



# **Serie Proyectos de Investigación e Innovación**

Superintendencia de Seguridad Social  
Santiago - Chile

**INFORME FINAL**

**Ergonomía aplicada a la gestión de riesgos de trastornos  
musculoesqueléticos en faenas de la construcción habitacional que emplean  
las alternativas de albañilería y hormigón armado**

Manuel Gutiérrez H.  
2019





**SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL**  
**SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY**

La serie Proyectos de Investigación e Innovación corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar los trabajos de investigación e innovación en Prevención de Accidentes y Enfermedades del Trabajo financiados por los recursos del Seguro Social de la Ley 16.744.

Los trabajos aquí publicados son los informes finales y están disponibles para su conocimiento y uso. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, sobre el estudio o proyecto escriba a: [investigaciones@suseso.cl](mailto:investigaciones@suseso.cl).

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

The Research and Innovation Projects series corresponds to a line of publications of the Superintendence of Social Security, which aims to disseminate the research and innovation work in the Prevention of Occupational Accidents and Illnesses financed by the resources of Law Insurance 16,744.

The papers published here are the final reports and are available for your knowledge and use. The content, analysis and conclusions are solely the responsibility of the author (s), and do not necessarily reflect the opinion of the Superintendence of Social Security.

For further information, please write to: [investigaciones@suseso.cl](mailto:investigaciones@suseso.cl).

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

Superintendencia de Seguridad Social  
Huérfanos 1376  
Santiago, Chile.



**Ergonomía aplicada a la gestión de  
riesgos de trastornos  
musculoesqueléticos en faenas de la  
construcción habitacional que emplean  
las alternativas de albañilería y hormigón  
armado**

Autores:

Manuel Gutiérrez H.  
Depto. Ergonomía, Facultad de Cs. Biológicas  
Universidad de Concepción

Marta Martínez M.  
Gerencia de Gestión del Conocimiento  
Gerencia Corporativa de SST, Mutual de Seguridad C.Ch.C

**Marzo, 2019**



Universidad  
de Concepción



## Resumen:

El propósito del estudio fue determinar factores de riesgo y opciones de intervenciones preventivas que permitieran gestionar los riesgos de trastornos musculoesqueléticos (TMEs) en faenas de la construcción habitacional que emplean albañilería y hormigón armado. La metodología empleada estuvo orientada a caracterizar los sistemas de construcción estudiados, de modo de identificar potenciales factores de riesgo de TMEs, así como, desarrollar estudios para evaluar opciones de prevención de TMEs. Respecto de los resultados, se determinó potenciales factores de riesgos asociados a los procedimientos de trabajo, el ambiente, la organización, personas y factores psicosociales. Se estableció que la construcción de muros y losa mediante el sistema de hormigón armado con moldes de aluminio, respecto de la alternativa de albañilería, presenta cargos y tareas con menores niveles de riesgo de TMEs. No obstante, se verificó que en ambos sistemas de trabajo estudiados existen cargos y tareas para los cuales se requiere identificar e implementar medidas de prevención de TMEs. Entre los cargos con niveles de riesgo que requieren con mayor prioridad desarrollar programas de gestión de riesgos de TMEs están los de enfierrador, moldajero y hormigonero. En estos cargos se procedió a efectuar estudios que permitieron identificar, evaluar y determinar opciones de prevención que reducen en forma significativa los niveles de riesgos de TMEs.

## Índice de Contenidos:

Resumen	3
Introducción y antecedentes	5
Definición del problema y relevancia	6
Revisión de literatura	6
Objetivos	7
Metodología	8
Resultados	12
Conclusiones	44
Referencias	48

## Introducción y antecedentes

Los trastornos musculoesqueléticos (TMEs) se encuentran entre los principales problemas de salud laboral en trabajadores chilenos (1,2,3,4). Al respecto, antecedentes de la Encuesta Laboral 2014, indican que en un 37% de las empresas nacionales se generan problemas de salud laboral asociados a lesiones por sobreesfuerzo, malas posturas y movimientos repetitivos (3). Estas lesiones, que afectan el sistema músculo esquelético están en segundo lugar de importancia relativa de problemas de salud en trabajadores chilenos, después de las heridas y lesiones generadas por cortes, atrapamientos y caídas (3). Respecto del sector de la construcción, en la Encuesta Laboral 2011 se describe que la proporción de empresas con trabajadores expuestos a factores de riesgo de TMEs es de 35,7% para posturas incómodas, 28,1% carga pesada y 24,7% movimientos repetitivos. En este sentido, se debe destacar que la proporción de empresas con trabajadores expuestos en la construcción a los factores de riesgo de TMEs nombrados previamente, es superior a la media registrada para los diferentes sectores económicos nacionales (2).

Respecto de Mutua de Seguridad, tanto los trastornos musculoesqueléticos de miembro superior como los accidentes por sobre-esfuerzo son un problema relevante. Los TMEs de miembro superior han destacado durante los últimos años por corresponder al 50% de las patologías sancionadas como de origen laboral en los años 2012 al 2014. Respecto a los accidentes, el lumbago y la contractura muscular, ambos asociados a tareas de manejo manual de carga, han correspondido a las tres primeras causas de denuncias entre el 2012 al 2014 (Estadísticas internas de Mutua de Seguridad). En lo que dice relación con diagnósticos de enfermedades profesionales de Mutua de Seguridad, aquellas relacionadas con el sistema musculoesquelético ocupan el primer lugar en el periodo 2011 a 2015 (4). En cuanto a casos sancionados de enfermedades profesionales por actividad económica, las que afectan al sistema musculoesquelético son las más frecuentes en el sector de la construcción (4).

El sector construcción es una actividad económica relevante en el país, con una participación del producto interno bruto (PIB) del 6,5 % el año 2017 (5). Por su parte, en aspectos de generación de empleo, esta actividad ocupa el quinto lugar con un 8,3% (6). En otra línea de antecedentes, entre las actividades relevantes del sector está la construcción habitacional. En cuando a los sistemas de construcción habitacional, los formatos más frecuentes a nivel nacional son albañilería y hormigón armado (7). En el ámbito de la salud y seguridad laboral del sector construcción, es relevante destacar que son escasas las investigaciones nacionales publicadas sobre caracterización de factores de riesgo de TMEs en la construcción (8). En esta misma línea, no se identificó estudios orientados a describir experiencias y estrategias destinadas a la prevención o gestión de TMEs, tanto en la construcción en general, como en el subsistema de construcción habitacional.

## Definición del problema y relevancia

El sector construcción es una actividad económica relevante el país, entre otros factores por su aporte al PIB y a la generación de empleo. En el ámbito de la salud y seguridad en el trabajo, existe evidencia que los TMEs están entre los principales problemas de salud laboral en trabajadores del sector construcción. En este sentido, se consideró como una oportunidad de investigación, avanzar en procesos de identificación de riesgos significativos y de opciones de prevención que permitan gestionar factores de riesgos de TMEs en el sector de la construcción. Ello en particular en dos de las más relevantes faenas de la construcción habitacional, como lo son aquellas basadas en albañilería y en hormigón armado.

## Revisión de literatura

Los modelos que explican la generación de TMEs, en general coinciden que el problema es multifactorial y en él intervienen variables relacionadas con demandas biomecánicas, fisiológicas, factores de organización del trabajo y de características de las personas (9). Respecto de lineamientos que se deben considerar en la implementación de programas de control de factores de riesgo laborales, se plantea que es necesario que estos procesos se incorporen a los mecanismos de toma de decisiones que operan en las organizaciones (10). Ello en el marco de modelos de gestión de riesgos laborales (10).

En forma complementaria, se sostiene que una de las estrategias de prevención y gestión de riesgos que pueden emplear las organizaciones corresponde a modelos de ergonomía participativa (11). En términos más específicos, la ergonomía es una disciplina cuyos objetivos están orientados al diseño de sistemas de trabajo en función de las capacidades y limitaciones de ser humano. Uno de los temas que aborda la ergonomía, está relacionado con las cargas que imponen el trabajo y sus efectos en el sistema músculo-esquelético. Otra área de estudio de la ergonomía es el ámbito organizacional y su enfoque metodológico permite comprender y sustentar intervenciones relacionadas con el diseño y gestión de los sistemas de trabajo. Respecto de la ergonomía participativa, ésta se ha planteado como una forma de administrar los riesgos, que basa su acción en promover y generar competencias en actores atingentes de la organización en la identificación de factores de riesgo, la selección de medidas de control, así como, su implementación, monitoreo y evaluación (12). Una de las ventajas que se describe para la ergonomía participativa, es el involucramiento de actores relevantes de la organización, favoreciendo con ello los procesos de validación de las medidas de mejoramiento y su implementación.

## Objetivos

### General:

Determinar la efectividad de una intervención basada en fundamentos de ergonomía organizacional y participativa, aplicada a la gestión de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos en faenas de la construcción habitacional que emplean albañilería y hormigón armado.

