

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

[DOI 10.35381/cm.v7i3.643](https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.643)

## **Propuesta de sistema eléctrico para silla de ruedas económicas para pacientes parapléjicos**

### **Proposal of an electrical system for economic wheelchairs for paraplegic patients**

Segundo Leonardo Delgado-Cuenca  
[segundo.delgado.59@est.ucacue.edu.ec](mailto:segundo.delgado.59@est.ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0003-3976-9733>

Juan Solis-Muñoz  
[jsolizm@ucacue.edu.ec](mailto:jsolizm@ucacue.edu.ec)  
Universidad Católica de Cuenca, Cuenca  
Ecuador  
<https://orcid.org/0000-0002-5148-6923>

Recepción: 15 de septiembre 2021  
Aprobación: 15 de noviembre 2021

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## RESUMEN

Entre los tipos de discapacidad existe la paraplejía que es la limitación del sistema motor de las extremidades inferiores. Las personas que la padecen encuentran en la silla de ruedas convencional un mecanismo para sobrellevarla. Pero su uso podría producir alguna lesión en las extremidades superiores o una fatiga alarmante. Se presenta la propuesta de un sistema eléctrico de bajo costo a través de la reutilización de elementos electrónicos. El estudio es no experimental porque no hay manipulación intencional de las variables. Es exploratorio y descriptivo puesto que el análisis consiste en especificar las propiedades y características del sujeto de estudio. Su enfoque es cuantitativo por el análisis de la información recolectada. Es transversal por cuanto la información se la recolecta en un determinado tiempo. Se propone un prototipo basado en información de campo para resolver el problema de movilidad de la paraplejía.

**Descriptor:** impedido físico; tráfico; Ecuador. (Palabras tomadas del Tesoro UNESCO).

## ABSTRACT

Paraplegia is a sort of disability, which is the restriction of the motor system of the lower extremities. People who suffer from it find in the conventional wheelchair a mechanism to cope with it. But its use could cause an injury to the upper extremities or alarming fatigue. It is presented the proposal for a low-cost electrical system through the reuse of electronic elements. The study is non-experimental because there is no intentional manipulation of the variables. It is exploratory and descriptive since the analysis comprises specifying the properties and characteristics of the study subject. Its approach is quantitative because of the analysis of the information collected. It is transversal because the information is collected at a certain time. It is proposed a prototype based on field information to solve the mobility problem of paraplegia.

**Descriptors:** physically disabled; traffic; Ecuador. (Palabras tomadas del Tesoro UNESCO).

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad los casos de discapacidad ya sean estos por accidentes de tránsito, accidentes fortuitos o por algún factor de salud son muy frecuentes, así lo demuestran los datos estadísticos del Banco Mundial (2021). Un 15% del total de la población mundial padecen algún tipo de discapacidad lo que sería un aproximado de 1000 millones de habitantes, esta prevalencia se ve reflejada más en los países en desarrollo. Así mismo menciona que entre 110 millones y 190 millones de personas, lo que equivale a la quinta parte de la población mundial, atraviesan una discapacidad grave.

De acuerdo el Ministerio de Salud Pública (2010) del total de la población del Ecuador 343714 habitantes atraviesan una discapacidad física motora, de los cuales 9838 discapacitados se encuentran radicados en la ciudad de Loja. El Banco Mundial, menciona que entre las distintas discapacidades tenemos la paraplejía la cual limita la capacidad motora de las extremidades inferiores lo que conllevan a los pacientes a optar por el uso de sillas de ruedas indefinidamente.

Las sillas de ruedas convencionales sirven como medio de movilización sin embargo el uso o manejo de estas involucra un gran esfuerzo físico de las extremidades superiores produciendo algún tipo de lesión física o fatiga por el gran esfuerzo físico que se requiere, por otra parte, dentro de la evaluación médica de algunos pacientes se puede determinar algunas molestias por causas de la misma discapacidad, factores que dificultan el uso de las sillas de ruedas convencionales, esto no solo afecta al área física sino también al área psicológica puesto que se vuelven personas dependientes de otras para llevar a cabo sus actividades sociales disminuyendo considerablemente su independencia.

Por otra parte, los sistemas de transporte de la ciudad actualmente no cuentan con accesibilidad para las personas con discapacidad, lo que complica su movilidad. Por lo antes expuesto se pretende diseñar una propuesta de un sistema eléctrico de bajo costo que será incorporado a la silla de ruedas que actualmente usan, lo que facilitara su movilidad y aportara a su independencia. La idea principal es llevar a cabo la construcción

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

de un sistema eléctrico de bajo costo con la reutilización de partes electrónicas y mecánicas ya en desuso. Contará con un sistema de control remoto fácil de instalar y usar, el uso de un motor eléctrico y un regulador de velocidad. Una batería de litio que le permita tener la fuerza suficiente para movilizar al usuario en distancias grandes.

## **REFERENCIAL TEÓRICO**

### **La discapacidad**

Según la última convención de las Naciones Unidas llevada a cabo en el año 2006 se plantea una definición acerca la discapacidad la misma que dice: "La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias y las barreras debidas a la actitud y al entorno, que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás". Convención de la ONU (2006, p.345).

### **La silla de ruedas**

Según Gómez (1999) dice que la silla de ruedas para los discapacitados se ha constituido en un mecanismo indispensable el cual les permite involucrarse con las actividades diarias del entorno.

