

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EMPRESA

**TITULACIÓN: MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN PREVENCIÓN
DE RIESGOS LABORALES**

TRABAJO FIN DE MÁSTER



**TÍTULO: REALIDAD VIRTUAL APLICADA A LA
ERGONOMÍA. CASO DE ESTUDIO ERGONÓMICO
“MANIPULACIÓN Y MOVILIZACIÓN DE PACIENTE EN
ENFERMERÍA”.**



Alumno: YENNY PAOLA NUÑEZ OTERO

Director: DOLORES OJADOS GONZÁLEZ

Septiembre 2018

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi familia, por el apoyo incondicional que me han brindado día a día.

Agradecer al grupo de investigación “Nuevos Dispositivos de Seguridad en Máquinas” del Servicio de Apoyo a la Investigación Tecnológica (SAIT), por su disposición y apoyo técnico en el desarrollo del proyecto.

Al Servicio de Prevención de la Universidad Politécnica de Cartagena por suministrar el aula, materiales y equipos de movilización de pacientes.

Igualmente al personal técnico sanitario, por la participación en el estudio estadístico.

Por supuesto, agradezco a mis tutores, Dolores Ojados González e Isidro Ibarra Berrocal, por sus indicaciones y orientación en la creación, desarrollo y defensa del trabajo fin de máster.

Resumen

En este proyecto se implementa la realidad virtual y sistemas de captura de movimiento humano aplicada a la prevención de riesgos laborales, ergonomía y análisis de posturas ergonómicas.

Estas tecnologías permiten reproducir en un mundo virtual, las posturas de un trabajador realizando una tarea, observar detalladamente cada movimiento y analizar ángulos.

El caso de estudio se centrará en la manipulación de pacientes por personal enfermero. Se hará un estudio estadístico sobre una población de enfermeros. Cuya actividad consistirá en movilizar a un paciente de la camilla a la silla de ruedas sin ningún equipo de movilización y posteriormente efectuará la misma tarea utilizando una grúa.

La captura de movimiento (también Mocap) es una forma de registrar digitalmente los movimientos humanos. Los datos de captura de movimiento grabados se asignan en un modelo digital en el software 3D (Unity) para que el personaje digital se mueva como la persona que realiza los movimientos.

Tabla de Contenidos

Capítulo 1 INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Naturaleza del problema.....	1
Capítulo 2 OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	6
2.1 Objetivo y definición del Proyecto	6
2.2. Plan de Trabajo.....	6
Capítulo 3 METODOLOGÍA.....	7
3.1 Traje MOCAP (PERCEPTION NEURON 2.0).....	7
3.2 Software AXIS NEURON.....	9
3.3 Software UNITY 2017	10
3.4 Técnica de movilización de pacientes	11
3.4.1 Movilización manual del paciente de la cama a una silla de ruedas	12
3.4.2 Movilización con grúa del paciente de la cama a una silla de ruedas	16
3.5 Método de evaluación ergonómica REBA.....	17
Capítulo 4 MATERIALES Y RECURSOS	19
4.1 Recursos Humanos	19
4.2 Recursos Materiales.....	19
Capítulo 5 RESULTADOS	21
5.1 Calibración Traje MoCap	21
5.2 Análisis ergonómico.....	22
5.2.1 Flexión del tronco.....	23
5.2.2 Flexión de las piernas	24
5.2.3 Flexión de antebrazo.....	25
5.3 Programación de Alertas	26
5.4 Estudio estadístico	28
5.4.1 Técnica de movilización manual de paciente.....	29
5.4.2 Técnica de movilización con grúa.....	29
Capítulo 6 CONCLUSIONES	31
Capítulo 7 BIBLIOGRAFÍA	33

Lista de tablas

Tabla 1. Materiales y equipos implementados.	19
Tabla 2. Puntuación del Tronco.....	23
Tabla 3. Puntuación de piernas.....	24
Tabla 4. Incremento de la puntuación de las piernas.....	25
Tabla 5. Puntuación del antebrazo.....	25
Tabla 6. Criterio de ángulos	27

Lista de figuras

Figura 1. Movilización Manual de Paciente.....	2
Figura 2. Realidad Virtual	3
Figura 3. MOCAP Captura de Movimiento	5
Figura 4. Neuron IMU (Unidad de Medición Inercial)	8
Figura 5. Perception Neuron 2.0 (32 Neuron).....	8
Figura 6. Montaje de Perception Neuron 2.0.....	9
Figura 7. Software AXIS NEURON	10
Figura 8. Software UNITY 3D - 2017.....	10
Figura 9. Bajar piernas del paciente.	12
Figura 10. Colocar manos sobre el paciente.....	13
Figura 11. a) y b) Incorporación del paciente en posición sentado.	13
Figura 12. Paciente sentado al borde de la cama	14
Figura 13. a) y b) Posición de pies y bloqueo de rodillas.....	14
Figura 14. Sujeción del paciente y del sanitario.....	15
Figura 15. a) y b) Elevación, giro y colocación en silla.	15
Figura 16. Calibración y Montaje de Traje Perpection Neuron.	21
Figura 17. MOCAP en Tarea de Levantamiento Manual de Carga	22
Figura 18. Axis Neuron Levantamiento Manual de Carga.....	22
Figura 19. Visualización de ángulos.	23
Figura 20. Referencia de medición del ángulo del tronco	24
Figura 21. Puntuación de las piernas	24
Figura 22. Incremento de la puntuación de las piernas	25
Figura 23. Medición del ángulo del antebrazo	26
Figura 25. Indicadores de Ángulos en Unity	26
Figura 26. Programación de Alertas de ángulos máximos en segmentos corporales.....	27
Figura 24. MOCAP / Personaje 3D Unity.....	28
Figura 27. MoCap y equipamiento para movilización de pacientes.....	28
Figura 28. Movilización Manual de Pacientes	29
Figura 29. Datos estadísticos de movilización manual.....	29
Figura 30. Manipulación Manual de Pacientes utilizando Grúa.	30
Figura 31. Datos estadísticos de movilización con grúa	30



Capítulo 1

INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Antecedentes

Este documento constituye el Trabajo Final del Máster Interuniversitario de Prevención de Riesgos Laborales impartido por la Universidad Politécnica de Cartagena. A continuación se definirá la naturaleza del problema que se va a abordar, los objetivos a conseguir con este proyecto, la metodología, procesos utilizados, los resultados y conclusiones.

1.2 Naturaleza del problema

Según la OMS se define salud como “estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones y enfermedades”.

Se puede definir una enfermedad musculoesquelética como lesión con dolor en los músculos, ligamentos, articulaciones, tendones, nervios y huesos que sostienen el cuerpo humano. Estas lesiones se pueden producir en cualquier parte del cuerpo pero son más sensibles los miembros superiores y la espalda principalmente la parte dorso lumbar.