### Específicos:

- Describir el sistema de trabajo y la gestión de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos desarrollado por la empresa constructora estudiada.
- Caracterizar los factores de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos en faenas que emplean como método de construcción habitacional albañilería y hormigón armado.
- Establecer opciones e implementar medidas de prevención y gestión de riesgos trastornos músculo-esqueléticos para faenas de la construcción habitacional que emplean albañilería y hormigón armado, basadas en una estrategia que integra fundamentos de ergonomía organizacional y participativa.
- Describir la gestión de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos post intervención en la empresa estudiada.
- Determinar la efectividad de la estrategia de intervención en la disminución de factores de riesgo y de dolencias del aparato músculo-esquelético de los trabajadores.

## Metodología

### 1. Aprobación del proyecto, organización estudiada y participantes

El presente proyecto fue aprobado por el Comité de Ética Científico de Mutual de Seguridad.

Para efectuar el proyecto se contactó a una empresa del rubro construcción de viviendas, con presencia en la comuna de Concepción. Al respecto, la empresa desarrollaba en la comuna proyectos habitacionales de viviendas de dos pisos empleando el sistema de albañilería, así como también, hormigón armado.

Por lo expuesto, los participantes del presente estudio corresponden a trabajadores que se desempeñaban en la empresa constructora y desarrollaban actividades en uno de los dos tipos de sistemas de construcción analizados en el presente proyecto.

### 2. Procedimiento para establecer la participación de los trabajadores en el estudio.

La elección de los trabajadores que participaron en los estudios consistió en solicitar a la empresa la nómina del personal que se desempeñaba en obra gruesa, tanto del proyecto que empleaba albañilería como el de hormigón armado. Se solicitó la participación y firma de consentimiento informado a todos los trabajadores que se desempeñaban en obra gruesa y tenían una permanencia de al menos un año en el cargo. De este modo, se constituyeron dos grupos de estudio, en función de los sistemas de construcción habitacional analizados y los criterios de inclusión.

Criterios de inclusión para el grupo de trabajadores del proyecto habitacional que empleaba albañilería:

- Trabajador de la empresa que se desempeña en faenas de obra gruesa
- Permanencia de más de un año en el cargo.
- Trabajador que haya firmado consentimiento informado.

Criterios de exclusión para el grupo de trabajadores de la faena de albañilería:

- Trabajadores con menos de un año de antigüedad en el cargo.

Criterios de inclusión para el grupo de trabajadores del proyecto habitacional que empleaba hormigón armado:

- Trabajador de la empresa que se desempeña en faenas de obra gruesa
- Permanencia de más de un año en el cargo
- Trabajador que haya firmado consentimiento informado.

Criterios de exclusión para el grupo de trabajadores de la faena basada en hormigón armado:

- Trabajadores con menos de un año de antigüedad en el cargo.

### **3. Técnicas de recopilación de información empleadas en la caracterización de la organización, trabajadores y factores de riesgos de TMEs**

3.1. Caracterización de la organización: Mediante entrevistas semi-estructuradas, se procedió a caracterizar el sistema de gestión de riesgos de trastornos musculoesqueléticos de la empresa constructora estudiada. En base a requisitos de implementación de sistemas de gestión, se verificó si la empresa disponía de política en salud y seguridad en el trabajo (SST), contaba con estructura organizacional en SST, así como, si efectuaba un proceso basado en el ciclo de planear, hacer, controlar y verificar (13). Del mismo modo, se procedió a caracterizar los sistemas de trabajo estudiados. Para ello, se visitó las diferentes etapas del proceso de construcción de obra gruesa, solicitando información a jefe de obra, supervisores y trabajadores, que permitiese describir los diferentes componentes del proceso, las etapas, cargos y tareas asociadas. Ello se complementó con registro fotográfico y de videos.

3.2. Caracterización de los trabajadores: En lo que dice relación con antecedentes de los trabajadores, se procedió a registrar información biodemográfica. Respecto de características de tamaño y composición corporal, el peso de los participantes fue registrado con una balanza marca Tanita, la estatura con un antropómetro Harpenden y la composición corporal mediante un impedanciómetro Omron. Del mismo modo, se aplicó una encuesta de percepción de molestias músculo-esqueléticas, que identificó las regiones del cuerpo (14) y la intensidad de las molestias (15) experimentadas por los trabajadores durante la última semana de trabajo. También, se registró variables individuales que se pueden constituir en potenciales factores de riesgo de TMEs tales como estilos de trabajo, condición física, sobrepeso, entre otros (16).

3.3. Factores de riesgo biomecánicos: En las tareas de la construcción habitacional estudiadas, se realizó una caracterización del trabajo, registrando variables biomecánicas. Para identificar factores de riesgo relacionados con manejo manual de carga, se empleó las metodologías descritas en la Guía Técnica para la evaluación y control de los riesgos asociados al manejo o manipulación manual de carga 2008, dado que estaba vigente en el periodo que se realizó el estudio (17). Respecto de sobrecarga postural, se utilizó el método REBA (17). En cuanto a la identificación de riesgos para extremidades superiores, se utilizó los procedimientos descritos en la Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT) (18).

3.4. Factores de organización del trabajo: Se aplicó una encuesta para caracterizar aspectos de organización de los sistemas de trabajo (19). Se incluyó preguntas específicas asociadas a factores de organización del trabajo, sobre los cuales existe evidencia epidemiológica de su potencial efecto en la generación de TMEs, tales como intensidad o nivel de carga de trabajo, ritmo de trabajo, limitado control de las variables del trabajo, nivel de apoyo de superiores y compañeros (18,19).

#### 4. Análisis e identificación de opciones de prevención de TMEs

Para analizar y definir opciones de prevención de TMEs, se revisó el sistema de gestión de riesgos de TMEs que tenía la empresa y se sugirió que para favorecer procesos participativos se constituyese un equipo de trabajo. La función de este equipo era analizar y coordinar el proceso de identificación de medidas de mejoramiento en prevención de TMEs. De este modo, de acuerdo a los antecedentes aportados en la caracterización de los sistemas de trabajo, trabajadores y factores de riesgo identificados con las técnicas descritas previamente, se estableció cargos y tareas que presentaban mayores niveles de riesgos de TMEs y, por lo tanto, tenían prioridad en la identificación de medidas de prevención.

#### 5. Implementación de medidas de prevención de TMEs

Los objetivos del estudio incluían etapas de implementación de medidas de prevención de TMEs, así como, de verificación de la efectividad de la intervención en las faenas estudiadas. Al respecto, como será expuesto en resultados, una vez efectuada la evaluación de riesgos, se procedió a analizar las alternativas de prevención de TMEs. Al respecto, como se señaló previamente, en la organización se constituyó un equipo de trabajo, conformado principalmente por integrantes de la empresa, el cual tuvo como función analizar las opciones de prevención y coordinar su posible implementación.

En las reuniones de análisis, las opiniones de los integrantes de la empresa respecto de las opciones de prevención, en particular las que incluían un mayor componente de cambio tecnológico, fueron negativas y descartadas para la etapa de evaluación e implementación. Por otra parte, se estableció que para reducir los riesgos en los cargos y tareas que presentaban mayores niveles de riesgo de TMEs, no se disponía en el mercado de implementos que pudiesen ser evaluados para verificar su efectividad en la prevención de riesgos de TMEs.

En el contexto de lo señalado, dadas las limitaciones que se identificó en la empresa estudiada para evaluar la eficacia de diferentes tecnologías para reducir los factores de riesgo detectados en los puestos más críticos, así como, la necesidad de diseñar implementos a nivel de concepto básico, para establecer su eficacia en la reducción de los niveles de riesgo de TMEs, se decidió que los estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs, se realizarían a nivel de laboratorio.

#### 6. Estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs

Para efectuar los estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs en los cargos y tareas que presentaron los mayores niveles de riesgos en las faenas analizadas, se consideró los análisis de causalidad, sustentados en los antecedentes recogidos en la caracterización de los dos sistemas de trabajo estudiados. Del mismo modo, se incluyó los antecedentes aportados en las reuniones que previamente había efectuado el equipo de trabajo que se constituyó en la organización (punto 4 de metodología). También, se sumaron

al análisis información de las revisiones bibliográficas de alternativas de herramientas e implementos disponibles en mercado nacional e internacional.

Una vez identificadas las causas y las potenciales medidas de mejoramiento de los procedimientos de trabajo, se verificó si empresas del rubro de la construcción de la región, habían ya implementado alguna de estas opciones. Cuando fue identificada alguna organización, se le contactó y solicitó autorización para aplicar técnicas de recolección de información que permitiesen evaluar su efectividad para reducir los niveles de riesgo de TMEs en los cargos y tareas estudiadas.

Otra metodología que se utilizó para el estudio de opciones de prevención de TMEs, consistió en adquirir o diseñar implementos, herramientas y procedimientos, los cuales fueron evaluados en un grupo de participantes en dependencias del Departamento de Ergonomía de la Universidad de Concepción. De esta forma, se comparó el procedimiento empleado en la empresa estudiada como caso y las potenciales opciones de mejoramiento identificadas en el estudio. Las técnicas utilizadas en la evaluación están descritas en el punto 3 de metodología. También, se consideraron técnicas complementarias, como por ejemplo el registro de frecuencia cardíaca para determinar carga física dinámica, empleando para ello un monitor de marca Polar modelo RS800CX (21). En esta misma línea, para la evaluación de posturas de trabajo de mano, muñeca, antebrazo, en particular de pronosupinación, se utilizó electrogoniómetros marca Biometrics modelo TSD130C y un equipo Biopac System modelo MP100. También para la evaluación de sobrecarga postural se incluyó la norma ISO 11226 (22). Dado que algunas alternativas de mejoramiento consideraban la incorporación de herramientas de potencia, se registró el nivel de vibraciones mecánicas mano-brazo, empleando un equipo Svantek modelo 106A. Para la evaluación de riesgos de este agente físico se utilizó los criterios referidos a límites máximos permitidos descritos en el DS 594 (23).

