

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
MECATRÓNICA

## ARTÍCULO CIENTÍFICO

### TEMA:

DISEÑO DE UNA CAMILLA PARA MOVILIZACIÓN Y BIPEDESTACIÓN DE PACIENTES.

### AUTOR:

DIEGO FRANCISCO CARVAJAL FLORES

### DIRECTOR:

Ing. DIEGO ORTIZ

Ibarra, 2016

## Resumen

El presente trabajo nace de la necesidad de mejorar la calidad del tratamiento de rehabilitación que reciben los pacientes que tienen incapacidad, parcial o total, de desplazarse y cambiar de posición por su propia motricidad. Así también, de la necesidad de reducir el riesgo ergonómico que se presenta en los fisioterapeutas el momento de realizar el trabajo de rehabilitación con los pacientes mencionados anteriormente.

Se plantean varias soluciones para satisfacer las diferentes necesidades a las que debe responder el prototipo y luego de analizarlas se seleccionan las más convenientes para cada caso. Se realiza el análisis de esfuerzos que debe soportar la estructura de la camilla, así como el factor de seguridad para lo cual se utiliza el software Solidworks; se efectúa también la selección de los actuadores lineales que accionarán los diferentes movimientos del prototipo. Seguido, se realiza el diseño del sistema de control en base a la tarjeta seleccionada y al final se implementa el sistema completo.

El prototipo permite realizar los siguientes movimientos articulares: flexión de rodillas, elevación de piernas, elevación de tronco; así como también bipedestación y movilización del paciente a diferentes ambientes según sus necesidades. También se puede controlar la altura de la camilla desde el piso en un rango de 70cm a 100cm.

## Palabras clave

Bipedestación, camilla, movilización, pacientes, fisioterapia.

## Introducción

Es importante el empleo correcto de la terapia física encaminada a la movilidad precoz, ya que mediante su aplicación se disminuye el tiempo de recuperación de pacientes con enfermedad cerebro vascular de la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI), de esta manera se logra una satisfactoria evolución; al mismo tiempo se mantiene activo su sistema osteo-músculo-articular, previniendo deformidades (Salazar & Isaac, 2015).

Según el punto de vista profesional de los docentes de la carrera de terapia física médica de la Universidad Técnica del Norte, es una necesidad de los terapeutas contar con una camilla para movilización y bipedestación temprana para mejorar las condiciones en la atención médica a pacientes hospitalizados y ambulatorios. El uso de esta camilla favorece al paciente en los cambios de posiciones y movilizaciones; logrando así movilidad temprana, lo cual contribuye a mejorar su calidad de vida.

Esta camilla ayudará a que el trabajo del personal de salud sea óptimo sin desgastar al mismo. A su vez servirá para reducir el riesgo ergonómico que tienen los terapeutas el momento de realizar la atención a las diversas necesidades de los pacientes.

En la actualidad en nuestro país, este tipo de camillas es de difícil acceso; una de las

principales causas es el elevado costo que supone la adquisición de las mismas y la falta de producción nacional.

El presente trabajo se enfoca en realizar un diseño eficiente con materiales que se encuentren en nuestro medio, que permitan reducir los costos de fabricación y contribuir de esta manera a la generación de un nuevo tipo de industria nacional.

## CAMILLAS EXISTENTES

En la actualidad existen diferentes tipos de camillas utilizadas para la bipedestación y movilización temprana de pacientes; estos equipos utilizados para mejorar la calidad de vida del paciente y favorecer el trabajo de los terapeutas, pueden variar en forma, tamaño, tipo de accionamiento y a su vez presentar diferentes funciones.

Es usual que las camillas bipedestadoras sean accionadas por diferentes tipos de actuadores, permitiendo así que el terapeuta controle desde un mando el ángulo y la velocidad de bipedestación; también pueden incorporar el control de la altura de la misma. Este tipo de accionamiento hace que el terapeuta realice menos esfuerzo físico y mejore la atención a cada paciente; la implementación de estos actuadores eléctricos hace también que se incremente el costo del equipo.