### **La discapacidad en cifras**

Según el Banco Mundial (2021) un 15% de total de la población mundial atraviesa algún tipo de discapacidad lo que sería un aproximado de 1000 millones de habitantes, esta prevalencia se ve reflejada más en los países en desarrollo. Así mismo menciona que entre 110 millones y 190 millones de personas, lo que equivale a la quinta parte de la población mundial, atraviesan una discapacidad grave. Así mismo señala que, en la actual situación en que atraviesa el mundo por la COVID-19 las personas con discapacidad se ven especialmente afectadas por la pandemia en áreas como la salud,

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

la educación y el transporte. Otro de los factores que es la escasa inclusión social y económica de las personas con discapacidad como la inaccesibilidad de los entornos físicos y el transporte, la falta de disponibilidad de dispositivos y tecnologías de apoyo, medios de comunicación no adaptados, las deficiencias en la prestación de servicios y los prejuicios y estigmas sociales discriminatorios lo que afectaría a su pleno desarrollo social.

De igual forma el Banco Mundial (2021) Indica que la pobreza puede constituirse en un factor determinante en el crecimiento de las tasas de discapacidad ya sea esto por malnutrición, acceso inadecuado a la educación y la atención de salud. Condiciones labores poco seguras. Entornos contaminados y falta de acceso a agua potable y saneamiento. Lo que conllevaría al aumento de pobreza por la falta de oportunidades de empleo, o salarios más bajo, el alto costo de vida que supone vivir con una discapacidad. El Banco Mundial (2021) hace referencia que hoy en día es mayor la conciencia a nivel mundial sobre la importancia de la inclusión de las personas con discapacidad. La Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad (CPRD) (PDF) actualmente está promoviendo la plena integración de las personas con discapacidad en la sociedad. Poniendo énfasis en la gran importancia que tiene el desarrollo internacional en la protección de los derechos de las personas con algún tipo de discapacidad.

### **La Discapacidad en el Ecuador**

Según datos proporcionados por la CONADIS (2015). Se registran 470 mil 820 personas que atraviesan algún tipo de discapacidad las cuales encuentran distribuidas a nivel nacional, como se muestra en la tabla 1.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

**Tabla 1**  
Discapacidad en el Ecuador por provincias.

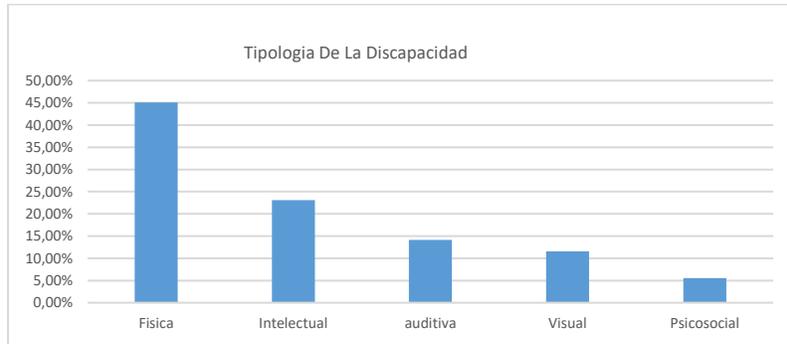
PROVINCIA	PERSONAS
Azuay	29497
Bolívar	7555
Cañar	8923
Carchi	4893
Chimborazo	14710
Cotopaxi	11227
El Oro	19733
Esmeraldas	16023
Galápagos	669
Guayas	117456
Imbabura	13407
Loja	14614
Los Ríos	23361
Manabí	45832
Morona Santiago	5827
Napo	4006
Orellana	6404
Pastaza	3262
Pichincha	76348
Santa Elena	10885
Santo Domingo de los Tsáchilas	12708
Sucumbíos	6283
Tungurahua	13296
Zamora Chinchipe	3901
<b>Total</b>	<b>470820</b>

**Fuente:** CONADIS y M.S. (2021).

### Tipología De La Discapacidad en el Ecuador

Según los datos estadísticos de la CONADIS (2021) las discapacidades presentes en el Ecuador tenemos: física, intelectual, auditiva, visual y psicosocial, las cuales se describen en la figura 1.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz



**Figura 1:** Tipología de la discapacidad en el Ecuador.

**Fuente:** CONADIS y MS. (2021).

### Índices de la discapacidad en Loja

Según los datos expuestos por la CONADIS en su último informe menciona que la discapacidad en la ciudad de Loja asciende a 14614 personas. (2021) las mismas que se encuentran distribuidas según su tipología de la siguiente manera:

**Tabla 2**

Tipología de la en discapacidad Loja.

Tipología de la discapacidad en Loja	
Física	37,60%
Intelectual	31,13%
Auditiva	13,71%
Visual	11,52%
Psicosocial	6,04%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>

**Fuente:** CONADIS y M.S. (2021).

### La paraplejia

De acuerdo a, Calle y Romero (2021) los pacientes con diagnóstico de una paraplejia son aquellas que pierden la movilidad de sus miembros inferiores siendo una de las principales causas de esta las lesiones de la medula espinal, considerando que la gravedad de esta lesión dependerá del lugar donde se encuentre ubicada. Por otra parte,

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

la OMS determina que en el futuro las lesiones medulares se ubicaran entre las cinco principales variables de discapacidad a nivel mundial. Según el estudio investigativo de Moreno-Fergusson y Rey (2012). Mencionan que el atravesar por una lesión espinal o paraplejia se convierte en una experiencia demoledora y traumática en su vida por cuanto las secuelas que esta conlleva son de gran magnitud y permanentes sobre todo en el nivel motor sensitivo y autónomo.

