

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE AYUDA EN EL MANEJO PARA PERSONAS CON CAPACIDADES ESPECIALES (PARAPLEJIA)

Gabriel Marcelo Michilena
Juan Andrés Escobar

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte
Av. 17 de Julio 5-21, Ibarra-Ecuador
gmmichilenam@utn.edu.ec
jaescobar1@utn.edu.ec

RESUMEN

Este proyecto tiene como finalidad el diseño, construcción e implementación de un sistema electrónico de ayuda en el manejo para personas con capacidades especiales (paraplejia), la cual hace referencia a la falta de movilidad en las extremidades inferiores. Con la implementación del mencionado sistema de manejo, se podrá mejorar significativamente el estilo de vida y oportunidades de desarrollo en la vida cotidiana de este grupo de personas, además de transportarse de forma autónoma y segura. Para el diseño y construcción del sistema se tomó en consideración las necesidades y requerimientos de este grupo de personas para poder conducir un automóvil, dicho sistema está equipado por una placa electrónica, la cual gestiona las señales recibidas de las palancas selectoras (joysticks), las cuales son operadas manualmente por el conductor, la señal se transmite a los servomotores, los cuales generan un movimiento angular y por medio de sistemas mecánicos será transformado a movimiento lineal proporcionando un torque de $13.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, fuerza necesaria que se requiere para el accionamiento del freno y acelerador, estos elementos son controlados de acuerdo a la voluntad y las necesidades del conductor, haciendo de esta actividad una tarea más cómoda y sencilla. El mencionado sistema será implementado en vehículos tipo sedán con características N1 y M1 equipados con transmisión automática, los cuales deben cumplir con un peso bruto vehicular (PBV) máximo de 3.5 toneladas, dichos vehículos son facultados por la ley, para ser modificados, calificados y conducidos por personas con discapacidad. Cabe recalcar que el sistema de ayuda de conducción se caracteriza por ser confiable y fácil de operar, el sistema está compuesto por elementos electrónicos de alta calidad y disponibles en el mercado nacional, al igual que los sistemas mecánicos, como ventaja principal del mencionado sistema, es su facilidad en la adaptación y desmontaje en los diferentes vehículos.

Palabras clave: paraplejia, joysticks, movilidad.

ABSTRACT

This project aims at the design, construction and implementation of an electronic system of assistance in the management for people with special capacities (paraplegia), which refers to the lack of mobility in the

lower extremities. With the implementation of the management system, it will be possible to significantly improve the lifestyle and development opportunities in the daily life of this group of people, as well as being transported independently and safely. For the design and construction of the system, the needs and requirements of this group of people were taken into consideration in order to drive a car, this system is equipped with an electronic board, which manages the signals received from the levers selectors (joysticks), which are operated manually by the driver, the signal is transmitted to the servomotors, which generate an angular movement and by means of mechanical systems will be transformed to a linear motion providing a torque of $13.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}$, necessary force that is required for actuation of the brake and accelerator, these elements are controlled according to the will and the needs of the driver, making this activity a task easier and more comfortable. The mentioned system will be implemented in vehicles type sedan with characteristics N1 and M1 equipped with automatic transmission, which must meet a weight of 3.5 ton maximum (PBV), the above-mentioned vehicles are authorized by the law, to be modified, qualified and led by the persons with disability. It should be emphasized that the driving aid system is characterized by being reliable and easy to operate, the system consists of high quality electronic elements that are available in the national market, as well as mechanical systems. The main advantage of the system, is its ease in the adaptation and dismantling in the different vehicles.

Keywords: paraplejia, joysticks, mobility.

I. INTRODUCCIÓN

Según el Consejo Nacional de Discapacidad (CONADIS) establece que en el Ecuador hay un total de 869 personas con discapacidad física (paraplejia), el presente proyecto tiene como objetivo realizar un trabajo de investigación y ejecución de un sistema que facilite la conducción y movilidad segura de un vehículo destinado para personas con discapacidad en sus extremidades inferiores (paraplejia).

El presente proyecto hace referencia a los materiales eléctricos, electrónicos y mecánicos que intervienen en el sistema de ayuda en la conducción, así como sus características técnicas, además se especifican sus propiedades y funcionamiento para obtener un mejor resultado al momento de utilizarlos.

Una vez analizado dos alternativas de servomotores mediante una tabla de selección, se procede a realizar los cálculos matemáticos adecuados para determinar el torque requerido para accionar los pedales del freno y acelerador, obteniendo como resultado la selección del servomotor Hitec HS 755-HB.

