

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DE MANDOS DE ACELERACIÓN, EMBRAGUE Y FRENOS EN UN VEHÍCULO PROTOTIPO PARA CONDUCCIÓN DE PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Baquero Juan¹, Chimborazo Luis², Quiroz José³, Quiroz Leónidas⁴

^{3 4}Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

e-mail: Jobs99orlando@yahoo.com, ldanny@hotmail.com, jlquiroz@espe.edu.ec, eclaquiroz@espe.edu.ec,

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo diseñar un vehículo prototipo para conducción de personas con discapacidad, implementando un sistema de control de mandos electrónicos, para un transporte digno, seguro y eficaz de personas discapacitadas.

El control electrónico está constituido por PLCs, drivers, Encoders, sistema de carga y actuadores, el sistema mecánico está compuesto por poleas y engranajes, el estudio del diseño y construcción del proyecto se pone a disposición de las personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores, los accionamientos eléctricos están colocados en el volante (acelerador y freno) y en la palanca de cambios se encuentra el dispositivo de accionamiento del embrague, en la actualidad existen vehículos ortopédicos que se puede adquirir bajo pedido pero con elevados aranceles de fabricación e importación, nuestro prototipo emplea elementos fáciles de conseguir en el mercado local que permiten su mantenimiento, con bajo costo de adquisición y se puede instalar en cualquier vehículo.

PALABRAS CLAVE: Automotriz, Mecánica, Electricidad, Prototipos.

ABSTRACT

This project aims to design a prototype vehicle for transport of persons with disabilities by implementing a control system of electronic controls, for a decent transport, safe and effective for people with disabilities.

The electronic controls are constituted by PLCs, drivers, encoders, charging and actuators, the mechanical system consists of pulleys and gears. The project is available to people with physical disabilities in their limbs, electric drives are mounted on the steering wheel (accelerator and brake) and the shifter/clutch actuator is located. Currently there are orthopedic vehicles available on request but with high tariffs and import manufacturing, our prototype uses simple elements to get in the local market that allow maintenance, low cost of acquisition and can be installed in any vehicle.

KEYWORDS: Automotive, Mechanical, Electrical, Prototypes.

I. INTRODUCCIÓN

La Organización de Estados Americanos (OEA) en el 2009 realizó un estudio donde reveló que el 12,8% de los ciudadanos ecuatorianos tiene alguna discapacidad. (El Universo, 2009)

El país no cuenta con vehículos apropiados para que conduzcan y se trasladen las personas parapléjicas de un lugar a otro, ya que necesitan de algún familiar o persona ajena para poder viajar de manera confiable y segura, sin dejar de lado la incomodidad, accesibilidad que implica viajar utilizando un transporte público.

Por tal razón se pone a disposición la investigación escrita del diseño y construcción del vehículo prototipo para que conduzcan personas con discapacidad motora inferior, con el objetivo de facilitar su movilización en un transporte propio, seguro y eficaz.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. DISCAPACIDAD

La discapacidad es la condición bajo la cual ciertas personas presentan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con diversas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en la sociedad, y en igualdad de condiciones con las demás.

2.2. DISEÑO DE VEHÍCULOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD

Dependiendo del tipo de discapacidad, las personas pueden conducir un automóvil adaptado a la dificultad que cada uno presenta, entre las adaptaciones más comunes en el mercado encontramos:

Unidad de Control Manual, esta adaptación permite conducir un vehículo a personas que carecen de movilidad en sus extremidades inferiores. Este sistema consta de un doble dispositivo que transforma los mandos de los pedales de acelerador y freno, en un

mando manual, el cual consiste en una palanca ubicada detrás del volante que es operada con una sola mano.

Controles electrónicos; mediante una palanca tipo Joystick, es posible controlar todos los movimientos del vehículo, aunque son excesivamente caros y muy complicadas de instalar.

Sillas de ruedas motorizadas eléctricas; se adaptan al vehículo retirando el asiento original y colocando mecanismos para recibir al asiento de la silla eléctrica y liberándose del mecanismo eléctrico.

Otras modificaciones comunes son: adaptación de rampas para el acceso de sillas de ruedas, inversor de intermitentes, embrague automático, entre otros.



