



Informe de Ergonomía

Evaluación ergonómica basada en captura de movimiento

EMPRESA: WIN WIN ERGONOMICS S.L

DOMICILIO SOCIAL: C/Clara del Rey, 36, 28002, Madrid
CENTRO DE TRABAJO: Hotel (Madrid)

Nº Contrato: 900607

Fecha: 11/03/2025

 **quirónprevención**
Nuestro trabajo es cuidar del tuyo

ÍNDICE

1. OBJETO DEL ESTUDIO Y ANTECEDENTES.....	3
1.1. PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN.....	3
2. DEFINICIONES	4
3. CRITERIOS LEGALES Y TÉCNICOS APLICADOS EN LA EVALUACIÓN	4
4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	5
5. RESULTADOS.....	5
5.1. LEVANTAMIENTOS, TRACCIONES Y EMPUJES.....	6
5.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN	7
5.3. RIESGO ERGONÓMICO	8
5.4. RANGOS ARTICULARES MÁXIMOS	12
5.5. ESFUERZOS ARTICULARES MÁXIMOS (FUERZA Y PAR)	14
6. CONCLUSIONES	16
7. AGRADECIMIENTOS	17
8 ANEXO: SISTEMA SCAMA	18
8.1. SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO MOVEHUMAN	18
8.2. MÉTODO ERGONÓMICO FORCES.....	18
8.3. DE APLICACIÓN DE ACUERDO AL MARCO NORMATIVO	19
9 ANEXO: TAREAS DETALLE.....	21
10 REFERENCIAS.....	30

1. OBJETO DEL ESTUDIO Y ANTECEDENTES

El presente informe está dirigido Win Ergonomic S.L. (B56291297, C/Clara del Rey, 36, 28002, Madrid). Esta empresa ha diseñado la cama LevitUp, que pretende reducir esfuerzo físico que requiere hacer la cama por parte del personal de limpieza en la industria hotelera.

El documento tiene por objeto comparar el riesgo de provocar trastornos musculoesqueléticos entre tres tipos de cama: El nuevo modelo LevitUp, una cama tradicional y una cama elevable.

Características de la cama LevitUp:

- La cama se eleva de manera automática mediante el uso de una aplicación de móvil. Esta aplicación permite configurar la altura de elevación para cada usuario.
- Cuando la cama se eleva, el colchón se separa del somier para entremeter la lencería de la cama sin necesidad de sostener el colchón con una mano.
- Debajo del colchón, la cama dispone de una lámina flexible donde se fija la lencería de la cama: sábanas, edredón y cubre cama.

Este informe se realiza como consecuencia de

- Contrato de prestación de servicio: Nº Contrato: 900607.

Las tareas evaluadas se han seleccionado de acuerdo con:

- La descripción de tareas y los tiempos de exposición facilitados por la empresa.

1.1. PERSONAS QUE INTERVIENEN EN LA EVALUACIÓN

Los datos reflejados en este informe fueron tomados durante la visita efectuada en un HOTEL situado en Madrid el día 28-01-2025. En dicho hotel, la cama LevitUp estaba situada en la habitación 305 y la cama tradicional y elevable en la habitación 105. Las personas que intervinieron por parte de Quirónprevención fueron:

- Pablo Miralles Garcerá, Consultor de Ergonomía y Psicosociología, Técnico superior de prevención de riesgos laborales.

Por parte de la Universidad de Zaragoza:

- Javier Marín Boné, Doctor Ingeniero e investigador del grupo IDERGO.

Por parte de la Empresa Win Ergonomics SL:

- Antonio Salgado Karlsson, Fundador de LevitUp.
- Jesús Piquer Bilbao, Director comercial del LevitUp.

Trabajadoras participantes, en adelante T1-T3.

- Trabajadora 1. Responsable de formación de camareras de piso y soporte comercial, en adelante **T1**.
- Trabajadora 2. En adelante **T2**.
- Trabajadora 3. En adelante **T3**.

2. DEFINICIONES

Puesto de trabajo: Unidad de trabajo con principio y fin claramente definido en el cual se realiza una o más tareas u operaciones y que requieren esfuerzos físicos y/o mentales para su ejecución.

Trastorno musculoesquelético: Problemas de salud del aparato locomotor, es decir, músculos, tendones, esqueleto óseo, cartílagos, ligamentos, y nervios. También llamadas lesiones musculoesqueléticas.

Postura de trabajo: Posiciones de las distintas partes del cuerpo o segmentos corporales. En el ámbito de la Ergonomía la adopción de posturas forzadas se relaciona con la aparición de trastornos musculoesqueléticos. Las posturas forzadas se entienden como las posiciones del cuerpo fijas o restringidas, las posturas que sobrecargan los músculos y los tendones, las posturas que cargan las articulaciones de una manera asimétrica y las posturas que producen carga estática en la musculatura.

Ciclo de trabajo: Secuencia de tareas que se repiten de la misma manera a lo largo de un **tiempo de ciclo**; es decir, un lapso de tiempo comprendido desde el momento en el que el operador empieza un ciclo de trabajo hasta el momento en que ese mismo ciclo de trabajo vuelve a comenzar (en segundos).

Manipulación manual de carga: Cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de la persona trabajadora, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento.

3. CRITERIOS LEGALES Y TÉCNICOS APLICADOS EN LA EVALUACIÓN

Para llevar a cabo la evaluación ergonómica se utilizó la tecnología SCAMA de captura de movimiento (ver Anexo 8), que permite recoger los movimientos realizados en el puesto de trabajo y trasladarlos a un modelo humano virtual. Posteriormente, se aplicó el método ergonómico Forces (ver Anexo 8), que evalúa los riesgos de trastornos musculoesqueléticos.

La toma de datos incluyó la reproducción de las operaciones realizadas en los puestos de trabajo, la captación de imágenes de dichas operaciones, así como la consulta al personal sobre de las posibles situaciones desfavorables que podían presentarse en su puesto de trabajo. Para garantizar que la medición representara la realidad del puesto, se seleccionaron personas trabajadoras experimentadas en las tareas a realizar, a los que se les informó verbalmente del objetivo del estudio y aceptaron su participación voluntariamente.

En la toma de datos, se procuró la participación de los delegados de prevención en las respectivas tomas de datos de los puestos. Todo ello de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 y 36.2 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Por tanto, la evaluación de riesgos se basa en las mediciones realizadas, los datos obtenidos en el análisis de las tareas, la información aportada por la empresa sobre el proceso productivo y tiempos de trabajo, las consideraciones de las personas trabajadoras sobre su situación de trabajo (molestias, interferencias, etc.), así como en la observación de las posturas, movimientos y esfuerzos realizados en las condiciones de trabajo consideradas como representativas. Por lo

tanto, las valoraciones y recomendaciones contenidas en este informe son válidas solamente mientras dichas informaciones y condiciones de trabajo no varíen significativamente.

4. METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

En este estudio se grabó con el sistema SCAMA basado en captura de movimiento la realización de las diferentes camas. Cada una de las camareras de piso (T1-T3), realizó una captura con cada modalidad de cama (LevitUp, Tradicional y Elevable). Por tanto, en total se realizaron 9 capturas. La siguiente tabla muestra las capturas realizadas y las características demográficas de la muestra de participantes.

Capturas	T1	T2	T3
LevitUp	T1.LevitUp	T2.LevitUp	T3.LevitUp
Tradicional	T1.Tradicional	T2.Tradicional	T3.Tradicional
Elevable	T1.Elevable	T2.Elevable	T3.Elevable
Características demográficas			
Género	Mujer	Mujer	Mujer
Altura	153 cm	173 cm	163 cm
Experiencia con LevitUp	Más de un año de experiencia en el uso de la cama LevitUp. Formadora de nuevo personal.	4 horas de experiencia utilizando la nueva cama LevitUp.	7 horas de experiencia utilizando la nueva cama LevitUp

Para obtener las fuerzas de levantamientos y empujes se entrevistó a las trabajadoras acerca de los gestos concretos que implican la realización de fuerza y se utilizó un dinamómetro Fuerza Push-pull AMF500N Digital con una capacidad de hasta 50kg. Estos datos se tuvieron en cuenta en el procesado de cada captura.

5. RESULTADOS

Los resultados se estructuran a través de varios bloques, que caracterizan la diferencia entre las camas LevitUp, Tradicional y Elevable, en relación con la exposición a riesgo musculoesquelético. Los principales bloques son:

- **Levantamientos, tracciones y empujes [número * kg]:** Esfuerzos que se realizan durante la ejecución de cada cama.
- **Tiempo de ejecución [Min]:** Tiempo de realización de la tarea para una persona con alta experiencia (T1).
- **Riesgo ergonómico [%]:** Posibilidad de sufrir lesión musculoesquelética al realizar una cama, calculado según el método ergonómico Forces (ver Anexo).

Asimismo, para disponer de información complementaria sobre los requerimientos musculoesqueléticos de la tarea evaluada, se incluyen los rangos y esfuerzos máximos requeridos para la realización de cada cama:

- **Rangos articulares máximos [°]:** Rango máximo articular durante la ejecución de la tarea.
- **Esfuerzos articulares máximos [Fuerza, Kg y Par, Kg·m]:** Fuerza y par máximo en cada articulación durante la ejecución de la tarea.

5.1. LEVANTAMIENTOS, TRACCIONES Y EMPUJES.

Se ha observado que la cama LevitUp no requiere levantar el colchón con una mano para entremeter las sábanas, ya que cuando la cama se eleva, el colchón se separa del somier. Asimismo, la cama LevitUp no requiere separar la cama de la pared ya que, además de elevarse, adelanta el colchón.

En cambio, las camas Tradicional y Elevable requieren sostener el colchón con una mano para entremeter las sábanas. Las camas Tradicional y Elevable evaluadas utilizaban un colchón modelo Futura de Polígón de 180x200x32 cm con un peso de 50 kg. No obstante, sólo se levanta parte del mismo; bien en las esquinas o en los laterales. Por tanto, la fuerza de elevación está condicionada por la distancia a la que cada persona eleva la esquina o el lateral.

Según la información provista por las tres trabajadoras, la distancia de elevación promedio en una cama Tradicional o Elevable para entremeter las sábanas era de 19.5 cm en la esquina y 15 cm en los laterales. Bajo estas condiciones, se elevó con el dinamómetro la esquina y el lateral y se obtuvieron las medidas de la siguiente tabla. Asimismo, se tomaron varias medidas tirando y empujando la cama hacia la pared.