Se procede a realizar el diseño de la placa electrónica mediante el software Proteus, el mismo que involucra el posicionamiento, conexión y la simulación de los diferentes componentes electrónicos para el comando de los servomotores mediante palancas de accionamiento (joysticks), una vez ensamblado el sistema electrónico se procede a la implementación en el vehículo. Se ejecutan adaptaciones mecánicas con la finalidad de transformar el movimiento angular del servomotor a un movimiento lineal en los pedales de freno y acelerador.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento a una velocidad de 50km/h y una duración de 5 horas en tráfico moderado se determinó, que el sistema electrónico no sufre alteraciones de temperatura en sus

componentes, en cuanto a las adaptaciones mecánicas, éstas se acoplan y desacoplan de manera efectiva sin generar problema alguno.

Tabla 2.1 Selección del servomotor.

CARACTERÍSTICAS	Servomotor HS-755HB		Servomotor HS-815BB	
Torque	4.8V: 152.75oz · in 6.0V: 183.3 oz · in	4	4.8V: 275 oz · in 6.0V: 343 oz · in	5
Velocidad	4.8V: 0.28 sec/60° 6.0V: 0.23 sec/60°	5	4.8V: 0.19 sec/60° 6.0V: 0.14 sec/60°	4
Peso	110 g	5	152 g	4
Rango de rotación	180°	5	140°	4
Total		19		17

II. PROPUESTA

2.1 Selección del servomotor.

Para el diseño, construcción e implementación del sistema electrónico de ayuda en el manejo para personas con capacidades especiales (paraplejía), se procede a realizar el cálculo del torque necesario para el accionamiento de los pedales del vehículo, los cuales son el freno y acelerador, cabe recalcar que el vehículo en el cual se realizará la implementación está equipado con transmisión automática.

Como conclusión, la mejor opción es el servomotor HS-755HB ya que es el servomotor que cumple con el torque adecuado para accionar el pedal del freno y el pedal del acelerador, los servomotores generan un mayor torque con una tensión de 6V, es por esto que se seleccionan estos motores como se detalla en la Tabla 3.1.

Entre las ventajas que aporta el empleo de un servomotor están las siguientes: poco peso, alta potencia (par de fuerza), fiabilidad, los servos y su electrónica normalmente trabajan en ambiente de alta temperatura, suciedad, humedad y vibraciones además de su bajo costo.

2.2 Diseño de la placa electrónica de control.

Para el diseño de los circuitos electrónicos, así como la ubicación de sus componentes, sus respectivas conexiones y simulación de funcionamiento se utilizó el programa Proteus, éste programa está conformado por dos aplicaciones internas llamadas Ares e Isis.

Isis está diseñado para realizar esquemas de circuitos con todos los componentes electrónicos que se encuentran en el mercado, además Proteus permite comprobar la efectividad de un circuito determinado

ante una alimentación de voltaje. Puede simularse desde el encendido de un LED hasta circuitos integrados digitales.

Ares es una aplicación que se usa para situar los componentes utilizados en el esquema previamente realizado.

En la Figura 2.1 como se observa, se tiene una bornera donde va situado el conector de entrada de voltaje positivo y negativo, se tiene la entrada de 12V provenientes de la batería, esta a su vez transforma a 6V con el regulador de voltaje (7806), que posee 3 pines, uno de voltaje de entrada, uno de salida y uno de tierra.

