



Informe Final – Proyecto Código P0141

Desarrollo de Tablas de Evaluación y Factores de Ponderación del Riesgo asociado a Tipos de Técnicas Manipulación en tareas con Manipulación Manual de Cargas Dinámico Asimétricas.

Investigación Financiada por la Asociación Chilena de Seguridad a través de la Fundación Científica y Tecnológica (FUCYT-ACHS)

Equipo de Investigación

Investigador Principal:

Dr. Eduardo Cerda. Laboratorio Ergonomía. Universidad de Chile

Co-Investigadores - Universidad de Chile:

Besoain, Alvaro. Klgo. Diploma © Ergonomía. *Laboratorio Ergonomía. Universidad de Chile*

Olivares, Giovanni. Klgo. Diploma En Ergonomia. *Laboratorio Ergonomía. Universidad de Chile*

Rodríguez, Carolina. PhD © Msc Ergonomía. *Laboratorio Ergonomía. Universidad de Chile*

Rodríguez, Jorge. Escuela de Salud Pública. Universidad de Chile. Jefe División Bioestadística

Rozbaczyllo, Claudio. Klgo. *Laboratorio de Análisis de Movimiento Humano. Universidad de Chile*

Co-Investigador - Achs

Pinto, Rodrigo

Fecha ejecución proyecto: Noviembre(2013) – Diciembre(2014): 12 meses ejecución

CONTENIDO

1	Resumen	7
2	Resumen Ejecutivo	8
3	Introducción	10
4	Marco teórico	13
4.1	¿Qué es la Manipulación Manual de Carga?	13
4.2	Evaluación en Tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétricas	13
4.3	Técnicas de manipulación – Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétrica	14
5	Pregunta de Investigación, Objetivos de la Investigación e Hipótesis	16
5.1	Pregunta de Investigación	16
5.2	Objetivos de la Investigación	16
5.2.1	Objetivo General.....	16
5.2.2	Objetivos específicos	16
5.3	Hipótesis	16
6	Metodología	17
6.1	Tipo y Diseño de Investigación	17
6.2	Muestra	17
6.2.1	Criterios de inclusión	17
6.2.2	Criterios de exclusión	17
6.2.3	Consideraciones de la muestra de estudio.....	17
6.3	Variables	19
6.3.1	Variable Independiente:	19
6.3.2	Variables dependientes:	19
6.4	Protocolo de estudio	20
6.4.1	Consideraciones éticas	20
6.4.2	Consideraciones Generales	21
6.4.3	Consideraciones Técnicas	24
6.5	Características de la muestra	41
6.6	Nivel de carga física	42
6.6.1	Comparación entre técnica	42
6.6.2	Comparación entre género.....	43

6.7	Factores de ponderación	44
7	Conclusión y Discusión	46
8	Instrumento de Campo y Tablas de Evaluación	48
8.1	Paso sugerido – Ejecución Clasificación sistemática	48
8.2	Paso sugerido - Levantamiento información técnica en terreno	49
8.3	Paso sugerido - Análisis Sistémico y Análisis de la tarea	50
8.4	Instrumento de campo	50
8.4.1	Aspectos generales	50
8.4.2	Criterios de evaluación	51
8.4.3	Metodología de evaluación	51
8.4.4	Pasos para su aplicación	51
9	Referencias	54
10	ANEXOS.....	57
10.1	ANEXO – Consentimiento Informado	57
10.2	ANEXO – Protocolo datos generales.....	59
10.3	ANEXO – Definición ubicación Electrodo Seniam	60
10.4	ANEXO – Percepción del Esfuerzo	62
10.5	ANEXO – Peso de la carga y Sendero de Marcha	63
10.6	ANEXO – Instrucciones para el protocolo.....	65
10.7	ANEXO – Hoja de campo de laboratorio	66
10.8	ANEXO – Evaluación máxima contracción voluntaria	67
10.9	ANEXO Puntaje Z – Estrategia reemplazada.....	69
10.10	ANEXO - Resumen extendido “Carga biomecánica sobre EESS por técnica y género.....	73
10.11	ANEXO- resumen extendido de las principales variables de la “Carga biomecánica sobre Columna por técnica y género”	74
10.12	ANEXO – Factores Intermedios por Variables – Miembro Superior.....	75
10.13	ANEXO - Factores Intermedios por Variables – Columna.....	78
10.14	ANEXO – Tabla de información técnica	79
10.15	ANEXO – Tabla de información salud Musculoesquelética.....	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla: Distribución del tamaño muestral de 100 sujetos, para la asignación homogénea según técnica de estudio, se construyeron 5 grupos (número de técnicas a evaluar) de tamaño 20.....	18
Tabla 2. Asignación al azar de los sujetos a cada técnica	18
Tabla 3. Tabla distribución sujetos en base a muestreo aleatorio simple.....	18
Tabla 4. Marcadores reflectantes de referencia.....	22
Tabla 5. Distribución de ángulos codificados por el Sistema BTS Smart. Según distribución de 24 puntos de referencia corporales.	25
Tabla 6. Codificación protocolo EMG según musculatura a medir.....	26
Tabla 7. Captura del tiempo en segundos en los puntos críticos de referencia según cada técnica, para el análisis de datos en sistema BTS Smart según protocolo de estudio	27
Tabla 8. Característica de la muestra.....	41
Tabla 9. Carga Biomecánica sobre EESS por técnica y género.....	43
Tabla 10. Carga biomecánica sobre Columna por Técnica y Género.....	44
Tabla 11. Factores de ponderación para Miembro superior	44
Tabla 12. Factores Ponderación para Columna	45
Tabla 13. Conceptos clasificación sistemática del proceso	49
Tabla 14. Alternativas como resultado final del puntaje Z para EESS y Columna	71
Tabla 15. Alternativas de puntaje Z para Extremidad Superior y Columna.....	72
Tabla 16. Resumen Extendido Principales Variables	73
Tabla 17. Resumen Extendido Principales Variables	74
Tabla 18 - Base de datos de factores intermedios por variable Miembro Superior	75
Tabla 19 - Base de datos de factores intermedios por variable de Columna	78
Tabla 20. Conceptos de información técnica.....	79
Tabla 21 Descripción Salud Musculoesquelética	80

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distribución de marcadores reflectantes según referencias anatómicas.....	22
Ilustración 2. Zonas de distribución corporal de marcadores de referencia reflectantes en cabeza, cuello y extremidad inferior, según protocolo de estudio en sistema optoelectrónico.	23
Ilustración 3. Se destacan los marcadores de referencia reflectantes correspondientes al maléolo lateral derecho y 3° MTT, que forman parte del eje articular del pie según protocolo FUCYT/ Universidad de Chile en sistema optoelectrónico.	23
Ilustración 4. Zonas de distribución corporal de marcadores de referencia reflectantes por cara anterior y posterior cuerpo, según protocolo de estudio en sistema optoelectrónico.	23
Ilustración 5. Electrodo 1 – Músculo Trapecio Ascendente Derecho	26
Ilustración 6. Electrodo 2 – músculo Trapecio Ascendente Izquierdo.....	26
Ilustración 7. Electrodo 3 y 4 – Músculo Trapecio Descendente Derecho e Izquierdo	26
Ilustración 8. Electrodo 5 y 6 – Músculo Erector Espinal Derecho e Izquierdo	27
Ilustración 9. Fase de ascenso.....	28
Ilustración 10. Fase Intermedia (Desplazamiento). Punto 2,1 mts de Trayecto. Se encuentra el Punto de Asimetría.....	28
Ilustración 11. Fase de descenso	28
Ilustración 12. Reconstrucción Tridimensional de Técnica ambas manos simétricas a nivel de tronco	30
Ilustración 13. Reconstrucción Tridimensional de Técnica con ambas manos simétricas bajo el nivel de cadera.....	30
Ilustración 14. Reconstrucción tridimensional de Técnica ambas manos simétricas sobre el nivel de hombro.....	30
Ilustración 15. Reconstrucción tridimensional de Técnicas ambas manos asimétricas	31
Ilustración 16. Reconstrucción tridimensional de Técnica con una mano	31
Ilustración 17. Captura de Pantalla de Cuadro de Tabulación de Datos	33
Ilustración 18. Cuadro de diálogo del software 3 DSSPP	34
Ilustración 19. Captura de pantalla de Tabulación de Datos Cinética	34
Ilustración 20. Gráfica de EMG durante la ejecución de técnica 5	35
Ilustración 21. Posición del sujeto prueba contracción máxima – Trapecio descendente.....	36
Ilustración 22. Captura de pantalla Tabulación de datos de actividad electromiográfica según protocolo (%MCV)	36

<i>Ilustración 23</i> Resumen del procesamiento de datos para la obtención de factores.	40
Ilustración 24. Peso teórico recomendado en función a la zona de manipulación, según lo descrito en Guía Técnica para Evaluación de la Manipulación Manual de Carga del INSHT, España.	63
Ilustración 25. Barra Z.....	64
Ilustración 26. Sendero de Marcha.....	64
Ilustración 27. Evaluación Trapecio Superior.....	67
Ilustración 28. Evaluación Trapecio Inferior	67
Ilustración 29. Evaluación de Tronco	68
<i>Ilustración 30</i> Resumen del procesamiento de datos para la obtención de puntaje Z.	69
<i>Ilustración 31.</i> Resumen del procesamiento de datos para la obtención de puntaje Z.	70

1 RESUMEN

Objetivo: Determinar el factor de ponderación de riesgo del factor técnica de manipulación en cinco tipo de técnicas, analizando sus diferencias en condición dinámico asimétrica, considerando la carga biomecánica en los segmentos extremidades superiores y columna.

Método: Estudio cuasi experimental, analítico y transversal, muestra por conveniencia de 100 sujetos (hombres y mujeres) en edad laboral, de la comunidad universitaria de la Universidad de Chile, evaluando cinco técnicas de manipulación de carga, utilizando sistema optoelectrónico, 3D Static Strength Prediction Program, electromiografía de superficie y percepción de esfuerzo.

Resultados: En miembro superior, se describen diferencias significativas entre técnicas en todas las variables de análisis biomecánico, el patrón de torque, activación muscular y percepción de esfuerzo es mayor en la técnica simétrica sobre hombros y asimétrica que en las otras técnicas. A nivel de columna, la actividad electromiográfica a nivel de erectores espinales entre técnicas describe diferencias estadísticamente significativas.

Conclusión: Las técnicas con mayor carga biomecánica son las técnicas “Simétrica sobre Hombro” y “Asimétrica”. La técnica “Simétrica a nivel de caderas” genera una carga intermedia, las técnicas “Simétrica a nivel de tronco” y de “Una mano” tienden a ser similares y las menos exigentes. Finalmente, en base a los resultados analizados se diseña instrumento de evaluación de campo.

Palabras Claves: Ingeniería Humana , Esfuerzo Físico , Carga de Trabajo , Análisis y Desempeño de Tareas

2 RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta informe final Proyecto de Investigación "Desarrollo de Tablas de Evaluación y Factores de Ponderación del Riesgo asociado a Tipos de Técnicas Manipulación en tareas con Manipulación Manual de Cargas Dinámico Asimétricas." en el contexto del fondo de investigación FUCYT (Fundación Ciencia y Trabajo) año 2014.

La presentación de este informe final se divide en 8 capítulos, siendo éstos: Resumen Ejecutivo (capítulo 1), Introducción (capítulo 2), Marco Teórico (capítulo 3), Objetivos e hipótesis (capítulo 4), Metodología (capítulo 5), Resultados (capítulo 6), Conclusiones - Discusión (capítulo 7) y Metodología EC2 Sheet – Técnicas de Manipulación - Instrumento de campo y tablas de evaluación (Capítulo 8).

En capítulo 2, Introducción, se realiza análisis con respecto a las manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas, la complejidad de evaluación en entornos complejos, el constructo de los instrumentos y las variables relevantes a ser abordadas, enfatizando en esta investigación el fenómeno asociado a técnicas de manipulación.

En capítulo 3, Marco Teórico, se describen los conceptos principales que definen la ejecución de esta investigación, en este apartado se considera la definición de manipulación manual de carga dinámico asimétrica y análisis en el contexto de la evaluación de la manipulación manual de carga dinámico asimétrica en entornos complejos.

En capítulo 4, se describen los objetivos e hipótesis, cabe destacar que el ámbito específico de esta investigación es conocer el comportamiento de variables de análisis desde el punto de vista del análisis biomecánico, para conocer, en particular, el comportamiento entre las diferentes técnicas de manipulación manual de cargas. En este contexto, se proyecta desarrollar un instrumento de aplicación rápida en terreno que oriente a los especialistas a la carga biomecánica (carga física) a la que se expone el trabajador según el tipo de técnica de manipulación manual de carga que desarrolle en contextos de manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas. De esta forma poder diseñar estrategias de evaluación más específicas y posteriormente estrategias de intervención.

En capítulo 5, Metodología, se describe tipo de investigación, diseño de investigación, material y método, protocolo de estudio, procesamiento de datos y estrategia de construcción de factores de ponderación.

En el capítulo 6, Resultados, se describen los resultados obtenidos, los cuales permiten diferenciar técnicas con mayor y menor carga biomecánica considerando la interpretación en base a datos asociados a cinemática articular, cinética, actividad eléctrica muscular y percepción subjetiva del esfuerzo considerando como segmentos específicos de análisis el segmento miembros superiores y columna. Los resultados obtenidos también se expresan mediante la generación de tablas de evaluación que finalmente constituirán la base para el desarrollo del documento de aplicación en terreno considerando aspectos específicos asociados a manipulación manuales dinámico asimétricas, específicamente asociados a técnicas de manipulación.

Los resultados obtenidos también son descritos mediante tabla que expresan variables que articulan diferencias significativas entre género y que permiten de esta forma un análisis cualitativo en relación a género.

En el capítulo 7, se realizan las conclusiones y discusiones asociadas a los avances obtenidos en esta investigación vinculada a la estrategias de evaluación en tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétrica considerando variables específicas de asimetría, en específico la variable “Técnicas de manipulación” y proyecciones de investigación futura.

Concluye este informe con el capítulo 8, en este capítulo se presenta y describen las tablas de evaluación estructuradas en un documento de aplicación en terreno a ser utilizado por las personas vinculadas a la prevención de riesgos laborales, así como también Comités Paritarios, Trabajadores y Jefaturas que requieren conocer y establecer prioridades de acción en contextos de prevención en procesos productivos donde se presenten manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas.

3 INTRODUCCIÓN

En el marco del estudio ergonómico de tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétricas (MMCDA), la cual se define como la ejecución de manipulación manual de carga con levantamiento, transporte y levantamiento en forma continua y en perímetros mayores a dos metros (Cerde, E 2006). Existen factores que se deben tomar en consideración cuando se pretende evaluar el riesgo de dicha manipulación, entre los cuales se considera relevante el factor de técnica de manipulación, basando su análisis en el comportamiento biomecánico del posicionamiento de los brazos en el desarrollo de una actividad específica, en relación al tronco y sus efectos en relación a la carga biomecánica, específicamente a nivel de segmento columna y miembros superiores.

En este contexto, la consecuencia de la postura de brazos en las diferentes técnicas está dada por el resultado de la interacción de la persona con el entorno. En el caso de las técnicas de manipulación existen distintas combinaciones de técnicas que implican una mayor o menor carga biomecánica (Carga Física) que puede implicar riesgo para la salud musculoesquelética de las personas, basado este concepto esencialmente en el nivel de carga biomecánica exigido en los segmentos expuestos. (Monnington, S. 2003; Takala, E. P. 2010)

En entornos complejos, tales como el sector de la construcción, el número de los diferentes materiales manipulados durante la jornada de trabajo es elevado, por lo que el análisis de cada uno de los materiales es poco viable. Por lo anterior, la evaluación del riesgo en base al análisis de los mismos se torna un proceso largo y poco preciso, obteniendo evaluaciones sin una confiabilidad adecuada, debido a la discordancia entre la realidad de los procesos productivos y el constructo de los instrumentos de evaluación actuales. (Dempsey, P. 2006)

Ante estos factores, se plantea que es necesario avanzar en estrategias de evaluación alternativas (Dempsey P. 1999; Buchholz, B. 1996). Una propuesta ante este problema, es el cambio de estrategia de evaluación, expuesto en el Congreso Mundial de Ergonomía de Maastrich por los autores del Método EC 2 (Cerde, E. 2006) y en el circuito científico local (Cerde, E. 2010). En este modelo de evaluación, se define una estrategia enfocada en el análisis de la técnica de manipulación y no en los materiales que se puedan manipular. Es así, que en el proceso de evaluación se pueden distinguir diferentes combinaciones de técnicas de manipulación, a fin y efecto de considerarlas finalmente, junto al conjunto de otras variables observadas, como postura de manipulación, tipo de agarre o dificultad de manipulación en base a condiciones del entorno o elementos utilizados entre otros. Se ha observado que en el proceso de evaluación, este conjunto de variables están presentes en tareas con manipulación manual dinámico asimétricas presentando asociaciones significativas (Cerde, E. 2013)

En este sentido, dentro de todas las variables que actúan en la evaluación del riesgo de trastornos musculoesqueléticos asociados a la Manipulaciones Manuales de Carga propuestas en el método EC2 (ErgocargaConstrucción - EC2), basado en el método NIOSH, se agregan 4 factores de riesgos siendo estos: Técnica de Manipulación combinada, Postura de Manipulación combinada, Factor de Esfuerzo percibido y Factor de Dificultad de Manipulación.

Se propone posteriormente una nueva propuesta de Ecuación de Cálculo de Límite de Peso recomendado del Método EC2, donde permanecen solamente los factores que constituyen asimetría. Expresando la ecuación de la siguiente manera (Cerda, E. 2014):

El límite de peso recomendado se obtiene mediante la aplicación de una ecuación multiplicativa lineal que se describe a continuación:

$$LPR= CC \times FF \times FTC \times FPC \times FAC \times FEP \times FDM$$

Ecuación N° 1 : Ecuación Método EC2

Dónde:

CC: Constante de carga

FF: Factor de frecuencia

FTC: Factor de técnica de manipulación combinada

FPC: Factor de postura de manipulación combinada

FAC: Factor de agarre combinado

FEP: Factor de esfuerzo percibido

FDM: Factor de dificultad de manipulación

En este contexto, en la actual investigación que reporta este informe se profundiza el análisis asociado al factor de Técnicas de Manipulación combinada, el cual considera la asimetría de la manipulación manual durante la tarea, y con ello, la consecuente carga biomecánica en la misma, principalmente en los segmentos columna y miembros superiores. Este factor analiza por separado cada una de las técnicas de manipulación propuestas en el método EC2, que en base a la bibliografía son las más utilizadas en ambientes complejos de trabajo (Cerda, E. 2010). La comprensión del fenómeno ocurrido en cada una de estas técnicas permitirá proyectar el análisis de técnicas combinadas planteadas en el método EC2. En etapas posteriores, este enfoque permitirá el análisis del factor técnica de manipulación combinada e integrarlo junto a los otros factores planteados en la ecuación de método EC2.

En esta investigación, se proyecta el desarrollo de un instrumento de campo mediante tablas de evaluación orientadas a conocer el riesgo de diferentes técnicas de manipulación manual de carga dinámico asimétrica en forma separada, estableciendo una aproximación al riesgo según tipo de técnicas de manipulación en condiciones de asimetría, considerando como criterio de evaluación de campo, la técnica que esté presente con mayor frecuencia en el ciclo de la tarea.

Cabe destacar, que el objetivo de este instrumento de campo es orientar a una evaluación rápida del riesgo asociado al tipo de técnica de manipulación, sin especificar en su constructo la obtención de un límite de peso recomendado.

Es por ello que se plantea que en el contexto del análisis del límite de peso recomendado e índice de riesgo en tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétricas debe aplicarse la metodología EC2 que es insumo de información para esta variable en particular.

Estableciendo este instrumento de estudio de campo, como un instrumento de evaluación rápida que permita determinar cuáles son las tareas que poseen técnicas que pudieran implicar un mayor riesgo de trastornos musculoesqueléticos, en un contexto de análisis complejo y dinámico. Su criterio de análisis para la categorización del factor de riesgo, se centra en la determinación del factor técnica de manipulación combinada más apropiado en base al análisis de aquellas técnicas observadas en el proceso de evaluación, el cual considera los rangos obtenidos en relación a mayor y menor carga biomecánica en las diferentes técnicas de manipulación más frecuentes de ser aplicadas, en contextos complejos y con manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas, y que requieren por cierto, una evaluación más específica considerando este contexto.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 ¿QUÉ ES LA MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGA?

