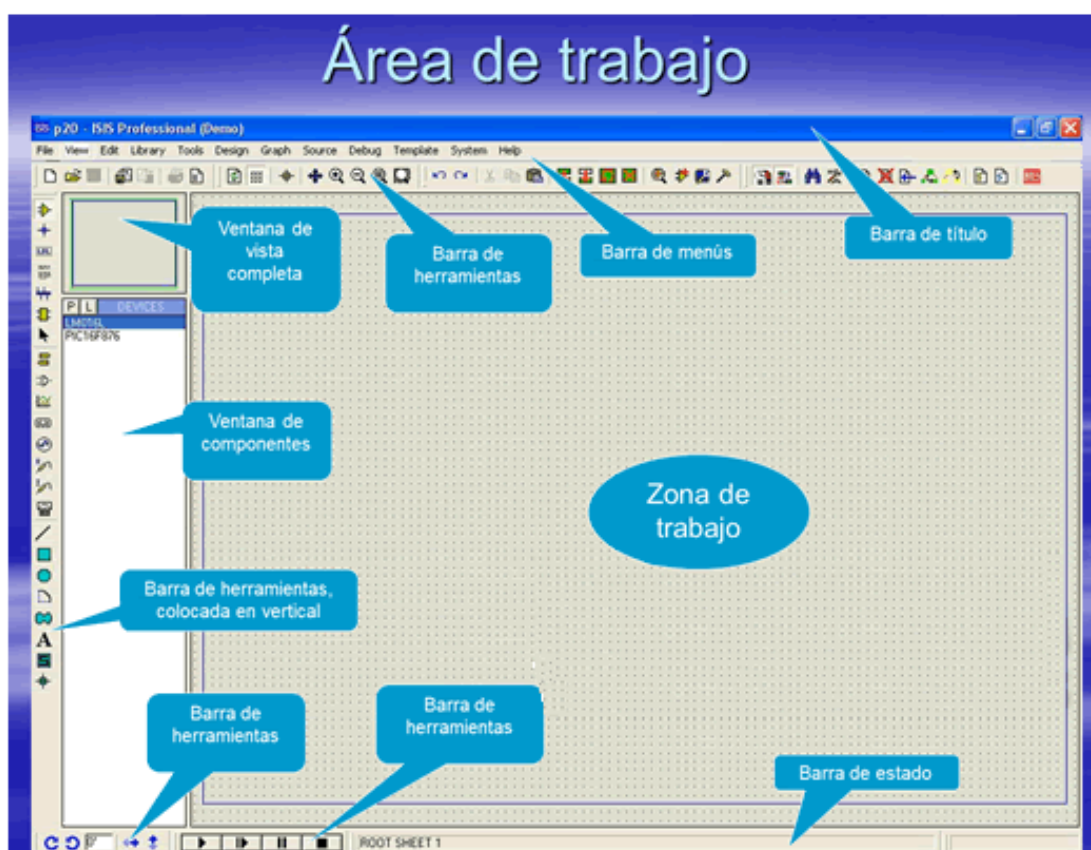


Figura 6. Zona de trabajo del módulo ISIS

Fuente: <http://celso18.blogspot.com/co/>

El Proteus es un software que permite la simulación de diversos circuitos electrónicos, también de circuitos electrónicos con microcontroladores. Sus reconocidas prestaciones lo han convertido en el más popular simulador para microcontroladores PIC. En la Figura 6 esta presentada el área de trabajo de Proteus, modulo ISIS, que se utiliza para simulación de circuitos electrónicos.

ARES o Advanced Routing and Editing Software es la herramienta donde una vez diseñado y simulado el circuito en el módulo ISIS, se procede con el diseño de tarjeta electrónica de circuito impreso. Consiste de ubicar todas componentes de tamaño real y trazar las pistas eléctricas; es muy amigable para el diseñador, porque el mismo programa se encarga de orientar al diseñador hacia donde debe llevar cada pista eléctrica. En este programa se puede diseñar una placa electrónica de hasta 7 capas, es decir una placa electrónica multicapas, cuando por cantidad de conexiones estas no cabrían en un solo plano y son desviadas a varias capas en forma de pisos. Se usa un *Trough Hole* que es una pequeña barra conductora que conecta un piso con otro. Este tipo de placas electrónicas se pueden ver en sistemas muy complicados como computadoras, televisores, plantas de sonido, entre otros. Modulo ARES también se utiliza para visualizar las placas electrónicas de circuito impreso, donde se puede observar en 3D cómo quedaría la placa electrónica una vez sea fabricada. En la Figura 7 se puede observar el área de trabajo de modulo ARES con la posición de componentes y sus respectivas conexiones; es muy importante distribuir en toda la placa una capa que conecte todas las tierras, esto para eliminar ruidos electrónicos. Esta capa se puede observar en la Figura 7, donde se identifica con color azul y está en el 90% de toda la placa, las demás pistas están separadas de esta capa. En este módulo también se puede marcar cada componente con el fin de hacer más fácil el ensamble y poder identificar que componente se trata o en el caso de conocer su polaridad.