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medida 4	Promedio
Elevación esquina colchón 19.5 cm	14.4 kg	13.6 kg	13.7 kg	13.8 kg	13.9 kg
Elevación lateral colchón 15 cm	19.4 kg	18.3 kg	18.9 kg		18.9 kg
Tirar o empujar cama	48 kg	45 kg	46 kg		46.3 kg

La siguiente tabla muestra el número de levantamientos, tracciones y empujes. Se puede observar que con el uso de la cama LevitUp, se eliminan los 9 levantamientos considerando esquinas (13.9 kg) y laterales (18.9 kg), que se realizan habitualmente. Asimismo, también se elimina la tracción (46.3 kg) necesaria para retirar la cama de la pared y el empuje (46.3 kg) para colocarla en su posición inicial.

	Número de levantamientos	T1	T2	T3
LevitUp	Levantamientos esquina	0	0	0
	Levantamientos laterales	0	0	0
	Tracción para separar cama de cabecero	0	0	0
	Empuje cama a cabecero	0	0	0
Trad.	Levantamientos esquina	5 x 13.9 kg	7 x 13.9 kg	6 x 13.9 kg
	Levantamientos laterales	5 x 18.9 kg	2 x 18.9 kg	2 x 18.9 kg
	Tracción para separar cama de cabecero	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg
	Empuje cama a cabecero	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg
Elevable	Levantamientos esquina	4 x 13.9 kg	5 x 13.9 kg	5 x 13.9 kg
	Levantamientos laterales	5 x 18.9 kg	2 x 18.9 kg	3 x 18.9 kg
	Tracción para separar cama de cabecero	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg
	Empuje cama a cabecero	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg	1 x 46.3 kg

5.2. TIEMPO DE EJECUCIÓN

En la siguiente tabla se muestra el tiempo de ejecución por parte de la trabajadora T1. Esta trabajadora es la que tiene mayor experiencia (ver tabla de sección 4) y por tanto la medición del tiempo de ejecución por parte de esta persona es la medida más fiable y estable. Hay que recordar que este tiempo incluye todas las operaciones grabadas:

- **Comienzo:** La captura comienza retirando la lencería tal y como la dejó el cliente anterior.
- **Final:** La captura finaliza cuando la cama está lista para el siguiente cliente.

	T1	Diferencia
LevitUp	0:04:49	
Tradicional	0:05:50	0:01:01
Elevable	0:06:25	0:01:36

Como conclusión, podemos indicar que el tiempo de retirar lencería y hacer una cama LevitUp es de 0:04:49. Se observa que con la cama LevitUp, se mejoró en más de un minuto respecto a la cama Tradicional (0:01:01) y más de un minuto y medio respecto a la cama Elevable (0:01:36).

5.3. RIESGO ERGONÓMICO

En esta sección se presentan los resultados obtenidos con el método ergonómico Forces. Para interpretar el porcentaje riesgo obtenido en cada articulación de los puestos de trabajo evaluados se puede utilizar la siguiente figura, la cual se detalla en el Anexo 8. El riesgo se muestra como un semáforo, verde para valores entre 0 y 25%, amarillo para valores entre 25 y 40% y rojo para valores superiores al 40%.

RiskPerMinute (%)	RiskLevel	Valoración	Interpretación
≤10	≤1	Sin riesgo	Aceptable
> 10 ≤15	> 1 ≤ 2	Riesgo bajo	
> 15 ≤ 25	> 2 ≤ 3	Riesgo medio	
> 25 ≤ 40	> 3 ≤ 4	Riesgo alto	Tolerable Condicional
> 40 ≤ 70	> 4 ≤ 5	Riesgo muy alto	Elevado
> 70	> 5	Riesgo severo	

A continuación, se muestra el mapa de riesgos resultante de las 9 capturas (ID 1-9) y el riesgo promedio de cada tipo de cama (ID 10-12). El riesgo representa la posibilidad de aparición de trastorno musculoesquelético suponiendo que cada cama se realiza **18 veces en una jornada**; que es el número que la empresa determinó para representar una jornada estándar. Asimismo, se ha considerado el mismo tiempo de ejecución concedido para todas las camas (0:04:49), para así comprar a todas ellas en las mismas condiciones.

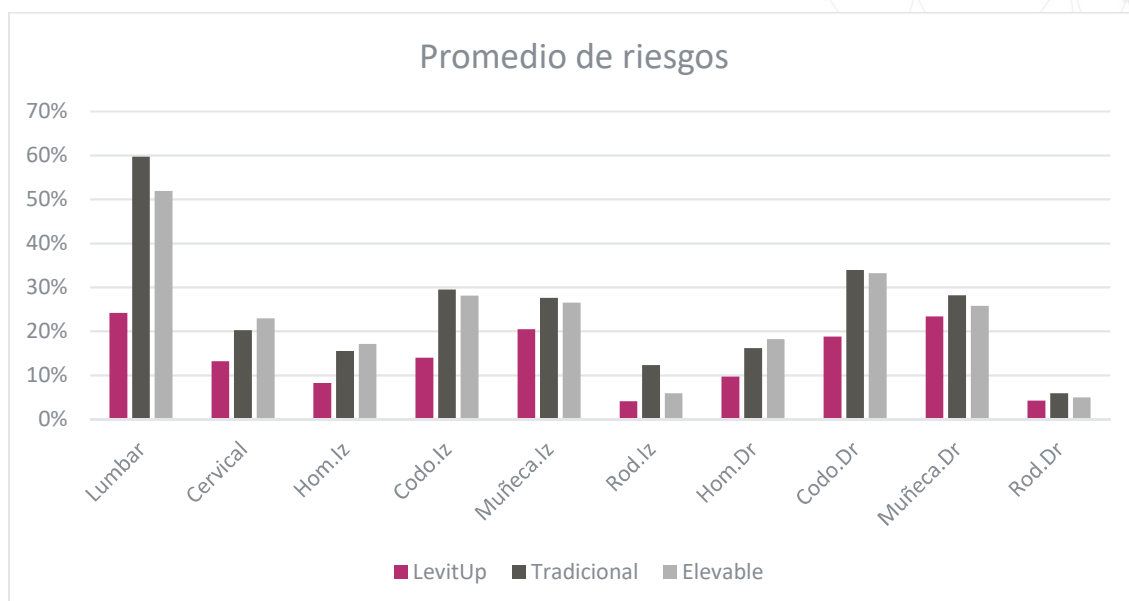
TAREAS			RIESGO DE CADA PUESTO								Ver leyenda	
ID	Código	Número veces	Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
1	T1.LevitUp	18	33.9%	16.5%	8.5%	12.2%	15.4%	6.1%	9.0%	13.6%	21.4%	7.2%
2	T1.Tradicional	18	79.4%	29.7%	17.9%	29.9%	24.6%	8.0%	19.6%	34.4%	33.3%	9.7%
3	T1.Elevable	18	66.1%	34.1%	21.1%	33.0%	31.7%	7.4%	23.2%	38.6%	32.8%	7.0%
4	T2.LevitUp	18	20.6%	12.4%	7.7%	14.4%	23.9%	2.7%	9.1%	21.9%	31.7%	2.8%
5	T2.Tradicional	18	50.7%	19.5%	13.4%	28.6%	25.9%	25.1%	11.9%	30.7%	32.1%	4.6%
6	T2.Elevable	18	41.7%	18.1%	14.0%	26.2%	23.1%	6.1%	14.4%	30.0%	25.0%	4.8%
7	T3.LevitUp	18	18.0%	10.6%	8.3%	15.3%	22.1%	3.3%	11.0%	20.9%	17.0%	2.5%
8	T3.Tradicional	18	49.0%	11.6%	15.1%	29.9%	32.2%	3.8%	16.8%	36.5%	19.2%	3.4%
9	T3.Elevable	18	48.0%	16.6%	16.3%	25.0%	24.6%	4.3%	16.9%	31.0%	19.6%	3.0%
10	Levit.Up	18	24.2%	13.2%	8.2%	14.0%	20.5%	4.1%	9.7%	18.8%	23.4%	4.2%
11	Tradicional	18	59.7%	20.2%	15.5%	29.5%	27.6%	12.3%	16.1%	33.9%	28.2%	5.9%
12	Elevable	18	51.9%	22.9%	17.1%	28.1%	26.5%	5.9%	18.2%	33.2%	25.8%	4.9%

Este mapa de riesgos **aporta un valor comparativo preciso**; ya que considera, en cada articulación, el ángulo, la fuerza, el par y la velocidad angular (ver Anexo). En los apartados 5.3.1. y 5.3.2, se incluye la interpretación de los resultados.

Adicionalmente, en el **Anexo del apartado 9**, se presenta la evaluación detallada de las tareas evaluadas (ID 1-9). Es decir, el riesgo que tiene la articulación en cada instante de la grabación y que permite calcular los valores finales incluidos en el mapa de riesgo.

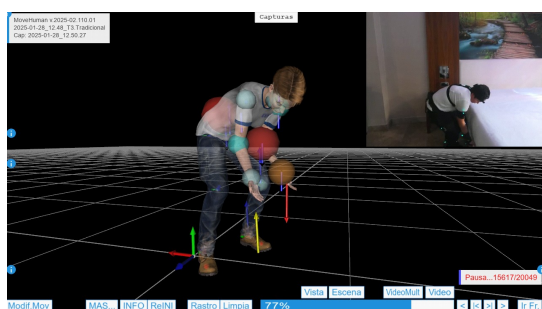
5.3.1. Interpretación y comparativa de riesgo ergonómico

La siguiente gráfica muestra los riesgos promedio de cada una de las camas (IDs 10-12 del mapa de riesgos).

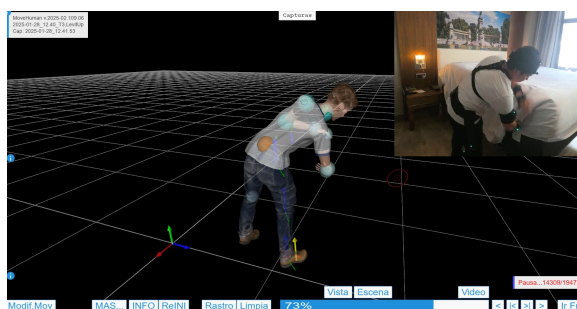


Observando los resultados promedio de la gráfica, se puede observar como en las camas Tradicionales y Elevables el riesgo más alto está en la **zona lumbar**, llegando a 59.7 puntos de riesgo en el caso de la cama Tradicional y, algo menor, 51.9 puntos en el caso de la cama Elevable. En cambio, en la cama LevitUp se reduce el riesgo hasta los 24.2 puntos.