### Índices de la Discapacidad motora en Loja

De acuerdo a los datos expuestos por la CONADIS (2021) los índices de discapacidad y su tipología se exponen en la siguiente tabla:

**Tabla 3.**  
Porcentajes de discapacidad en Loja.

Loja	
Calvas	1046
Catamayo	1065
Célica	406
Chaguarpamba	275
Espíndola	771
Gonzanama	727
Loja	6358
Macara	595
Olmedo	247
Paltas	795
Pindal	254
Puyango	559
Quilanga	203
Saraguro	689
Sozoranga	225
Zapotillo	399
<b>Total</b>	<b>14614</b>

**Fuente:** CONADIS y M.S. (2021).

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

En la tabla 4 se describe la tipología de discapacidad en la ciudad de Loja en el sur del Ecuador.

**Tabla 4**  
Tipología de la discapacidad en Loja.

Tipología de la discapacidad en Loja	
Física	37,60%
Intelectual	31,13%
Auditiva	13,71%
Visual	11,52%
Psicosocial	6,04%
Total	100,00%

**Fuente:** CONADIS y M.S. (2021).

### **Silla de Ruedas**

De acuerdo al estudio investigativo de Gómez (1999) la silla de ruedas para las personas discapacitadas es el medio que les permite acercarse y relacionarse con el entorno.

Por otra parte, (Martínez-Pabón et al. 2010) en su estudio investigativo menciona que tratando de entender el papel que cumple una silla de ruedas en el ámbito social se puede decir que es un equipamiento indispensable, después de que la persona percibe la incapacidad para andar y un símbolo de deficiencia, cuando siente la dependencia funcional. De la misma manera Guanga y Zapata (2017) menciona que los individuos que afrontan una paraplejia se encuentran en constante lucha con respecto a la movilidad sin contar con un sistema de transporte adecuado a su estado convirtiéndose en un obstáculo en el momento de llevar a cabo sus actividades disminuyendo considerablemente su independencia y su rol en la sociedad, por cuanto sus actividades se ven relacionadas directamente con el uso de la silla de ruedas.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Elementos básicos que conforman la silla de ruedas

Según el estudio realizado por Sánchez, J. F. y Sánchez, J. I. (2020) la silla de ruedas hoy en día está compuesta un conjunto de elementos más frecuentes e indispensables que debe contener en el proceso de ensamblado los mismos que se presentan en la tabla 5.

**Tabla 5.**  
Elemento e la silla de ruedas.

Elemento	Característica
Chasis	Es la parte fundamental de la silla de ruedas donde se ensamblan las demás piezas que la conforman existen dos tipos de chasis el rígido y el plegable.
Asiento	Es el elemento de mayor contacto con el ocupante puede ser flexible o rígido pero debe mantener las características necesarias para ofrecerle la comodidad suficiente.
Respaldo	Si fin es de mantener a la espalda en una postura cómoda evitando fatiga y permite una mayor movilidad y seguridad al ocupante este debe ser firme y estable.
Reposabrazos	Es un apoyo al momento en que el usuario quiera moverse en forma rápida y segura su principal función es el de servir de apoyo a los brazos en los momentos que no requiera movilizarse.
Reposapiés	Su principal función es el de servir de apoyo a las extremidades inferiores estas deben ser rígidas para el soporte del peso.

**Fuente:** Sánchez Quezada, J. F. y Sánchez Quezada, J. I. (2020).

## Silla de ruedas Eléctrica

De acuerdo Avellán y Urbina (2018) la silla de ruedas es aquella que es impulsada por una fuerza eléctrica estas a su vez pueden ser de tracción delantera, trasera o total a su vez se pueden distinguir tres tipos de sillas de exterior, interior y la silla mixta.

## Sistemas eléctricos adaptables a la silla de ruedas

Según el estudio de Guanga y Zapata (2017) presentan el desarrollo de un prototipo de tricótomo a partir de la utilización de una motocicleta convencional afirmando que esta le permitirá de alguna manera mejorar su independencia aportando a sobrellevar sus

problemas de movilidad y reintegrándolo a la sociedad como una persona económicamente activa.

Por otra parte, el estudio investigativo realizado por Avellán y Urbina (2018) proponen un prototipo el cual nace a partir de la utilización de una silla de ruedas de tránsito con una adaptación electromecánica garantizando una correcta funcionalidad con materiales de fácil acceso e incluso reciclando partes de equipos ya en desuso. Disminuyendo sus costos con relación a las sillas eléctricas existentes en el mercado, ofreciendo una propuesta innovadora a la sociedad discapacitada.

González (2019) propone un sistema de asistencia de propulsión el mismo que será incorporada en la silla de ruedas de las personas lo que aportara en su movilidad especialmente en terrenos de difícil circulación, de esta manera podrían disminuir el desgaste de sus articulaciones superiores.

## **Diseño**

De acuerdo a Mott (2006) el diseño consiste en la selección de los elementos o componentes más adecuados para cumplir un fin o una función determinada esta selección debe ser la más adecuada por cuanto de esta dependerá su funcionalidad.

