

ENTREGABLE N°7: METODOLOGÍA VDI - PARTE 2

Modelos y Principios de solución

Caja negra:

Entrada:

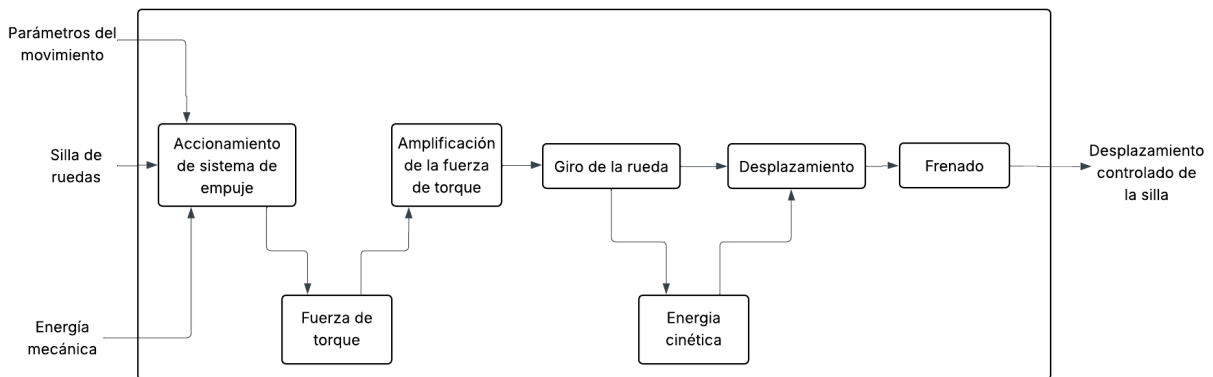
- Energía
- Parámetros del movimiento (dirección, rapidez, frenado)



Salida:

Desplazamiento de la silla de ruedas

Esquema de funciones:



Matriz morfológica:

Funciones / Propuestas	1	2
Sistema de empuje	Palanca implementada con un sistema ratchet que se adapta al eje de una silla de ruedas convencional.	Implementación de un sistema de poleas unido a las ruedas de la silla.
Amplificación de fuerza	Acción del sistema a cierta distancia del eje para aumentar el efecto del “palanqueo”	Uso de pistones hidráulicos para impulsar el giro del sistema de poleas.
Sistema de frenado	Frenado por cambio de dirección dirigida por mecanismo interno	Frenado por acción de la fricción con pastillas o pinzas

Tabla de valoración:

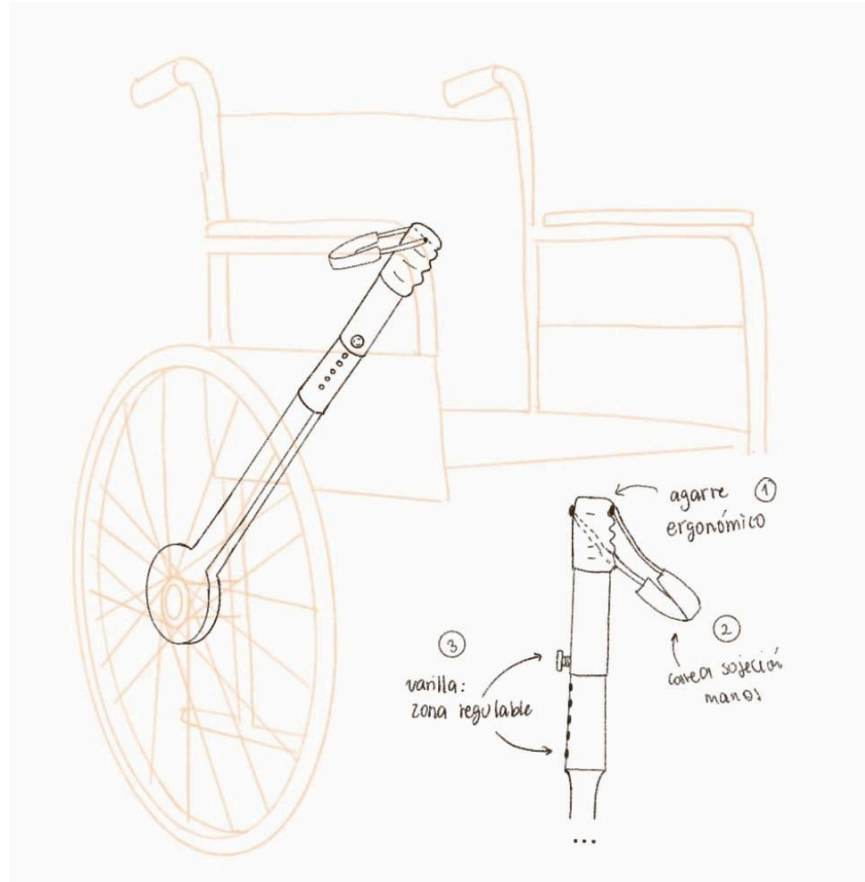
Criterios	1	2
Facilidad de uso (colocación, ajuste)	5	5
Portabilidad/peso	5	5
Costo de tecnología	4	3
Costo de operación	4	4
Viabilidad de fabricación local	5	3
Seguridad	5	5
Tamaño/Integración	5	3
Nivel de innovación	3	5
Disponibilidad de repuestos	4	4
Posibilidad de automatización	5	4
Durabilidad de exteriores	4	2
Complejidad	3	5
Grado de contaminación	5	4
Fácil mantenimiento	5	3
Número de piezas	4	2
TOTAL	66	57

