

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DE UNA PLATAFORMA PARA BUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA QUE FACILITE EL ACCESO DE PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS

Quingla, Jimmy.

jjquinglag@utn.edu.ec

Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Resumen—El presente artículo se orienta a las personas que utilizan sillas de ruedas en la ciudad de Ibarra y que no hacen uso del transporte de buses urbanos debido a que no pueden acceder al interior de este, a pesar de que cuenta con el espacio asignado en el interior del bus, una forma de ayudar al problema de movilidad de estas personas es implementar un sistema en el bus que permita brindarles accesibilidad otorgándoles los mismos derechos y calidad de vida que cualquier ciudadano, se determinó que el sistema óptimo para realizar este trabajo es una plataforma, sin necesidad de realizar ninguna modificación a la estética del bus, el mismo que puede ser acoplado en cualquier bus de tipo urbano.

Se definieron los requerimientos de la plataforma en base a la voz del cliente y normativas INEN para buses urbanos, con base en esta información se determinó el material, la geometría del dispositivo y elementos a implementarse. Se realizó el diseño mecánico teórico y se comparó dichos resultados con los resultados obtenidos con un software de diseño, obteniendo resultados similares. La construcción de la plataforma se realizó de acuerdo con los parámetros definidos anteriormente, incorporando las debidas seguridades para el uso confiable del sistema. Las pruebas de funcionamiento demuestran que la plataforma soluciona el problema planteado.

Índice de Términos—Plataforma, Mecánico, Buses urbanos, Silla de ruedas.

I. INTRODUCCIÓN

A partir del año 2007, el Estado Ecuatoriano marca cambios para la garantía de derechos de las personas con discapacidad con la generación de un marco normativo especializado, y es ratificada el 4 de marzo de 2008, cuyo propósito es promover,

proteger y asegurar el goce pleno y en condiciones de igualdad de todos los derechos humanos y libertades fundamentales de las personas con discapacidad, así como promover el respeto a su dignidad inherente [1].

Actualmente en el país existe un grupo considerable de ciudadanos con discapacidad física, según resultados obtenidos en el censo realizado por el Ministerio de Salud Pública en abril de 2015, en donde se señala que existen 203.880 discapacitados a nivel nacional, en Imbabura 5.916, y en el cantón Ibarra 2.494 [2] [8].

En la ciudad de Ibarra las personas que utilizan sillas de ruedas no hacen uso del transporte de buses urbanos debido a que no pueden acceder al interior de este, ya que no cuentan con un sistema que permita ingresarlos, a pesar de que cuenta con el espacio asignado en el interior del bus; dando como consecuencia que dichas personas no hagan uso de este medio de transporte sin obtener los mismos derechos y calidad de vida que cualquier otro ciudadano [3] [4].

Para poder solucionar adecuadamente este problema se recurrió a diferentes patentes, tesis y proyectos vinculados al problema los cuales ya estaban desarrollados, y de esta manera facilitar información que ayude a la solución de este problema planteado [5] [6] [7].

Al mismo tiempo se recopilará información de parte los buses urbanos y de esta manera analizar cuáles son las alternativas más viables para poder satisfacer sus necesidades y que ellos puedan brindar un servicio de calidad. Por último, recopilada toda esta información más los requerimientos de las normas INEN para buses urbanos se procederá a la elaboración de este proyecto.

II. METODOLOGÍA

El diseño que se propone en el presente proyecto tiene como propósito facilitar el acceso de las personas que utilizan silla de ruedas al interior de un bus urbano, pero al mismo tiempo satisfacer los requerimientos de las personas propietarias de buses urbanos, cuya actividad principal es brindar un servicio de calidad de transporte de pasajeros en la ciudad de Ibarra, así como el de cumplir con todas las normativas INEN 2205.

Requerimientos técnicos.

En la ciudad de Ibarra para que un bus urbano pueda prestar el servicio de transporte de pasajeros es necesario que las unidades cumplan con la normativa NTE INEN 2205 que es la encargada de regular las especificaciones técnicas que deben tener las carrocerías de buses urbanos a nivel nacional, dentro de esta normativa se detallan los requisitos que debe cumplir un sistema para que una persona que utilizan silla de ruedas pueda acceder al interior del bus urbano [10].

Los buses urbanos que circulan en la ciudad de Ibarra su tipo de chasis son de piso alto, que significa que su diseño de carrocería es un conjunto de peldaños para el ascenso y descenso de pasajeros, dado esto el sistema de acceso tipo rampa para bus o rampa para parada queda descartado ya que este solo se puede utilizar en carrocerías sin peldaños que son las utilizadas por los buses de chasis de piso bajo. Lo que nos deja con dos opciones de sistema de acceso de elevador o plataforma en el bus [11].

Los requerimientos de las personas propietarias de los buses urbanos son determinadas por medio de una herramienta del QFD (quality function deployment), denominada la casa de la calidad cuyo objetivo principal es de convertir los deseos y requerimientos del cliente en requerimientos técnicos que serán evaluados para determinar los de mayor importancia [12] [13].

Tabla 1. Casa de la calidad

Ver del Cliente	Ver de Ingeniería	Watts	Voltios	Presión	Tiempo de Energía	Unidad de Elementos Mecánicos	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Puertas	Empuje Propio	Componente 1	Componente 2	Objetivo	Indice de Madera	Punto de Vista	Seguridad	Resistencia	Incremento
Que sea de accionamiento Hidráulico-Eléctrico	D	9	3	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6,47
Que se acople al bus	B	3	9	9	1	1	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6,47
Que sea Seguro	B	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	20,30
Que el tiempo de abordaje y desembarque sea alrededor de 2m	D	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5,82
Que sea de fácil mantenimiento	B	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	21,55
Que no interfiera con la función de Salida de pasajeros	B	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	20,30
Que no dañe la estética del bus	D	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5,82
Debe cumplir la NTE INEN 2205 item h.3.3.3	B	3	9	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	13,47
Incidencia		247	57	253	178	197	177	290	243	1979										461
Incidencia %		16	4	15	11	9,9	11	18	15	100										