## **Selección de materiales**

Nisbett y Budynas (2008) indica que la selección del material adecuado para la construcción de una máquina o algún elemento que la compone es de gran importancia por cuanto de esta dependerá su funcionalidad y sus beneficios, físico, y económico.

## **Motores**

“Los motores son máquinas que transforman un tipo de energía, como la eléctrica, química o potencial, en energía mecánica usada para generar movimientos de rotación o translación” American Heritage Dictionary (2005, p.25). Así mismo, Harper (2005) señala que un motor eléctrico convierte energía eléctrica en mecánica, sin requerir una explosión

o combustiones el cual es a través de un campo magnético y una corriente, como resultado se obtiene una fuerza determinada.

## **Engranajes**

Según el estudio de Rodríguez y Ramírez (1981). Lo engranajes son u siete que permite la transmisión de la fuerza y el movimiento rotativo por medio de los mecanismos de contacto directo.

## **Controlador de velocidad**

Los controles de velocidad o convertidores son utilizados en los motores con la finalidad de obtener un mayor control siendo este más versátil y eficiente Ros Fernández (2015).

## **Plato o engranaje**

El plato es el factor determinante en la velocidad que se requiere es decir mientras más grande sea este menor será la velocidad, pero la ventaja de esto es que la potencia se ve incrementada (Morales, Ribera y Rodríguez, 2015).

## **Cadena**

“La cadena de transmisión tiene determinado su paso por el piñón. Los requisitos que debe cumplir son esencialmente de resistencia a los esfuerzos a los que será sometida. Su longitud debe ponerse en relación a la distancia entre el eje del piñón y la corona para permitir un adecuado tensado de esta” (Morales, Ribera y Rodríguez, 2015, p.72).

## **Baterías**

Las baterías son un dispositivo electroquímico que transforma la energía química en eléctrica. El proceso de transformación de las baterías es reversible, puede ser cargada y descargada repetidas veces, la batería es uno de los componentes principales del

monopatín eléctrico, porque son las encargadas de dar energía a todo el sistema. (Valencia, 2018)

## **Cables**

Con relación a los cables se recurre a la caracterización del cable eléctrico: Por lo que respecta al cable eléctrico, este viene caracterizado por su color y sección. Un cable conductor está formado por un núcleo de hilos de cobre como elemento conductor y recubierto por un aislante flexible. El color del aislante ayuda a su localización para su montaje y reparaciones, tanto en el vehículo como en los esquemas eléctricos. No existe una normativa de colores común a los fabricantes, ya que cada uno utiliza los colores según su propio criterio. De todos modos, el color rojo siempre se ha identificado con el positivo y el negro con el negativo, lo cual suele respetarse en el cableado de batería, alternador y motor de arranque (Vidal, Más y González, 2014, p.124).

Según Vidal, Más y González (2014) los elementos de control permiten controlar el funcionamiento de un circuito eléctrico permitiendo abrirlo o cerrarlo, entre los elementos más usados en el ámbito automovilístico tenemos. El interruptor mecánico, el conmutador, pulsadores y los interruptores presostáticos y lumínicos.

## **MÉTODO**

El presente artículo tiene un diseño no experimental, por cuanto no se manipuló intencionalmente las variables planteadas y transversal por cuanto la información se la recolecta en un tiempo determinado (Rodríguez y Mendivelso, 2018). Es de tipo exploratorio y descriptivo puesto que el análisis consiste en especificar las propiedades características del objeto de estudio y las condiciones que se manifiesta (Rodríguez y Cabrera, 2007). La técnica para la recolección de la información es la encuesta. Se aplicaron 100 encuestas cuya estructura está conformada por 16 preguntas relacionadas con el tema de estudio (Rositas, 2014).

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Universo de estudio y tratamiento muestral

El universo de estudio de la presente investigación esta conforma por los niños, adolescentes, jóvenes y adultos con paraplejia que en total se identifican 9838 personas. Sin embargo, por la dificultad de acceso se procederá a calcular una muestra, para ello se utiliza una técnica de muestreo probabilístico para la población conocida, en la que se aplica la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

En donde:

Z = intervalo de confianza del 95%; 1,96

p = probabilidad de éxito; 0,5%

q = (1-p) probabilidad de fracaso; 0,5%

N = tamaño de la población objetivo

n= tamaño de la muestra

E= error admitido 5%

$$n = \frac{1.96^2 * 9838 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (9838 - 1) + 3,84 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 369$$

Por consideración específica del entorno de la pandemia del Covid-19 que produjo un distanciamiento social obligatorio, se presenta inconvenientes con los sujetos de investigación que conspiraron a levantar las encuestas en el tamaño de la muestra determinada. En esta virtud, se recurrió a lo que Guerra y Ponce (2014) recomiendan respecto al tamaño de muestra mínimo aplicable en este tipo de escenarios. En estudios estadísticos descriptivos e inferenciales donde se levanta información alrededor de variables de investigación y de control, el tamaño mínimo de la muestra es de 100 sujetos de investigación.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Tratamiento de la información



**Figura 2:** Proceso de recolección de información

**Fuente:** Los autores.

La Figura 2 nos expone tres etapas que atraviesa el estudio. En la primera etapa comprende la recolección de información bibliográfica con respecto a los diferentes factores que intervienen en el desarrollo de las actividades diarias de las personas con paraplejia, y los diferentes estudios científicos ya existentes con relación al tema de investigación. En la segunda etapa aplicación de una encuesta con el fin de conocer las diferentes limitaciones que las personas con paraplejia tienen al usar una silla de ruedas convencional y cuáles son los beneficios que les aportaría el contar con un sistema de propulsión eléctrica adaptable a su silla de ruedas. (Anexo 1). En la tercera etapa a través de la información recabada se plantea una propuesta de un sistema eléctrico de propulsión mecánica adaptable a las sillas de ruedas de las personas en estado parapléjico ajustándose a las necesidades que se pudo detectar en la recolección de la información.