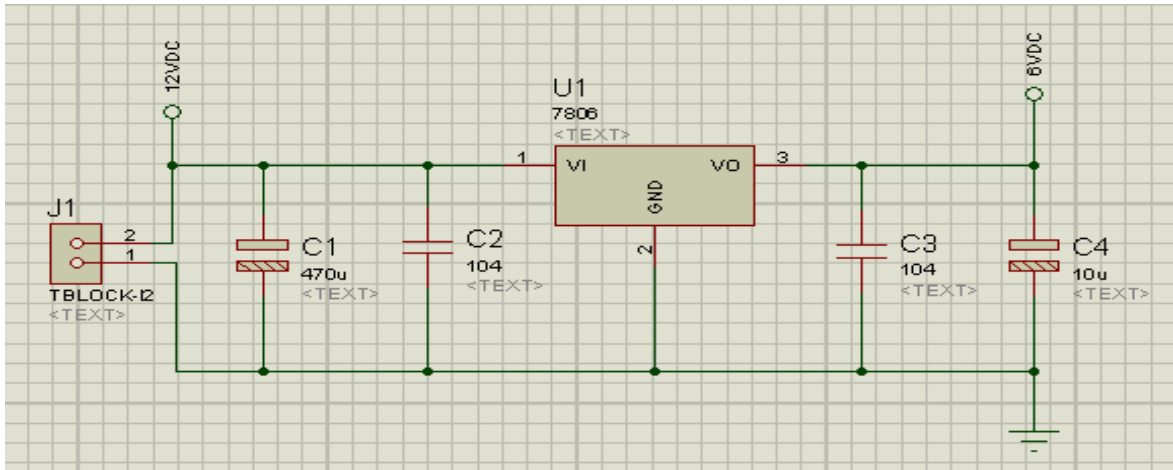


Figura 2.1: Esquema fuente de alimentación.

2.3 Denominación de bornes del servomotor HS-755HB

Como se aprecia en la Figura 2.2 los servomotores tienen 3 pines de conexión.

- El número 1 hace referencia a tierra.
- El número 2 entrada de corriente de 6 Volts.
- El número 3 conexión hacia el Arduino, este pin puede ser análogo o digital.

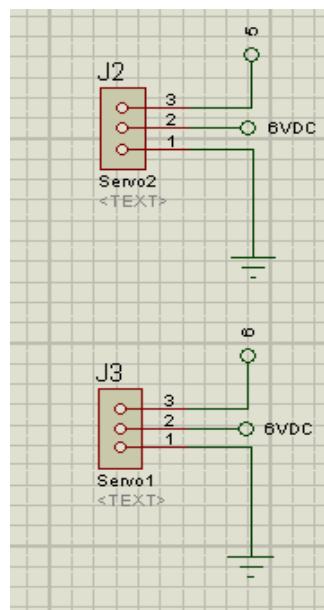


Figura 2.2: Esquema servomotores.

2.4 Esquema de conexión de las palancas de mando (Joysticks).

En la Figura 2.3 se observa el esquema de los Joysticks, los cuales están constituidos por 5 pines:

El pin número 1 va a tierra, el pin número 2 se alimenta de 5 Volts, el pin número 3 es el movimiento del eje de las abscisas, el pin número 4 es el movimiento del eje de las ordenadas y el pin número 5 es el Switch. Los pines 3,4,5 van conectados con los respectivos pines del Arduino, todo este esquema está regulado por medio de una resistencia de $10\text{ k}\Omega$.

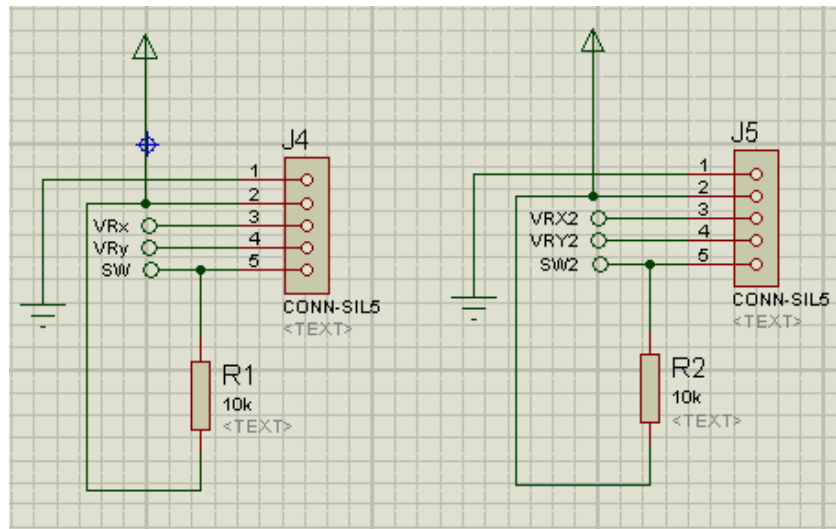


Figura 2.3: Esquema joysticks.

2.5 Vista previa del circuito en Proteus.

Una vez concluido la etapa de conexión de los diferentes elementos se procede a crear el diseño del circuito, en el cual se observa cómo están ubicados los elementos en la placa (vista preliminar).