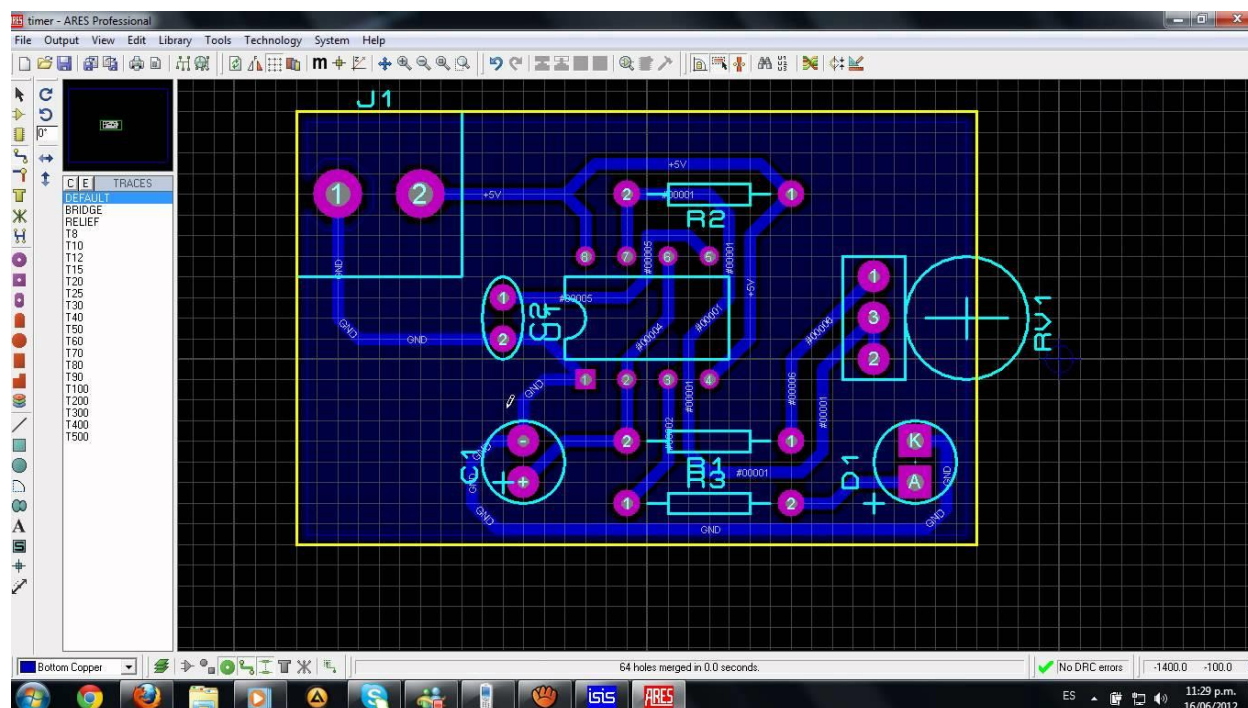


Figura 7. Módulo ARES

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=dgN33bbPL7E>

Gracias a software Proteus, muchos diseños de circuitos electrónicos son fabricados con éxito. Es de suma importancia, antes de fabricar físicamente una placa electrónica, pasar por el proceso de simulación, luego el montaje en protoboard para saber si efectivamente lo simulado es correcto y, por último, una vez esté en orden funcional se puede llevar a la fabricación de la placa electrónica.

El uso de programa Proteus, con módulos ISIS y ARES, sirve para diseñar y simular cualquier tipo de circuito electrónico. Se pueden diseñar diversos circuitos, desde una simple serie de resistencias hasta una compleja tarjeta madre de computadora. En el libro “Compilador C CSS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC”, donde se habla sobre el enlace de los dos programas, se dice:

El programa Proteus es una herramienta para la verificación, vía software, que permite comprobar, prácticamente en cualquier diseño, la eficacia del programa desarrollado. Su combinación de simulación de código de programación y simulación mixta SPICE permite

verificaciones analógico-digitales de sistemas basados en microcontroladores. Su potencia de trabajo es magnífica (García, 2009).

4.6 Componentes electrónicos de montaje superficial

Para una etapa futura para dicho proyecto es importante el uso de la tecnología de montaje superficial, conocida como SMT (Surface Mount Technology), es el proceso para soldar componentes de montaje superficial SMC (Surface Mount Component) o dispositivos de montaje superficial SMD (Surface Mount Devices) en una tarjeta de circuito impreso PCB (Printed Circuit Board). En la Figura 8 se puede observar la apariencia física de un circuito integrado de montaje superficial.



Figura 8. Componentes de montaje superficial

Fuente: https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_de_Montaje_Superficial

Las ventajas principales de los componentes SMD son el reducido tamaño y en la ausencia de hilos, ahorran básicamente espacio y longitud de pistas de cobre. Esto es una gran ventaja porque se pueden hacer placas que ocupan la cuarta parte de espacio, donde esto fue muy notorio en este proyecto; al usar este tipo de componentes y las pistas eléctricas por ambos lados de la placa, el tamaño del circuito se reducirá a un tamaño de la mitad de un diente.

Las componentes de montaje superficial reducen los efectos de la inductancia y la resistencia parásita. La inductancia parásita puede reducirse a 1nH y las resistencias a 1mΩ. Esta cantidad

puede parecer ridícula, pero el Efecto Kelvin dice, que a altas frecuencias hace que los electrones sean más lentos y se vean desplazados por los campos magnéticos y empujados a los límites exteriores del conductor. Es importante que todos circuitos de alta velocidad o de alta frecuencia de operación, utilizan componentes de montaje superficial, ya que el comportamiento es mucho mejor. La generación de señales infrarrojas requiere de altas frecuencias, siendo esta otra razón para el uso de dicha tecnología de montaje superficial.

Los residuos de las soldaduras en un circuito electrónico impreso deben ser eliminados, ya que pueden formar efectos de resistencias y condensadores parásitos. También las desventajas están relacionadas con aspectos térmicos. El reducido tamaño de componentes implica que la superficie de disipación térmica es menor y normalmente la resistencia térmica entre el interior y el exterior del componente es más grande. La ventaja de los componentes de tipo SMD es que soportan muchos tipos de ácidos, disolventes, limpiadores y al sumergirse el circuito en acetona se eliminan solamente los residuos resultantes de las soldaduras.

Afortunadamente, estos efectos son perfectamente predecibles y con un buen diseño no tienen por qué afectar a la calidad del circuito electrónico. Los componentes siempre sufren modulaciones térmicas en su valor que se pueden medir en ppm/°C (partes por millón por cada grado Centígrado). La resistencia térmica también se puede medir, tanto en comportamiento estático como dinámico, esta se mide en °C/W (grado centígrado / Watts) o para el caso de baja potencia en °C/mW (grado centígrado/ mili Watts).

En el diseño del control bucal se utilizó dispositivos de montaje superficial por una sola cara, denominándose de tipo 1. La clase de montaje contiene solo componentes superficiales, denominándose clase B, como se ve en la Figura 9.

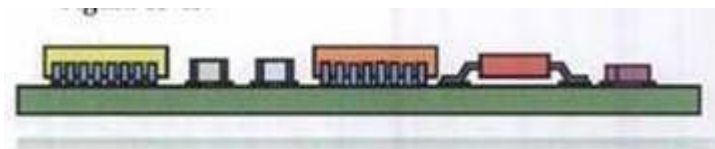


Figura 9. Tipo de montaje superficial

Fuente: https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_de_Montaje_Superficial

4.7 PIC C Compiler

PIC C es una herramienta que permite programar un microcontrolador por medio de lenguaje C. PIC C ha sido desarrollado por PIC CMU, y cuenta con una gran cantidad de librerías o drivers que permiten optimizar los programas en el momento de manejar dispositivos externos, tales como pantallas LCD, memorias, conversores. Librerías y drivers que fueron usados en el programa para lograr una modulación de frecuencia fueron tomadas de los manuales de CCS, además del manejo de puertos, comunicación serial, uso de terminales, entre otros (CCSinfo, 2018). En la Figura 10 se puede observar el espacio de trabajo para crear código.