Figura 1. Vehículos para discapacitados

2.3. TIPOS DE MANDOS DE CONTROL PARA VEHÍCULOS ESPECIALES.

Se trata de dispositivos que sustituyen a los pedales de freno, acelerador y embrague.

Acelerador electrónico por aro, el aro se sitúa en la parte anterior o posterior del volante original del vehículo. La aceleración se obtiene de forma gradual ejerciendo una ligera presión en cualquier parte del aro. El aro permite la rotación sincronizada con el volante, facilitando las maniobras de la conducción.



Figura 2. Acelerador electrónico

Equipos de embrague, estos equipos, convierten un vehículo de embrague normal (por pedal al pie), en un vehículo de embrague automático. Son adaptables a cualquier tipo de vehículo, y no exigen ninguna modificación estructural en el mismo.

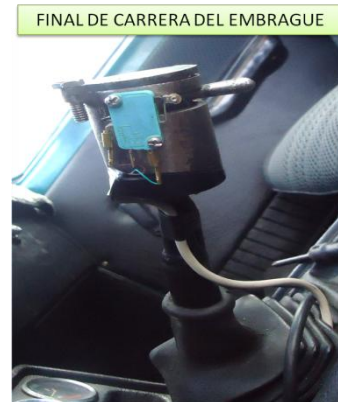


Figura 3. Pulsador en Embrague

2.4. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

2.4.1. ENCODERS

Un Encoder es un dispositivo que convierte un movimiento en una señal eléctrica (pulsos) Es ampliamente usado en aplicaciones industriales como control numérico, robots, servomotores, bandas transportadoras para medir posición y velocidad.



Figura 4: Encoder del embrague y final de carrera

2.4.2. PLC

Dispositivo electrónico programable, en lenguaje específico, diseñado para controlar en tiempo real y en un medio industrial, procesos secuenciales, posee software y hardware, para controlar dispositivos externos, recibir señales de sensores y tomar decisiones de acuerdo a un programa que el usuario elabore según el esquema del proceso a controlar.

2.4.3. MOTORES PASO A PASO

El motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control.

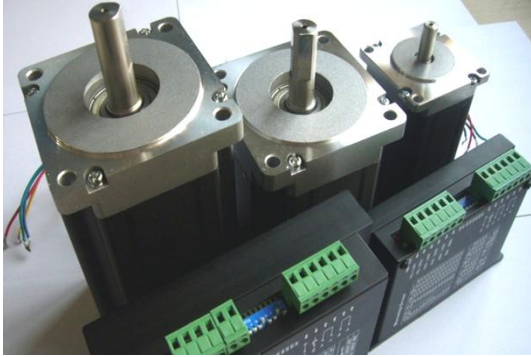


Figura 5: Motor paso a paso

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

3.1. CALCULO DE FUERZA Y TORQUE EN LOS PEDALES

El torque permite elegir el actuador que activa cada uno de los sistemas automotrices del vehículo para su respectivo accionamiento, utilizando un dinamómetro que proporciona medidas de masa y fuerza, en el pedal del freno se tiene 39 kg.

Las pruebas con el dinamómetro arrojaron un valor aproximado entre 35 kg y 39 kg y el recorrido del pedal del freno al ser accionado es 9 cm.

- ✓ Peso: 39 kg o 84 lb (freno)
- ✓ Distancia: 9 cm

Se calcula el Par necesario para el accionamiento del pedal de freno:

$$T = F \times r \quad (1)$$

Donde la fuerza es igual al peso:

$$W = F = m \times g \quad (2)$$

A partir de los datos obtenidos de peso, haciendo referencia a la ecuación (2), tenemos un resultado de 382.59 N, este valor aplicamos en la ecuación (1), por lo tanto el torque requerido para el accionamiento del pedal de freno es de 34.4331 N.m.

Como consecuencia para el diseño se utilizó un motor de 12N.m. acompañado de un mecanismo de poleas obtenemos dicho valor para accionar el pedal

Los datos para el accionamiento del mecanismo del acelerador son: peso 6 kg, distancia de recorrido de 10 cm, aplicando las ecuaciones antes mencionadas obtenemos un resultado de 5.88 N.m. Para el diseño se utilizó un motor de 8 N.m con un accionamiento directo de la mariposa de aceleración

Para el accionamiento del pedal de embrague tenemos como datos: peso 15 kg, distancia de recorrido de 14 cm, aplicando las ecuaciones (1) y (2) tenemos un resultado de 20,61 N.m. para el diseño y construcción se utilizó un motor de 12 N.m. asistido por un mecanismo de poleas conseguimos dicho torque para accionar el pedal.