Las siguientes articulaciones con más riesgo son los **codos y las muñecas**, que alcanzan alrededor de los 30 puntos de riesgo en las camas Tradicional y Elevable. Esto se debe que se realizan levantamientos con el codo pegado al cuerpo, que provocan un momento torsor sobre ambas articulaciones (ver imagen de la izquierda). En cambio, con la cama LevitUp no es necesario realizar estos levantamientos (ver imagen de la derecha), por lo que se tiene un riesgo menor cercano a los 20 puntos de riesgo. Asimismo, el hecho de realizar estas elevaciones con el codo pegado al cuerpo evita que aumente el riesgo en los hombros.



Entremeter sábanas en cama Tradicional



vs Entremeter sábanas en cama LevitUp

La siguiente tabla muestra la **reducción de riesgo** de cada trabajadora y, en la parte inferior, el promedio de cada reducción. Las reducciones se calculan con la fórmula de incremento porcentual. Por tanto, si el incremento es negativo estamos ante una reducción de riesgo, si es positivo ante un aumento.

Para entender el cálculo con un ejemplo, nos centramos en el primer valor: -57.3%. Al respecto, se puede indicar que la trabajadora T1 redujo a más de la mitad el riesgo (en un 57.3%) utilizando la cama LevitUp, respecto a una cama tradicional. Este valor se calcula dividiendo el riesgo de la cama Tradicional entre el riesgo de LevitUp y restando la unidad.

Comparativas	Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
T1										
LevitUp vs Trad.	-57.3%	-44.4%	-52.3%	-59.3%	-37.6%	-23.5%	-54.2%	-60.5%	-35.6%	-25.8%
LevitUp vs Elev.	-48.7%	-51.6%	-59.6%	-63.2%	-51.6%	-17.5%	-61.2%	-64.8%	-34.6%	2.9%
T2										
LevitUp vs Trad.	-59.3%	-36.1%	-42.5%	-49.6%	-7.8%	-89.2%	-24.0%	-28.9%	-1.3%	-39.3%
LevitUp vs Elev.	-50.5%	-31.2%	-45.2%	-44.9%	3.5%	-55.6%	-37.2%	-27.2%	26.8%	-41.6%
T3										
LevitUp vs Trad.	-63.3%	-8.7%	-44.9%	-48.9%	-31.2%	-12.9%	-34.8%	-42.7%	-11.2%	-25.3%
LevitUp vs Elev.	-62.5%	-36.1%	-48.7%	-38.8%	-9.9%	-21.7%	-35.1%	-32.5%	-13.0%	-16.1%
Promedio										
LevitUp vs Trad.	-60.0%	-29.7%	-46.6%	-52.6%	-25.5%	-41.8%	-37.7%	-44.0%	-16.0%	-30.1%
LevitUp vs Elev.	-53.9%	-39.7%	-51.1%	-49.0%	-19.3%	-31.6%	-44.5%	-41.5%	-6.9%	-18.3%

En la tabla, se puede observar que el riesgo mejora considerablemente en la cama LevitUp en todas las articulaciones respecto a las camas Tradicional o Elevable.

Si nos centramos en la **zona lumbar**, se observa una reducción del -60% del riesgo con el uso de la cama LevitUp respecto a una cama tradicional y un -53.9% del riesgo respecto a la cama elevable. Por tanto, se puede indicar la siguiente conclusión: **El uso de la cama LevitUp permite reducir la exposición al riesgo de sufrir trastornos musculoesqueléticos relacionado con la tarea de hacer la cama y relacionado con la zona lumbar entre un 53% (si se parte de camas elevables) y un 60% (si se parte de camas tradicionales).** Esta misma conclusión se puede extrapolar a otras articulaciones sustituyendo por los valores incluidos en la tabla.

Relacionado con el riesgo final y las reducciones calculadas, hay algunos casos particulares, que son interesantes contextualizar:

- **Con LevitUp, riesgo en la zona lumbar de la trabajadora T1 es ligeramente superior al de las trabajadoras T2 y T3:** Esta participante eligió una altura baja para entremeter las sábanas. Al ser una altura baja se ve obligada a flexionar la zona lumbar de forma mantenida. Además, durante esta operación se combina flexión y lateralización lumbar derecha elevada (ver tabla de apartado 5.4), lo que penaliza el riesgo.
- **Aumento de riesgo en las muñecas de T2:** Esta participante aplicó una fuerte aceleración (latigazo) al extender la sábana bajera, la encimera y edredón cuando realizó la cama LevitUp. En cambio, en la cama Elevable, estas operaciones se realizaron con mayor suavidad.
- **Aumento de riesgo en la Rodilla Derecha de T1:** Hubo variaciones al rodear la cama, tanto en el número de recorridos como en la velocidad de los giros en las esquinas.
- De la interpretación, se desprende que estos casos, están causados por los **factores aleatorios** que se describen en el apartado 5.3.2 y que no se pueden aislar o evitar.

5.3.2. Influencia de las particularidades de cada participante en el riesgo

Tal y como se ha planteado este estudio, es importante comparar a los resultados de cada participante entre sí y no la diferencia entre participantes, ya que se ha observado que hay ciertos factores que influyen en la diferencia de resultados entre cada participante:

- **Técnica.** Cada participante ha desarrollado una técnica diferente en cuanto a posturas, orden de operaciones y tiempo de ejecución. De hecho, se observa que cada participante tiene ciertos patrones que se repiten; como el orden de las esquinas al introducir la lencería o la zona del colchón a levantar. No obstante, incluso un mismo participante cambia el orden de en función de la aleatoriedad de la propia tarea.
- **Aleatoriedad de la tarea.** Cuando se recogen las sábanas, estas pueden estar atrapadas de diferente forma según el uso previo por parte del cliente. Asimismo, la lencería de cama puede extenderse con un solo gesto o requerir ir de varios reposicionamientos hasta que se coloca adecuadamente sobre el colchón. Por tanto, hay una alta carga de aleatoriedad intrínseca en cada operación.
- **Higiene postural.** Cada participante tiene unas aptitudes posturales intrínsecas, que se pueden apreciar especialmente en el área lumbar. En esta área, tiene una alta influencia la combinación entre flexión y torsión de tronco, que elevan el riesgo considerablemente.
- **Número de posturas.** Cuando se trata de un conjunto de posturas elevado es más probable encontrar diferencias entre sujetos. En este caso, las capturas suelen ser superiores a los 5 minutos, que a una frecuencia de 60 posturas por segundo se obtienen más de 18.000 posturas evaluadas.

A continuación, se incluye una tabla que incorpora las particularidades de cada participante relacionado con los factores mencionados. Esta tabla permite explicar las diferencias concretas en los resultados obtenidos para cada participante y cada articulación.

	T1	T2	T3
LevitUp	Antes de empezar a quitar la lencería eleva un poco la cama para tener la lencería no presionada y sea más fácil quitarla. Una vez pone el cubre cama, eleva totalmente la cama.	A diferencia de T1, como es más alta, eleva la cama desde el principio.	Eleva la cama en el mismo momento que T1.
Trad.	Debe arrastrar la cama para tener acceso al cabecero y luego vuelve a empujarla para dejarla en su lugar. Realiza elevaciones para entremeter las sábanas en las esquinas, dos elevaciones por cada lateral y una elevación en el frente.	Arrastra la cama para separarla de la pared y luego la empuja para acercar el cabecero con las piernas. Al entremeter las sábanas flexiona menos la espalda que las otras compañeras. Para entremeter los lados, a diferencia de T1, aprovecha las esquinas y para los lados realiza una elevación adicional en la esquina y otra en el lado. En el frente no requiere elevación.	A la hora de colocar las almohadas las pone acercándose por cada lado de la cama. La técnica y número de elevaciones para entremeter la lencería se parece a la de T2.
Elevable	Retira las almohadas y eleva totalmente la cama y para empezar todo el proceso. Repite las elevaciones que realiza en la cama tradicional.	Eleva la cama en el mismo momento que T1. Repite las elevaciones que realiza en la cama tradicional.	Eleva la cama en el mismo momento que T1. Repite las elevaciones que realiza en la cama tradicional.

5.4. RANGOS ARTICULARES MÁXIMOS

El rango articular máximo se calcula como el percentil 99 de todos los ángulos registrados por el sistema durante la grabación. Ello permite establecer el rango máximo necesario en cada articulación para realizar la tarea. Este rango se utilizará solo en el 1% de las posturas, pero será necesario alcanzarlo para la realización de las tareas.

TAREAS		Lumbar						Cervical						Hom.Iz		Codo.Iz			Muñeca.Iz				Rod.Iz		Hom.Dr			Codo.Dr				Muñeca.Dr				Rod.Dr
ID	Código	Flex.	Ext	Lat. Dr	Rot.Dr	Lat.Iz	Rot.Iz	Flex.	Ext.	Lat. Dr	Rot. Dr	Lat.Iz	Rot.Iz	Elev.	Apert.	Flex.	Supin.	Pron.	Flex.	Ext.	D.Rad.	D.Cub.	Flex.	Elev.	Apert.	Flex.	Supin.	Pron.	Flex.	Ext.	D.Rad.	D.Cub.	Flex.			
1	T1.LevitUp	35.4	-4.6	43.8	21.7	-10.1	-22.4	27.6	-24.5	26.5	46.2	-24.2	-43.5	107.4	-55.0	101.9	55.9	-50.2	51.6	-37.0	19.5	-27.5	53.9	123.3	-102.3	102.9	46.7	-38.3	66.4	-45.2	21.5	-43.8	48.1			
2	T1.Tradicional	45.9	-9.1	51.6	19.5	-14.1	-49.4	38.4	-26.1	23.1	53.1	-31.3	-44.5	106.4	-77.6	108.7	57.3	-57.1	43.1	-43.2	21.5	-27.1	64.6	120.6	-167.5	98.2	69.3	-31.9	64.8	-49.6	27.8	-45.7	67.1			
3	T1.Elevable	48.0	-6.4	39.2	18.1	-14.2	-35.0	28.7	-35.1	27.3	55.6	-18.2	-35.7	105.6	-80.4	105.8	64.8	-59.5	58.3	-39.6	22.9	-29.1	58.3	130.2	-161.6	100.4	76.9	-42.4	62.4	-50.0	45.4	-32.2	56.1			
4	T2.LevitUp	45.7	-0.2	28.5	18.6	-20.9	-17.8	21.7	-26.5	20.6	49.0	-48.0	-46.2	88.7	-149.2	136.8	59.7	-71.2	61.8	-44.0	21.0	-42.0	53.8	102.5	-170.0	120.6	85.9	-66.9	73.8	-86.2	63.4	-48.7	52.5			
5	T2.Tradicional	66.5	-2.3	34.2	29.5	-33.4	-23.7	29.5	-37.3	20.3	50.9	-40.9	-66.6	91.9	-170.6	123.2	62.4	-70.5	60.1	-40.4	13.0	-43.9	124.3	105.8	-168.7	131.7	72.3	-54.2	73.2	-35.9	32.0	-40.3	162.5			
6	T2.Elevable	46.9	-9.2	39.5	34.5	-32.3	-19.0	29.1	-26.5	24.5	49.1	-41.3	-48.9	103.0	-164.9	119.5	70.5	-72.3	62.1	-38.9	16.9	-42.9	102.8	108.7	-151.3	111.3	90.7	-52.8	72.1	-41.3	30.0	-40.2	113.5			
7	T3.LevitUp	46.4	-11.0	27.0	22.5	-14.1	-20.4	30.4	-14.9	17.1	41.4	-23.8	-49.6	105.5	-112.2	123.7	60.8	-61.9	47.6	-57.1	22.7	-40.3	60.8	116.5	-137.2	121.6	80.3	-36.6	44.0	-49.1	30.0	-30.0	61.5			
8	T3.Tradicional	59.9	-2.2	20.0	18.0	-21.8	-26.5	29.8	-26.4	19.1	39.8	-24.6	-42.5	106.6	-136.3	120.3	54.3	-63.7	47.6	-54.4	11.7	-41.4	67.6	117.7	-148.7	119.1	89.4	-38.0	37.1	-50.1	26.4	-28.6	67.9			
9	T3.Elevable	63.0	-3.9	27.8	21.5	-21.3	-22.6	30.2	-28.2	18.0	43.8	-24.8	-42.2	106.0	-140.2	129.8	47.7	-69.1	42.2	-52.3	12.0	-42.7	64.7	119.3	-156.3	120.1	70.1	-47.1	40.7	-48.1	24.9	-32.4	63.4			



La siguiente tabla muestra la **reducción de rango articular máximo** de cada trabajadora y, en la parte inferior, el promedio de cada reducción. Las reducciones se calculan con la fórmula de incremento porcentual, siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para calcular la reducción de riesgo en el apartado 5.3.1.

COMPARATIVA	Lumbar						Cervical						Hom.Iz		Codo.Iz			Muñeca.Iz				Rod.Iz	Hom.Dr			Codo.Dr			Muñeca.Dr				Rod.Dr
	Flex.	Ext	Lat. Dr	Rot.Dr	Lat.Iz	Rot.Iz	Flex.	Ext.	Lat. Dr	Rot. Dr	Lat.Iz	Rot.Iz	Elev.	Apert.	Flex.	Supin.	Pron.	Flex.	Ext.	D.Rad.	D.Cub.	Flex.	Elev.	Apert.	Flex.	Supin.	Pron.	Flex.	Ext.	D.Rad.	D.Cub.	Flex.	
T1																																	
LevitUp vs Trad.	-22.8%	-49.8%	-15.0%	11.5%	-28.1%	-54.6%	-28.2%	-6.4%	14.6%	-13.0%	-22.8%	-2.2%	0.9%	-29.0%	-6.2%	-2.6%	-12.1%	19.7%	-14.2%	-9.3%	1.7%	-16.6%	2.2%	-38.9%	4.7%	-32.6%	20.0%	2.5%	-8.9%	-22.5%	-4.2%	-28.3%	
LevitUp vs Elev.	-26.2%	-28.4%	11.9%	20.0%	-28.8%	-35.9%	-4.0%	-30.2%	-3.1%	-16.9%	32.7%	22.1%	1.7%	-31.5%	-3.6%	-13.8%	-15.7%	-11.4%	-6.4%	-14.6%	-5.6%	-7.5%	-5.3%	-36.7%	2.4%	-39.2%	-9.5%	6.5%	-9.7%	-52.6%	36.1%	-14.2%	
T2																																	
LevitUp vs Trad.	-31.3%	-92.6%	-16.6%	-37.1%	-37.5%	-24.8%	-26.4%	-29.0%	1.3%	-3.6%	17.5%	-30.6%	-3.5%	-12.5%	11.1%	-4.4%	0.9%	2.7%	9.2%	61.9%	-4.3%	-56.7%	-3.1%	0.8%	-8.4%	18.9%	23.4%	0.7%	140.0%	98.1%	20.9%	-67.7%	
LevitUp vs Elev.	-2.5%	-98.1%	-27.8%	-46.2%	-35.5%	-6.1%	-25.4%	-0.2%	-15.9%	-0.1%	16.3%	-5.5%	-13.9%	-9.5%	14.5%	-15.3%	-1.6%	-0.6%	13.2%	24.1%	-2.0%	-47.7%	-5.7%	12.4%	8.4%	-5.3%	26.8%	2.3%	108.8%	111.4%	21.3%	-53.8%	
T3																																	
LevitUp vs Trad.	-22.5%	409.5%	34.7%	25.0%	-35.2%	-22.9%	2.1%	-43.8%	-10.2%	3.8%	-3.2%	16.7%	-1.1%	-17.7%	2.8%	11.9%	-2.9%	-0.1%	5.0%	93.2%	-2.6%	-10.0%	-1.0%	-7.7%	2.1%	-10.1%	-3.6%	18.3%	-1.9%	13.7%	4.8%	-9.5%	
LevitUp vs Elev.	-26.3%	183.2%	-2.7%	4.6%	-33.8%	-9.7%	0.6%	-47.3%	-4.9%	-5.4%	-4.2%	17.5%	-0.5%	-19.9%	-4.7%	27.4%	-10.3%	12.7%	9.2%	88.8%	-5.6%	-6.0%	-2.4%	-12.2%	1.2%	14.6%	-22.3%	7.9%	2.3%	20.4%	-7.5%	-3.0%	
Promedio																																	
LevitUp vs Trad.	-25.5%	89.0%	1.0%	-0.2%	-33.6%	-34.1%	-17.5%	-26.4%	1.9%	-4.3%	-2.8%	-5.4%	-1.2%	-19.7%	2.5%	1.6%	-4.7%	7.4%	0.0%	48.6%	-1.7%	-27.8%	-0.6%	-15.3%	-0.5%	-7.9%	13.3%	7.2%	43.1%	29.8%	7.2%	-35.2%	
LevitUp vs Elev.	-18.3%	18.9%	-6.2%	-7.2%	-32.7%	-17.2%	-9.6%	-25.9%	-8.0%	-7.5%	14.9%	11.4%	-4.2%	-20.3%	2.1%	-0.6%	-9.2%	0.2%	5.3%	32.8%	-4.4%	-20.4%	-4.4%	-12.2%	4.0%	-9.9%	-1.7%	5.5%	33.8%	26.4%	16.7%	-23.6%	

Se observa que se requiere menos capacidad en términos de rangos articulares máximos (movilidad articular) para realizar la cama LevitUp respecto a las camas Tradicional y Elevable. Si nos centramos en el **ángulo de flexión lumbar**, que es la articulación con más riesgo, se observa una reducción promedio del -21.9% en la cama LevitUp respecto a la cama Tradicional y Elevable.

5.5. ESFUERZOS ARTICULARES MÁXIMOS (FUERZA Y PAR)

El esfuerzo de cada articulación se calcula en el sistema a partir del movimiento 3D que registra el sistema, el peso de cada parte del cuerpo y los esfuerzos introducidos en la aplicación para realizar la tarea evaluada. De esta forma, se calcula el percentil 99 del módulo de la fuerza en cada articulación y el módulo del par o torque en cada articulación. Ello permite valorar la carga a la que está sometida cada articulación para realizar la tarea. Estos esfuerzos se realizarán solo en el 1% de las posturas, pero será necesario ser capaz de soportarlos para la realización de las tareas.

TAREAS		Lumbar		Cervical		Hom.Iz		Codo.Iz		Muñeca.Iz		Rod.Iz		Hom.Dr		Codo.Dr		Muñeca.Dr		Rod.Dr	
ID	Código	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]
1	T1.LevitUp	52.1	11.6	15.5	0.6	5.6	1.5	2.5	0.9	1.4	0.1	76.0	50.0	5.7	1.7	2.5	1.0	1.4	0.2	74.7	57.6
2	T1.Tradicional	54.1	16.6	15.1	0.7	22.5	3.9	21.7	3.8	21.0	0.9	76.7	39.6	23.3	6.5	23.1	5.0	23.1	1.1	72.0	67.8
3	T1.Elevable	50.1	15.5	12.5	0.6	23.1	7.0	23.0	5.5	22.9	1.3	71.1	35.4	23.2	6.5	23.1	5.7	23.1	1.4	73.7	28.3
4	T2.LevitUp	58.2	13.3	22.7	0.8	6.7	2.3	3.3	1.6	1.5	0.3	80.5	35.2	6.8	2.5	3.5	1.8	1.5	0.3	83.1	37.2
5	T2.Tradicional	77.5	21.1	23.4	1.1	22.4	5.8	20.9	5.0	19.8	1.0	87.4	78.0	19.4	3.6	17.3	3.5	16.1	0.8	92.1	74.0
6	T2.Elevable	68.6	18.9	21.7	1.2	22.5	4.4	20.9	3.7	19.8	0.6	94.5	43.2	19.3	4.2	17.4	2.3	16.4	0.6	100.7	38.0
7	T3.LevitUp	48.9	9.9	16.6	1.0	5.6	1.8	2.9	1.3	1.4	0.2	69.8	44.1	5.7	2.1	2.9	1.3	1.5	0.2	70.1	21.1
8	T3.Tradicional	49.4	15.8	9.4	0.7	22.8	5.0	21.5	3.4	20.6	0.7	72.8	24.2	18.9	3.4	17.4	2.5	16.5	0.9	72.3	23.0
9	T3.Elevable	54.1	15.7	14.7	1.0	22.3	5.6	20.8	4.2	20.0	0.9	71.7	26.3	23.0	4.8	22.6	5.5	21.7	1.5	75.8	25.4

La siguiente tabla muestra la **reducción esfuerzos articulares máximos** de cada trabajadora y, en la parte inferior, el promedio de cada reducción. Las reducciones se calculan con la fórmula de incremento porcentual, siguiendo el mismo procedimiento que se utilizó para calcular la reducción de riesgo en el apartado 5.3.1.