## 7. Análisis estadísticos

Los datos de características de los trabajadores, MMEs y factores de riesgo se analizaron utilizando estadística descriptiva. Para establecer diferencias significativas se verificó si las variables presentan una distribución normal, utilizando para ello la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Respecto de la determinación de diferencias significativas de medias que tienen una distribución normal de muestras relacionadas, se utilizó la prueba t de Student para muestras relacionadas. Si las variables no tenían una distribución normal, para la comparación de medias de muestras relacionadas se utilizó la prueba de Wilcoxon. Para la comparación múltiple de medias de muestras relacionadas se utilizó la prueba de Friedman. Por su parte, en la comparación de proporciones se utilizó la prueba Chi cuadrado de Pearson y el test exacto de Fisher. Valores de  $p < 0,05$  se consideraron significativos. Para los análisis se utilizó el programa Statistica.

## Resultados

### 1. Descripción del sistema de gestión de riesgos de trastornos musculoesqueléticos de la empresa constructora estudiada.

La estructura organizacional de los dos proyectos habitacionales estudiados estaba constituida en términos generales por un gerente, director de obra, un jefe de terreno, supervisores y operarios de las diferentes etapas del proceso. Del mismo modo, existen unidades de apoyo, conformadas por administración, prevención de riesgos, calidad y bodega.

En los dos proyectos estudiados, la gestión de riesgos laborales era coordinada por un experto en prevención de riesgos de faena y también estaba constituido un Comité Paritario. Las actividades de prevención de riesgos se basan en el ciclo de planificar, hacer, controlar y mejorar. La planificación se sustentaba en el proceso de identificación de peligros y evaluación de riesgos, la cual se sistematiza en una matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos. Para la identificación de peligros, la jefatura de prevención de riesgos, el experto de cada faena, integrantes del Comité Paritario y los supervisores de faena, procedían a efectuar la evaluación de riesgo por cargo y tarea. En este sentido, en las matrices de cada organización se incluían la identificación de peligros y la evaluación de factores de riesgos de TMEs para los diferentes cargos y tareas, en particular de factores de riesgo de TMEs de extremidades superiores y asociados al manejo manual de carga.

La matriz de riesgos se empleaba para apoyar la toma de decisiones en prevención y control de riesgos laborales. En particular para sustentar la elaboración de procedimientos de trabajo, procesos de inducción, así como, la vigilancia e identificación de hallazgos de anomalías en el proceso constructivo. La identificación de hallazgos se comunicaba mediante informes y reuniones semanales, en las cuales se establecían compromisos de gestión. Del mismo modo, se efectuaba una evaluación mensual del desempeño en el cual se analizaba el cumplimiento de los compromisos de gestión de las diferentes unidades operacionales y de apoyo.

En este contexto, las entrevistas efectuadas a los profesionales de prevención de riesgos de las faenas estudiadas, permitió determinar que, complementario al uso de matrices de evaluación de riesgos basadas en probabilidad por consecuencia y de técnicas descritas en la normativa aplicable (17,18), se requería recabar mayores antecedentes de los trabajadores, como por ejemplo si referían presentar problemas de salud del sistema musculoesquelético. También, aplicar técnicas más específicas que permitiesen identificar potenciales factores de riesgo de TMEs, para los diferentes cargos y tareas de las faenas estudiadas. Ello con el propósito de establecer en mejor medida el nivel de riesgo de los cargos y tareas analizadas, identificar la probable causalidad, así como, a través de este análisis, orientar la identificación de opciones de mejoramiento y prevención de riesgos de TMEs.

Además de lo indicado previamente, se verificó que no se habían generado programas o

planes de acción, orientados a la prevención de TMEs. También, se constató que no existía un equipo de trabajo que analizara la información sobre riesgos de TMEs y, a partir de esos antecedentes, se elaborasen planes de acción que tuviesen como objetivo la prevención de TMEs.

En la tabla 1 se presentan resultados de la aplicación de la lista de cumplimiento de requisitos de implementación de sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo (SST) en la organización estudiada, en particular referidos a la prevención de TMEs. Como se puede apreciar la organización analizada tiene política y una estructura organizacional en SST. En actividades de identificación de peligros y evaluación de riesgos de TMEs tienen un cumplimiento parcial. Ello debido a que como se indicó previamente, esta evaluación se efectuaba en base a matrices de probabilidad por consecuencia y no se aplicaban métodos más específicos que permitiesen identificar potenciales factores de riesgo de TMEs, para los diferentes cargos y tareas presentes en las faenas estudiadas. Del mismo modo, se constató que la organización no estaba desarrollando etapas claves de gestión de riesgo como es planificación, implementación y evaluación de la eficacia de las medidas de prevención de TMEs.

Tabla 1. Resultados más relevantes de la lista de verificación de cumplimiento de requisitos de implementación de sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST): Prevención trastornos músculo-esqueléticos (TMEs)

Aspectos más relevantes de la lista de verificación	Verificación Si / No / P(parcial)
¿La organización tiene política, lineamientos u objetivos relacionados con SST?	Si
¿Están definidos los roles, responsabilidades y autoridades en la organización respecto de SST?	Si
¿Se tiene procedimiento para la identificación de peligros y evaluación de riesgos de SST? ¿En particular de los riesgos de TMEs?	P
¿La organización efectúa una planificación para abordar los riesgos, implementar las acciones y evaluar la eficacia de éstas? ¿En particular de los riesgos de TMEs?	No
¿Existe seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño de la organización respecto de la gestión de riesgos de TMEs?	No
¿Se realiza una mejora continua en los procesos referidos a prevención de TMEs?	No

## 2. Descripción de los sistemas de trabajo estudiados:

Los sistemas de trabajo estudiados forman parte del proceso de construcción de obra gruesa de viviendas de dos pisos. En la figura 1 se presentan las etapas más relevantes de este

proceso. Al respecto, en la caracterización de las etapas de construcción de obra gruesa, se pudo establecer que la diferencia del proceso constructivo entre los dos proyectos estudiados, se presentaba en la elaboración muros y losa de primer piso. De este modo, se decidió centrar el estudio de evaluación de riesgos e identificación de opciones de prevención de TMEs para estas etapas de construcción. En términos más específicos, éstas corresponden a la construcción de muros de primer piso con albañilería y de losa primer piso mediante hormigón armado utilizando moldajes de madera. Así mismo, se estudió también el proyecto de construcción de muros y losa de primer piso con hormigón armado utilizando moldajes de aluminio.



Figura 1. Etapas más relevantes de obra gruesa destacando aquellas en las que se centró este estudio: Construcción de muros y losa del primer piso de viviendas.

## 2.1. Construcción de muros de primer piso con albañilería y losa mediante hormigón armado utilizando moldajes de madera.

A continuación se describen las etapas más relevantes de este proceso:

a. En este tipo de obra la construcción de muros del primer piso de la vivienda se efectúa utilizando ladrillos. Los muros en este caso están enmarcados en sus bordes por elementos de hormigón armado, como cadenas y pilares. En la figura 2 se aprecia un albañil instalando ladrillos y uniéndolos mediante mortero. Posteriormente, se instalan los moldajes de madera para la construcción de pilares y cadenas, a las cuales se le vierte hormigón.



Figura 2. Albañil instalando ladrillos

b. En cuanto a la etapa de construcción de la losa del primer piso de la vivienda, esto requiere de la instalación de moldajes de madera, los cuales son sostenidos por vigas de madera y alzaprimas. En la figura 3 se ilustra los moldajes de madera sostenidos por vigas de madera y alzaprimas.



Figura 3. Moldajes sostenidos por vigas de madera y alzaprimas

c. Sobre los moldajes se arman las mallas de barras de fierros (enfierradura) y se vierte el hormigón. En la figura 4 se presenta la instalación de la primera malla de fierro. En la obra estudiada, el hormigón era depositado mediante una retroexcavadora y distribuido mediante paleado por hormigoneros (figura 5).



Figura 4. Instalación de malla de barras de fierro en la losa del primer piso



Figura 5. Paleado de hormigón en la losa del primer piso.

d. En la construcción de muros de albañilería se incluye la etapa de estucado, lo cual se ilustra en la figura 6.



Figura 6. Estucado de muros

e. Una vez que el hormigón fragua, se procede al descimbre, que consiste en retirar el conjunto de piezas y componentes del moldaje. Los moldajes de madera y sus componentes son trasladados en forma manual a la siguiente vivienda en construcción, lo cual se ilustra en la figura 7.



Figura 7. Transporte manual de moldajes

## 2.2. Construcción de muros y losa del primer piso con hormigón utilizando moldajes de aluminio.

A continuación se describen las etapas más relevantes de este proceso:

a. Para la construcción de muros, se instalan moldajes de aluminio, los cuales otorgan la forma a este componente de la vivienda. En la figura 8 se presenta un trabajador instalando un molde de aluminio por la parte interna del muro. Se puede apreciar también la malla de barras de fierro que queda ubicada entre el molde interno y externo del muro. Esta última labor es efectuada por enfierradores.