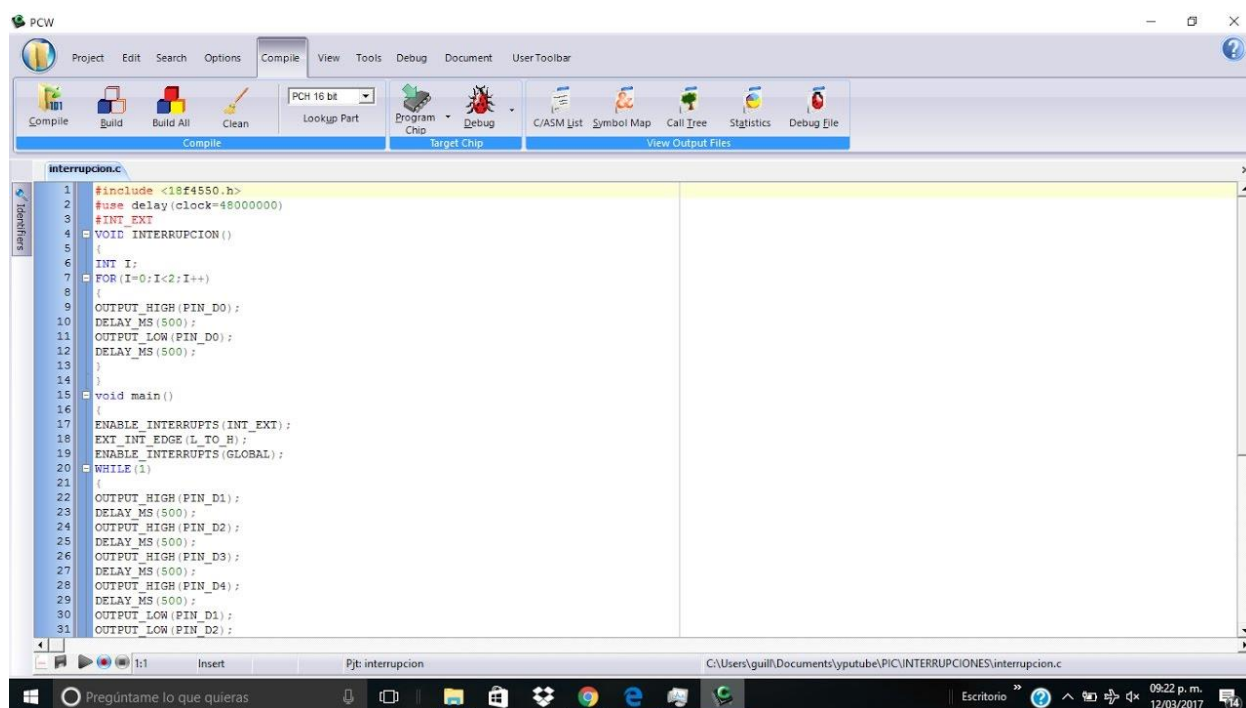


Figura 10. Panel de desarrollo PIC C Compiler

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=uKrnv3IXHL8>

El lenguaje C es un tipo de programación que pese a ser uno de los más básicos en esta área, sigue siendo una gran herramienta en el momento de crear diferentes rutinas para un microcontrolador. Este lenguaje básicamente es un sistema de decisiones, por ello realizar un diagrama de flujo antes de escribirlo es de gran ayuda. Un ejemplo de cómo está conformado un diagrama de flujo básico, se puede observar en la Figura 11.

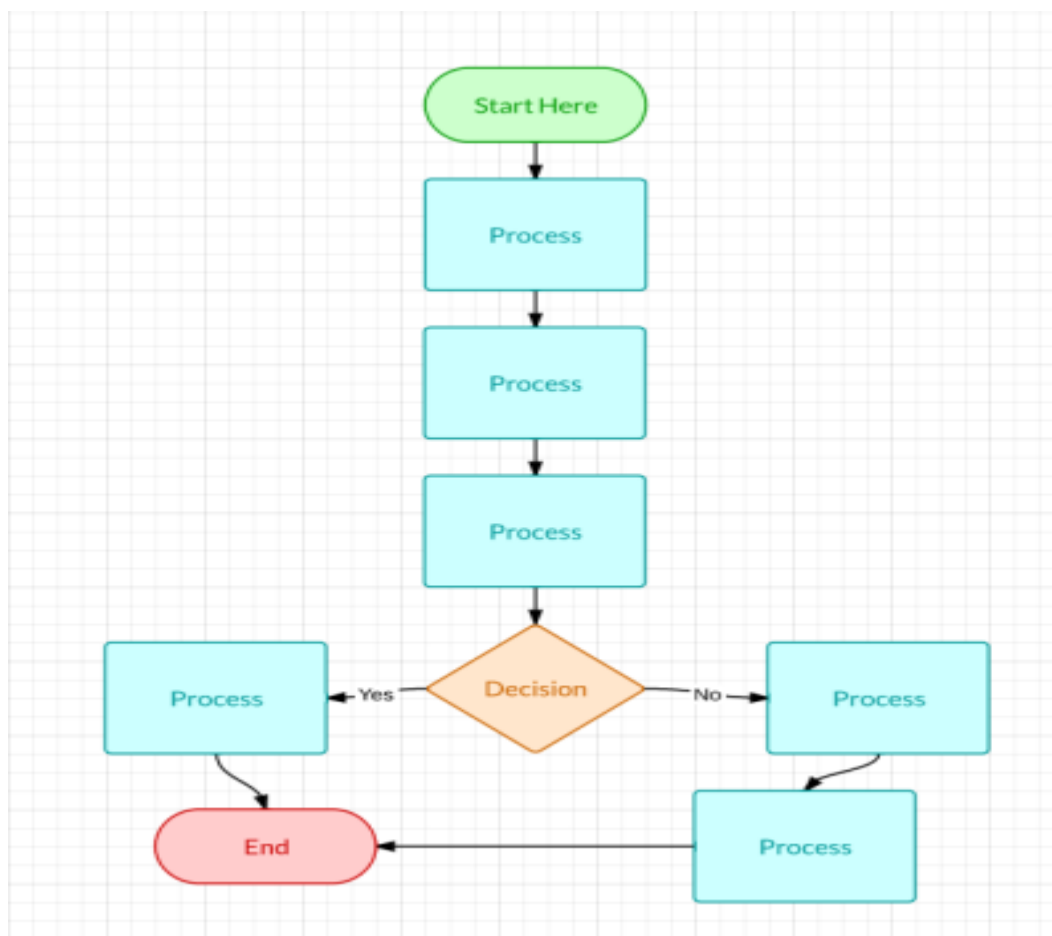


Figura 11. Diagrama de flujo

Fuente: <https://www.lucidchart.com/pages/es/c%C3%B3mo-hacer-un-diagrama-de-flujo>

Un diagrama de flujo es un proceso o algoritmo informático, se usa ampliamente para planificar paso a paso el proceso que se debe ejecutar en algún programa. Estos emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso junto con las flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

4.8 Arduino Uno

El uso de Arduino UNO en este proyecto es de suma importancia, ya que es el encargado de procesar todas las señales del receptor infrarrojo y llevar a una serie de procesos para ejecutarlas en movimientos en el prototipo de la silla de ruedas. Gracias a un shield para manejo de motores,

que se acopla perfectamente a un Arduino UNO, este acciona las salidas para efectuar diversos movimientos en los motores. En la Figura 12 se muestra la placa Arduino UNO.

En esta placa Arduino UNO, se usa la comunicación serial para recibir la señal del receptor infrarrojo, las terminales 4, 5, 6 y 7 controlan los motores y finalmente las terminales de alimentación, para alimentar el receptor de infrarrojos.