Espacio de solución

Boceto 1:

Dibujado por: Bonnie Cuentas

Vista general del dispositivo integrado a silla de ruedas estándar

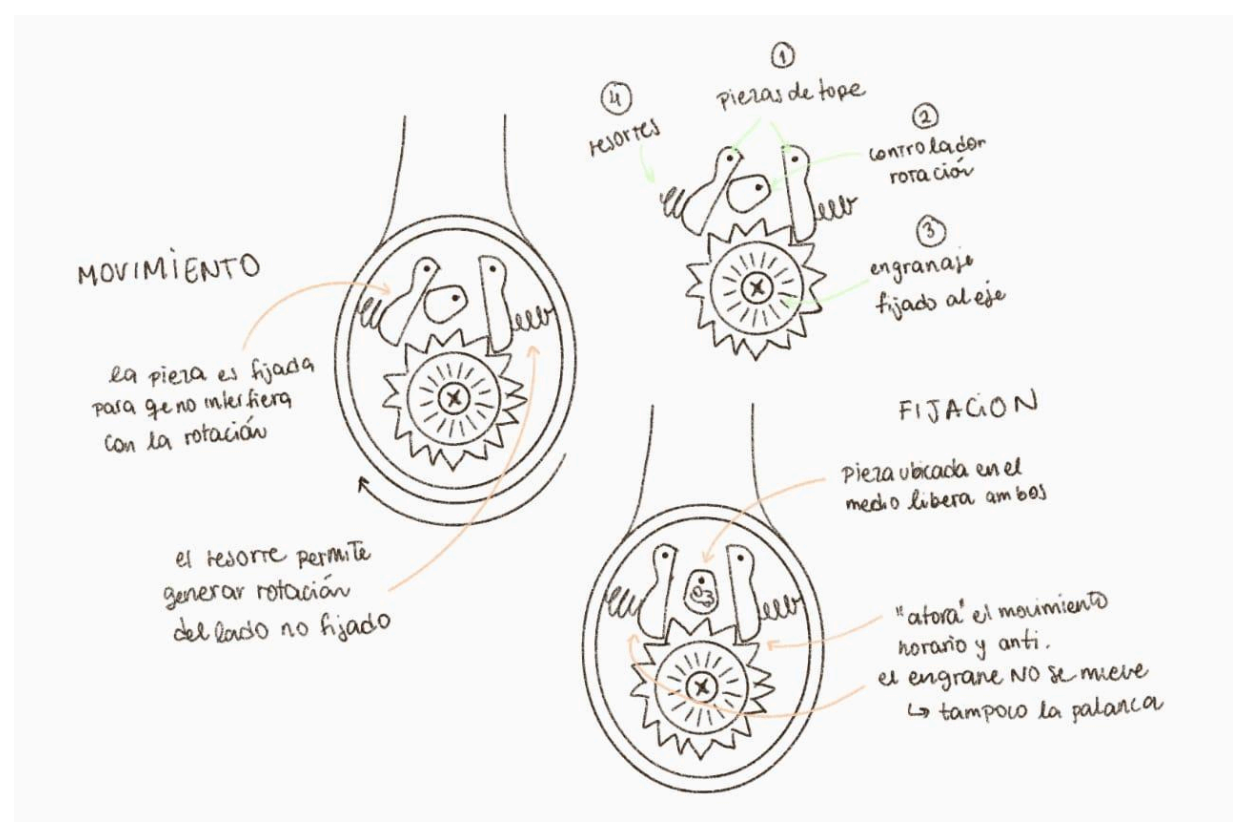


Descripción funcional:

El boceto muestra el acople del dispositivo en una silla de ruedas estándar. Se hace énfasis en el diseño de la palanca, la cual presenta 3 partes principales. La zona de agarre, la zona de regulación de largo y las correas de sujeción.