## RESULTADOS

Luego de aplicar la encuesta a la muestra de estudio se conoce los factores de gran importancia tales como: que el 81% de las personas solo algunas veces pueden tomar sus propias decisiones con respecto a las actividades que desea realizar en su vida diaria, el 38% y el 17% de los entrevistados se le es muy difícil conseguir ayuda de un tercero para movilizarse en distancias agrandes. El 73% de los entrevistados tiene dificultades al movilizarse por cuanto la ubicación geográfica de su vivienda con respecto a pendientes leves o pronunciadas no le facilita su movilidad.

Al indagar sobre algún tipo de lesión que ha sufrido por el uso de su silla de ruedas convencional puede determinar que 100% de los entrevistados han sufrido algún tipo de lesión y que el 88% de los entrevistados han pasado por algún caso de fatiga grave al movilizarse en distancias grandes. Con respecto al conocimiento sobre las sillas de ruedas eléctricas el 100% de los entrevistados si tienen conocimientos sobre estas, pero al indagar si conocen sobre algún tipo de Sistema que podría ser incorporado a su silla de ruedas actual el 100% no conocen sistema alguno.

Con respecto al ingreso real que actualmente posee puede determinar que el 94% de los entrevistados han intentado adquirir una silla de ruedas con sistema eléctrico y que el 100% de los entrevistados han desistido de esta adquisición por factor económico, afirmando que su poder adquisitivo el 38% está entre los rangos de \$201 a \$300 que el 29% se encuentra entre los rangos de \$100 a \$200 dólares mientras que el 26% entre los rangos de \$301 a \$400 dólares y finalmente solo el 7% está sobre los rangos de \$401 a \$500 dólares Americanos.

Finalmente, al indagar sobre los beneficios de este estudio el 100% de los entrevistados consideran que un Sistema de propulsión eléctrica contribuiría de gran medida a su independencia y facilitaría sus actividades diarias de igual manera estarían interesados en instalar un sistema eléctrico en su silla de ruedas actual y que el llevar a cabo este

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

estudio sería de gran importancia para las personas que actualmente atraviesan una discapacidad motora como la paraplejía.

## PROPUESTA

La silla manual ha sido utilizada desde hace mucho tiempo, pero tras los avances tecnológicos éstas han sufrido distintas modificaciones e incluso hoy existen sillas de ruedas inteligentes con un sistema informático de repunte que le permite a las personas con paraplejía desplazarse de un manera más cómoda y fácil en su entorno. Sin embargo, el adquirir una de estas sillas representa un deseo poco real para algunas personas por no decir la mayoría ya que sus costos sobrepasan sus ingresos actuales. Sin embargo todos desearían tener la posibilidad de adquirir un sistema eléctrico que pueda ser incorporado a su silla de ruedas actual que conlleve un bajo costo es por ende que se lleva a cabo la Propuesta de elaborar un sistema eléctrico para silla de ruedas económicas destinadas a personas parapléjicas, cuyos implementos están hechos con un porcentaje de materiales reutilizados los mismos que permitirán disminuir su costo beneficiando espacialmente a las personas con bajos recursos económicos.

### Estructura básica de la silla de ruedas de propulsión manual



**Figura 3:** Silla de ruedas estructura básica.

**Fuente:** Los autores.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Materiales a usar en el desarrollo de la propuesta del sistema eléctrico para la silla de ruedas