3.2. CALCULO DE ENGRANAJES

En la construcción de los engranajes se basó en el espacio y lugar de acción de los mecanismos en el prototipo. Para ello se fundamentó en datos que son constantes para el diseño como los presentados a continuación.

Tabla 1. Tabla de módulos y pasos unificados para engranajes

Modulo m (mm)	Paso diametral
0.3	84.667
0.4	63.500
0.5	50.800
0.8	31.750
1	25.400
1.25	20.320
1.5	16.933
2	12.700
2.5	10.160
10	2.540
20	1.270

En el mando de accionamiento del acelerador se diseñó un piñón para el cual se usó el módulo (M) de 0.5 mm, con un diámetro primitivo de 16 mm, para este fin se consideró:

$$Dp = Z \cdot M \quad (3)$$

De la ecuación (3) obtenemos el número de dientes (Z), considerando los datos anteriores tenemos: Z=32 dientes.

Las constantes de diseño para la construcción de engranes representadas como $K=2$ (dentado exterior), $K= 2.32$ (dentado interior), con el ángulo de presión α de 20 grados, por consiguiente tenemos:

El diámetro Base (D_b) hace relación el diámetro primitivo (D_p) por el coseno del ángulo de presión, por lo tanto tenemos un D_b de 15.035 mm.

Diámetro de pie:

$$D_{pe} = D_p - k \cdot Mn \quad (4)$$

Aplicando los datos en (4) tenemos un diámetro de pie (D_{pe}) igual a 14.84 mm.

Diámetro Exterior:

$$D_e = D_p + k \cdot Mn \quad (5)$$

Con los datos existentes contamos con un diámetro exterior (D_e) de 17 mm.

La altura de diente (h) del piñón es igual a la diferencia entre el diámetro exterior (D_e) y el diámetro de pie (D_{pe}) dividido para 2, de esta relación tenemos una altura de 1.08 mm del diente.

Altura Cordal:

$$ac = Mn + \frac{Dp}{z} \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\pi}{z}\right)\right) \quad (6)$$

De la ecuación (6) tenemos una altura cordal (ac) de 0.508 mm.

Espesor cordal.

$$ec = M \cdot z \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right) \quad (7)$$

De la ecuación (7) reemplazando datos de constantes y el número de dientes obtenemos el espesor cordal (ec) de 0.013 mm.

El diseño del engrane para el accionamiento del acelerador, se calculó con un diámetro primitivo de 48 mm y un modulo de 0,5 m, realizando el mismo procedimiento anterior aplicando las constantes antes mencionadas obtenemos los siguientes resultados:

El engrane cuenta con un número de dientes (Z) de 96, diámetro Base (D_b) de 45.10 mm, diámetro de pie (D_{pe}) de 46.84 mm, diámetro Exterior (D_e) igual a 49 mm, cuenta con una altura del diente (h) de 1.08 mm, presenta para el diseño una altura cordal (ac) de 0.524 mm y un espesor cordal (ec) igual a 0.013 mm, datos que permiten la unión y transferencia de movimiento entre los engranes para el mecanismo de accionamiento.

En el cálculo de la distancia entre centros (dc) se hace referencia al diámetro primitivo del piñón (D_{p1}) y el diámetro primitivo (D_{p2}) del engrane del mecanismo de aceleración.

$$dc = \frac{D_{p1} + D_{p2}}{2} \quad (8)$$

De la ecuación (8) reemplazando los datos respectivos, tenemos una distancia entre centros (dc) de 32 mm.

Calculo piñón-cremallera del accionamiento del freno

Para la construcción del piñón se utilizó los mismos valores de las constantes del anterior diseño, el piñón tiene 32 dientes, aplicando un módulo de 0.5 mm por lo tanto se calcula solo la longitud de la cremallera para que el piñón gire una vuelta necesaria para accionar el mecanismo.

