



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA



PUCP

ENTREGABLE N°5

Autores:

Rodríguez Cruz, Ivanna Jael

Saenz Villarreal, Luciana Mercedes

Reymundo Capcha, Sebastián Adriano

Neciosup Villarreal, Jared Matias

Salazar Zárate, Alexandra Estephania

Quispe Cueva, Tatiana Abigail

Profesor:

Juan Manuel Zuñiga

Curso:

Fundamentos de Biodiseño

1. NECESIDAD

El caso médico que se presenta corresponde a un paciente hospitalizado que sufrió un accidente en el campo y, como consecuencia de ello, tiene una lesión completa a nivel de la vértebra T4-A. Esta condición ocasiona una pérdida total de movimiento y sensibilidad por debajo de ese segmento medular [1]. Como consecuencia, depende totalmente de una silla de ruedas para su movilidad y actividades básicas, lo que limita su independencia. El hecho de permanecer sentado durante largos periodos de tiempo provocó la aparición de una escara, o también llamada úlcera por presión (UPP) en el sacro. Producto de esto, se le realizaron adaptaciones a su silla para evitar perjudicar la salud del paciente debido a las UPP.

Las UPP en personas con lesiones medulares que utilizan sillas de ruedas constituyen un problema frecuente y complejo. Se ha reportado que hasta 8 de 10 usuarios experimentan esas lesiones en algún momento de su vida [2]. En Perú, un estudio realizado en Lima encontró que la mayoría de casos (76%) se localizan en el sacro, con mayor frecuencia en varones y adultos mayores [3]. Esta alta prevalencia se relaciona directamente con la inmovilidad y la falta de sensibilidad, que favorecen su aparición y retrasan su diagnóstico. Además de esto, las UPP también tienen un impacto económico, ya que tratarlas puede producir un gasto de aproximadamente 489 dólares, lo cual representa una carga importante para los pacientes [3]. Sumado a ello, estas heridas pueden evolucionar hacia complicaciones graves que requieren intervenciones quirúrgicas, aumentando más el costo de la atención [4].

Por otro lado, las revisiones más recientes sobre lesiones medulares señalan que no solo se debe considerar el daño neurológico inicial, sino también las complicaciones secundarias y sistemáticas que se desarrollan con el tiempo y dichos factores incrementan el riesgo de úlceras y podrían incluso empeorar la evolución del paciente, dificultando así su rehabilitación [5].

En este contexto, se puede evidenciar la necesidad de diseñar un dispositivo biomédico, como cojines con sensores y sistemas de distribución de presión para poder adaptarlo a una silla de ruedas, ya que esta implementación tendría como fin reducir la incidencia de nuevas úlceras y disminuir los costos de tratamiento para poder mejorar la autonomía del paciente.

2. PATENTES

A. Número de patente: ES2977286T3

Título: Cojín de soporte

Inventores: Crealey, Sean; Regan, Justin y Richardson, Kevin

Entidad solicitante: Asignada a los inventores; la patente figura bajo esos nombres

Resumen funcional:

La patente presenta un cojín de soporte inteligente que aborda la necesidad de prevenir y manejar úlceras por presión en personas inmovilizadas. Su tecnología ayuda a disminuir la presión en un punto del cuerpo mediante programas de vibraciones que pueden ser modificadas por el usuario al estar vinculado a una aplicación informática ejecutable en un dispositivo móvil, lo cual aumenta su independencia.

Aspectos innovadores:

- Incorpora un dispositivo vibratorio controlado por un controlador capaz de regular la intensidad, la duración y la localización de las vibraciones de forma predeterminada.
- La combinación de sensores y vibración programable hace posible ofrecer terapia focalizada en zonas específicas del cuerpo, ajustada a la presión ejercida y parámetros definidos por el usuario.
- Combina soporte ergonómico con funciones activas de estimulación terapéutica lo que ayuda a reducir la incidencia de úlceras por presión.
- Al conectarse a un dispositivo, se da al usuario un control remoto, personalizado e intuitivo sobre la terapia.

Limitaciones o vacíos:

- El dispositivo se centra solo en vibraciones, sin integrar otras modalidades terapéuticas como calor o presión de aire lo que podría limitar su alcance.
- No se especifica si el cojín se ajusta automáticamente a los parámetros indicados por el sensor de distribución de peso o si depende del usuario a través de la aplicación.
- El sensor mide presión pero no hay mención de biomarcadores más precisos como temperatura corporal, pulso o nivel de tensión muscular.
- No se detalla si los sensores dentro del cojín afecta su ergonomía o comodidad en el uso prolongado.

Relación con la necesidad:

La relevancia de esta patente frente a la necesidad señalada recae en que puede servir como herramienta preventiva al identificar zonas de presión excesiva con factor crítico de desarrollo de úlceras, estimular la circulación sanguínea y aliviar puntos de presión mediante vibración localizada, lo cual es fundamental para pacientes que permanecen largos periodos sentados. Asimismo, la conexión con una aplicación móvil favorece el autocuidado y la independencia del paciente.

Imágenes asociadas:

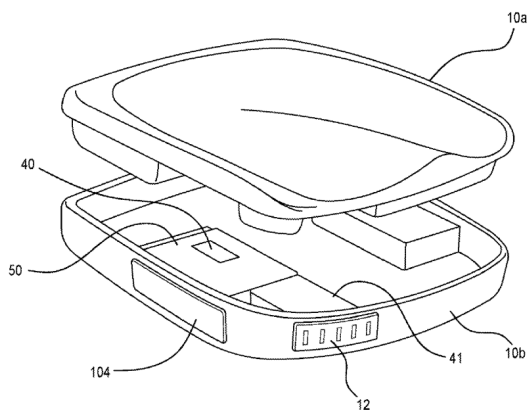


Figura 1. Diseño de la parte interna y externa del cojín [6]

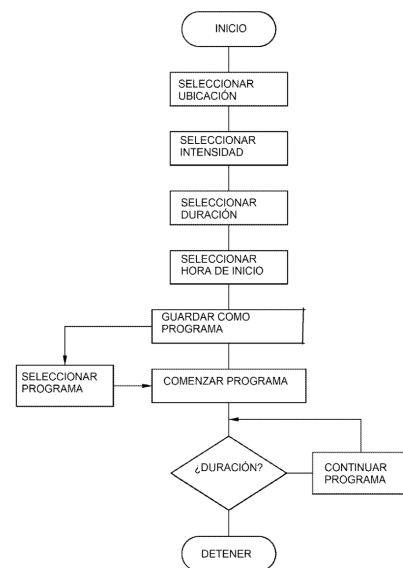


Figura 2. Diagrama de flujo del programa para el cojín [6]

B. Número de patente: US7583199B2

Título: Air cushion control system

Inventores: William F. Grabe

Entidad solicitante: Asignada a los inventores; la patente figura bajo esos nombres

Resumen funcional:

La patente presenta un sistema de control de cojín de aire diseñado para reducir las úlceras por decúbito mediante el ajuste automático y continuo de inflación de un cojín de aire conectado. El sistema incluye un sensor de cámara de aire que contiene sensores duales como un sensor de tira de presión y un sensor de hiperinflación. Así mismo, cuenta con un

microprocesador que controla una bomba de aire para inflar y una válvula de aire para desinflar, basándose en la detección de presiones críticas. También contiene LEDs que alertan sobre los fallos en la inflación de dicho cojín. Este sistema en general se adapta a los pesos y tamaños de cualquier individuo.

Aspectos innovadores:

- El sistema contiene un sistema de ajuste automático que previene que el individuo sentado toque el fondo de la silla y, al mismo tiempo, mide la profundidad de inmersión para maximizar la reducción de presión.
- Utiliza un sensor de cámara de aire que incluye dos sensores para monitorear y corregir automáticamente la presión.
- Permite el ajuste automático de la profundidad de inmersión basado en los pesos y tamaños del usuario y se reajusta cuando cambia de posición.
- Tiene un sistema de luz LED como alarma que alerta al individuo sobre problemas con el cojín, como la hiperinflación.

Limitaciones o vacíos:

- Es vulnerable a los fallos operativos si se agotan las baterías.
- Existe el riesgo de que fugas de aire crezcan a tal punto que la bomba ya no puede compensarlas, lo que provocaría la activación cíclica de las alarmas.
- Los cojines de aire pueden experimentar cambios en la presión interna si son sometidos a fluctuaciones ambientales, como aumento de temperatura o altitud. Estos cambios pueden causar que la cámara de aire incremente su volumen de aire y, por lo tanto, su presión interna.

Relación con la necesidad:

La relevancia de esta patente frente a la necesidad planteada consiste en que maximiza la reducción de presión mediante un ajuste automático que realizan los sensores contenidos en el sistema, ya que regulan el aire continuamente y evitan que se ocasionen UPP en el paciente.