Los estudios epidemiológicos realizados en el sector socio sanitario revelan que la incidencia de lumbalgias es, según la OIT (Organización Internacional del Trabajo), entre el doble y el triple más que en otros sectores más asociados a las cargas físicas. Las causas corresponden a la movilización manual de pacientes como el factor de riesgos ergonómicos de mayor índice de absentismo laboral. Según datos del INSS, la primera causa de incapacidad temporal por enfermedad común es la lumbalgia y la



principal causa de los sobreesfuerzos ha sido la movilización de enfermos, representando más de un 55% sobre el total.

La movilización manual de pacientes en muchos casos es la causa de fatiga física y lesiones que se producen inmediatamente o por el cúmulo de varios traumatismos pequeños. Esta tarea presenta algunas características como:

- Pesos más elevados que en los sectores industriales.
- La voluntariedad, la discapacidad motora, la colaboración inadecuada del paciente.
- Espacios reducidos y diseñados para la comodidad del paciente, no del trabajador.



Figura 1. Movilización Manual de Paciente

Fuente: <http://safa-grial.es/movilizacion-posicionamiento-y-transferencia-de-pacientes/>

Según la asociación internacional de ergonomía define ergonomía como: “disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como, la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con objeto de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema”

En el sector sanitario se dan unas características específicas frente a las cuales las metodologías tradicionales usadas para los estudios ergonómicos presentan algunas



oportunidades de mejora continua. Son complementadas por métodos específicos para la manipulación de pacientes y el estudio ergonómico de las tareas propias del sector sanitario.

En este proyecto se implementa las nuevas tecnologías como son la realidad virtual y captura de movimientos para realizar un análisis ergonómico de la manipulación y movilización manual de pacientes en enfermería.

Se puede definir la Realidad Virtual (VR) como “un mundo virtual generado por ordenador en el que los usuarios sienten estar dentro de él”. Permite simular una experiencia sensorial, en un espacio real o imaginario, a través del cual se puede interactuar en estos entornos, pudiendo tocar y mover objetos, caminar, conducir.



Figura 2. Realidad Virtual

Fuente: <https://www.calidadytecnologia.com/2016/09/la-realidad-virtual-en-2017.html>

Pero no todos los tipos de realidad virtual son lo mismo. Las categorías que existen son realidad inmersiva, realidad semi-inmersiva y realidad no inmersiva. Aunque las diferencias son grandes entre las tres, lo cierto es que todas cumplen el mismo objetivo.



- *Realidad inmersiva*: Se basa en la simulación de un ambiente tridimensional en el que el usuario percibe a través de estímulos sensoriales y se siente dentro del mundo virtual que está explorando. Lo hace a través de dispositivos como guantes, gafas, cascos o trajes especiales, y todos ellos capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo.

- *Realidad no inmersiva*: Es aquella en la que la visualización de los elementos virtuales se hace a través de una pantalla. La interacción se hace a través de accesorios como el teclado, el ratón o el micrófono, que se convierten en el medio de entretenimiento. Este tipo es el más idóneo para visualizaciones científicas, aunque lo más extendido es como medio de entretenimiento.

- *Realidad semi-inmersiva o inmersiva de proyección*: Se caracteriza por ser cuatro pantallas en forma de cubo, tres para las paredes y otra para el suelo, que rodean al usuario. Este necesita de unas gafas y un dispositivo de seguimiento de movimientos en la cabeza. Son usados principalmente para aquellas visualizaciones donde se requiere que el usuario se mantenga en contacto con elementos del mundo real.

Existen métodos que replican el movimiento de un cuerpo y lo usan en un ordenador para numerosas aplicaciones, este proceso de obtener los datos de posición en cada instante del tiempo se conoce como captura de movimiento llamada también MoCap (Motion Capture) por sus siglas en inglés.

MoCap es un proceso que permite grabar y describir el movimiento de un cuerpo en el espacio, el cual es representado por los cambios de traslación y rotación.

En los comienzos fue necesario crear sistemas que permitieran disparar una secuencia de fotografías análogas que capturaran el movimiento del cuerpo y luego por medio



de complejos procesos estimar la posición de los mismos, este proceso de estimación de las posiciones se conoce técnicamente como tracking y es la base de los sistemas de captura de movimiento, no obstante con los avances de la electrónica, la mecatrónica y la informática, en los sistemas de captura de movimiento se han ido implementando diversas tecnologías tales como cámaras infrarrojas de alta velocidad, sensores electromagnéticos y sistemas inerciales y de ultrasonido, que los han hecho más fáciles de usar y mejores en la velocidad de captura, a tal nivel que ya se pueden encontrar sistemas que en tiempo real entregan la información capturada para ser usada en aplicaciones de videojuegos, robótica y entrenamiento en realidad virtual.

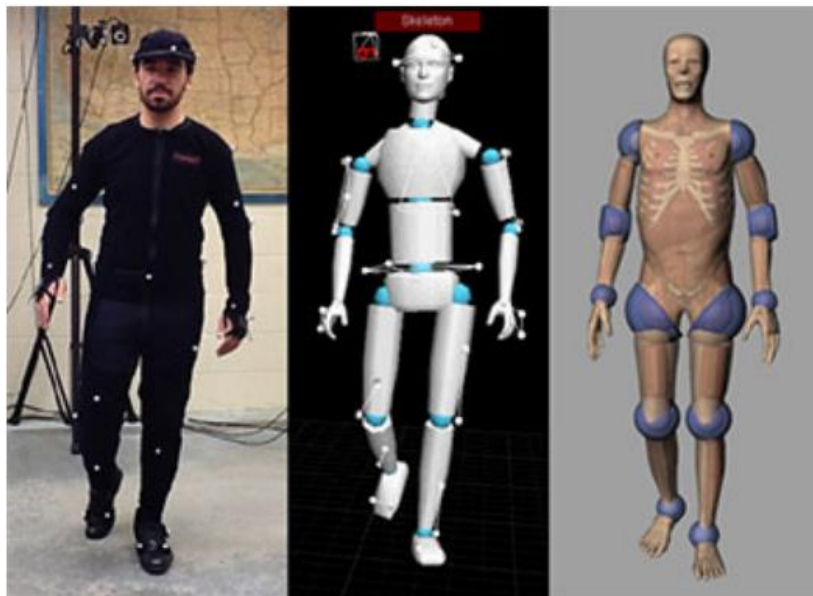


Figura 3. MOCAP Captura de Movimiento
Fuente: <https://neuronmocap.com/content/mocap-101>

Actualmente los sistemas MoCap son utilizados por empresas en el ámbito de la animación virtual, modelado 3D, industria cinematográfica y videojuegos. Por tanto proporciona múltiples campos de aplicación como la ingeniería, medicina y ciencias deportivas. En la ingeniería se desarrollan productos ergonómicos, en medicina para la rehabilitación, el tratamiento de lesiones y en las ciencias deportivas para mejorar el rendimiento y técnicas en los deportistas.



Capítulo 2

OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO

2.1 Objetivo y definición del Proyecto

El objetivo principal es implementar la realidad virtual y el sistema de captura de movimiento aplicada a la prevención de riesgos laborales concretamente a la ergonomía, la manipulación y movilización manual de pacientes en enfermería, reproduciendo en un mundo virtual las posturas de un trabajador realizando una tarea, observando detalladamente cada movimiento y analizar los ángulos con el fin de determinar si se pueden producir lesiones musculo-esqueléticas durante la ejecución de la tarea.

2.2. Plan de Trabajo

El trabajo se desarrollará en cinco fases, que se describen a continuación:

- Búsqueda bibliográfica sobre manipulación de pacientes en enfermería.
- Investigación sobre la realidad virtual y métodos de captura de movimientos.
- Implementación de un sistema de captura de movimiento en una tarea de manipulación de pacientes.
- Realizar un estudio estadístico sobre una población de enfermeros, realizando la tarea de manipulación de un paciente.
- Análisis de ángulos ergonómico.
- Síntesis de conclusiones obtenidas a partir de este estudio.



Capítulo 3

METODOLOGÍA

Se implementan dos tecnologías (realidad virtual y captura de movimiento). Estas tecnologías permiten reproducir en un mundo virtual, las posturas de un trabajador realizando una tarea, observar detalladamente cada movimiento y analizar ángulos.

Utilizando un sistema MOCAP , basándose en sensores inerciales de movimiento, se captura y registra digitalmente los movimientos humanos en un modelo digital en el software 3D (Unity) para que el personaje digital se mueva como la persona que realiza los movimientos. El sistema contiene un software que nos permite visualizar en tiempo real el movimiento resultante de la captura sobre un modelo biomecánico de una persona y ajustar su antropometría según nos interese. Podremos realizar un análisis biomecánico y determinar si se pueden producir lesiones musculoesqueléticas durante la ejecución de la tarea.

El caso de estudio se centra en la manipulación y movilización manual de pacientes en Enfermería. Se genera un estudio estadístico sobre una población de 10 enfermeros, realizando la tarea de manipulación de un paciente y posteriormente analizar los resultados del estudio.

3.1 Traje MOCAP (PERCEPTION NEURON 2.0)

PERCEPTION NEURON 2.0 es una herramienta que ofrece tecnología de captura de movimiento. El sistema modular se basa en el Neuron , un IMU (Unidad de medición inercial) compuesto por un giroscopio de 3 ejes, un acelerómetro de 3 ejes y un magnetómetro de 3 ejes.



Figura 4. Neuron IMU (Unidad de Medición Inercial)
Fuente: <https://neuronmocap.com>

La secuencia de datos se canaliza a un Hub donde puede transferirse a una computadora de tres maneras diferentes: (1) a través de Wifi, (2) a través de Usb o (3) grabado a bordo usando la ranura micro-sd incorporada.

PERCEPTION NEURON se conecta luego al software Axi Neuron para la calibración y administración del sistema, así como para grabar y exportar archivos de datos para su manipulación en la mayoría de las herramientas profesionales de desarrollo de 3D. Es una herramienta profesional para los creadores de videojuegos, cineastas, profesionales de efectos visuales, investigadores de biomecánica, analistas deportivos y médicos y entusiastas de la realidad virtual para finalmente tener una plataforma flexible y asequible para experimentar la captura de movimiento.



Figura 5. Perception Neuron 2.0 (32 Neuron)
Fuente: <https://neuronmocap.com>



Funciona con hasta 32 sensores de neuronas individuales que se pueden colocar en el cuerpo utilizando correas para el cuerpo, extremidades y los dedos. Se pueden aplicar en diferentes configuraciones, desde el movimiento de la mano con tan solo 3 sensores, hasta el cuerpo completo y las manos detalladas con hasta 32, incluido un accesorio.



Figura 6. Montaje de Perception Neuron 2.0
Fuente: <https://neuronmocap.com>

3.2 Software AXIS NEURON

El software Axis Neuron está diseñado para administrar y calibrar el sistema, así como para realizar una captura de movimiento básica y exportar sus archivos a Fbx para usarlos en los programas de software 3D más populares (Unity, Unreal, 3DS). Axis permite la personalización de la dimensión corporal, transmisión y grabación de datos de movimiento en tiempo real.

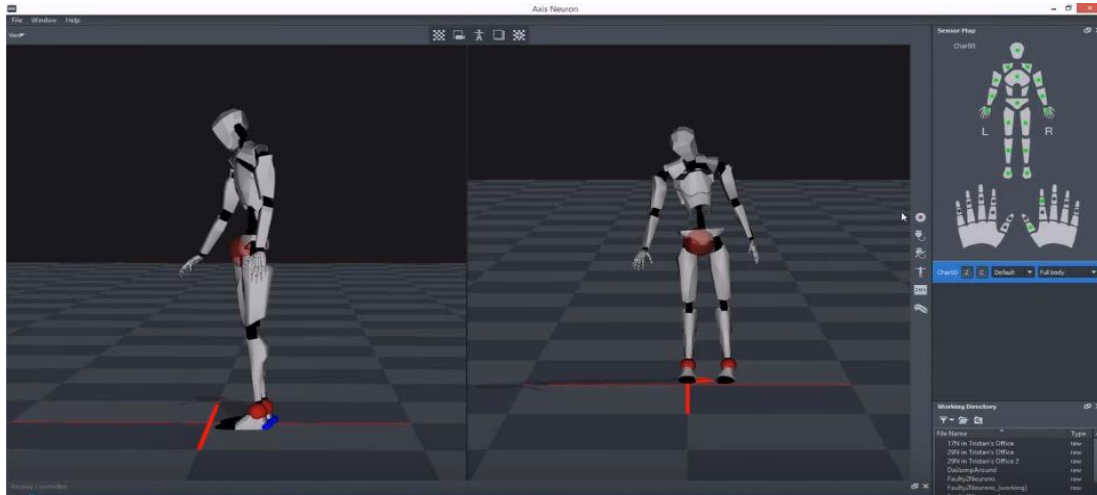


Figura 7. Software AXIS NEURON

3.3 Software UNITY 2017

Es un motor de desarrollo para la creación de juegos y contenidos 2D y 3D interactivos, con las características que es completamente integrado, multiplataforma y que ofrece innumerables funcionalidades para facilitar el desarrollo de contenidos y escenas 3D y de RV. Permite la programación utilizando una gran variedad de lenguaje de scripts y licencia gratuita.

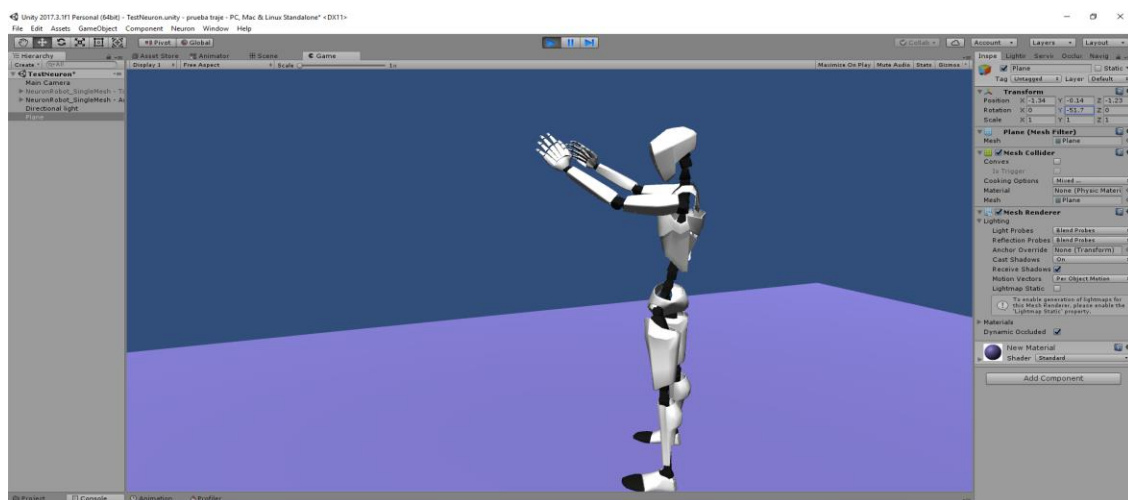


Figura 8. Software UNITY 3D - 2017



3.4 Técnica de movilización de pacientes

La movilización, cambios posturales y traslado del paciente consiste en ayudar al paciente a cambiar de posición, levantarse, acostarse en la cama y trasladarlo de un sitio a otro.

Los objetivos son prevenir las lesiones del paciente y del personal que lo moviliza, garantizando el confort del enfermo, favoreciendo la independencia del paciente, conservar la alineación adecuada del paciente y mantener la integridad de la piel, evitando la compresión en puntos de apoyo comprometidos.

Los recursos humanos necesarios dependen del nivel de complejidad de la movilización, el peso del paciente y su grado de dependencia. En este proceso puede participar un profesional o dependiendo de lo anterior interactuar más profesionales. (Enfermeros, auxiliares de enfermería y celadores).

Los recursos materiales incluyen: almohadas, sábanas de tiro o entremetidas, guantes, barandillas, arco protector, arnés, silla de ruedas o sillón, grúa para movilizaciones, transfer entre otros.

Las normas generales de protección para el personal sanitario que realiza los cambios de posición del paciente son:

- Evaluar y adecuar el sitio donde se va realizar maniobra, eliminando obstáculos o elementos que puedan entorpecer la movilización.
- Informar al paciente lo que va hacer, buscando su colaboración en la medida de lo posible.
- Procurar hacer el esfuerzo con los músculos principales (muslo, piernas y brazos).
- Acercarse a la cama del enfermo para evitar un esfuerzo mayor.
- Mantener la columna vertebral lo más erguida posible.



- En lo posible es mejor deslizar o empujar que levantar.
- Si fuese necesario, realizar la movilización entre dos o más personas.

En este trabajo se describen las técnicas y protocolos de traslado de paciente con un grado de movilidad aceptable de la cama a una silla de ruedas de forma manual y utilizando una grúa.

3.4.1 Movilización manual del paciente de la cama a una silla de ruedas

La movilización se realiza a un paciente con un grado de movilidad aceptable, que colabora y el traslado lo puede realizar una sola persona.

Movilización de tumbado a sentado en cama

Se asegura la cama y se frena. Adicionalmente se pone la silla en paralelo a la cama, si es una silla de ruedas deberá estar frenada y levantar los tableros de los pies antes de poner al paciente en la silla. Después se levanta al paciente de la cama, colocándolo primero en posición de sentado y hacerlo de forma segura para el enfermo y el cuidador. Se bajan las piernas del paciente de la cama.



Figura 9. Bajar piernas del paciente.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre



Después colocar una mano sobre el omoplato del paciente, rodeando su espalda y colocar la otra mano en la cadera del paciente, fijándola contra la cama.



Figura 10. Colocar manos sobre el paciente.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

Luego se incorporar al paciente, sujetándolo con la pierna de apoyo del enfermero, evitando que se resbale una vez que está sentado en la cama.



Figura 11. a) y b) Incorporación del paciente en posición sentado.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

Para evitar lesiones musculo esqueléticas se mantiene la espalda del enfermero recta, flexionando las rodillas, para evitar problemas en la zona lumbar.



Movilización de sentado en la cama a la silla

Sentar al paciente en una silla/sillón una vez levantado de la cama y hacerlo de forma segura para el paciente y para el enfermero.

Primero hay que colocar al paciente sentado al borde de la cama.



Figura 12. Paciente sentado al borde de la cama

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

Frenar sus pies con nuestros pies y bloquear las rodillas con nuestras rodillas.



Figura 13. a) y b) Posición de pies y bloqueo de rodillas.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

El paciente coloca sus manos en nuestra espalda, por los omoplatos. Sujetar al paciente por la cintura.



Figura 14. Sujeción del paciente y del sanitario.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

Tirar hacia arriba, sujetando al enfermo por la cintura del pantalón, para elevar y girar a la persona y colocarla en la silla.

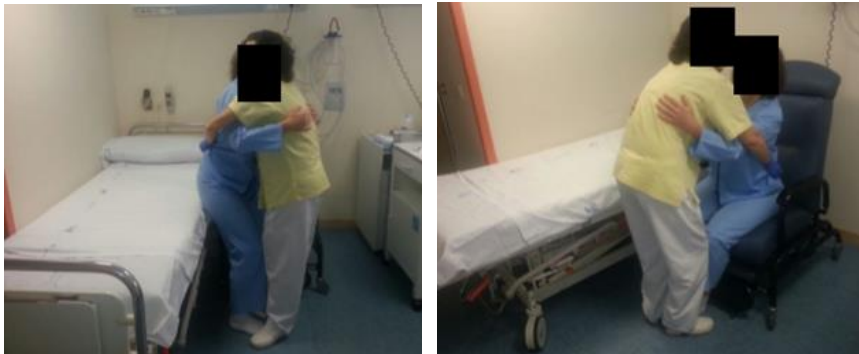


Figura 15. a) y b) Elevación, giro y colocación en silla.

Fuente: Higiene y movilización del enfermo en cama. Comunidad Madrid. Hospital Virgen de la Torre

Bajar los tableros de los pies después del traslado y colocar los pies encima de ellos y comprobar que el paciente está bien colocado en el respaldo y asiento de la silla de ruedas. No olvidarse de sujetar al paciente una vez sentado si lo necesita.

Las precauciones para evitar accidentes y lesiones musculoesqueléticas son:

- Quitar reposapiés de la silla de ruedas antes de comenzar la movilización y también el reposabrazos más próximo a la cama.
- Acercar la silla a la cama lo máximo posible.



- Valorar si la movilización es posible hacerla solo, para evitar caídas.
- El enfermo nunca se agarra al cuello del cuidador, siempre se sujeta a la espalda, a la altura de los omoplatos o a la cintura.
- El cuidador nunca tira de los brazos del enfermo para movilizarle, siempre tira desde la espalda, a la altura de los omoplatos.
- El cuidador no flexiona la espalda para coger al paciente, flexiona ligeramente las rodillas y mantiene la espalda recta.

3.4.2 Movilización con grúa del paciente de la cama a una silla de ruedas

Se realiza utilizando elementos auxiliares mecánicos disponibles por el personal sanitario para movilizar con mayor seguridad y menor riesgos de lesiones para el enfermero y el paciente.

El objetivo es mantener la comodidad del paciente, mantener la alineación corporal del paciente y prevenir complicaciones (trastornos circulatorios, úlceras por presión, pérdida del tono muscular, etc.). Se puede movilizar al paciente desde la posición encamado o desde la posición sentado.

- La cama y silla de ruedas, permanecerán frenadas.
- Aproximar la grúa a la cama y asegurar los frenos de las patas.
- Colocar los brazos del paciente cruzados sobre su tórax, si el paciente prefiere, agarrándose al arnés o a la percha de la grúa.
- Cubrir con el arnés al paciente asegurando que las bandas que cubren las piernas están bien colocadas a la grúa.
- Mantener la barandilla del lado opuesto al que comenzamos la maniobra levantada.
- Girar al paciente hacia el lado opuesto para introducir el arnés.



- Colocar el borde inferior del arnés bajo las rodillas del paciente y el borde superior bajo los hombros.
- Levantar las barandillas del lado por el que hemos comenzado la maniobra y bajar la otra.
- Girar al paciente de nuevo hacia el lado opuesto y estirar las bandas del arnés.
- Colocar al paciente en decúbito supino.
- Colocar la base en forma de “V” de la grúa (donde están las ruedas de la grúa) debajo de la cama por el lado donde está colocada la silla de ruedas.
- Bloquear las ruedas de la grúa y bajar la barandilla.
- Enganchar las correas de la lona o arnés a cada pieza de la barra giratoria de la grúa, de tal forma que el peso del paciente se distribuya uniformemente.
- Levantar al paciente y maniobrar con la grúa hasta acercar el paciente a la silla de ruedas, y bajar al paciente lentamente.
- Colocar al paciente con una correcta alineación.
- Retirar las correas del arnés de la barra, y separar la grúa de la cama.
- Comprobar la comodidad y seguridad del paciente.

3.5 Método de evaluación ergonómica REBA.

Reba es un método de análisis postural que estudia las tareas con cambios de posturas, debido a la manipulación de cargas inestables o impredecibles. Se aplica para identificar riesgos de lesiones posturales y músculo-esqueléticas, sugiriendo las acciones correctivas. Este método analiza las posiciones de los miembros superiores e inferiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca, tronco, cuello y piernas). Sus autores, compuestos por ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, valoraron alrededor de 600 posturas de trabajo. El método Reba se fundamenta en varios métodos como la ecuación de Niosh (Waters et al.,1993), la Escala de Percepción de Esfuerzo (Borg, 1985), el método Owas (Karhu et al., 1994), la técnica Bpd (Corlett y Bishop,1976) y el método Rula (McAtamney y Corlett,1993) para de los rangos angulares de las posiciones de las distintas partes del cuerpo.



Las mediciones a realizar son angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias) utilizando sobre el trabajador equipos como: transportadores de ángulos, electrogoniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares. También se puede emplear fotografías del trabajador adoptando posturas y medir los ángulos sobre éstas. Se realizan un número suficiente de tomas desde diferentes puntos de vista (alzado, perfil, vistas de detalle...). Para esta tarea se puede emplear el Ruler, la herramienta de Ergonautas para medir ángulos sobre fotografías.

Reba divide el cuerpo en dos grupos, el grupo A que incluye las piernas, el tronco y el cuello y el grupo B, que comprende los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas). Utilizando tablas se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, antebrazos, tronco...) y después se asignan valores globales a cada uno de los grupos A y B. La asignación de puntuaciones a los miembros es la medición de los ángulos que forman las diferentes partes del cuerpo del operario. El valor final es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas. Los niveles de actuación van del nivel 0 (postura aceptable), al nivel 4 (postura más desfavorable) que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad.



Capítulo 4

MATERIALES Y RECURSOS


4.1 Recursos Humanos

El personal técnico que colabora con el proyecto está integrado por dos grupos: El primero conformado por el grupo de investigación de la SAIT “Nuevos dispositivos de seguridad de máquinas” formado por dos becarios investigadores en las áreas de Mecánica y Automática – Electrónica Industrial con el apoyo de Director del SAIT (Isidro Ibarra) y la Directora del Trabajo fin de Master (Dolores Ojados). Y el segundo grupo por el personal técnico del área de la salud integrado por 10 enfermeros.

4.2 Recursos Materiales

Los recursos materiales utilizados en todos los dispositivos están conformados por equipos de captura de movimiento y equipos de movilización de pacientes. A continuación, se describe de forma general los elementos más destacados.

Tabla 1. Materiales y equipos implementados.

Traje MoCap Perception Neuron 2.0	
-----------------------------------	--



<p>Portátil</p>	
<p>Grúa de Movilización de pacientes</p>	
<p>Camilla</p>	
<p>Silla de Ruedas</p>	



Capítulo 5

RESULTADOS

5.1 Calibración Traje MoCap

Inicialmente se efectúan pruebas de calibración y adquisición de datos del traje Perception Neuron, para tal fin un voluntario se coloca el traje y se configura el modelo 3D correspondiente a las medidas del trabajador.



Figura 16. Calibración y Montaje de Traje Perception Neuron.

Se podrá modificar el sexo y las dimensiones antropométricas del modelo virtual, seleccionando entre distintos percentiles de hombre o mujer. Al modificar las dimensiones del modelo las posturas serán idénticas al original respecto a las posiciones relativas (ángulos) entre los segmentos corporales.

Posteriormente se captura el movimiento en tiempo real de una tarea de levantamiento manual de cargas.



