

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

A review of the assessment process and calculation formula for recommended weight limit on EC2 method for the Evaluation of Manual Handling Tasks with Asymmetric Dynamic Load

Eduardo Cerda * - Carolina Rofríguez - G. Olivares - A. Besoain

Departamento de Kinesiología

Universidad de Chile | encerda@med.uchile.cl

Fecha de envío: 29/09/2014

Fecha de aceptación: 07/10/2014

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar la revisión del proceso de evaluación y fórmula de cálculo del límite de peso recomendado en método EC2 en la evaluación del riesgo ergonómico en tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétricas. La revisión de la fórmula del método EC2 considera la determinación de variables relevantes en el contexto de ejecución de tareas con manipulación manual de carga, permitiendo evaluar el riesgo y realizar el cálculo del límite de peso recomendado con un método cuyo constructo está orientado a evaluar este tipo de tareas. La evolución en las estrategias para la determinación del riesgo en este tipo de tareas considera el mejorar la orientación de la estrategia de evaluación para determinar en forma más precisa el comportamiento de tres variables relevantes vinculadas a la teoría del sobreesfuerzo, siendo estas la variable fuerza, el tiempo de exposición y la calidad del movimiento en el momento de ejecutar la acción. Por otra parte, la evaluación de la percepción del esfuerzo por parte del trabajador en la ejecución de acción se define como una variable importante de análisis asociado al sobreesfuerzo.

La actualización del Método EC2 considera la determinación de las siguientes variables específicas de análisis: Peso, Frecuencia, Técnicas y Posturas Combinadas, Agarre Combinado, Percepción de Esfuerzo y Dificultad de Manipulación.

Palabras clave

Manipulación manual de carga, evaluación de riesgo, ergonomía, trastornos musculoesqueléticos

Abstract

The aim of this paper is to present a review of the assessment process and formula method EC2 ergonomic risk assessment in manual handling tasks with dynamic – asymmetrical condition. The review of the formula EC2 method considers the determination of relevant variables in the execution context of tasks with manual material handling, allowing assessing risk and calculating the recommended weight limit with a method whose construct is oriented to assess this type of tasks. The evolution of strategies for risk assessment in this type of task considered the better target evaluation strategy designed to determine more accurately the behavior of three important variables related to the theory of overexertion, with these varying force, exposure time and quality of movement when executing the action. Moreover, the evaluation of perceived exertion by the workers in the performance of the task is defined as a variable associated to overexertion.

Updating the EC2 method considered in the specific evaluation process and the determination of the following specific analysis variables: weight, frequency, Techniques and Combined Postures, Coupling Combined, Perceived Effort and Difficulty Handling.

Keywords

Manual Material Handling, Ergonomics, Risk assessment and Work related musculoskeletal disorders

1. Introducción

1.1 ¿Qué es la Manipulación Manual de Carga?

En España, la manipulación manual de carga, según R.D 487/1997, se define como cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o varios trabajadores, como el levantamiento, colocación, empuje, tracción o desplazamiento, que por sus características ergonómicas inadecuadas entrañe riesgos, en particular dorsolumbares para los trabajadores.

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 & Wegman, 2004; Takala, 2010)

1.2 Evaluación en Tareas con Manipulación Manual de Cargas Dinámico Asimétricas.

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 requieren un modelo de análisis que permita analizar 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, 2010; Cerda & Mondelo, 2006)

La aplicación de la metodología EC2 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 & Paquet, 1996; Forde & Buchholz, 2004; Cerda & Mondelo, 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, Punnet and Buchholz, 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, 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 & Marras, 1997)

2. Revisión del proceso de evaluación y fórmula de cálculo límite de peso recomendado Método EC2 en tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico-Asimétrica.

Para la evaluación de riesgo en tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétricas inicialmente se debe determinar la presencia de una tarea con manipulación manual de carga o una manipulación manual de carga dinámico asimétrica. En ese contexto, para determinar la presencia de una tarea con manipulación manual de carga dinámico asimétrica se deben identificar dos características específicas, siendo estas, ejecución de tarea en un perímetro mayor a dos metros y ejecución continuada de elevación, transporte y depósito de cargas.

Una vez ejecutada la primera parte del proceso de evaluación y la determinación de una tarea con manipulación manual de carga dinámico asimétrica se inicia el proceso de evaluación con la Metodología EC2, tal y como se observa en el siguiente diagrama.