COMPARATIVA	Lumbar		Cervical		Hom.lz		Codo.lz		Muñeca.lz		Rod.lz		Hom.Dr		Codo.Dr		Muñeca.Dr		Rod.Dr	
	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]	F [kg]	T [Kg.m]
T1																				
LevitUp vs Trad.	-3.6%	-29.9%	2.4%	-17.0%	-75.2%	-61.8%	-88.4%	-76.7%	-93.5%	-84.1%	-0.9%	26.4%	-75.6%	-74.7%	-89.0%	-80.2%	-94.1%	-86.4%	3.8%	-15.0%
LevitUp vs Elev.	4.1%	-24.7%	24.1%	-4.8%	-75.9%	-78.5%	-89.0%	-83.7%	-94.0%	-88.8%	6.9%	41.4%	-75.5%	-74.7%	-89.0%	-82.6%	-94.0%	-88.8%	1.4%	103.1%
T2																				
LevitUp vs Trad.	-24.9%	-37.1%	-2.7%	-20.8%	-70.2%	-59.9%	-84.1%	-67.2%	-92.4%	-75.6%	-7.8%	-54.8%	-64.6%	-31.0%	-79.6%	-49.8%	-91.0%	-65.9%	-9.9%	-49.8%
LevitUp vs Elev.	-15.2%	-29.9%	5.0%	-30.5%	-70.4%	-47.1%	-84.1%	-55.7%	-92.4%	-56.6%	-14.8%	-18.4%	-64.5%	-41.7%	-79.8%	-22.9%	-91.1%	-54.4%	-17.5%	-2.1%
T3																				
LevitUp vs Trad.	-1.1%	-37.1%	76.5%	41.3%	-75.4%	-63.4%	-86.5%	-62.2%	-93.1%	-69.6%	-4.1%	81.7%	-69.8%	-36.8%	-83.0%	-47.7%	-91.0%	-76.7%	-3.0%	-8.2%
LevitUp vs Elev.	-9.6%	-36.6%	13.0%	8.9%	-74.9%	-67.1%	-86.1%	-68.8%	-92.9%	-77.7%	-2.6%	67.3%	-75.3%	-56.1%	-86.9%	-75.6%	-93.2%	-86.1%	-7.4%	-16.9%
Promedio																				
LevitUp vs Trad.	-9.9%	-34.7%	25.4%	1.2%	-73.6%	-61.7%	-86.3%	-68.7%	-93.0%	-76.5%	-4.3%	17.7%	-70.0%	-47.5%	-83.9%	-59.2%	-92.0%	-76.4%	-3.0%	-24.3%
LevitUp vs Elev.	-6.9%	-30.4%	14.1%	-8.8%	-73.7%	-64.2%	-86.4%	-69.4%	-93.1%	-74.4%	-3.5%	30.1%	-71.8%	-57.5%	-85.2%	-60.3%	-92.8%	-76.4%	-7.9%	28.0%

Se observa que se requiere menos capacidad en términos de fuerza y par máximos (capacidad muscular articular) para realizar la cama LevitUp respecto a las camas Tradicional y Elevable. Si nos centramos en la **zona lumbar**, que es la articulación con más riesgo, se observa una reducción promedio de -8.4% de fuerza y -32.6% de par con respecto a la cama Tradicional y Elevable. Asimismo, se observa una gran reducción de requisitos de fuerza y par en las extremidades. Promediando para todas las extremidades, que tienen un orden de magnitud similar, se tiene una reducción promedio para **hombros, codos y muñecas** de -83.5% de fuerza y -66.0% de par.

6. CONCLUSIONES

En este estudio se ha comparado la nueva cama LevitUp de la empresa Win Ergonomic S.L., que pretende reducir esfuerzo físico que requiere hacer la cama por parte del personal de limpieza en la industria hotelera, respecto a una cama Elevable y una cama Tradicional. Las conclusiones se estructuran a través de tres bloques, que caracterizan la diferencia entre las camas en relación con la exposición a riesgo musculoesquelético.

Levantamientos, tracciones y empujes

Se puede observar que con el uso de la cama LevitUp, se eliminan los 9 levantamientos considerando esquinas (13.9 kg) y laterales (18.9 kg), que se realizan habitualmente. Asimismo, también se elimina la tracción (46.3 kg) necesaria para retirar la cama de la pared y el empuje (46.3 kg) para colocarla en su posición inicial.

Tiempo de ejecución

El tiempo necesario para retirar lencería del cliente anterior y hacer una cama LevitUp es de 0:04:49. Se observa que con la cama LevitUp, se mejoró en más de un minuto respecto a la Tradicional (0:01:01) y más de un minuto y medio respecto a la cama Elevable (0:01:36).

Riesgo ergonómico.

Se puede observar que el nivel de exposición al riesgo de trastorno musculoesqueléticos mejora considerablemente en la cama LevitUp en todas las articulaciones respecto a las camas Tradicional o Elevable. Si nos centramos en la **zona lumbar**, se observa una reducción del -60% del riesgo con el uso de la cama LevitUp respecto a una cama tradicional y un -53.9% del riesgo respecto a la cama elevable. Por tanto, se puede indicar la siguiente conclusión: **El uso de la cama LevitUp permite reducir la exposición al riesgo de sufrir trastornos musculoesqueléticos relacionado con la tarea de hacer la cama y relacionado con la zona lumbar entre un 53% (si se parte de camas elevables) y un 60% (si se parte de camas tradicionales).** Esta misma conclusión se puede extrapolar a otras articulaciones sustituyendo por los valores incluidos en la tabla.

Asimismo, para disponer de información complementaria sobre los requerimientos musculoesqueléticos de la tarea, se han estudiado los rangos y esfuerzos máximos requeridos.

Rangos articulares máximos

Se observa que se requiere menos capacidad en términos de rangos articulares máximos (movilidad articular) para realizar la cama LevitUp respecto a las camas Tradicional y Elevable. Si nos centramos en el ángulo de flexión lumbar, que es la articulación con más riesgo, se observa una reducción promedio del -21.9% en la cama LevitUp respecto a la cama Tradicional y Elevable.

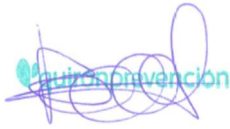
Esfuerzos articulares máximos (Fuerza y Par)

Se observa que se requiere menos capacidad en términos de fuerza y par máximos para realizar la cama LevitUp respecto a las camas Tradicional y Elevable. Si nos centramos en la zona lumbar, que es la articulación con más riesgo, se observa una reducción promedio de -8.4% de fuerza y -32.6% de par. Asimismo, se observa una gran reducción de requisitos de fuerza y par en las extremidades. Se tiene una reducción promedio para hombros, codos y muñecas de -83.5% de fuerza y -66.0% de par.

Por tanto, considerando que el uso de LevitUp se enmarca en un conjunto de actividades más amplio que realiza el personal en su actividad diaria, este estudio se demuestra que la cama LevitUp contribuye a mejora del bienestar del personal de limpieza de la industria hotelera.

7. AGRADECIMIENTOS

El Servicio de Prevención Ajeno de Quirónprevención y la Universidad de Zaragoza desea agradecer a la Dirección y a las personas trabajadoras que han participado de la Empresa, la colaboración prestada durante las visitas, quedando a su disposición para cualquier aclaración o consulta que consideren necesaria.



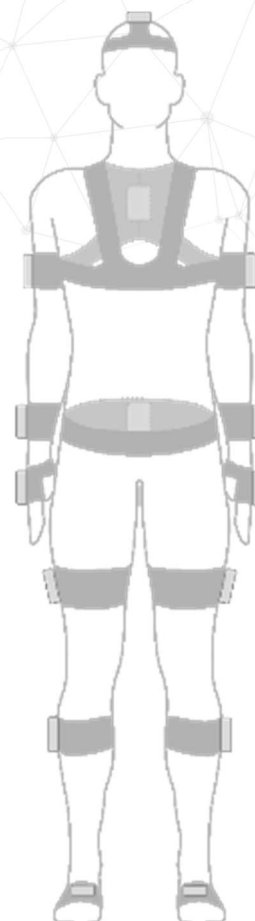
Fdo: Pablo Miralles Garcerá
Fecha: 11-03-2025
Servicio de Prevención Ajeno
Quirónprevención

8 ANEXO: SISTEMA SCAMA

El sistema Scama es una metodología que permite evaluar el riesgo ergonómico al que está expuesto la persona trabajadora en su puesto de trabajo de forma ágil y objetiva mediante captura de movimiento y, una vez identificado el riesgo, llevar a cabo simulaciones que permitan valorar posibles acciones preventivas. Scama incorpora dos elementos: el sistema de captura de movimiento *MoveHuman* y el método ergonómico Forces.

8.1. SISTEMA DE CAPTURA DE MOVIMIENTO *MOVEHUMAN*

El sistema *MoveHuman* [1] se trata de un equipo de captura de movimiento portátil que se despliega de una manera ágil en el entorno productivo y sin interferir en la producción. El sistema utiliza 15 sensores inerciales (X-IMU3, x-io technologies) que se colocan mediante cintas elásticas sobre la vestimenta y transmiten información a un ordenador o tableta. En tiempo real, los movimientos son trasladados a un modelo humano digital o avatar para su análisis. Con ello, se captura el movimiento de la persona trabajadora mientras realiza las tareas a evaluar.



8.2. MÉTODO ERGONÓMICO FORCES

Forces [2] es el primer método ergonómico objetivo concebido desde su origen teniendo en cuenta las posibilidades que proporciona la tecnología de captura de movimiento, la cual permite disponer de información tridimensional del movimiento humano a lo largo del tiempo.