Según la legislación chilena, Ley 20.001 “Peso Máximo de Carga Humana”, se define como cualquier labor que requiera principalmente el uso de fuerza humana para levantar, sostener, colocar, empujar, portar, desplazar, descender, transportar o ejecutar cualquier otra acción que permita poner en movimiento o detener un objeto. A su vez se define “carga” como cualquier objeto, animado o inanimado, que se requiera mover utilizando fuerza humana y cuyo peso supere los 3 kilogramos. (Ministerio del Trabajo. Gobierno de Chile, 2005).

De acuerdo a la literatura científica los principales factores de riesgo en tareas con manipulación manual de carga son: peso de la carga, distancia de la manos y región lumbar, región vertical de levantamiento, presencia de torsión o inclinación, restricciones posturales, propiedades del objeto manipulado, distancia de transporte, obstáculos en la ruta, superficie de trabajo, factores ambientales, número de personas involucradas en la manipulación y aspectos individuales de la persona.

Según la evidencia epidemiológica, el factor de riesgo “Manipulación Manual de Carga” posee una fracción atribuible de hasta un 66% en el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos a nivel de la espalda, por lo que su correcta evaluación ya sea aplicando procedimientos de evaluación correctos, así como también la aplicación de metodologías de evaluación cuyo constructo sea coherente con la tarea estudiada adquiere relevancia. (Punnet, L. 2004; Takala, E.P. 2010)

4.2 EVALUACIÓN EN TAREAS CON MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGA DINÁMICO ASIMÉTRICAS

Tal como se ha mencionado en la sección precedente, debido a las limitaciones en la aplicabilidad de las metodologías actualmente existentes en el estudio de tareas con Manipulación Manual de Cargas en diferentes sectores productivos, principalmente en aquellos que poseen ciclos de trabajo variables, poco definidos y con múltiples variables incidentes es por que se requieren modelos de análisis que permitan estudiar a través de un constructo ajustado de manera correcta las variables presentes en este tipo de tarea.

Un procedimiento acertado en el proceso de evaluación, en este contexto, es analizar las características macros a aspectos específicos en el proceso de evaluación. Tal como señalan diversos autores sobre la necesidad de disponer de métodos válidos y confiables relativos a la evaluación del riesgo para factores físicos (Takala, E.P. 2010; Cerda, E. 2006)

La aplicación de la metodología EC2, base de referencia para la actual investigación, se centra en condiciones complejas para el análisis ergonómico, ya sea por la naturaleza de sus tareas o por la multifactorialidad de factores de riesgo incidentes. La variabilidad de ciclos y la incidencia de múltiples variables limitan la aplicabilidad de las diferentes metodologías, por lo que el análisis sistémico, de exposición y multifactorial pasa a adquirir una alta importancia, especialmente en las tareas con

manipulación manual de carga dinámico asimétricas (Buchholz, B. 1996; Forde, M.S. 2004; Cerda, E. 2006).

Las características de las tareas con Manipulación Manual de Carga (MMC) y la compleja interacción de los factores de riesgo de la MMC hacen que la caracterización de este tipo de tareas sea un desafío en el estudio de campo en sectores tales como el Sector de la Construcción, Minería y otros. Tal como define Paquet, no es suficiente evaluar la carga física derivada de la manipulación manual de carga en un punto específico del tiempo, con factores de riesgo en común, sin considerar el comportamiento en el tiempo de la carga, la especificidad y variabilidad de exposición. (Paquet, V. 1999).

Por otra parte, la extrapolación de resultados puntuales a situaciones globales viene a sumarse a argumentos para la profundización del estudio en los procesos de evaluación en este tipo de tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico-Asimétricas. (Dempsey, P. 2006)

Para comprender mejor el patrón de exposición en una tarea con Manipulación Manual de Carga se describe que el perímetro de manipulación manual de carga es un factor de análisis relevante, ya que representa una variable crítica en el proceso de evaluación del riesgo en este tipo de tareas, cuando se caracterizan por dinamismo y asimetría. Este factor de análisis posee características particulares según el sector productivo. Éstas se relacionarán estrechamente con la organización del trabajo y con las variables del sistema donde se realice la actividad. Los otros factores o variables estudiados tales como “tipos de agarre, técnicas de manipulación, postura de manipulación” también poseen una estrecha relación con el sector productivo donde se presente la tarea y respecto a las características de las cargas manipuladas.

A su vez, la percepción del esfuerzo se revela como un factor o variable relevante en el análisis del riesgo en tareas con manipulación manual de carga, a fin de detectar el riesgo de lesiones en forma precoz en la medida que se consideran relevantes los modelos de evolución de las enfermedades donde la percepción de molestias está en los estadios más tempranos del procesos patológico (Ferguson, S.A. 1997).

4.3 TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN – MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGA DINÁMICO ASIMÉTRICA

Las diferentes técnicas de manipulación son frecuentes en tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétricas, tal como se menciona en forma precedente se definen manipulaciones manuales de carga dinámico-asimétricas aquellas donde la ejecución de la tarea implique el desarrollar elevaciones, transporte y depósito en forma continua y en perímetros mayores a dos metros desde el origen de la tarea (Cerda, E. 2006).

Estas técnicas de manipulación han sido abordadas en el análisis de la carga física mediante estudios de laboratorio de la cinemática y cinética articular por autores tales como: (Davis, K. G. 2000; Pan, C. 2003; Grant, K. 1994; Kankaapää, M. 1997), así como también a través de la percepción de esfuerzo por parte de los trabajadores por autores tales como (Dedering, A. 1999; Dedering, A. 2000; Marras, S.W. 1998; Marras, W.S. 1989; Yoon, H. Y. 1999).

Según el tipo de técnicas utilizadas en tareas que presenten Manipulación Manual de Cargas (MMC), estas representan un factor de riesgo que debe ser considerado en su evaluación (Pan, C. 1999). En la actualidad, existen diferentes metodologías de evaluación cuyo constructo son restringidos en análisis y con poca validez para evaluar el riesgo de trastorno músculo-esqueléticos en contextos de análisis complejo considerando el contexto de manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas y en procesos productivos cuyo ciclos de trabajo son largos, poco definidos y con múltiples variables incidentes que condicionan la exposición del trabajador y a su vez el nivel de carga física (carga biomecánica) a la que se expone (Buchholz, B. 1996; Cerda E. 2006; Dempsey, P. 2006; Takala, E. 2010).

En este contexto, las diferentes estrategias aplicadas por los trabajadores del sector construcción y sectores complejos de análisis hacen necesario el estudio de cada una de estas técnicas y configurar los factores de ponderación para la estimación del riesgo según técnica de manipulación. De esta forma sentar las bases para la construcción de un instrumento de evaluación rápida en terreno que permita mapear contextos con múltiples tareas y con situaciones complejas de evaluación.

El presente estudio se centra, por tanto, en analizar las técnicas de MMC presentadas en el método EC2, con el fin de establecer factores de ponderación con información obtenida a través de evaluaciones integrales, considerando variables como carga biomecánica, actividad muscular y percepción de esfuerzo al realizar las distintas técnicas, en una muestra de la población chilena. Mediante este paso, se inicia el camino a la configuración de los factores de ponderación según las características de una muestra de población que permitirá construir un instrumento de campo de evaluación rápida que considere específicamente la variable factor técnica de manipulación combinada, según las consideraciones técnicas del proceso de evaluación.

5 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN, OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN E HIPÓTESIS

5.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el factor de ponderación del riesgo para cada técnica de manipulación propuestas en el método EC2 (técnicas de manipulación con una mano, con ambas manos simétricas a nivel de tronco, con ambas manos simétricas a nivel de cadera, con ambas manos asimétricas a diferentes alturas, y con ambas manos simétricas por sobre el nivel de hombro)?

5.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

5.2.1 Objetivo General

Determinar factores de ponderación del riesgo para el factor técnica de manipulación combinada en tareas con manipulación manual de cargas dinámico asimétricas.

5.2.2 Objetivos específicos

- Determinar nivel de carga biomecánica en técnicas de manipulación con una mano, con ambas manos simétricas a nivel de tronco, con ambas manos simétricas a nivel de cadera, con ambas manos asimétricas a diferentes alturas, y con ambas manos simétricas por sobre nivel de hombro por medio de cinemática y cinética articular.
- Desarrollar tablas de evaluación para trabajo en terreno y evaluación del factor de técnicas de evaluación como indicador de riesgo en tareas con manipulación manual de cargas, basadas en los factores de ponderación.

5.3 HIPÓTESIS

- **Hipótesis Nula:** No existe relación entre las técnicas de manipulación y el nivel de carga biomecánica (factores de ponderación) en sujetos que realizan MMCD.
- **Hipótesis Alternativa:** Existe relación entre las técnicas de manipulación y el nivel de carga biomecánica (factores de ponderación) en sujetos que realizan MMCD.

6 METODOLOGÍA

6.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación a realizar se define como de tipo analítico. Su diseño de investigación es de tipo transversal, cuasiexperimental.

6.2 MUESTRA

Se realiza un muestreo no probabilístico, mediante la selección por conveniencia de personas (hombres y mujeres) en edad laboral y miembros de la comunidad universitaria de la Universidad de Chile, que acepten participar en el estudio. Se proyecta una muestra de 100 sujetos para poder obtener un poder estadístico relevante para las conclusiones deseadas, junto a un 10% extra (n=10) con motivo de reemplazo en el caso de fallas por criterios de exclusión, metodológicos o por criterios de exclusión del comité de ética. Este muestreo se inicia mediante invitación abierta y dirigida a la comunidad universitaria, a quienes cumplan con los siguientes criterios:

6.2.1 Criterios de inclusión

- Hombres y mujeres en edad laboral (18 a 65 años) que acepten voluntariamente participar en el estudio.
- Miembros de la comunidad de la Universidad de Chile. En el caso de que los sujetos de investigación sean estudiantes, y reconociendo una potencial situación de vulnerabilidad, se contempla medidas adicionales para proteger la confidencialidad de sus datos y para promover su autonomía evitando cualquier situación que pudiese entenderse como presión para aceptar participar en el estudio.

6.2.2 Criterios de exclusión

- Sujetos en edad laboral con patología de columna diagnosticada y con diagnóstico de patología de extremidad superior diagnosticada en los últimos 12 meses.
- Sujetos que presenten enfermedades sistémicas y/o autoinmunes (Artritis Reumatoide, Fibromialgia, Neuropatías, etc).
- Se excluyen del estudio mujeres embarazadas.

6.2.3 Consideraciones de la muestra de estudio

A partir del total de la muestra, correspondiente a 100 sujetos, se determina en base a consideraciones de aspectos fisiológicos asociados a fatiga muscular y de diseño de protocolo de estudio en laboratorio, distribuir homogéneamente la muestra para el análisis de cada técnica, tal como se detalla en la Tabla 1 (ISO 11228-3, 2010; INSHT, 2003).

Tabla 1. Tabla: Distribución del tamaño muestral de 100 sujetos, para la asignación homogénea según técnica de estudio, se construyeron 5 grupos (número de técnicas a evaluar) de tamaño 20.

Número Técnica	Descripción	Número de sujetos
Técnica 1	Técnica de manipulación con ambas manos simétricas a nivel de tronco	20
Técnica 2	Técnica de manipulación con ambas manos simétricas sobre el nivel de hombro	20
Técnica 3	Técnica de manipulación con ambas manos asimétricas a diferentes alturas.	20
Técnica 4	Técnica de manipulación con ambas manos simétricas bajo el nivel de la cadera.	20
Técnica 5	Técnica de manipulación con una mano.	20

(Distribución del tamaño muestral de 100 sujetos , para la asignación homogénea según técnica de estudio, se construyeron 5 grupos (número de técnicas a evaluar) de tamaño 20)

Para la asignación de cada sujeto a una técnica, se construyeron 5 grupos de sujetos (número de técnicas a evaluar) de tamaño 20, donde la identificación de los sujetos se realizó a través del azar, lanzando 4 monedas (cara y sello) , identificando el número de caras en cada ensayo, por lo tanto ,en cada ensayo se puede obtener resultados : 0, 1, 2 , 3 o 4, que representan cada una de las técnicas respectivas, es decir, la técnica 1 va al 0, técnica 2 al 1, hasta la técnica 5 que equivale 4 caras de la moneda, de tal manera, que el primer ensayo nos identifica cuál es la primera fila. Este sistema aleatorio, se denomina muestro aleatorio sistemático (ver Tabla 2 y 3)

Tabla 2. Asignación al azar de los sujetos a cada técnica

Lanzamiento	Número de caras	Asignación	Fila
1°	4	Técnica 5	Primera fila
2°	0	Técnica 1	Segunda fila
3°	1	Técnica 2	Tercera fila
4°	2	Técnica 3	Cuarta fila
5°	3	Técnica 4	Quinta fila

(Asignación al azar de los sujetos a cada una de las cinco técnicas,. Se realiza un muestreo aleatorio simple, con la metodología de cara y sello).

Tabla 3. Tabla distribución sujetos en base a muestreo aleatorio simple

#Caras	Sujetos																				Técnicas
4	1	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	Técnica 5
0	2	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	Técnica 1
1	3	8	13	18	23	28	33	38	43	48	53	58	63	68	73	78	83	88	93	98	Técnica 2
2	4	9	14	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	84	89	94	99	Técnica 3
3	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Técnica 4

(Construcción de tabla en base al muestreo aleatorio simple, donde la primera fila corresponde a la técnica 5, la segunda fila a la técnica 1, la tercera fila a la técnica 2, la cuarta fila a la técnica 3 y la quinta fila a la técnica 4. Los sujetos se asignan por entrada en base al orden de llegada, según la dirección de las columnas de superior a inferior)

6.3 VARIABLES

6.3.1 Variable Independiente:

Técnicas de manipulación manual de carga:

Se define como la disposición de los segmentos brazo-antebrazo-mano en relación a la carga manipulada en las actividades de una tarea realizando MMCA

6.3.2 Variables dependientes:

6.3.2.1 Carga biomecánica:

Definición conceptual: es el esfuerzo biomecánico necesario para cumplir una acción determinada.

Definición operacional: medición a través de análisis cinemático articular mediante sistema de análisis optoelectrónico. Sistema BTS Smart y 3DSSPP.

6.3.2.2 Actividad Muscular:

Definición conceptual: nivel de actividad eléctrica muscular desarrollada por grupo muscular en estudio, medidas en milivolts en una prueba específica y expresada en porcentaje de la máxima contracción voluntaria (%MCV).

Definición operacional: medición a través de electromiografía de superficie mediante el sistema BTS Smart.

6.3.2.3 Percepción de esfuerzo:

Definición conceptual: esfuerzo muscular percibido subjetivamente en un segmento corporal determinado por un sujeto.

Definición operacional: medición según escala de percepción de esfuerzo CR-10

6.4 PROTOCOLO DE ESTUDIO

El presente estudio considera el análisis y evaluación de factores biomecánicos en técnicas de manipulación en tareas con MMCDAs realizadas en el Laboratorio de Ergonomía, en conjunto con el laboratorio de análisis del movimiento humano de la Universidad de Chile, a través de la aplicación de sistemas integrados para el análisis cinemático tridimensional, cinética, electromiografía de superficie y percepción de esfuerzo a los sujetos que acepten participar de este.

El protocolo de estudio se describirá en 3 apartados, correspondientes a:

- Consideraciones éticas
- Consideraciones generales
- Consideraciones técnicas

En conjunto con lo anterior, para la correcta ejecución del trabajo de laboratorio, se elaboran siete procedimientos dentro del protocolo de estudio, que incluyen instrucciones para cada uno. Estos procedimientos se resumen en:

- Recolección de datos generales del sujeto de estudio
- Material a utilizar por sujeto
- Ubicación de electrodos para medición de electromiografía de superficie
- Localización de marcadores reflectantes para sistema BTS Smart
- Exploración de percepción de esfuerzo en ejecución de técnicas
- Ejecución de prueba de laboratorio según técnica de manipulación
- Evaluación de máxima contracción voluntaria (MCV)

6.4.1 Consideraciones éticas

En base a la naturaleza y metodología que implica nuestra pregunta de investigación, el equipo de investigación tiene contemplado asumir las siguientes consideraciones éticas:

6.4.1.1 Confidencialidad

Para resguardar la confidencialidad de los datos personales, el conjunto de datos obtenidos desde cada persona, se encriptan impidiendo la libre identificación de los sujetos de análisis. El sistema de encriptado consta de la codificación de los datos personales en base a iniciales de nombre. A la vez, el acceso a la información se limita a los investigadores por medio del uso de una contraseña en la carpeta de los datos, tanto las imágenes como datos.

6.4.1.2 Seguridad y Confort

Para resguardar la seguridad en cuanto a intimidad y confort de los participantes, estos se cambian de ropa en un cubículo habilitado del Laboratorio de Ergonomía y Biomecánica, donde se pueden cambiar de ropa solos en un sitio iluminado y temperado. Además, durante la evaluación sólo está presente el equipo de investigación en el laboratorio.

Si los participantes no llevan ropa adecuada para la evaluación, los investigadores proporcionan parte de la vestimenta para que se realice la evaluación.

6.4.1.3 Autonomía de los participantes

Se respeta la libre disposición de participar o no en la investigación por parte de los participantes. Independiente de la instancia en que la persona lo decida, ya sea antes de la disposición de los marcadores, durante la medición o durante las pruebas de contracción muscular máxima.

6.4.2 Consideraciones Generales

Para la ejecución del estudio se definen en este apartado las consideraciones generales del protocolo de estudio, que contemplan tanto las definiciones conceptuales como también los pasos a seguir en la prueba de laboratorio.

En relación a los contenidos generales del protocolo de estudio, estos cumplen la función de caracterizar a cada sujeto, explicando la confidencialidad y aspectos éticos del estudio, a través de la entrega de un consentimiento informado a cada sujeto (Ver Anexo 1), además de la asignación de un número de ficha independiente para cada uno, así como también la medición de datos antropométricos. Junto a estos, se describen los materiales a tener presente cada vez que se realiza una evaluación en laboratorio (ver Anexo 2)

Para la preparación de cada sujeto, se definen procedimientos que se explican a continuación:

- Procedimiento de definición para ubicación de electrodos para medición de electromiografía de superficie.

Para este procedimiento se define la ubicación de los electrodos según lo dictado por el proyecto SENIAM (Electromiografía de Superficie para la Evaluación no Invasiva de los Músculos), correspondiente a un consenso del Programa de Salud e Investigación Biomédica (BIOMED II) de la Unión Europea. Siguiendo estas pautas se ubican los electrodos en el cuerpo de cada sujeto. (Ver Anexo 3)

- Procedimiento de definición para localización de marcadores reflectantes según sistema optoelectrónico tridimensional (BTS Smart)

La posición de los marcadores reflectantes se utiliza para el análisis cinemático articular en el sistema optoelectrónico tridimensional. Estos marcadores distribuidos como se muestra en la ilustración están situados en referencias anatómicas específicas tal como se muestra en la Tabla 4.

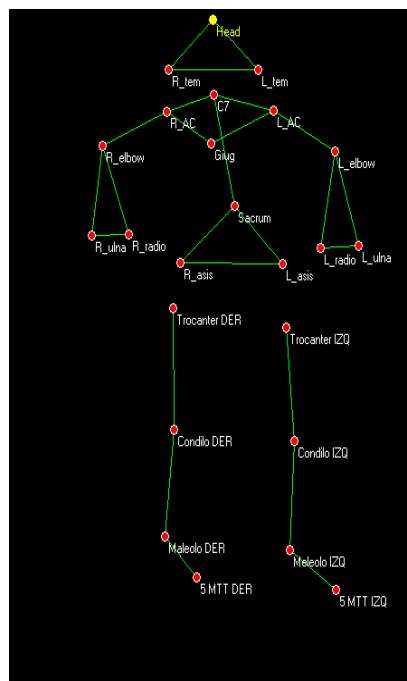
En cuanto a geometría y la orientación de los segmentos, cada uno de ellos está definido por un marcador proximal y un marcador distal situado en la vecindad de la articulación.

Tabla 4. Marcadores reflectantes de referencia

Marcadores de referencia	
Cabeza / EESS	Pelvis / EEII
Oreja Izquierda	EIAS Derecha
Oreja Derecha	EIAS Izquierda
Centro superior de la cabeza	L5/S1
Proceso espinoso C7	Trocánter Mayor derecho
Escotadura yugular (Manubrio esternal)	Trocánter Mayor izquierdo
Articulación A-C Derecha	Cóndilo lateral rodilla derecha
Articulación A-C Izquierda	Cóndilo lateral rodilla izquierda
Olécranon derecho	Maleólo lateral derecho
Olécranon izquierdo	Maleólo lateral izquierdo
Ap. estiloides Radio derecha	3° MTT derecho
Ap. estiloides Radio izquierda	3° MTT izquierdo
Ap. Estiloides ulnar derecha	
Ap. Estiloides ulnar izquierda.	