Figura 12. Placa Arduino UNO

Fuente: <http://tienda.bricogeek.com/arduino/305-arduino-uno-0805833349009.html>

4.9 Shield de motores L298P

Se usó el shield de motores L298P ya que sus especificaciones técnicas fueron las apropiadas para los motores que se usaron en el prototipo de la silla de ruedas, ya que tiene la capacidad de dar hasta dos (2) amperios y soporta un voltaje de entrada de hasta 36V, es de fácil manejo ya que es compatible con la placa Arduino UNO, solo consiste de conectarlo y programarlo; cuenta con salidas PWM, para poder controlar la velocidad de los motores DC, su programación es muy simple, solo consta de definir cuatro terminales como salidas, donde dos de ella son para activar o desactivar el puerto y las otras dos son para enviar por ese puerto la señal PWM. En la figura 13 se muestra la estructura de dicho módulo para manejo de motores DC.



Figura 13. Shield L298P

Fuente: <https://www.fabtolab.com/L208P-2A-motor-shield-arduino>

5. Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Es un proyecto de tipo investigativo que genera como resultado un sistema de control inalámbrico para el manejo del prototipo de una silla de ruedas eléctrica, con diseño adecuado para posterior implementación en una férula dental. En el desarrollo del proyecto se realizó un estudio previo de los dispositivos que se utilizaron.

5.2 Método

El método utilizado es inductivo, se basa en la obtención de conclusiones a partir de la observación, simulación y análisis de hechos, síntesis y pruebas. La información recolectada de las fuentes bibliográficas para el desarrollo del circuito y en general del proyecto, aportaron en cuanto a la programación del microcontrolador PIC, el uso de código en lenguaje C y el software PIC C Compiler del fabricante Microchip. Se diseñó la placa electrónica tipo flexible, utilizando el módulo ARES de software Proteus. El prototipo final quedó en estado funcional.

5.3 Instrumentos de recolección de información

5.3.1 Fuentes primarias. Libros digitales, informes de proyectos de grado, artículos, documentos técnicos de los fabricantes de dispositivos y páginas web relacionadas con el tema que es objeto de estudio.

5.3.2 Fuentes secundarias. Los docentes del grupo de investigación SICEI que son co-investigadores del proyecto.

6. Resultados

En este proyecto se realizó el desarrollo de un sistema de control inalámbrico con el objetivo de controlar el movimiento del prototipo de una silla de ruedas. El sistema consiste de dos módulos, transmisor y receptor. La comunicación inalámbrica es por medio de rayos infrarrojos. Al principio de la investigación, la transmisión de datos por infrarrojo iba a ser descartada, porque en la observación que se hizo en el desarrollo del proyecto, se presentó que la señal infrarroja no atravesaba las paredes. Pero más tarde se hizo la prueba para lo que realmente se necesitaba de este proyecto, se colocó el transmisor infrarrojo al interior de la boca, este apuntando hacia el lateral de ella y apuntando directamente hacia el receptor ubicado en el prototipo de una silla de ruedas. Esta prueba resultó exitosa, así que se tomó la decisión de implementar el sistema de transmisión por infrarrojo en el prototipo. En la tesis de grado titulada “Diseño y construcción de un sistema de transmisión entre dos computadoras utilizando rayos infrarrojos” del Ingeniero Julio Cesar Viera Noroña, dice: “Muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente hacia un canal, tal como vienen de transductor. Para esto se modifica una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de transmisión en cuestión, para representar el mensaje” (Viera, 1998).

Este proyecto se basó en el desarrollo de un programa que pudiera modular la frecuencia de pulsos de la señal infrarroja y así poder enviar datos de transmisor a receptor. Una vez configurada esta modulación por medio de código e integrada en el microcontrolador usado, existe la posibilidad de enviar diferentes tipos de datos como; números hexadecimales, caracteres o cadena de texto de código ASCII, entre otros. Se usó la transmisión de datos con cuatro diferentes caracteres, donde cada uno de estos representa una acción diferente en el momento de ejecutarlo en el receptor. Los cuatro pulsadores del control bucal, generan unos códigos únicos, donde estos son receptados y procesados por el microcontrolador, donde estos reflejan cuatro direcciones, adelante, atrás, izquierda y derecha. En la figura 14 se muestra el montaje del transmisor con los cuatro pulsadores.

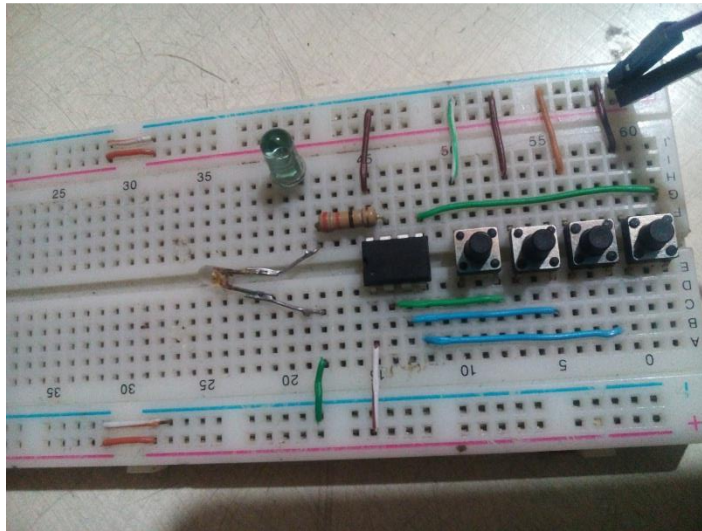


Figura 14. Pruebas con el montaje del circuito transmisor en la protoboard
Fuente: imagen propia del autor

La transmisión de datos del modo punto a punto fue usado en este proyecto exitosamente, ya que no necesitaba estrictamente estar el transmisor y receptor en una posición perfectamente alineada; esto haciendo que se vuelva más interesante la investigación, debido a que este circuito electrónico está previsto para ser insertado en la boca de una persona con cuadriplejía. Se facilitó el diseño y se observó que el transmisor puede llegar a estar 60 grados fuera de la línea del receptor infrarrojo.

En este proyecto se implementó el microcontrolador PIC 12F1822 de montaje superficial (SMD) de un diminuto tamaño y disponible en el comercio. La razón de uso de este microcontrolador se debe a que el circuito electrónico a ensamblar a futuro en una férula dental, debe ser tan pequeño para poder ser introducido al interior de la boca, rodeando todos los dientes superiores y solo ocupando la mitad de altura de los dientes. Esto para que sea un dispositivo cómodo e innovador, como un módulo de control inalámbrico bucal para un prototipo de una silla de ruedas. Su bajo consumo de corriente inferior a los 3.3 mA ofrece una gran ventaja, ya que la batería no necesitaría cambios frecuentes, semejante a los sistemas de control remoto de televisores.