Figura 8. Instalación de moldajes de aluminio en la construcción de muros

b. Respecto de la construcción de la losa del primer piso de la vivienda, esto requiere de la instalación de los moldajes de aluminio en forma horizontal, los cuales son sostenidos por alzaprimas. En la figura 9 se ilustra la instalación de los moldajes.



Figura 9. Instalación de moldajes en losa primer piso

c. Sobre los moldajes se arman las mallas de barras de fierro. En la figura 10 se presenta la instalación de la primera malla. Posteriormente, una vez instalada la segunda malla, se vierte el hormigón.



Figura 10. Armado de mallas de fierros en losa primer piso.

d. En el proyecto estudiado, la aplicación del hormigón en muros y losa se efectuaba con bomba de hormigón y un brazo telescópico de distribución (figura 11).



Figura 11. Vertido de hormigón mediante bomba y brazo telescópico en losa del primer piso.

e. Una vez que el hormigón fragua, se procede al descimbre, que consiste en retirar el conjunto de piezas y materiales del moldaje. Los moldajes y sus componentes son trasladados a la siguiente vivienda en construcción. En la figura 12 se ilustra el transporte manual de moldajes de aluminio.



Figura 12. Transporte manual de moldajes de aluminio.

### 3. Características de los trabajadores estudiados y factores de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos en faenas que emplean como método de construcción habitacional albañilería / hormigón armado.

#### 3.1. Construcción de muros y losa de primer piso mediante albañilería:

En este tipo de construcción se entrevistó a 17 trabajadores. Todos los obreros de la faena estudiada eran de género masculino. En este sentido, en la tabla 2 se describe la edad y antecedentes de peso, estatura y composición corporal de los trabajadores.

Tabla 2. Edad, peso, estatura y composición corporal de trabajadores que se desempeñaban en la construcción de muros y losa mediante el sistema de albañilería.

Variables	Promedio	DE	Min	Max
Edad (años)	43,1	12,0	22	65
Peso corporal (kg)	75,7	11,6	52	90
Estatura (m)	1,69	0,06	1,61	1,82
Masa grasa (%)	19,8	6,7	7,1	28,0
Masa Libre de grasa (kg)	60,2	7,2	46,8	70,7

Un 29,4% de los 17 trabajadores entrevistados refirió presentar durante el último año problemas de salud relacionados con el sistema musculoesquelético. Ninguno de los casos presentó licencia médica y un trabajador señaló haber tenido días de ausentismo relacionado con el problema de salud. Por su parte, en la tabla 3 se señalan las regiones del cuerpo en las que percibieron MMEs durante la última semana de trabajo. Como se puede apreciar la región lumbar es la más prevalente, seguida de hombro, muñeca, antebrazo y codo. También se indica la intensidad promedio de las molestias percibidas, empleando para ello la escala de Borg (15). En esta escala el valor 0 corresponde a ausencia de molestias y 10 molestias de intensidad máxima. El rango de intensidad de las MMEs en las diferentes regiones del cuerpo se extiende de 3,3 a 6,3, siendo las regiones de hombro, codo y zona lumbar las que alcanzan los valores más altos de intensidad. Como se puede apreciar en la tabla 2, los cargos de enfierrador, seguido del hormigonero, son los que presentan un mayor número de zonas con

MMEs.

Tabla 3. Prevalencia de molestias musculoesqueléticas en trabajadores que efectuaron la construcción de muros y losa primer piso, en el proyecto habitacional que utilizó albañilería.

Regiones del cuerpo	Prevalencia (%)	Intensidad (escala 0 a 10)	Cargos que presentan las molestias
Región lumbar	35,3	4,8	Enfierrador, hormigonero, albañil, estucador, carpintero
Hombro derecho	29,4	6,3	Enfierrador, hormigonero
Muñeca derecha	23,5	3,3	Enfierrador, hormigonero
Antebrazo derecho	11,8	4,0	Enfierrador, carpintero
Codo derecho	5,9	5	Estucador

En la tabla 4 se presentan los cargos en los que se determinó los mayores niveles de riesgo de TMEs, relacionados con factores que pueden generar lesiones de extremidades superiores, así como, demandas derivadas de manejo manual de carga (MMC) y sobrecarga postural. Como se puede observar, el cargo de enfierrador es el que tiene mayores niveles de riesgo de TMEs de extremidades superiores con tres factores en rojo, registrados con la lista de chequeo de la Guía Técnica TMERT (18). En cuanto a los niveles de riesgo relacionados con MMC, los cargos que presentaron el mayor nivel de riesgo al aplicar el método Manual Handling Assessment Charts (MAC) (17,24), con categoría de acción 4, correspondieron a betonero y carpintero. Por su parte, en el análisis de sobrecarga postural mediante el método REBA (17,25), los cargos que tienen los mayores niveles de riesgo son hormigonero y betonero, con nivel de acción 4.

Tabla 4. Cargos con mayores niveles de riesgo de TMEs en la construcción de muros y losa segundo piso en el proyecto habitacional que utilizó albañilería

Cargos con mayor número de factores de riesgos de TMEs de extremidad superior		Cargos con mayores niveles de riesgo en MMC		Cargos con mayor sobrecarga postural	
Cargo	Riesgo	Cargo	Riesgo	Cargo	Riesgo
Enfierrador	3 factores rojo	Betonero	Categoría acción 4	Hormigonero	Nivel de acción 4
Estucador	1 factor rojo	Carpintero	Categoría acción 4	Betonero	Nivel de acción 4
Albañil	1 factor rojo	Enfierrador	Categoría acción 3	Enfierrador	Nivel de acción 3
Hormigonero	1 factor amarillo	Hormigonero	Categoría acción 3	Carpintero	Nivel de acción 3
Betonero	1 factor amarillo	Albañil	Categoría acción 3	-	-

Por otra parte, en las entrevistas sostenidas con los trabajadores del proyecto de albañilería, se les consultó respecto de la percepción que tenían sobre la frecuencia (nunca, ocasionalmente, frecuentemente, siempre) con la que se presentaban en las actividades laborales determinados factores de organización del trabajo. En este sentido, los trabajadores señalaron que siempre (52,9%) o frecuentemente (35,3%) percibían que el ritmo de trabajo era impuesto por máquinas u otras personas, así como, siempre (47,1%) o frecuentemente (52,9%) sentían alta presión por cumplir plazos. Del mismo modo, siempre (35,3%) o frecuentemente (52,9%) percibían que era mucha la cantidad de trabajo para el tiempo que disponía. También indicaron que nunca (64,7%) podían controlar el volumen de trabajo que desarrollan, nunca (47,1%) recibían apoyo de su inmediato superior y nunca (47,1%) reciben apoyo de sus compañeros. De este modo, los trabajadores perciben factores que están en el ámbito psicosocial, sobre los cuales existe evidencia que puede ser también agentes generadores de TMEs (18).

### 3.2. Construcción habitacional de muros y losa de primer piso mediante hormigón armado:

A continuación se describen los resultados obtenidos en el sistema de construcción habitacional de muros y losa mediante el sistema de hormigón armado y moldes de aluminio. En este caso, también todos los trabajadores de la faena estudiada eran de género masculino. Se entrevistó a 16 trabajadores que participaban en estas etapas del proceso. En este sentido, en la tabla 5 se describe la edad y antecedentes de peso estatura y composición corporal de los trabajadores.

Tabla 5. Edad, peso, estatura y composición corporal de trabajadores que se desempeñaban en la construcción de muros y losa mediante el sistema de hormigón armado.

Variables	Promedio	DE	Min	Max
Edad (años)	39,2	12,6	21	68
Peso corporal (kg)	78,7	24,0	57,6	108
Estatura (m)	1,72	0,1	1,6	1,85
Masa grasa (%)	18,0	9,9	9,7	27,1
Masa Libre de grasa (kg)	64,0	8,6	51,3	79,9

Un 18,8% de los 16 trabajadores entrevistados refirió presentar durante el último año problemas de salud relacionados con el sistema músculo esquelético. Ninguno de los casos presentó licencia médica y un trabajador señaló haber tenido días de ausentismo relacionado con el problema de salud al sistema músculo esquelético. Por su parte, en la tabla 6 se describen las regiones del cuerpo en las que los trabajadores percibieron MMEs durante la semana en las que se les entrevistó. Como se puede apreciar la región lumbar es la más prevalente, seguida de hombro derecho e izquierdo y muñeca. Del mismo modo, en la tabla 6 se indica la intensidad promedio de las molestias percibidas, de acuerdo a la escala de Borg (15). El rango de intensidad de las MMEs en las diferentes regiones del cuerpo se extiende entre 2,8 a 5,5, siendo las regiones de muñeca y zona lumbar las que alcanzan los valores más altos. En cuanto a los cargos en los que se presentan las MMEs, éstos corresponden a moldajero, enfierrador y hormigonero.