(Zonas de distribución corporal de marcadores de referencia reflectantes según protocolo FUCYT/ Universidad de Chile en sistema BTS Smart)

Ilustración 1. Distribución de marcadores reflectantes según referencias anatómicas



A continuación se ilustra la ubicación de los marcadores reflectantes en un sujeto tipo, que sirven para cuantificar el movimiento con el sistema optoelectrónico tridimensional.

Ilustración 2. Zonas de distribución corporal de marcadores de referencia reflectantes en cabeza, cuello y extremidad inferior, según protocolo de estudio en sistema optoelectrónico.



Ilustración 3. Se destacan los marcadores de referencia reflectantes correspondientes al maléolo lateral derecho y 3° MTT, que forman parte del eje articular del pie según protocolo FUCYT/ Universidad de Chile en sistema optoelectrónico.



Ilustración 4. Zonas de distribución corporal de marcadores de referencia reflectantes por cara anterior y posterior cuerpo, según protocolo de estudio en sistema optoelectrónico.



- Procedimiento para definición de exploración de percepción de esfuerzo en ejecución de técnicas.

Para cada técnica, se asigna la percepción de esfuerzo correspondiente según la Escala CR 10 (Ver Anexo 4) , la cual se presenta a cada sujeto inmediatamente después que concluye la ejecución de la técnica asignada, y puedan responder según su nivel de percepción de esfuerzo en miembro superior, en base a esta escala visual análoga dispuesta en el laboratorio.

El criterio usado para definir la existencia del uso de fuerza considera el nivel 3 de la tabla (moderado), lo cual significa una percepción positiva por parte del evaluado para el uso de fuerza en la acción técnica, cualquier nivel igual o superior a este, debe ser considerado como presencia de fuerza para el protocolo.

6.4.3 Consideraciones Técnicas

Previo a los procedimientos de ejecución de prueba de laboratorio según técnica de manipulación y Evaluación de Máxima Contracción Voluntaria (MCV), se deben tener presente algunas consideraciones técnicas del estudio diseñado, en relación a los materiales a utilizar, consideración de espacios, modelamiento tridimensional y codificación de los sensores. Estas consideraciones se describen a continuación.

6.4.3.1 Consideración del material a utilizar: peso de la carga y sendero de marcha.

El material a utilizar como carga, corresponde luego de las pruebas de ensayo, a una barra de diseño con manillas en Z, con el fin de mejorar la captura de los sensores de movimiento por parte de las cámaras infrarrojas del laboratorio de análisis del movimiento humano.

Con el fin de asegurar un protocolo seguro, basado en los lineamientos científicos en el área y en relación a las características del material a ser manipulado (barra Z), se define el peso de la misma con una carga final equivalente a 7 kg de peso, que corresponde a 69,6465 N de fuerza, diseñando de esta forma, un protocolo considerando una condición sin riesgo, sustentado en base a las siguientes referencias técnicas:

- Norma ISO 11228-1, donde se define que para las tareas de transporte, los límites recomendados para una masa acumulada tomando en consideración la distancia y la frecuencia de transporte, el límite recomendado podría ser de 25 Kg por minuto (considerando una distancia no mayor a 4 m, una frecuencia no mayor a 4lev/min, una masa acumulada menor a 60 kg/min. Las relaciones que establece la norma para condiciones aceptables son: 5kg x 12 veces/min; 15 kg x 4veces /min, 25 kg x 1 vez/min. En el protocolo se establece una condición bajo los parámetros indicados, por lo que no existiría riesgo durante las pruebas de laboratorio.
- Guía Técnica para Evaluación de la Manipulación Manuel de Carga, edición año 2003, basada en el real decreto 487/1997 de 14 de Abril. BOE nº 97 de 23 de Abril – Insituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, define como peso teórico recomendado en función de la zona de manipulación, estableciéndose el rango recomendado entre 7 kg. para las tareas con manipulación manual de carga sobre el nivel de hombros (altura de la cabeza) y 25 kg cuando la manipulación se realice en zona de tronco (altura de codo). Ver Anexo 5.
- Se toman como referencias estudios similares, pero adecuándolos a los límites requeridos y los establecidos en forma normativa y señalados previamente. (Pan, C., Chiou, S 2003).

En relación al “Sendero de Marcha”, este corresponde al área en donde los sujetos del estudios son evaluados al realizar las diferentes técnicas. Alrededor de esta zona están dispuestas seis cámaras infrarrojas que captan los movimientos de los marcadores reflectantes ubicados en el sujeto. Las dimensiones del sendero son de 4,8 m de largo por 1, 4 m de ancho. Los límites para nuestro estudio es

el punto situado a 2.1 m desde el inicio denominado “área de asimetría”, hasta los 3,1 m que corresponde al área de depósito de la carga. (Ver Anexo 5)

6.4.3.2 Consideraciones técnicas para la captura de datos cinemática articular : Modelamiento tridimensional proyecto P0141

El modelo biomecánico diseñado en el sistema optoelectrónico, elaborado específicamente durante este período de investigación, se compone de 24 puntos de referencia, distribuidos estratégicamente en todo el cuerpo del sujeto de estudio. En estos puntos se instalan los marcadores reflectantes cuyo movimiento es capturado por el sistema para obtener la orientación espacial de los segmentos corporales y de esta manera estimar la variación angular (cinemática) articular.

La unión de estos 24 puntos de referencia, dan origen a 14 segmentos de referencia reconstruidos según el modelo creado, donde se puede distinguir: cabeza, cintura escapular, brazo izquierdo, brazo derecho, antebrazo izquierdo, antebrazo derecho, tronco, pelvis, muslo derecho, muslo izquierdo, crura (pierna) derecha, crura (pierna) izquierda, tobillo derecho y tobillo izquierdo. Los ángulos entre estos segmentos serán calculados según se explica en la tabla 5.

Tabla 5. Distribución de ángulos codificados por el Sistema BTS Smart. Según distribución de 24 puntos de referencia corporales.

Ángulos miembro superior
Hombro
Codo
*Clavícula
Ángulos miembro inferior
Cadera
Rodilla
Tobillo
Ángulos tronco
-Flexión/extensión
-Rotación axial
-Flexión lateral
-Inclinación lateral de la pelvis
- Rotación axial de la pelvis
Ángulos de cabeza
*Flexión
Rotación axial
Flexión lateral

6.4.3.3 Consideraciones técnicas para la codificación de electrodos EMG según protocolo.

En base a las zonas específicas para la ubicación de los electrodos de electromiografía de superficie recomendadas por el SENIAM, se diseña un protocolo en el sistema BTS Smart para codificar estos electrodos y su posición, en relación a la musculatura a analizar. Para el registro electromiográfico del total de los sujetos participantes del estudio se utilizan un total de 2000 electrodos de plata/cloruro de

plata (Ag/AgCl marca Kendall, modelo Medi-trace 100). Según lo anterior, la codificación para la presente investigación está diseñada como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. Codificación protocolo EMG según musculatura a medir.

Protocolo EMG	
Número electrodo	Codificación Musculatura
1	Trapezio ascendente derecho
2	Trapezio ascendente izquierdo
3	Trapezio descendente derecho
4	Trapezio descendente izquierdo
5	Erector espinal derecho
6	Erector espinal izquierdo

Ilustración 5. Electrodo 1 – Músculo Trapecio Ascendente Derecho



Ilustración 6. Electrodo 2 – músculo Trapecio Ascendente Izquierdo



Ilustración 7. Electrodo 3 y 4 – Músculo Trapecio Descendente Derecho e Izquierdo

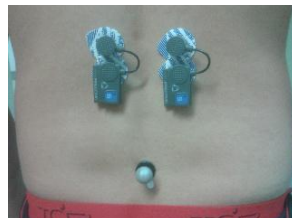


Ilustración 8. Electrodo 5 y 6 – Músculo Erector Espinal Derecho e Izquierdo



6.4.3.4 Consideraciones técnicas para la Ejecución de prueba de laboratorio según técnica de manipulación.

Para las diferentes técnicas a estudiar, los análisis de éstas se llevan a cabo bajo el supuesto de que los movimientos de elevación son fluidos, y que la distribución de la carga de ambas manos sea simétrica, y la fuerza se considera que es directamente vertical y hacia abajo.

En relación a la postura analizada, se identifica el momento (en segundos) durante el desplazamiento del sujeto por el sendero de marcha, cuando este supere los 2,1 m desde el punto de partida, tomando como referencia la activación de la plataforma de fuerza situada en el punto medio del sendero cercano a los 2,1. Es en este punto donde se vincularan las distintas variables cuantificadas, es decir, cinemática articular, EMG y posteriormente en el análisis de carga en software 3DSSP.

Cada sujeto se evalúa realizando las pruebas mirando al frente, manteniendo el tronco en posición vertical y simétrica. Las instrucciones que se dan a cada sujeto están estipuladas en el protocolo de estudio (ver Anexo 6). El momento seleccionado a partir de la activación de la plataforma de fuerza (segundos), se utiliza como referencia para la obtención de los datos para el análisis articular y de electromiografía de superficie, según planilla de datos. (Ver tabla 7) .

Tabla 7. Captura del tiempo en segundos en los puntos críticos de referencia según cada técnica, para el análisis de datos en sistema BTS Smart según protocolo de estudio

Tiempo Técnica	Punto de asimetría	Punto de ascenso	Punto descenso	Sujeto
Técnica 1 : Técnica ambas manos simétricas a nivel de tronco		Inicio Final	Inicio Final	2
Técnica 2 : Técnica ambas manos simétricas sobre el nivel de hombro.		Inicio Final	Inicio Final	3
Técnica 3 :Técnicas ambas manos asimétricas		Inicio Final	Inicio Final	4
Técnica 4 : Técnica con ambas manos simétricas bajo el nivel de cadera.		Inicio Final	Inicio Final	5
Frame Técnica 5 : Técnica con una mano		Inicio Final	Inicio Final	1

Las ilustraciones siguientes, corresponden a capturas de pantallas del sistema BTS Smart, con la reconstrucción tridimensional de los tres puntos claves a la que hace referencia la tabla 7. Estos son: la fase de ascenso, la fase intermedia (donde se encuentra el punto de asimetría), y por último la fase de descenso.

Ilustración 9. Fase de ascenso

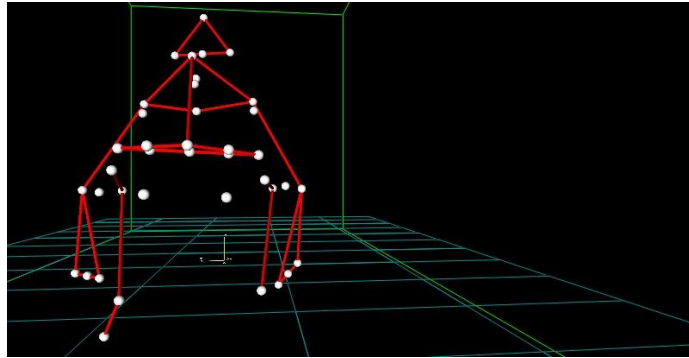


Ilustración 10. Fase Intermedia (Desplazamiento). Punto 2,1 mts de Trayecto. Se encuentra el Punto de Asimetría

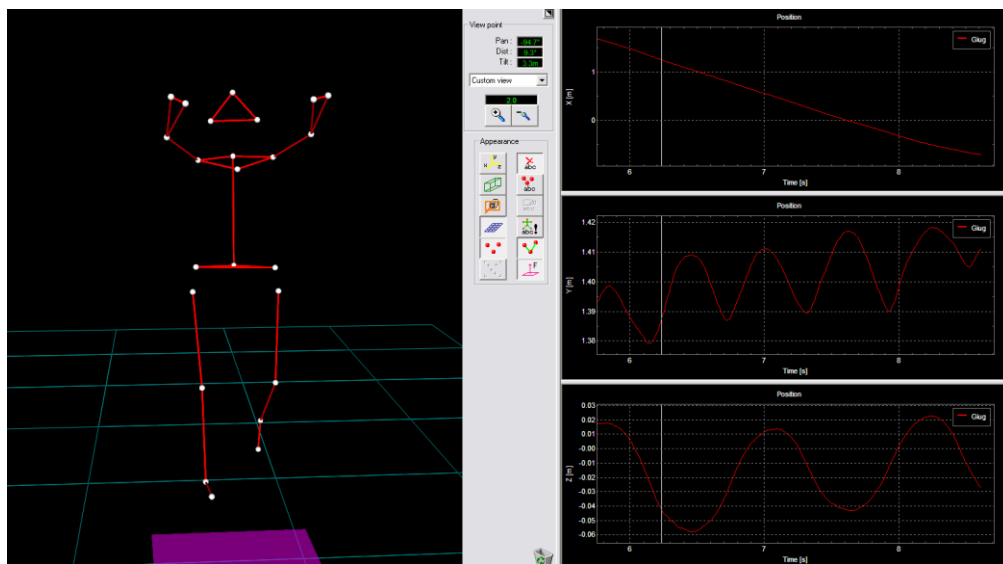
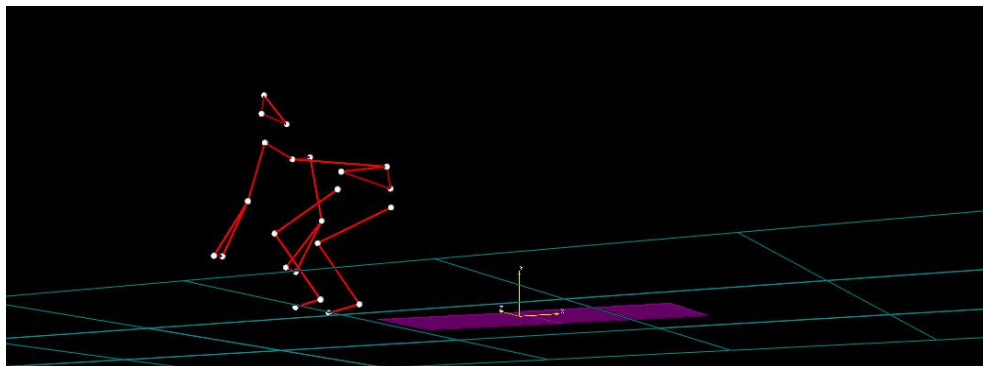


Ilustración 11. Fase de descenso



En un paso siguiente, las medidas angulares de los distintos segmentos son vertidas en el programa 3DSSPP para así la estimar la carga biomecánica para cada una de las técnicas dinámico asimétricas, así como en las diferentes partes del cuerpo en forma individuales, a través del cálculo de torques o momentos de fuerza para hombro y zona L5/S1.

Cabe destacar, que las acciones a ejecutar durante la prueba en laboratorio, están estipuladas dentro de una “hoja de campo de laboratorio”, en forma específica para cada una de las 6 etapas descritas (ver anexo 7) que se resumen en:

- Preparación de prueba
- Ubicación de electrodos
- Ubicación de marcadores
- Revisión de calibración y funcionamiento de sistema
- Prueba de laboratorio
- Evaluación MCV

Teniendo todo este proceso un tiempo total estimado por sujeto de 55 minutos.

6.4.3.5 Consideraciones técnicas para la evaluación de máxima contracción voluntaria (MCV)

Para estimar el nivel de actividad electromiográfica utilizada en cada fase y por cada músculo, se compara ésta con la realizada por el sujeto en una contracción voluntaria máxima (CVM), basado en las pruebas funcionales musculares de Daniels / Worthingham’s descritas en el Anexo 8, a las que se somete cada sujeto luego de haber realizado la ejecución de la técnica asignada.

6.4.3.6 Consideraciones técnicas de la ejecución de cada técnica.

Para la realización de la técnica asignada al sujeto en laboratorio, se deben cumplir dos aspectos: la técnica de la tomada de la barra en Z, para que esta sea estandarizada a todos los sujetos, y la correcta ejecución de la técnica, lo cual se describe a continuación.

Descripción técnica de tomada:

Para tomar la barra en Z, el sujeto debe flexionar las piernas, tomar la barra con agarre palmar completo en las zonas señalizadas de la barra y levantar suavemente hasta alcanzar la técnica según protocolo.

Descripción de técnicas a ejecutar en laboratorio

1. **Técnica ambas manos simétricas a nivel de tronco:** sujeción de la barra con flexión de 90 grados de codo con brazo paralelo a tronco. Tomada palmar completo en pronación. Posición de las manos tomando como referencia el ancho de hombro. (Ver ilustración).
2. **Técnica ambas manos simétricas sobre el nivel de hombro:** sujeción de la barra con flexión de hombro donde la barra quede a nivel de ojo del sujeto. Tomada palmar completo en pronación. Posición de las manos tomando como referencia el ancho de hombro. (Ver ilustración).
3. **Técnicas ambas manos asimétricas:** sujeción de la barra en supinación mano dominante y pronación mano no dominante. Agarre palmar completo. Mano dominante debe posicionarse en la línea de hombro a la altura de ojo y mano no dominante debe posicionar

a la altura de espina iliaca antero superior. Las manos deben estar posicionadas tomando como referencia el ancho de hombro. (Ver ilustración)

4. **Técnica con ambas manos simétricas bajo el nivel de cadera:** sujeción de la barra con brazos estirados levemente separado del cuerpo. Tomada palmar completo en pronación. Posición de las manos tomando como referencia el ancho de hombro. (Ver ilustración)
5. **Técnica con una mano:** sujeción de la barra con brazo dominante estirado por lateral, levemente separado del cuerpo. Tomada palmar completo. (Ver ilustración)

Lo común a todas las técnicas, será que el sujeto debe realizar las pruebas mirando al frente tratando de mantener el tronco en posición vertical y en forma simétrica, siempre con agarre palmar completo.

Ilustración 12. Reconstrucción Tridimensional de Técnica ambas manos simétricas a nivel de tronco

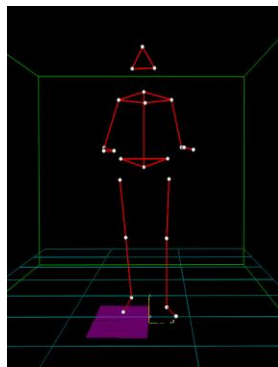


Ilustración 13. Reconstrucción Tridimensional de Técnica con ambas manos simétricas bajo el nivel de cadera

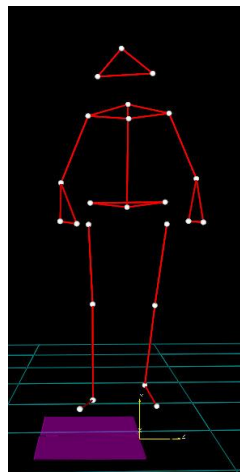


Ilustración 14. Reconstrucción tridimensional de Técnica ambas manos simétricas sobre el nivel de hombro

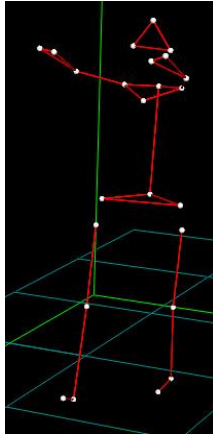


Ilustración 15. Reconstrucción tridimensional de Técnicas ambas manos asimétricas

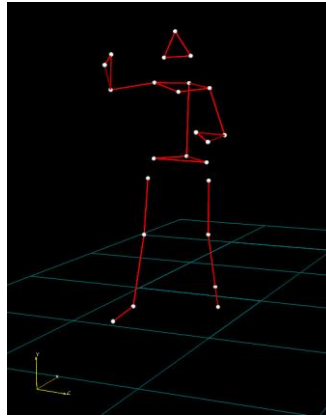
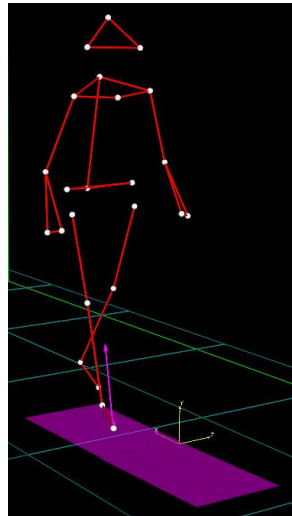


Ilustración 16. Reconstrucción tridimensional de Técnica con una mano



6.4.3.7 Procesamiento Información Capturada

Para el análisis de la información recolectada para el Proyecto P0141, por los sistemas optoelectrónico y electromiográfico, se diseñan dos matrices de procesamiento en el sistema BTS SmartAnalyzer. Estas matrices se describen a continuación:

6.4.3.7.1 Diseño de Matrices para el procesamiento y análisis cinemático tridimensional en sistema BTS Smart.

La secuencia de procesamiento de los datos cinemáticos tridimensionales fue la siguiente: en primer lugar se identifican los marcadores y se les asigna una etiqueta correspondiente al punto anatómico de referencia que representan. A continuación, sobre cada punto que representa una articulación o conexión entre dos segmentos (Hombro, codo, cadera, etc.) se construye un sistema de referencia que represente la variación del movimiento de dicho segmento en el espacio. Finalmente y sobre esa misma articulación se monta un segundo sistema de referencia, esta vez fijo (sistema referencial del laboratorio). La cinemática articular será en definitiva, la variación angular entre ambos sistemas de referencia construídos para cada segmento.