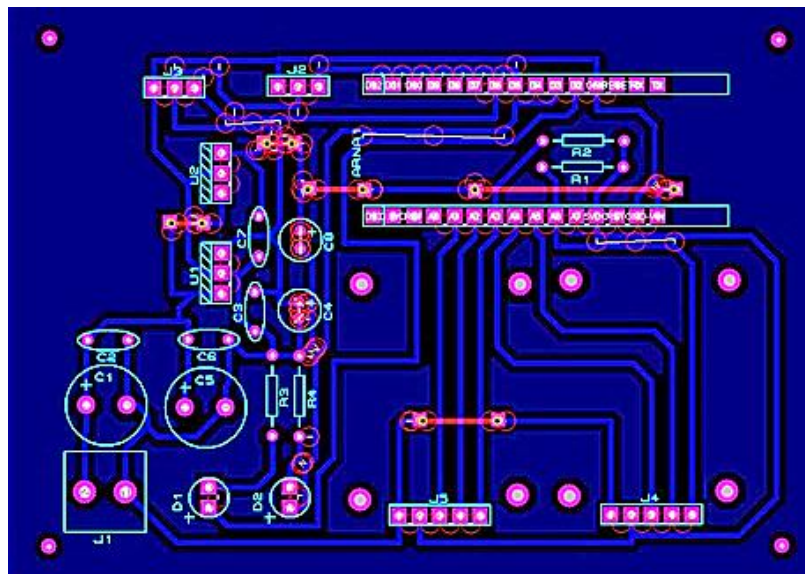


Figura 2.4: Vista previa del circuito en Proteus.

2.6 Circuito 3D en Ares.

Como se ha mencionado anteriormente Ares es una aplicación para situar los componentes en la placa virtualmente y luego puede ser impresa, solo basta con seleccionar en el menú Output la opción visualización y se obtendrá el siguiente resultado, desde esta ventana se puede editar las opciones que tienen que ver con los colores de la placa, las pistas y las vías que intervienen en la placa.

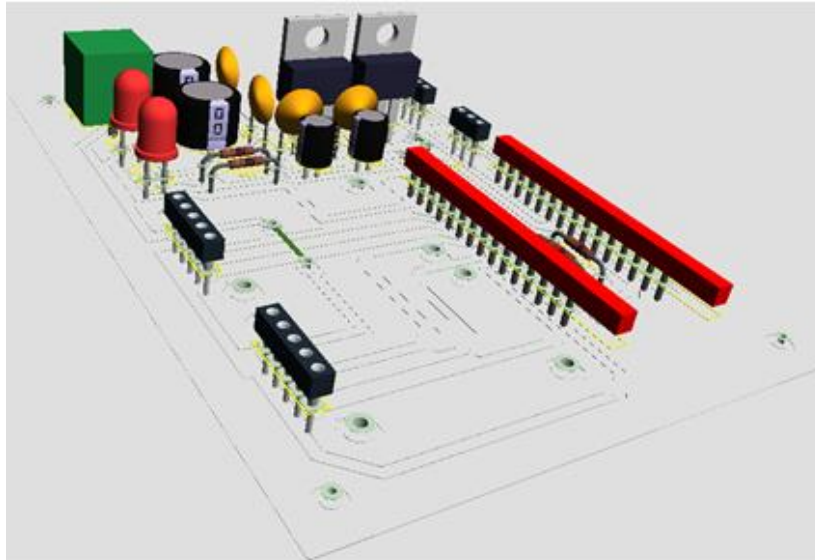


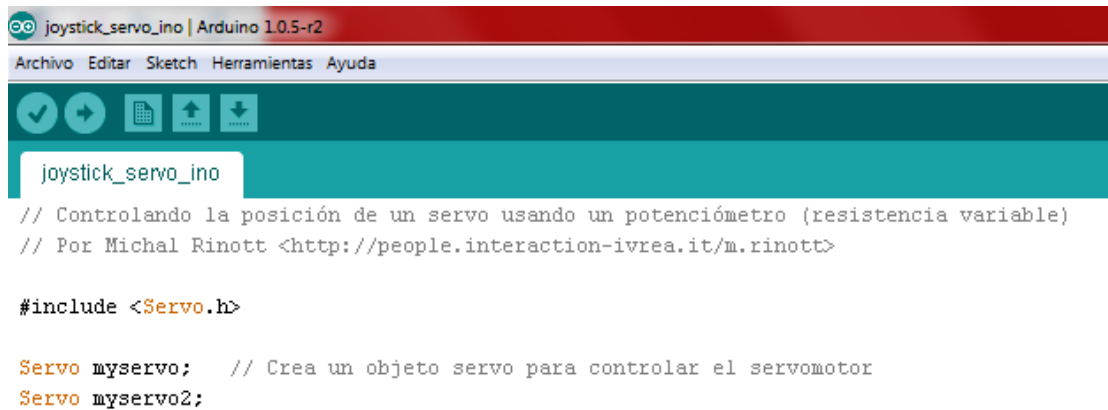
Figura 2.5: Circuito 3D en Ares.