Para saber los requerimientos se recurrió a realizar encuestas dirigidas a los propietarios de buses urbanos de la ciudad de Ibarra, las cuales nos arrojó las siguientes características que debe presentar el sistema:

- Que sea de accionamiento Hidráulico-Eléctrico
- Que se acople al bus
- Que sea Seguro

- Que el tiempo de abordaje y desembarque sea alrededor de 2min
- Que sea de fácil mantenimiento
- Que no interfiera con la función de Salida de pasajeros

Conocido esto se procedió al análisis de los requerimientos y deseos del cliente y a traducirlos en especificaciones técnicas:

- Potencia
- Toma de Energía
- Diseño de Elementos
- Velocidad de Operación
- Tiempo de mantenimiento
- Dimensiones
- Elementos
- Fuerza

Por requerimiento del cliente se debe diseñar un sistema de acceso que no interfiera con la función de salida de pasajeros y que no dañe la estética del bus.

Dado estos antecedentes el sistema no debe alterar la carrocería del bus, tampoco se deben realizar muchas modificaciones que alteren la estructura del bus, y no deben obstruir o suspender las puertas traseras, para que cuando el sistema no se esté utilizando este pueda seguir con su función de salida de pasajeros.

Por lo tanto, el sistema que cumple con estos requerimientos es la plataforma, dado que un elevador necesita de muchas modificaciones a la estructura y carrocería del bus.

Diseño conceptual.

En esta parte se parte de los requerimientos técnicos, para originar diversas alternativas de solución para luego ser evaluadas y elegir a la más adecuada. Como principio se obtiene un principio de solución evaluado y validado convenientemente [12].

Análisis funcional.

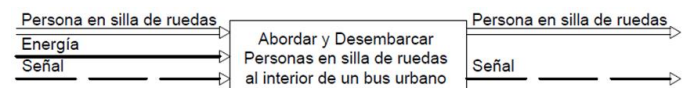


Figura 1. Nivel 0

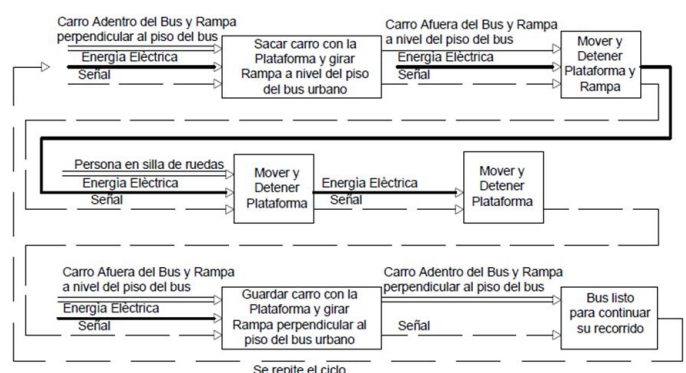


Figura 2. Nivel 1

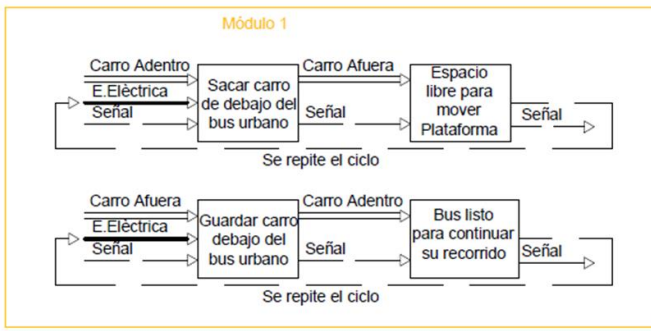


Figura 3. Nivel 2-Módulo 1

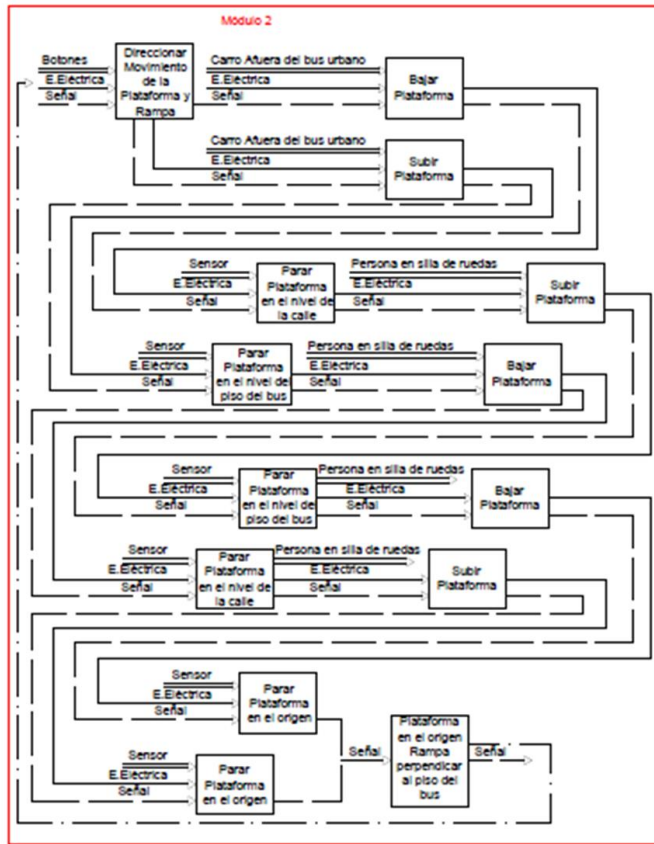


Figura 4. Nivel 2-Módulo 2

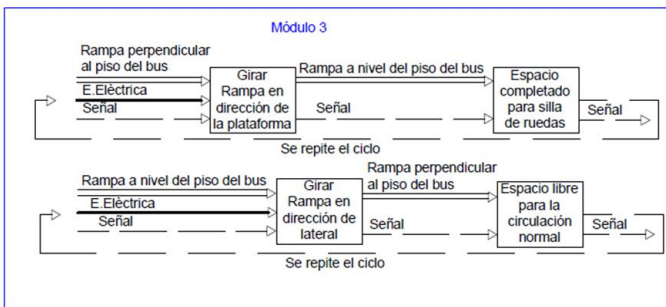


Figura 5. Nivel 2-Módulo 3

Análisis modular de soluciones

La modularidad consiste en definir varios bloques funcionales o constructivos, que ayudan enormemente para el diseño en: reducción de costos, mantenimiento, facilidad de producción entre otros [12] [13].