6.4.3.7.2 Diseño de Matrices BTS Smart para el procesamiento y análisis de electromiografía de superficie.

La configuración para el procesamiento y análisis de la señal de electromiografía, sigue similar esquema que el anterior, el cual consiste en una red de matrices para codificar las señales analógicas emitidas por los electrodos de electromiografía de superficie ubicados según protocolo de estudio. El protocolo de EMG, contempla seis músculos diferenciados por número explicados en la tabla 6. La señal es captada durante la ejecución de la técnicas en las distintas fases de desplazamiento por el sendero de marcha, y posteriormente analizada en el sistema BTS Smart, ordenando los datos requeridos para el procesamiento final.

El tratamiento de la señal electromiográfica fue el siguiente: Las señales de todos los canales son rectificadas en onda completa. A continuación se utiliza un filtro pasa alto de 7 Hz para eliminar los componentes eléctricos provenientes del movimiento de los propios electrodos, los cables o la piel del sujeto bajo los electrodos. Finalmente la señal electromiográfica utilizada en el análisis de los datos se construye mediante un filtro RMS (Root-Mean-Square) de ventana móvil de 250 ms que crea una señal envolvente más sencilla de leer y procesar.

6.4.3.7.3 Procesamiento información para Análisis Cinético

6.4.3.7.3.1 Datos cinemática articular para análisis cinético

En relación al análisis cinemático articular, los datos a considerar son los captados en el “punto de asimetría”, que corresponde al punto en el que el sujeto supera los 2,1 m en el sendero de marcha realizando una de las diferentes técnicas de manipulación según protocolo.

Estos datos se obtienen y extraen desde sistema BTS Smart, a partir del vaciamiento de los datos desde las matrices correspondiente a los distintos ángulos de los segmentos articulares evaluados de cada

sujeto, posterior al análisis y reconstrucción en 3D de la técnica ejecutada. De cada sujeto se extrae y digitaliza según los puntos de asimetría respectivos, una sola fila de 29 datos, correspondientes a los ángulos solicitados posteriormente en el software 3DSSPP, equivalente a los segmentos anatómicos reconstruidos en el modelamiento 3D (Ver ilustración de ejemplo de cuadro de exportación de datos)

Ilustración 17. Captura de Pantalla de Cuadro de Tabulación de Datos

Individualización	Rotación cabeza	Inclinación cabeza	Flexión cabeza	Flexión Cabeza 3DSSPP	a vertical izq FINAL	a vertical der FINAL	a horizontal der FINAL	a horizontal izq FINAL	Hombro der FINAL	Hombro der FINAL2	Hombro izq FINAL	Hombro izq FINAL2	Cadera der FINAL	Cadera der FINAL2	Cadera izq FINAL2
1	-23	-4	12	78	28	31	31	28	-73	NaN	-88	NaN	-78	NaN	-70
2	7	0,404	30	60	43	43	43	43	169	NaN	165	NaN	NaN	-71	NaN
3	4	3	28	62	20	22	22	20	NaN	-25	NaN	-46	-84	NaN	-75
4	-5	0,518	25	65	25	24	24	25	NaN	-71	NaN	-71	NaN	-70	NaN

(Captura de pantalla de formato utilizado para exportación de datos de cinemática articular desde sistema BTS SMART para cada sujeto evaluado por técnica según protocolo de estudio. *NaN: Not a number)

Este paso inicial es fundamental, para que a través de estos datos se pueda dar inicio a la siguiente fase, correspondiente a codificar estos ángulos en el sistema 3DSSPP para poder obtener una predicción en relación a la evaluación de los factores de carga biomecánica descritos en el proyecto, como por ejemplo: Fuerza de compresión a nivel L5/S1, Torque de columna L5/S1 y Torque de hombro.

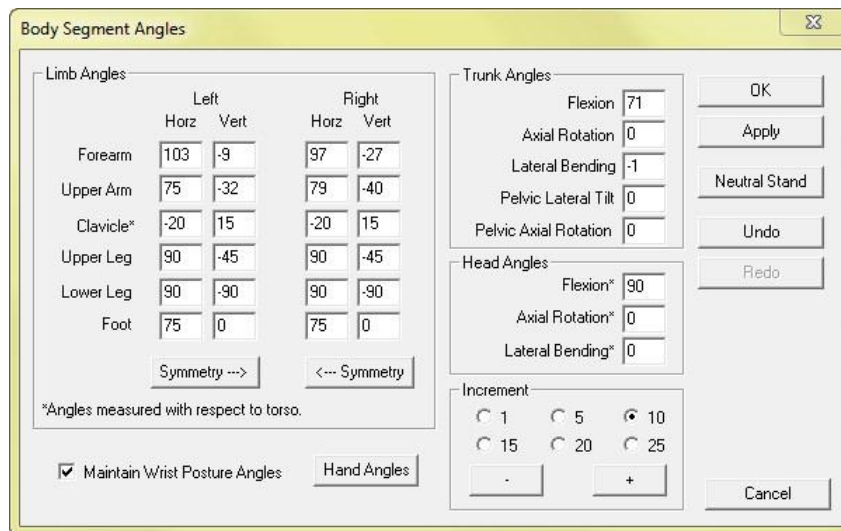
6.4.3.7.3.2 Cálculo cinética mediante Sistema 3dsspp

La construcción según codificación angular obtenido a través del sistema BTS Smart para cada técnica, se utiliza vaciando esta información al software 3DSSPP, del inglés 3D Static Strength Prediction Program, Version 6.0.6, creado por la Universidad de Michigan - 3DSSPP TM, para estimar las fuerzas de compresión del disco, así como los límites de fuerza (University of Michigan, 2014). Además de predecir la fuerza de compresión del disco a nivel L5/S1, sobre la base de la asunción de simetría sagital, se utiliza además para el análisis de torques, tanto de hombro para miembro superior y torque a nivel de columna lumbar L5/S1, según la ejecución de las diferentes técnicas a analizar.

Junto al vaciamiento de la información de cinemática articular, también se ingresa al software todos los datos requeridos por este para cada sujeto en forma independiente, para un correcto análisis y obtención de torques (momentos) y fuerza de compresión requerida, los cuales se resumen en (Ver ilustración de referencia):

- Antropometría a través de datos de entrada
- Selección de género : masculino o femenino
- Entrada de altura y peso en centímetros y kilogramos, respectivamente.
- Selección de sujeto sin calzado.
- Postura de manos estandarizada a posición neutral
- Datos de la carga manipulada, estandarizada a 7 kilogramos (68,64 Newton), equivalente a la barra en Z manipulada en laboratorio.
- Entrada de segmentos angulares de cuerpo entero según sistema ortogonal.

Ilustración 18. Cuadro de diálogo del software 3 DSSPP



(Correspondiente a la entrada de angulaciones articulares para el modo dinámico 3D, para cada segmento corporal medido en el análisis cinemático articular).

Se realiza un vaciamiento de datos de la información obtenida de los resultados de la fuerza de compresión a nivel de L5/S1 en el plano sagital lumbar en Newton (N). El sistema utiliza un análisis de la fuerza de compresión del disco L5 / S1 basado en un modelo predictivo usando las fuerzas de contracción de los músculos erectores de la columna y recto abdominal.

En tanto, que para los Momentos de fuerza (Torque), expresados en Newton por metro (Nxm), producidos por la carga y el peso corporal de cada sujeto, el programa calcula estos utilizando un modelo biomecánico basado en un algoritmo de vinculación estática, que dependen de la antropometría, la postura y la carga de la mano del sujeto, que en este caso corresponde a una masa de 7 kg.

Finalmente, la información procesada según los datos ingresados, correspondiente a fuerza de compresión a nivel L5/S1 y torques de hombro y L5/S1, se tabula tal como se muestra en el ejemplo siguiente de captura de pantalla (Ver ilustración).

Ilustración 19. Captura de pantalla de Tabulación de Datos Cinética

Sujeto	TECNICA	F Compresión L5/S1 (N)	Torque L5/S1 (Nxm)	Torque de Hombro (Nxm)
ABM	2	1095	45,9	24,7
ABV	3	1447	67,6	28,8
ACF	5	1513	71,7	6,8

(Captura de pantalla de exportación de datos de fuerza de compresión y torque a nivel de L5/S1 y torque de hombro desde software 3DSSPP, para cada sujeto evaluado por técnica según protocolo de estudio)

6.4.3.7.4 Procesamiento de señal de actividad electromiográfica mediante EMG de Superficie

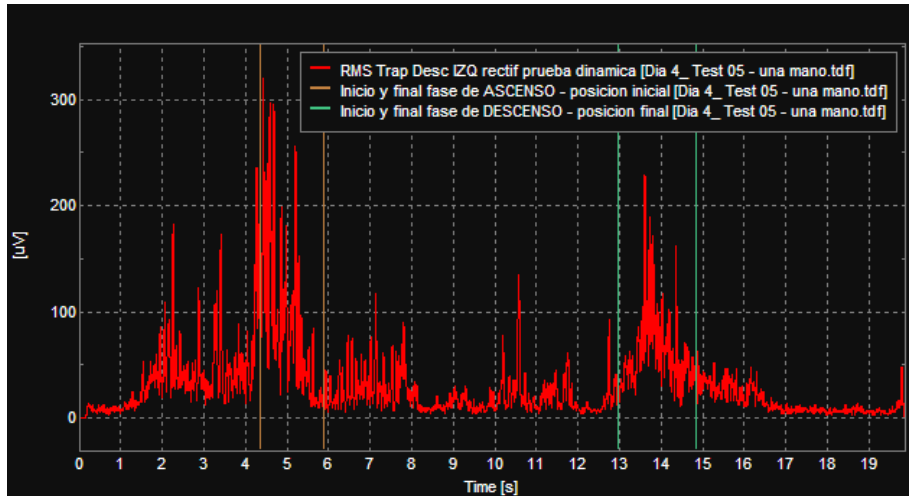
El registro electromiográfico se realiza de manera sincronizada con la captura de movimiento tridimensional. Para ello se utiliza equipo de EMG modelo FreeEMG de 6 canales (BTS Bioengineering, Italia) con una frecuencia de registro de 1000Hz. Se dispusieron electrodos de superficie (Ag/AgCl) de acuerdo a las recomendaciones del SENIAM.

La actividad electromiografía de los músculos seleccionados para este estudio (Trapezio ascendente, trapecio descendente y erector espinal, todos bilateralmente) se mide de manera dinámica durante la ejecución de las 5 técnicas de manipulación. En cada ocasión se define una fase de ASCENSO del implemento, una fase de DESCENSO del implemento y una fase intermedia en la cual el sujeto sostiene el implemento mientras camina hacia la posición final.

El procesamiento de las señales de EMG consiste en un filtro pasa alto de 7Hz (Hamming) para eliminar los componentes de ruido eléctrico proveniente del movimiento de los propios electrodos y sondas de registro. A continuación, la señal electromiográfica se rectifica en onda completa y luego se obtiene su envolvente mediante la aplicación de un filtro RMS (Root Mean Square) con una ventana temporal móvil de 250 mseg.

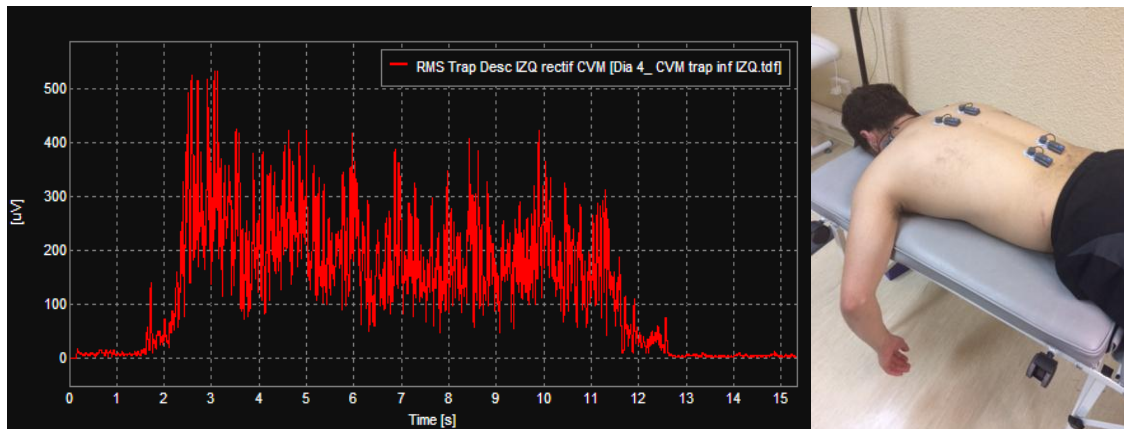
Una vez procesada esta señal dinámica, se calcula para cada músculo la proporción que representa su actividad durante la tarea dinámica respecto a los valores obtenidos en la contracción voluntaria máxima según las pruebas funcionales musculares de Daniels / Worthingham's (ver Anexo 8) .

Ilustración 20. Gráfica de EMG durante la ejecución de técnica 5



(Gráfica de EMG durante la ejecución de técnica 5: Técnica con una mano, en donde destacan: Fase de ascenso, Fase Intermedia (desplazamiento) y Fase descenso)

Ilustración 21. Posición del sujeto prueba contracción máxima – Trapecio descendente



(Muestra posición del sujeto para la prueba de máxima contracción voluntaria (MCV) y su gráfica correspondiente de EMG del músculo Trapecio Descendente Izquierdo del sujeto de estudio)

De cada sujeto se extraen y digitalizan una sola fila de 18 datos, correspondiente a los seis músculos evaluados en las tres condiciones descritas en el protocolo: ascenso, descenso y posición dinámica, los cuales corresponden al valor porcentual de su actividad electromiográfica en relación a la contracción voluntaria máxima (CVM) evaluada según protocolo (Ver Ilustración)

Ilustración 22. Captura de pantalla Tabulación de datos de actividad electromiográfica según protocolo (%MCV)

Nombre	Técnica	% Trap asc DER ASCENSO	% Trap asc DER DESCENSO	% Trap asc IZQ ASCENSO	% Trap asc IZQ DESCENSO	% Trap Desc DER ASCENSO	% Trap Desc DER DESCENSO	% Trap Desc IZQ ASCENSO	% Trap Desc IZQ DESCENSO	% EE DER ASCENSO FINAL	% EE DER DESCENSO FINAL	% EE IZQ ASCENSO FINAL	% EE IZQ DESCENSO FINAL	% Trap asc DER DINAMICO	% Trap asc IZQ DINAMICO	% Trap Desc DER DINAMICO	% Trap Desc IZQ DINAMICO	% EE DER DINAMICO FINAL	% EE IZQ DINAMICO FINAL
AR	5	8.7	5.6	3.6	3.6	23.5	13	8.6	10.6	80.4	22	19.3	7	9	3.6	7.4	2.1	6.4	12.9
JC	2	88.5	50.7	39.8	39.8	51.1	53.4	25.9	30.1	111.8	86.6	41.9	32.7	56.3	53.9	63.5	32.8	40.9	38.3
NC	2	24.1	13.2	9.8	9.8	51.7	45.6	30.7	42.3	39	29.2	59.1	33.7	24.9	15	54.7	40.1	17	21.4
YS	1	24.8	15.7	27.3	27.3	74.8	52.5	67.4	49.9	31.7	23.4	47	32.9	15	25.6	35.5	17.1	6.1	9
CA	4	15	16.1	33.2	33.2	41.9	68.3	47.7	57.9	39.2	33.3	37.1	25	28.8	36.3	58.8	42.2	8.1	11.5

(Captura de pantalla de formato utilizado para exportación y digitalización de datos de electromiografía (EMG) desde sistema BTS SMART para cada sujeto evaluado por técnica según protocolo de estudio)

6.4.3.8 Procesamiento para análisis de impacto de variables

Se realizan análisis globales del impacto de las variables Torque Hombro, torque L5/S1, Fuerza de Compresión L5/S1, Percepción Subjetiva del Esfuerzo y Actividad Eléctrica Muscular junto a un desglose entre-género y entre-técnica. Para considerar posteriormente aquellas variables en la construcción de ponderadores que tuvieran diferencias significativas en los segmentos estudiados, tanto en miembro superior y columna.

Se utiliza la prueba de Shapiro y Wilks para identificar el tipo de distribución de las variables dependientes de EESS y Columna. Se realiza comparación entre parejas mediante la prueba de Mann-Whitney.

Para comparar entre más de dos categorías se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis, y como estadístico no paramétrico post-hoc se utiliza la prueba de Bernard Rosner. Este análisis se desglosa en las variables asociadas a Extremidades Superiores (EESS) y Columna.

Finalmente y posterior a este procedimiento se determinan las variables que se utilizarán en la construcción de ponderadores según técnica.

6.4.3.9 *Procesamiento para construcción de ponderadores*

Se procede a efectuar el procesamiento cuyo énfasis está en primera instancia diferenciar las variables que presentan diferencias significativas entre técnicas, para posteriormente realizar un análisis centrado en estas variables y asociado a identificar cuáles técnicas poseen mayor o menor carga en un contexto de comparación:

Procesamiento de los datos

El procesamiento de los datos obtenidos se describe, paso a paso, en la ilustración 23. A continuación se desglosa el análisis realizado para la obtención del factor final entregado, en base a las variables torque de hombro, fuerza de compresión, actividad eléctrica muscular y percepción de esfuerzo en EESS. Se usa de ejemplo a las medianas del torque de hombro.

- **Paso A:** *Se obtienen las medianas de cada técnica por variable, dado por la distribución no paramétrica de los datos.*

Mediana de Técnica 1: 18,6

Mediana de Técnica 2: 28,8

Mediana de Técnica 3: 30,9

Mediana de Técnica 4: 17,1

Mediana de Técnica 5: 11,6

- **Paso B:** *Se divide el valor de la mediana obtenida de cada técnica, con el valor de la mediana más baja de las técnicas evaluadas. Mediante el procedimiento anterior, se obtiene el “Factor positivo”. Este factor corresponde a un factor intermedio en la generación del cálculo del ponderador, en el cual valores más grandes, representan más riesgo, en base a las medianas obtenidas.*

Ejemplo:

Mediana de la técnica 2: 28,8

Mediana de la técnica más baja (técnica 5): 11,6

Factor positivo: 2,48

Para obtener ponderadores coherentes con los lineamientos expuestos por la ecuación de NIOSH (NIOSH, 1994), estos deben fluctuar entre 0 (situación más crítica) y 1 (Situación más próxima a lo ideal). Por ello, se procede en los siguientes pasos a relacionar el factor positivo global con el factor positivo de cada una de las técnicas estudiadas (donde la “relación entre las medianas” es el nuevo parámetro de análisis para comparación entre técnica). Posteriormente se calcula el inverso multiplicativo (paso 4 y 5 respectivamente).

- **Paso C:** Se suman los valores del factor positivo de cada técnica, obteniendo el “Factor positivo global”.

Ejemplo:

$$1,603 + 2,483 + 2,664 + 1,474 + 1,000 = 9,224 \text{ (Factor positivo global)}$$

- **Paso D:** Se divide el factor positivo de cada técnica por el factor positivo global. Este resultado nos arroja lo que denominamos el factor de ponderación preliminar positivo, ya que aún el factor con menor riesgo es el de mayor valor.

Factor Positivo 1 / Factor positivo global = Factor de ponderación preliminar positivo de la técnica 1

$$\text{Ejemplo: } 1,603 / 9,224 = 0,174$$

- **Paso E:** Se calcula el inverso multiplicativo del factor de ponderación preliminar como se describe a continuación. Mediante este proceso se obtiene el factor negativo de cada una de las técnicas.

Factor de ponderación preliminar positivo de la técnica 1 / 1 = Factor negativo de la técnica 1

$$\text{Ejemplo: } 1 / 0,174 = 5,753$$

Una vez efectuados los pasos mencionados, y obtenido el “Factor negativo” de cada una de las técnicas, se logra establecer una comparación en el cual la técnica de mayor riesgo posee un valor menor y la técnica de menor riesgo posee un valor mayor. Para finalizar, se realiza un procedimiento similar a lo descrito en el paso 3, considerando el factor negativo de cada técnica y el factor negativo global.

- **Paso F:** Se suman los factores negativos de cada técnica, obteniendo el factor negativo global.

$$\text{Ejemplo: } 5,75 + 3,72 + 3,46 + 6,26 + 9,22 = 28,41$$

- **Paso G:** Se divide el factor negativo de cada técnica por el factor negativo global. Este resultado nos arroja lo que denominamos el factor de ponderación preliminar negativo.