2.7 Programacion del Arduino nano.

En la librería virtual que proporciona Arduino existe una infinidad de información, acerca de la programación del Arduino nano, en este diseño se procede a introducir en el código fuente, información proveniente de la librería referente al servomotor, acerca de cómo controlar la posición usando un potenciómetro de resistencia variable (joystick).

La información proveniente de la biblioteca virtual se identifica por la sigla **h**. Estas librerías logran que la programación sea más eficiente y fácil, gracias a ésta se crea un subprograma que envía una señal al servomotor indicando moverse ciertos grados, y el código fuente toma la información de la librería y la envía directamente.

El siguiente paso es renombrar los servos utilizados para poder diferenciarlos con el nombre de “myservo” “myservo2”



```
joystick_servo_ino | Arduino 1.0.5-r2
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
joystick_servo_ino
// Controlando la posición de un servo usando un potenciómetro (resistencia variable)
// Por Michal Rinott <http://people.interaction-ivrea.it/m.rinott>

#include <Servo.h>

Servo myservo; // Crea un objeto servo para controlar el servomotor
Servo myservo2;
```

Figura 2.6: Programación del sistema electrónico.

A continuación, se identifican los pines del Arduino donde van conectadas las palancas de mando (joysticks) para mover los servos:

- A1, A4, movimiento eje X
- A2, A5, movimiento eje Y
- A3, A6, movimiento eje Z

El sistema posee una variable para que pueda leer con mayor facilidad el pin analógico de las palancas de mando (joysticks).

Se procede también a agregar y renombrar dos luces LED, en este caso se utilizó “LEDa=2”, mostrado en color amarillo que va conectado en el pin #2 del Arduino y “LEDr=3” mostrado en color rojo que va conectado al pin #3 del Arduino, que su función es prenderse al momento que se mueve el eje de cualquiera de los dos joysticks.

```
int JoyStick_X = A1; // x
int JoyStick_Y = A2; // y
int JoyStick_Z = A3; // key

int JoyStick_X2 = A4; // x
int JoyStick_Y2 = A5; // y
int JoyStick_Z2 = A6; // key

//int potpin = 0; // Pin analógico usado para conectar el potenciómetro
int val; // variable para leer el valor del pin analógico
int leda=2;
int ledr=3;
```

Figura 2.7: Programación del sistema electrónico

III. RESULTADOS

Se realizó un diseño previo con las características y requerimientos que tienen las personas con paraplejía, este mecanismo fue diseñado mediante el software SolidWorks, teniendo como objetivo plasmar el esquema final del sistema de ayuda en la conducción, en lo referente a las adaptaciones mecánicas como se muestra en la Figura 3.1.

Se seleccionan los elementos electrónicos del sistema previa verificación de sus pruebas (FAT).