**Tabla 6:**  
Materiales.

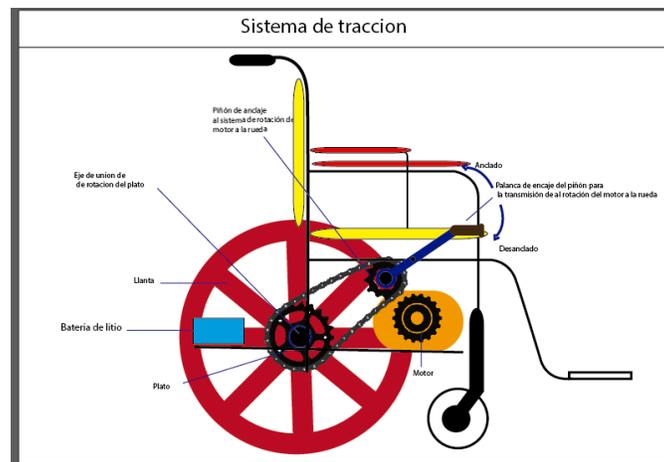
1 motores		“Motor es toda máquina que transforma una energía de otro tipo en la entrada, en energía de salida mecánica. El elemento de salida es un eje normalmente. Entre los diferentes tipos de motores se encuentran los motores eléctricos, los cuales reciben energía eléctrica y la transforman en mecánica” DE, E., ENERGÉTICA, E., ELÉCTRICOS, M., EL SALVADOR, I. N., DE, P. D. L., NO, E. R., & DE, C. T. F. (2018).	Motor de 24V, Potencia de 500 Watts
1 controlador de velocidad		Es un equipo que tiene la función de controlar la velocidad, transformando el voltaje y la frecuencia en los motores	
2 Engranajes		“Es un sistema técnico que consiste en un conjunto de ruedas dentadas, que permiten transmitir movimiento y potencia de un eje a otro. Para realizar estas transmisiones los dientes de la una de las coronas acoplan con los espacios entre dientes de la otra” Galindo López, S. (2009).	De 24 y 12 dientes
1 platos de bicicleta		Trasmite el movimiento continuo de los pedales a las llantas traseras, este será utilizado para transmitir el movimiento del motor reductor a las llantas traseras de la silla de ruedas.	Dos platos de disco de 64 mm.
1 cadenas de bicicleta		Una cadena de bicicleta es la parte del dispositivo mecánico que permite la transmisión de la potencia de tracción entre los pedales a la llanta trasera, esta será utilizada para transmitir la rotación del motor a las ruedas traseras de la silla de ruedas.	
Alambre		Conductores de energía, este lo usaremos en el ensamble del sistema eléctrico entre la batería a los motores y de los motores a los elementos de control.	Cable numero 12
2 pulsadores		“Son elementos de bajo poder de corte, cierran y abren circuitos, solamente cuando son accionados por un operador, recuperando su posición inicial tan pronto son accionados” Lourido Vélez, M. V., & Mondragón Manzano, H. (1997).	
1 conmutador		Es parecido a un interruptor, pero con más funciones, ya que se encarga de abrir un circuito a la vez que se cierra otro, a este lo utilizaremos para cambiar la polaridad del circuito produciendo la rotación de los motores en sentido contrario produciendo la tracción trasera.	

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

1 batería de litio		“Batería de Litio, también denominada batería Li-Ion, es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica.	Baterías 24 Voltios/40 AH
--------------------	---	--	---------------------------

**Fuente:** Los autores.

### Sistema de tracción

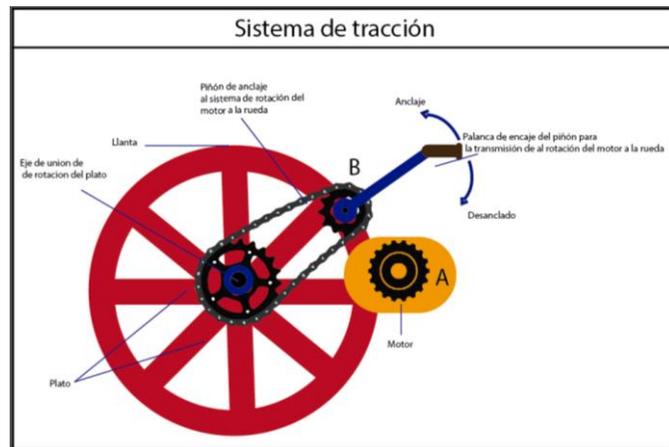


**Figura 4:** Ensamble del sistema de tracción a la silla de ruedas.

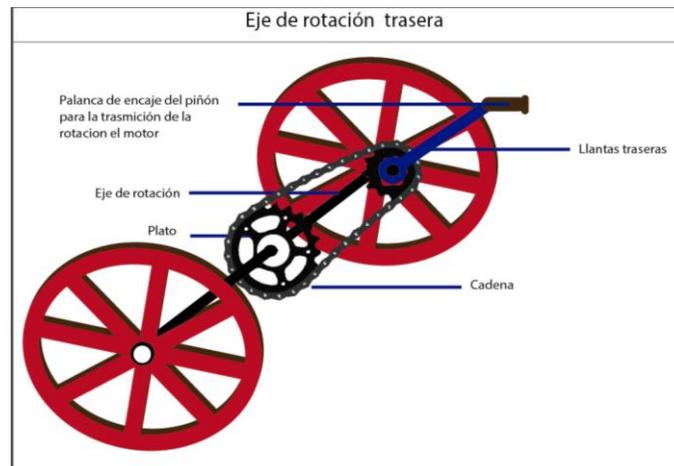
**Fuente:** Los autores.

El sistema de tracción (Figura 4) está conformado por dos elementos independientes que al unirse por la interacción de una palanca en cuyo extremo se ubica un piñón el cual permite que la fuerza ejercida por el motor y transmitida por el piñón A se traslade al piñón B (Figura 5), ubicado en el eje de las ruedas traseras (Figura 6) a través de una cadena de bicicleta, este sistema permite que el ocupante tenga la capacidad de convertir su silla en convencional o eléctrica utilizando la misma de la manera más adecuada para el entorno en que desarrolla sus actividades.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz



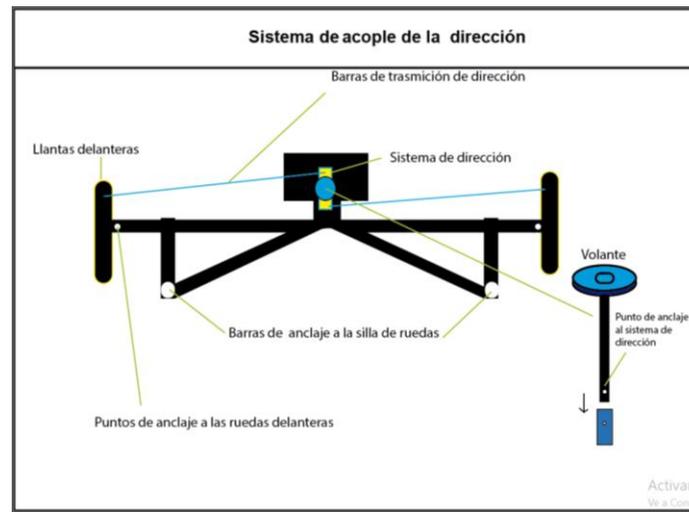
**Figura 5:** Sistema de tracción.  
**Fuente:** Los autores.