Factor negativo de la técnica 1 / Factor negativo global = Factor de ponderación preliminar negativo

$$\text{Ejemplo: } 5,75 / 28,41 = 0,202$$

- **Paso H:** Para obtener el factor de ponderación final por variable, siguiendo el estándar NIOSH mencionado, se suma el factor de ponderación preliminar negativo de las variables torque de hombro, percepción de esfuerzo y actividad eléctrica muscular de EESS con el mínimo valor del factor horizontal descrito en la ecuación de NIOSH. En el caso de las variables de la actividad electromiográfica de erectores espinales derecha e izquierda, se suma con el mínimo valor del factor vertical de la ecuación de NIOSH.

- **Cálculo para variables de EESS:**

Factor de ponderación preliminar negativo + Factor Horizontal NIOSH = Factor final por variable

$$\text{Ejemplo: } 0,202 + 0,39 = 0,592$$

- *Cálculo para variables de Columna:*

Factor de ponderación preliminar negativo + Factor Vertical mínimo NIOSH = Factor final por variable

$$\text{Ejemplo: } 0,22 + 0,70 = 0,92$$

- **Paso I:** *Se promedian los factores de ponderación final por variable por EESS y columna.*

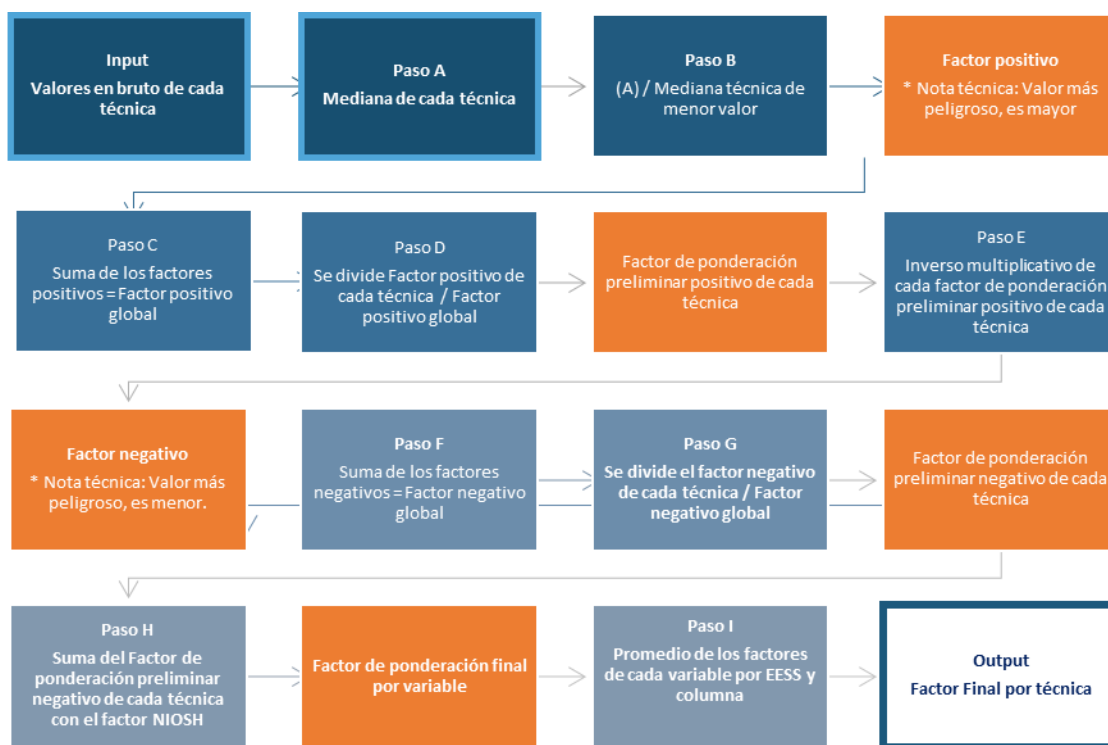
Factores finales de Torque de Hombro (TH) + percepción de esfuerzo en EESS (CR10) + Trapecio superior derecho (TSD) + Trapecio Superior Izquierdo (TSI) + Trapecio Inferior Derecho (TID) + Trapecio Inferior Izquierdo (TII) = Factor Final

Ejemplo: Técnica a nivel de tronco

	TH	CR10	TSD	TSI	TID	TII	Factor Final
Técnica a nivel de tronco	0,612	0,680	0,6327	0,6286	0,5916	0,6127	0,623

El proceso mencionado anteriormente, se describe en el siguiente esquema.

Ilustración 23 Resumen del procesamiento de datos para la obtención de factores.



Resultados Metodología

Cabe considerar que para determinar los factores de ponderación y determinar el riesgo según técnicas de manipulación manual de carga, es necesario el análisis de las variables y objetos de estudio, para así comprender la carga física generada por cada una de ellas.

Las variables específicas de análisis están divididas entre tres grandes ejes. Primero, variables asociadas a cinemática articular, segundo; variables asociadas a cinética, tercero; variables asociadas a actividad electromiográfica y percepción subjetiva de esfuerzo.

El análisis que se describe en los resultados, representa en forma objetiva los hallazgos obtenidos en los siguientes ejes de análisis:

- Nivel de carga biomecánica en técnicas de manipulación con una mano, con ambas manos simétricas a nivel de tronco, con ambas manos simétricas a nivel de cadera, con ambas manos asimétricas a diferentes alturas, y con ambas manos simétricas por sobre nivel de hombro por medio de cinemática y cinética articular.
- Comparación entre técnicas de manipulación manual de carga, para determinar nivel de riesgo y determinar factores de ponderación que permitan establecer comparación entre ellas y la construcción de instrumento de campo para evaluación rápida en terreno.

Cabe destacar, que inicialmente para determinar comparaciones de nivel de carga física entre técnicas de manipulación manual de carga se propone en el planteamiento de estudio transformar a puntajes Z todos los resultados obtenidos en cada una de las variables de estudio. Dicha estrategia ha sido reemplazada por una estrategia de análisis cualitativo basada en la proporción que cada una de las variables tenía sobre la otra considerando las distintas. Esta estrategia de análisis se describe en el apartado correspondiente.

Para detalle de procedimiento reemplazado (Puntaje Z) ver anexo 9.

6.5 CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Un total de 100 personas fueron evaluadas, distribuidas de manera homogénea y equitativa en los 5 tipos de técnica (20 personas por técnica). La relación de la cantidad de hombres/mujeres fue de 1,08 (52/48). En la tabla a continuación se describen las características de la muestra. Se realiza la prueba de Shapiro y Wilks para identificar el tipo de distribución de las variables independientes o características de los datos, la cual arrojan que estas variables distribuían normal.

En general, la muestra obtenida consta de estudiantes universitarios en edad laboral normopeso, sin diferencias estadísticamente significativas entre los grupos generados por cada técnica, por medio de la prueba de ANOVA. A continuación se entrega una tabla que resume estos valores.

Tabla 8. Característica de la muestra

	Técnica a nivel de tronco	Técnica Simétrica sobre Hombros	Técnica Asimétrica	Técnica a Nivel de Caderas	Técnica con una mano	Diferencias entre técnicas*
Edad (años)	23,50	23,00	24,00	23,00	23,50	p = 0,169
Talla (m)	1,69	1,65	1,68	1,69	1,67	p = 0,351
Peso (Kg)	64,35	65,65	66,30	70,50	67,25	p = 0,411
IMC	23,23	23,23	24,49	25,28	23,78	p = 0,503

(Se describe la mediana y entre paréntesis el rango intercuartílico. *Prueba de ANOVA; alfa = 5%)

6.6 NIVEL DE CARGA FÍSICA

Como se describe en el método, las variables independientes presentes en este estudio son la técnica utilizada por cada grupo y el género de los sujetos. Por ello se realiza análisis globales del impacto de dichas variables, junto a un desglose entre-género y entre-técnica.

Se utiliza la prueba de Shapiro y Wilks para identificar el tipo de distribución de las variables dependientes de EESS y columna, arrojando que en la mayoría de las variables (independiente de si es el análisis es por técnica, género o en bruto), los datos no distribuyen normal ($p < 0,05$). Por lo que el estadístico seleccionado para realizar comparaciones entre parejas de categorías es la prueba de Mann-Whitney. Para comparar entre más de dos categorías, se utiliza la prueba de Kruskal-Wallis, y como estadístico no paramétrico post-hoc se utiliza la prueba de Bernard Rosner.

Este análisis se desglosa en las variables asociadas a Extremidades Superiores (EESS) y Columna, en las tablas descritas en esta sección.

6.6.1 Comparación entre técnica

A nivel de EESS, se identifican diferencias significativas en todas las variables entre técnicas (mediante prueba estadística Kruskal Wallis). En general, el patrón de torque, activación muscular y percepción de esfuerzo es mayor en la técnica simétrica de hombros y asimétrica que en las otras técnicas, sin embargo el músculo trapecio superior derecho presenta un valor muy cercano al límite establecido ($p = 0,022$). La técnica con menos factores de riesgos ergonómicos para EESS en el puesto de trabajo, fue la técnica con una sola mano. Adicionalmente, mediante un análisis de correlación, por medio del coeficiente de correlación de Spearman, se identificó una alta correlación ($p < 0,001$) entre el nivel de actividad muscular del hombro y el de musculatura dorsal, reafirmando el patrón de activación descrito anteriormente.

Al realizar un análisis que implique separar cada género, se identifica que la musculatura del trapecio superior izquierdo o derecho es igual, tanto en hombres como mujeres en la mayoría de las técnicas. Así mismo, no existen diferencias en la percepción de esfuerzo entre técnicas para los hombres ($p=0,438$), mientras que las mujeres perciben más esfuerzo en la técnica simétrica sobre hombros y asimétrica que realizando otras técnicas. Por otro lado, el torque a nivel de hombro es estadísticamente distinto entre técnicas, tanto para hombres ($p < 0,001$) como para mujeres ($p < 0,001$).

A nivel de columna, sólo la actividad electromiográfica a nivel de Erectores espinales entre técnicas fueron estadísticamente significativas, tanto los músculos derechos e izquierdos ($p < 0,001$ para ambos).

Al realizar un análisis entre técnicas por cada género por separado, los resultados anteriormente mencionados se mantienen, con diferencias significativas sólo entre la actividad electromiográfica obtenida en los músculos erectores espinales entre técnicas.

En base a estos hallazgos, se posee como resultado las variables que deben ser incluidas en la generación de los factores y para las cuáles se puede establecer una comparación entre técnicas.

A) A nivel de miembro superior: Torque de Hombro, Percepción de Esfuerzo, Grupos musculares trapecios (superiores e inferiores).

B) A nivel de columna: Musculatura erectora espinal derecha e izquierda.

6.6.2 Comparación entre género

Independiente de la técnica realizada, las mujeres percibieron más esfuerzo que los hombres ($p=0,001$), de hecho en las técnicas Asimétrica, Simétrica sobre hombro y una mano, las mujeres tienden a percibir esfuerzo efectivo (Valor de CR-10 mayor o igual a 3), mientras que 25% de los hombres perciben fuerza (valor de CR-10 igual o mayor a 3) en todas las técnicas, a diferencia de las mujeres en las que un 52% de las mujeres perciben esos niveles de esfuerzo.

Del mismo modo, en el caso del nivel de actividad de los músculos trapecio superior derecho e izquierdo, es mayor en mujeres que en hombres ($p= 0,045$ y $p = 0,037$, respectivamente). Por el contrario, en el caso de fuerza de compresión de columna y torque a nivel de L5/S1, los hombres presentan valores mayores que las mujeres ($p<0,001$ en ambos casos). En las otras variables, no se identifican diferencias estadísticamente significativas entre hombres y mujeres. Sin embargo, dentro de cada técnica, sólo en la técnica simétrica sobre hombros y asimétrica se identifican diferencias estadísticamente significativas ($p >0,001$ y $p = 0,003$, respectivamente) entre hombres y mujeres.

Tabla 9. Carga Biomecánica sobre EESS por técnica y género

	Técnica a nivel de tronco		Técnica Simétrica sobre Hombros		Técnica Asimétrica		Técnica a Nivel de Caderas		Técnica con una mano		Valor de p para diferencias entre técnicas*	Valor de p para diferencias entre género**
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
TH	18,20	19,00	31,50	25,50	35,20	28,80	18,60	14,90	13,10	10,90	0,001	0,23
CR10	1,0	2,0	2,0	3,0	2,0	4,0	2,0	2,0	1,0	3,0	0,006	0,001
TSD	13,40	16,00	25,40	47,15	25,60	35,40	11,40	22,40	14,50	18,60	0,022	0,045
TSI	11,00	20,60	29,80	40,00	18,60	34,60	12,50	16,90	6,90	14,00	0,004	0,036
TID	24,20	23,10	48,80	62,10	57,90	49,90	36,50	33,90	7,30	14,90	0,001	0,49
TII	13,80	20,40	63,85	52,60	31,00	45,40	28,70	26,00	4,40	15,60	0,001	0,33

H: Hombre; M: Mujer; TH: Torque de Hombro (Nxm); CR10 (Escala de 0 a 10): Percepción de Esfuerzo según CR-10; Trapecio Superior Derecho (%MCV); Trapecio Superior Izquierdo (%MCV); Trapecio Inferior Derecho (%MCV); TID; Trapecio Inferior Izquierdo (%MCV); TII. *Incluyendo ambos géneros; **Incluyendo todas las técnicas. Para ver los valores con su Rango Intercuartílico, revisar ANEXO

Tabla 10. Carga biomecánica sobre Columna por Técnica y Género

Género	Técnica a nivel de tronco		Técnica Simétrica sobre Hombros		Técnica Asimétrica		Técnica a Nivel de Caderas		Técnica con una mano		Valor de p para diferencias entre técnicas*	Valor de p para diferencias entre género**
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
FC	1416	1314	1412	1199,5	1633	1357	1467	1156	1502	1190	p = 0,139	p < 0,001
T L5/S1	67,2	59,9	65,4	52,4	81,3	62	73,7	50,9	71,7	49,2	p = 0,089	p < 0,001
EED	9,8	13,5	22,65	27,75	34,4	21,1	22	10,8	6,4	9,4	p < 0,001	p = 0,689
EEl	15,3	15	29,45	28,65	31,4	24,8	16,6	12,3	12,5	16,1	p < 0,001	p = 0,681

H: Hombre; M: Mujer; FC: Fuerza de compresión (N) TL5/S1: Torque L5/S1 (Nxm); EED : Erector espinal derecho (%MCV), : EEl : Erector espinal Izquierdo (%MCV), *Incluyendo ambos géneros; **Incluyendo todas las técnicas. (Ver Anexo)

6.7 FACTORES DE PONDERACIÓN

Los factores finales por cada variable y por cada técnica se presentan en la siguiente tabla descrita a continuación. Sólo fueron incluidas las variables con diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas.

Tabla 11. Factores de ponderación para Miembro superior

	TH	CR10	TSD	TSI	TID	TII	Factor Final (d.e)	Intervalo de Confianza
Técnica a nivel de tronco	0,592	0,680	0,633	0,6286	0,5916	0,6127	0,623(0,03)	0,56-0,69
Técnica Simétrica sobre Hombros	0,521	0,564	0,520	0,4862	0,4703	0,4583	0,503(0,04)	0,43-0,58
Técnica Asimétrica	0,512	0,535	0,516	0,5376	0,4746	0,5144	0,515(0,02)	0,47-0,56
Técnica a Nivel de Caderas	0,610	0,607	0,668	0,6304	0,5215	0,5410	0,596(0,06)	0,49-0,70
Técnica con una mano	0,715	0,564	0,612	0,7426	0,8919	0,8225	0,725(0,12)	0,48-0,97

En esta tabla se entrega cada Factor Final por variable. TH: Torque de Hombro; CR10: Percepción de Esfuerzo según CR-10; Trapecio Superior Derecho; Trapecio Superior Izquierdo; Trapecio Inferior Derecho: TID; Trapecio Inferior Izquierdo: TII. De: Desviación Estándar.

Tabla 12. Factores Ponderación para Columna

Columna				
Técnica	C5	C6	Factor Final (D.E.)	IC (lim inf - lim sup)
Técnica a nivel de tronco	0,966	0,934	0,95 (0,02)	0,91 - 0,99
Técnica Simétrica sobre Hombros	0,835	0,820	0,83 (0,01)	0,81 - 0,85
Técnica Asimétrica	0,837	0,822	0,83 (0,01)	0,81 - 0,85
Técnica a Nivel de Caderas	0,919	0,960	0,94 (0,03)	0,88 - 0,99
Técnica con una mano	0,966	0,964	0,97 (0,01)	0,96 - 0,97

En esta tabla se entrega cada Factor Final por variable relevante. C5: Erectores Espinales Derechos; y C6: Erectores Espinales Izquierdos. El factor Final se entrega junto a su desviación estándar entre paréntesis. De: Desviación Estándar.

Tanto a nivel de EESS y columna, se puede identificar la magnitud de las diferencias de los factores generados, ratificando los hallazgos en el análisis por variable, o sea que las técnicas simétricas sobre hombros y la técnica asimétrica son las que implican mayor carga biomecánica en relación a las otras. Las diferencias entre las otras técnicas son más leves, pero se puede afirmar que el patrón nuevamente se confirma, posicionando a la técnica de una mano como la menos impactante a nivel de carga biomecánica. Es relevante destacar en este punto, que si bien tiene bajo nivel de actividad muscular y de torque, existe una gran variabilidad entre los datos (con los mayores valores de rango intercuartílico), por lo que su selección como técnica de manejo manual de carga debe ser realizada con premura y en unión a los otros elementos del método EC2.

7 CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN

En esta investigación, cuyo principal objetivo es la determinación del factor de ponderación de riesgo del factor técnica de manipulación combinada (5 técnicas), analizando sus diferencias en condición dinámico asimétrica, considerando la carga biomecánica en los segmentos extremidades superiores y columna.

Los resultados de este estudio, permiten concluir que las técnicas que implican mayor carga biomecánica son la técnica “Simétrica sobre Hombro” y la técnica “Asimétrica”. La técnica “Simétrica a nivel de caderas” tiende a generar una carga intermedia de los elementos biomecánicos, ya que la técnica “Simétrica a nivel de tronco” y la técnica de “Una mano” tienden a ser similares y las menos exigentes. Por lo que basado en datos objetivos se procede a construir las tablas en el contexto de la construcción del instrumento de campo.

Los factores desarrollados en base a los procedimientos descritos en esta investigación permiten definir técnicas que presentan más riesgo que otras considerando el concepto de que a mayor carga biomecánica mayor posibilidad de desarrollar un trastorno musculoesquelético, esto basado en las teorías de la evolución de los trastornos musculoesqueléticos, en la cual las variables fuerza y calidad de movimiento son determinantes en la determinación del sobreesfuerzo (Kumar, S. 1999)

Tanto en Miembro Superior como en Columna, tras integrar todas las variables de análisis, siendo éstas: Torque, Fuerzas de Compresión, Actividad Eléctrica Muscular y Percepción del Esfuerzo. Las técnicas que presentan más riesgo para los trabajadores son las técnicas simétrica sobre hombros y asimétrica, especialmente para EESS, ya que el nivel de penalización es mayor que para columna. En este punto cabe destacar, que en investigaciones previas los estudios se han centrado principalmente en el estudio de un segmento corporal (Ej: columna), así como también en dos variables torque y fuerza de compresión. En esta investigación que se presenta, se han considerado el análisis integrado de los segmentos miembro superior y columna, así como también la integración de nuevas variables para obtener un resultado más integrador y específico para el análisis de la carga física (carga biomecánica), se consideran las variables en segmento miembro superior y columna: torque (análisis cinemático), fuerzas de compresión (Análisis cinético), Actividad eléctrica muscular (Análisis Fisiológico), Percepción del esfuerzo de miembro superior (Análisis Psicofísico).

La diferencia obtenida entre los datos obtenidos de columna y miembro superior es coherente con la metodología de éste estudio, ya que las posturas utilizadas para realizar las tareas de manejo de manual de carga en laboratorio se realizan en forma controlada con la columna alineada a línea media en el plano sagital y frontal. Esto basado en las indicaciones científico técnicas para construir un protocolo que permitiera definir un riesgo bajo y casi inexistente de lesión en su ejecución. Centrándose, por lo tanto, en los diferentes comportamientos biomecánicos entre técnicas, específicamente en el impacto que tiene sobre la carga biomecánica las diferentes posiciones que adoptan los miembros superiores en relación al tronco, que a su vez también proyectan mayor carga biomecánica a nivel de columna en ambientes no controlados.