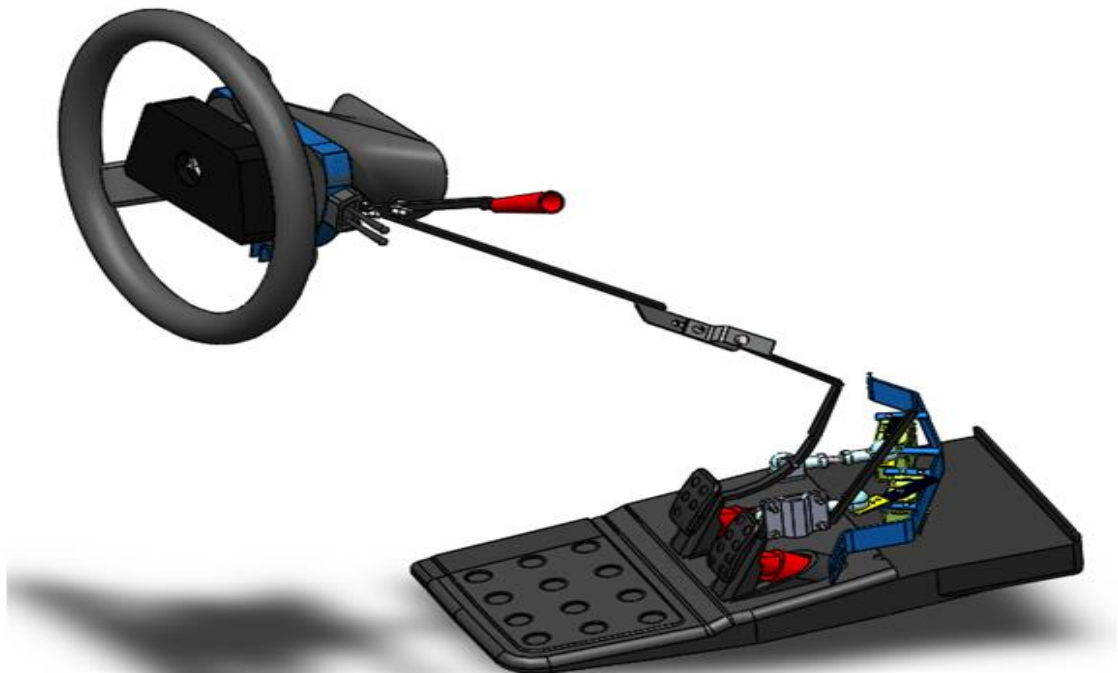


Figura 3.1: Diseño del sistema de ayuda en el manejo

Para comprobar el buen funcionamiento del sistema de ayuda en la conducción, se realizaron pruebas de la efectividad del mismo, se tomó como referencia una velocidad de conducción de 50 km/h, límite permitido en el perímetro urbano, establecido por la Agencia Nacional de Tránsito y por el lapso de 5 horas en la conducción en un tráfico moderado, en un trayecto alrededor de 240km empezando desde la ciudad de Ibarra hasta Cayambe 2 veces seguidas. En el cual estuvieron en constante actividad los mecanismos de accionamiento del freno y acelerador del vehículo.



Figura 3.2: Trayectoria de comprobación del sistema electrónico de manejo.

Determinando de esta manera que la parte electrónica no sufre ningún desperfecto por elevación de la temperatura, y las adaptaciones mecánicas no presentaron ninguna falla en cuanto al accionamiento y desacople en el proceso de frenado y aceleración, además que la sensibilidad de respuesta al accionar las palancas de mando es inmediata.

Se comprobó la efectividad del varillaje del freno de emergencia activándolo y logrando detener completamente el vehículo en un tiempo de 2.5 segundos, tiempo comprobado por un cronómetro, a una velocidad de 50 km/h, dicho valor puede variar dependiendo del modelo del vehículo y la forma de conducción.

3.1 Comprobación del interruptor de mando

Para comprobar el correcto funcionamiento de la palanca de mando del acelerador al momento de accionarlo, un diodo LED de color rojo se encenderá. De la misma manera se realiza la comprobación al accionar la palanca de mando del freno, cabe recalcar que el color del diodo LED al encenderse será de color amarillo. Con esto se comprueba que el sistema está funcionando correctamente y que los servos están recibiendo la señal.

3.2 Ventajas del sistema implementado

Actualmente en el país la gran mayoría de automotores que poseen las personas con discapacidad, tienen una adaptación de palancas manuales que comandan el acelerador y el freno, este sistema ocasiona un gran problema, debido que para su adaptación debemos alterar la estética del vehículo como se aprecia en la Figura 3.3



Figura 3.3: Sistema mecánico de ayuda en la conducción.

Con el sistema de ayuda de conducción electrónica no será necesario alterar la estética interna del vehículo, debido a su fácil instalación y desmontaje de los diferentes componentes que integran el sistema, logrando de esta manera que la conducción sea mucho más autónoma y sencilla.

Actualmente la única institución certificada en el país que otorga la licencia tipo F para personas discapacitadas es la escuela de conducción ANETA, ya que tiene vehículos especialmente adaptados para el aprendizaje de la conducción de las personas con discapacidad.

3.3 Comparación del sistema mecánico con el sistema electrónico

Actualmente en el país los automotores que poseen las personas con discapacidad, tienen una adaptación de palancas manuales para los pedales del freno y acelerador, como se observa en la Figura 3.4 Una desventaja predominante del sistema, es que para poder accionarlo se debe utilizar obligatoriamente una de las manos con lo cual el conductor pierde maniobrabilidad sobre el volante, el sistema electrónico de control, facilita la maniobrabilidad del vehículo ya que los mandos de accionamiento se encuentran en la parte posterior del volante.