Para empezar hallamos el paso reemplazando la constante π y el valor del módulo.

$$p = \pi \cdot M \quad (9)$$

De la ecuación anterior tenemos un paso (p) de 1.57 mm. Ahora encontramos el número de pasos que es la relación entre el número de dientes por el número de vueltas del piñón, consiguiendo un resultado de 32 pasos.

Finalmente calculamos el desplazamiento (L) donde el paso se multiplica por el número de pasos, de esta relación tenemos 50.24 mm. En conclusión necesitamos una cremallera de una distancia de 50 mm para que funcione el mecanismo del freno correctamente y sin problemas.

IV. INSTALACIÓN.

El objetivo es instalar las partes construidas que servirán de ayuda para manipular y activar el mecanismo de mandos electrónicos, dentro de los trabajos realizados se cita la adecuación de las poleas en la parte frontal de vehículo, las que permitirán reducir notablemente el torque y con ello facilitara a los actuadores realizar su trabajo.



Figura 6: Ubicación de poleas

Los mandos de control electrónico del acelerador y freno se encuentran sobre la columna de la dirección, el accionamiento se lo realiza mediante un aro colocado en la parte posterior del volante, que permitirá la aceleración del vehículo (giro horario) y el accionamiento del freno (movimiento longitudinal hacia el volante).



Figura 7: Mandos en el volante

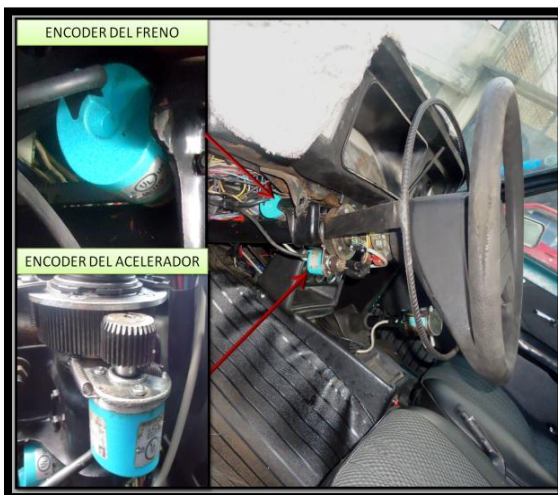


Figura 8: Ubicación de los encoders en el volante

El equipo electrónico se encuentra ubicado en la parte posterior del vehículo, alojado dentro de un gabinete para evitar que ingrese suciedad, agua o impurezas a los componentes electrónicos y se produzcan anomalías en el funcionamiento del sistema y por ende algún tipo de accidente.

Los PLCs, drivers, resistencias y cables se encuentran ubicados en el gabinete, cada uno se halla distribuido de tal forma que no exista cortocircuitos y a su vez se pueda diferenciar claramente como se encuentran conectados con los Encoders y actuadores, esto facilita al momento de realizar algún tipo de reparación o mantenimiento al sistema, en la siguiente figura se aprecia la conexión entre los drivers y el PLC que se encuentran protegidos por resistencias de tipo cerámica.

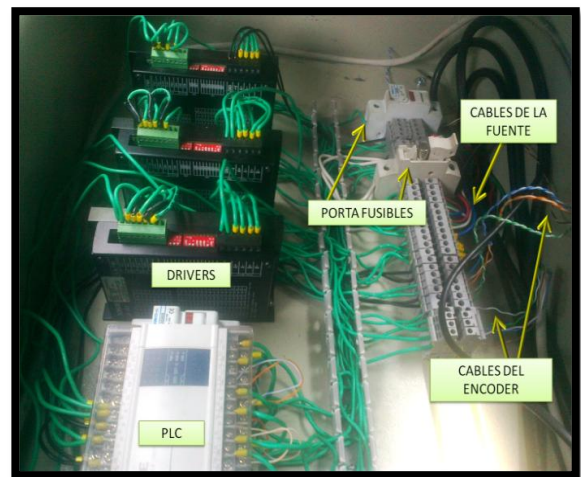


Figura 9: Control electrónico

V. FUNCIONAMIENTO DEL MECANISMO

La ejecución del mecanismo electrónico, inicia con el encendido del automóvil que acciona al generador de 24 V proporcionando flujo de corriente al control de carga, abasteciendo al conjunto electrónico que comanda el funcionamiento de los actuadores mediante la manipulación de los Encoders, a través de los elementos instalados sobre la columna de la dirección (aro) para el freno y acelerador respectivamente, el dispositivo que acciona el embrague está ubicado en la palanca de cambios, estos envían una señal al PLC que es el encargado de sincronizar mediante la programación el accionamiento de los mandos originales.