Cabe considerar que la variable peso en esta investigación ha sido controlada asignando un peso similar para cada una de las técnicas empleadas durante la prueba de laboratorio, por lo que el comportamiento de los factores de ponderación considerando la modificación de los pesos estableciendo mayor dificultad en la ejecución es una proyección de futuros estudios y que permitan continuar profundizando sobre el conocimiento en esta materia. Tal como se ha propuesto en esta

investigación el objetivo central es diferenciar qué ocurría con la carga física (carga biomecánica) según tipos de técnicas. Este objetivo se ha logrado con éxito y permite establecer las bases para determinar en nuevas investigaciones el comportamiento de los mismos considerando nuevas variables y tal como se ha dicho, una de gran relevancia es la variabilidad de pesos.

Por otro lado, las variables dependientes analizadas, presentan dispersión, expresado en rangos intercuartílicos, desviaciones estándar e intervalo de confianza. No obstante, es necesario destacar que la técnica “Una mano” es la que entrega menos carga biomecánica pero presenta mayor variabilidad, por lo que su uso como la técnica más segura debe ser tomado con precaución. Es por ello que el instrumento logrado se plantea como un instrumento de evaluación rápida en terreno que permita obtener una caracterización rápida en terreno de las tareas y sus posibles riesgos basado en la comparación entre técnicas. Y tal como se ha planteado en el desarrollo de esta investigación, este instrumento constituye el paso previo para la ejecución de una evaluación más específica de las diferentes tareas que sean identificadas como críticas a través del instrumento entregado en este proyecto de investigación.

En este contexto, se sugiere que se apliquen evaluaciones más específicas en situaciones de trabajo en terreno, para conocer el riesgo particular de una tarea y de manera más detallada a través de metodologías cuyo constructo esté orientado a estudiar el riesgo de tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétrica, tales como el Método EC2.

Por ello se construye un instrumento de campo para evaluación rápida en terreno de tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétricas considerando los niveles de carga física (carga biomecánica) en diferentes tareas según la utilización de diferentes técnicas de manipulación que permita diferenciar qué técnica implica mayor carga biomecánica en la realización de distintas técnicas de MMCD.

Las proyecciones de investigación en este contexto, están ligadas a aplicar los instrumentos desarrollados en este ámbito, determinando niveles de usabilidad y asociación de resultados con estudios prospectivos vinculados al desarrollo de trastornos musculoesqueléticos.

Además, será necesario determinar factores de ponderación asociados a las otras variables de relevancia en el estudio de tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétricas, siendo estas el factor de agarre combinado, factor de postura de manipulación combinada y factor específico de percepción de esfuerzo. Generando para cada una de las variables las “Sheet” de campo, para evaluación en sectores complejos, proyectando la estructuración de un set de hojas de campo que permitan la evaluación parcializada del riesgo según variable y a su vez en caso que se requiera converger todas en una evaluación más específica, ser utilizadas en el Método EC2. Publicando de esta forma nuevas versiones actualizadas de esta metodología en particular.

A su vez, y tal como ha sido mencionado anteriormente, el instrumento desarrollado vela por caracterizar la carga física (carga biomecánica) basado en la variable técnica de manipulación, por lo que se proyecta en futuras investigaciones determinar en base a las mismas estrategias de estudio, el comportamiento de los factores considerando variabilidad de peso.

Finalmente, las tablas desarrolladas e integradas al instrumento, así como también las tablas de comparación entre género permiten mediante la lectura de esta investigación realizar un análisis

cuantitativo de las diferencias ocurridas en la exposición y la condición de género. Esta información técnica debe ser sujeta a más investigaciones para conseguir resultados aún más robustos que permitan mejorar la actividad preventiva en este contexto y la diferenciación por género, proyectándose como líneas muy relevantes a considerar debido a la sostenida incorporación del género femenino en sectores complejos tales como el Sector de la Construcción y el Sector Minero.

8 INSTRUMENTO DE CAMPO Y TABLAS DE EVALUACIÓN

Método EC2 "Sheet - Técnicas de Manipulación"

En el contexto, de las estrategias de evaluación y control de factores de riesgo en el ámbito de la Ergonomía se establece que existen cuatro pasos fundamentales, también denominados como pasos de la gestión de salud y seguridad, estos son: identificación, evaluación, control y seguimiento.

En este contexto, el desarrollo de las tablas de evaluación y la estructuración de instrumento de campo basado en los resultados obtenidos tiene como objetivo desarrollar un documento de fácil aplicación en terreno que permita por una parte mejorar los procedimientos de evaluación desde aspectos macro a micros asociados a tareas con manipulación manual de cargas dinámico asimétricas.

Para la estructuración de modelo de evaluación se considera lo publicado por (Cerdeira, E. 2013) denominado Modelo Conceptual de Evaluación en Tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétrica. En este contexto, antes de la aplicación del instrumento se sugiere desde un punto de vista metodológico la ejecución de los siguientes pasos:

- Clasificación sistemática del proceso
- Levantamiento información técnica en terreno
- Análisis Sistémico y Análisis de la tarea

Una vez realizados los pasos sugeridos se procede a la aplicación del Método EC2 "Sheet - Técnicas de Manipulación".

8.1 PASO SUGERIDO – EJECUCIÓN CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA

Se centra en la descripción de procesos productivos con ciclos de trabajo variables, poco definidos y con múltiples variables incidentes.

"La clasificación sistemática del proceso consiste en determinar y clasificar el proceso en estudio a fin y efecto de conocer en específico las tareas – actividades y operaciones involucradas. La importancia de esta clasificación está dada debido a que en este ámbito de estudio el análisis del riesgo estará orientado a evaluar tareas - actividades – operaciones desarrolladas en sus fases críticas y específicas y de esta forma obtener una adecuada aproximación al riesgo" (Cerdeira, E. 2013).

El proceso de clasificación sistemática considera la determinación de fases, operaciones, oficios, tareas y actividades ejecutadas por el trabajador (Buchholz, B. 1996; Paquet, V. 1999; Cerdeira, E 2006).

A continuación se define los conceptos anteriormente mencionados y adaptados en el Método EC2 (Cerde, E. 2006):

Tabla 13. Conceptos clasificación sistemática del proceso

Concepto	Definición
Fase	Etapa de la obra o construcción
Operación	Proceso constructivo supervisado y desarrollado por un grupo de trabajadores
Oficios	Ocupaciones definidas que desarrollan las tareas que incluye la operación
Tareas	Conjunto de actividades desarrolladas por un trabajador o grupo de trabajadores para llegar a un objetivo
Actividades	Actos fundamentales para ejecutar una tarea.

8.2 PASO SUGERIDO - LEVANTAMIENTO INFORMACIÓN TÉCNICA EN TERRENO

La información a ser levantada está orientada a describir información relevante del proceso productivo que condicionen un funcionamiento adecuado del mismo.

“El enfoque de este ítem es atender a variables del proceso y su desempeño con el objeto de conjugar la mejora de la eficiencia del o los sistemas evaluados con la mejora de la salud o variables “ergonómicas” presentes” (Cerde, E. 2013)

Para ejecutar esta etapa se deben responder preguntas asociadas a la gestión de proceso productivo, tales como: Concepto de despilfarros, fuerza, tiempo, perímetros de trabajo, cuellos de botella y ayudas técnicas.

Ver en anexo 14- Tabla concepto de información técnica

A su vez, en esta etapa y para orientar el análisis del evaluador se exploran aspectos vinculados a la salud musculoesquelética. Este apartado se centra en el análisis de la información lo relacionado a frecuencia, rango de edad, distribución de los trastornos según especialidad, distribución según segmentos, según días de turnos y diagnósticos.

Ver en anexo 15 - Tabla de información Salud Musculoesquelética.

8.3 PASO SUGERIDO - ANÁLISIS SISTÉMICO Y ANÁLISIS DE LA TAREA

En relación al análisis sistémico, una vez identificado el sistema a analizar el evaluador debe proseguir su análisis identificando los elementos interactuantes de este sistema enfatizando la identificación de elementos que caractericen Manipulaciones Manuales Dinámico - Asimétricas, identificar relaciones bidireccionales y establecer las reglas de avance de ese sistema. Para la ejecución de este análisis el evaluador puede diagramar las interacciones o realizar un análisis descriptivo de la situación.

En esta etapa donde aún no se evalúa ni el riesgo ergonómico, ni el desempeño de la persona se determinan preliminarmente la importancia de las distintas interacciones que ocurren en el sistema en estudio. La determinación de interacciones relevantes guía al evaluador a la determinación de posibles variables críticas relevantes de analizar en la evaluación a realizar al final de este proceso de evaluación, se denominan a estas, variables críticas asociadas a técnicas de manipulación.

Una vez concluido el análisis sistémico, el evaluador procede a organizar su análisis en un procedimiento denominado análisis de la tarea, con el objeto de perfilar su evaluación que sigue un curso de macro a específico para la identificación de los riesgos “ergonómicos” a los que se ve expuesto el trabajador en la tarea estudiada.

Para ello el evaluador clasifica la información capturada hasta el momento y la formaliza describiendo la tarea considerando los siguientes aspectos:

- Proceso de trabajo
- Espacio de trabajo
- Entorno de trabajo
- Medios de trabajo

8.4 INSTRUMENTO DE CAMPO

8.4.1 Aspectos generales

Una vez ejecutados los pasos sugeridos descritos anteriormente, discriminando por tareas, se procede a la aplicación de “Instrumento de Campo”, con el objeto de orientar al riesgo considerando las diferentes técnicas aplicadas por el trabajador al realizar las diferentes tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétrica.

El instrumento de evaluación debe ser ocupado para evaluar tareas con manipulaciones manuales dinámico asimétricas, específicamente en relación a las técnicas de manipulación. Cuya definición considera el atender el riesgo en segmento miembro superior y columna según la posición de los segmentos miembro superior en relación al tronco.

Las metodologías que constituyen referencia técnica para esta metodología son Método EC2 y Ecuación de NIOSH (Cerda, E. 2013; Waters, T. 1993; Waters, T. 2007).

El instrumento de campo está orientado a una evaluación rápida en terreno.

8.4.2 Criterios de evaluación

El instrumento desarrollado se basa en criterios:

- Criterios biomecánicos (Cinemática y cinética a nivel de segmento miembro superior y columna).
- Criterios fisiológicos (Actividad eléctrica muscular de musculatura específica a nivel de miembro superior y columna).
- Criterio psicofisiológico (Percepción del esfuerzo)

8.4.3 Metodología de evaluación

El instrumento de evaluación en terreno considera una metodología cualitativa de análisis entre técnicas de manipulación manual de carga dinámico asimétricas. Para ello, se basa en una estructura esquemática de representación de las diferentes técnicas a evaluar, diferenciando el análisis cualitativo entre miembros superiores y columna. Por otra parte, en este instrumento se aplica la estrategia de orientación al riesgo mediante el conocimiento de los factores representando cada uno de ellos niveles de menor a mayor criticidad, cuyos valores van de 1 a 0 respectivamente.

Junto a lo anterior, se expresa en el documento y estructura esquemática de factores de ponderación que pueden estar representados en una escala de 1 a 0 para cada una de las técnicas. En este contexto, la metodología considera que mientras más cercano a 1 esté el factor, más próximo a lo ideal es la condición y mientras más próximo a 0 peor condición se representa.

En la interpretación del método se puede distinguir el nivel de riesgo de las técnicas empleadas, In Situ, en comparación con las más frecuentes también representadas en las tablas. A su vez, el instrumento permite conocer una escala de más crítica a menos crítica y cuyo sentido se representa con una flecha.

8.4.4 Pasos para su aplicación

Pasos a seguir para aplicar instrumento de campo:

- Paso preliminar sugerido: Realizar clasificación sistemática del proceso, levantamiento de información técnica, análisis sistémico y de la tarea previo a cualquier trabajo de campo de aplicación del instrumento.
- Paso 1: Seleccionar y observar en detalle la tarea a evaluar
- Paso 2: Seleccionar en forma apropiada en el instrumento de campo (Método EC2 Sheet Técnicas de Manipulación) la condición que se asemeja a lo observado en terreno seleccionando en la casilla respectiva la técnica empleada por el trabajador observado, tanto en la tabla para Miembro Superior, así como también para Columna.

Nota técnica:

Seleccionar para evaluación, la técnica más predominante desde el perímetro mayor a 2 m hasta el destino de la carga durante la ejecución de la tarea

- Paso 4: Registrar en tabla de riesgo la condición y su factor vinculado tanto a nivel de segmento miembro superior y columna.
- Paso 5: Concluir en relación a la categorización del riesgo según técnica.

Para establecer la categoría de riesgo el “Método EC2-Sheet Técnicas de Manipulación” considera los rangos obtenidos en relación a mayor y menor carga biomecánica en las diferentes técnicas de manipulación más frecuentes de ser aplicadas, en contextos complejos y con manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas.

La categorización del riesgo se basa en la ubicación en las tablas de evaluación de la condición de riesgo considerando la carga biomecánica, representada por un factor que integra el análisis específico basado en tres criterios: biomecánicos, fisiológicos y psicofísicos.

Los factores más próximos a 1 representan una condición más próxima a lo ideal y los factores más próximos a 0 representan una condición más próxima a una condición crítica.

Ver Instrumento a continuación:

MÉTODO EC2

SHEET - TÉCNICAS DE MANIPULACIÓN

Nombre del Evaluador:

Fecha:

Datos generales de evaluación

Entidad empleadora

Nombre empresa:

Rubro:

Del Puesto de trabajo

Sección / Área:

Nombre del puesto y tarea:


Horario:

Número de personas:


Hombre: Mujer:

Imagen Técnica Evaluada






Seleccione factor según técnica aplicada - EESS

Técnicas de Menor a Mayor Carga Física EESS	Tipo de Técnica	Factor	Seleccionar Factor según Técnica (Marque una X en casilla)
	Técnica con una mano (A)	0,75	
	Técnica a nivel de tronco (B)	0,61	
	Técnica a Nivel de Caderas (C)	0,60	
	Técnica Asimétrica (D)	0,51	
	Técnica Simétrica sobre Hombros (E)	0,49	

Seleccione factor según técnica aplicada - Columna

Técnicas de Menor a Mayor Carga Física Columna	Técnica	Factor	Seleccionar Factor según Técnica (Marque una X en casilla)
	Técnica con una mano (A)	0,99	
	Técnica a nivel de tronco (B)	0,97	
	Técnica a Nivel de Caderas (C)	0,95	
	Técnica Asimétrica (D)	0,84	
	Técnica Simétrica sobre Hombros (E)	0,84	

Descripción técnicas

Técnica	Descripción Gráfica	Descripción
Técnica a nivel de Tronco		Sujeción de material con flexión de 90 grados de codo con brazo paralelo a tronco.
Técnica Simétrica sobre nivel de Hombro		Sujeción de material con flexión sobre el nivel de hombro.
Técnica Asimétrica		Sujeción de material con una mano próximo a la línea de hombro a la altura de ojo y otra mano a la altura de las caderas.
Técnica a Nivel de Caderas		Sujeción de material con brazos estirados levemente separado del cuerpo bajo el nivel de las caderas.
Técnica con una mano		Sujeción de material con una mano con brazo estirado por lateral separado del cuerpo.

Datos relevantes tarea:

Conclusiones:

9 REFERENCIAS

- BORG, E. and KAIJSER, L. (2006), A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16, pp 57–69
- BORG, G. (1998) Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL: Human
- BUCHHOLZ, B.; and PAQUET, V. PATH (1996) A Work Sampling-Based Approach to Ergonomic Job Analysis for Construction and Other Non-Repetitive Work. *Applied Ergonomics*, 1996, vol. 27, no. 3, pp. 177-178-187.
- CERDA, E.; and MONDELO, P. (2006) Ergonomics in the Construction Sector: The EC2 Method. IEA World Congress Maastrich, Netherland ed.
- CERDA, E. et al.(2010) La Ergonomía en el Sector Construcción: Método EC2. *Revista Ciencia y Trabajo*, vol 34, pp. 188-192.
- CERDA, E. (2013). "Modelo Conceptual de Proceso de Evaluación de Factores Ergonómicos en Tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétrica en el Sector de la Construcción". Universitat Politecnica de Catalunya. Tesis Doctoral. Disponible en: <http://www.tesisenxarxa.net>
- CERDA, E. et al.(2014) Revisión de proceso de evaluación y fórmula de cálculo de límite de peso recomendado en Método EC2 para la Evaluación en Tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétrica. *ORP Journal* ,vol 1, pp. 19-36.
- DAVIS, K. G.; and MARRAS, W. S. (2000) The Effects of Motion on Trunk Biomechanics. *Clinical Biomechanics*, Dec, 2000, vol. 15, no. 10, pp. 703-717.
- DEDERING, A. et al. (2000) Between-Days Reliability of Subjective and Objective Assessments of Back Extensor Muscle Fatigue in Subjects without Lower-Back Pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, vol. 10, no. 3, pp. 151.
- DEDERING, A., et al. (1999) Correlation between Electromyographic Spectral Changes and Subjective Assessment of Lumbar Muscle Fatigue in Subjects without Pain from the Lower Back. *Clinical Biomechanics*, vol. 14, no. 2, pp. 103.
- DEMPSEY, P. (1999) Utilizing Criteria for Assessing Multiple-Task Manual Materials Handling Jobs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 24, no. 4, pp. 405-416.

- DEMPSEY, P.; and MATHIASSEN, S. (2006) On the Evolution of Task-Based Analysis of Manual Materials Handling, and its Applicability in Contemporary Ergonomics. *Applied Ergonomics*, vol. 37, no. 1, pp. 33-34-43.
- FERGUNSON, S. A., and MARRAS W.S. (1997). Literature Review of Low Back Disorder Surveillance Measures and Risk Factors. *Clinical Biomechanics*. vol 12, nº 4, pp 211-212-226.
- FORDE, M. S., and BUCHHOLZ, B. (2004). Task Content and Physical Ergonomic Risk Factors in Construction Ironwork. *International Journal of Industrial Ergonomics*. vol 34, nº 4, pp 319-320-333.
- GRANT, K.; HABES, D. and PUTS-ANDERSON, V. (1994) Psychophysical and EMG Correlates of Force Exertion in Manual Work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 13, no. 1, pp. 31.
- INSHT. (2003). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la Manipulación Manual de Cargas. Madrid, España:(Ministerio de trabajo e inmigración).
- ISO. (2010). ISO 11228-1:2010, Manual Handling. In Lifting and carrying.
- KANKAAPÄÄ, M., TAIMELA, S., WEBBER, C., AIRAKSINEN, O., HÄNNINEN O. (1997) Lumbar Paraespinal Muscle Fatigability in Repetitive Isoinertial Loading: EMG Spectral Indices, Borg Scale and Endurance Time. *European Journal Applied Physiology*, vol. 76, pp. 236-237-242.
- KUMAR, S. (1999). *Biomechanics in Ergonomics*. London, MA: Taylor & Francis,
- MARRAS, S.W., DAVIS, K.G. (1998) Spine Loading during Asymmetric Lifting using One Versus Two Hands. *Ergonomics*, vol. 41, no. 6, pp. 817-818-834.
- MARRAS, W.S., MIRKA, G. (1989) Trunk Strength during Asymmetric Trunk Motion. *Human Factors*, vol. 31, no. 6, pp. 667-668-677.
- MICHIGAN, U. o. (2014). *3DSSPP user's manual* (6.0.6 ed.).
- MINISTERIO DEL TRABAJO. GOBIERNO DE CHILE. (2005). Ley 20.001. Regula El Peso Máximo De Carga Humana.
- MONNINGTON, S., et al. *Contemporary Ergonomics* (2003). *Development of Manual Handling Assessment Charts (MAC) for Health and Safety Inspectors*.
- PAN, C., AND CHIOU, S. (1999) Analysis of Biomechanical Stresses during Drywall Lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1999, vol. 23, no. 5-6, pp. 505-506-511.

- PAN, C., CHIOU, S., and HENDRICKS, S. (2003) The Effect of Drywall Lifting Method on workers balance in a Laboratory - Based Simulation. *Occupational Ergonomics*, vol. 3, pp. 235-236-249.
- PAQUET, V., PUNNET, L. and BUCHHOLZ, B. (1999). An Evaluation of Manual Materials Handling in Highway Construction Work. *International Journal of Industrial Ergonomics*. vol 24, n° 4, pp 431-444
- PUNNET, L., and WEGMAN, D. (2004). Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and the Debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. Vol. 14 n° 1, 13-14-23.
- TAKALA, E. P., et al. (2010) Systematic Evaluation of Observational Methods Assessing Biomechanical Exposures at Work. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, Jan, 2010, vol. 36, no. 1, pp. 3-24.
- WATERS, T., and PUTZ-ANDERSON, V. (1993). Revised Niosh Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics*. vol 36, n° 7, pp 749-750-776.
- WATERS, T. R., LU, M. L., and OCCHIPINTI, E. (2007). New Procedure for Assessing Sequential Manual Lifting Jobs using the Revised NIOSH Lifting Equation. *Ergonomics*. vol. 50, n° 11, pp 1761-1770.
- YOON, H. Y.; and SMITH, J. L. (1999) Psychophysical and Physiological Study of One-Handed and Two-Handed Combined Tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 24, no. 1, pp. 49-60.