El método Forces [2] estima el porcentaje riesgo musculoesquelético del puesto de trabajo en las zonas lumbar, cervical, hombros, codos, muñecas y rodillas. Las puntuaciones de riesgo se basan en (1) la información tridimensional del movimiento, en (2) el cálculo de los esfuerzos en las articulaciones, que dependen del peso propio de los segmentos corporales y de las fuerzas externas que ejerce la persona durante la tarea, y finalmente, en (3) factores organizativos como la repetitividad o el tiempo de exposición.

El porcentaje de riesgo representa la carga ergonómica a la que está sometida la articulación. Un porcentaje nulo indica una escasa probabilidad de lesión, un porcentaje elevado se relaciona con una mayor probabilidad de padecer lesión en el área anatómica. El riesgo se calcula para el conjunto de la tarea evaluada, obteniendo un riesgo del puesto de trabajo fácilmente interpretable. Asimismo, el riesgo se calcula para cada postura recogida por el sistema de captura, obteniendo una gráfica de riesgo por postura que permite indagar en las acciones que provocan el riesgo.

El porcentaje de riesgo se interpreta como un semáforo, con tres categorías: rojo, amarillo y verde. Forces establece un 40% como umbral de seguridad, de tal forma que un riesgo rojo (>40%) implica la necesidad de adoptar medidas para minimizar riesgos. Dichas medidas pueden ser organizativas, de rediseño del puesto, de metodología de ejecución o de educación postural. Un riesgo verde implica un riesgo aceptable (0-25%). Un riesgo amarillo (25-40%) implica un riesgo tolerable condicional, con el cual se pueden realizar las tareas con seguridad, pero es necesario vigilar la correcta ejecución y la educación postural; si las condiciones de trabajo cambian respecto a lo evaluado, el riesgo puede aumentar y requerir medidas.

Una vez establecido el diagnóstico sobre el riesgo ergonómico de un conjunto de tareas, Forces posibilita realizar simulaciones que anticipan las mejoras a aplicar. Las simulaciones permiten reproducir las propuestas de mejora y elegir la opción con mayor ratio entre beneficio ergonómico y coste para la empresa, facilitando la toma de decisiones de las acciones preventivas. Las simulaciones de Scama incluyen (1) gestionar personal sensible, (2) analizar rotaciones entre varios puestos de trabajo, (3) combinar tareas para promediar distintas capturas, (4) concatenar tareas para unir diferentes capturas, o (5) editar parámetros como la magnitud de las fuerzas que realiza la persona. Asimismo, también incluyen (6) cambiar el percentil del modelo humano, (7) suprimir movimientos que se han capturado, y que pueden dejar de realizarse por razones productivas, organizativas o de automatización, así como (8) simular el efecto de exosqueletos de varios fabricantes como Skelex, Levitate o Laevo.

8.3. DE APLICACIÓN DE ACUERDO AL MARCO NORMATIVO

La validez del sistema SCAMA para su aplicación práctica como método de evaluación ergonómica en entornos laborales se fundamenta en los siguientes puntos:

- **De aplicación de acuerdo al marco normativo:** En relación con el procedimiento de evaluación ergonómica a utilizar, el artículo 5 del reglamento de los Servicios de Prevención (Real Decreto 39/1997) indica que se deberá evaluar el riesgo en función de “*criterios objetivos de valoración*”. Forces es un método de medición directa cuya valoración está basada en una medición objetiva del movimiento de la persona trabajadora. Por tanto, se puede categorizar como método de valoración objetivo. Asimismo, el citado reglamento, indica que cuando la evaluación exija la realización de mediciones, se aplicarán, en ausencia de métodos o criterios específicos, b) guías del Instituto nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) o d) guías de otras entidades de reconocido prestigio u otros métodos descritos documentalmente que “*proporcionen confianza sobre su resultado*”. Por tanto, Scama se encuadra en el punto b) por estar publicado por el INSST y d), debido a que está desarrollado por una entidad de reconocido prestigio y proporciona confianza en el resultado fruto de una validez científica internacional.
- **Desarrollado por la Universidad de Zaragoza con un enfoque colaborativo:** Scama ha sido desarrollado por una entidad pública de investigación sin ánimo de lucro cuyo propósito es el avance del conocimiento y está ausente de cualquier conflicto de intereses. Desde su génesis en 2010, se han realizado más de 2000 evaluaciones ergonómicas en distintas empresas a través de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la Universidad de Zaragoza. Tanto el sistema de captura, como el método ergonómico, se basan en necesidades y criterios contrastados con la realidad de las tareas evaluadas.

- **Validez científica del sistema de captura y método:** La validez científica de Scama viene dada por la publicación de sus fundamentos y aplicación en revistas científicas internacionales indexadas en el ranking *Jorunal Citation Report* (JCR), que aseguran su calidad y revisión por pares [1-3, 5-7]. Dichas publicaciones validan la **reproducibilidad** (proporciona resultados lo suficientemente parecidos al repetir la medición a un mismo sujeto) [1], la **validez concurrente** (tiene concordancia con otros métodos) [2] y la **validez estructural** (la metodología de cálculo de riesgo está basada en un proceso lógico y fundamentado) [3].
- **Método publicado por el INSST:** El método fue publicado en la revista del INSST en 2022 mediante una guía práctica dirigida al personal técnico de prevención [4]. En dicha publicación se hace constar que el método Forces no está ligado ni condicionado a ningún sistema o tecnología de captura de movimiento de un fabricante concreto y los fundamentos están publicados en revistas de acceso abierto.

9 ANEXO: TAREAS DETALLE

A continuación, se presenta la evaluación detallada de las tareas evaluadas. La evaluación detallada representa el riesgo por postura de las articulaciones con riesgo elevado. Es decir, el riesgo que tiene la articulación en cada instante de la grabación. Ello permite identificar los instantes con mayor riesgo y obtener el mapa de riesgos.

T1.LevitUp

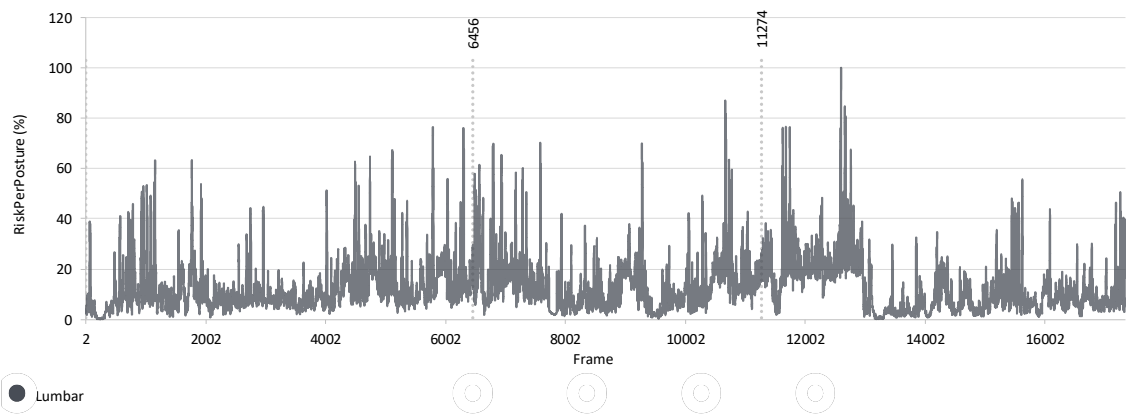
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 1 T1.LevitUp

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
33.9%	16.5%	8.5%	12.2%	15.4%	6.1%	9.0%	13.6%	21.4%	7.2%

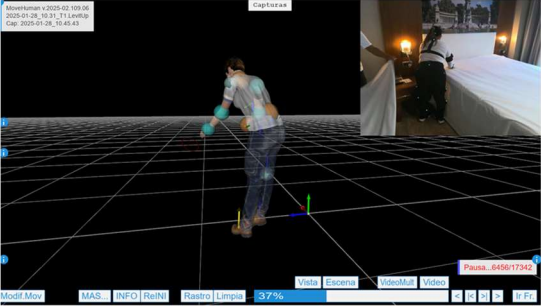
GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 1 T1.LevitUp

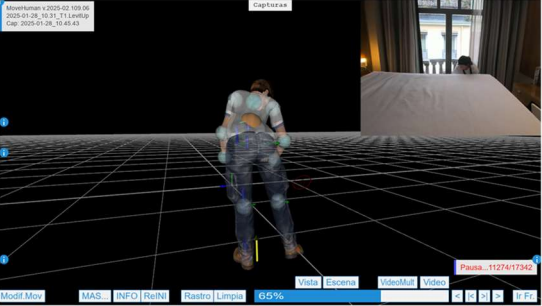


FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 6456



Fotograma 11274



T1.Tradicional

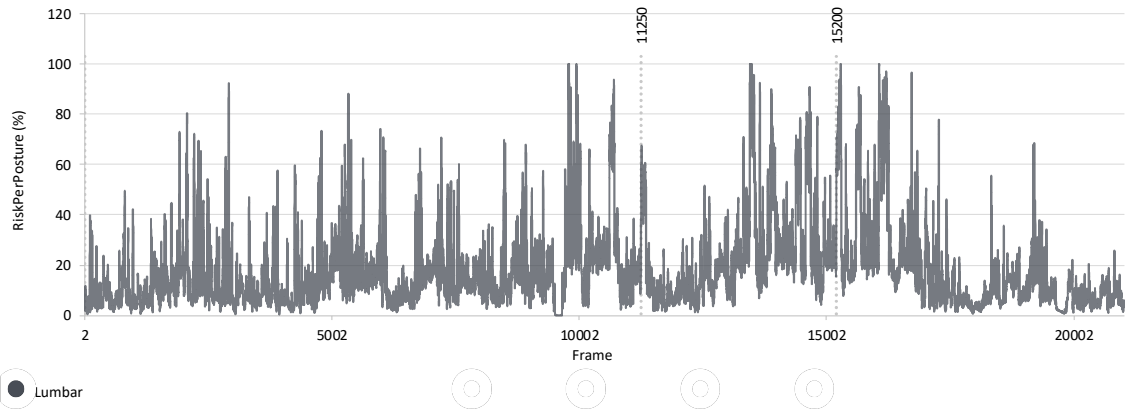
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 2 T1.Tradicional

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
79.4%	29.7%	17.9%	29.9%	24.6%	8.0%	19.6%	34.4%	33.3%	9.7%

