

Información General			
Facultad: Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías			
Programa académico: Ingeniería Electromecánica.		Grupo(s) de investigación: DIMAT y GINPEG	
Nombre del semillero – Siglas Semillero de Investigación en Diseño y Selección de Materiales para Ingeniería - DIMAIN		Fecha creación: 22 de septiembre de 2014	Logo 
		Campus: Bucaramanga	
Líneas de Investigación: Materiales estructurales y de aplicaciones tecnológicas y Diseño, modelamiento y simulación de máquinas y estructuras.			
Áreas del saber *			
	1. Agronomía veterinaria y afines		5. Ciencias sociales y humanas
	2. Bellas artes		6. Economía, administración, contaduría y afines
	3. Ciencias de la educación		7. Matemáticas y ciencias naturales
	4. Ciencias de la salud	X	8. Ingenierías, arquitectura, urbanismo y afines

Al diligenciar este documento autorizo a UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER, ubicada en Calle de los estudiantes 9-82 Ciudadela Real de Minas y con teléfono de contacto 6076917700, para que recolecte, almacene, use, circule y/o suprima mis datos personales. Lo anterior para dar cumplimiento a las finalidades incorporadas en la Política de Tratamiento de Información disponible en www.uts.edu.co, la cual declaro conocer y saber que en esta se especifican cuáles datos son sensibles. Así mismo, conozco que como titular me asisten los derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir mis datos y revocar la autorización. Igualmente declaro que poseo autorización, de los otros titulares de datos que suministro, para que UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER les dé tratamiento conforme a las finalidades consignadas en la Política.

Información del Director del Proyecto

Nombre: Jose Leonardo Gómez Ramirez	No. de identificación: 91496834		
Nivel de formación académica (Pregrado / Postgrado / Link de CvLAC): Pregrado	X	Asesor	
		Líder de Semillero de Investigación	
Correo electrónico: joseleonardogomez@correo.uts.edu.co			

Información de los autores

Nombre	No. Identificación	Correo electrónico
Karol Dayana Martínez Sáenz	1098799994	kdmartinez@uts.edu.co

Proyecto

1. Título del proyecto: Diseño y desarrollo de un sistema de arrastre modular y adaptable para sillas de ruedas, optimizado para superar obstáculos urbanos y mejorar la autonomía, seguridad y calidad de vida de los usuarios, en la Unidades Tecnológicas de Santander, 2025.	MODALIDAD DEL PROYECTO **				
	PA	PI	TI	RE	Otra. ¿Cuál?
		X			
Fecha creación del proyecto:				22/03/2023	

2. Planteamiento de la problemática:

Las **personas con movilidad reducida (PMR)** en Bucaramanga y a nivel global enfrentan barreras significativas y constantes para su desplazamiento autónomo, lo que limita su participación plena en la sociedad y afecta su calidad de vida. La problemática central radica en las **limitaciones de accesibilidad y movilidad en entornos diversos**, las cuales se ven exacerbadas por la ausencia de soluciones tecnológicas asequibles y eficientes.

Las **causas primarias** de esta problemática son diversas y estructurales. En primer lugar, la **infraestructura urbana y los espacios públicos a menudo no están diseñados para la plena accesibilidad**, presentando **pendientes pronunciadas, terrenos irregulares o distancias prolongadas** que impiden o dificultan el uso de sillas de ruedas manuales. En segundo lugar, el **transporte público presenta serias limitaciones de accesibilidad**, con vehículos que no están adaptados o rutas que no cubren zonas con PMR, forzando a muchos a depender de terceros o de medios de transporte costosos. Finalmente, aunque existen sillas de ruedas eléctricas en el mercado, su **elevado costo de adquisición** las hace inaccesibles para una gran parte de la población que las necesita.

Como **causas secundarias**, se identifica el **bajo rendimiento y la poca portabilidad de las sillas de ruedas eléctricas existentes** en el mercado. Muchas de estas sillas son voluminosas, pesadas y con una autonomía limitada, lo que dificulta su transporte en vehículos personales o públicos y restringe su uso en diferentes entornos. La **falta de soluciones intermedias** entre las sillas de ruedas manuales (que demandan esfuerzo físico considerable) y las eléctricas de alto costo, deja un vacío en el mercado que agrava la autonomía de las PMR. Adicionalmente, la **percepción cultural y la falta de conciencia** sobre las necesidades de accesibilidad también contribuyen a la lenta implementación de soluciones integrales.

Los **efectos negativos** de no abordar esta problemática son profundos y afectan múltiples dimensiones de la vida de las PMR. En primer lugar, la **reducción significativa de la autonomía y la independencia** personal, lo que puede llevar a la frustración y dependencia de cuidadores. En segundo lugar, se genera una **exclusión social y laboral**, ya que las dificultades de movilidad limitan el acceso a la educación, el empleo, el ocio y la participación comunitaria. En tercer lugar, la **afectación a la salud física y mental** de las PMR, debido a la falta de actividad, el estrés por las barreras y la disminución de la calidad de vida. Finalmente, para las familias y cuidadores, esto representa una **carga económica y emocional** adicional, al tener que destinar recursos y tiempo para asistir en la movilidad.

Esta problemática subraya una necesidad imperante de desarrollar soluciones innovadoras, asequibles y prácticas que empoderen a las personas con movilidad reducida, permitiéndoles superar las barreras físicas y recuperar su autonomía en el desplazamiento diario.

Pregunta de Investigación: ¿Cómo el diseño y desarrollo de un sistema de arrastre modular, práctico y de bajo costo puede mejorar la autonomía y movilidad de las personas con movilidad reducida, facilitando su desplazamiento en entornos inclinados, terrenos irregulares, distancias prolongadas, y la accesibilidad al transporte público en el contexto de Bucaramanga?

3. Antecedentes:

La movilidad ha sido una preocupación histórica de la humanidad, con registros tempranos de dispositivos de asistencia desde la antigua China y Grecia. No obstante, fue en el siglo XX cuando la tecnología permitió el desarrollo de sillas de ruedas eléctricas, marcando un hito en la autonomía de las personas con discapacidad.

Las primeras sillas eléctricas surgieron en Canadá en la década de 1950, facilitando el uso para personas con movilidad reducida en brazos (Blakemore, 2023). A partir de entonces, la evolución de motores, baterías y sistemas de control ha transformado estos dispositivos en soluciones cada vez más eficientes y accesibles.

En 2017, Mendia & Castanie propusieron una silla eléctrica plegable para usuarios con condiciones específicas como la espasticidad. Su diseño integró criterios ergonómicos y cálculos de resistencia estructural validados mediante software de modelado 3D.

De forma similar, Gutama y Changoluisa (2024) desarrollaron una silla eléctrica con sistema de plegado validado mediante análisis por elementos finitos, asegurando funcionalidad y autonomía mediante un sistema de control intuitivo.

En el contexto latinoamericano, Canon et al. (2015) destacan la necesidad de adaptar tecnologías al entorno local. Proponen el uso de herramientas como UML, redes de Petri e IDEF0 para desarrollar diseños modulares que respondan a la realidad colombiana, considerando factores como mantenimiento y facilidad de uso.

Marquina (2023), por su parte, se enfocó en una solución accesible y de bajo costo, desarrollada con participación directa de usuarios y validación mediante SolidWorks. Su propuesta responde a la necesidad de ampliar la oferta de soluciones para personas con limitaciones económicas.

Finalmente, Valle et al. (2013) enfatizan que las sillas eléctricas representan más que movilidad física: significan autonomía, inclusión y calidad de vida. Gracias a los avances tecnológicos, hoy en día muchas personas pueden movilizarse, inclinarse o permanecer erguidas en sus sillas sin usar las manos.

4. Justificación:

Este proyecto busca mejorar la movilidad de personas con discapacidad motriz mediante el diseño de un sistema de arrastre modular adaptable a sillas de ruedas convencionales. A través de soluciones mecánicas, eléctricas y tecnológicas accesibles, se pretende brindar mayor autonomía en terrenos exigentes, superar obstáculos cotidianos y reducir el esfuerzo físico requerido. Además, el desarrollo del proyecto permite a los estudiantes aplicar conocimientos adquiridos en la materia de Diseño de Elementos Mecánicos II, promoviendo la innovación y el diseño funcional orientado a la inclusión social.

5. Marcos referenciales:

Para abordar el diseño y desarrollo de un sistema de arrastre modular para personas con movilidad reducida (PMR), es indispensable establecer un marco de referencia robusto que sustente la investigación y el desarrollo de la solución propuesta.

Marco Conceptual

Este marco define y clarifica los **conceptos clave** que son esenciales para comprender la problemática y la solución propuesta.