Tabla 6. Prevalencia de molestias músculo-esqueléticas en trabajadores que efectuaron la construcción de muros y losa segundo piso en el proyecto habitacional que utilizó hormigón armado y moldes de aluminio

Regiones del cuerpo	Prevalencia (%)	Intensidad (escala 0 a 10)	Cargos que presentan la molestia
Región lumbar	43,8	4,2	Moldajero, enfierrador, hormigonero
Hombro derecho	31,3	3,8	Moldajero, hormigonero
Hombro izquierdo	31,3	2,8	Moldajero, enfierrador
Muñeca derecha	12,5	5,5	Enfierrador

En la tabla 7 se presentan los cargos en los que se determinó los mayores niveles de riesgo de TMEs relacionados con factores que puede generar lesiones de extremidades superiores, así como, demandas de MMC y sobrecarga postural. Como se puede apreciar, el cargo que presenta mayores niveles de riesgo de TMEs de extremidades superiores es enfierrador, con tres factores en rojo registrados con la lista de chequeo de la Guía Técnica TMERT (18). En cuanto a los niveles de riesgo relacionados con MMC, en este sistema de construcción de muros y losa, no se registró cargos con categoría de acción 4, que es el nivel de riesgo máximo

en el método MAC (17,24). De este modo, se registró cargos con categoría 3, siendo éstos moldajero y enfierrador. Por su parte, en el análisis de sobrecarga postural mediante el método REBA (17,25), el cargo que tiene el nivel de riesgo máximo, nivel de acción 4, corresponde al cargo de hormigonero.

Tabla 7. Cargos con mayores niveles de riesgo de TMEs en la construcción de muros y losa primer piso en el proyecto habitacional que utilizó hormigón armado y moldes de aluminio.

Cargos con mayor número de factores de riesgos de TMEs de extremidad superior		Cargos con mayores niveles de riesgo en MMC		Cargos con mayor sobrecarga postural	
Cargo	Riesgo	Cargo	Riesgo	Cargo	Riesgo
Enfierrador	3 factores rojo	Moldajero	Categoría acción 3	Hormigonero	Nivel de acción 4
-	-	Enfierrador	Categoría acción 3	Enfierrador	Nivel de acción 3

Por otra parte, en las entrevistas sostenidas con los trabajadores del proyecto de hormigón armado, también se les consultó respecto de la percepción que tenían sobre la frecuencia (nunca, ocasionalmente, frecuentemente, siempre) con la que se presentaban en las actividades laborales determinados factores de organización del trabajo. En sentido, los trabajadores señalaron que siempre (56,3%) o frecuentemente (37,5%) percibían que el ritmo de trabajo era impuesto por máquinas u otras personas, así como, siempre (50%) o frecuentemente (50%) sentían alta presión por cumplir plazos. Del mismo modo, siempre (37,5%) o frecuentemente (50%) percibían que era mucha la cantidad de trabajo para el tiempo que se disponía. También indicaron que nunca (68,8%) pueden controlar la cantidad de volumen de trabajo que se efectúa, nunca (50%) reciben apoyo de su inmediato superior y nunca (50%) reciben apoyo de sus compañeros. De este modo, al igual que en el proyecto de albañilería, en el de hormigón armado los trabajadores perciben factores que están en el ámbito psicosocial, sobre los cuales existe evidencia que puede ser también agentes generadores de TMEs (18).

### 3.3. Comparación de los dos sistemas de construcción habitacional estudiados

En la tabla 8 se comparan los dos sistemas de construcción habitacional estudiados. Se puede apreciar que la construcción de muros y losas de primer piso mediante hormigón armado requiere un menor número de etapas y trabajadores. La prevalencia de MMEs es mayor en el sistema de hormigón armado, pero la intensidad de las molestias referidas por los trabajadores es de menor intensidad. En cuanto los niveles de riesgo de TMEs, al aplicar la lista de chequeo de la Guía técnica TMERT(18), la construcción con hormigón armado tiene un menor número de etapas con riesgo rojo. Respecto de MMC, en el sistema de hormigón armado no se registró riesgo máximo (categoría de acción 4) al aplicar el método MAC (17,24) para elevación y transporte de carga. Ello a diferencia del sistema de albañilería en el que se

registró dos etapas con nivel de riesgo máximo (categoría de acción 4). En lo que respecta al factor de riesgo de sobrecarga postural, el sistema de hormigón armado tiene una etapa con nivel de riesgo máximo en la evaluación efectuada con el método REBA (17,25). En cambio la construcción con albañilería presenta 2 etapas con nivel de riesgo máximo (nivel de acción 4). En cuanto al tiempo requerido para la construcción de muros y losa de primer piso, el sistema de hormigón armado tiene un menor número de etapas y los sistemas de construcción también requieren de menor tiempo para su ejecución, lo cual redundará en un avance más rápido de la obra.

Como se puede deducir de los resultados del análisis de construcción de muros y losa de primer piso, la opción de hormigón armado respecto de la alternativa de albañilería, se caracteriza por:

- Un proceso con cargos y tareas que tienen menores niveles de riesgos de TMEs.
- El número de etapas del proceso de construcción es menor, lo cual junto con etapas que requieren menores tiempos de ejecución, redundará en un avance más rápido de la obra.
- Respecto del empleo, la opción de hormigón armado reduce el número de trabajadores requeridos, eliminándose los puestos de albañil, betonero y estucador. Éste efecto negativo en el empleo, en alguna medida se mitiga, al considerar que éstas labores presentan niveles de riesgo relevantes de TMEs.
- También, se deduce que en ambos sistemas analizados, existen puestos de trabajo que requieren estudios específicos, para determinar opciones de mejoramiento que permitan controlar o reducir los riesgos.

Tabla 8. Comparación de los sistemas de construcción de muros y losa primer piso mediante las alternativas de albañilería y hormigón

Antecedentes	Albañilería	Hormigón armado
Etapas del proceso	11	5
Número de trabajadores requeridos para efectuar las etapas de construcción consideradas en el análisis	34	26
Prevalencia de trabajadores con MMEs (%)	82,4	87,5
Intensidad promedio de las MMEs	4,9	3,9
Número de etapas con nivel de riesgo rojo en lista TMERT	4	2
Número de etapas con riesgo máximo (nivel 4) del Método MAC	2	0
Número de puestos de trabajo con riesgo máximo (nivel 4) en método REBA de sobrecarga postural	2	1

#### 4. Causalidad de los TMEs

Con la finalidad de sistematizar la descripción de los potenciales agentes causales de los TMEs en las faenas estudiadas, se elaboró un diagrama de Ishikawa, integrando la información obtenida en la etapa de caracterización de los sistemas de trabajo estudiados. En este sentido, en la figura 13, se presenta el diagrama el cual incluye las categorías de riesgo asociados a procedimientos y tecnología, ambiente, organización, factores psicosociales y personas. Como se puede apreciar existen procedimientos de trabajo que presentan riesgos biomecánicos como demandas de fuerza, sobrecarga postural y trabajo de tipo repetitivos. Estos factores de riesgos no son controlados ni reducidos con las herramientas o implementos que se utilizaban en las faenas estudiadas. También, estos riesgos pueden ser generados o incrementados por el entorno físico en el que se realizan las tareas, ya sea por ejemplo porque el trabajo debe efectuarse a nivel de piso o las zonas de desplazamiento son terrenos irregulares y /o con obstáculos. En forma complementaria, se identificó factores psicosociales. En este sentido, los trabajadores entrevistados perciben que existe presión por cumplir plazos, la cantidad de trabajo realizado es mayor al tiempo que disponen para efectuarlo y el ritmo es impuesto por otras personas y por el proceso. También perciben que no pueden controlar la cantidad de trabajo por realizar y, no existe apoyo de superiores y compañeros. Así mismo, se identificaron factores individuales, como la condición física de los trabajadores y estilos de trabajo que incrementan los riesgos de TMEs. Este conjunto de factores de riesgo que están presentes en las faenas estudiadas, se explica a su vez por aspectos de organización del trabajo, relacionados con la carencia de un programa que haya gestionado en forma sistemática los potenciales factores riesgos de TMEs en la empresa estudiada.