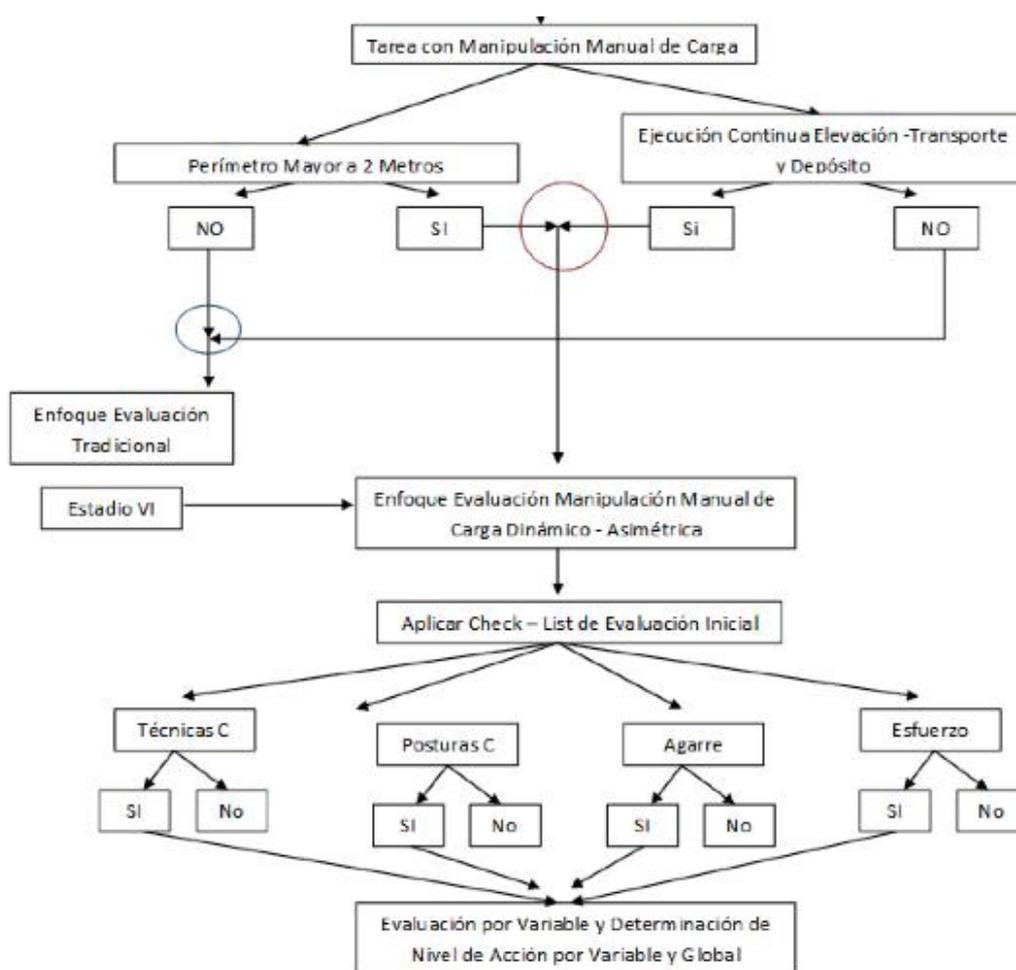


Diagrama de decisión Proceso de Evaluación

Check List Inicial – Tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétrica

La identificación de las variables estudiadas en el check list determinará que dichas variables serán estudiadas en forma específica.

A continuación se presenta el *Check List*:

Check List Modelo	Si	No
¿La manipulación manual de carga implica elevación, transporte y depósito de carga en forma continua?		
¿La manipulación manual de carga (MMC) se realiza en perímetros mayores a 2 metros desde el inicio de la MMC?		
¿Existe dificultad de manipulación representada por condiciones de estabilidad, regularidad, altura, materiales pesados, materiales de grandes dimensiones y presencia de obstáculos?		
¿Existen agarres o acomplamiento mano objetos dados por agarres en pinza, digito-palmar o palmar completo?		
¿Existe variabilidad en la tarea de técnicas de manipulación dada por la posición de las manos y segmento brazo cuando se realiza la MMC en perímetro mayor a dos metros y en forma continuada la elevación, transporte y depósito de carga?		
¿Existe variabilidad en la tarea de posturas de manipulación dada por la postura de tronco cuando se realiza la MMC en perímetro mayor a dos metros y en forma continuada la elevación, transporte y depósito de carga?		

Tabla. Check List Inicial.

2.1 Evaluación tarea con manipulación manual de carga dinámico-asimétricas

Proceso de Evaluación de Variables Específicas Tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico Asimétrica.

Este proceso de evaluación toma como antecedente técnico el Método EC2 publicado el año 2006 en el Congreso Mundial de Ergonomía de la *International Ergonomics Association*, celebrado en Maastricht, teniendo en cuenta aspectos relevantes en la evolución del mismo y en base a la estrategia de evaluación considerando la ejecución en forma continua de elevación, transporte y depósito de carga y la ejecución en perímetros sobre los 2 metros.

El proceso de evaluación en tareas con Manipulación Manual de Carga considera la evaluación de las siguientes variables:

- Peso
- Frecuencia
- Técnicas combinadas
- Posturas combinadas
- Agarre combinado
- Esfuerzo percibido
- Dificultad de manipulación

Etapas de desarrollo tarea individual o grupos de tareas

El proceso de evaluación en tareas con Manipulación Manual de Carga Dinámico – Asimétricas debe considerar las siguientes etapas y valorar la ejecución de las siguientes acciones:

Clasificación sistemática del proceso:

- Levantamiento de información relevante desde el punto de vista técnico como de salud.
- Ejecución de análisis sistémico
- Ejecución de análisis de la tarea
- Desarrollo de Tabla Índice Ergonómico
- Mapa de Riesgo Dinámico
- Evaluación de tareas particulares.

Cabe destacar que las etapas de clasificación sistemática del proceso y de desarrollo de mapa de riesgo se desarrollan cuando se abordan un grupo de tareas. Las etapas de levantamiento de información relevante, análisis sistémico y análisis de la tarea se deben desarrollar en el abordaje de tareas individuales así como también en grupos de tareas de estudio. Tal como se plantea en Cerda (2013) es relevante un análisis de lo macro a lo específico. En esta publicación puede encontrar mayor referencia para la ejecución de los procedimientos mencionados.