- **Movilidad Reducida (PMR):** Condición que limita la capacidad de una persona para moverse libremente o sin ayuda, ya sea de forma temporal o permanente, debido a factores físicos, sensoriales o intelectuales.
- **Silla de Ruedas:** Dispositivo de apoyo para la movilidad que permite a personas con dificultades para caminar desplazarse de forma independiente o asistida.
- **Sistema de Arrastre:** Dispositivo mecánico o electromecánico acoplable a una silla de ruedas manual, diseñado para proporcionar propulsión y asistencia en el desplazamiento.
- **Modularidad:** Característica de un sistema donde sus componentes pueden ser ensamblados y desensamblados de manera independiente, permitiendo flexibilidad en su configuración y mantenimiento.
- **Portabilidad:** Facilidad con la que un objeto puede ser transportado de un lugar a otro.
- **Autonomía de Movilidad:** Capacidad de una persona para desplazarse por sí misma, sin depender de la ayuda constante de terceros.
- **Accesibilidad:** Grado en que un entorno, producto o servicio puede ser utilizado por todas las personas, independientemente de sus capacidades.
- **Terrenos Inclinados/Irregulares:** Superficies con desniveles o con rugosidades y obstáculos que dificultan el desplazamiento de sillas de ruedas manuales.

- **Bajo Costo:** Característica de un producto o servicio que resulta económicamente accesible para una amplia población.

Marco Teórico

El marco teórico se apoya en los **principios y leyes científicas** que rigen el diseño de sistemas mecánicos, electrónicos y de interacción persona-dispositivo.

- **Diseño de Elementos de Maquinas:** Principios de fuerza, movimiento, fricción, torque y potencia son fundamentales para el diseño del sistema de arrastre. Incluye el estudio de la transmisión de potencia, el diseño de engranajes o sistemas de tracción, y el cálculo de la resistencia al avance en diferentes tipos de terreno. Leyes de Newton, principios de energía y trabajo son esenciales.
- **Electrónica de Potencia:** Fundamentos del control de motores eléctricos (DC o AC), diseño de circuitos de potencia para el manejo de baterías, inversores o convertidores, y sistemas de carga. Esto es crucial para asegurar un rendimiento eficiente y una autonomía adecuada del sistema de arrastre.
- **Teoría de Control:** Principios para el diseño de sistemas que regulan su propio comportamiento. Esto aplicaría si se incorpora algún tipo de control de velocidad, detección de obstáculos o asistencia inteligente, utilizando sensores y algoritmos de control (ej. PID, lógica difusa).
- **Ergonomía y Diseño Centrado en el Usuario (DCU):** Teorías que estudian la interacción entre las personas y los productos, sistemas y entornos. Aplicable para asegurar que el sistema de arrastre sea fácil de acoplar, operar, transportar y que no genere esfuerzo o incomodidad adicional para el usuario. Principios de usabilidad y diseño universal son relevantes.
- **Ciencia de los Materiales:** Principios sobre las propiedades (resistencia, peso, durabilidad) de los materiales a utilizar en la fabricación del sistema de arrastre. Es vital para seleccionar materiales ligeros y resistentes que permitan la portabilidad y robustez del diseño.

Marco Legal

El marco legal considera las **normativas y regulaciones** aplicables a la inclusión de personas con discapacidad, la accesibilidad y la seguridad de dispositivos de asistencia en Colombia, con énfasis en Bucaramanga.

- **Ley Estatutaria 1618 de 2013 (Colombia):** Establece disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. Este proyecto contribuye directamente a garantizar el derecho a la movilidad y a la vida independiente de las PMR.
- **Decreto 1538 de 2005 (Accesibilidad al Medio Físico):** Regula las condiciones de accesibilidad en el espacio público urbano y rural, así como en las edificaciones y el transporte. El sistema de arrastre busca mitigar las barreras que persisten a pesar de esta normativa.
- **Ley 769 de 2002 (Código Nacional de Tránsito Terrestre):** Aunque esta ley regula principalmente la circulación de vehículos y personas en vías públicas, incluye artículos relacionados con la seguridad vial y la protección de usuarios vulnerables. Si el sistema de arrastre se utiliza en vías o aceras, debe considerarse su compatibilidad con las normas de tránsito para peatones o vehículos de movilidad personal. También podría ser relevante en lo que respecta a la circulación de sillas de ruedas en la vía pública o la posibilidad de ser transportado en vehículos.
- **Normas Técnicas Colombianas (NTC):** Aunque no hay una NTC específica para sistemas de arrastre para sillas de ruedas, se pueden considerar NTC relacionadas con la seguridad de dispositivos médicos (si aplica en su clasificación), sistemas eléctricos o partes mecánicas, para garantizar la calidad y seguridad del producto.
- **Regulaciones de Transporte Público (Ministerio de Transporte):** Las normas que rigen la accesibilidad en el transporte público son relevantes, ya que el diseño del sistema de arrastre busca facilitar la integración de la silla de ruedas en estos medios.
- **Políticas y Planes de Desarrollo Locales (Bucaramanga):** Los planes de desarrollo territorial o las políticas públicas del municipio de Bucaramanga y el departamento de Santander sobre inclusión social y accesibilidad, pueden ofrecer un marco de referencia adicional para la pertinencia del proyecto en la región.