Al analizar los diagramas funcionales de cada etapa del proceso, se llega a establecer tres conjuntos principales de funciones:

- Sacado y Guardado de la plataforma del bus urbano (Módulo 1)
- Subida y Bajada de la plataforma de la parada al interior del bus urbano (Módulo 2)
- Completado de espacios para el acceso al bus (Módulo 3)

Análisis modular de soluciones

En las siguientes figuras 6, 7 y 8 se muestran la combinación de las soluciones para cada una de las funciones que conforman la plataforma, las combinaciones realizadas son las que muestran compatibilidad de componentes en busca de la que mejor se acondicione y ajuste a las exigencias de requerimientos dados por el cliente y por la normativa.

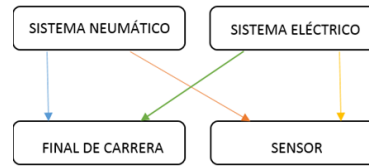


Figura 6. Soluciones módulo 1

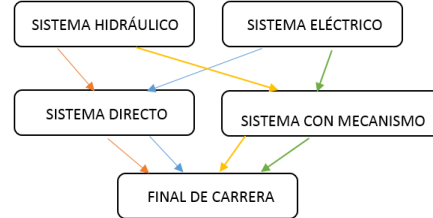


Figura 7. Soluciones módulo 2

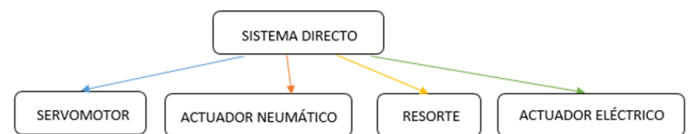


Figura 8. Soluciones módulo 3

ALTERNATIVA1, ALTERNATIVA2, ALTERNATIVA3, ALTERNATIVA 4.

Método de selección

Matriz de criterios ponderados

En la tabla 2 se muestra la matriz de criterios ponderados donde se asigna el valor de 1 si el criterio de la izquierda influye más con respecto al de la derecha en el diseño, 0,5 si influyen de la misma manera y 0 si es de menor influencia.

Tabla 2. Matriz de criterios ponderados

CRITERIOS	Potencia	Toma de Energía	Diseño	Velocidad de Operación	Tiempo de mantenimiento	Dimensiones	Elementos	Fuerza	$\Sigma+1$	PONDERACIÓN
Potencia	1	1	1	1	1	1	0	1	7	0,194
Toma de Energía	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,028
Diseño	0	1	1	1	1	1	0	0,5	5,5	0,153
Velocidad de Operación	0	1	0	1	0,5	0	0	0	3,5	0,097
Tiempo de mantenimiento	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0,056
Dimensiones	0	1	0	0,5	1	0	0	0	3,5	0,097
Elementos	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,222
Fuerza	0	1	0,5	1	1	1	0	0	5,5	0,153
								SUMA	36	1

A continuación, se muestra en orden los criterios de incidencia desde el más relevante al menos relevante:

Elementos> Potencia> Diseño=Fuerza> Velocidad de Operación=Dimensiones> Tiempo de Mantenimiento> Toma de Energía

Disponibilidad de Elementos> Cantidad de Energía> Diseño=Fuerza> Velocidad de Operación=Dimensiones> Tiempo de Mantenimiento> Fuente de energía

Una vez obtenido se procede a evaluar el peso específico de las alternativas por cada criterio de incidencia, el cual da como resultado el orden de la alternativa más relevante a la menos relevante en cada criterio de incidencia, con los cuales se procede a calcular la mejor alternativa, el cual nos dio como resultado que la combinación de la alternativa 1 en los tres diferentes módulos es la mejor solución.