Análisis y ponderación de variables específicas o factores de riesgo

Si en el *check list* de entrada se presenta uno de los factores de evaluación se debe realizar una evaluación específica de tarea con manipulación manual de carga con un enfoque Dinámico-Asimétrico.

En este apartado se presenta el análisis y ponderación de variables específicas, considerando como base técnica el artículo publicado en el Congreso Mundial de Ergonomía (Cerda & Mondelo, 2006). En este modelo se evalúa el límite de peso recomendado y, a su vez, el índice de Manipulación Manual de Carga Dinámico-Asimétrica. El constructo de la fórmula es modificado con el objeto de evaluar asimetría y dinamismo en el desarrollo de tareas con manipulación manual de carga dinámico-asimétrica, determinando un constructo ajustado a la naturaleza de las tareas con manipulación

manual de cargas. (Cerde, 2013)

Como constructo de evaluación se mantiene la ponderación de las siguientes variables presentadas en la primera versión del método EC2, siendo estas: frecuencia, técnicas combinadas, posturas combinadas, agarre combinado, esfuerzo percibido y dificultad de manipulación mediante índices que fluctúan entre 0 y 1, dónde 0 es la peor condición posible y 1 es la situación ideal.

La simplificación de la fórmula de cálculo del método EC2 se desarrolla con el objetivo de adecuar la evaluación a las variables que se presentan en tareas con manipulación manual de carga y los requerimientos de dinamismo y asimetría al momento de ejecutar la actividad de evaluación.

Las modificaciones técnicas se elaboran en base a la investigación desarrollada por Cerde en el estudio y validación de los factores de riesgos asociados a tareas con manipulación manual de carga dinámico-asimétrica. En esta investigación se determina que están asociadas a las tareas con manipulación manual de carga dinámico asimétrica las siguientes variables: Técnicas de manipulación combinada, posturas de manipulación combinadas, agarres combinados y dificultad de manipulación (Cerde, 2013).

El patrón de presentación de cada una de estas variables en relación a la condición de dinamismo asimetría ya sea en tareas individuales y en equipo establece asociación en cada una de ellas con la condición de dinamismo asimetría, lo anterior sumado a la alta incidencia de presentación. Dicha condición marca la estructura conceptual de esta revisión (Cerde, 2013).

Peso

La configuración de la fórmula considera una constante de carga definida en 23 o 25 Kg basada en los criterios establecidos en las normas técnicas publicadas. Esta constante de carga establecerá el límite de peso recomendado en una condición en particular atendiendo las condiciones de técnicas, posturas, agarre, esfuerzo percibido, frecuencia y dificultad de manipulación. En los casos en que las tareas con manipulación manual de carga se realicen por sujetos entrenados y con una vigilancia médica permanente se permitirá que la constante de carga sea de 40 Kg. (Ministerio del Trabajo. Gobierno de Chile, 2005; UNE-EN, 2003; ISO 11228-1, 2003)

Frecuencia

Para la ponderación de la frecuencia se utilizará el modelo establecido en la Ecuación de Niosh. La obtención del factor de frecuencia se logra valorando la condición de duración de la tarea, altura de manipulación considerando el origen, transporte y destino de la carga y la frecuencia de manipulación. (Waters & Putz-Anderson, 1993)

Valoración de la duración de la tarea:

Para valorar la duración de la tarea se debe evaluar la relación del período trabajo descanso que se ejecuta en la tarea siguiendo como orientación el cuadro que se presenta.

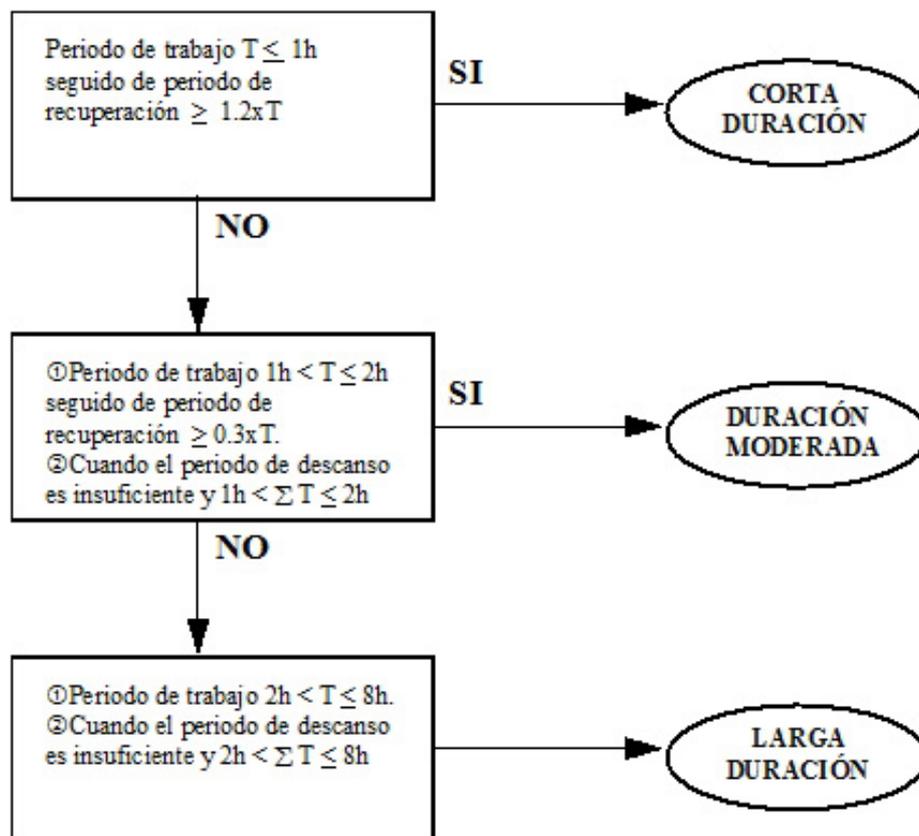


Figura. Esquema Determinación Duración Tarea

Valoración del factor frecuencia:

Una vez obtenida la duración de la tarea se debe consignar la frecuencia y la altura de la manipulación. Una vez hallados esos tres parámetros mediante tabla de doble entrada se determina el factor de frecuencia. Se determina la altura de manipulación menor durante el período de elevación, transporte y descenso.

Frecuencia (levantamientos/ minuto) (F)	Duración de la tarea					
	≤ 1 hora		1 < horas ≤ 2		2 < horas ≤ 8	
	V <75	V ≥75	V <75	V ≥75	V <75	V ≥75
≤ 0.2	1.00	1.00	0.95	0.95	0.85	0.85
0.5	0.97	0.97	0.92	0.92	0.81	0.81
1	0.94	0.94	0.88	0.88	0.75	0.75
2	0.91	0.91	0.84	0.84	0.65	0.65
3	0.88	0.88	0.79	0.79	0.55	0.55
4	0.84	0.84	0.72	0.72	0.45	0.45
5	0.80	0.80	0.60	0.60	0.35	0.35
6	0.75	0.75	0.50	0.50	0.27	0.27
7	0.70	0.70	0.42	0.42	0.22	0.22
8	0.60	0.60	0.35	0.35	0.18	0.18
9	0.52	0.52	0.30	0.30	0.00	0.15
10	0.45	0.45	0.26	0.26	0.00	0.13
11	0.41	0.41	0.00	0.23	0.00	0.00
12	0.37	0.37	0.00	0.21	0.00	0.00
13	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
14	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00
15	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla. Ponderación factor de frecuencia

Técnicas combinadas

El factor de técnicas combinadas establece el análisis en el comportamiento biomecánico de los brazos en el desarrollo de una actividad específica como son las manipulaciones manuales de cargas dinámico- asimétricas. La aplicación de técnicas de manipulación está condicionada por el factor dificultad de manipulación (peso, dimensiones, condiciones de entorno). 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. Al igual que el concepto que se describirá más adelante en relación al análisis de los tipos de agarre, en el caso de las técnicas de manipulación existen posibilidades de combinaciones de técnicas que implicarán un mayor o menor riesgo para la salud de las personas.

En entornos complejos como es el sector de la construcción y más aún inserto en sectores complejos como el de la minería, el número de materiales diferentes manipulados durante la jornada de trabajo es elevado. Por tanto, el análisis de cada uno de los materiales es poco viable; el enfoque de este modelo establece la estrategia de atender las diferentes combinaciones de técnicas en el proceso de evaluación, a fin y efecto de considerar, junto a otras variables observadas, los procesos de intervención con un enfoque integral, atendiendo a la relación que existe en el contexto real entre cada una

de las variables que atienden el análisis de tareas con manipulaciones manuales de carga dinámico-asimétricas.

Las combinaciones de técnicas de manipulación son: técnica de manipulación con una mano, técnicas con ambas manos simétricas (hombro-cadera), técnicas con ambas manos asimétricas a diferentes alturas o por sobre nivel de hombro y combinación de todas las anteriores.

En el contexto de las tareas con manipulación manual de carga es frecuente la combinación de técnicas, por lo que su evaluación es fundamental para una correcta aproximación al riesgo. La evaluación del riesgo para el Factor de Técnica y el establecimiento de ponderaciones está basado en los estudios de carga biomecánica de cada una de las técnicas de manipulación (Pan, Chiou, and Hendricks, 2003; Pan & Chiou, 1999; UNE-EN, 2003; Marras & Davis, 1998; Yoon & Smith, 1999).

A continuación, se describe la tabla con tipo de técnica de manipulación y factor de ponderación. El factor de ponderación está determinado por el conocimiento actual de la situación, estableciendo factores coherentes a las investigaciones realizadas y descritas anteriormente. Para obtener la valoración el trabajo debe consignar el tipo de técnica predominante aplicada el trabajador en la ejecución de la tarea.

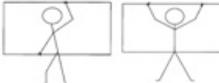
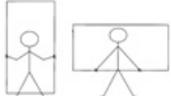
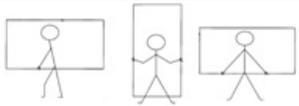
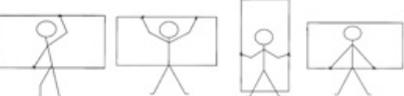
Tipo de técnica		Ponderación
Técnica de manipulación con una mano		0,6
Técnicas con ambas manos asimétricas o sobre nivel de hombro		0,8
Técnicas con ambas manos simétricas (Hombro y cadera)		1
Técnica combinada una mano y ambas manos asimétricas o sobre nivel de hombro		0,7
Técnica combinada una mano y ambas manos simétricas (Hombro y cadera)		0,75
Técnica combinada ambas manos asimétricas o sobre nivel de hombro y simétricas (Hombro y cadera)		0,85

Tabla. Técnicas de manipulación y ponderación

Posturas combinadas

El factor de posturas combinadas establece el análisis en base al comportamiento biomecánico de la espalda región dorsolumbar en el desarrollo de una actividad específica como es la manipulación manual de carga dinámico asimétrica. Las posibilidades de posturas de manipulación están dadas por: Tronco erguido, movimientos en un plano de movimiento, movimientos en combinación de dos planos de movimiento y movimientos en combinación de tres planos de movimiento.