Figura 3.4: Sistema de palancas mecánico

IV. CONCLUSIONES

- Mediante la investigación realizada, el diseño electrónico y mecánico es adaptable para cualquier tipo de vehículo automático, porque posee acoples con recorridos variables en la platina base de 3,5cm, collarín con un tornillo de sujeción con mariposa de 4cm, placa de sujeción del sistema electrónico 18x18cm, facilitando así la instalación del sistema.
- La batería del automóvil tiene suficiente capacidad para abastecer el funcionamiento del módulo, ya que, ésta genera una corriente de 65 Amperios/hora y el módulo requiere una corriente de 23 mA, los motores consumen 10.9 amperios con lo cual se garantiza el correcto funcionamiento del módulo y no se produzcan errores en el control por bajos niveles de corriente y voltaje.
- Para la implementación de los sistemas de accionamiento se seleccionó los servomotores Hitec HS 755-HB debido al torque de 183.3 *oz · in* que éstos generan y es suficiente para accionar los pedales, además de sus ventajas como peso de 110g y velocidad de respuesta de 0,23sec.
- Para la ejecución del diseño fue tomado en consideración los requerimientos de las personas con paraplejía, con la finalidad de asegurar la ergonomía al momento de la conducción, en vehículos destinados a realizar adaptaciones debe tomar en cuenta que el peso bruto vehicular (PBV) no debe sobrepasar un peso de 3500kg, debido a que este es el máximo peso correspondiente a un vehículo clasificado como liviano, según la Agencia Nacional de Tránsito.
- El sistema requiere de 6 condensadores ubicados en paralelo, dos de 104 μf , dos de 10 μf y dos de 470 μf para controlar el voltaje de 6V que requieren los servomotores y también controlar el voltaje de 5V que requiere el controlador arduino nano.

REFERENCIAS

1. Agencia Nacional de Tránsito. (2018). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de <https://www.ant.gob.ec/index.php/licencias/157-licencia-de-conducir-tipo-f-por-primera-vez>
2. Arcos, A. (2012 (Pg. 03)). *acerolamina*. Obtenido de placas de acero inoxidable, precios y características: <http://www.acerolamina.com/platina-de-acero-inoxidable.html>
3. Arduino. (5 de Mayo de 2013 (Pg. 02)). *electronica teoria y practica*. Obtenido de <http://electronica-teoriaypractica.com/caracteristicas-arduino-nano-328/>

4. Arrieta, R. (15 de Noviembre de 2016). *Auto Soporte*. Obtenido de <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/471-conoce-el-sistema-de-acelereacion-electronico>
5. AutoData. (2016 (Pg. 25)). *Manuales técnicos y de reparación de vehículos*. Obtenido de Fichas técnicas de vehículos: <https://www.auto-data.net/es/mitsubishi-lancer-ix-1.6i-16v-98hp-automatic-28985>
6. Ballarín, P. (2014). *Biología y Geología*. Obtenido de http://biologia-geologia.com/BG3/762_lesiones_de_la_medula_espinal.html
7. Barrera, J. (03 de 2014 (Pg. 01)). *e-auto*. Obtenido de Sensor TPS - Sensor de posición del acelerador : http://www.e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=227
8. Bauman, R. (2010 (Pg. 06)). *Funcionamiento del sistema de frenado*. Obtenido de Sistema de frenos: <http://www.areatecnologia.com/mecanismos/sistema-de-frenos.html>
9. Bolaños, V., & Uterras, E. (Marzo de 2010). *Tesis*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1/T-ESPEL-0703.pdf>
10. Boylestad, R. (2009). *Teoria de Circuitos y Dispositivos electronicos*. Pearson.
11. Budynas, R., & Nisbett, K. (2006). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México: McGrawHill.
12. Caizaluisa, F., & Chillogallo, S. (Enero de 2012). *Tesis*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1752/13/UPS-CT002327.pdf>
13. Castellero, O. (2017). *Psicología y mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.net/salud/tipos-de-discapacidad-fisica>
14. Castillo, C. (2016). *Transmisión automática*. Obtenido de <https://www.taringa.net/posts/autos-motos/10908206/Sistemas-de-transmision-manual-y-automatica.html>
15. CONADIS. (2017). *planificacion.gob*. Obtenido de <http://www.planificacion.gob.ec/wp->