Figura 17. MOCAP en Tarea de Levantamiento Manual de Carga

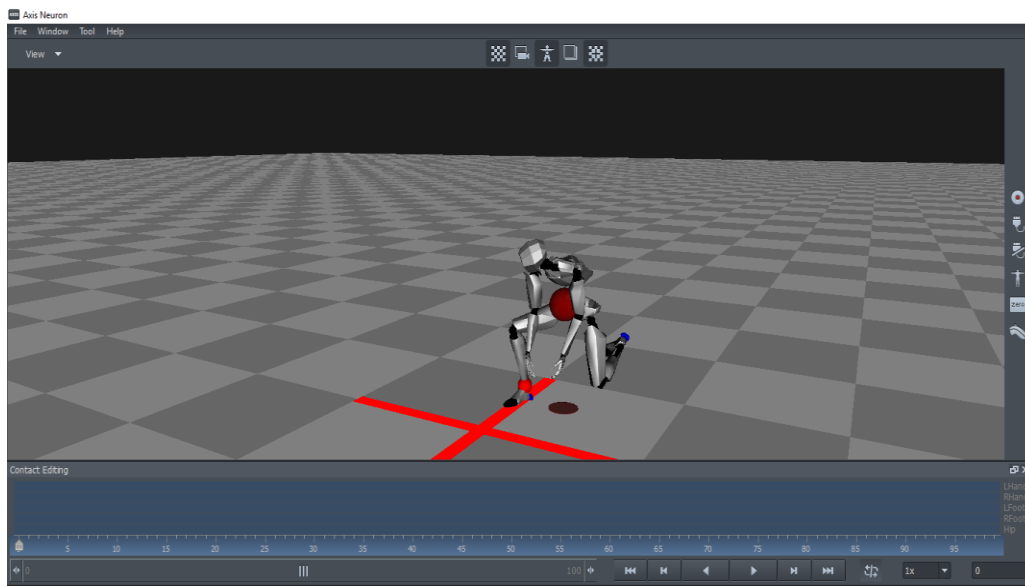


Figura 18. Axis Neuron Levantamiento Manual de Carga.

5.2 Análisis ergonómico

El análisis ergonómico requiere la medición sobre el trabajador de determinadas dimensiones. Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas por el trabajador son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias). De cada segmento corporal del modelo



virtual se podrá visualizar en la simulación 3D la variación de parámetros durante la ejecución de una tarea.

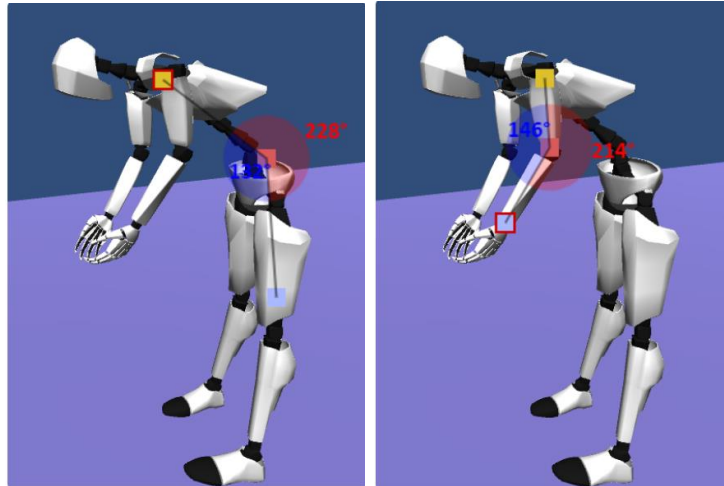


Figura 19. Visualización de ángulos.

En este proyecto se miden los tres principales segmentos corporales (Flexión de antebrazo, flexión de piernas, flexión de tronco) y mediante el método ergonómico REBA se emplean los parámetros y criterios de ángulos.

5.2.1 Flexión del tronco

La puntuación dependerá del ángulo de flexión del tronco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical.

Tabla 2. Puntuación del Tronco

Posición	Puntuación
Tronco erguido	1
Flexión o extensión entre 0° y 20°	2
Flexión >20° y <60° o extensión >20°	3
Flexión >60°	4

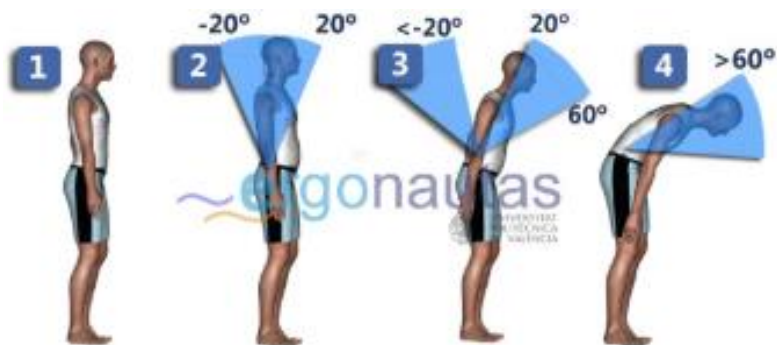


Figura 20. Referencia de medición del ángulo del tronco
Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

5.2.2 Flexión de las piernas

La puntuación de las piernas dependerá de la distribución del peso entre las ellas y los apoyos existentes.

Tabla 3. Puntuación de piernas

Posición	Puntuación
Sentado, andando o de pie con soporte bilateral simétrico	1
De pie con soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2



Figura 21. Puntuación de las piernas
Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>



La puntuación de las piernas se incrementará si existe flexión de una o ambas rodillas (Tabla 4 y Figura 22). Si el trabajador se encuentra sentado no existe flexión y por tanto no se incrementará la puntuación de las piernas.

Tabla 4. Incremento de la puntuación de las piernas

Posición	Puntuación
Flexión de una o ambas rodillas entre 30° y 60°	+1
Flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente)	+2



Figura 22. Incremento de la puntuación de las piernas
Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

5.2.3 Flexión de antebrazo

La puntuación del antebrazo se obtiene a partir de su ángulo de flexión, medido como el ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo.

Tabla 5. Puntuación del antebrazo

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

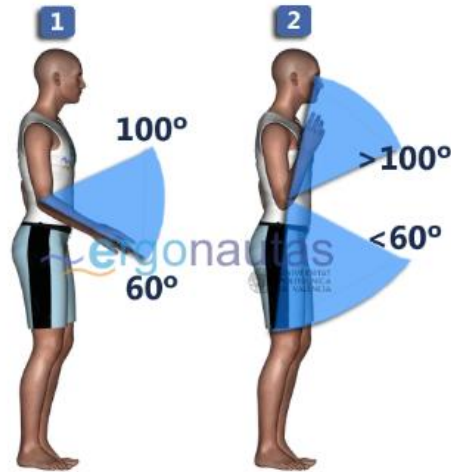


Figura 23. Medición del ángulo del antebrazo

Fuente: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>

5.3 Programación de Alertas

Mediante programación en Unity se configuran los parámetros máximos de los ángulos que pueden soportar los segmentos corporales. Se colocan indicadores en forma de cubos de color verde en cada articulación, que generaran una alerta convirtiéndose en color rojo si superan los valores máximos de los ángulos ergonómicos en cada segmento corporal.

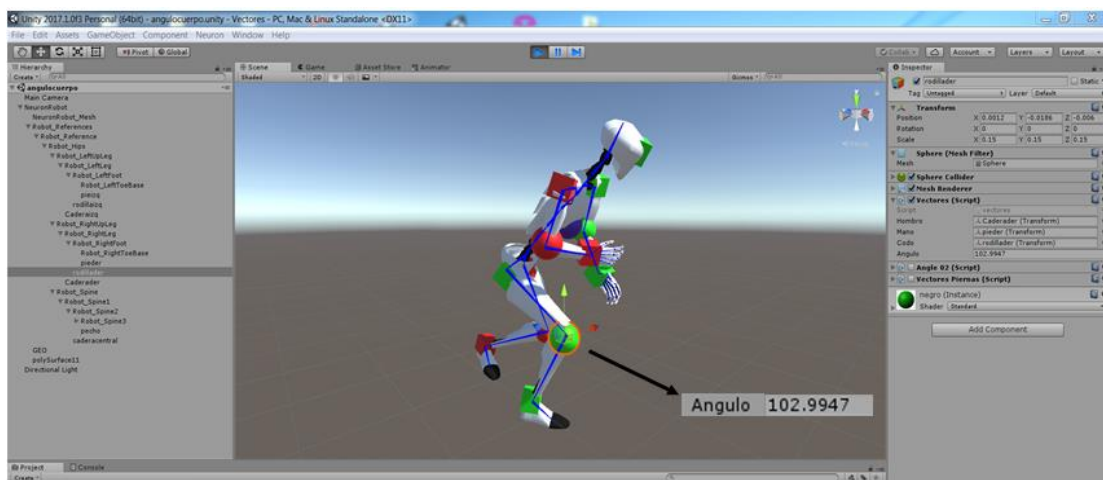


Figura 25. Indicadores de Ángulos en Unity



El criterio utilizado en las alertas programadas en Unity se obtiene del método Reba y se utilizan las puntuaciones máximas de los segmentos corporales. Al superar los ángulos máximos se genera una alerta en color rojo de los cubos que componen las articulaciones.

Tabla 6. Criterio de ángulos

Segmento Corporal	Ángulos
Flexión de antebrazo	>100
Flexión de Rodilla	>60
Flexión de Tronco	>60

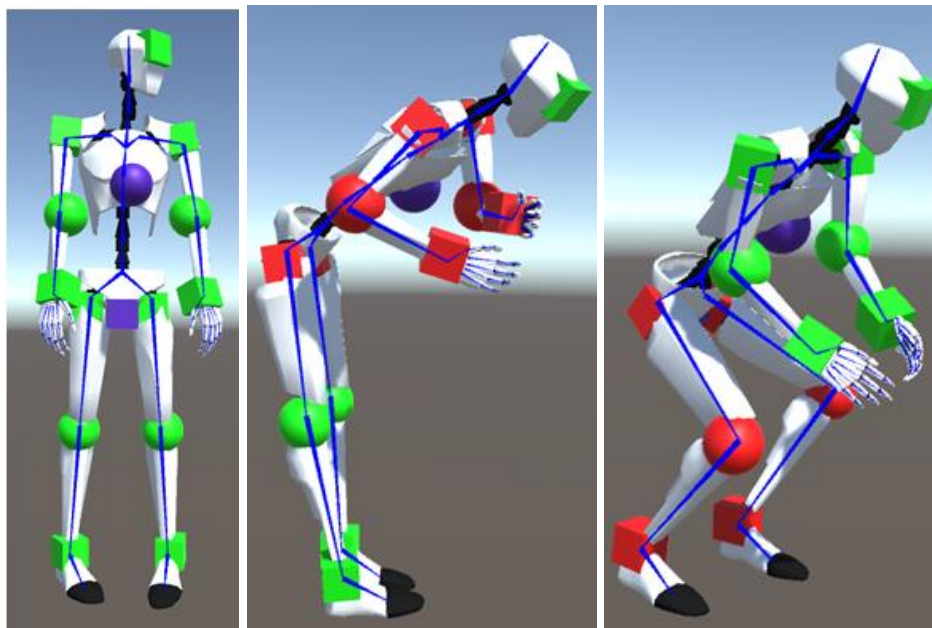


Figura 26. Programación de Alertas de ángulos máximos en segmentos corporales

Adicionalmente se pueden caracterizar los modelos virtuales, permitiendo crear o importar diferentes personajes 3D para la simulación.



Figura 24. MOCAP / Personaje 3D Unity.

5.4 Estudio estadístico

El caso de estudio se centra en la manipulación y movilización manual de pacientes en enfermería. Se genera un estudio estadístico sobre una población de 10 enfermeros, realizando la maniobra de movilización de un paciente desde una camilla hacia una silla de ruedas (con y sin grúa de movilización de pacientes).



Figura 27. MoCap y equipamiento para movilización de pacientes



5.4.1 Técnica de movilización manual de paciente



Figura 28. Movilización Manual de Pacientes

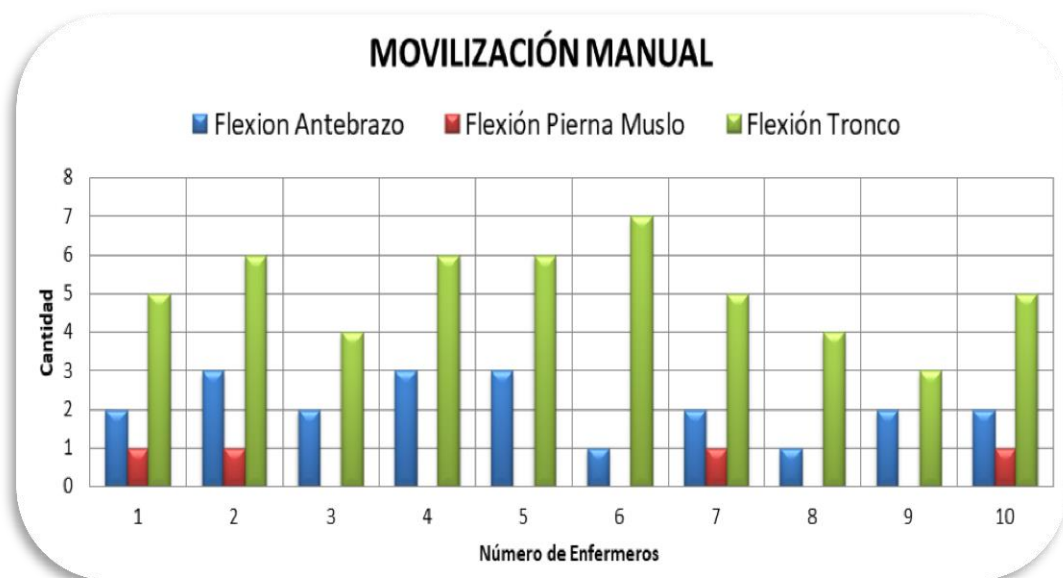


Figura 29. Datos estadísticos de movilización manual

5.4.2 Técnica de movilización con grúa

Adicionalmente se realizara el mismo procedimiento utilizando una Grúa Ortopédica móvil (Practika Porta) para elevación y traslado de pacientes.