Se comenzó con el desarrollo de un código para el microcontrolador que se encargaría de ejecutar las órdenes de todas las funciones basadas en señales (transmisión y recepción de pulsos mediante un infrarrojo); luego se pasó al montaje en un software simulador de circuitos, donde se obtuvo el comportamiento de las señales al activarse los pulsadores. Concordando con los resultados de la simulación se pasó a la etapa de la implementación física del circuito en una protoboard y verificar la funcionalidad. Luego se vio la necesidad de montar el circuito receptor en un Arduino UNO y se dejó atrás el uso del microcontrolador PIC, esto para poder montar fácilmente un shield de motores y evitar mucho cableado, se buscaba tener un montaje lo más limpio posible (ver código en Anexos). En la protoboard se montaron 7 componentes los cuales fueron: PIC 12F1822, cuatro pulsadores, una resistencia de 330 Ohm y un led infrarrojo transmisor. Los pulsadores se conectaron a las terminales 2, 3,4 y 5 del micro controlador, configurando estas como entradas digitales, y para cerrar el circuito las otras terminales de los pulsadores se llevaron a la tierra del circuito, además se configuro la terminal 7 del microcontrolador como salida, donde allí se conectó la resistencia de 330 Ohm en serie con el led infrarrojo; la terminal 1 se conectó a alimentación +5V y la terminal 8 se conectó a la tierra del circuito. En la figura 15 se muestra montaje del circuito en la protoboard.

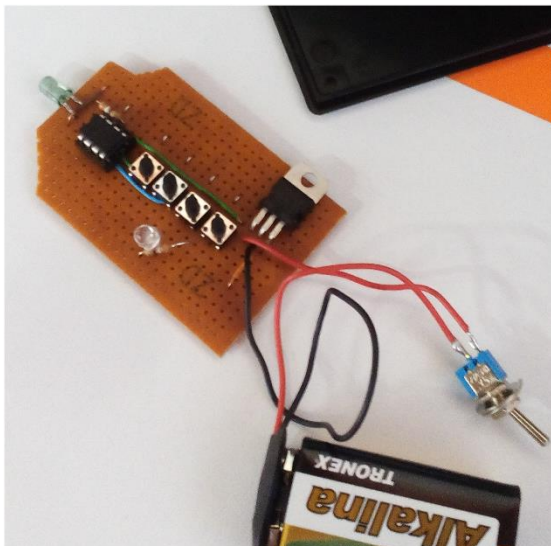


Figura 15. Montaje del circuito transmisor en tarjeta PCB
Fuente: imagen propia del autor

Posteriormente, fue programado el microcontrolador con el código desarrollado para modulación de frecuencia, se conectó el circuito transmisor a un osciloscopio para visualizar las señales que este generaba (ver figura 16).

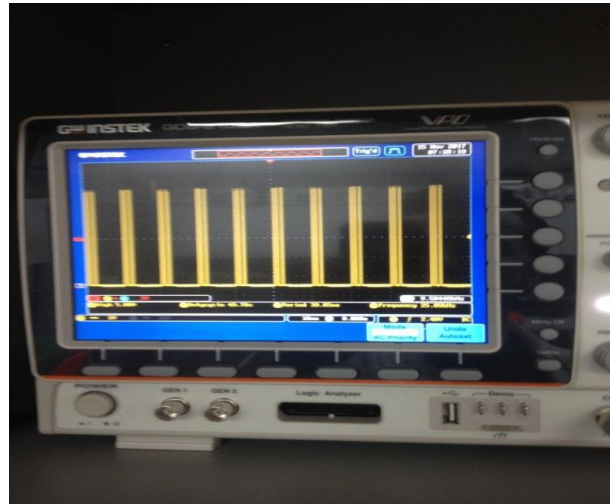


Figura 16. Pulsos transmitidos por rayos infrarrojos

Fuente: imagen propia del autor

También se configuro el Arduino UNO por puerto serial para poder visualizar los datos recibidos en una computadora, luego de diversas pruebas, se comenzó con el diseño del circuito electrónico en PROTEUS para ser fabricado en una placa electrónica tipo Kapton y poderlo escalar en miniatura. El objetivo es poder acoplarla en una férula dental y posteriormente llevarlo al interior de la boca en una futura etapa de desarrollo. En la figura 17 se muestra el diseño final del circuito electrónico realizado en el módulo ARES del software Proteus.

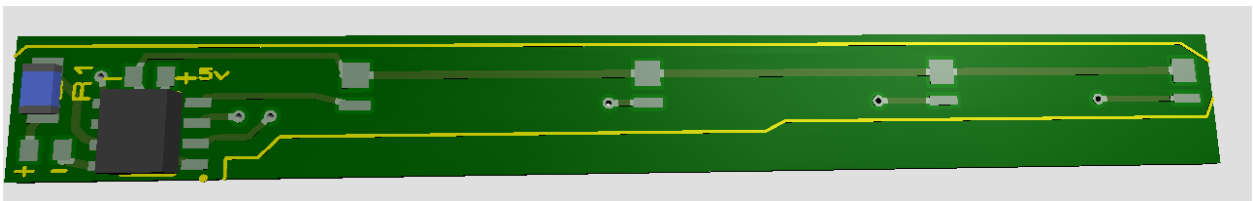


Figura 17. Diseño del circuito electrónico del control bucal

Fuente: imagen propia del autor

Con base en todos los resultados obtenidos de forma positiva, la fabricación de la placa electrónica tipo flexible de material Kapton, podrá ser fabricada posteriormente por la empresa Colcircuitos, que ofrece los estándares de alta calidad. La misma hará ensamblaje de todos los componentes de montaje superficial, entregando una tarjeta flexible de tamaño reducido, lista para futura etapa de desarrollo, donde se implementará en la férula dental, dando así una mayor fiabilidad al proyecto y garantía de buen funcionamiento.

En el proceso de diseño del circuito impreso, se hizo uso de la tecnología (THT, "Through Hole Technology"), en el circuito electrónico para el control bucal, las pistas pasan por la misma ruta pero sin tocarse, se distribuyen por debajo y otras por encima de la placa y de esta forma haciendo que el circuito se volviera mucho más comprimido.

El chasis del carro en material acero, con sistema de arrastre tipo oruga para más contacto con el suelo, estas de material de pasta, consta de 4 motores DC de 12V que están conectados dos de ellos de la parte lateral derecha y dos de la parte lateral izquierda en paralelo; esto para que el prototipo de la silla de ruedas genere más velocidad y fuerza, estos motores están controlados por un shield de motores, es decir un puente H de referencia L298P el cual soporta hasta una corriente de dos amperios y con la capacidad para controlar dos salidas para diferentes motores, este shield de motores está conectado con un Arduino UNO el cual tiene configurado como salidas los puertos 4, 5, 6 y 7, el prototipo cuenta con una silla fabricada en material PLC, que está hecha en impresión 3D. Cuenta con una batería tipo Li-Po de 11.1V y 2,200mah la cual le da una autonomía de manejo al prototipo de aproximadamente 25 minutos, en la parte superior del prototipo de la silla de ruedas se puede observar el receptor infrarrojo, el cual deberá estar cerca a la altura de la cabeza del paciente una vez esta se fabrique en una escala real. En la Figura 18 se puede observar la estructura del prototipo de la silla de ruedas.