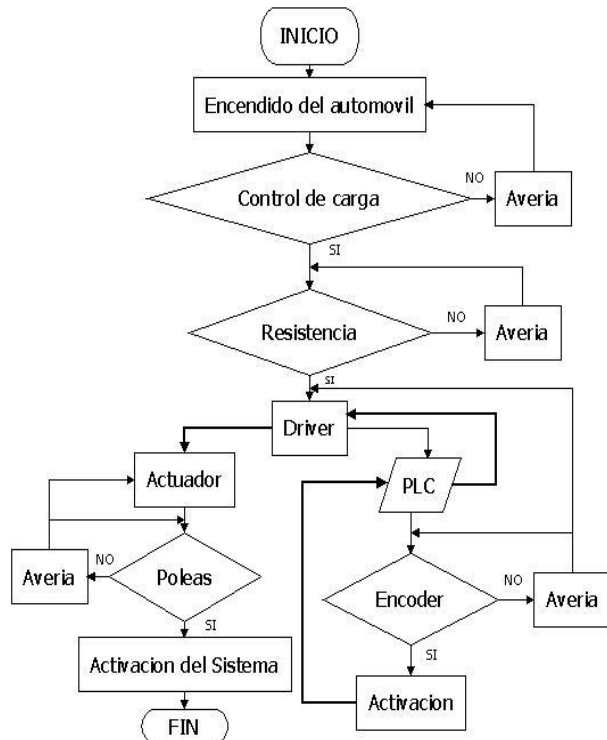


Figura 10: Funcionamiento del mecanismo

VI. PRUEBAS

6.1. TIEMPO DE FRENADO.

El automóvil Chevrolet Chevette circula a 50 km/h, con neumáticos usados sobre asfalto normal seco, con un coeficiente de adherencia $\mu_s = 0,6$.

Tiempo de frenado (t_p):

$$t_p = t_f + t_r = \frac{v}{\mu * g} + 1 \quad (10)$$

v= velocidad del automóvil Km/h
 u= coeficiente de adherencia
 g= gravedad
 0,27 m/s constante
 t_f= tiempo de frenado
 t_r = tiempo de reacción.

Con los datos de referencia aplicamos en la ecuación (10), de la relación de los valores numéricos tenemos un tiempo de frenado de 3.29 segundos del vehículo,

Tiempo que le toma al conductor desde que observa el obstáculo y pisa el pedal de freno hasta detenerse.

Tabla 2. Valores de pruebas de frenado en distintos tipos de suelos

Tipo de suelo	estado	μ	tiempo de frenado
Hormigón	Seco	1	2,37 segundos
Asfalto normal	Seco	0,6	3,29 segundos
	Barro	0,15	9.18 segundos
	Mojado	0,3	5,587 segundos

Dentro de las Pruebas realizadas el tiempo que más se demora en frenar el vehículo con el mecanismo instalado, es sobre asfalto normal barro, con un tiempo de 9,18 segundos.

6.2. TIEMPO DE REACCIÓN DEL ACELERADOR

Para convalidar la eficiencia de funcionamiento del acelerador se compara valores antes y después de instalar el mando electrónico en el volante.

Tabla 3: Condiciones de aceleración sin el sistema de mandos electrónicos

Condiciones de aceleración	Vel. inicial (Vi)	Vel. final (Vf)	Tiempo de reacción	Aceleración
Progresiva	0	5,5m/s	16,6s	0,33m/s ²
Brusca	0	5,5m/s	10s	0,55 m/s ²
Fondo	0	5,5m/s	4s	1,37 m/s ²

Fuente: Baquero, Chimborazo, Quiroz J, Quiroz L.

Implementado el sistema de control electrónico de los mandos de accionamiento en el volante, se consideró una distancia de 100 m recorrida por el vehículo.