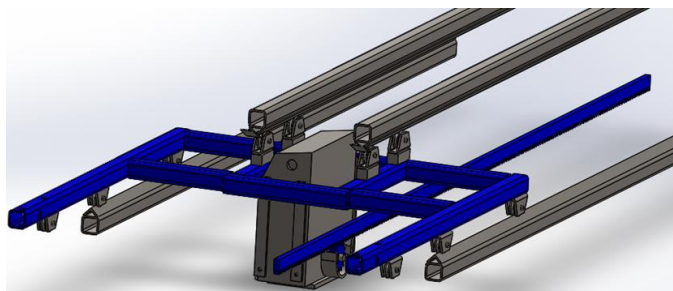


Figura 9. Alternativa 1 módulo 1

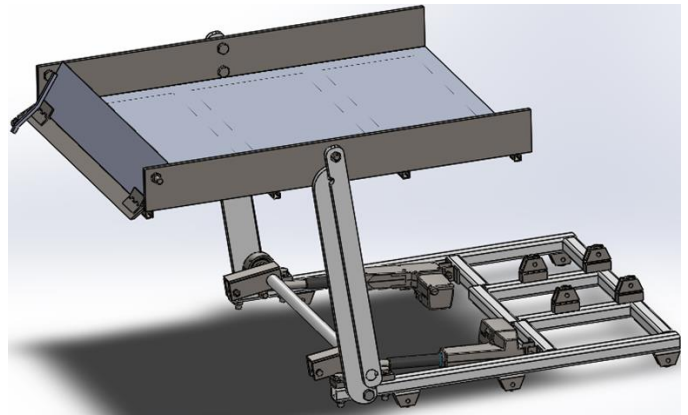


Figura 10. Alternativa 1 módulo 2

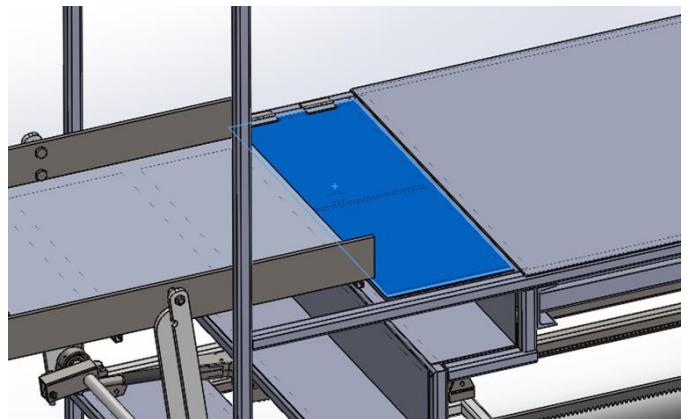


Figura 11. Alternativa 1 módulo 3

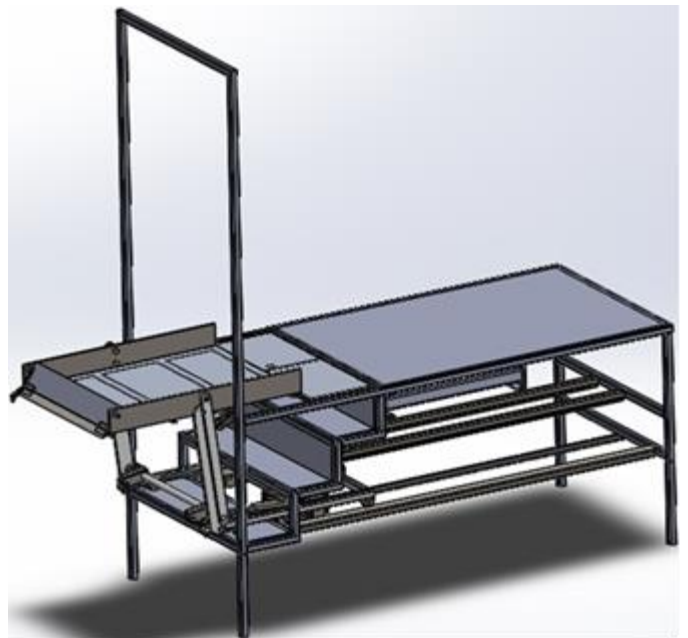


Figura 12. Propuesta de diseño sección de la puerta trasera bus urbano

Diseño mecánico

Como primer paso se calcula la longitud de las barras.

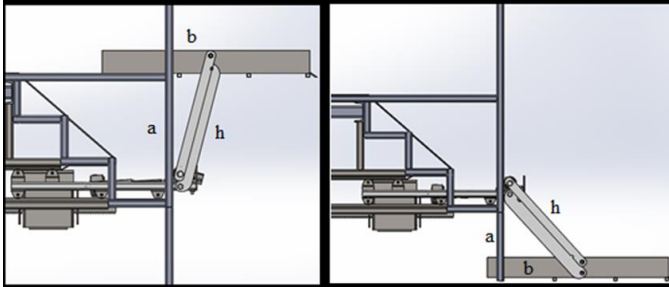


Figura 13. Posiciones de la plataforma

Primer caso	Segundo caso
a= 580 mm.	a=510 mm.
b= 270 mm.	b=340 mm.
h= 639,77 mm.	c=612,94 mm.

Como se puede observar la medida que debemos utilizar corresponde a la del primer caso ya que es la que necesita mayor distancia, por motivo de estandarización la longitud de centro a centro de agujero de nuestras barras será de 640 mm.

Llamamos carro a la estructura que soporta y transporta los actuadores lineales eléctricos y el sistema, entendiendo por sistema: el eje, el mecanismo de 4 barras paralelogramo articulado, la plataforma y la rampa [15].

El carro permite al sistema guardarse debajo del piso del bus, a través de la contrahuella del primer peldaño de la puerta trasera.

Para que el carro pueda trasladarse utilizaremos el sistema de apertura de los portones eléctricos de viviendas (motor de piñón-cremallera), dado que es un método desarrollado y optimizado de la mejor manera y que su funcionamiento se ha comprobado en muchas ocasiones, además de que se adapta al diseño y se encuentran disponible en el mercado [16].

El carro se desplazará a través de rieles los cuales son ángulos que están montados y soldados sobre tubos cuadrados, los cuales a más de servir como guías serán soportes del sistema ya que estos estarán soldados a la carrocería y chasis del bus.

Para determinar la cantidad de actuadores lineales eléctricos a utilizar para mover la plataforma nos basamos a la normativa RTE INEN 2205 donde en el literal 5.1.2.5 ítem 1 la capacidad de elevación debe ser de 200 kg. [10], por tal motivo el peso total a elevarse es:

$$P = 200 \text{ kg.} * 9,81 \text{ m./s.}^2$$

$$P = 1962 \text{ N}$$

El actuador lineal eléctrico tiene una capacidad de 6000 N, esta fuerza es transmitida a través de un acople en forma palanca hacia el eje por medio de una chaveta, el eje a su vez transmite esa fuerza hacia los brazos por medio de una chaveta

ubicadas en el extremo de cada lado del eje y en los orificios de los brazos [14].

El acople con respecto al brazo se encuentra a 90° , con estos antecedentes y conociendo previamente las longitudes del brazo procedemos a determinar la cantidad de actuadores que necesitamos para mover la plataforma [17].

$$T = F * d * \text{sen}\theta$$

$$\text{Trequerido} = 1962 \text{ N} * 0,64 \text{ m.} * \text{sen}90^\circ$$

$$\text{Trequerido} = 1255,68 \text{ N} - \text{m.}$$

$$\text{Tactuador} = 6000 \text{ N} * 0,105 \text{ m.} * \text{sen}90^\circ$$

$$\text{Tactuador} = 630 \text{ N} - \text{m.}$$

Se concluye que es necesario utilizar dos actuadores para mover la plataforma porque juntos generarían un torque de 1260 N-m.

Como se puede observar conocemos la fuerza que ejerce el actuador directamente en el perno que es de 6000 N, en este caso el perno está sometida únicamente a un esfuerzo cortante directo $\tau_{\text{máx}}$, con lo cual obtenemos el esfuerzo máximo que se presenta en el perno.

$$\tau_{\text{máx}} = 76,39 \text{ MPa}$$

El libro de diseño mecánico de Mott muestra los criterios de selección de coeficientes de seguridad, el coeficiente de seguridad debe ser igual o mayor a 2.5 que representa elementos con cargas dinámicas +/- confianza en los datos [20].

Se procede a calcular el factor de seguridad utilizando el perno DIN 8.8 de acero al carbono.

$$N = \frac{661,9 \text{ MPa}}{76,39 \text{ MPa}} = 8,66$$

Para el diseño de la plataforma y sus elementos como son las barras y pernos es necesario tomar en cuenta las medidas de la plataforma y sus puntos de apoyo, además de ello las medidas de la silla de ruedas y su distribución del peso en esta [9].

Una vez obtenida esta información se procede a realizar el diagrama de cuerpo libre en base al sistema de referencia de la figura 39 como se observa en la figura 40, en donde 981 N es un porcentaje de peso que se distribuye tanto en las ruedas delanteras como en las ruedas traseras de la silla de ruedas, $Ry2$ y $Rx2$ son las reacciones que se generan en el punto de apoyo 2, 415,45 N es el peso de la plataforma y F es la fuerza generada por la dirección de la plataforma.

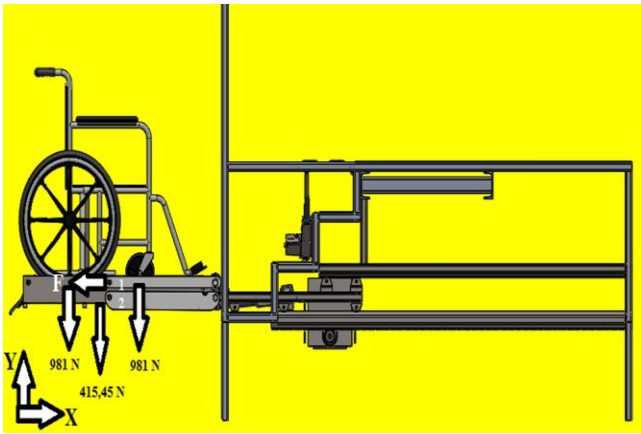


Figura 14. Sistema de referencia en el plano x-y

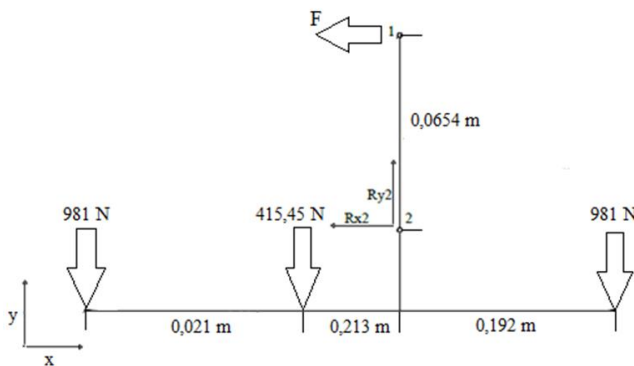


Figura 15. Diagrama de cuerpo libre en el plano x-y

El porcentaje de peso en las ruedas delanteras es del 50% y en las ruedas traseras es del 50%, para ello es necesario conocer el peso total que se va a soportar [18].

$$P_{\text{total}} = 200 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{total}} = 1962 \text{ N}$$

Las reacciones producto del peso total se calculan mediante ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento.

$$F = -1983,07 \text{ N}$$

$$R_{x2} = 1983,07 \text{ N}$$

$$R_{y2} = 2377,45 \text{ N}$$

Una vez identificado los valores de las reacciones se procede a determinar los esfuerzos que se generaran en los pernos [21].

$$\tau_{\text{máx}} = 15,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 184,77 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el factor de seguridad utilizando el perno DIN 8.8 de acero al carbono [19].

$$N = \frac{661,9 \text{ MPa}}{184,77 \text{ MPa}} = 3,58$$

Para diseñar las barras elevadoras principales y secundarias es necesario identificar los esfuerzos a las que están sometidas las barras, en este caso la barra está sometida únicamente a un esfuerzo de flexión σ_y esta varía según el ángulo en el que se encuentra dispuestas por lo cual es necesario analizar en su posición crítica.

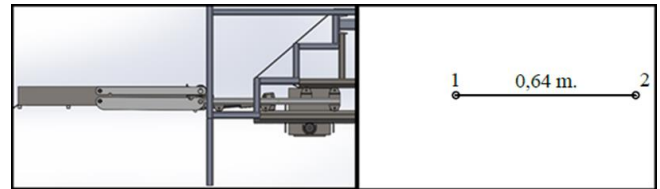


Figura 16. Posición crítica de las barras

Barra principal (Superior).

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1983,07 \text{ N}}{0,03 \text{ m} * 0,00735 \text{ m}} = 9 \text{ MPa}$$

Barra secundaria (Inferior).

$$\sigma_{\text{máx}} = 39,74 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el factor de seguridad utilizando platinas de acero AISI-1045.

Barra principal (Superior).

$$N = \frac{320 \text{ MPa}}{9 \text{ MPa}} = 35,56$$

Barra secundaria (Inferior).

$$N = \frac{320 \text{ MPa}}{39,74 \text{ MPa}} = 8,05$$

Para la selección del rodamiento, optamos por el rodamiento de rodillo cónico ya que cumple con todos los requerimientos técnicos y son apropiados para altas cargas radiales y cargas axiales, fue seleccionado mediante un catálogo, para ello fue necesario establecer el diámetro del perno en este caso de 16 mm.

Para diseñar el eje es necesario identificar los esfuerzos a los que está sometido el eje.

$$\tau_{\text{nom}} = 195,84 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 25,89 \text{ MPa}$$

El eje en sus extremos presenta una concentración de esfuerzos debido a un cambio de diámetro de 2 milímetros, este cambio de diámetro se presenta debido a una facilidad al momento de construir las barras. Para el eje se empleó el acero AISI-4340

$$\tau_{\text{máx}} = 391,67 \text{ MPa}$$

Para el diseño del carro es necesario tomar en cuenta las medidas de este y sus puntos de apoyo como se puede observar en la figura 55, además identificar los esfuerzos a los que está sometido, en este caso el carro está sometido a esfuerzo normal y momento flector σ_x y σ_y producido por las reacciones R_{x2} y R_{y2} que se encuentran en los puntos de apoyo de la plataforma y transmitida por las barras principal y secundaria hasta el carro.

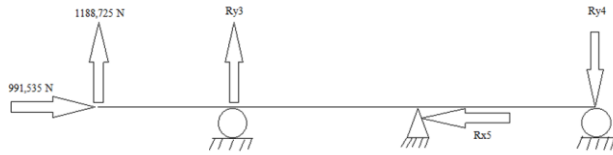


Figura 17. Diagrama de cuerpo libre en el plano x-y

Las reacciones producto de la reacción transmitida se calculan mediante ecuaciones de equilibrio de fuerza y momento.

$$R_{y4} = -190,03 \text{ N}$$

$$R_{y3} = -1378,76 \text{ N}$$

$$R_{x5} = 991,535 \text{ N}$$

Una vez identificado los valores de las reacciones se procede a determinar la fuerza cortante y momento flector.

$$V = 1188,73 \text{ N}$$

$$M = 139,68 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Conocido esto se procede a determinar los esfuerzos que se generan, en este caso está sometido a esfuerzo normal σ_y y momento flector σ_x .

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{139,68 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot 0,02 \text{ m}}{3,9572 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{991,535 \text{ N}}{3,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 3,26 \text{ MPa}$$

Se procede a calcular el factor de seguridad.

$$N = \frac{252 \text{ MPa}}{70,59 \text{ MPa}} = 3,57$$

Una vez obtenido el resultado se procede al análisis y comparación de los resultados obtenidos en los cálculos teóricamente con los registrados en el análisis de elementos finitos obtenidos en el programa de diseño asistido por computadora.

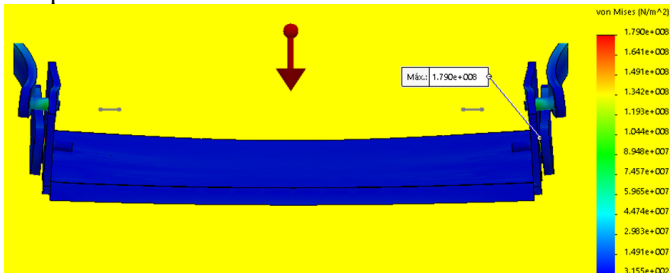


Figura 18. Esfuerzo máximo en la plataforma 179 MPa.

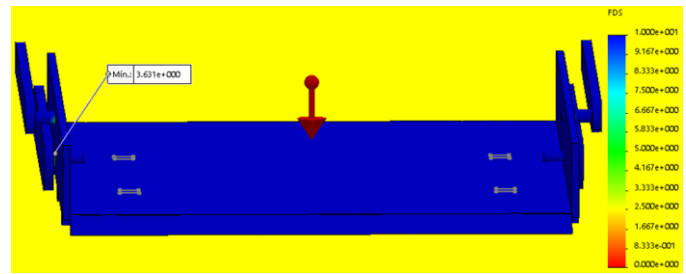


Figura 19. Factor de seguridad en la plataforma 3,63

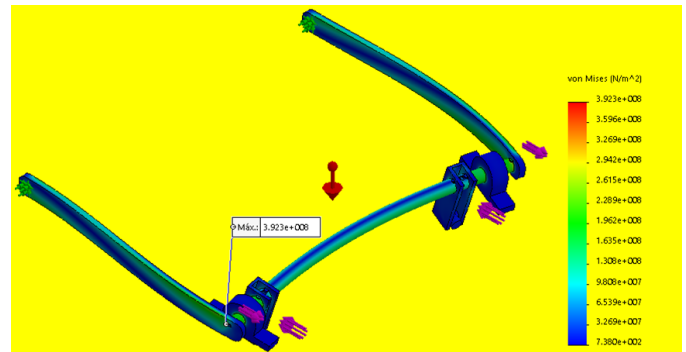


Figura 20. Esfuerzo máximo en el eje 3,92 MPa.

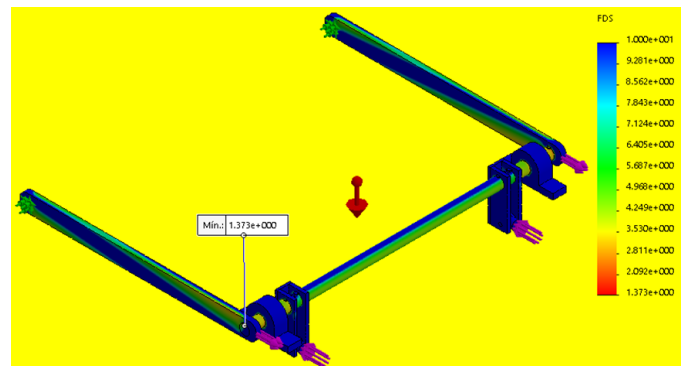


Figura 21. Factor de seguridad en el eje 1,37

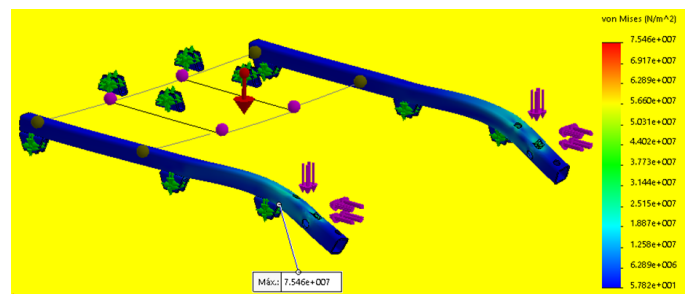


Figura 22. Esfuerzo máximo en el carro 75,5 MPa.