Pieza	Nombre	Material
1	Agarre	Goma suave
2	Correa	Tela resistente
3	Varilla regulable	Metal (aluminio)

Mecanismo de rotación del eje de la rueda con sistema Ratchet



Descripción funcional:

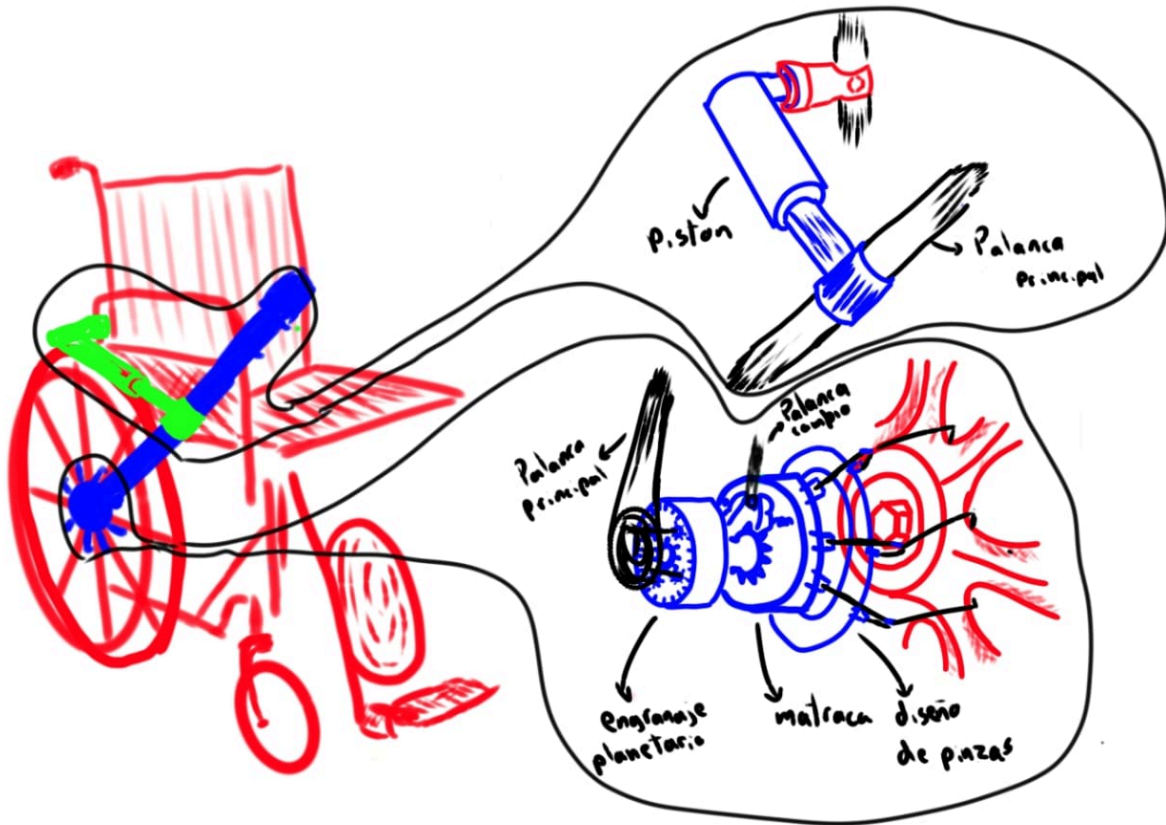
El boceto muestra el funcionamiento interno del dispositivo para mover el eje de la rueda. Se usa una pieza de control (con movilidad disponible para el usuario) que fija o no las piezas de tope unidas a resortes. En caso que se fije solo una pieza de tope, el resorte permitirá el movimiento del engranaje únicamente hacia un lado. Dependiendo de la pieza fijada se podrá avanzar o retroceder. Si ambas piezas de tope quedan libres, el resorte quedará completamente impedido de movimiento.