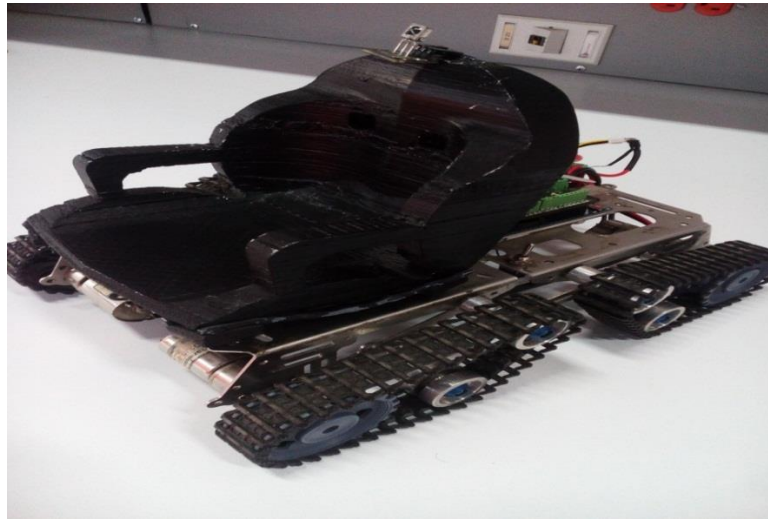


Figura 18. Chasis del prototipo de la silla de ruedas
Fuente: imagen propia del autor

El shield de motores DC usa un puente H de referencia L298P el cual tiene la capacidad de entrada de hasta 36V los cuales también se reflejarán como salida, las tres conexiones que se pueden observar en la Figura 19 son de alimentación 5V el cable de color morado, GND el cable de color blanco y señal del receptor infrarrojo caracterizado por el cable de color negro, la cual es recibida por el puerto RX de Arduino, las demás conexiones de cables rojos y negros que se observan instalados en las dos borneras dobles, son de alimentación de los motores y la bornera individual doble es la alimentación de hasta 36V.



Figura 19. Shield de motores DC 12V
Fuente: imagen propia del autor

7. Conclusiones

La modulación de frecuencia es de suma importancia para la generación de las señales infrarrojas y poder transmitir datos a través de ellas; la implementación de dicho circuito es muy económico. La exitosa transmisión de los datos fue un gran logro con el reto de que la señal pasa a través de la mejilla. Los resultados fueron óptimos ya que la señal no se opacó por estos obstáculos.

Se logró el desarrollo de un prototipo de una silla de ruedas controlada inalámbricamente desde un circuito transmisor, utilizando señales IR. Se dejó diseño del circuito impreso para posteriormente este ser fabricado en tarjeta flexible tipo Kapton, lista para implementarlo en una férula dental.

Las pruebas fueron realizadas, utilizando equipos de medición del laboratorio de electrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo como: osciloscopio, computador, etc. La prueba del prototipo final fue exitosa, logrando controlar los movimientos en diversas direcciones por medio de pulsadores.

En el transcurso del proyecto se investigó y aprendió, acerca de comunicación inalámbrica por medio de ondas infrarrojas, programación de microcontroladores y diseño de circuito electrónico doble capa de tamaño reducido utilizando dispositivos de montaje superficial

Como valor agregado, este proyecto se presentó en diferentes eventos de RedColsi a nivel Departamental y Nacional, en varias ciudades de Colombia. Tuvo un gran impacto, ya que la evaluación de los jurados eran de un proyecto sobresaliente debido a su nivel de ayuda a la sociedad, la simplicidad y lo económico que se vuelve al utilizar tecnologías que para nuestro país están al alcance.

8. Recomendaciones

Se recomienda que para realizar en un futuro la implementación de este circuito electrónico en una férula dental, esta sea ensamblada minuciosamente y que sea herméticamente sellada para que no sea afectada por el agua o humedad. Para que el circuito electrónico sea duradero y no requiera de mucho mantenimiento, es importante la higiene adecuada. Además, a la hora de unir el circuito electrónico con la férula dental, se debe tener muy en cuenta, que los botones de la férula, deben encajar perfectamente con los botones que están en la placa electrónica, para que al ser presionado un botón de la férula, este cierre el circuito y el microcontrolador pueda captar esa señal y así enviar señales infrarrojas.

El led infrarrojo es un componente externo del circuito electrónico, deberá ser cableado y puesto al lado izquierdo de la férula dental, donde se encuentran las conexiones principales con el microcontrolador PIC, de igual manera el compartimento para la batería debe ser en la parte superior de la boca; la batería debe ser igualmente cableada desde allí hasta el lado izquierdo donde se encuentra el circuito electrónico.

Una vez se valida el funcionamiento del control bucal desde la férula dental y se comprueba con el caso real de uso desde una persona con cuadriplejia, entra en etapa final de controlar una silla de ruedas eléctrica real. Con esta se va a obtener un producto final que podría ser comercializado y puesto en servicio de las personas cuadripléjicas que lo necesitan.

9. Referencias bibliográficas

- Angel. (25 de 07 de 2016). *All Tapes Depot*. Obtenido de <http://alltapesdepot.com/los-multiples-usos-de-la-cinta-kapton/>
- Blázquez, J. P. (2011). *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. Obtenido de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_1\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_1).pdf)
- Blázquez, J. P. (s.f.). *Introducción a los sistemas de comunicación inalámbricos*. Recuperado el 20 de 03 de 2018, de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40184329/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_Modulo_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53U L3A&Expires=1524432965&Signature=Je53MimEKYq18xcqZHDgCott6tA%3D&response-content-disposition=inline%3B%20
- Brejio, E. G. (13 de 12 de 2009). *Compilador C CSS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC*. Barcelona: Segunda edición. Obtenido de <http://celso18.blogspot.com.co/>
- CCSinfo. (02 de 2018). Obtenido de https://www.ccsinfo.com/downloads/ccs_c_manual.pdf
- Congreso de la República. (31 de 07 de 2009). *El Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley%201346%20de%202009.pdf>
- Dental, Clínica. (25 de 04 de 2017). *Sonría*. Recuperado el 25 de 03 de 2018, de <https://sonriaclicinicaldental.com/que-es-una-ferula-dental-y-para-que-sirve/>
- EcuRed. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_de_Montaje_Superficial
- García, E. (2009). *Compilador C CSS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=k8vMIKuRAyUC&oi=fnd&pg=PP14&dq=ISIS+Proteus&ots=Jhx7eI3FAk&sig=bAj1kuWpco2upmhB1RejvXdZmGo#v=onepage&q&f=false>

- González, C. (2 de 11 de 2010). *Telecomunicaciones 60641*. Recuperado el 20 de 03 de 2018, de <http://carlosjaviergonzalezdiaz.blogspot.com.co/>
- Javier Sebastián. (21 de 12 de 2014). *Qvision*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de <http://www.qvision.es/blogs/javier-sebastian/2014/12/21/luz-azul-es-tan-danina-como-la-pintan/>
- Kernighan, B., & Ritchie, D. (1991). *El lenguaje de programación C*. Méjico: Pearson Educación.
- La Gaceta Oficial. (7 de 02 de 2011). *La Gaceta Oficial No. 3828*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Nuestro%20Gobierno/Secciones/Publicaciones/Documentos/Gaceta%20Oficial/2011/Gaceta%203828/DECRETO%200221%20DE%202011.pdf>
- Mazidi, M. A. (2013). *The 8051 Microcontroller and Embedded Sysrem*. Columbus, Ohio: Second edition. Obtenido de <https://microcontroladoresv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>
- Microchip. (2010). *PIC12F1822 data sheet*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de <http://akizukidenshi.com/download/pic16f1823.pdf>
- Microcontroladores*. (s.f.). Obtenido de <https://microcontroladoresv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>
- Sendra, F., & Martínez, M. (s.f.). *Radiacion Infrarroja*. Recuperado el 18 de 04 de 2018, de http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/radiacion_infrarroja.pdf
- Sznajdleder, P. (2017). *Programación estructurada a fondo: implementación de algoritmos en C*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Tardón, L. (28 de 11 de 2013). *ElMundo*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de <http://www.elmundo.es/salud/2013/11/27/529654190ab74069148b456f.html>
- Trejos, O. (2017). *Programación imperativa con lenguaje C*. ECOE Ediciones.
- Viera, J. (1998). *Diseño y construcción de un sistema de transmisión entre dos computadoras utilizando rayos infrarrojos*. Quito : EPN, 1998.