- **Certificaciones de Seguridad de Productos:** Dependiendo de la naturaleza final del dispositivo, podría requerir certificaciones de seguridad eléctrica o mecánica, aunque inicialmente no sea un producto médico clasificado, su uso en PMR implica un alto estándar de seguridad.

Marco Ambiental

El marco ambiental evalúa los **impactos y beneficios** del proyecto en relación con el medio ambiente y el uso de recursos.

- **Eficiencia Energética:** El diseño del sistema de arrastre debe buscar la máxima eficiencia energética de sus componentes (motor, batería) para prolongar la autonomía con el menor consumo de energía, reduciendo la huella de carbono asociada a la generación eléctrica.
- **Uso de Materiales Sostenibles/Reciclables:** Aunque el enfoque principal es la funcionalidad, el diseño puede priorizar el uso de materiales reciclables o de bajo impacto ambiental en su fabricación, así como la durabilidad del producto para reducir la generación de residuos electrónicos y mecánicos.
- **Reducción de Contaminación Sonora:** Si el sistema incluye un motor, es importante considerar el impacto del ruido que genera, buscando minimizarlo para evitar contaminación sonora en entornos urbanos y residenciales.
- **Vida Útil y Mantenibilidad:** Un diseño modular y reparable contribuye a la sostenibilidad al extender la vida útil del producto, reduciendo la necesidad de reemplazos frecuentes y, por ende, la generación de residuos.
- **Impacto Positivo en la Movilidad Sostenible:** Al facilitar el uso de sillas de ruedas en entornos urbanos y el transporte público, el proyecto promueve indirectamente formas de movilidad que pueden reducir la dependencia de vehículos motorizados individuales, contribuyendo a la disminución de emisiones de gases contaminantes en la ciudad.

6. Objetivo general y objetivos específicos:

Objetivo General:

- Diseñar un sistema de arrastre modular y adaptable para sillas de ruedas, mediante un chasis estructural, un sistema de control eléctrico y transmisión mecánica, con el fin de mejorar movilidad de las personas con discapacidad motriz.

Objetivos específicos:

- Analizar las necesidades y limitaciones de movilidad que tienen los usuarios de silla de ruedas a través del área urbana metropolitana.
- Desarrollar un sistema mecánico y eléctrico modular y adaptable a sillas de ruedas, que sea seguro, práctico y ergonómico, con la implementación del software CAD SolidWorks.
- Evaluar la operatividad del sistema de arrastre modular, siguiendo el diseño y cálculos preliminares, validando el comportamiento de todo el sistema y la conformidad del usuario.

7. Metodología:

El desarrollo del proyecto se estructura en seis fases consecutivas que garantizan una ejecución ordenada, técnica y centrada en el usuario.

- **Fase 1:** Planificación y conceptualización: Definición de objetivos, requisitos técnicos y diseño conceptual del sistema, con base en investigación bibliográfica sobre soluciones similares.
- **Fase 2:** Diseño técnico y análisis: Modelado 3D en SolidWorks y realización de cálculos estructurales para validar la resistencia y funcionalidad del sistema .
- **Fase 3:** Adquisición de materiales: Cotización y compra de los componentes mecánicos, eléctricos y estructurales necesarios .
- **Fase 4:** Montaje e implementación: Ensamblaje del sistema y programación del módulo de control, integrando todos los subsistemas .
- **Fase 5:** Pruebas y validación: Evaluación de desempeño, estabilidad y maniobrabilidad en condiciones reales, validando la facilidad de uso y seguridad .