Figura 30. Manipulación Manual de Pacientes utilizando Grúa.

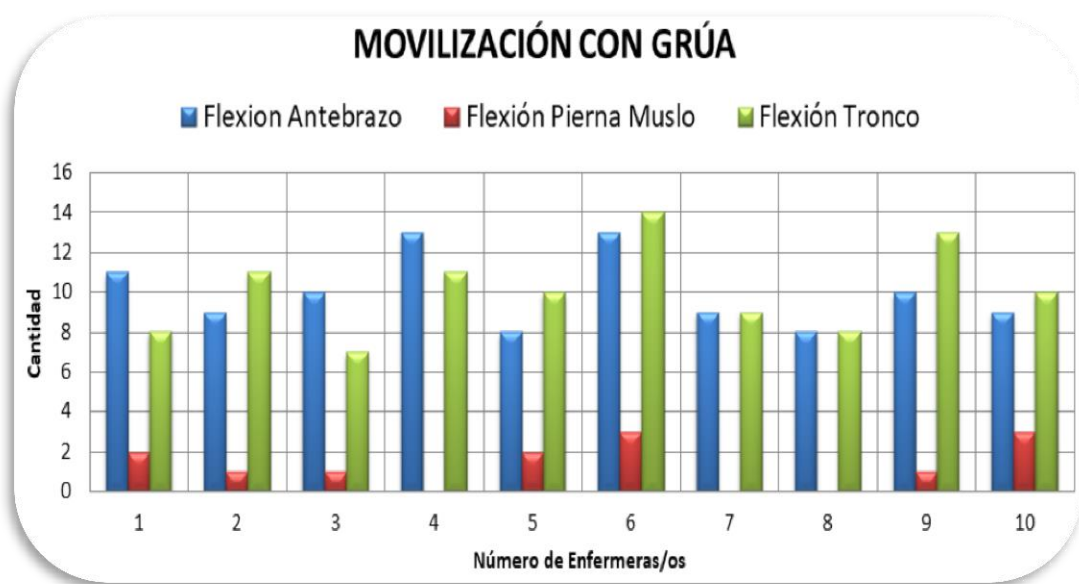


Figura 31. Datos estadísticos de movilización con grúa



Capítulo 6

CONCLUSIONES

Se han cumplido los objetivos planteados en el Trabajo Fin de Master. Como se expone en la presente memoria, el sistema de Captura de Movimiento Perception Neuron es una herramienta tecnológica para analizar y evaluar las posturas de un trabajador al realizar una tarea de manipulación manual de cargas y pueden ser utilizados para complementar los métodos de evaluación ergonómica.

El software Axis Neuron configura las dimensiones antropométricas de los percentiles tanto de mujeres y hombres, es fácil de calibrar y su adquisición de datos en tiempo real permite generar un modelo tridimensional fiable al movimiento real.

Utilizando el software Unity se configura los segmentos corporales y su medición de ángulos e identificar visualmente los ángulos críticos y posturas forzadas o incorrectas. Además crear e importar avatares y modelos tridimensionales.

Los datos adquiridos se tomaron manualmente registrando cada alerta de los segmentos corporales en color rojo, aunque es posible en próximos proyectos almacenar en una base de datos cada alerta.

Las simulaciones virtuales de cada enfermero se guardan en la base de datos del software Axis Neuron en la cual se pueden analizar secuencialmente las posturas y posiciones de todos los segmentos corporales.

En la movilización manual de pacientes la carga a levantar es relativa al peso del paciente y proporcionalmente es el riesgo de lesiones musculo esqueléticas. La flexión de tronco es el parámetro mayor y la flexión de antebrazo es aproximadamente la mitad.



En la movilización de pacientes utilizando grúa la carga a levantar es nula y no hay riesgo de lesiones musculo esqueléticas. La flexión de tronco es similar a la flexión de antebrazos.

Las dos anteriores tecnologías (RV y MoCap) son la base de futuros proyectos que desarrollen aplicaciones virtuales que generen evaluaciones ergonómicas utilizando los diferentes métodos de evaluación ergonómica. Existen una gran variedad de métodos de evaluación ergonómicos que pueden aplicarse: RULA, REBA, BIOMECH, Ecuación NIOSH, OWAS, OCRA, etc. Los cuales permiten identificar y valorar los factores los riesgos en los puestos de trabajo (ej: posturas forzadas, levantamientos de carga, repetitividad de movimientos, etc.).



Capítulo 7

BIBLIOGRAFÍA

- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso lumbar, para los trabajadores.
- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).
- Diego-Mas, José Antonio. Evaluación postural mediante el método REBA. Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia, 2015. [consulta 08-10-2018]. Disponible online:
<http://www.ergonautas.upv.es/metodos/reba/reba-ayuda.php>
- Paul Dotte. Método de movilización de los pacientes. Ergonomotricidad en el ámbito asistencial. Ed-Elsevier Massson; 2012.
- Técnicas de movilización en pacientes. Internet. Disponible en.
<http://www.auxiliar-enfermeria.com/movilizaciones.htm#marcO2>
- Esquema posiciones anatómicas. Internet. Disponible en
http://www.auxiliar-enfermeria.com/esquemas/esquema_posiciones.htm
- Manual de Técnicas y Procedimientos de Enfermería. Técnicas Generales II: Movilización; Posiciones anatómicas.
<http://www.aibarra.org/Manual/default.htm>



- Captura de movimiento.
http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture

- Perception neuron motion technologies.
<https://neuronmocap.com/>

- NTP 601 Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.

- Paul Dotte. Método de movilización de los pacientes. Ergomotricidad en el ámbito asistencial. Ed- Elsevier Masson; 2010.

- Aguilar Casas, Manuel et al. Movilización del paciente. Ed- Vértice; 2011.

- Sarmiento, A; Adeva, I; Escos, J. Cuidando a aquellos que cuidan. Material audiovisual de transferencias y movilizaciones para personas con movilidad reducida. ASPAYM (Asociación de Paraplégicos y Personas con gran discapacidad física de la Comunidad de Madrid).2008.

- Cuyahoga Community College. Material audiovisual movilizaciones. Clevelan Ohio ;1987.

- Ficha Técnica de Grúa Practika Forta.
<https://www.fortasl.es/es/gruas/elevacion-practika.php>