**Figura 6:** Eje de rotación trasera.  
**Fuente:** Los autores.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Esquema del ensamble del sistema de dirección



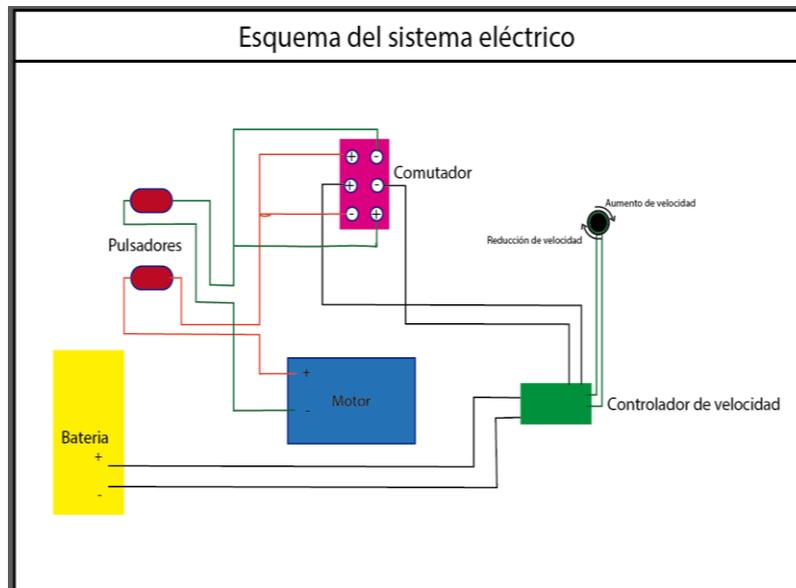
**Figura 6:** Sistema de dirección.

**Fuente:** Los autores.

El sistema de dirección (figura 6) está compuesto por una barra que une a las dos llantas delanteras en un centro giratorio y está a su vez a una barra que sirve de base para el volante o timón el mismo que tiene la característica de poder ser conectado al ser necesario y desconectado al no requerir su uso.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

## Circuito eléctrico

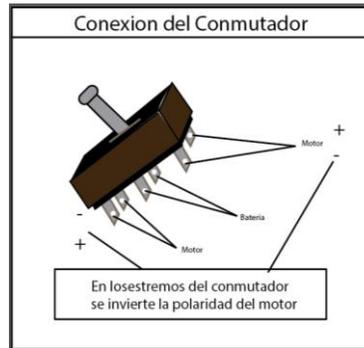


**Figura 7:** Ensamble del circuito eléctrico.

**Fuente:** Los autores.

El sistema eléctrico (Figura 7) está compuesto por una batería cuyo polo negativo y positivo estarán conectados al controlador de velocidad (+ con + y – con -) el mismo que permite regular la velocidad requerida por el motor, el controlador está conectado al conmutador en los puertos centrales (Figura 8) el cual está conectado en cada uno de sus extremos los polos del motor con la variable que en uno de los extremos se cambiara la polaridad lo que nos permite proporcionarle a la silla de ruedas el movimiento de frente y reversa, posteriormente las dos líneas positivas que van del conmutador al motor el paso de corriente se verá interrumpido por los pulsadores los cuales al ser presionados permitirán el paso de la energía de la batería al motor cabe mencionar que cada pulsador tiene su función específica al ser presionado (tracción frontal, tracción trasera) dependiendo de la posición en que se encuentre el conmutador.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz



**Figura 8:** Conmutador.  
**Fuente:** Los autores.

**Tabla 7**  
 Presupuesto del material requerido para el prototipo en la ciudad de Loja.

Elemento	Estado	Unidades a utilizar	Costo de la unidad	Costo total
Motor	Usado	1	60	60
Controlador de velocidad	Nuevo	1	30	30
Platos	Usados	1	4,5	4,5
Batería de litio	Nueva	1	38	38
Pulsadores	Nuevos	2	5	10
Conmutador	Nuevos	1	1	1
Cadenas	Usadas	1	5	5
Alambre	Nuevo	12 metros	0.78	9.36
Piñones	Usados	2	5	10
Tubo circular de acero	Nuevo	1	6,5	6,5
Soldadura	Nueva	1	5.50	5.50
Puños de bicicleta	Nuevo	1	13	26
<b>Total</b>				<b>2065.86</b>

**Fuente:** Los autores.

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

La tabla 7 muestra el presupuesto aproximado del costo para llevar cabo la propuesta del sistema eléctrico el mismo que representa un valor muy por debajo del costo comercial que involucra el adquirir una silla de ruedas con sistema eléctrico.