10 ANEXOS

10.1 ANEXO – CONSENTIMIENTO INFORMADO

Consentimiento informado del proyecto “Desarrollo de Tablas de Evaluación y Factores de Ponderación del Riesgo asociado a Tipos de Técnicas Manipulación en tareas con Manipulación Manual de Cargas Dinámico Asimétricas”

Santiago, ____ de _____ del 2014

Nombre del Investigador principal: Dr. Ergónomo Eduardo Cerda Díaz, docente de la, cuyo teléfono es el +56229786513

R.U.T. 13.419.027-2

Institución: Escuela de Kinesiología de la Universidad de Chile

Le estamos invitando a participar en el proyecto de investigación Desarrollo de Tablas de Evaluación y Factores de Ponderación del Riesgo asociado a Tipos de Técnicas Manipulación en tareas con Manipulación Manual de Cargas Dinámico Asimétricas debido a estar dentro del grupo capaz de trabajar en Chile (18 a 65 años) y no tener antecedentes mórbidos de alguna enfermedad músculo-esquelética.

El propósito de este estudio es obtener datos para Desarrollar tabla de evaluación y validación de factor de ponderación del riesgo del factor técnico de manipulación en tareas con manipulación manual de cargas, que serviría a su vez como indicador de riesgo en tareas con manipulación manual de cargas para trabajo en terreno. El estudio incluirá un número total de 100 personas en edad laboral de la comunidad de la universidad de Chile.

Si Ud. acepta participar será sometido, por un período de 40 minutos a los siguientes procedimientos:
a) Captura de la actividad electromiografía en laboratorio, en el desarrollo de diferentes actividades en conjunto con la captura de imágenes para el análisis cinemático articular (a través de electrodos y sensores de movimiento distribuidos superficialmente en columna lumbar y extremidades superior e inferior) y la percepción de esfuerzo mediante la escala de Borg CR 10. Todas estas mediciones no son invasivas y no implican riesgo para la salud de la persona, las cuales serán ejecutadas por los investigadores de la Universidad de Chile y desarrolladas en el Laboratorio de Ergonomía y Análisis del movimiento de la Universidad de Chile.

La realización de estas pruebas y técnicas de evaluación de fuerza muscular puede acompañarse de una sensación de cansancio muscular en la musculatura evaluada, un proceso esperable y no nocivo. Cualquier otro efecto que Ud. considera que puede derivarse al protocolo de estudio, deberá comunicarlo a Dr. Eduardo Cerda en el teléfono 29786513. Esta actividad de investigación no implica costo alguno para Ud. Por otro lado, Ud. no recibirá ninguna compensación económica por su participación en el estudio. No obstante, se podrá ver beneficiado ya que este estudio significará para el

progreso del conocimiento y una mejora en la calidad laboral y de vida de trabajadores chilenos, junto a permitirle conocer información de su salud como el peso y la talla, junto a ser notificada toda sospecha clínica de alguna enfermedad músculo-esquelética identificada durante la evaluación.

Toda la información derivada de su participación en este estudio será conservada en forma de estricta confidencialidad, lo que incluye el acceso de los investigadores o agencias supervisoras de la investigación. Cualquier publicación o comunicación científica de los resultados de la investigación será completamente anónima y exclusivamente con motivos docentes y de investigación. Su participación en esta investigación es totalmente voluntaria y se puede retirar en cualquier momento, comunicándolo al investigador, sin que ello signifique modificaciones en su relación con la comunidad universitaria.

Usted recibirá una copia íntegra y escrita de este documento firmado. Si usted requiere cualquier otra información sobre su participación en este estudio puede comunicarse con:

Investigador: Dr. Eduardo Cerda

Autoridad de la Institución: Klgo. Mario Herrera

Otros Derechos del participante

En caso de duda sobre sus derechos comunicarse con el Presidente Comité de Ética de Investigación en Seres Humanos Dr. Manuel Oyarzún G., Teléfono: 29786923, Email: ceiha@med.uchile.cl. Ubicados en Dpto. Bioética y Humanidades Médicas, 3 piso, Av. Independencia 1027, Comuna de Independencia.

10.2 ANEXO – PROTOCOLO DATOS GENERALES

Contenidos Generales:

- Número de ficha:
- Nombre del evaluado:
- Edad:
- Género:
- Teléfono:
- Mail:
- Nombre del evaluador:

Contenidos Específicos del sujeto.

- Estatura:
- Peso: Cuantificar el peso (kg) y estatura (mts) de cada sujeto en Balanza de pedestal DETECTO. Sujeto sin calzado y ropa ligera (short y camiseta)
- Lateralidad:

Materiales requeridos

Revisar presencia de equipamiento.

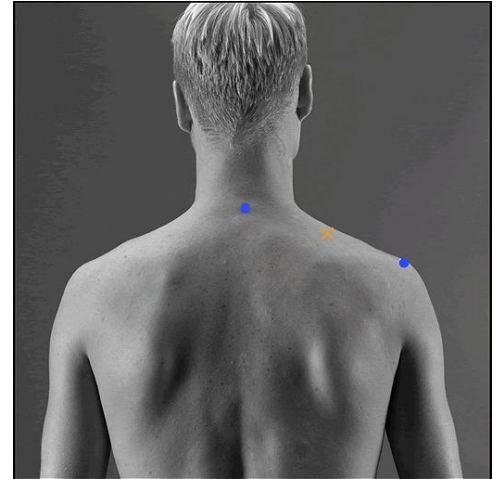
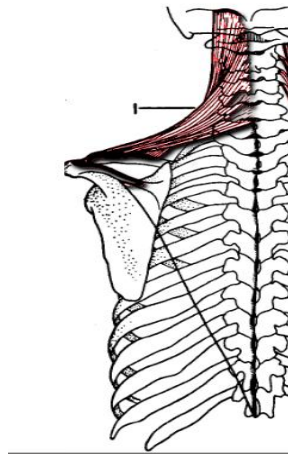
- Computador
- Sistema BTS Smart
- Programa 3DSSPP
- Equipo de electromiografía BTS
- Equipo BTS (3D). Calibrado.
- 6 electrodos de superficie
- 12 Pegatinas por persona
- 24 marcadores reflectantes
- Gel
- Alcohol
- Algodón
- Tela adhesiva
- Camilla
- Objeto a manipular

10.3 ANEXO – DEFINICIÓN UBICACIÓN ELECTRODOS SENIAM

Se describe la definición técnica de la ubicación de los electrodos de EMG que permitan realizar el análisis electromiográfico de la musculatura definida por protocolo. Los resultados de cada uno de estas mediciones se añadirán a planilla de captura de datos según protocolo.

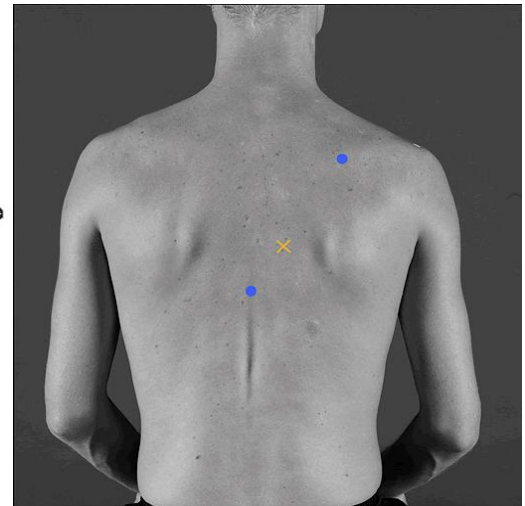
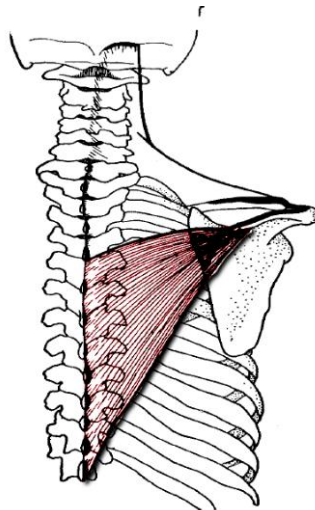
▪ Trapecio superior.

Los electrodos deben ser colocados en el punto medio entre una línea trazada desde el acromion a la columna vertebral en la vértebra C7. Orientación: en la dirección de la línea entre el acromion y la columna vertebral de la vértebra C7.



▪ Trapecio Inferior:

Los electrodos deben ser colocados a 2/3 en la línea de la espina de la escápula a la 8° vértebra torácica. Orientación: en la dirección de la línea entre T8 y el acromion.

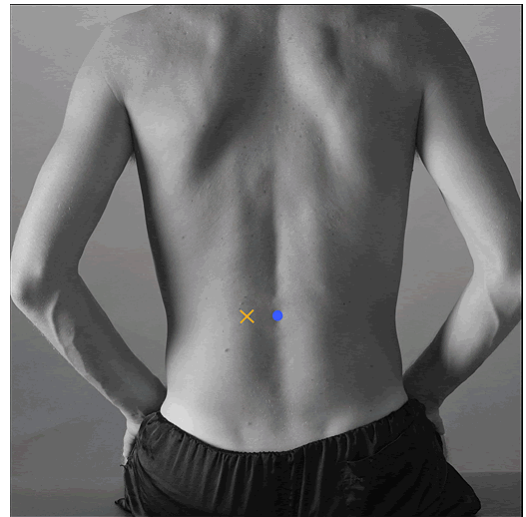


- **Erectores espinales.**

En posición de pie, los electrodos deben ser colocados a 2 dedos de distancia, lateral al Proceso espinoso de L1. Orientación vertical.

Referencias: Proceso espinoso L4 a nivel de las crestas ilíacas.

Comprobar electrodos inclinándose hacia atrás.



10.4 ANEXO – PERCEPCIÓN DEL ESFUERZO

Se debe explicar al sujeto la tabla de valoración de Percepción de Esfuerzo, para que luego de la realización de cada técnica responda según su percepción en base a la Escala CR10 dispuesta en el laboratorio.

Definido por protocolo, posterior al desarrollo de la técnica ejecutada, se realizará la siguiente pregunta:

¿Cuál es el nivel de esfuerzo percibido según la Escala de Percepción de esfuerzo en extremidad superior?

Respuesta:

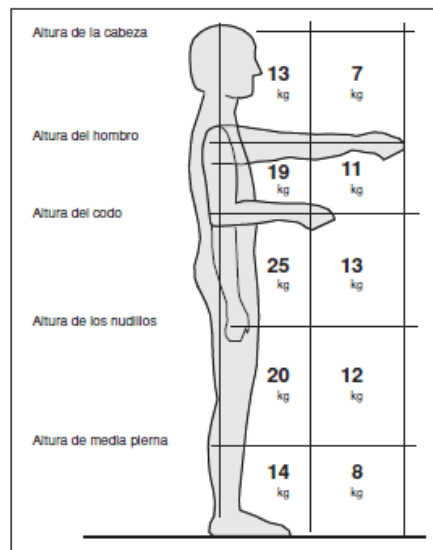
Nivel Indicador	Valor	Denominación	% Contracción Voluntaria Máxima
	0	Nada en absoluto	0%
	0,5	Muy, muy débil	0%
	1	Muy débil	10%
	2	Débil	20%
	3	Moderado	30%
	4	Moderado +	40%
	5	Fuerte	50%
	6	Fuerte +	60%
	7	Muy Fuerte	70%
	8	Muy, muy fuerte	80%
	9	Extremadamente fuerte	90%
	10	Máximo	100%

10.5 ANEXO – PESO DE LA CARGA Y SENDERO DE MARCHA

En base a lo planteado en la Guía Técnica para Evaluación de la Manipulación Manual de Carga, edición año 2003, dictada por el Instituto Nacional Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, en cuanto se refiere a la posición de la carga con respecto al cuerpo, define pesos teóricos recomendados en función de la zona de manipulación, estableciéndose rango recomendados entre 7 kg. para las tareas con manipulación manual de carga sobre el nivel de hombros (altura de la cabeza) y 25 kg cuando la manipulación se realice en zona de tronco (altura de codo).

Estos pesos se fundamentan en base a que “la combinación del peso con otros factores, como la postura, la posición de la carga, etc., que va a determinar que estos pesos recomendados estén dentro de un rango admisible o, por el contrario, supongan todavía un riesgo importante para la salud del trabajador” (INSHT 2003)

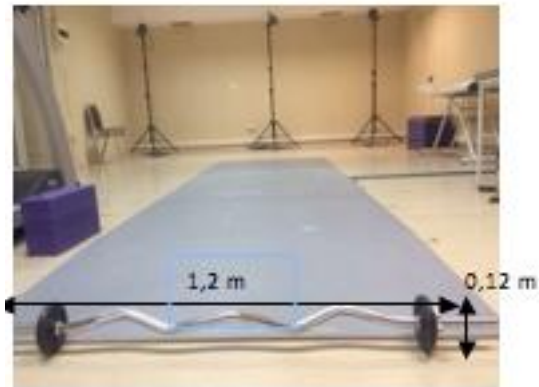
Ilustración 24. Peso teórico recomendado en función a la zona de manipulación, según lo descrito en Guía Técnica para Evaluación de la Manipulación Manual de Carga del INSHT, España.



De las consideraciones técnicas del material a utilizar en el presente estudio, este se denomina “barra Z”, teniendo como características ser de acero, con un diámetro de 25mm, un peso de 5 kg, tamaño 120 cm de largo y 2.54 cm de alto, a la cual se le adosan 2 discos de fierro a cada extremo, de radio 6 cm y de 1 kg de peso cada uno.

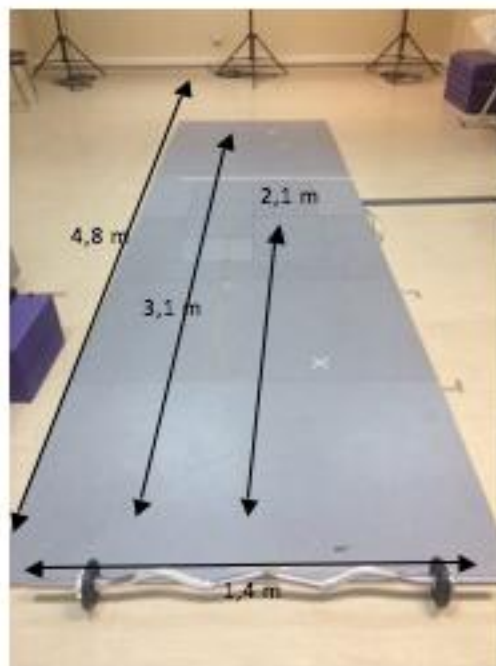
De esta manera, la carga final equivale a 7 kg de peso, que corresponde a 69,6465 N.

Ilustración 25. Barra Z



En relación al sendero de marcha, este corresponde al área en donde los sujetos de estudios serán evaluados al realizar las diferentes técnicas del estudio. Alrededor de esta zona están dispuestas las seis cámaras infrarrojas que captarán los movimientos realizados, junto a otra cámara de video digital dispuesta por lateral. Las dimensiones del sendero son de 4,8 m de largo por 1,4 m de ancho. Los límites para nuestro estudio será el punto situado a 2,1 m desde el inicio denominado “área de asimetría”, hasta los 3,1 m que corresponderá al área de depósito de la carga.

Ilustración 26. Sendero de Marcha



10.6 ANEXO – INSTRUCCIONES PARA EL PROTOCOLO

Las instrucciones del protocolo de estudio establecido para cada sujeto se explican a continuación:

Paso 1: Explicar al sujeto la prueba a realizar. Para la técnica asignada se debe realizar los siguientes gestos técnicos: Tiempo estimado: 120 segundos

A continuación se explica la prueba a realizar (Dirigirse al sujeto):

- **Gesto 1 “Ascenso”:** Desde posición bípeda en la línea de inicio demarcada, tomar la barra que se encuentra en el suelo con agarre palmar completo, con una o dos manos según técnicas 1,2,3,4 ó 5. Desde el suelo volver a posición bípeda. Al final del gesto 1 debe posicionar los brazos según la técnica a ejecutar.
- **Gesto 2 “Avance”:** En forma continua y una vez terminado el gesto 1, debe avanzar y transportar la barra en línea recta por el sendero de marcha pasando por la plataforma de fuerza sin detenerse hasta llegar a la línea final demarcada.

La distancia entre línea de inicio y plataforma de fuerza del sendero de marcha es de 2,10 m. De esta forma, para el tratamiento de los datos, se seleccionará el tiempo (en segundos) tomando como referencia la activación de la plataforma de fuerza y los datos obtenidos a partir de este tiempo serán los utilizados para el análisis cinemático articular y de electromiografía de superficie.

- **Gesto 3 “Final”:** En forma continua y una vez terminado el gesto 2, posicionado en la línea final manteniendo la postura del gesto 2, dejar la barra en el suelo con flexión de piernas y volver a posición bípeda en ese mismo lugar. Mantenerse en posición bípeda por 5 segundos.

Paso 2: Solicitar al sujeto evaluado realizar la técnica asignada a estudiar, con una maqueta del objeto para evitar fatiga, a modo de prueba y para revisar si los canales de los sensores de movimiento y EMG están activos. Se chequearán las señales en el software BTS. Tiempo estimado: 180 segundos

Paso 3: Realizar la prueba para tomar muestra

- Tiempo estimado para la ejecución de cada técnica: 20 s
- Luego de la ejecución de cada técnica se pregunta percepción de esfuerzo de Extremidad Superior según escala CR 10.
- Tiempo estimado total: 10 minutos.

Paso 4 : Rellenar hoja de campo

Paso 5 : Preparación del sujeto para prueba de CMV. Tiempo de descanso para el sujeto.

10.7 ANEXO – HOJA DE CAMPO DE LABORATORIO

A continuación se presenta hoja de campo:

Acciones a ejecutar:

Etapa 1: Preparación de prueba

Paso 1: Obtener datos del sujeto (Incluye información de prueba)

Paso 2: Revisión de material para prueba

Paso 3: Explicar al sujeto los pasos a seguir en el protocolo de laboratorio.

Tiempo estimado: 10 minutos

Etapa 2: Ubicación de Electrodos (según descripción protocolo)

Paso 1: Limpiar área

Paso 2: Ubicar electrodos

Tiempo estimado: 5 minutos

Etapa 3: Ubicación de marcadores (según descripción protocolo)

Paso 1: Ubicar marcadores

Paso 2: Revisión de posicionamiento

Tiempo estimado: 10 minutos

Etapa 4: Revisar calibración y funcionamiento sistema (según descripción protocolo)

Paso 1: Revisión de electrodos

Paso 2: Revisión de sistema 3D

Tiempo estimado: 10 minutos

Etapa 5: Prueba de Laboratorio

Paso 1: Explicar al sujeto la prueba a realizar

Paso 2: Solicitar al sujeto evaluado realizar la técnicas a estudiar, según tabla de muestreo aleatorio simple – Ensayo

Paso 3: Realizar toma de muestra

Paso 4: Rellenar hoja de campo

Tiempo estimado 10 minutos

Etapa 6: Evaluación %MCV (según descripción protocolo)

Paso 1: Explicar prueba a sujeto

Paso 2: Evaluar trapecio superior

Paso 3: Evaluar trapecio inferior

Paso 4: Evaluar erectores lumbares

Tiempo estimado: 10 minutos

- Tiempo total estimado por sujeto: 55 minutos.

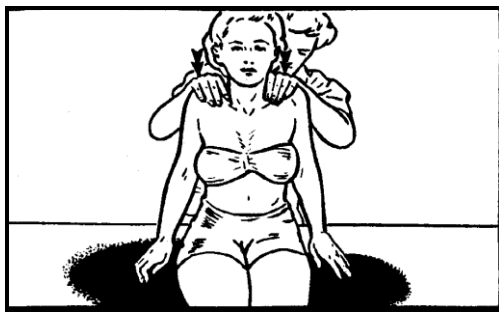
10.8 ANEXO – EVALUACIÓN MÁXIMA CONTRACCIÓN VOLUNTARIA

A continuación se describen las posiciones de ejecución de prueba de fuerza máxima según grupo muscular evaluado, en base a las pruebas funcionales musculares de Daniels / Worthingham's.

- **Prueba de Trapecio Superior. (Elevación de la escápula)**

Se coloca al sujeto sentado con los brazos a los lados del cuerpo. El sujeto eleva los hombros lo más posible. Se aplica resistencia empujando hacia abajo los hombros.