content/uploads/downloads/2014/09/Agenda-Nacional-para-Discapacidades.pdf

16. CONADIS. (2017, (Pg. 12)). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadisticas-de-discapacidad/>
17. CONADIS. (2 de Enero de 2018). *CONADIS*. Obtenido de <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
18. Coopertec. (2018 (Pg. 01)). *Elementos electrónicos de uso convencional*. Obtenido de Modulo Joystick Analógico C/ Pulsador - Arduino - Coopertec: <http://www.shops.coopertec.com.ar/modulo-joystick-analogico-c-pulsador-arduino-coopertec-90114306xJM>
19. Corral, V., & etal. (2006). *Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/31/31-01.doc
20. Dani. (2014). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de http://www.aficionadosalamecanica.net/sistema_abs.htm
21. DELHI-NCR. (2018 (Pg. 01)). *rees52*. Obtenido de ARDUINO NANO AR008: <http://rees52.com/227-arduino-nano.html>
22. Díaz, R. (2009 (Pg. 23)). Discriminación a discapacitados. En R. Díaz, *Tópicos de Comunicación* (págs. 22-25). Morrisville: Lulu. Inc.
23. Diosdado, R. (2015 (Pg. 03)). *Zona Maker*. Obtenido de Electrónica aplicada: <https://www.zonamaker.com/electronica/intro-electronica/componentes/la-resistencia>
24. Dols, J. (2013). *Tesis*. Obtenido de www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd51/reducida.pdf
25. Dynamo. (2018, (Pg. 01)). *dynamo electronics*. Obtenido de Somos una empresa Colombiana fundada en el año 2006 que busca un mejoramiento social por medio del desarrollo científico y tecnológico, en donde la tecnología esté al alcance de todos: <https://www.dynamoelectronics.com/servomotores-rc/283-servo-hs-755hb-hitec.html>

26. EcuRed. (2016 (Pg. 01)). *Componentes electrónicos pasivos*. Obtenido de Resistencias : https://www.ecured.cu/Componentes_electr%C3%B3nicos_pasivos
27. ECURED. (2 de Marzo de 2018). *ECURED*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Componentes_electronicos_pasivos
28. Electrónica. (5 de Diciembre de 2013). *Electrónica, teoría y práctica*. Obtenido de <http://electronica-teoriaypractica.com/caracteristicas-arduino-nano-328/>
29. Electrónica. (2015). *Nextia Fenix*. Obtenido de <https://www.nextiafenix.com/producto/resistencia-10k-1w4/>
30. Espinoza, N. (2 de Agosto de 2014). *Programar un arduino*. Obtenido de <https://www.azulweb.net/arduino-basico/>
31. Etools. (2017 (Pag. 02)). *electron tools*. Obtenido de Reguladores de voltaje, funcionamiento y características: <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/03/09/regulador-de-voltaje-7805/>
32. Fernández, A. (15 de Febrero de 2006 (Pg. 01)). *webmati.es*. Obtenido de http://www.webmati.es/index.php?option=com_content&view=article&id=46:terminos-adecuados-para-referirnos-a-personas-con-discapacidad&catid=12&Itemid=163
33. Ferreyra, G. (18 de 09 de 2012 (Pg. 01)). *¿Cómo adaptar un auto para personas con discapacidad?* Obtenido de Unidad de Control Manual: <http://noticias.ve.autocosmos.com/2012/09/18/como-adaptar-un-auto-para-personas-con-discapacidad>
34. Fierro, L. (14 de Febrero de 2011). *Scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/48820403/Reguladores-de-tension-78xx-y-79xx>
35. Freire, W. (2017). *FREIMO*. Obtenido de <http://www.freimo.com/patologia/Concepto-Monoplejia.html>

36. Garcia, A. (2 de Diciembre de 2016). *panama hitek*. Obtenido de <http://panamahitek.com/que-es-y-como-funciona-un-servomotor/>
37. García, G. (2017). *Cuerpo de aceleración*. Obtenido de <http://www.autodaewoospark.com/cuerpo-aceleracion-valvula-IAC-sensor-TPS-Aveo.php>
38. Gieck, K., & Gieck, R. (2003). *Manual de fórmulas técnicas*. México: Alfaomega.

Gabriel Marcelo Michilena Molina, estudios secundarios Colegio Abelardo Moncayo, obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.

Juan Andrés Escobar Landázuri, estudios secundarios Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), obtuvo el título de Ingeniero en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte.