

# Diseño de un vehículo intrahospitalario para el trasbordo de pacientes complejos

P.P. Escobar<sup>1</sup>, R. Romero<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Grupo INTELyMEC, Fac. de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro, Olavarría, Argentina.

**Abstract**— Los hospitales avanzan rápidamente adoptando nuevas tecnologías médicas dinamizando su funcionamiento con la digitalización de la información. Sin embargo, el transporte de enfermos no ha evolucionado de la misma manera, ya que enfermeros y camilleros continúan haciendo sus tareas empleando la fuerza física, con los consiguientes trastornos músculo – esqueléticos y lesiones lumbares, debidos a los esfuerzos repetitivos realizados en forma incorrecta, tales como la movilización o levantamiento de enfermos.

En el caso de pacientes complejos (politraumatizados, obesos mórbidos, oncológicos doloridos, quemados, etc) el traslado intrahospitalario implica el traspaso del paciente de una camilla a otra, situación que involucra el esfuerzo coordinado de dos o más personas, según el volumen o condición del paciente, presentando dos riesgos críticos: la lesión del personal por esfuerzo inadecuado y la caída o golpe del paciente por accidente durante el traspaso.

En este trabajo describimos el diseño y construcción de un sistema trasbordador de pacientes para automatizar la tarea de elevar al paciente y traspasarlo a otro medio receptor, incluyendo funcionalidades ampliadas como marcha motorizada con control de velocidad para su fácil desplazamiento por los pasillos hospitalarios y otras características que le otorgan la calidad de equipo único en su especie, con el propósito de evitar las lesiones por esfuerzo del personal y reducir el problema del ausentismo a causa de dichas lesiones, en concordancia con las actualizaciones vigentes de la Ley N° 24.557 de Riesgos del Trabajo.

**Keywords**— Vehículo intrahospitalario, lesiones, traspaso, elevación, transferencia.

## I. INTRODUCCIÓN

El traspaso de pacientes hacia y desde su cama a una camilla o mesa quirúrgica es una tarea común en los hospitales, que implica tomar al paciente y moverlo entre varias personas, por elevación y arrastre (“sábana-en-vilo”). El problema de esta técnica es que el personal debe levantar al paciente utilizando los músculos de la espalda, en vez de utilizar las piernas para repartir el peso [1].

Con el uso repetitivo de esta práctica, aparecen lesiones discapacitantes y patologías lumbares, los motivos más comunes de baja laboral y de atención médica en el personal sanitario, [2] debido a las altas exigencias físicas del traba-

jo, como incorporar, levantar, sostener y desplazar a los pacientes dependientes, sin ayuda de medios auxiliares ergonómicos y sin la asistencia de otras personas, a menudo con posturas corporales forzadas, de difícil equilibrio y en situaciones de resistencia, ocasionando que el dolor de espalda se sitúe en torno al 80-85% de estos trastornos [3].

Los accidentes y enfermedades profesionales por sobrecarga y esfuerzos repetitivos representan un problema social, económico y de salud pública. Ya en 1990, la OMS los reconoció y denominó “*Desórdenes músculo-esqueléticos*” (DME) [4], asociando sus causas a múltiples factores, entre ellas la adopción de posturas inadecuadas desde el punto de vista biomecánico [5]. Esta situación se torna más severa en pacientes politraumatizados, obesos mórbidos, oncológicos complejos, quemados y otros, donde el traspaso del paciente involucra el esfuerzo coordinado de dos o más personas, afrontando dos riesgos críticos: la lesión del personal por esfuerzo inadecuado y la caída del paciente durante el traspaso. En Tabla 1 y Tabla 2 se recogen datos estadísticos de lesiones por tipo de riesgo y por categoría profesional.

Tabla 1. Distribución de los accidentes laborales por tipo de riesgo [6]

Item	Manipulación manual de cargas	Posturas inadecuadas	Transporte y movilización de pacientes
Porcentajes	8%	11%	81%

La alta prevalencia del dolor lumbar en personal sanitario posee elevados costos directos e indirectos: para el trabajador son causa de dolor personal y de pérdida de ingresos por ausentismo, para el empleador reducen la eficiencia operativa y para el Estado incrementan los gastos de la seguridad social [5]. Existen guías tales como NIOSH [7] y INSHT [8], métodos como “Ergo IBV”[9,10] y el Índice OCRA [11] para la evaluación del riesgo asociado a dichos esfuerzos y la adopción de medidas preventivas, con el fin de evitar los costos.

En los aspectos legislativos asociados a estos riesgos laborales, Europa, EE.UU. y América Latina han avanzado considerando estas enfermedades profesionales [12, 13]. En Argentina, la ley N°24.557 sobre Riesgos de Trabajo contempla, a través del Decreto 49/2014, un listado actualizado de las enfermedades profesionales incluyendo los DMEs asociados a esfuerzos repetitivos y sobrecarga física.

Tabla 2. Accidentes según tipo de riesgo y categoría profesional [6]

Categoría Profesional	TIPO DE RIESGO					Totales (%)
	Manipulación de cargas	Posturas inadecuadas	Movilización de pacientes	Movimientos repetitivos		
Enfermeros	87	121	874	6		52,9
Fisioterapeutas	35	75	246	7		17,64
Camilleros	35	26	119	-		8,75
Técnicos RX	11	14	57	2		4,08
Médicos	2	12	12	2		1,36
Otros	129	91	89	5		15,26

## II. ESTADO DEL ARTE

En el mercado hospitalario actual existen soluciones para evitar las lesiones por esfuerzo y los accidentes por caídas durante la movilización del paciente. Estas soluciones, llamadas ayudas mecánicas, son de uso obligatorio para el personal, ya que reducen las lesiones de espalda y el absentismo, generando un ahorro sensible en gastos de personal sustitutorio, entrenamiento de suplencias, pérdida de producción, gastos de cobertura médica y otros [14].

La mayoría de las soluciones se centran en la reducción de accidentes por caída, dotando a los sistemas de transporte de paciente de elementos de seguridad como barandas y sistema de transferencia (Ej: Sesto [15], Rotogourney [16] y TransMobil [17]). Otras se abocan a la elevación segura del paciente por medio de sistemas de grúa o brazo (Ej: HillRoom [18], Tekvo [19]). Ninguna cubre ambas situaciones: elevación segura y traspaso sin esfuerzo del personal.

En este trabajo se describe el diseño y construcción de un sistema trasbordador de pacientes para automatizar ambas tareas, eliminando los esfuerzos del personal, y que además incluye funcionalidades ampliadas como marcha motorizada con control de velocidad para su fácil desplazamiento por los pasillos hospitalarios y otras características que le otorgan la calidad de equipo único en su especie

## III. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Requerimientos de diseño

Los requerimientos se basaron en la búsqueda de una nueva solución, más completa, que permitiera realizar con el traslado y traspaso del paciente sin esfuerzos humanos.

Con estas premisas se pensó en un vehículo intrahospitalario tipo camilla al cual se le adicionara la automatización para efectuar la elevación y traspaso. Se consideraron requisitos esenciales como *peso máximo de paciente*, *estabilidad mecánica* y *gravitacional*, *peso total del sistema*, *sistema de soporte de paciente* y *automatización*. De manera adicional, el diseño debía contemplar que el plano del paciente fuese radiolúcido para permitir la toma de imágenes de RX mediante un chasis situado debajo del plano, y además, que este plano pudiera deslizarse sobre guías (trineo o transfer) para efectuar la transferencia a otro medio receptor.

### B. Clasificación y normativas

Los vehículos intrahospitalarios se ubican en Categoría Clase I, según regulaciones de MERCOSUR/GMC/N°37/96 y los requisitos de ANMAT (Disp. N° 2318/2002, Anexo II, Regla 12: Producto Médico Activo destinado al trasbordo, traslado y transferencia de paciente).

### C. Resultados

El equipo ha sido diseñado como un vehículo semejante a una camilla de las que habitualmente se encuentran en los centros de salud, incorporándole un mecanismo que sostiene y traspasa un paciente horizontalmente de una cama al vehículo para movilización y traslado o viceversa, sin esfuerzo de enfermeros, camilleros, médicos o del propio paciente.

Por sus características de diseño, el vehículo puede rodar cómodamente con el paciente a diferentes lugares dentro del hospital (traslado) gracias a una quinta rueda motriz situada debajo del plano del paciente, que tracciona y permite el avance del vehículo mediante un motor y un driver que controla la rampa de aceleración y frenado.



Fig. 1. Vista fronto-lateral del vehículo



Fig. 2. Vista lateral del vehículo donde se observa la quinta rueda.

El diseño del vehículo combina las tres maniobras necesarias para la movilización del paciente (ver Fig.3):

1. Trasbordo: Toma al paciente acostado en una cama, lo eleva y pasa en la misma posición a una camilla y viceversa en forma lateral sin esfuerzo, en forma automática.

2. Traslado: Circula por las instalaciones y servicios del hospital, con toda la facilidad para enfermería y seguridad para el paciente, hasta llegar a destino.

3. Transferencia: Para transferir al paciente al área quirúrgica a través de la ventana o guillotina de acceso, empleando el trineo o transfer del plano paciente.

#### D. Funcionamiento

Inicialmente debe colocarse una salea especial debajo del paciente, del mismo largo que la camilla. Luego se aparea el vehículo a la cama (posee una pedalera para activación simultánea del frenado de las ruedas), el módulo trasbordador se eleva en forma telescópica sobre las torres de acero mediante un actuador lineal Linak [20] anclado en el punto medio del brazo vinculante y en otro similar ubicado sobre el chasis. Esto permite variar la altura del módulo trasbordador. Del barral vinculante superior se fija otro actuador lineal con anclaje en el sistema columpio cuya función es desplazarlo hacia el lateral. La fuerza que ejercen los actuadores alcanza 6000N en elevación y 4000N en tracción, con ruido menor a 48dB, según método DS/EN ISO3746, sin carga. Estas fuerzas permiten movilizar pacientes de hasta 140 kg, aunque se ha ensayado hasta 250 kg sin registrar compromiso de estabilidad ni funcionamiento.

La energía para mover los actuadores la provee un set de 4 baterías de 24 [V] recargables con alarma de baja carga, las que otorgan una autonomía superior a 16 horas de trabajo continuo. La alarma de baja carga se activa cuando resta aún un 20% de energía, lo cual le permite hacer un trasbor-

do más sin dificultades. Cuando está en modo carga, se conecta a la red eléctrica mediante un cargador y el sistema se desactiva e impide su accionamiento. El comando de los movimientos se efectúa mediante dos controles. El primero es un comando tipo joystick para iniciar el avance y para frenar al vehículo. El avance posee rampa de aceleración y desaceleración controlada y se logra mediante el descenso de la quinta rueda para traccionar sobre el suelo. El segundo es un comando tipo handset o panel pulsador, que controla el ascenso y descenso del módulo trasbordador, y el desplazamiento lateral del mismo. Toda la activación electrónica del conjunto trasbordador ha sido realizada según normas internacionales IEC.60601-1.

En la figura 3 se puede observar el vehículo en el campo de trabajo trasbordando un paciente hacia una mesa de cirugía, sin ningún tipo de intervención del personal, el cual se limita a colocar y quitar la salea que sostiene al paciente de las caladuras del conjunto de perchas, fabricadas en polietileno de alto peso molecular (APM) [21].

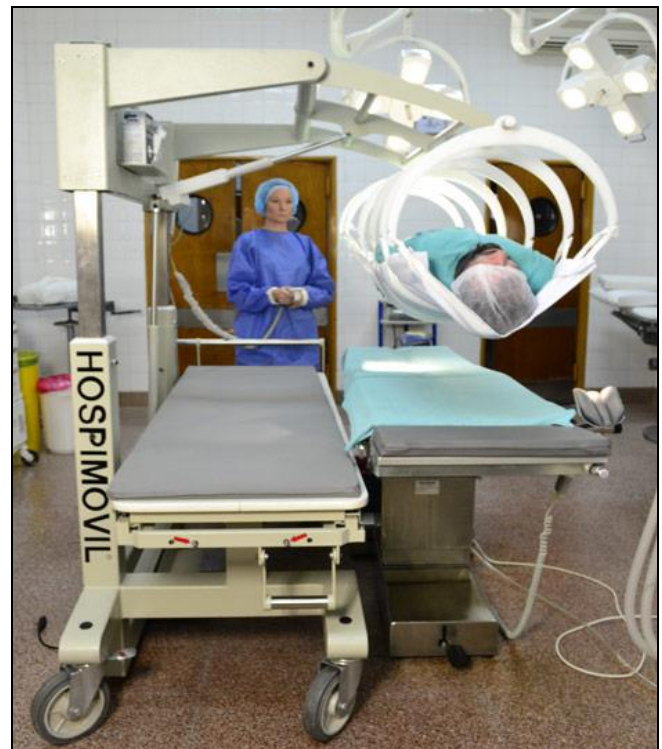


Fig. 3. El vehículo trasbordando un paciente a mesa de cirugía sin intervención de esfuerzos humanos.

#### E. Características adicionales

El vehículo características adicionales que le permiten ampliar las prestaciones. Posee un soporte para tubo de oxígeno tipo E (1m<sup>3</sup>) y dos bandejas de soporte para la

colocación de bombas de infusión de drogas, monitores multiparamétricos, respiradores portátiles, etc., sin que se produzcan interferencias por cables, tubuladuras o cánulas. Consta además de un sistema de seguridad tipo traba/gatillo para impedir que el plano paciente se desplace durante las maniobras. El lecho del plano paciente está fabricado con APM, material elegido por sus excelentes propiedades de resistencia al roce mecánico, aislamiento eléctrico e insolubilidad ante disolventes orgánicos. Adicionalmente el material es radiolúcido, lo cual permite el empleo de chasis radiográficos convencionales o digitales para adquirir imágenes radiológicas del paciente en cualquier momento, empleando un equipo portátil de RX o un arco en C.

#### IV. CONCLUSIONES

El mercado hospitalario crece vertiginosamente incorporando tecnología en casi todas sus áreas, pero carece de soluciones en el traslado y trasbordo de pacientes. El vehículo intrahospitalario aquí demostrado viene a cubrir esa vacante en el mercado. Su diseño fue concebido para evitar los esfuerzos del personal y la caída de pacientes, reduciendo las lesiones y los costos directos e indirectos que las mismas ocasionan a las instituciones de salud [22].

El vehículo ha demostrado poseer capacidades robustas y un excelente rendimiento, permitiendo transportar pacientes en forma ágil, segura y simple por los pasillos de cualquier institución sanitaria, gracias a su funcionamiento estable y a un diseño de dimensiones precisas.

Actualmente están en proceso de fabricación mejoras y variantes para este equipo, de manera tal de lograr aptitud y seguridad de uso en entornos de resonancia magnética y en el transporte de pacientes quemados.

#### AGRADECIMIENTO

Los autores reconocen y agradecen a **Compania Hospital S.A.** por permitir la publicación de los contenidos en el presente trabajo.

#### CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

#### REFERENCIAS

1. Hernández Rodríguez, A. Pulido Jiménez, J. Gallardo García, V. Aproximación a las causas ergonómicas de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Empleo. ISBN: 978-84-692-4788-4. 2010.

2. Miranda Villalba, I.; Combe Boladeras, G. Identificación y evaluación ergonómica del riesgo de carga física en los puestos de trabajo de 8 hospitales públicos. Grupo de trabajo de ergonomía de hospitales. Institut Catala de la Salut (ICS). 2009.
3. De Souza, C dos S., Lima da Silva, JL., Antunes Cortez, E., Schumacher, KP., Moreira, RCS., De Almeida Nilson, T. Riesgos ergonómicos de lesión por esfuerzo repetitivo del personal de enfermería en el hospital. Enfermería Global, Revista electrónica de Enfermería, N°23, julio 2011, pag 251 a 263.
4. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Capítulo 6: OIT Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo. Serie protección de la salud de los trabajadores (N°5). Publicaciones OMS, 2010.
5. Chafin, B. ; Gunnar, B.; Bernard, J.; Martin. Occupational Biomechanics. A Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons Inc. 1999. 3° Edition. USA.
6. Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el sector sanitario. Buenas prácticas de seguridad e higiene del trabajo en los servicios médicos y de salud. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y del ambiente. OPS, 2012.
7. NIOSH Publication No. 97-14: Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back, 2009.
8. INSHT. Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el sector sanitario: buenas prácticas. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, Madrid, España. 2009.
9. García-Molina, C., Chirivella, C., Page, A., Tortosa, L., Ferreras A., Moraga R., Jorquera J. Ergo/IBV – Evaluación de riesgos laborales asociados a la carga física. Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), Valencia, 2000.
10. García-Molina, C.; Nogareda, S. Tareas repetitivas: método Ergo/IBV de evaluación de riesgos ergonómicos. Instituto de Biomecánica de Valencia. INSHT. España. 2009.
11. Colombini D., Occhipinti E (1), Grieco A. (2002). Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs: Job analysis, Ocra risk index, prevention strategies and design principles. Elsevier Ergonomics book series . Vol.2.
12. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), USA.
13. Real Decreto 1299/2006. Aprobación del cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social, España.
14. Reis RJ, Rocca PF, Silveira AM, Bonilla IML, Ginéc NA. Fatores relacionados ao absenteísmo por doença em profissionais de enfermagem. Rev Saúde Pública. 2003; 37 (5): 616-23.
15. Sesto Hope Technik.
16. Roto-Gourney, transportation of patients within the hospital.
17. Maquet Transmobil 2 Patients transport.
18. HillRoom Repositioning System.
19. Tekvo, Grúas Atlas.
20. LINAK Medline & Careline.
21. Polietileno de alto peso molecular (APM), datos técnicos.
22. Vargas Porras, PA Orjuela Ramírez, ME, Vargas Porras, C. Lesiones osteomusculares de miembros superiores y región lumbar: caracterización demográfica y ocupacional. Enfermería Global, N°32, Octubre 2013, pag 119 a 133.

Corresponding author:

Author: Pedro Pablo Escobar  
 Institute: Fac. De Ingeniería, Univ. Nacional del Centro UNCPBA  
 Street: Avda Del Valle 5737  
 City: Olavarría  
 Country: Argentina  
 Email: pescobar@fio.unicen.edu.ar