Tabla 4: Condiciones de aceleración con el sistema de mandos electrónicos

Condiciones de aceleración	Vel. inicial (Vi)	Vel. final (Vf)	Tiempo de reacción n	Aceleración
Progresiva	0	5,5m/s	17s	0,323m/s ²
Brusca	0	5,5m/s	11s	0,5 m/s ²
Fondo	0	5,5m/s	5s	1,1 m/s ²

Fuente: Baquero, Chimborazo, Quiroz J, Quiroz L.

Las pruebas realizadas con respecto al tiempo de reacción del sistema de aceleración dan como resultado un 97,6% de eficiencia.

6.3. TIEMPO DE REACCIÓN DEL EMBRAGUE

El embrague se puede considerar como un transmisor de par motor a un régimen de giro, que su trabajo sea progresivo y elástico, para que el movimiento no se transmita bruscamente o a tirones y que absorba las variaciones de par del motor. Por tal razón se comparó valores antes y después de instalar el mando electrónico.

Tabla 5: Tiempo de accionamiento del embrague sin el sistema de mando electrónico.

Cambio de Marchas	RPM para realizar el cambio de Marcha	RPM después del cambio de marcha	Tiempo de accionamiento de embrague
1 ^{ra} a 2 ^{da}	3000 rpm	2500rpm	3 segundos
2 ^{ra} a 3 ^{da}	3000 rpm	2500rpm	3 segundos
3 ^{ra} a 4 ^{da}	3000 rpm	2500rpm	3 segundos

Fuente: Baquero, Chimborazo, Quiroz J, Quiroz L.

Implementado el sistema de control electrónico del mando de accionamiento sobre la palanca de cambios.

Tabla 6: Tiempo de accionamiento del embrague con el sistema de mando electrónico.

Cambio de Marchas	RPM para realizar el cambio de Marcha	RPM después del cambio de marcha	Tiempo de accionamiento de embrague
1 ^{ra} a 2 ^{da}	3000 rpm	2000rpm	3,2 segundos
2 ^{ra} a 3 ^{da}	3000 rpm	1800rpm	3,2 segundos
3 ^{ra} a 4 ^{da}	3000 rpm	1900rpm	3,2 segundos

Fuente: Baquero, Chimborazo, Quiroz J, Quiroz L.

No presenta cambios abruptos en el tiempo de accionamiento del sistema de embrague y por tal razón el sistema es seguro para el cambio respectivo de marchas.

VII. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Al relacionar datos técnicos con el desempeño del vehículo luego de ser implementados los sistemas de control electrónico, se analizo los resultados en la conducción, manipulación, ergonomía, estética y seguridad, cada mando electrónico instalado es respaldado por su correcto funcionamiento.

Las pruebas realizadas del sistema de frenos sobre asfalto a una velocidad de 50 Km/h proporcionaron los siguientes resultados:

Para detener totalmente el automóvil se requiere de una fuerza de rozamiento de 4773.40 N entre los neumáticos y la superficie de recorrido, en un periodo de frenado de 3.29 segundos del vehículo, para reducir gradualmente la velocidad del vehículo es necesario un accionamiento moderado del mando de control electrónico ubicado junto al volante.

Las pruebas realizadas en el accionamiento del embrague implementado el sistema de control electrónico sobre la palanca de cambios con respecto al tiempo de reacción del sistema dan como resultado un 93,75% de eficiencia, siendo muy favorables por tal razón el sistema es seguro para el cambio respectivo de marchas.



Figura 11. Pruebas de conducción

El análisis de las pruebas realizadas en el accionamiento electrónico implementado en el volante, partiendo de una velocidad inicial cero hasta una velocidad de 5.5 m/s en un rango de 100m se obtuvo una aceleración de 0,323 m/s², las pruebas realizadas con respecto al tiempo de reacción del sistema de aceleración dan como resultado un 97,6% de eficiencia.

Por medio del análisis e interpretación de los resultados el sistema es seguro y eficaz al momento de conducir en los distintos tipos de carreteras del país.