- **Fase 6:** Documentación y entrega: Elaboración del informe final, sustentación académica y entrega formal del producto al beneficiario

8. Avances realizados:

El sistema de arrastre diseñado se acopla a una silla de ruedas desarmable, pensada para facilitar su transporte sin sacrificar robustez ni funcionalidad. La estructura principal está construida en aluminio, material que ofrece una excelente relación resistencia-peso, e incluye un espaldar abatible que permite compactar la silla para su almacenamiento o traslado. Las llantas traseras cuentan con sistema de acople rápido para facilitar el montaje y desmontaje por parte del usuario.

El tren delantero, responsable de la tracción, está fabricado en acero a partir de tubo de aguas negras de 1 pulgada, cédula 40, seleccionado por su resistencia estructural y disponibilidad local. Este módulo incluye dos ruedas auxiliares que brindan estabilidad cuando está desacoplado, permitiendo su manipulación sin ayuda. Además, se ha incorporado un sistema de elevación manual que, al acoplarse con la silla, eleva las ruedas delanteras originales y las de apoyo, quedando soportado únicamente sobre las dos ruedas traseras y la rueda motriz delantera.

La transmisión emplea engranajes cónicos para redirigir la potencia del motor hacia la rueda delantera de forma eficiente. La aceleración se controla desde una empuñadura tipo motocicleta situada en el manillar derecho, y la frenada se asegura mediante un freno de disco en la rueda motriz. El diseño apunta a lograr una velocidad máxima de hasta 30 km/h, con una autonomía estimada de 20 km por carga completa, dependiendo de las condiciones del terreno y el peso del usuario.

En términos de control eléctrico, se está desarrollando un sistema intuitivo que permite el cambio de dirección hacia adelante o reversa, visualización de velocidad y nivel de batería. El conjunto incluye cableado para luces reflectoras que mejoran la visibilidad nocturna y un pito sonoro para advertencia. Todo el sistema ha sido concebido para ser de bajo costo y fabricación local, priorizando la seguridad, la facilidad de uso y la autonomía del usuario.

9. Resultados esperados:

El proyecto permitirá generar nuevo conocimiento en el diseño funcional de soluciones mecánicas y tecnológicas aplicadas a la inclusión, mediante el desarrollo de un sistema de arrastre modular para sillas de ruedas convencionales. Se fortalecerán las capacidades científicas y tecnológicas de los estudiantes al aplicar saberes en un contexto real, integrando componentes mecánicos, eléctricos y de control. A nivel social, se propicia la apropiación del conocimiento al diseñar con enfoque en el usuario, promoviendo autonomía y mejor calidad de vida para personas con discapacidad motriz. Finalmente, el diseño de bajo costo y fabricación local mejora las capacidades productivas, con potencial para ser replicado o adaptado en procesos de emprendimiento o producción.

10. Cronograma:

Fase	Actividad (Semanal)	Fase 1			Fase 2				Fase 3		Fase 4				Fase 5		Fase 6	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Planificación, y recopilación de bibliografía.	Revisión bibliográfica																	
	Definición de objetivos e investigación preliminar																	
	Desarrollo del diseño conceptual																	
Diseño y Simulación	Diseño CAD																	
	Definición de formulas																	
	Elaboración de cálculos																	
Adquisición de Materiales	Cotización y compra de elementos																	
Ensamblaje y programación	Montaje de los componentes																	
	Implementación del sistema de reversa																	
Pruebas y Validación	Pruebas de estabilidad y resistencia																	
	Validación de maniobra																	
Entregables del proyecto	Entrega del documento Final para evaluación																	
	Sustentación del trabajo de grado																	
	Entrega final																	

11. Bibliografía:

Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2011). *Diseño en ingeniería mecánica*. McGraw-Hill.

Hamrock, B. J., Schmid, S. R., & Jacobson, B. O. (2005). *Fundamentals of Machine Elements*. McGraw-Hill

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2010). *Modern Control Systems*. Pearson Education.

Ullman, D. G. (2010). *The Mechanical Design Process*. McGraw-Hill.

Norton, R. L. (2006). *Diseño de maquinaria*. Pearson Educación.

* Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

** PA: Proyecto de Aula, PI: Proyecto integrador, TI: Trabajo de Investigación, RE: Recursos Educativos Digitales Abiertos (REDA)