Pieza	Nombre	Material
1	Pieza de tope x2	Acero
2	Controlador rotación	Acero
3	Engranaje	Acero
4	Resortes	Acero

Boceto 3:

Dibujado por: Gustavo Fernandez Baca

Vista general del dispositivo con mecanismos integrados



Descripción funcional:

El boceto muestra el dispositivo acoplado a la silla de ruedas con los mecanismos funcionales. Se hace énfasis en el diseño de la palanca y su retroceso mediante un sistema de pistones; por otro lado el funcionamiento del eje de la palanca con mecanismos de engranaje planetario, matraca y diseño de pinzas para el agarre con la rueda.

Pieza	Nombre	Material
1	Palanca principal	Acero
2	Piston	Acero
3	Matraca	Acero
4	Pinzas	Acero
5	Engranaje planetario	Acero

¿Fabricar o adquirir? / Técnicas de producción

Pieza	Obtención	Material	Técnica
Agarre	Fabricado	Goma espuma	Fabricación manual.
		Silicona	Mediante molde y vaciado.
Varilla regulable	Adquirido	Aluminio	Se puede buscar piezas estándar que cumplan las relaciones métricas necesarias, o se pueden mandar a hacer
Resortes	Adquirido	Acero	
Pieza de tope Controlador de rotación Engranaje (*)	Adquirido (producto)	Acero	
	Fabricado (prototipado)	PLA / PETG	Mediante impresión 3D FDM, para lo cual se necesitan los modelados.
Correa	Fabricado	Tela	Fabricación manual.
Tornillos/pernos	Adquirido	-	-

(*Para estas piezas se están planteando 2 opciones: uno para el prototipado que requiere una producción rápida y económica para facilitar la iteración, y otro del producto donde se requerirían materiales resistentes y de calidad por el uso diario que se plantea para el producto.)

Secuencia de procesos

Para el proceso del montaje en la silla de ruedas del paciente, es necesario realizar la sujeción del dispositivo en el eje de la silla de ruedas, así como en una de las barras, a continuación, será necesario que se ajuste el largo de la palanca para que se adecue a la ergonomía del paciente, por último deberemos explicar el funcionamiento del dispositivo al paciente.

El dispositivo funcionara de la siguiente manera: al momento de colocar las correas en la mano el paciente tendrá que verificar si la palanca de cambio está en avance o retroceso, y lo tendrá que cambiar de acuerdo al movimiento que realizará a continuación tendrá que repetir el movimiento de palanca de hacia adelante , una vez quiera detenerse tendrá que poner la palanca modo inmovil y desacoplarse las correas

Diagrama de flujo “primer uso”: Requiere el apoyo de un externo que comprenda el funcionamiento del dispositivo y pueda realizar la parte manual.

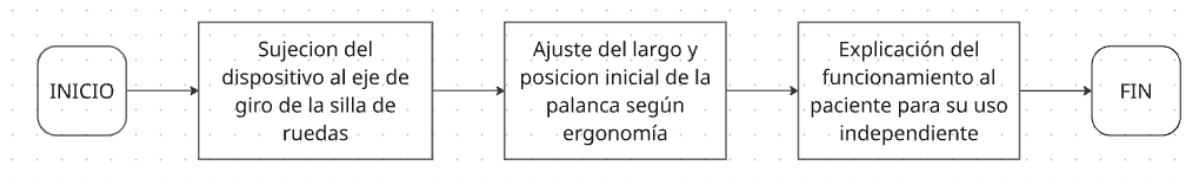
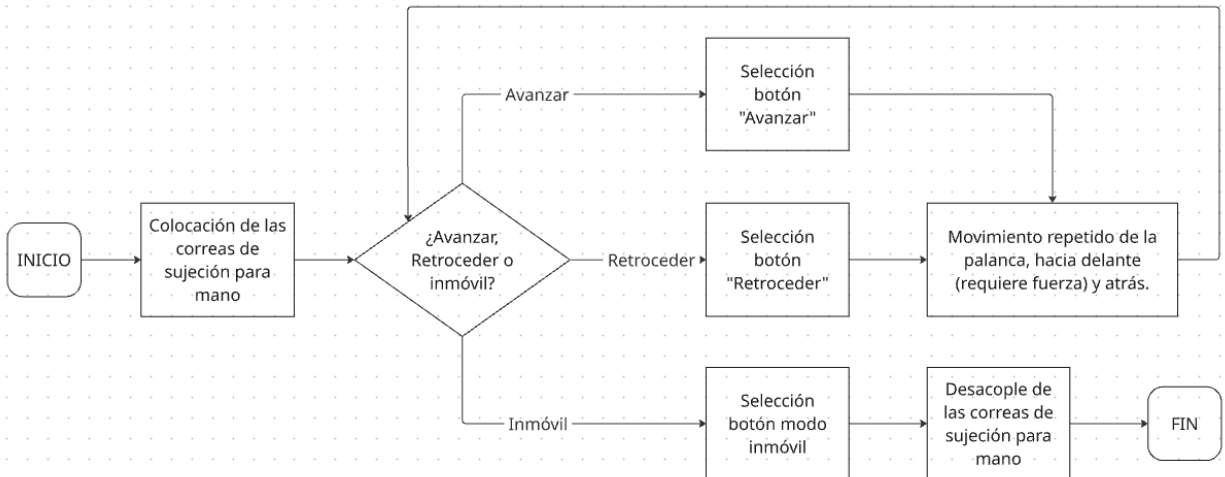