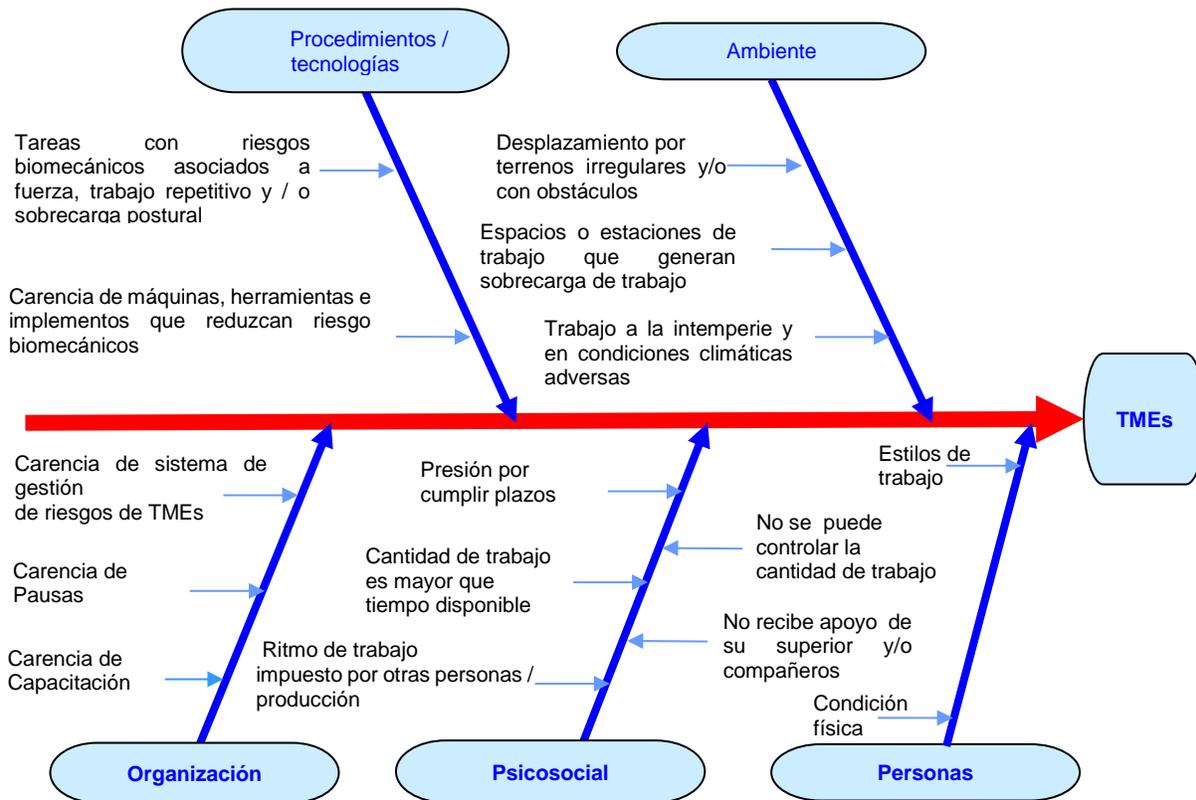


Figura 13. Diagrama de posible causalidad de TMEs en faenas de la construcción estudiadas.

### 5. Opciones de mejoramiento para sistema de albañilería y hormigón armado:

Una vez identificados los cargos que presentaban mayores niveles de riesgo en los dos sistemas de construcción estudiados y, analizada la posible causalidad, se procedió a establecer opciones de prevención de TMEs. Para avanzar en esta fase y de acuerdo al análisis del sistema de gestión de TMEs que tenía la empresa, se propuso constituir un equipo de trabajo que analizara y coordinara el proceso de identificación de medidas de mejoramiento, para su posterior implementación en la organización. De este modo, se constituyó un equipo conformado por el jefe de obra, el experto en prevención de riesgos, el encargado de adquisiciones y los supervisores de las dos faenas estudiadas.

Una vez constituido el equipo, la primera reunión se orientó a analizar el avance de la etapa de diagnóstico, referido a la caracterización de los potenciales factores de riesgo identificados en los dos sistemas de construcción analizados. En términos general, se concluyó que los cargos que presentaban mayores niveles de riesgo en la construcción de muros y losa correspondían a enfierradores, hormigoneros y moldajeros.

Se realizó una segunda reunión del equipo de trabajo, la cual tuvo como propósito analizar los resultados finales del diagnóstico referidos a la caracterización de los factores de riesgo

identificados en los sistemas estudiados. También, la reunión tuvo como propósito examinar opciones de prevención de TMEs para los puestos con mayores niveles de riesgos. Específicamente se analizó opciones de prevención para enfierradores en tareas de doblado de fierro, así como, para amarre de fierro. Del mismo modo, se verificó opciones de mejoramiento para moldajeros y hormigoneros.

En función de la causalidad identificada, el análisis de opciones de prevención se centró en primera instancia en establecer procedimientos de trabajo que redujesen o eliminasen los niveles de riesgos identificados. Complementario con ello, se debía establecer un sistema de organización del trabajo que incluyese periodos de recuperación de los trabajadores a través de la jornada laboral. Una vez definidas estas opciones, se debía sensibilizar y capacitar respecto de los nuevos procedimientos de trabajo, así como, implementar, monitorear y realizar los ajustes para avanzar en procesos de prevención de TMEs y mejoramiento de condiciones de trabajo (12).

Respecto de la primera etapa, referida a establecer procedimientos de trabajo, se consideró que el diseño de las actuales herramientas e implementos para efectuar el trabajo jugaban un rol relevante en la generación de TMEs. Por ello, se debía identificar en primera instancia opciones de prevención asociados a esos componentes de los procedimientos de trabajo. Por ejemplo, en el caso del cargo de enfierrador y la tarea de amarre de fierros, esta labor consiste en unir con alambre estas barras y, de esta forma, elaborar mallas, columnas o vigas. Para efectuar el amarre se utiliza un alicate, el cual el operario manipula realizando repetidas pronosupinaciones para lograr el amarre de las barras. Para el caso, el factor de riesgo relevante en este procedimiento de trabajo es la acción repetida de pronosupinación. Por lo tanto, se procedió a identificar herramientas manuales o de potencia que redujesen o eliminasen la acción repetida de pronosupinación.

Por lo expuesto, para apoyar la identificación de opciones de prevención, se examinó en las reuniones de trabajo resultados de una revisión de tecnologías disponible a nivel nacional e internacional, que se pudiesen considerar en la evaluación de medidas para controlar o reducir los niveles de riesgos de TMEs para los cargos y tareas más críticas. En la siguiente tabla se resumen los potenciales factores de riesgo biomecánicos y las opciones de prevención analizadas para los cargos y tareas con mayores niveles de riesgo.

Tabla 9. Opciones de prevención analizadas para los cargos de enfierrador, hormigonero, y moldajero.

Imagen de referencia de la tarea	Factores de riesgo biomecánicos identificados en el cargo y tarea	Lineamientos de las opciones de prevención
	<p>Enfierrador: Demandas de fuerza en el doblado de fierros</p>	<p>Eliminar la acción de doblar fierros con herramienta manual (grifa), mediante un equipo que efectúe en forma mecanizada el doblado de fierros.</p>
	<p>Enfierrador: Sobrecarga postural para extremidades superiores y tronco.</p>	<p>Emplear herramientas manuales o de potencia que reduzcan o eliminen la acción repetida de pronosupinación y corte de alambre</p>
	<p>Moldajeros: Sobrecarga postural y demandas de fuerza en el transporte de moldajes</p>	<p>Emplear mangos de sujeción y/o soporte, para reducir sobrecarga postural y demandas de fuerza en el transporte de moldajes.</p>
	<p>Hormigonero: Sobrecarga postural de tronco</p>	<p>Emplear pala con mango que permita sujetar y accionar la pala, reduciendo la sobrecarga postural de tronco en la acción de paleado.</p>

Las opiniones de los integrantes de la empresa respecto de las opciones de prevención, en particular de la que se incluía un mayor componente de cambio tecnológico, como la mecanización del doblado de fierros y el uso de herramientas eléctricas para el amarrado de fierros, fueron más bien negativas y descartadas para la etapa de evaluación. El factor que se planteó como limitante para su incorporación correspondió al costo de implementación. De este modo, se generó un escenario para el estudio, en el cual quedaba limitada y con poco margen para evaluar la eficacia de opciones que estaban dirigidas a controlar o reducir los factores de riesgo más relevantes. En cuanto a la opción de establecer un sistema de organización del trabajo que incluyese periodos de recuperación de los trabajadores a través de la jornada laboral, los integrantes del equipo de trabajo de la empresa indicaron que esa

materia estaba en estudio, no definiéndose plazos para su concreción.

Por otra parte, para los cargos de moldajero y hormigonero, la búsqueda de tecnologías para controlar o reducir los factores riesgos, indicaron que en el mercado nacional no existían implementos para disminuir la sobrecarga postural de los hormigoneros al emplear palas para el paleado de mezcla y tampoco algún sistema para reducir la sobrecarga postural y física del manejo de carga de los moldajeros. Por lo cual, para la búsqueda y evaluación de opciones de mejoramiento de las condiciones de trabajo, se debía previamente desarrollar una etapa de diseño de implementos a nivel de concepto básico y evaluar en qué medida esas opciones, lograban reducir los niveles de riesgo identificados en los cargos y tareas estudiadas.

En el contexto de lo señalado, dadas las limitaciones que se identificó en la empresa estudiada para evaluar la eficacia de diferentes tecnologías para reducir los factores de riesgo detectados en los puestos críticos, así como, la necesidad de diseñar implementos a nivel de concepto básico, para establecer también su eficacia en la reducción de los niveles de riesgo de TMEs, se decidió que los estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs, se realizarían a nivel de laboratorio o en empresas que ya las hubiesen implementado.

## **6. Estudios de opciones de prevención de TMEs para cargos con mayores niveles riesgo en los sistemas de construcción habitacional estudiados**

A continuación se describen los estudios realizados para evaluar opciones de prevención de TMEs para los cargos que presentaron los mayores niveles de riesgos en los sistemas de trabajo estudiados. En primera instancia se describen los resultados de los estudios en el cargo de enfierrador, para las tareas de doblado de fierros y amarre de fierros. Posteriormente, se presentan los resultados para el cargo de moldajero, en la tarea de transporte de moldajes, así como, para la tarea de paleado de mezcla efectuada por hormigoneros.