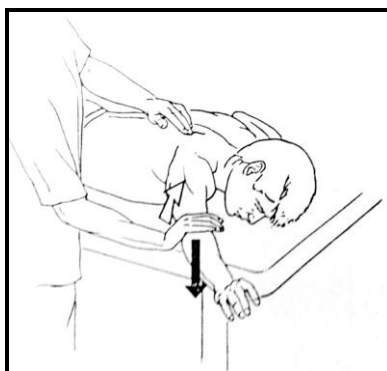
Ilustración 27. Evaluación Trapecio Superior



- **Prueba Trapecio Inferior (Depresión y aducción de la escápula)**

El sujeto en decúbito prono, se debe dar las siguientes instrucciones: “Eleve el brazo de la mesa tan alto como sea posible. Manténgase así. No permita que lo empuje hacia abajo”. La resistencia se aplica en el húmero distal, inmediatamente sobre el codo, hacia el suelo en línea recta. El sujeto eleva el brazo hasta alcanzar la altura del plano de la oreja y mantiene frente a la máxima resistencia.

Ilustración 28. Evaluación Trapecio Inferior



- **Extensión de tronco.**

(Extensión del raquis lumbar) El sujeto se pone en decúbito abdominal. Se fija la pelvis. El sujeto extiende el raquis lumbar hasta que la parte inferior del tórax se despegue de la mesa: se aplica resistencia en la región dorsal baja.

Ilustración 29. Evaluación de Tronco



- **Tiempo estimado para evaluar Máxima Contracción Voluntaria:**
 - Trapecio superior: 30 segundos
 - Trapecio inferior: 60 segundos (2 pruebas – dos lados)
 - Extensión de tronco: 30 segundos
 - Tiempo de descanso entre pruebas: tiempo que tarda el evaluar en explicar la siguiente (60 segundos más tiempo inicial de explicación 120 segundos).
 - Tiempo total estimado prueba % MCV: 6 a 8 minutos.

10.9 ANEXO PUNTAJE Z – ESTRATEGIA REEMPLAZADA

Como se estableció en primera instancia, el puntaje Z iba a ser la herramienta estadística para integrar los resultados de las variables medidas, y así generar los factores finales. Sin embargo, tras su realización y procesamiento, esta herramienta no cumple con las características necesarias para generar el instrumento, esta conclusión se debe a que los valores en puntaje Z de cada una de las variables encubrían los valores de otras, limitando el análisis cualitativo requerido. Esto deriva, finalmente, en el desarrollo de un siguiente esquema de procesamiento, que ha sido descrito en resultado.

A continuación se describe procesamiento, resultados y conclusión de la obtención del puntaje Z:

Procesamiento:

El puntaje Z es una medida estadística que relaciona cada valor de la muestra con el promedio del grupo a evaluar en base a la variación de los datos, medida por la desviación estándar (Figura X).

Ilustración 30 Resumen del procesamiento de datos para la obtención de puntaje Z.

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

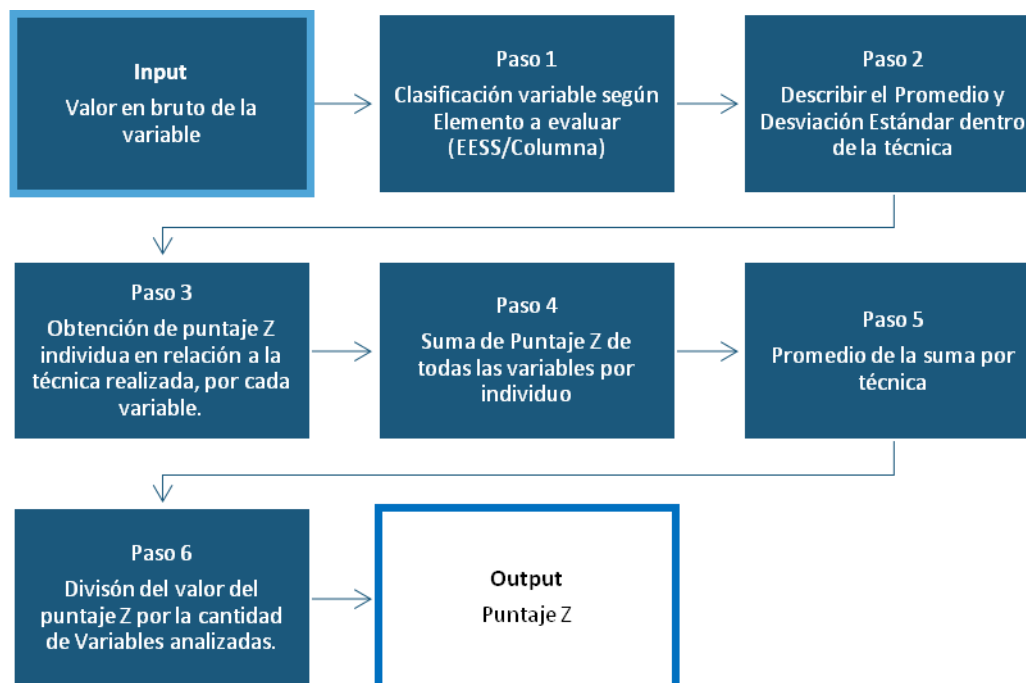
Fórmula del puntaje Z, donde x es el valor de cada sujeto, μ es el promedio del grupo a comparar, y σ es la desviación estándar del grupo a comparar (Fuente: Elaboración propia)

Un puntaje Z de 0 significa que el valor es igual al promedio; un valor negativo significa que el valor es inferior al promedio, mientras que valores positivos son valores superiores al promedio.

En conclusión, mientras más alejado del 0 (negativo o positivo), mayor será la distancia del valor con su promedio. En el presente informe, se describe el desarrollo del puntaje Z en relación al promedio de la técnica utilizada.

El procedimiento realizado se presenta en la siguiente ilustración y se pasa a desglosar a continuación:

Ilustración 31. Resumen del procesamiento de datos para la obtención de puntaje Z.



(Fuente: Elaboración propia)

Primero, se tomaron las variables utilizadas, y se clasificadas en si estaban asociadas a EESS o a columna (paso 1). Posteriormente se realiza el Paso 2, el cual consiste en obtener los estadísticos solicitados por el puntaje Z, el promedio y la desviación estándar en cada técnica. Luego, se utiliza la fórmula mencionada anteriormente para el cálculo del puntaje Z por persona (Paso 3).

Por consiguiente, se suman los valores de cada sujeto por cada variable correspondiente al proceso elegido (Ver tabla). Para obtener la suma del puntaje Z de cada sujeto (Paso 4). Una vez realizado el paso anterior, se promedian los 20 puntajes Z por técnica, para obtener el valor del puntaje Z por técnica.

Finalmente, se divide cada puntaje Z final por la cantidad de variables involucradas en la generación del puntaje Z.

Tabla 14. Alternativas como resultado final del puntaje Z para EESS y Columna

Elemento Evaluado	Factor	N° de Variables Involucradas	Variables incluidas	Decisión
EESS	EESS Todos	6	A) Escala CR10 EESS; B) Torque de Hombro (Nxm); C) % Trap asc DER DINAMICO FINAL; D) % Trap asc IZQ DINAMICO FINAL; E) % Trap Desc DER DINAMICO FINAL; F)% Trap Desc IZQ DINAMICO FINAL	Poco útil, dado que cada variable enmascara a la otra.
	EESS Trapecios	4	A) Escala CR10 EESS; B) Torque de Hombro (Nxm); C) % Trap asc DER/IZQ DINAMICO FINAL MAYOR; E) % Trap Desc DER/IZQ DINAMICO FINAL MAYOR	
	EESS TS	3	A) Escala CR10 EESS; B) Torque de Hombro (Nxm); C) % Trap asc DER/IZQ DINAMICO FINAL MAYOR	
Columna	Columna EE	4	a) F Compresión L5/S1 (N); b) Torque L5/S1 (Nxm); c) % EE DER DINAMICO FINAL; d) % EE IZQ DINAMICO FINAL	No sirve ya que todos son iguales
	Columna EE mayor	3	a) F Compresión L5/S1 (N); b) Torque L5/S1 (Nxm); c) % EE DER / IZQ DINAMICO FINAL MAYOR	De mayor utilidad y permite diferenciar entre técnica

Resultados

En la siguiente tabla se expresa el puntaje Z calculado para las alternativas planteadas para EESS y Columna.

Tabla 15. Alternativas de puntaje Z para Extremidad Superior y Columna

Suma de puntaje Z final					
	EESS Todos	EESS Trapecios	EESS TSup mayor	Columna EE	Columna EE mayor
Técnica a nivel de tronco	-0,017	0,084	0,071	0,000	0,079
Técnica Simétrica sobre Hombros	0,000	0,154	0,088	0,000	0,099
Técnica Asimétrica	0,000	0,244	0,135	0,000	0,077
Técnica a Nivel de Caderas	0,000	0,136	0,080	0,000	0,066
Técnica con una mano	0,000	0,211	0,126	0,000	0,117

EESS: Extremidades Superiores; Trapecios: TSup: Trapecio Superior; EE: Músculos Erectores espinales; EE mayor: Se incluye al mayor valor de los Erectores Espinales (Derecho o izquierdo).

Conclusión

En base a los resultados obtenidos por los tres factores generados para EESS en base al puntaje Z, no se expresan como un diferenciador útil o una herramienta que haga evidente el impacto que tiene cada técnica sobre la persona. De estos, el de mayor utilidad para comparar entre técnicas fue el estadístico que incluía al torque de hombro, percepción de esfuerzo y al valor mayor del músculo trapecio superior y del músculo trapecio inferior. Sin embargo, las diferencias entre factores son muy bajas junto a existir disminución de la relevancia una variable en relación a otra (por la inclusión de variables que no tienen diferencias estadísticamente significativas), disminuyendo su efectividad como indicador.

En base a los resultados obtenidos por los dos factores generados para columna en base al puntaje Z, no se expresan como un diferenciador útil o una herramienta que haga evidente el impacto que tiene cada técnica sobre la persona, ya sea porque los valores son muy cercanos a cero (y por lo mismo muy similares), junto a que vuelve a ocurrir encubrimiento de diferencias, al incluir las variables sin diferencia estadísticamente significativas.

10.10 ANEXO - RESUMEN EXTENDIDO “CARGA BIOMECÁNICA SOBRE EESS POR TÉCNICA Y GÉNERO

Tabla 16. Resumen Extendido Principales Variables

	Técnica a nivel de tronco		Técnica Simétrica sobre Hombros		Técnica Asimétrica		Técnica a Nivel de Caderas		Técnica con una mano		Valor de p para diferencias entre técnicas*	Valor de p para diferencias entre género**
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
TH (Nxm)	18,2 (5,7)	19 (10,8)	31,5 (2,9)	25,5 (3,8)	35,2 (5,3)	28,8 (3,1)	18,6 (6,8)	14,9 (7,7)	13,1 (7,5)	10,9 (8,4)	0,001	0,23
CR10	1 (1,3)	2 (1)	2 (2,5)	3 (2,5)	2 (1,5)	4 (2)	2 (0,5)	2 (1,5)	1 (2,5)	3 (1,5)	0,006	0,001
TSD	13,4 (31,2)	16 (15,9)	25,4 (23,7)	47,2 (82,6)	25,6 (21,3)	35,4 (30,6)	11,4 (14,5)	22,4 (19)	14,5 (32,1)	18,6 (30,2)	0,022	0,045
TSI	11 (16,4)	20,6 (23)	29,8 (30,6)	40 (53,3)	18,6 (21,3)	34,6 (30,6)	12,5 (17,7)	16,9 (19)	6,9 (12,7)	14 (30,2)	0,004	0,036
TID	24,2 (26,2)	23,1 (15,9)	48,8 (61,8)	62,1 (62,8)	57,9 (32,7)	49,9 (27,1)	36,5 (32,4)	33,9 (34)	7,3 (50,1)	14,9 (33,9)	0,001	0,49
TII	13,8 (18,2)	20,4 (19,2)	63,9 (77,8)	52,6 (76,3)	31 (53,2)	45,4 (67,1)	28,7 (28,8)	26 (20,2)	4,40 (36,3)	15,6 (18,7)	0,001	0,33

Se expone la mediana y el rango intercuartílico ente paréntesis: “Mediana (RIC)”. H: Hombre; M: Mujer; TH: Torque de Hombro; CR10: Percepción de Esfuerzo según CR-10; Trapecio Superior Derecho; Trapecio Superior Izquierdo; Trapecio Inferior Derecho: TID; Trapecio Inferior Izquierdo: TII. *Incluyendo ambos géneros.

10.11 ANEXO- RESUMEN EXTENDIDO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE LA BIOMECÁNICA SOBRE COLUMNA POR TÉCNICA Y GÉNERO”

“CARGA

Tabla 17. Resumen Extendido Principales Variables

G	Técnica a nivel de tronco		Técnica Simétrica sobre Hombros		Técnica Asimétrica		Técnica a Nivel de Caderas		Técnica con una mano		Valor de p para diferencias entre técnicas*	Valor de p para diferencias entre género**
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M		
FC (N)	1416 (288,5)	1314 (493)	1412 (360)	1199,5 (238)	1633 (429)	1357 (283)	1467 (308,5)	1156 (125)	1502 (243)	1190 (356,5)	p = 0,139	p < 0,001
T L5/S1 (Nxm)	67,2 (21,3)	59,9 (31,6)	65,4 (24,8)	52,4 (14,9)	81,3 (25,2)	62 (16,9)	73,7 (20,8)	50,9 (10,9)	71,7 (18,9)	49,2	p = 0,089	p < 0,001
EED	9,8 (21,5)	13,5 (12,3)	22,7 (23,2)	27,8 (17,7)	34,4 (19,8)	21,1 (17,2)	22 (15,9)	10,8 (5,4)	6,4 (16,7)	9,4 (11,8)	p < 0,001	p = 0,689
EEL	15,3 (22,3)	15 (11,5)	29,5 (19,5)	28,7 (21,9)	31,4 (23)	24,8 (33,9)	16,6 (17,3)	12,3 (5,5)	12,5 (17,1)	16,1 (14,1)	p < 0,001	p = 0,681

Se expone la mediana y el rango intercuartílico ente paréntesis: “Mediana (RIC)”. H: Hombre; M: Mujer; G: Género; FC: Fuerza Compresiva; T L5/S1: Torque a nivel de L5/S1; EED: Erectores Espinales Derechos; EEL: Erectores Espinales Izquierdos. *Incluyendo ambos géneros; **Incluyendo todas las técnicas.

10.12 ANEXO – FACTORES INTERMEDIOS POR VARIABLES – MIEMBRO SUPERIOR

Tabla 18 - Base de datos de factores intermedios por variable Miembro Superior

		<i>Técnica 1</i>	<i>Técnica 2</i>	<i>Técnica 3</i>	<i>Técnica 4</i>	<i>Técnica 5</i>	<i>Suma de factores (resultados globales)</i>
<i>Torque de Hombro</i>	<i>Mediana</i>	18,6	28,8	30,9	17,1	11,6	
	<i>Factor Positivo</i>	1,603	2,483	2,664	1,474	1,000	9,224
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,174	0,269	0,289	0,160	0,108	
	<i>Factor Negativo</i>	5,753	3,715	3,463	6,257	9,224	28,412
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,202	0,131	0,122	0,220	0,325	
	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,592	0,521	0,512	0,610	0,715	
<i>Percepción de Esfuerzo CR-10</i>	<i>Mediana</i>	1,5	2,5	3	2	2,5	
	<i>Factor Positivo</i>	0,600	1,000	1,200	0,800	1,000	4,600
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,130	0,217	0,261	0,174	0,217	
	<i>Factor Negativo</i>	7,667	4,600	3,833	5,750	4,600	26,450
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,290	0,174	0,145	0,217	0,174	

	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,680	0,564	0,535	0,607	0,564	
<i>Trapezio Superior Derecho</i>	<i>Mediana</i>	15,5	28,9	29,8	13,55	16,95	
	<i>Factor Positivo</i>	0,914	1,705	1,758	0,799	1,000	6,177
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,148	0,276	0,285	0,130	0,162	
	<i>Factor Negativo</i>	6,747	3,619	3,509	7,718	6,170	27,764
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,243	0,130	0,126	0,278	0,222	
	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,633	0,520	0,516	0,668	0,612	
<i>Trapezio Superior Izquierdo</i>	<i>Mediana</i>	13,3	33	21,5	13,2	9	
	<i>Factor Positivo</i>	1,478	3,667	2,389	1,467	1,000	10,000
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,148	0,367	0,239	0,147	0,100	
	<i>Factor Negativo</i>	6,767	2,727	4,186	6,818	10,000	30,498
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,222	0,089	0,137	0,224	0,328	
	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,612	0,479	0,527	0,614	0,718	

<i>Trapezio Inferior Derecho</i>	<i>Mediana</i>	23,65	59,4	56,35	36,25	9,5	
	<i>Factor Positivo</i>	2,489	6,253	5,932	3,816	1,000	19,489
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,128	0,321	0,304	0,196	0,051	
	<i>Factor Negativo</i>	7,833	3,119	3,287	5,110	19,500	38,850
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,202	0,080	0,085	0,132	0,502	
	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,592	0,470	0,475	0,522	0,892	
<i>Trapezio Inferior Izquierdo</i>	<i>Mediana</i>	18,55	60,5	33,2	27,35	9,55	
	<i>Factor Positivo</i>	1,942	6,335	3,476	2,864	1,000	15,618
	<i>Factor de ponderación preliminar positivo</i>	0,124	0,404	0,221	0,182	0,064	
	<i>Factor Negativo</i>	8,083	2,478	4,516	5,482	15,700	36,259
	<i>Factor de ponderación preliminar negativo</i>	0,223	0,068	0,124	0,151	0,433	
	<i>Factor de Ponderación final por variable</i>	0,613	0,458	0,514	0,541	0,823	

10.13 ANEXO - FACTORES INTERMEDIOS POR VARIABLES – COLUMNA

Tabla 19 - Base de datos de factores intermedios por variable de Columna

Variable	VARIABLES INTERMEDIAS	Técnica 1	Técnica 2	Técnica 3	Técnica 4	Técnica 5	Suma
Erector Espinal Derechos (EED)	Mediana	12,9	25,5	25,15	15,7	7,85	
	Factor Positivo*	1,643	3,248	3,204	2,000	1,000	11,096
	1/ Factor positivo	0,148	0,293	0,289	0,180	0,090	
	Factor Negativo**	6,752	3,416	3,463	5,548	11,096	30,275
	Factor Final***	0,223	0,113	0,114	0,183	0,367	
	Factor NIOSH	0,613	0,503	0,504	0,573	0,757	
Erector Espinal Izquierdo (EEI)	Mediana	15	29,25	28,8	13,5	13,3	
	Factor Positivo*	1,128	2,199	2,165	1,015	1,000	7,508
	1/ Factor positivo	0,150	0,293	0,289	0,135	0,133	
	Factor Negativo**	6,650	3,410	3,464	7,389	7,500	28,413
	Factor Final***	0,234	0,120	0,122	0,260	0,264	
	Factor NIOSH	0,624	0,510	0,512	0,650	0,654	

10.14 ANEXO – TABLA DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Tabla 20. Conceptos de información técnica

Concepto	Pregunta	Si	No	¿Cuáles?
Despilfarros	¿Existen en el proceso productivo situaciones que no agreguen valor al proceso?			
Fuerza	¿Existen en el proceso actividades que involucren el desarrollo de fuerza por parte de los trabajadores?			
Tiempo	¿Existen situaciones en el proceso que ocupen tiempo del ciclo de trabajo en transporte, desplazamiento u otra acción similar?			
Perímetros de trabajo	¿Existen en el proceso ejecución de tareas con manipulación manual de carga en perímetros sobre los dos metros?			
Cuellos de botella	¿Existen en los procesos etapas que representen cuello de botella por la dificultad técnica que implica al trabajador ejecutar su tarea			
Ayudas técnicas	¿Existen las ayudas técnicas suficientes para ejecutar la tarea por parte del trabajador?			

10.15 ANEXO – TABLA DE INFORMACIÓN SALUD MUSCULOESQUELÉTICA

Tabla 21 Descripción Salud Musculoesquelética

Preguntas	Respuestas
¿Cuál es la frecuencia de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo por mes?	
¿Cuál es la clasificación de los trastornos musculoesqueléticos según rango etario?	
¿Cuál es la distribución de trastornos musculoesqueléticos según especialidades?	
¿Cuál es la distribución según segmento lesionado?	
¿Cuál es la distribución de enfermedades diagnosticadas según rango de días de turno?	
¿Cuál es la distribución de enfermedades según diagnóstico?	