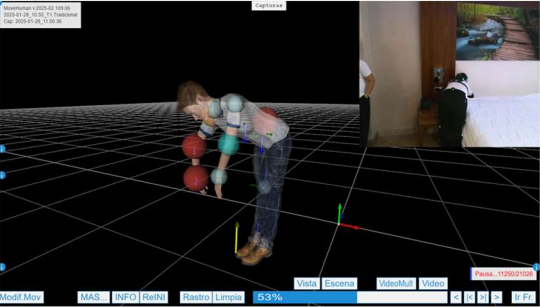
GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 2 T1.Tradicional

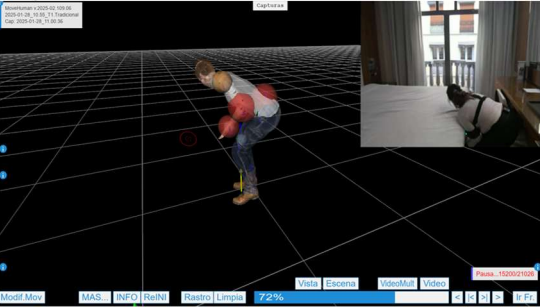


FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 11250



Fotograma 15200



T1.Elevable

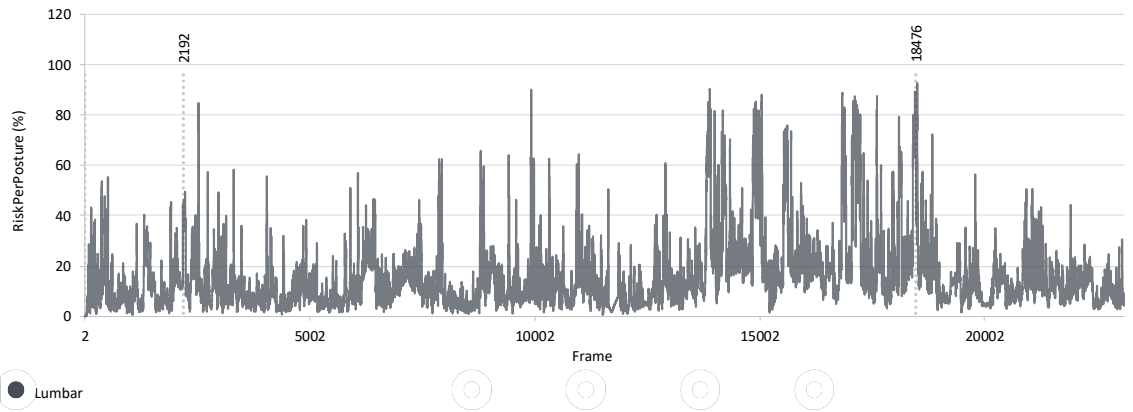
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 3 T1.Elevable

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
66.1%	34.1%	21.1%	33.0%	31.7%	7.4%	23.2%	38.6%	32.8%	7.0%

GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 3 T1.Elevable



FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO



T2.LevitUp

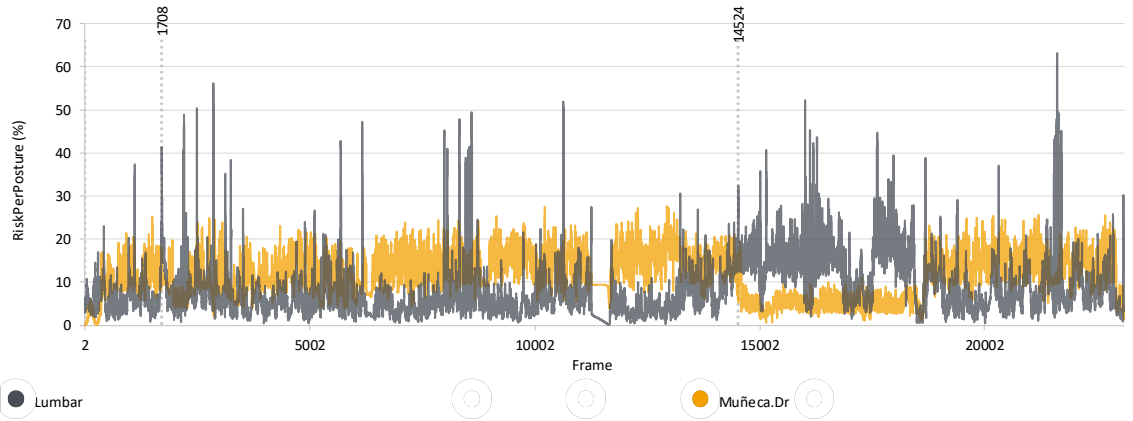
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 4 T2.LevitUp

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
20.6%	12.4%	7.7%	14.4%	23.9%	2.7%	9.1%	21.9%	31.7%	2.8%

GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 4 T2.LevitUp



FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 1708



Fotograma 14524



T2.Tradicional

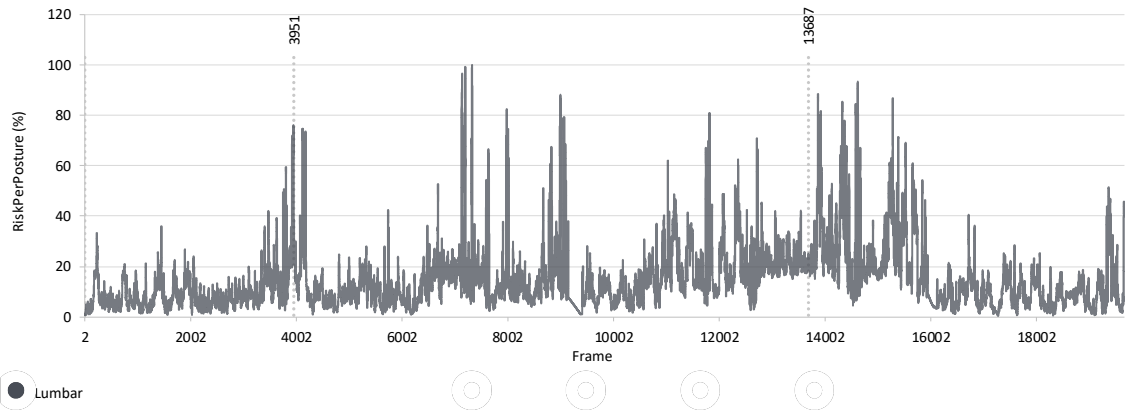
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 5 T2.Tradicional

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
50.7%	19.5%	13.4%	28.6%	25.9%	25.1%	11.9%	30.7%	32.1%	4.6%

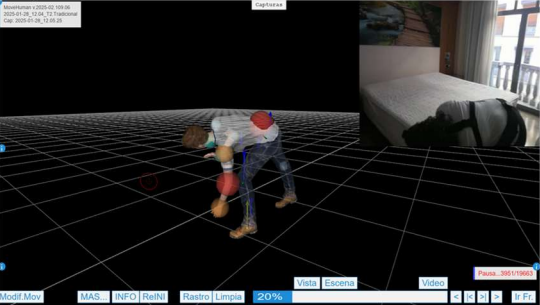
GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 5 T2.Tradicional

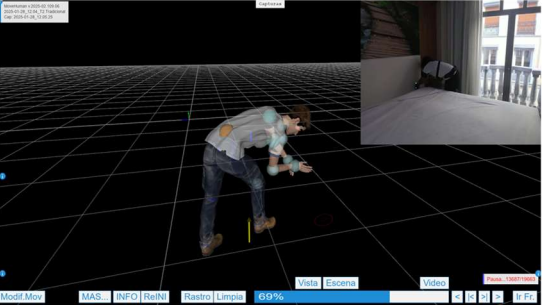


FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 3951



Fotograma 13687



T2.Elevable

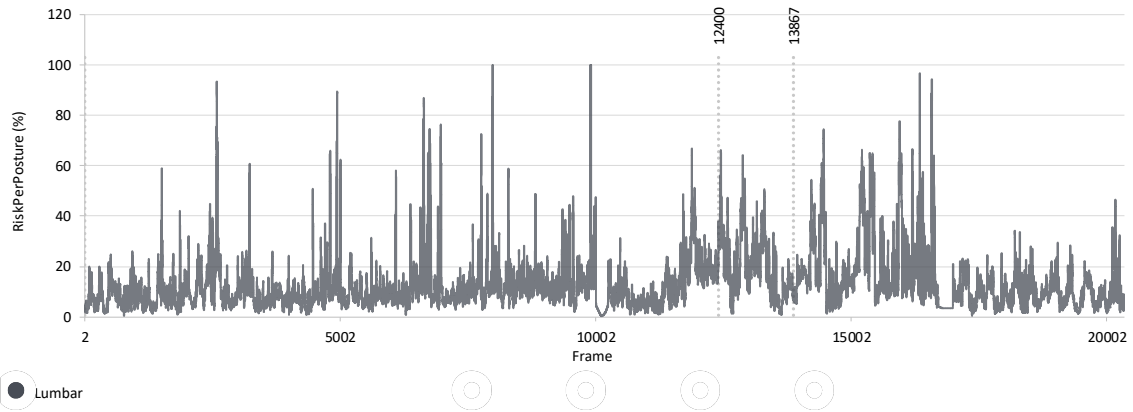
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 6 T2.Elevable

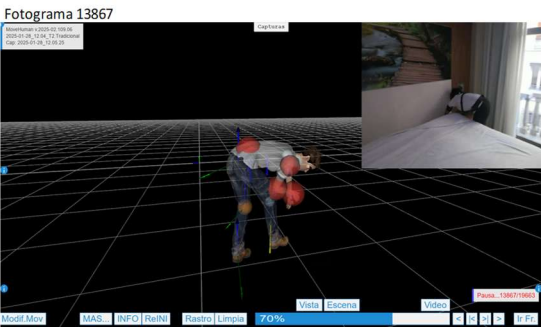
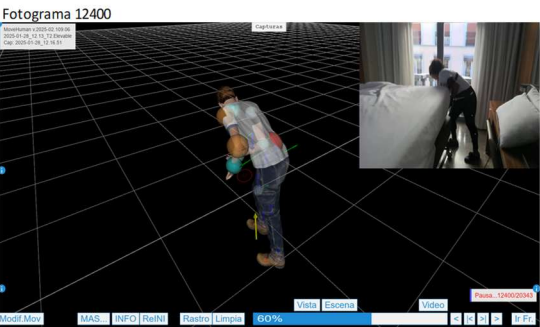
Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
41.7%	18.1%	14.0%	26.2%	23.1%	6.1%	14.4%	30.0%	25.0%	4.8%

GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 6 T2.Elevable



FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO



T3.LevitUp

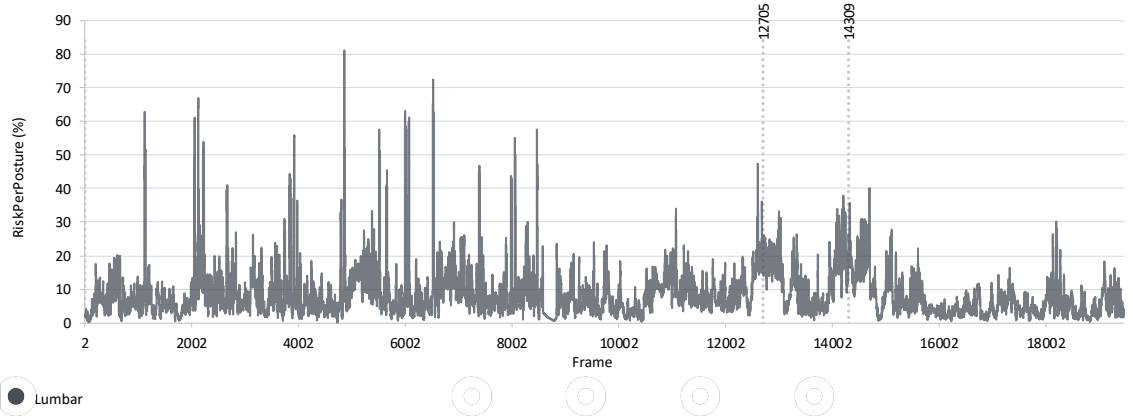
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 7 T3.LevitUp

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
18.0%	10.6%	8.3%	15.3%	22.1%	3.3%	11.0%	20.9%	17.0%	2.5%

GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 7 T3.LevitUp

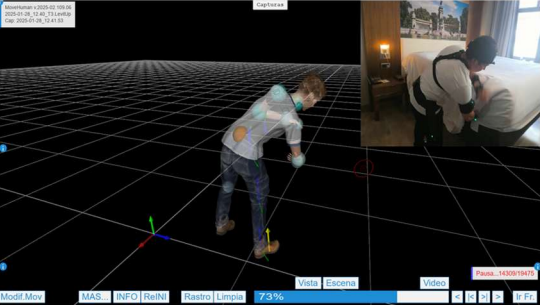


FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 12705



Fotograma 14309



T3.Tradicional

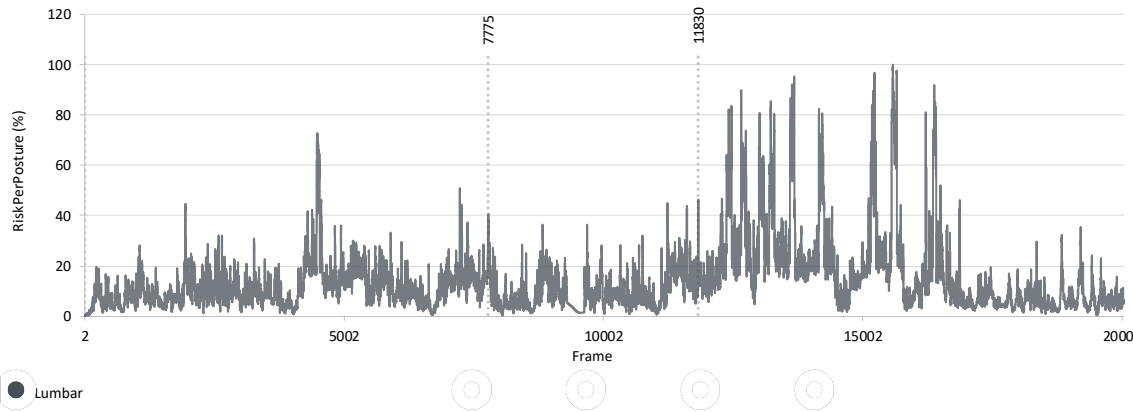
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 8 T3.Tradicional

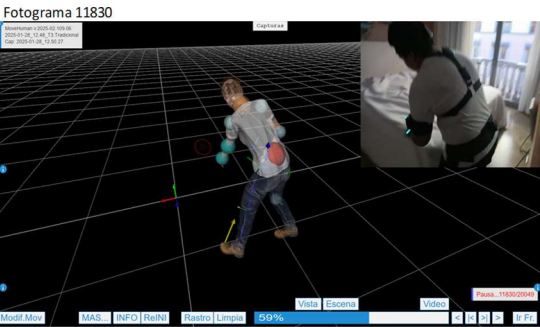
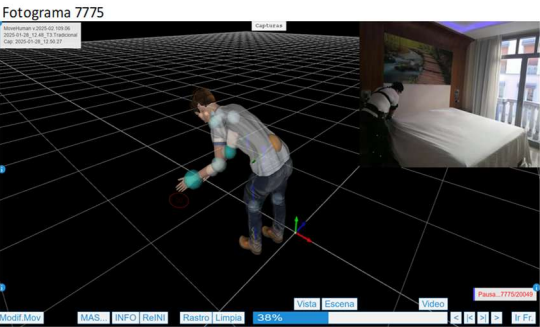
Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
49.0%	11.6%	15.1%	29.9%	32.2%	3.8%	16.8%	36.5%	19.2%	3.4%

GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 8 T3.Tradicional



FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO



T3.Elevable

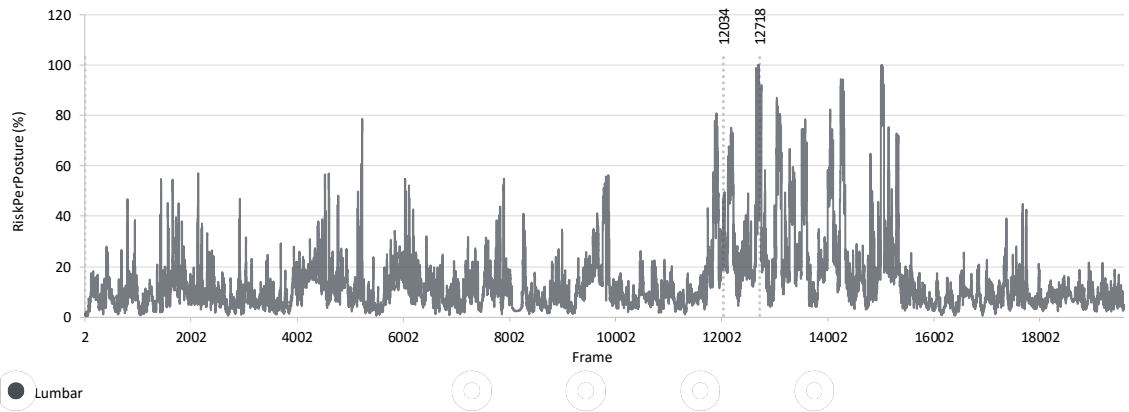
RIESGO DE LA TAREA

TAREA: 9 T3.Elevable

Lumbar	Cervical	Hom.Iz	Codo.Iz	Muñeca.Iz	Rod.Iz	Hom.Dr	Codo.Dr	Muñeca.Dr	Rod.Dr
48.0%	16.6%	16.3%	25.0%	24.6%	4.3%	16.9%	31.0%	19.6%	3.0%

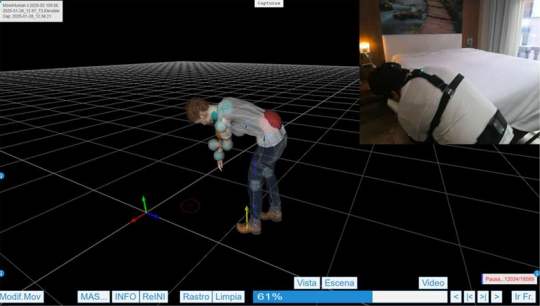
GRÁFICO RIESGO POR POSTURA

TAREA: 9 T3.Elevable



FOTOGRAMAS DESTACADOS EN GRÁFICO

Fotograma 12034



Fotograma 12718



10 REFERENCIAS

Validación de la precisión del sistema de captura

1 - Marín, J., Blanco, T., de la Torre, J., Marín, J.J. (2020). Gait Analysis in a Box: A System Based on Magnetometer-Free IMUs or Clusters of Optical Markers with Automatic Event Detection. *Sensors*, 20, 3338. <https://doi.org/10.3390/s20123338>

Método ergonómico Forces

2- Boné Pina, M. J., Marín Zurdo, J. J., & Martínez Jarreta, B. (2016). Método de evaluación ergonómica de tareas repetitivas, basado en simulación dinámica de esfuerzos con modelos humanos. *Universidad de Zaragoza*. <https://zaguan.unizar.es/record/48297?ln=es>

3- Marín, J.; Marín, J.J. (2021) Forces: A Motion Capture-Based Ergonomic Method for the Today's World. *Sensors*, 21, 5139. <https://doi.org/10.3390/s21155139> Supplementary Material: <https://www.mdpi.com/article/10.3390/s21155139/s1>

4- Marín, J.; Marín, J.J (2022) Hacia una ergonomía inteligente. Guía práctica del Método Forces basado en captura de movimiento. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo (INSST). Sección Técnica. Nº 111. [Link](#)

Simulación de exoesqueletos

5- Marín, J., De la Torre, J., Marín, J.J. (2020). Forces, a Motion-Capture Based Method to Evaluate Workplace Ergonomics: Simulating Exoskeleton Effects. *International Symposium on Wearable Robotics (WeRob)*, Virtual and Vigo, Spain. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69547-7_91

6 - Delgado-Llamas, A., Marín J., Marín, José J. (2023) Can we simulate the effects of exoskeletons prior to workstation implementation? Application of the Forces ergonomic method. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 94, 103409. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2023.103409>

8 - Pérez-Soto, M., Marín, J., & Marín, J. J. (2025). L-GABS: Parametric Modeling of a Generic Active Lumbar Exoskeleton for Ergonomic Impact Assessment. *Sensors*, 25(5), 1340. <https://doi.org/10.3390/s25051340>

7 - Pérez-Soto, M., Marín J., Rodríguez-Ruiz, J., Marín, José J. (2023) ¿Reduce un exoesqueleto el riesgo lumbar del personal de cirugía? Aplicación del método Forces en el ámbito quirúrgico. Congreso Prevencionar. Madrid, España. <https://congreso.prevencionar.com/category/comunicaciones/>.



Powered by