### **6.1. Enfierradores**

#### **6.1.1. Tarea de doblado de fierros**

Entre las tareas de los enfierradores está la elaboración de mallas de fierro que componen los muros y losas. Una de las tareas de mayor riesgo identificadas en este estudio corresponde a doblar fierros de diferente diámetro, mediante una herramienta manual denominada grifa. En la figura 14, se ilustra esta tarea, en la cual se conjugan factores de riesgos como demandas de fuerza, repetitividad y sobrecarga postural para extremidades superiores. Respecto de la identificación de medidas de mejoramiento, el factor más relevante está asociado a la reducción de las demandas de fuerza. Mediante dinamometría se determinó que para doblar fierros de 8 a 12 mm de diámetro se requieren entre 18 a 25 kgf. En este sentido, la opción de prevención de TMEs que se analizó corresponde a la mecanización de la tarea.



Figura 14. Tarea de doblado de fierros mediante grifa

La revisión bibliográfica de tecnologías para la construcción permitió identificar un equipo que efectúa el doblado de fierros mediante un sistema mecanizado. En la figura 15, se presenta un modelo de este tipo de equipos y se ilustra el sistema de doblado de fierros. En este sentido, dado que el costo de su implementación excedía el presupuesto del proyecto, se verificó si empresas regionales disponían de esta tecnología, identificando una en la comuna de Concepción.



Figura 15. Parte superior: Modelo de dobladora de fierro disponible en el mercado. Parte inferior: Esquemas que ilustran como el giro de la tornamesa dobla uno o más fierros.

En la tabla 10 se presentan los resultados del estudio. La empresa que fue contactada había adquirido e implementado recientemente la dobladora de fierros y, por lo tanto, los operarios tenían la experiencia de haber trabajado previamente con grifa. De este modo, el estudio en terreno consistió en registrar mediante dinamometría las demandas de fuerza con grifa y la percepción de esfuerzo al doblar fierros de 8 a 12 mm. Por otra parte, se consultó a los operarios que indicasen la percepción de molestias músculo-esqueléticas que habían experimentado al término de la jornada cuando trabajaban con grifa y las que ahora percibían

al realizar la tarea con la dobladora de fierros. También, se les consultó sobre los rendimientos logrados con ambos sistemas de trabajo.

Como se puede observar en la tabla 10 la dobladora de fierros elimina la acción de realizar este trabajo físico y las demandas de fuerzas asociadas. Por lo tanto, se elimina del ciclo de trabajo las demandas de fuerza que alcanzaron los 18 a 25 kgf, con percepciones de esfuerzo de entre 5 a 7 en la escala de Borg (15). Es relevante destacar que estos valores de percepción de esfuerzo registrados al emplear la grifa, son considerados de riesgo en la lista de verificación del protocolo TMERT (18). Por su parte, las molestias músculo-esqueléticas (MMEs) percibidas por los operarios al término de la jornada laboral al trabajar con la dobladora de fierros era menor (2 a 3 en la escala de Borg), que cuando les correspondió semanas previas trabajar doblando fierros con grifa (5 a 7 en la escala de Borg). En cuanto al rendimiento, los operarios señalaron y demostraron que con la dobladora de fierros se demoraban entre 1/3 a 1/4 del tiempo ocupado con grifa. Al respecto, al trabajar con grifa el doblado de fierros se realiza pieza a pieza. En cambio con la dobladora de fierros, como se puede apreciar en el esquema de la figura 15, dependiendo del diámetro de éstos, se puede doblar más de un fierro en forma simultánea, lo cual favorece el rendimiento logrado con estos equipos.

Tabla 10. Resultados de la comparación entre el uso de grifa y de dobladora de fierros.

Resultados de evaluaciones y entrevistas a usuarios de dobladora de fierros (n=2)				
	Demandas de fuerza al doblar fierros de 8 a 12 mm (Kgf)	Percepción de esfuerzo (0 a 10) (0 = sin esfuerzo 10= esfuerzo máximo)	Percepción de MMEs al término de la jornada (0= ausencia de molestias 10= extremadamente intensas)	Rendimiento
Con grifa	18 a 25	5 a 7	5 a 7	Con dobladora de fierros se demoran entre 1/3 a 1/4 del tiempo ocupado con grifa
Con dobladora de fierros	No está esa demanda	No está esa demanda	2 a 3	

### 6.1.2. Tarea de amarre de fierros primera malla de losa

Esta tarea efectuada por los enfierradores fue evaluada como una de las de mayor nivel de riesgo para TMEs. Es así como, en la lista de verificación TMERT, presentó nivel rojo en repetitividad y postura. Entre las diferentes tareas de amarre efectuadas en muro y losa, aquella realizada en la elaboración de las dos mallas de la losa del primer piso, presenta los mayores riesgos TMEs. Ello dado que combina riesgos tanto para extremidades superiores como para columna vertebral. En este sentido, para efectuar las acciones de amarre de fierros los trabajadores emplean un alicate, con el cual efectúan prono-supinaciones que superan el 50% del rango de movimiento articular. En la figura 16 se ilustran etapas del ciclo de amarre de fierros al elaborar la primera malla de la losa del primer piso. Adicionalmente, para efectuar esa tarea, que involucra trabajar con las extremidades superiores próximas al piso, los operarios deben efectuar flexiones de tronco, como se ilustra en la figura 17.

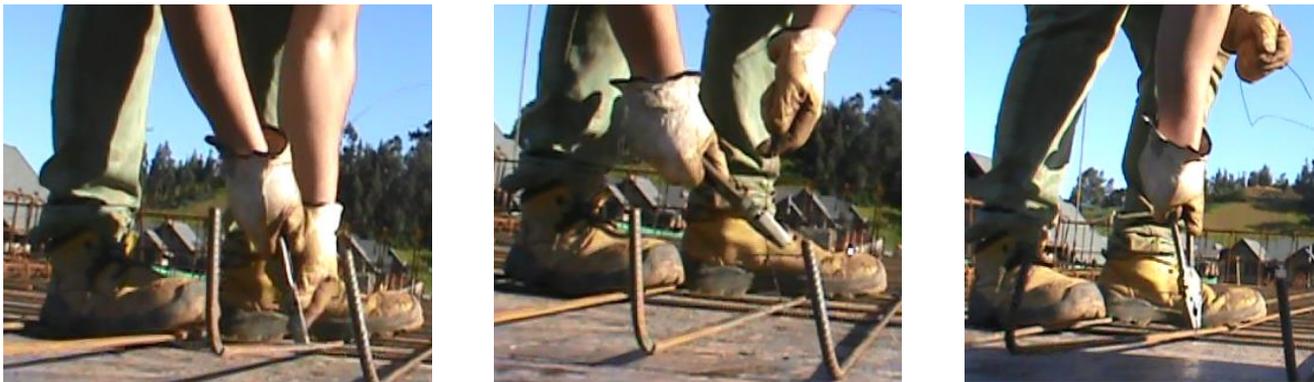


Figura 16. Etapas del ciclo de amarre de fierros al armar la primera malla de la losa del primer piso.



Figura 17. Postura de trabajo al efectuar amarre de fierros en losa del primer piso.

Respecto de la identificación de opciones de prevención de TMEs de extremidades superiores

asociadas a reducir el trabajo repetitivo de pronosupinación, la revisión de herramientas disponibles en mercados nacionales e internacionales, permitió identificar dos opciones para estudio. La primera es una tenaza como la ilustrada en la figura 18. Este implemento tiene la particularidad de que una vez entrelazado con los dedos el alambre en las barras de hierro, el accionamiento manual de la tenaza permite cortar y mantener atrapados los dos extremos del alambre empleado para el amarre. Posteriormente, mediante el desplazamiento manual del mango, que tiene un tornillo sin fin, la herramienta gira sobre su eje y amarra el alambre a las barras de hierro, eliminando con ello la acción repetitiva de pronosupinación.



Figura 18. Tenaza de amarre

Por otra parte, se identificó también una amarradora eléctrica. Este sistema que se ilustra en la figura 19, tiene un dispositivo en el cual se instala un carrete, el cual alimenta con alambre un mecanismo que efectúa el amarre de fierros. La herramienta con carrete y batería pesa 2,6 kg. Para su operación el trabajador sostiene la herramienta desde el mango, aproxima la parte anterior de ésta a las barras de fierros que serán amarradas y acciona un gatillo que activa el mecanismo de amarre. La herramienta amarra y corta el alambre, quedando en condiciones de efectuar un nuevo ciclo. Respecto del uso de alicate para el amarre de fierros, la amarradora eléctrica elimina la acción repetitiva de pronosupinación, así como, del corte de alambre.