La evidencia científica describe que el momento de fuerza en el tronco incrementa mientras más se incremente la asimetría de la tarea. El momento de fuerza en tronco varía significativamente según los movimientos realizados. Las inclinaciones laterales y las rotaciones aumentan el torque mientras más asimétrico sea el movimiento (Marras & Davis, 1998; Davis & Marras, 2000; Cerda & Mondelo, 2006; Marras & Mirka, 1989).

A su vez, en el contexto de las tareas con manipulación manual de carga es frecuente la combinación de posturas, por lo que su evaluación es fundamental para una correcta aproximación al riesgo. En ese contexto, la evaluación del riesgo para el Factor de Postura está dada en base a los estudios de carga biomecánica de cada una de las posturas de manipulación otorgado por la evidencia científica. (Cerda & Mondelo, 2006).

A continuación, se describe la tabla con tipo de postura de manipulación y factor de ponderación. El Factor de Ponderación es asignado en base al conocimiento técnico relativo a la combinación de planos de movimiento. Para obtener la valoración el trabajo debe consignar el tipo de postura predominante aplicada el trabajador en la ejecución de la tarea.

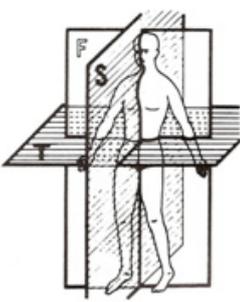
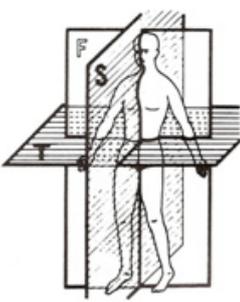
Tipo de postura	Posición anatómica	Imagen	Ponderación
Tronco erguido	Posición anatómica		1
Movimientos en un plano de movimiento	Sagital (S)		0,95
	Frontal (F)		0,85
	Transversal (T)		0,75
Movimientos en combinación de dos planos de movimiento	Sagital-Frontal		0,7
	Sagital-Transversal		0,65
	Transversal-Frontal		0,6
Movimientos en combinación de tres planos de movimiento	Sagital-Frontal-Transversal		0,55

Tabla. Posturas combinadas ponderación

Agarre combinado

El factor de agarre establece el análisis en base al comportamiento biomecánico de la mano en el desarrollo de una actividad específica como es la manipulación manual

de carga dinámico asimétrica. La respuesta de la mano frente al acoplamiento con cualquier objeto en el ámbito laboral puede estar dada por tres posibilidades considerando las alternativas de respuesta biomecánica de la mano y estas son: agarre en pinza, agarre digito-palmar y agarre palmar completo.

A su vez, en el contexto de las tareas con manipulación manual de carga es frecuente la combinación de agarres, por lo que su evaluación es fundamental para una correcta aproximación al riesgo. El concepto de dinamismo y asimetría se presenta en las variables de técnicas de manipulación, posturas de manipulación así como también en la variable de agarre. En ese contexto, la evaluación del riesgo para el Factor de Agarre estará dada en base a la eficiencia biomecánica determinada por la capacidad de desarrollo de fuerza y la generación de carga interna medida mediante electromiografía en la musculatura involucrada. (Cerdeja, Mondelo, and Rodríguez, 2007).

En base a la teoría del sobreesfuerzo, que indica que éste está determinado por tres variables: fuerza, rango de movimiento y tiempo de exposición, la ejecución de manipulaciones manuales de carga dinámico-asimétrica con agarres, con poca eficiencia biomecánica, determina que la variable de fuerza presente niveles de criticidad, ya sea en el aumento de la inestabilidad de la manipulación, que conlleva acciones con mayor riesgo de lesiones dorsolumbares, ya sea en un sobreesfuerzo de las estructuras anatómicas de extremidades superiores involucradas en el agarre. (Ferguson & Marras, 1997; Kumar, 1999; Cerdeja, Mondelo, and Rodríguez, 2007).

Los tipos de agarre descritos en este modelo son: agarre en pinza, agarre digito-palmar y palmar completo. (Cerdeja & Mondelo, 2006). La evidencia científica establece que los diferentes tipos de agarre poseen diferentes eficiencias biomecánicas. (Morose, Greig, and Wells, 2004)

El agarre en pinza posee niveles de desarrollo de fuerza menores que los agarres digito-palmares y palmares completos, sin embargo posee un comportamiento de actividad eléctrica muscular similar a los últimos dos citados. Lo anterior establece que el agarre en pinza posee una menor eficiencia biomecánica. Al calcular el índice de relación entre fuerza desarrollada y actividad electromiográfica en mujeres el agarre en pinza posee una relación 0,35, el agarre digito palmar 0,85 y el agarre palmar completo 1,03. En hombres el índice de relación entre fuerza desarrollada y actividad electromiográfica en pinza se describe como un 0,27, el agarre digito-palmar 0,95 y agarre palmar completo 1,43. (Cerdeja, Mondelo, and Rodríguez 2007).