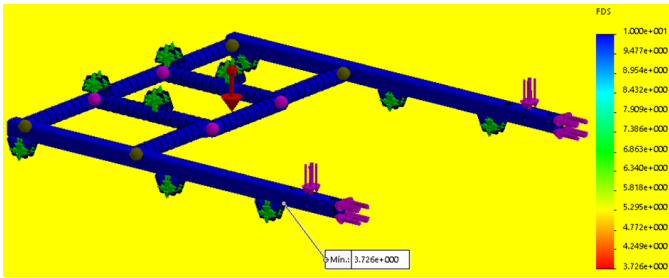


Figura 23. Factor de seguridad en el carro 3,73

En las figuras 25, 26 y 27 se puede observar los desplazamientos obtenidos con el análisis de elementos finitos, donde se consideró que los desplazamientos son mínimos y despreciables y no afectan a la seguridad del usuario.

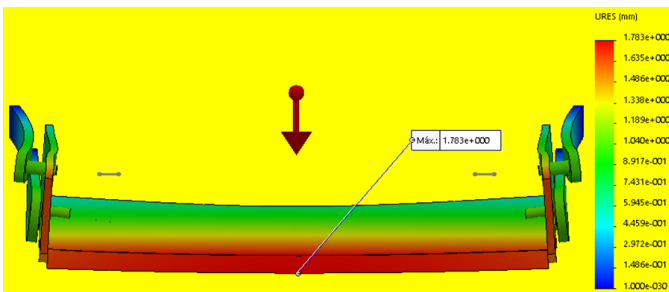


Figura 24. Desplazamiento en la plataforma 1,78 mm.

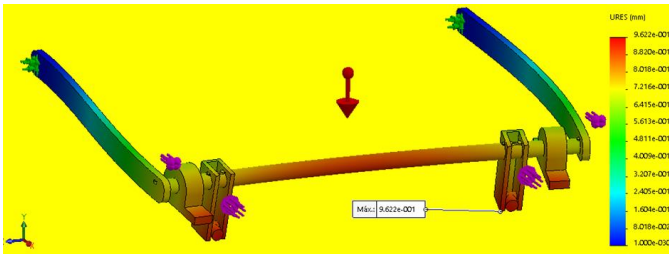


Figura 25. Desplazamiento en el eje 0,96 mm.

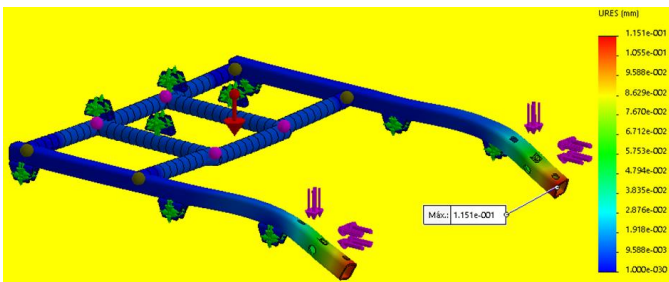


Figura 26. Desplazamiento en el carro 0,12 mm.

Como se puede observar en el diseño de los elementos más significativos del sistema al comparar los resultados obtenidos en los cálculos con los registrados en el análisis de elementos finitos se obtuvo que los resultados han sido similares, con márgenes de diferencias mínimos, por lo tanto, se concluye que los resultados calculados y dados en el programa de diseño asistido por computadora son correctos.

Construcción

Para la construcción de la plataforma el primer paso fue adquirir los materiales, una vez obtenido los materiales, se construyó la plataforma siguiendo los planos elaborados previamente.

El módulo, plataforma y todos los demás elementos cuenta con un tratamiento anticorrosivo que evita deterioro y por ende la oxidación de algún elemento expuesto.

La unión de todos los elementos se la realizó mediante una técnica de soldadura con electrodo refractario bajo atmósfera gaseosa (MIG).

III. RESULTADOS

Una vez descrita la construcción de la plataforma, es necesario comprobar si el sistema funciona cuando un usuario en silla de ruedas desea subir y bajar del bus urbano, para ello es necesario desarrollar un protocolo de pruebas en el cual, se podrá conocer si el sistema, satisface todas las necesidades planteadas y funciona de manera correcta.

Dentro del protocolo de pruebas se va a establecer seis áreas de control, las primeras tres por cada módulo del sistema, las cuales van a permitir observar el desempeño de la máquina, partiendo desde cada uno de sus componentes, y tres más para el funcionamiento completo del sistema sin peso, con el peso de la silla de ruedas y con el peso de la persona en la silla de ruedas.

Las pruebas realizadas dan como resultado la curva de tendencia mostrada en la figura, de la cual se puede concluir que el tiempo máximo que tardará en subir la plataforma es de 23 segundos, y el tiempo total del proceso varía de persona en persona con un tiempo medio estimado de 90 segundos.