10. Bibliografía

- CCSinfo. (02 de 2018). Obtenido de https://www.ccsinfo.com/downloads/ccs_c_manual.pdf
- Angel. (25 de 07 de 2016). *All Tapes Depot*. Obtenido de <http://alltapesdepot.com/los-multiples-usos-de-la-cinta-kapton/>
- Celis, C. J. (13 de 12 de 2012). Obtenido de <http://celso18.blogspot.com.co/>
- Congreso de la República. (31 de 07 de 2009). *El Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley%201346%20de%202009.pdf>
- Dental, Clínica. (25 de 04 de 2017). *Sonría*. Recuperado el 25 de 03 de 2018, de <https://sonriaclinikadental.com/que-es-una-ferula-dental-y-para-que-sirve/>
- EcuRed. (s.f.). Obtenido de https://www.ecured.cu/Tecnolog%C3%ADa_de_Montaje_Superficial
- González, C. (2 de 11 de 2010). *Telecomunicaciones 60641*. Recuperado el 20 de 03 de 2018, de <http://carlosjaviergonzalezdiaz.blogspot.com.co/>
- Javier Sebastián. (21 de 12 de 2014). *Qvision*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de <http://www.qvision.es/blogs/javier-sebastian/2014/12/21/luz-azul-es-tan-danina-como-la-pintan/>
- Kernighan, B., & Ritchie, D. (1991). *El lenguaje de programación C*. Méjico: Pearson Educación.
- La Gaceta Oficial. (7 de 02 de 2011). *La Gaceta Oficial No. 3828*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpcccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Nuestro%20Gobierno/Secciones/Publicaciones/Documentos/Gaceta%20Oficial/2011/Gaceta%203828/DECRETO%200221%20DE%202011.pdf>
- Sánchez, S. (2013). *Microcontroladores*. Obtenido de <https://microcontroladoresesv.wordpress.com/microcontroladores-pic-y-sus-variedades/>
- Sznajdleder, P. (2017). *Programación estructurada a fondo: implementación de algoritmos en C*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Tardón, L. (28 de 11 de 2013). *ElMundo*. Recuperado el 27 de 03 de 2018, de <http://www.elmundo.es/salud/2013/11/27/529654190ab74069148b456f.html>

Trejos, O. (2017). *Programación imperativa con lenguaje C*. ECOE Ediciones.

11. Anexos

Anexo A. Código micro controlador PIC 12F1822

```
#include <12f1822.h>

#FUSES INTRC_IO    //Internal RC Osc, no output
#FUSES NOWDT       //No Watch Dog Timer
#FUSES NOPUT       //No Power Up Timer
#FUSES NOMCLR      //Engages weak pullup
#FUSES NOBROWNOUT //No brownout reset
##FUSES CLKOUT     //Check FOSC/4 on pin 3 - should be .125us

#use delay(internal=32M)

// Use UART1, will modulate the 38khz carrier
#use rs232( BAUD=2400, RCV=PIN_a1, XMIT=PIN_a0, STREAM=JGSDAT, ERRORS ) //
default HW pins

//-----
//----- DSM Register Definitions

#byte MDCON = 0x39C    //--Modulation control register--
#bit MDEN   = MDCON.7  // DSM Enable 1=on
#bit MDOE   = MDCON.6  // MDOUT Pin enable 1=on
#bit MDCLR  = MDCON.5  // slew rate limiting enabled 1=on
#bit MDOPOL = MDCON.4  // output polarity 1=signal is inverted
#bit MDOUT  = MDCON.3  // current value of MDOUT pin
#bit MDBIT  = MDCON.0  // 1= Modulator uses high carrier source
```

```

#byte MDSRC = 0x39D  //--Modulation source control register--
#bit MDMSODIS = MDSRC.7  // 1= disable output signal driving peripheral out pin
#bit MDMS3 = MDSRC.3  // Modulation source
#bit MDMS2 = MDSRC.2  // 0000 = MDBIT of MDCON
#bit MDMS1 = MDSRC.1  // 0001 = MDMIN port pin
#bit MDMS0 = MDSRC.0  // 1010 = EUSART TX output
#byte MDCARH = 0x39F  //--Modulation high carrier control register--
#bit MDCHODIS = MDCARH.7  // 1= disable output signal driving peripheral out pin
#bit MDCHPOL = MDCARH.6  // output polarity 1=signal is inverted
#bit MDCHSYNC = MDCARH.5  // Modulator high carrier synchronization 1=on
#bit MDCH3 = MDCARH.3  // Data high carrier selection bits
#bit MDCH2 = MDCARH.2  // 0000 = Vss
#bit MDCH1 = MDCARH.1  // 0100 = CCP1
#bit MDCH0 = MDCARH.0  // 0001 = MDCIN1 port pin (C2 / pin 8)
                        // set to: 10100100

#byte MDCARL = 0x39E  //--Modulation low carrier control register--
#bit MDCLODIS = MDCARL.7  // 1= disable output signal driving peripheral out pin
#bit MDCLPOL = MDCARL.6  // output polarity 1=signal is inverted
#bit MDCLSYNC = MDCARL.5  // Modulator low carrier synchronization 1=on
#bit MDCL3 = MDCARL.3  // Data low carrier selection bits
#bit MDCL2 = MDCARL.2  // 0000 = Vss
#bit MDCL1 = MDCARL.1  // 0100 = CCP1
#bit MDCL0 = MDCARL.0  // 0001 = MDCIN1 port pin (C2 / pin 8)
                        // set to: 0b10100000

// Test 1 - use MDMIN pin (pin 7) to toggle carrier output on MDOUT (pin 6) WORKS!!!!
//
// MDCON = 0b11000001; // DSM enable, MDOUT enable, no slew, not inverted, modulator
uses high carrier source