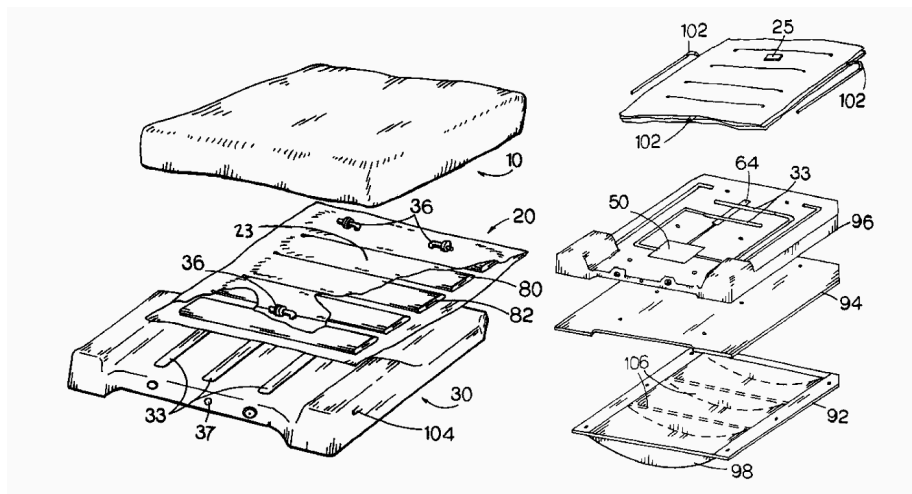


Figura 3: Diseño interno y externo del cojín [7]

C. Número de patente: US 11,191,687 B2

Título: Portable cushion and method of use

Inventores: Harikrishan S. Sachdev y Koushalya S. Sachdev

Entidad solicitante: Asignada a los inventores; la patente figura bajo esos nombres

Resumen funcional:

Esta patente describe un cojín inflable portátil con múltiples cámaras de aire (o pods), equipadas cada una con sensores de presión. Los datos emitidos por los sensores son recibidos por un microcontrolador, que se encarga de inflar o desinflar de forma selectiva a los pods. Además, se puede monitorear al paciente de forma remota para detectar las áreas de mayor presión y la temperatura en las mismas.

Aspectos innovadores:

- Su sistema de retroalimentación en tiempo real, permite liberar la presión en puntos críticos de manera personalizada al usuario, al no limitarse por un patrón preestablecido.
- Es capaz de conectarse a otros dispositivos, mediante cable o de forma inalámbrica, para facilitar el monitoreo del usuario.
- Como características adicionales, el dispositivo tiene la capacidad de incluir sensores de temperatura y atomizador antibacterial, que permitiría prevenir o tratar de mejor manera posibles infecciones.

Limitaciones o vacíos:

- No se especifica que tipo de fuente de energía alimenta al dispositivo, por lo que no se sabe con exactitud cuánto tiempo permanecerá encendido.
- No es posible saber si es apto para cualquier paciente, ya que no se menciona que rango de peso puede soportar el dispositivo.
- No describe de qué manera, tanto los sensores de temperatura como el atomizador antibacterial, irían conectados al microcontrolador.

Relación con la necesidad:

El dispositivo que describe la patente responde directamente a la necesidad de prevenir las úlceras por presión, principalmente para pacientes que permanecen en silla de ruedas por un tiempo prolongado. Esto gracias a su sistema de inflado y desinflado que responde en tiempo real a la presión ejercida en diferentes zonas del cojín.

Imágenes asociadas:

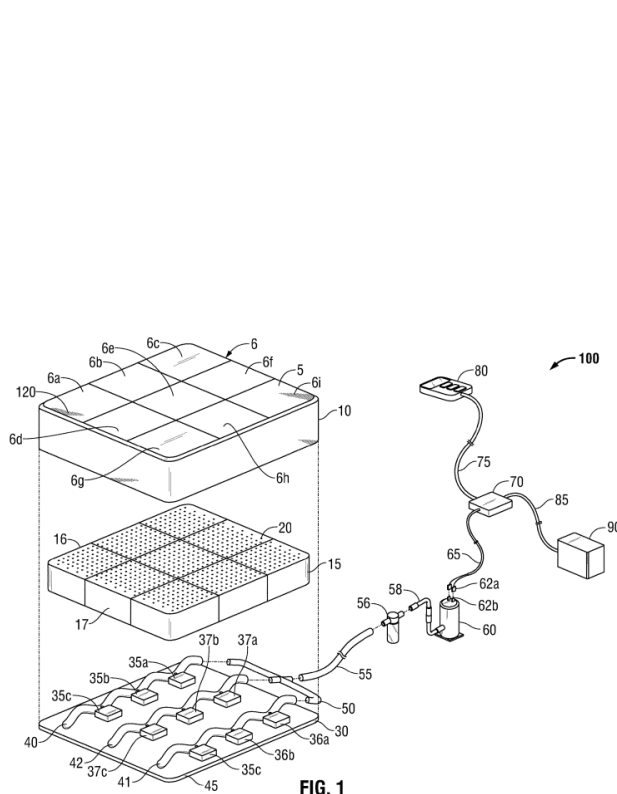


Figura 4. Vista explosionada del dispositivo [8]

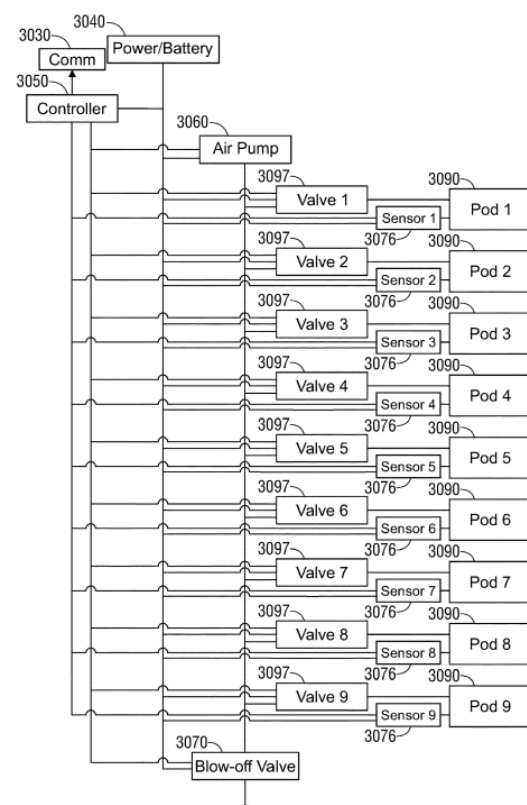


Figura 5. Vista esquemática [8]

D. Número de patente: US20200405217A1

Título: Pressure ulcer prevention system

Inventores: Sundaresan Jayaraman; Sungmee Park

Entidad solicitante: Asignada a los inventores, la patente figura bajo esos nombres

Resumen funcional:

Un cojín, presentado como sistema de monitoreo, que incorpora sensores integrados de presión y humedad. Estos sensores recolectan datos sobre presión y humedad en los puntos de contacto y luego los transmite a un sistema de cómputo o aplicación que determina riesgo de úlcera si ciertos parámetros se exceden y activar alertas o intervenciones manuales/automáticas para aliviar presión o cambiar postura.

Aspectos innovadores:

- Uso de sensores de tela que detectan presión y humedad en la interfaz usuario-cojín, lo que ayuda a manejar dos causas clave de las úlceras: presión sostenida y humedad.
- Los sensores están tejidos o laminados en la tela, no son placas rígidas ni cápsulas, lo que permite que el sistema sea más ergonómico, suave y se amolde al cuerpo del usuario.
- Su configuración permite detectar riesgo antes de que ocurra la lesión, debido al monitoreo continuo en tiempo real y llamados de alerta.
- Puede aplicarse a cojines existentes (insertado entre usuario y cojín/silla) y no necesariamente requiere un cojín nuevo estructuralmente.

Limitaciones o vacíos:

- No se especifica la vida útil de los sensores de tela con uso repetido, limpiezas, sudor, etc, por lo que, podría haber problema de durabilidad en condiciones reales.
- Detecta presión excesiva o humedad, pero no ajusta o regula la presión automáticamente, ya que no posee cámaras de aire o pods inflables, es decir el usuario o el cuidador deben de intervenir para cambiar la postura.

- El dispositivo se centra en la detección y predicción, no en la acción automática de redistribuir presión

Relación con la necesidad:

Las UPP afectan con alta frecuencia a personas con movilidad reducida que utilizan sillas de ruedas, en específico por lesión medular. La patente US20200405217A1 aborda esta necesidad mediante un cojín con sistema textil sensorizado, el cual registra en tiempo real variables críticas como presión y humedad. Su diseño flexible y adaptable permite cubrir zonas amplias del asiento sin añadir rigidez. Además, el uso del textil conductivo facilita el monitoreo de manera discreta y confortable. En ese sentido, aporta información temprana al usuario o cuidador para intervenir antes de la aparición de UPP y mejorar la calidad de vida del paciente.