A continuación, se describe la tabla con tipo de agarre y factor de ponderación. El factor de ponderación está determinado por el conocimiento adquirido y los estudios realizados al respecto. Para obtener la valoración el trabajo debe consignar el tipo de técnica predominante aplicada el trabajador en la ejecución de la tarea.

Tipo de agarre	Imagen	Ponderación
Pinza		0,60
Digito-Palmar		0,8
Palmar completo		1
Agarre combinado Pinza y Digito-Palmar		0,65
Agarre combinado Pinza y Palmar Completo		0,75
Agarre combinado Digito-Palmar y Palmar Completo		0,85
Agarre combinado Pinza, Digito-Palmar y Palmar Completo		0,7

Tabla. Agarre Combinado y ponderación

Percepción de Esfuerzo

En el contexto del estudio de manipulaciones manuales de carga dinámico – asimétricas, se requieren herramientas de evaluación adecuadas según el contexto donde se desarrolla la tarea específica deben permitir conocer el nivel de esfuerzo a los que se ve expuesto un trabajador, conociendo el nivel de fuerza y fatiga percibida en el desarrollo de una tarea en particular con manipulaciones manuales de carga. La evaluación técnica específica para determinar el nivel de carga física muscular a la cual se ve expuesto un trabajador en una actividad laboral es la Electromiografía de Superficie, dependiendo según protocolo de qué musculatura se estudia. Sin embargo, su alto coste y la poca viabilidad de aplicación desde el punto de vista operativo la transforma en una técnica poca aplicada en diferentes rubros productivos, tales como el sector de la construcción.

En el ámbito de la Ergonomía es fundamental poder evaluar distintas variables que influyen en el sobreesfuerzo, según la teoría del sobreesfuerzo, siendo las principales variable la “Fuerza”, “Tiempo de Exposición” y “Rangos de Movimientos” en la ejecución de una tarea en particular. Es por ello que diferentes autores han investigado distintas estrategias de evaluación y de esta forma contar con distintos instrumentos y poder seleccionar el más adecuado según el contexto de estudio que se esté realizando. (Yoon & Smith, 1999)

Desde un punto de vista cronológico podemos citar a KanKaapää et al. quienes utilizaron la Escala de Borg para estimar en forma subjetiva la Fatiga al desarrollar actividades submáximas a nivel de la musculatura de espalda (Musculatura Paraespinal) y compararlas con medidas objetivas tales como la Electromiografía de Superficie

(EMG). En sus estudios KanKaapää et al. concluyen que parámetros como el Mean Frequency y Mean Power Frequency son buenos predictores de Fatiga y están estrechamente relacionados con la Percepción Subjetiva de la Fatiga (Sobreesfuerzo). (Kankaapää, Taimela, Webber, Airaksinen, and Hänninen, 1997)

Dedering correlaciona los cambios en los parámetros electromiográficos y la Percepción de la Fatiga Muscular en la Espalda, utiliza la Escala de Borg y aplica mediciones objetivas con Electromiografía de Superficie (EMG). En sus estudios encuentra que existe correlación entre la EMG, el Score dado por la Escala de Borg y el tiempo, afirmando por lo tanto que existe un fuerte vínculo entre las mediciones objetivas y las subjetivas vinculadas a la fatiga muscular. (Dedering, 1999)

Algunos autores comparan los valores objetivos de medición en la Electromiografía de Superficie tales como el *Root Mean Square* y el *Mean Power Frequency* y Percepción Subjetiva de Fatiga. (A5I Mulla, Sepúlveda, and Colley, 2011). Se estiman comparables los resultados dados en la Escala de Borg a los resultados obtenidos en la Electromiografía de Superficie. (Colombini, Occhipinti, and Grieco, 2004, Grant, Habres, and Putz-Anderson, 1994)

Rodríguez y Cerda en Estudio de Correlación de la Actividad Muscular en la Zona Lumbar Baja relacionado con la Percepción del Esfuerzo en Tareas con Manipulación Manual De Carga, determinan que los resultados insinúan una correlación positiva entre la Electromiografía de la Musculatura Lumbar y Percepción Subjetiva de Esfuerzo. (Rodríguez, Mondelo, and Cerda, 2007). Para obtener el nivel de percepción de esfuerzo el evaluador debe seleccionar, estudiar y tomar mediciones. La Escala Borg es una escala de 10 puntos. (Colombini, Occipinti, and Grieco, 2004).

Escala de Borg	Descripción	Ponderación
0	Nada en absoluto	1
0,5	Muy, muy débil (casi ausente)	1
1	Muy débil	0,95
2	Débil	0,9
3	Moderado	0,8
4		0,8
5	Fuerte	0,7
6		0,7
7	Muy fuerte	0,65
8		0,65
9		0,65
10	Máximo	0,6

Tabla. Escala de Borg y su ponderación

Dificultad de manipulación

La valoración del riesgo en tareas con manipulaciones manuales de carga dinámico-asimétricas no se podría realizar sin considerar las condiciones del entorno. Es por ello que en el modelo planteado se establecen como variables relevantes del entorno a ser evaluadas las siguientes: estabilidad de suelo, condiciones de regularidad del suelo, altura de suelo, obstáculos, dimensiones de la carga y peso de la carga.