```

```

// MDSRC = 0b10000001; // disable peripheral, data from MDMIN pin (so we can see
triggering on OSCOPE)
// MDCARH = 0b10100100; // disable peripheral, not inverted, synced, data high = CCP1
(38khz carrier)
// MDCARL = 0b10100000; // disable peripheral, not inverted, synced, data low = Vss
//
// Test 2 - use EUSART TX to drive carrier output on MDOUT (pin 6) WORKS!!!!
//
// MDCON = 0b11000000;
// MDSRC = 0b10001010; // set source to EUSART, always disable peripheral pin
// MDCARH = 0b10000000; // the secret here is that data high = Vss
// MDCARL = 0b10000100; // and data low = CCP1 !!!
//-----
//----- CONSTANT definitions
//----- PINS -----
#define MINDB 5 // debounce count required for button press
//-----
//----- setups and initializations -----
//-----
void main()
{
    setup_adc_ports( NO_ANALOGS); // ALWAYS, Always, always do this !!!
    port_a_pullups( 0xFF );
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_1, 210, 1 );
    setup_ccp1( CCP_PWM );
    set_pwm1_duty( 422L ); // square wave output - 50% duty
    //-----76543210
    MDCON = 0b11000000; // set DSM registers
    MDSRC = 0b10001010;
    MDCARH = 0b10000000;
    MDCARL = 0b10000100;

```

```
while( TRUE )
{

    if( !input(pin_a4)) {
        fputc('A',JGSDAT);
        delay_ms(50);
        fputc('Z',JGSDAT);
    }

    if( !input(pin_a5)) {
        fputc('B',JGSDAT);
        delay_ms(50);
        fputc('Z',JGSDAT);
    }

    if(!input(pin_a3)){
        fputc('C',JGSDAT);
        delay_ms(50);
        fputc('Z',JGSDAT);
    }

    if(!input(pin_a2)){
        fputc('D',JGSDAT);
        delay_ms(50);
        fputc('Z',JGSDAT);
    }

}

//----- end of big loop
}
```

Anexo B. Código del receptor en Arduino

```

char DATO ;
//Motors
int E1 = 5;
int M1 = 4;
int E2 = 6;
int M2 = 7;
int vel = 190;//////////////////////////////////max 255 or -255
int velR = -190;
void setup() {
  Serial.begin(2400);
  //Motors
  pinMode(M1, OUTPUT);
  pinMode(M2, OUTPUT);
  digitalWrite(M1, LOW);
  digitalWrite(M2, LOW);
  analogWrite(E1, 0);
  analogWrite(E2, 0);
}
void loop(){
  Hulk();
}

void Hulk() {
  if(Serial.available(>0){

    DATO = Serial.read();
    // Serial.print(DATO);
  }
}

```



```
if(DATO == 'D'){//right
  right();
  delay(50);

stop();
}
if(DATO == 'C'){// forward

forward();

delay(50);

stop();

}
if(DATO == 'B'){//left
left();
delay(50);
stop();
}
if(DATO == 'A'){//back
  back();
delay(50);
stop();
}
}

void pruebaMotor(){
  forward();
  delay(1000);
  stop();
```

```
delay(1000);
back();
delay(1000);
stop();
delay(1000);
left();
delay(1000);
stop();
delay(1000);
right();
delay(1000);
stop();
delay(1000);
}
```

```
void forward(){
digitalWrite(M1, HIGH);
digitalWrite(M2, HIGH);
analogWrite(E1, 200); //255 POS is forward
analogWrite(E2, 200); //255 Neg is back
}
```

```
void back()//back
```

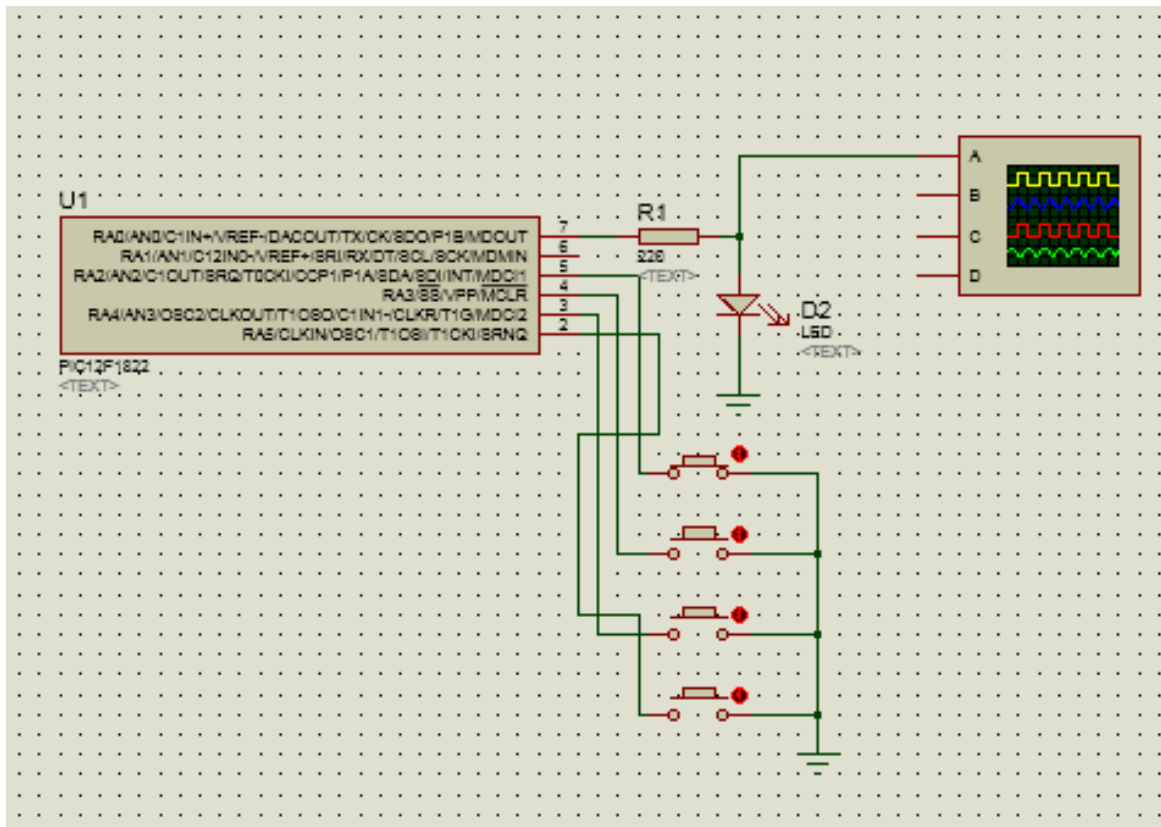
```
{
digitalWrite(M1, HIGH);
digitalWrite(M2, HIGH);
analogWrite(E1, velR);
analogWrite(E2, velR);
}
```

```
void right()
```

```
{
digitalWrite(M1, HIGH);
```

```
digitalWrite(M2, HIGH);  
analogWrite(E1, velR);  
analogWrite(E2, vel);  
}  
void left()  
{  
digitalWrite(M1, HIGH);  
digitalWrite(M2, HIGH);  
analogWrite(E1, vel);  
analogWrite(E2, velR);  
}  
  
void stop()  
{  
digitalWrite(M1, LOW);  
digitalWrite(M2, LOW);  
analogWrite(E1, 0);  
analogWrite(E2, 0);  
}
```

Anexo C. Esquema electrónico en proteus



Anexo D. Circuito electrónico en módulo ARES