Imágenes asociadas:

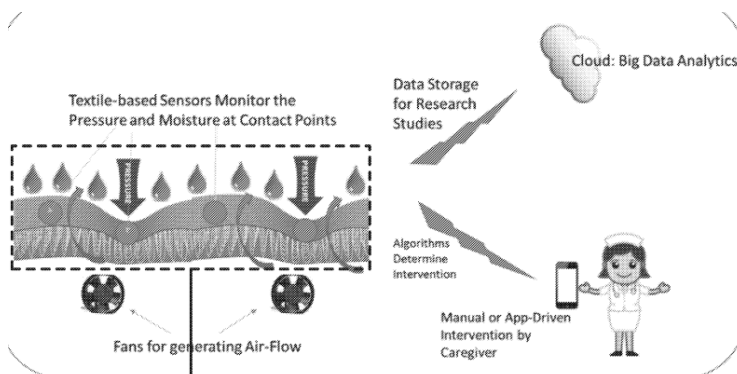


Figura 6. Sistema de prevención de una celda unitaria del sensor basado en tela [D]

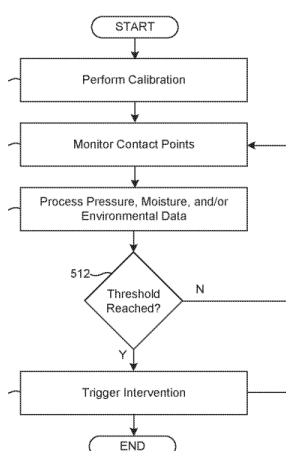


Figura 7. Diagrama de flujo del dispositivo [9]

E. Número de patente: US20240016680A1

Título: *Wheelchair Structure for Preventing Pressure Ulcers*

Inventores: Hsin-Pei Yang; Kuan-Yu Chen; Yu-En Liu; Yu-Hsuan Wu; Siou-Ci Yeh

Entidad solicitante: Individual — Publicación 2024

Resumen funcional:

La patente describe una silla de ruedas con una estructura integrada para la prevención de úlceras por presión, uno de los principales riesgos en pacientes que permanecen largos periodos en posición sedente. El diseño incluye:

- Un asiento dividido en módulos capaces de redistribuir la presión en distintas áreas del cuerpo.
- Un mecanismo ajustable bajo el asiento y un soporte para rodillas, que permiten modificar la postura del usuario de forma periódica.
- Integración de materiales transpirables y ventilación, reduciendo la humedad acumulada y mejorando la comodidad.

Con este enfoque, la silla no se limita a un cojín externo, sino que plantea una solución estructural más completa para la prevención de úlceras.

Aspectos innovadores:

- Redistribución dinámica de presión gracias a un sistema de soporte modular.
- Reducción del riesgo de lesiones en sacro, glúteos e isquiones.
- Incorporación de ventilación y control de humedad, factores poco abordados en sillas convencionales.
- Propuesta reciente (2024), alineada con necesidades clínicas actuales.

Limitaciones o vacíos:

- Dependencia de ajustes mecánicos, sin integración de sistemas inteligentes de monitoreo de presión.
- Posible aumento de peso y complejidad, lo que impacta la portabilidad y el costo.

- Falta de validación clínica amplia: la patente presenta el diseño, pero no evidencia resultados en usuarios reales.
- Su producción puede ser más costosa frente a soluciones más simples como cojines especializados.

Relación con la necesidad:

La patente responde directamente a la problemática del paciente en el caso clínico, quien presenta alto riesgo de úlceras por presión debido al uso prolongado de silla de ruedas y a la inseguridad en transferencias. Al redistribuir la presión mediante un diseño estructural y mejorar la ventilación, esta propuesta puede:

- Prevenir complicaciones secundarias graves.
- Mejorar la seguridad y confort del usuario.
- Disminuir la carga sobre cuidadores y el sistema de salud.

Representa una base sólida sobre la que se podrían desarrollar futuras mejoras, como la integración de sensores de presión y telemonitoreo para un control más personalizado.

Imágenes Asociadas:

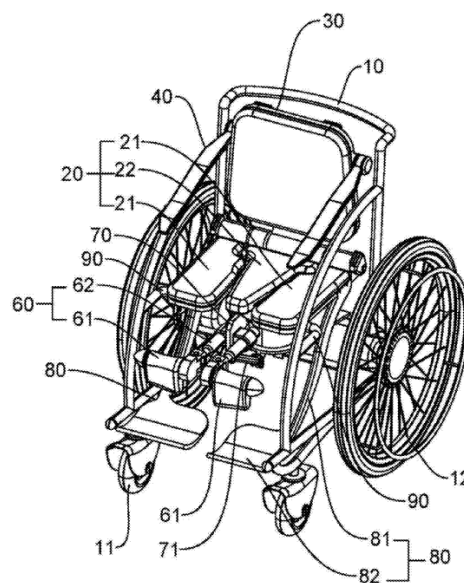


Figura 7: Vista General de la Silla de Ruedas

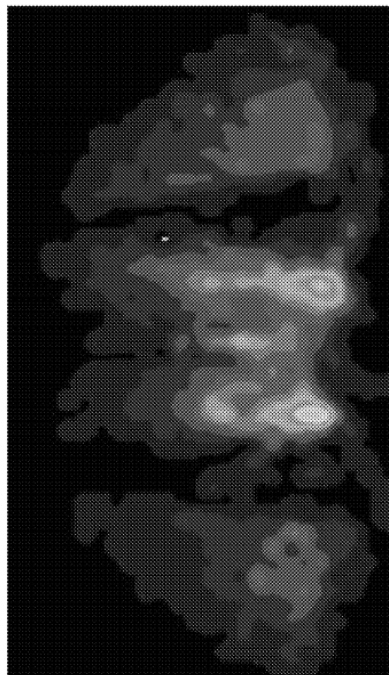


Figura 8: Diagrama del mecanismo bajo el asiento

F. Número de patente: US10251798B2:

Título: Pressure Redistribution System and Methods of Using Same

Inventores: Edward T. Bednarz III, Heather T. Bednarz, Matthew T. Aguilar, Robert W.

Año de publicación: 2019

Entidad solicitante: Individual

Resumen funcional:

Sistema integral de redistribución de presión destinado a sillas de ruedas. Está formado por un cojín multicompartimental con cámaras de aire, sensores de carga incorporados, un microcontrolador y una pantalla visual tipo semáforo. Detecta presiones prolongadas en zonas específicas y ajusta automáticamente la inflación de las cámaras para redistribuir la carga y prevenir la aparición de UPP.

Aspectos innovadores:

El sistema introduce una integración avanzada de sensores de carga distribuidos bajo las zonas críticas del cojín, conectados a un microcontrolador que monitoriza la presión en tiempo real. Utiliza una matriz de cámaras de aire (air bladders) cuyo inflado y desinflado es

dirigido por el microcontrolador en respuesta a los datos de presión, logrando una redistribución automática y localizada de la presión sin intervención del usuario. Este mecanismo se complementa con una interfaz visual tipo semáforo que alerta sobre zonas de riesgo de presión excesiva, facilitando intervenciones proactivas inmediatas cuando sea necesario. Los aspectos innovadores que mas se destacan es:

- Operación completamente automatizada guiada por algoritmos de gestión de presión.
- Integración de sensores robustos y baja latencia para detectar presiones focalizadas peligrosas.
- Redistribución periódica y localizada, permitiendo un ajuste fino según el perfil individual del usuario.
- Panel visual interactivo que incrementa la autonomía del paciente y del cuidador.

Limitaciones o vacíos:

A pesar de su sofisticación, presenta ciertas limitaciones a considerar:

- El uso extensivo de componentes electrónicos y mecánicos puede requerir un mantenimiento técnico más frecuente, lo que podría limitar la adopción, especialmente en entornos con recursos limitados.
- Aunque es avanzado, no menciona integración con sistemas clínicos remotos ni conectividad IoT, lo cual sería deseable para telemonitorización.
- Su coste potencial y complejidad pueden restringir el acceso a usuarios en regiones menos dotadas tecnológicamente.
- Ausencia de validación explícita en subgrupos de usuarios con lesión medular completa y severa.

Relación con la necesidad del usuario:

La patente responde de manera óptima a la necesidad de pacientes con lesión medular completa T4-A y dependencia de silla de ruedas, quienes no pueden realizar cambios posturales de manera voluntaria. Al detectar presión excesiva en áreas críticas y ajustar automáticamente la presión en los compartimentos del cojín, el dispositivo suple la incapacidad del usuario para realizar cambios posturales, minimizando el riesgo de isquemia tisular y UPP. La función visual de alerta facilita la atención pronta por parte de cuidadores cuando es indispensable. Su estructura adaptable y automatizada es altamente pertinente para estos usuarios.

Imagen de diseño y funcionamiento:

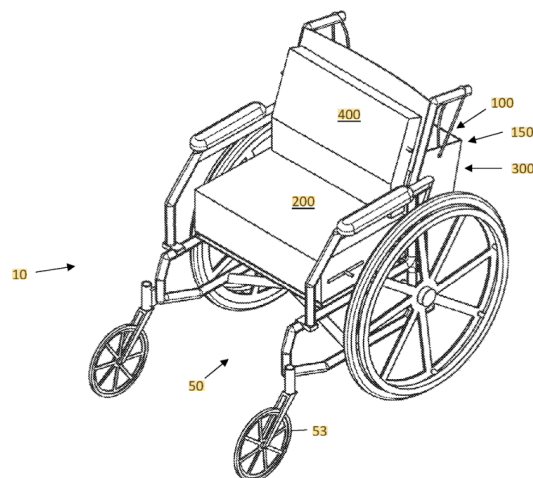


Figura 9: Vista general de la silla de ruedas

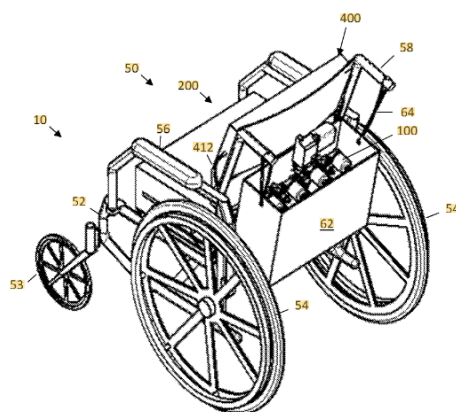


Figura 10: Vista del diseño interno de la silla de ruedas

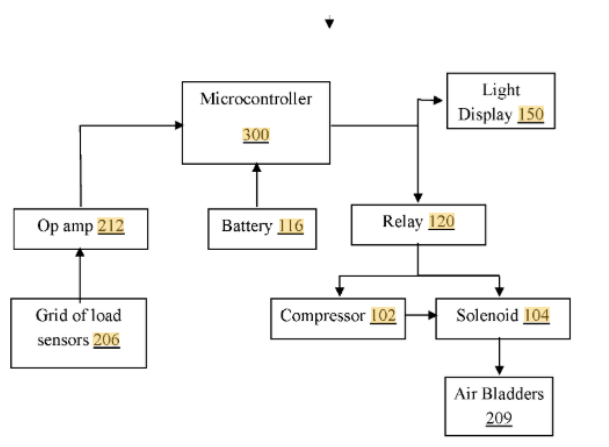


Figura 11: Diagrama de funcionamiento

Reflexión final

Al analizar las diferentes patentes revisadas, se observa que cada una de ellas aporta un enfoque innovador y particular para enfrentar la problemática de las úlceras por presión en personas con lesión medular y movilidad reducida. Sin embargo, al momento de pensar en el diseño de un nuevo prototipo que responda a la necesidad planteada en el caso clínico, consideramos que la patente US10251798B2: Pressure Redistribution System and Methods of Using Same resulta la más aplicable como base principal. Esta se distingue por su sistema integral de redistribución automática de presión, que utiliza cámaras de aire multicompartimentales, sensores de carga distribuidos estratégicamente y un microcontrolador capaz de regular el inflado y desinflado en tiempo real. Dicho mecanismo es especialmente relevante para pacientes con lesiones medulares completas, como en el caso descrito, ya que ellos carecen de la capacidad de realizar ajustes posturales voluntarios. Al suplir esa limitación mediante tecnología, se logra una intervención activa y preventiva frente a la formación de úlceras por presión.

No obstante, si bien esta patente ofrece una base sólida y tecnológica, el desarrollo de un nuevo prototipo se beneficiaría enormemente al integrar elementos de otras patentes que aporten funciones complementarias. Por ejemplo:

- Del ES2977286T3 (Cojín de soporte con vibración programable) se podría incorporar el sistema de estimulación vibratoria, ya que además de servir como terapia para mejorar la circulación sanguínea en zonas críticas, funcionaría como un canal de retroalimentación sensorial. Esto no solo ayudaría a la prevención de lesiones, sino que también permitiría alertar al usuario de manera intuitiva sobre riesgos de presión elevada.
- De la US11191687B2 (Portable cushion and method of use) sería valioso integrar la capacidad de incluir sensores de temperatura y un atomizador antibacterial. La temperatura de la piel es un indicador temprano de inflamación o mala perfusión, por lo que añadir esta medición al sistema ampliaría la capacidad de detección y prevención. A su vez, el atomizador antibacterial representa una medida proactiva frente a posibles infecciones secundarias, que suelen complicar la evolución de las úlceras.
- De la US20200405217A1 (sistema de sensores textiles) se destaca la posibilidad de utilizar tejidos sensorizados capaces de medir presión y humedad de manera ergonómica y confortable. A diferencia de sensores rígidos, este diseño mantiene la comodidad del usuario y asegura un monitoreo más natural y continuo de la interfaz piel-cojín, lo cual resulta fundamental para una implementación realista en el día a día.
- Finalmente, de la US20240016680A1 (estructura modular de silla de ruedas) se podría incorporar el concepto de ventilación integrada y redistribución estructural de presión. Esto complementaría las funciones activas del cojín al reducir la acumulación

de humedad y calor, factores que también contribuyen significativamente a la aparición de úlceras por presión.

La integración de estas características permitiría que el prototipo no solo prevenga la presión localizada, sino que también considere otras variables críticas como la humedad, la temperatura, la higiene y la ergonomía.

El desarrollo de nuestro nuevo prototipo debería tomar como núcleo tecnológico la redistribución automática de presión propuesta en la US10251798B2, y complementarla con funciones de estimulación vibratoria, monitoreo avanzado de variables fisiológicas, sensores textiles flexibles y estructuras ventiladas. Esta integración no solo cubriría de manera más eficiente la necesidad identificada en el caso clínico, sino que también ofrecería un dispositivo biomédico más completo, adaptable y orientado a mejorar la calidad de vida de los pacientes. Un diseño con este enfoque multidimensional no solo respondería a la prevención de úlceras por presión, sino que también abriría nuevas posibilidades para el autocuidado, la independencia y la reducción de complicaciones clínicas asociadas.

Referencias bibliográficas

- [1] R. J. F.-D. Thomas y O. De Jesus, «Thoracolumbar spine fracture», *StatPearls - NCBI Bookshelf*, 23 de agosto de 2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562204/>
- [2] Paquin C, Nindorera F, Gagnon M, Lamontagne ME, Routhier F. Personal risk factors for pressure injuries among wheelchair users: an umbrella review of new insights in 2024. *Disabil Rehabil Assist Technol*. 2025;1–16. doi:10.1080/17483107.2024.2448161
- [3] Galindo MVG, Flores BH, Musayón-Oblitas Y. Prevalencia de Úlcera por Presión en Pacientes Hospitalizados de un Hospital de Lima. *Rev Enferm Herediana*. 2022;13:20-7. doi:10.20453/renh.v13i0.4146
- [4] Gefen A. The biomechanics of sitting-acquired pressure ulcers in patients with spinal cord injury or lesions. *Int Wound J*. 2007;4(3):222-31. doi:10.1111/j.1742-481x.2007.00330.x
- [5] Zarmer L, Khan M, Islat G, Alameddin H, Massey M, Chaudhry R. Traumatic Spinal Cord Injury: Review of the Literature. *J Clin Med*. 2025;14(11):3649. doi:10.3390/jcm14113649

- [6] Crealy S, Regan J, Richardson K. “Cojín de soporte”. N° de patente ES2977286T3. 30 de Julio de 2020.
- [7] 1.US7583199B2 - Air cushion control system - Google Patents [Internet]. Google.com. 2008. Available from: <https://patents.google.com/patent/US7583199B2/en>
- [8] H. S. Sachdev and K. S. Sachdev, “Portable cushion and method of use,” US11191687B2, Dec. 07, 2021 Available from:
<https://patents.google.com/patent/US11191687B2/en?q=US+11%2c191%2c687+B2>.
- [9] Patterson R, Liao C, inventores; Veristride Inc, cesionario. *Fabric-based sensor system*. United States patent US20200405217A1. Dec. 31, 2020. Available from:
<https://patents.google.com/patent/US20200405217A1/en>
- [10] Yang, H.-P., Chen, K.-Y., Liu, Y.-E., Wu, Y.-H., & Yeh, S.-C. *Wheelchair Structure for Preventing Pressure Ulcers*. US20240016680A1, 18 de enero de 2024.
<https://patents.google.com/patent/US20240016680A1/en>
- [11] E. T. Bednarz III et al., “Pressure redistribution system and methods of using same,” U.S. Patent US10251798B2, Apr. 9, 2019. Available from:
<https://patents.google.com/patent/US10251798B2/en>