A continuación, se describe la tabla de valoración y el factor de ponderación. El Factor de ponderación se basa en el conocimiento técnico vinculado a otras metodologías.

Dificultad de Manipulación	Puntuación	
Condición de entorno		
Suelo estable y regular	0	
Suelo estable e irregular	1	
Suelo inestable y regular	2	
Suelo inestable e irregular	3	
Suelo en altura estable regular y/o irregular	4	
Suelo en altura inestable regular y/o irregular	5	
Distancia de Manipulación Manual Dinámico Asimétrica		
Entre 2 y 4 mts	2	
Entre 4 y 10 mts	3	
Sobre 10 mts	5	
Condición de material		
Material con peso bajo	1	
Material con peso mediano	2	
Material con peso alto	3	
Material con dimensiones pequeñas	1	
Material con dimensiones medianas	2	
Material con dimensiones grandes	3	
Obstáculos		
Trayecto sin obstáculos	1	
Trayecto con obstáculos	3	
	Suma	Ponderación
	0 a 5	1
	6 a 11	0,85
	12 a 16	0,75

Tabla. Condición de entorno y ponderación

Determinación e Interpretación del Riesgo

La determinación e interpretación del riesgo se basa en tres alternativas:

- Obtención del límite de peso recomendado.
- Interpretación por variables.
- Interpretación sobre el índice de manipulación manual de carga dinámico-asimétrica (Índice MMDA).

En el caso de la interpretación del peso recomendado se establece como criterio que este peso sea 25 Kg, pudiendo aumentar este peso recomendado a 40 Kg cuando los trabajadores están entrenados y exista vigilancia médica. En relación a la interpretación de las variables, estas oscilan entre 1 y 0, siendo 1 la mejor condición y 0 como la de peor situación y se evalúan variables de posturas.

La interpretación se ejecuta sobre el índice de manipulación manual de carga. Este índice mantiene criterio precedente Método EC2 (Índice de Manipulación Manual de Carga Dinámico-Asimétrica (MMDA)), dónde:

- Índice menor o igual a 1 es un Riesgo Aceptable.
- Índice mayor a 1 y menor o igual a 3 es un Riesgo Moderado.
- Índice mayor a 3 es un Riesgo Inaceptable.

$MMDA = LPR / \text{Peso Real}$

LPR= Límite de Peso Recomendado

Obtención de límite de peso recomendado

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

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

Dónde:

CC: Constante de carga

FF: Factor de frecuencia (determinación según tabla)

FTC: Factor de técnica combinada (determinación según tabla)

FPC: Factor de postura combinada (determinación según tabla)

FAC: Factor de agarre combinado (determinación según tabla)

FEP: Factor de esfuerzo percibido (determinación según tabla)

FDM: Factor de dificultad de manipulación (determinación según tabla)

La aplicación de la evaluación la puede ejecutar el especialista en la condición más frecuente o en la condición con mayor exigencia.

Valoración de riesgo

Durante el proceso de evaluación se obtienen resultados que producen la valoración de penalización por cada una de las variables estudiadas lo que orientará a futuras intervenciones. Para una mejor comprensión se considera un semáforo de colores según el nivel de ponderación del factor, siendo una escala de 3 colores que se describe a continuación en la tabla.

Índice	Color	Interpretación
≤ 1	Verde	Sin riesgo
>1 y ≤ 3	Amarillo	Riesgo moderado
>3	Rojo	Riesgo alto

Tabla. Valoración del riesgo

Discusión y Conclusión

La actualización del método EC2 se basa en los resultados de las investigaciones efectuadas en el ámbito de las manipulaciones manuales de carga dinámico asimétricas. En ese contexto, una evaluación correcta en este tipo de tareas se inicia en el proceso de clasificación sistemática del proceso, el análisis sistémico y el análisis de la tarea, efectuando posteriormente acciones de identificación del riesgo. Lo anterior permite realizar procedimientos más acertados y diferenciados según el tipo de manipulación manual de carga objeto de análisis. A su vez, con el ajuste de la fórmula del Método EC2 se pone un real énfasis en las principales variables incidentes en este tipo de tareas siendo estas, las técnicas de manipulación, postura de manipulación, tipo de agarre, dificultad de manipulación, esfuerzo percibido junto a las variables claves en el análisis en este tipo de tareas: peso y frecuencia.

Tal como se ha señalado en la primera versión del método EC2, esta metodología requiere una breve instrucción del evaluador en el reconocimiento de los factores propuestos.

3. Bibliografía

Al Mulla, Sepúlveda & Colley, M. (2011). A Review of Non-Invasive Techniques to Detect and Predict Localized Muscle Fatigue. *Sensors* (11), 3562-3563-3564.

Buchholz, B., & Paquet, V. (1996). PATH: A Work Sampling-Based Approach to Ergonomic Job Analysis for Construction and Other Non-Repetitive Work. *Applied Ergonomics* 27 (3), 177-178-187.

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. Disponible en: Tesis Doctorales en red: www.tdx.cat

Cerda, E., Mondelo, P., & Rodríguez, C. (2007). Estudio Biomecánico De Agarres En Pinza, Dígito-Palmar y Palmar Completo En Manipulación Manual De Cargas. Santiago de Chile.

Cerda, E., & Mondelo, P. (2005). Ergonomía En La Construcción - Descripción Cualitativa De Las Tareas Con Manipulación Manual De Carga En La Construcción.