VIII. CONCLUSIONES

- ✓ Los encoders convierten un movimiento circular que se puede incrementar de 1.2 grados hasta 1.8 grados que envía una señal eléctrica (pulsos) al PLC controlando el radio de giro, velocidad, y sentido de rotación de los motores paso – paso JZS que convierte los pulsos eléctricos en desplazamiento angular para el accionamiento de los sistemas de freno, embrague y acelerador, con una frecuencia de 100 KHZ.
- ✓ Los actuadores de freno y embrague tienen un torque de 12Nm. y para la aceleración tiene un torque de 8 Nm. Alimentados eléctricamente con 24 VDC y una corriente de 5 A, mediante los Drivers dotando de una autonomía de trabajo de 8 horas continuas.
- ✓ El sistema de protección del control eléctrico – electrónico está compuesto por fusibles cerámicos de 20 amperes de corriente capaces de disipar altas temperaturas debido a sobrecargas y cortocircuitos.
- ✓ De las pruebas realizadas en el prototipo en el vehículo Chevrolet Chevette el mando de control electrónico y mecánico brinda resultados satisfactorios de diseño con una eficiencia de frenado del 90%, el accionamiento del embrague con un 93,75% de eficiencia en condiciones de puesta en marcha y cambio de

- velocidades y con un 97,6% el sistema de aceleración con respecto al tiempo de respuesta del automotor en condiciones normales de operación.
- ✓ Se construyó el mecanismo del accionamiento de los mandos de control en el volante (acelerador-freno), palanca de cambios (embrague), piñones, engranes, poleas y placas de sujeción de los actuadores utilizando Solidworks, como herramientas CAD de diseño.
 - ✓ El prototipo desarrollado puede ser utilizado con los mecanismos implementados para que conduzcan personas con discapacidad en las extremidades inferiores o también para ser usado el vehículo de forma común por cualquier conductor.

IX. RECOMENDACIONES

- ✓ Es necesario una charla de inducción y capacitación sobre la técnica de conducción del prototipo de marca Chevrolet Chevette para comprender la manipulación de los mandos electrónicos instalados.
- ✓ Se puede optimizar los sistemas de mando y accionamiento en diseño y construcción del prototipo de marca Chevrolet Chevette en un vehículo con sistemas de accionamiento electrónicos como acelerador APP y frenos ABS dotando de un mejor control del automóvil.
- ✓ Los mandos de control para acelerador, freno y embrague se podría efectuar por un accionamiento mediante pantallas en forma táctil o comando de voz siendo este método de control más eficiente.
- ✓ El mantenimiento del prototipo de marca Chevrolet Chevette requiere inspecciones diarias y la programación del mantenimiento periódico por kilometro de recorrido, en los sistemas electrónicos y mecánicos instalados.

X. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Autonics. (2013). *Encoders Rotativos*. Obtenido de <http://www.dominion.com.mx>
- ✓ Bosch, R. (2003). *Sistema de Freno Convencionales y Electrónicos*. Pag. 24. www.todorobot.com
- ✓ Crespo, T. (2013 de Abril de 2013). *Adaptaciones de Vehiculos para discapacitados*. Obtenido de <http://autoadaptaciones.blogspot.com/>
- ✓ Eduardo Casado, J. N. (s.f.). *Fundamentos Tecnológicos del Automovil*. THOMSON PARANINFO.
- ✓ Lillo, F. C. (s.f.). *Diseño del embrague de un vehículo*.

- ✓ López, T. (s.f.). *Poleas y Polipastos*. Obtenido de <http://www.tecneweb.com.ar/Apuntes/mecanismos.htm>
- ✓ meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la mecánica*. Obtenido de Sensores del Automovil: <http://www.aficionadosalamecanica.net/sensores3.htm>
- ✓ NORTON, R. L. (s.f.). *Diseño de Máquinas*. PEARSON.

BIOGRAFÍA



Juan Baquero.

Nació en Pintag, provincia de Pichincha en Ecuador.

Es Ingeniero Automotriz en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Realizado pasantías en Talleres Aguirre, Camiones y Transportes pesados CAT.



Danilo Chimborazo.

Nació en Quito, provincia de Pichincha en Ecuador.

Es Ingeniero Automotriz en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE. Realizado pasantías en Rectificadora de motores UNIVERSALMOTOR CIA LTDA.



Leónidas Quiroz,

nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz, estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje Universitario y Energías Renovables, Docente Tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE desde 2006. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en ingeniería mecánica y electrónica automotriz.



José Quiroz

Nació en Latacunga, es ingeniero automotriz, Estudios de Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje, Maestría en Energía. Director de Carrera Tecnología Automotriz. Docente en la

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 2006. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica y electrónica automotriz