Diagrama de flujo “uso cotidiano”: Es de uso completamente independiente del paciente.



Estaciones de trabajo

Espacio de uso para el producto:

El dispositivo está diseñado para utilizarse en una silla de ruedas estándar, permitiendo su uso tanto en entornos clínicos como domiciliarios.

Las pruebas iniciales se harán en la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), en un entorno controlado para evaluar la funcionalidad del sistema. Posteriormente podrá ser probado en instituciones de rehabilitación, bajo supervisión fisioterapéutica.

Necesidades adicionales para pruebas de funcionalidad:

- Supervisión de un fisioterapeuta durante los ajustes iniciales.
- Un espacio de 5 a 10 metros de recorrido libre para pruebas de desplazamiento.
- Herramientas básicas (llaves Allen, destornilladores, pinzas) para ajustes menores.
- Correas ajustables para asegurar la mano del paciente a la palanca, evitando deslizamientos y mejorando la ergonomía durante el uso.

Automatización

Nivel de automatización:

El dispositivo presenta un nivel medio de automatización, ya que el sistema mecánico asiste al paciente mediante resortes de retorno y un mecanismo de ratchet que regula el sentido del giro y evita el retroceso de la rueda, mientras que la palanca amplifica el esfuerzo del usuario, facilitando la propulsión con menor fuerza aplicada.

Justificación técnica y clínica del nivel:

Desde el punto de vista técnico, el sistema es puramente mecánico, compuesto por engranajes, piezas de tope, resortes y una palanca que actúan de forma sincronizada dentro del mecanismo ratchet. El nivel medio de automatización se justifica porque el dispositivo reduce el esfuerzo físico del usuario al aprovechar la ventaja mecánica de la palanca y el sistema unidireccional del ratchet, que permite la

propulsión hacia adelante con la mano firmemente sujeta mediante correas, evitando el riesgo de retroceso y manteniendo un control seguro y estable durante el movimiento.

Desde el punto de vista clínico, este nivel es adecuado para pacientes con lesión medular C3 completa, quienes conservan movilidad parcial de los brazos pero carecen de fuerza de agarre. El sistema posibilita una propulsión activa-asistida, fomentando la independencia funcional y reduciendo la fatiga muscular. Además, la sujeción de la mano mediante correas ajustables permite al usuario empujar la palanca sin necesidad de cerrar la mano, garantizando un contacto firme, seguro y ergonómico durante la propulsión.

Escenarios de seguridad:

- ¿Qué ocurre si el paciente pierde el control o suelta la palanca?
La palanca regresa automáticamente a su posición neutra mediante el resorte interno, deteniendo el avance de la rueda para evitar desplazamientos involuntarios.
- ¿Qué pasa si el ratchet “salta” o no acopla correctamente?
El movimiento de la palanca no se transmite a la rueda; se debe detener el uso, revisar el encaje del mecanismo y lubricar los componentes antes de continuar, para evitar daño por fricción o desgaste.
- ¿Qué sucede si los componentes se desgastan o fallan con el tiempo?
Las piezas críticas (engranajes, resortes y topes) son reemplazables individualmente y están hechas de acero.
- ¿Qué pasa si la palanca se mueve bruscamente o golpea una articulación?
El sistema cuenta con topes mecánicos que limitan el recorrido de la palanca, evitando la sobreextensión del codo o del hombro y reduciendo el riesgo de lesiones durante la propulsión.

Interfaces de red global

El sistema del dispositivo es puramente mecánico, y de uso cotidiano del paciente, independiente de la supervisión de un técnico, terapeuta o familiar. El dispositivo no cuenta con componentes eléctricos que requieran procesamiento y análisis de datos. Por lo tanto, no existen ni se requieren interfaces.