Cerda, E., & Mondelo, P. (2006). Ergonomics in the Construction Sector: The EC2 Method. Maastricht, Netherland.

Chaffin, D., & Anderson, G.(1991). Occupational Biomechanics (Second ed.) New York, John Wiley & Sons.

Colombini, D., Occhipinti, E., & Grieco, A. (2004). Evaluación y Gestión Del Riesgo Por Movimientos Repetitivos De Las Extremidades Superiores (Primera ed. Mutual). Barcelona. UPC Ediciones.

Davis, K.G. & Marras, W.S. (2000). The Effects of Motion on Trunk Biomechanics. *Clinical Biomechanics*, 15 (10), 703-717.

Dederig, 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*. 14 (2), 103.

Dempsey, P. (1999). Utilizing Criteria for Assessing Multiple-Task Manual Materials Handling Jobs. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24 (4), 405-416.

Dempsey, P. (2006). On the Evolution of Task-Based Analysis of Manual Materials Handling, and its Applicability in Contemporary Ergonomics. *Applied Ergonomics*. 37 (1), 33-34-43.

Ferguson, S. A., & Marras W.S. (1997). Literature Review of Low Back Disorder Surveillance Measures and Risk Factors. *Clinical Biomechanics*. 12 (4), 211-212-226.

Forde, M. S., & Buchholz, B. (2004). Task Content and Physical Ergonomic Risk Factors in Construction Ironwork. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 34 (4), 319-320-333.

Grant, K., Habes, D., & Putz-Anderson, V. (1994). Psychophysical and EMG Correlates of Force Exertion in Manual Work. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 13 (1), 31.

INSHT. (1997). Guía Técnica Para La Evaluación y Control De Los Riesgos Relativos a Manipulación Manual De Carga. REAL DECRETO 487/1997.

ISO 11228-1. (2003). Ergonomics -- Manual Handling -- Part 1: Lifting and Carrying.

Kankaapä, M., Taimela, S., Webber, C., Airaksinen, O., & Hänninen O. (1997). Lumbar Paraespal Muscle Fatigability in Repetitive Isoinertial Loading: EMG Spectral Indices, Borg Scale and Endurance Time. *European Journal Applied Physiology*. 76, 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*. 41 (6), 817-818-834.

Marras, W.S., & Mirka, G. (1989). Trunk Strength during Asymmetric Trunk Motion. *Human Factors*. 31 (6), 667-668-677.

Ministerio del Trabajo. Gobierno de Chile. (2005). Ley 20.001. Regula El Peso Máximo De Carga Humana.

Ministerio del Trabajo. Gobierno de Chile. (2007). Guía Técnica Para La Evaluación y Control De Los Riesgos Asociados Al Manejo o Manipulación Manual De Carga. Ley N° 20001 D.S N° 63/2005.

Mital, A., & Ramakrishnan, A. (1999). A Comparison of Literature-Based Design Recommendations and Experimental Capability Data for a Complex Manual Materials Handling Activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24 (1), 73-80.

Morose, T., Greig, M., & WELLS, R. (2004). Utility of using a Force and Moment Wrench to Describe Hand Demand. *Occupational Ergonomics*. 4 (1), 1-10.

Pan, C., & Chiou, S. (1999). Analysis of Biomechanical Stresses during Drywall Lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*. , 23 (5-6), 505-506-511.

Pan, C., Chiou, S., & Hendricks, S. (2002-2003). The Effect of Drywall Lifting Method on workers' balance In a Laboratory - Based Simulation. *Occupational Ergonomics*. 3, 235-236-249.

Paquet, V., Punnet, L. & Buchholz, B. (1999). An Evaluation of Manual Materials Handling in Highway Construction Work. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24 (4), 431-444

Paquet, V. (2005). Reliable Exposure Assessment Strategies for Physical Ergonomics Stressors in Construction and Other Non-Routinized Work. *Ergonomics*. 48 (9), 1200-1219.

Punnet, L., & Wegman, D. (2004). Work-Related Musculoskeletal Disorders: The Epidemiologic Evidence and the Debate.. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 14 (1), 13-14-23.

Rodríguez, C., Mondelo, P., & Cerda, E. (2007). Estudio De Correlación De La Actividad Muscular En La Zona Lumbar Baja Relacionado Con La Percepción Del Esfuerzo En Tareas Con Manipulación Manual De Carga. Santiago de Chile.

Snook, S., & Ciriello, V. The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces. *Ergonomics*. 34 (9), 1197-1198-1213.

Takala, E. P., (2010). Systematic Evaluation of Observational Methods Assessing Biomechanical Exposures at Work. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*. 36 (1), 3-24.

UNE-EN. (2003). Norma Europea De Seguridad En Máquinas y Manejo De Sus Partes Componentes - UNE-EN 1005-2.

Waters, T., & Putz-Anderson, V. (1993). Revised Niosh Equation for the Design and Evaluation of Manual Lifting Tasks. *Ergonomics*. 36 (7), 749-750-776.

Waters, T. R., LU, M. L., & OCCHIPINTI, E. (2007). New Procedure for Assessing Sequential Manual Lifting Jobs using the Revised NIOSH Lifting Equation. *Ergonomics*. 50 (11), 1761-1770.

Yoon, H. Y., & SMITH, J. L. (1999). Psychophysical and Physiological Study of One-Handed and Two-Handed Combined Tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 24 (1), 49-60.