Se puede conjugar en una misma camilla, la bipedestación y los movimientos articulares de las extremidades del paciente; esta integración genera beneficios en la movilidad y traslado del mismo. En el mercado existe poca oferta de este tipo de camillas y su costo es muy superior a las camillas bipedestadoras normales.

## Bipedestación

Siendo la bipedestación una posición natural que puede ser adoptada por los seres

humanos, es de gran importancia la práctica de la misma por parte de personas que no la pueden realizar de forma autónoma. Entre los beneficios de adoptar la posición bípeda encontramos: la prevención de las retracciones y contracturas musculotendinosas, la prevención de la osteoporosis y de las fracturas patológicas, la prevención de las úlceras por presión, la disminución y el control de la espasticidad, la mejora de la función renal y vesical, la regulación del patrón intestinal, la mejora de la función cardiorrespiratoria, así como la mejora de la coordinación y del equilibrio en general (Soria, 2015).

Los bipedestadores son equipos mecánicos cuya función principal es ayudar a erguir a una persona que no puede hacerlo por sí misma con el fin de evitar la pérdida de masa ósea, mejorar la circulación sanguínea, mejorar las funciones digestivas, respiratorias, renales y urinarias, permitir el uso de los miembros inferiores y generar el beneficio psicológico asociado a encontrarse a la misma altura de sus interlocutores (García, Saavedra, & Antonio, 2013).



Fig. 1 Camilla Bipedestadora

Fuente: (Respirar S.A., 2007).

En la mayoría de unidades de salud de nuestro medio los equipos destinados para la bipedestación de pacientes, consisten de una estructura metálica con tableros de madera sujetos a ella a manera de mesa (ver Fig. 1), donde un terapeuta amarra al paciente y realiza el trabajo de

colocarlo en posición vertical al hacer girar la mesa. Este tipo de equipos genera varios inconvenientes para la correcta realización de la terapia como son: (i) se requiere de un gran esfuerzo físico de parte del terapeuta, (ii) se dificulta la colocación del paciente en ángulos intermedios, (iii) no se puede controlar la velocidad de verticalización de acuerdo a la respuesta fisiológica del paciente y (iv) no permite realizar el movimiento natural del cuerpo de flexionar las articulaciones de las piernas y el tronco (García, Saavedra, & Antonio, 2013).

### Movilización temprana de pacientes

La movilidad temprana genera grandes beneficios en el paciente; según la Sociedad de Cirugía de Bogotá - Hospital de San José, con la implementación de ejercicios tempranos se ha logrado disminuir en 70% el consumo de medicamentos sedantes, a su vez, previene una hospitalización prolongada. La aplicación de esta terapia disminuye el tiempo de estancia en la unidad de cuidados intensivos y pretende combatir las consecuencias del Síndrome post UCI que deja en el paciente secuelas neurológicas y físicas cuya recuperación puede tomar hasta un año (Superintendencia de Industria y Comercio, 2014).

El tono muscular es el estado de contracción leve de los músculos dependiente de los nervios y sus conexiones centrales; así como de las propiedades complejas de los músculos como son la contractibilidad, la elasticidad, plasticidad y extensibilidad de los mismos. Es por eso que la movilidad es una parte muy importante en el proceso de rehabilitación para los pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular, ya que, por medio de esta, se ayuda a los pacientes a conservar o recuperar el tono muscular, a ser más independientes y sobre todo a mantener una actitud positiva (Salazar & Isaac, 2015).

### Ergonomía en fisioterapeutas

El campo laboral de los fisioterapeutas es muy amplio, por ello, existen múltiples y variados factores de riesgo que pueden tener incidencia sobre su salud. Causa contrariedad que con el papel que desempeñan en las unidades de salud y los conocimientos que poseen sean susceptibles a sufrir lesiones osteomusculares al momento de realizar su trabajo (Badia, 2011).

Cabe señalar que la aparición de estas lesiones músculo-esqueléticas no sólo se debe a que un gran número de profesionales no practica habitualmente los cuidados ergonómicos que conoce, sino que hay otros factores como los diseños inadecuados de los lugares de trabajo, la falta de ayudas mecánicas y equipos, y una deficiente gestión de los factores organizativos del trabajo (distribución de descansos, horarios, rotación de tareas...) que influyen en su aparición (Badia, 2011).

### Método

#### Especificaciones del sistema

A continuación, se muestran las características que debe tener el dispositivo a diseñarse, para satisfacer las necesidades que se presentan durante los procesos de rehabilitación.

- Ser trasladada con facilidad.
- Soportar un peso máximo de 90 kg.
- Debe contar con un sistema de sujeción para el paciente.
- Levantar la espalda y las piernas hasta un ángulo de 45°.
- Realizar bipedestación.
- Altura regulable.
- Sistema de control con un mando para el terapeuta.

Para definir el tamaño de las secciones de la camilla se toma en cuenta que la

única sección crítica es sobre la que va el fémur del paciente, ya que de esta depende que se pueda realizar correctamente la flexión de las rodillas; es importante que la medida de esta sección esté diseñada según la estatura promedio de los ecuatorianos, siendo las mujeres las del promedio más bajo con 145 cm estatura (Vida y Salud, 2010).

Calculamos el tamaño del fémur con relación al promedio de estatura de una persona antes mencionado, según las siguientes fórmulas.

-Para mujeres.

$$\text{Estatura (cm)} = 1,94 \times \text{Longitud del fémur (cm)} + 72,84$$

Donde se obtiene:

$$\text{Longitud del fémur (cm)} = 37,2 \text{ cm}$$

-Para hombres.

$$\text{Estatura (cm)} = 1,88 \times \text{Longitud del fémur (cm)} + 81,31$$

Donde se obtiene:

$$\text{Longitud del fémur (cm)} = 33,9 \text{ cm}$$

## Esquema cinemático

La figura 2 muestra el esquema cinemático de la camilla en el cual podemos identificar las partes que conforman la misma.

- Base (1)
- Sistema de elevación (2)
- Soporte bipedestación (3)
- Sistema flexión de rodillas (4)
- Sistema bipedestación (5)
- Sistema elevación espaldar (6)
- Barras de soporte miembros inferiores (7)

- Barra de soporte tronco (8)

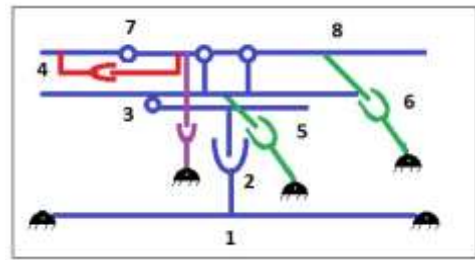


Fig. 2 Esquema cinemático.

## Sistema de control

### Control de los actuadores

Para controlar la salida y entrada del vástago del actuador es necesario contar con un sistema de inversión de giro para el motor de corriente continua, que es el que genera el movimiento dependiendo del sentido en el que gire.

Para la inversión de giro se utiliza un circuito inversor formado por dos módulos de relé para cada motor como se muestra en la figura 3, de esta manera depende el pulsador que se presione para que el vástago entre o salga generando el movimiento deseado en las diferentes secciones de la camilla.

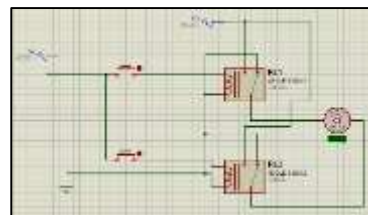


Fig. 3 Circuito inversor de giro motor DC.

Para el funcionamiento del diseño se utiliza una placa con módulos de relé, los mismos que se activan a 5 V y son capaces de manejar cargas de hasta 250 V y 10 A. Estos relés se encuentran aislados utilizando optoacopladores a su entrada y cuentan con leds que indican el estado en el que se encuentran.

El sistema de control de la camilla contará con un sistema en lazo abierto para el control manual de todas las posiciones y en paralelo un sistema en lazo cerrado para el control de la altura y la posición del espaldar.

Para controlar la posición de cada mecanismo se utiliza un pulsador que es el que controla el funcionamiento de su canal asignado en el módulo de relés, permitiendo que este se active o no.

Para el control de cada actuador lineal se utilizan dos pulsadores conectados cada uno a su respectivo canal y la salida de cada canal conectado a uno de los cables de conexión del actuador lineal. De esta manera un pulsador provoca la salida del vástago del actuador y el otro genera la entrada del mismo.

La diferencia que tiene el control en lazo cerrado es que este sistema cuenta con una retroalimentación a través del sensor de distancia que es el que censa y envía esta señal al controlador para que sea comparada con la posición de referencia seleccionada mediante el teclado. Así se logra que el actuador llegue a la posición requerida que se encontraba predeterminada en el programa de control.

## Resultados

Una vez implementados todos los sistemas de la camilla se procede a realizar las pruebas de funcionamiento de la misma. Para esto se realizan las siguientes pruebas.

- Posicionamiento del espaldar.
- Posicionamiento del sistema de elevación.
- Funcionamiento del control manual.

Las figuras 4 y 5 muestran las mediciones del posicionamiento de las diferentes

secciones de la camilla a ciertos ángulos predeterminados y el error que se encuentra en los mismos.

Tabla 1 Mediciones del posicionamiento del espaldar a 45°.

Mediciones del posicionamiento a 45°		
N°	Ángulo	Error Absoluto
1	45	0
2	43	2
3	46	1
4	47	2
5	44	1
6	46	1

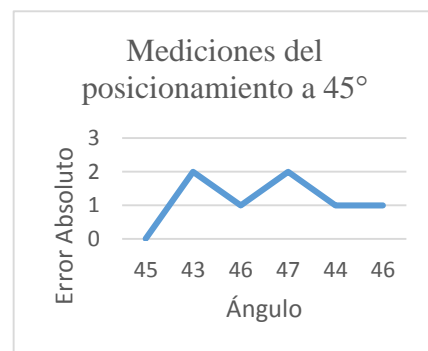


Fig. 4 Mediciones del posicionamiento a 45°

Tabla 2 Mediciones del posicionamiento de la altura a 80cm.

Mediciones del posicionamiento a 80cm		
N°	Distancia	Error Absoluto
1	81	1
2	81	1
3	78	2
4	79	1
5	81	1
6	80	0

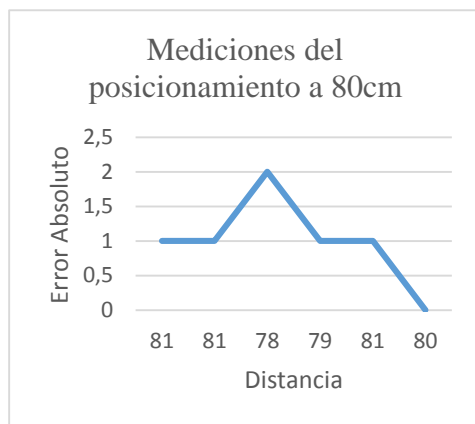


Fig. 1 Mediciones del posicionamiento a 80cm

Según las tablas anteriores el error absoluto no supera los 2 puntos, esto hace que el sistema sea viable y eficiente para los fines requeridos.

El error absoluto no supera los 2 puntos, esto hace que el sistema sea viable y eficiente para los fines requeridos.

Se realizan las pruebas del control manual utilizando cada uno de los pulsadores para los diferentes movimientos y se comprueba que todos funcionan con normalidad facilitando así el trabajo al personal de salud el momento de la rehabilitación de un paciente usando esta camilla.

Se realiza la prueba de la bipedestación de la camilla contando con un profesional del área de fisioterapia y una paciente que sufre parálisis de sus extremidades superiores e inferiores a causa del síndrome de Guillain-Barré.

Se coloca a la paciente en la camilla y se procede a asegurarla con las correas de sujeción y luego a bipedestarla, llegando a colocarse la paciente a 90 grados con respecto del suelo. La paciente se siente cómoda y experimenta el poder estar en posición bípeda sin la ayuda de ninguna persona ayudando así a su pronta recuperación.

Con esto se demuestra el correcto funcionamiento de la camilla con el tipo de pacientes para el que fue diseñada.

## Conclusiones

Partiendo de los lineamientos y requerimientos de los pacientes y empleados de salud, se logró un diseño óptimo que cumpla todas estas necesidades siendo funcional y eficiente para las dos partes.

Se realizó el diseño cinemático con lo que se identificó correctamente los mecanismos y secciones de la camilla.

A partir del diseño mecánico de la estructura se identificó la sección crítica y se verificó que cumpla con el factor de seguridad correspondiente.

Se realizó el sistema de control acorde a las necesidades; teniendo un sistema de lazo abierto y un sistema de lazo cerrado trabajando independientemente.

En la construcción de la estructura se utilizó materiales de fácil acceso en el país para mejorar las condiciones de industrialización de la camilla.

El sistema superó todas las pruebas establecidas y así podrá prestar un servicio eficiente en las unidades de salud con sus diferentes movimientos y la posibilidad de ser trasladado a diferentes ambientes de las mismas.

## Recomendaciones

Se puede fabricar mayor parte de la estructura de aluminio, u otro material resistente y liviano, para así lograr disminuir peso y facilitar más el desplazamiento de la camilla.

Implementar otro tipo de posicionamiento automático para reducir el error absoluto de 2 puntos.

Se puede mejorar el sistema de sujeción para que se adapte de mejor manera a las diferentes estaturas de los pacientes.

Se puede implementar un control inalámbrico para no limitar la posición del empleado de salud con respecto al paciente el momento de modificar la posición de la camilla.

## Lista de referencias

- Badia, E. (2011). ¿Quién cuida al fisioterapeuta? *ERGAFP*(73), 5.
- García, E., Saavedra, R., & Antonio, T. (2013). Diseño de un equipo de bipedestación. *Revista INGENIERÍA UC*, 20(1), 25-33.
- Ministerio del Trabajo. (10 de 08 de 2016). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo – Decreto Ejecutivo 2393*. Obtenido de Ministerio del Trabajo : <http://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- Office of Communications and Public Liaison. (s.f.). *GeoSalud*. Recuperado el 14 de Diciembre de 2015, de <http://www.geosalud.com/neurologia/avcrehabilitacion.htm>
- Respirar S.A. (2007). *Respirar*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de <http://www.respirar-sa.com.ar>
- Salazar, L., & Isaac, C. (2015). *Beneficios de la movilidad precoz en la unidad de cuidados intensivos en pacientes con enfermedad cerebro vascular del instituto ecuatoriano de seguridad social de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato-Facultad de Ciencias de la Salud-Carrera Terapia Física.
- Soria, A. (2015). *VERTICALIZACIÓN DE PACIENTES CRÍTICOS DE LA UNIDAD DE DE LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS DE LA CLINICA LA MERCED EN EL PERÍODO SEPTIEMBRE – NOVIEMBRE DEL 2014*. Quito: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Superintendencia de Industria y Comercio. (28 de Septiembre de 2014). Movilidad temprana a pacientes de UCI garantiza calidad de vida a quienes sobreviven al estado crítico. *El Heraldó*. Obtenido de <http://www.elheraldo.co/salud/movilidad-temprana-pacientes-de-uci-garantiza-calidad-de-vida-quienes-sobreviven-al-estado>
- Vida y Salud. (17 de Junio de 2010). *Vida y salud, las personas*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2015, de <http://blog.espol.edu.ec/wlucas/2010/06/17/estatura-promedio/>