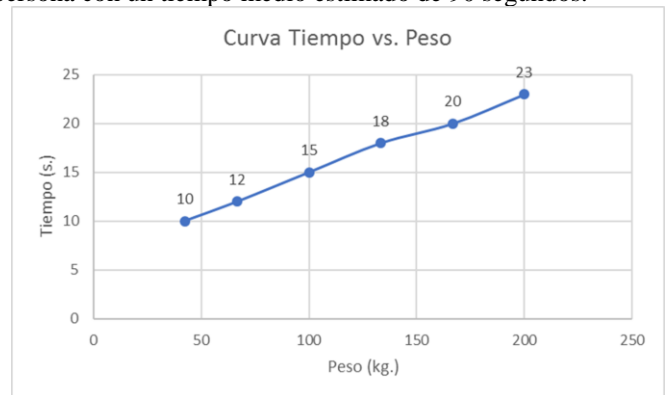


Figura 27. Curva de Tiempo vs Peso

IV. CONCLUSIONES

- El diseño conceptual facilita la consolidación de los parámetros que define el proceso y el análisis funcional permite establecer los módulos principales del sistema, mismos que constituyen las mejores combinaciones como alternativas de solución al problema planteado.
- Se construyó el sistema con materiales que son económicos, disponibles en el país y con buena soldabilidad, lo cual facilitó la manufactura del sistema, seleccionando los aceros ASTM A36, AISI 4340, AISI 1045.
- Se encontraron dificultades al momento de la construcción que no estuvieron previstos por motivos de falta de exactitud en la manufactura, sin embargo, el diseño previo permitió minimizar más inconvenientes que podían presentarse.
- Las pruebas de funcionamiento determinaron que el diseño no presenta ningún inconveniente al momento de llevar a cabo todo proceso de acceso de la persona en silla de ruedas, cumpliendo así con los parámetros dados por la norma y requerimientos del cliente, validando así el diseño.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la continuación del trabajo de grado con avances en la reducción del peso del sistema y el espesor de la misma.
- Se propone realizar un estudio de las características y medidas de los chasis y carrocerías de buses en el país, para una futura estandarización del sistema.
- Se sugiere estandarizar el diseño del sistema de manera que permita el uso del mismo en otro tipo de buses, tales como interprovinciales, escolares, entre otros.
- Se recomienda ocupar los espacios asignados dentro de la plataforma para la persona en silla de ruedas y no superar la carga máxima que puede mover esta.
- Se recomienda usar la plataforma únicamente en paradas de buses, calles o veredas con superficie plana y amplia; evitando su utilización en superficies de gran inclinación o poco espacio.

REFERENCIAS

- [1] M. C. Valarezo, «Ministerio de inclusión Económica y social, » 5 Julio 2013. [En línea]. Available: <http://www.inclusion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/Modelo-de-Atenci%C3%B3n-de-Discapacidades.pdf>.
- [2] CONADIS, «Registro Nacional de Discapacidades, » 2015. [En línea]. Available: http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/registro_nacional_discapacidades.pdf.
- [3] J. C. C. Hernandez, «Características y necesidades de las personas en situación de dependencia, » [En línea]. Available: https://books.google.com.ec/books?id=wMrKBAAQBAJ&pg=PA198&lpg=PA198&dq=caracteristicas+de+silla+de+ruedas+bimanual&source=bl&ots=Jq0aKjy3eO&sig=57eV_VaHtCxVEhMdeh3oDBFOurw&hl=es&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwiNuKj3y7nMAhUFwiYKHVZ3A8IQ6AEIHTAB#v=onepage&q=caracte.
- [4] M. d. I. E. y. S. d. Ecuador, «Ministerio de Inclusión Económica y Social del Ecuador, » 2015. [En línea]. Available: <http://www.inclusion.gob.ec/nuevo-mies/>.
- [5] C. F. B. GAVILANEZ, «TESIS DE INGENIERÍA MECÁNICA, » de Construcción de un Elevador para silla de ruedas a Instalarse en bus tipo de la ciudad de Quito, Quito, 2011, p. 3.
- [6] G. G. T. S. Bustamante Villagomez Diego Fernando, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PLATAFORMA AUTOMÁTICA Y UTILIZACIÓN DE VISIÓN ARTIFICIAL EN BUSES URBANOS PARA FACILITAR EL ACCESO A PERSONAS QUE UTILIZAN SILLA DE RUEDAS., Latacunga, 2015.
- [7] D. F. O. P. Pablo Francisco Arpi Torres, Diseño y Construcción de un Dispositivo de accesibilidad para silla de ruedas para buses Urbanos, Cuenca, Azuay, 2015.
- [8] INEC, «Información Censal Cantonal, » 2010. [En línea]. Available: http://www.inec.gob.ec/cpv/index.php?option=com_content&view=article&id=232&Itemid=128&lang=es.
- [9] Wikipedia, «Wikipedia, » Fundación Wikimedia, Inc., 18 12 2016. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Persona_de_movilidad_reducida.
- [10] INEN, 2010. [En línea]. Available: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2292.2010.pdf>.
- [11] I. E. d. Normalización, RTE INEN 038, Quito: INEN, 2008.
- [12] C. Riba, Diseño Concurrente, Barcelona: UPC, 2002.
- [13] J. P.-A. Sotomayor, Diseño, Automatización y Simulación de una línea para fabricación de pinturas, Quito, 2015.
- [14] LINAK, «LINAK, » LINAK, 2017. [En línea]. Available: <https://www.linak.com/products/linear-actuators.aspx>.

- [15] D. d. I. M. U. C. I. d. Madrid, TEORIA DE MECANISMOS, Madrid, 2017.
- [16] PFC, «PFC Accesos Automáticos del Ecuador, » PFC, 2017. [En línea]. Available: <http://www.pfc.com.ec/ruedas-y-bisagras.html>.
- [17] P. A. Valcarce, «Física: Torque y Momento de Torsión, » Pontificia Universidad Católica de Chile, 2014. [En línea]. Available: http://www.astro.puc.cl/~avalcarc/FIS109A/16_Torque.pdf.
- [18] n. y. a. Imagina-Iniciativa Múltiple de Atención de GAPS a la integración, «Consideraciones Biomecánicas en la silla de ruedas, » Grupo Asociado de Progreso Social, 17 10 2005. [En línea]. Available: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bio/imagina_biomecanica_de_una_silla_de_ruedas.pdf. [Último acceso: 2016].
- [19] F. L. S. Andrew Pytel, Resistencia de Materiales, 2015.
- [20] R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, 2006.
- [21] J. Ferdinand P. Beer/E. Russell Johnston, Mecánica de Materiales, Mc Graw Hill, 2010.
- [22] R. L. Norton, Apéndices - Diseño de Máquinas (4ed)- Un enfoque integrado- Introducción al Diseño, 2004.

BIOGRAFÍA DE AUTOR



Autor. - Jimmy Javier Quingla Garrido.
Nació el 22 de septiembre de 1991 en la ciudad de Ibarra. Realizó sus estudios secundarios en la Unidad Educativa “Teodoro Gómez de la Torre” obteniendo el título de Físico Matemático. Actualmente es egresado de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra.

Área de interés: Automatización y control industrial, programación microcontroladores, electrónica y robótica.