## **CONCLUSIONES**

La realización del presente trabajo y el análisis de los resultados alcanzados, permiten plantear las siguientes conclusiones considerando los objetivos que se propusieron al inicio del mismo.

La construcción del sistema eléctrico con materiales reutilizados disminuye considerablemente el costo de fabricación lo que permite su adquisición especialmente a las personas con bajos recursos económicos.

El uso del conmutador para invertir la polaridad suprime la necesidad de adquirir elementos a mayor costo.

El sistema eléctrico propuesto es de fácil ensamblado permitiendo a los propios usuarios llevarlo a cabo sin ser necesario el requerir mano de obra calificada en el área de sistemas.

La propuesta planteada en el diseño de tracción permite al usuario contar con la posibilidad de convertir la silla convencional a eléctrica y viceversa según los requerimientos del usuario, a través de la palanca de anclaje de la rotación del motor a las ruedas traseras (Figura 4).

## **FINANCIAMIENTO**

No monetario.

## AGRADECIMIENTO

A la Unidad Académica de Posgrados de la Universidad Católica De Cuenca por el aporte profesional del que me permite ser parte y brindarme las herramientas y facilidades para lograr su culminación con éxito.

## REFERENCIAS CONSULTADAS

- Avellán Campos, A. E., & Urbina Silva, M. A. (2018). Diseño de prototipo de una silla de ruedas eléctrica partiendo de un modelo de silla de ruedas tipo tránsito. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Ingeniería). <https://ribuni.uni.edu.ni/2441/>
- American Heritage Dictionary (Ed.). (2005). The american heritage science dictionary. Houghton Mifflin Harcourt.
- Calle Serrano, D. M., & Romero Vera, A. N. (2021). Paciente diagnosticado de paraplejia y sus complicaciones. Recuperado de <https://n9.cl/w256q>
- Martínez Pabón, L., & Hernández Ángel, V. (2013). Representaciones Sociales De La Silla De Ruedas Para La Persona Con Lesión Medular. *Revista Colombiana De Rehabilitación*, 12(1), 96-102. <https://doi.org/10.30788/RevColReh.v12.n1.2013.47>
- Galindo López, S. (2009). Diseño y análisis de resistencia de materiales en engranajes cónicos espirales e hipoidales (Bachelor's thesis, Universidad EAFIT). <https://core.ac.uk/download/pdf/47245003.pdf>
- Gómez, F. P. (1999). Sillas de ruedas. Características técnicas y antropometría. *Rehabilitación: Revista de la Sociedad Española de Rehabilitación y Medicina Física*, 33(6), 401-407.
- Guanga Balseca, R. S., & Zapata Ramos, D. I. (2017). Implementación de un prototipo de tricimoto para personas con paraplejía. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4384>
- González Estrada, S. (2019). Sistema de asistencia a la propulsión para sillas de ruedas convencionales. Recuperado de <https://n9.cl/1387p>

- Guerra, S. y Ponce, R. (2014). *Análisis Multivariante: Modelización de Ecuaciones Estructurales. Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a la Investigación en Ciencias Sociales*. Editorial Estudios de Economía y Sociología. Monterrey, México.
- Harper, G. E. (2005). *El Libro Practico De Los Generadores, Transformadores Y Motores Electricos/The Practical Book of Generators, Transformers and Electical Motors*. Editorial Limusa.
- Moreno-Fergusson, M. E., & Rey, M. C. D. P. A. (2012). Cuerpo y corporalidad en la paraplejia: significado de los cambios. *Avances en Enfermería*, 30(1), 82-94.
- Morales Perdomo, A., Ribera Carné, D., & Rodríguez Mestres, M. (2015). Motorización independiente de una silla de ruedas (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya). <https://n9.cl/zib6ae>
- Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas. Recuperado de <https://n9.cl/l3bb>
- Nisbett, R. G., & Budynas, R. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México. Editorial McGraw-Hill Interamericana.
- Rodríguez, M., y Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de corte transversal. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 141-146.
- Rodríguez, M. C. M., y Cabrera, I. P. (2007). Tipos de estudio en el enfoque de investigación cuantitativa. *Enfermería Universitaria*, 4(1), 35-38.
- Rositas Martínez, J. (2014). Los tamaños de las muestras en encuestas de las ciencias sociales y su repercusión en la generación del conocimiento (Sample sizes for social science surveys and impact on knowledge generation). *Innovaciones de negocios*, 11(22), 235-268.
- Querejeta González, M. (2012). Discapacidad y Dependencia. Unificación de criterios de valoración y clasificación. <http://riberdis.cedd.net/handle/11181/3397>
- Sánchez Quezada, J. F., & Sánchez Quezada, J. I. (2020). Diseño de un prototipo de handbike con asistencia eléctrica acoplable a una silla de ruedas. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18874>

Segundo Leonardo Delgado Cuenca; Juan Solis-Muñoz

Vizuite Andrade, R. D. (2016). Diseño de una silla de ruedas eléctrica articulada con Posicionamiento Vertical–horizontal para beneficio de las Personas con Discapacidad Física. (Bachelor's thesis, Quevedo UTEQ). <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1625>

Vidal, F. J., Más, J. J., & González, M. Á. (2014). Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad. Editorial Editex.

Valencia Rodríguez, A. J. (2018). Análisis del comportamiento de un motor eléctrico, adaptado a una motocicleta, bajo características de torque, potencia y velocidad. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2871>

©2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).