Figura 19. Amarradora eléctrica

A continuación se resumen los resultados del estudio efectuado de la evaluación de amarre de fierros en primera malla de losa. En el estudio participaron 7 personas de género masculino. En la tabla 11 se resume las características de edad y tamaño corporal de los participantes. Respecto de la evaluación de las herramientas, es importante destacar que los fierros que se amarran en la primera malla de la losa están apoyados sobre moldajes de madera o aluminio. De este modo, para efectuar el amarre el operario debe levantar los fierros y pasar el alambre bajo éstos. En el caso del uso de alicate, el operario emplea esta herramienta para tomar y elevar las barras de fierro y pasar bajo éstas el alambre. En el caso del uso de la tenaza, la parte anterior o mordaza de la herramienta tiene una apertura de 5 a 6 mm. De este modo, la tenaza no permite tomar las barras de fierro sobre diámetros de fierro de 6 mm. Este aspecto del diseño de la tenaza no permite emplearla en la elaboración de la primera malla de fierros de la losa. En el caso de la amarradora eléctrica, se puede complementar el uso de alicate para elevar las barras de fierro y efectuar el amarre con la herramienta eléctrica. De este modo, para el estudio de amarre de fierros de la primera malla de la losa, solo fue posible evaluar el sistema tradicional, que es el alicate y se comparó con la opción amarradora eléctrica.

Tabla 11. Edad, tamaño y composición corporal del grupo de 7 hombres que participó en la evaluación de las herramientas estudiadas

Variables	Promedio	DE	Min	Max
Edad (años)	41,7	16,3	24	62
Peso (kg)	77,1	6,7	65	85
Estatura (m)	1,69	0,04	165	176
Masa grasa (%)	21,9	5,6	16,2	29
Masa libre de grasa (kg)	56,3	3,3	52	60,3

En la tabla 12 se resume los resultados obtenidos al elaborar la primera malla de losa con alicate y amarradora eléctrica. Los participantes efectuaron 6 ciclos de amarre y se registró mediante un equipo de electrogoniometría los movimientos de pronosupinación. Del mismo modo, se registró el tiempo de los ciclos y se consultó a los participantes sobre la percepción de esfuerzo al efectuar la tarea de amarre, empleando para ello la escala de Borg (15). Como se puede observar en la tabla, la amarradora eléctrica reduce en forma significativa los rangos de movimiento de pronosupinación, la percepción de esfuerzo y los tiempos por ciclo ( $p < 0,05$ ). Respecto de análisis de riesgo de postura, en la Guía técnica TMERT se considera que la condición es de riesgo cuando la desviación es mayor al 50% del rango de movimiento de la articulación analizada (18). En el caso de pronación y supinación la bibliografía indica que estos rangos de movimiento se presentan en ángulos mayores a  $60^\circ$  (26). Los valores registrados en el estudio de electrogoniometría en los ciclos de amarre con alicate en promedio fueron de  $56,4^\circ$  en supinación y  $76,1^\circ$  en pronación. Los valores máximos alcanzados en los ciclos de amarre superaron los  $60^\circ$  tanto es supinación como en pronación. De este modo, al usar el alicate los rangos de pronación y supinación superan los criterios de riesgo. En la figura 20 se ilustra un movimiento del ciclo de trabajo que presenta un valor promedio de supinación

de 74° y el valor máximo alcanzado es de 98°.

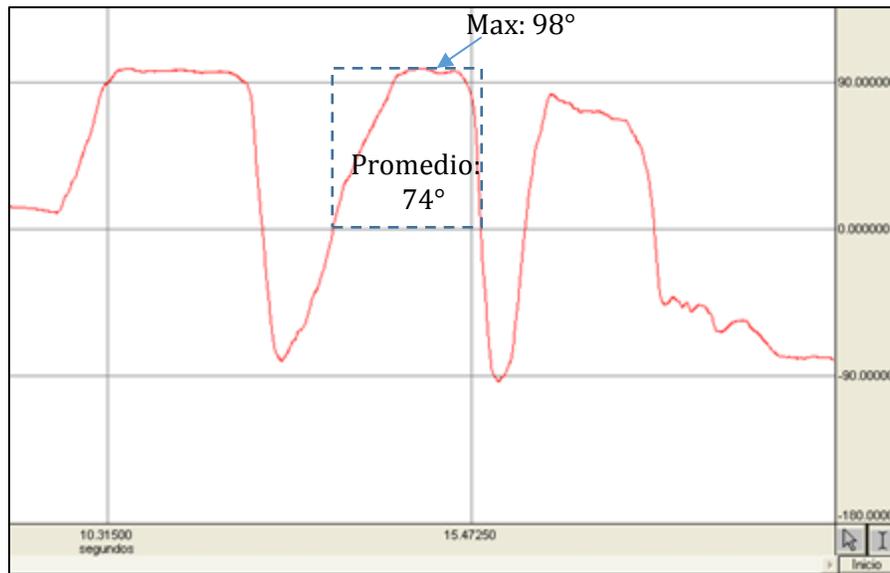


Figura 20. Se ilustra un movimiento del ciclo de trabajo que presenta un valor promedio de supinación de 74° y un valor máximo de 98°.

En cuanto a las demandas de fuerza, la percepción de los participantes al usar el alicate en la acción de amarre se situó en promedio en el valor 2,9 de la escala de Borg (15). Un 71% de los participantes señaló que el nivel de esfuerzo era igual o superior al nivel 3. De acuerdo al Guía Técnica TMERT (18), niveles iguales o superiores a 3 de la escala de Borg (15), deben ser considerados como presencia de fuerza.

Respecto del uso de la amarrador eléctrica, de acuerdo a los resultados descritos en la tabla 12, se aprecia que los ciclos de amarre se efectuaron en una postura de pronosupinación muy próxima a una condición neutra. En este sentido, en todos los ciclos registrados con esta herramienta, los valores máximos fueron menores a 60° tanto de pronación como de supinación. Respecto de la percepción de esfuerzo, todos los participantes señalaron demandas de fuerza inferiores al nivel 3 de las escala de Borg (15). En cuanto a los tiempos de duración de los ciclos de la tarea, éstos son menores con la amarradora eléctrica, reduciendo con ello los tiempos de exposición a las demandas de fuerza y postura por cada ciclo de trabajo.

Tabla 12. Resultados del estudio efectuado de la evaluación de amarre de fierros en la primera malla de losa con alicate y herramienta eléctrica

Variables	Amarre con alicate (n=7)	Amarre con herramienta eléctrica (n=7)
Supinación (grados)	56,4 (26,3)	9,3 (4,1) *
Pronación (grados)	76,1 (38,7)	8,3 (3,7) *
Duración de la acción de amarrado (segundos)	7,1 (1,1)	3,7 (0,5) *
Percepción de esfuerzo en la acción de amarre (Escala de Borg 0 = nada en absoluto a 10 = máximo)	3,0 (0,6)	0,6 (0,2) *

Nota (\*): Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

### 6.1.3. Tarea de amarre segunda malla de losa

En la tabla 13 se resumen los resultados del estudio efectuado de la evaluación de amarre de fierros en la segunda malla de losa. Respecto de la evaluación de las herramientas, es importante destacar que en esta tarea los fierros que se amarran no tiene el requerimiento de la primera malla, en el sentido de que para efectuar el amarre, el operario no necesita elevar los fierros para pasar el alambre bajo éstos. De este modo, en el estudio de amarre de fierros de la segunda malla de la losa, se evaluó el sistema tradicional (que emplea alicate), el cual se comparó con el uso de la tenaza y la amarradora eléctrica con y sin la opción de uso de una extensión. Esta última alternativa tiene como objetivo que el trabajador permanezca de pie, evite la flexión de tronco y aproxime la herramienta eléctrica para efectuar el amarre de fierros. En la figura 21 se ilustra la amarradora eléctrica con extensión.



Figura 21. Amarradora eléctrica con extensión

Como se puede observar en la tabla 13, la amarradora eléctrica con y sin extensión, respecto del uso de alicate, reduce en forma significativa los movimiento de pronosupinación, la percepción de esfuerzo y los tiempos por ciclo ( $p < 0,05$ ). También, se puede apreciar que la tenaza disminuye los movimientos de pronosupinación y la percepción de esfuerzo.

Tabla 13. Resultados del estudio efectuado de la evaluación de amarre de fierros en segunda malla de losa al emplear alicate, tenaza, herramienta eléctrica y herramienta eléctrica con extensión

VARIABLES	Amarre con alicate (n=7)	Amarre con tenaza (n=7)	Amarre con herramienta eléctrica (n=7)	Amarre con herramienta eléctrica con extensión (n=7)
Supinación (grados)	57,1 (27,2)	16,3 (6,7) *	9,5 (4,3) *	9,7 (4,8) *
Pronación (grados)	75,3 (37,7)	2,9 (1,7) *	8,0 (3,5) *	9,4 (3,9) *
Duración de la acción de amarrado (segundos)	7,3 (1,2)	14,0 (0,8) *	3,6 (0,5) *	3,2 (0,6) *
Percepción de esfuerzo en la acción de amarre (Escala de Borg 0= nada en absoluto a 10 = máximo)	2,8 (1,0)	1,8 (0,8) *	0,6 (0,2) *	0,5 (0,1) *

Nota (\*): Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

En la tabla 14 se describen los resultados del estudio de postura de tronco en amarre de fierros en segunda malla de losa al emplear alicate, tenaza, herramienta eléctrica y herramienta eléctrica con extensión. En este sentido, el uso de la herramienta eléctrica con la extensión, disminuye en forma significativa la flexión del tronco, generando condiciones de trabajo aceptables de postura de tronco según la Norma ISO 11226 (22).

Tabla 14. Resultados del estudio efectuado de postura de tronco en amarre de fierros en segunda malla de losa al emplear alicate, tenaza, herramienta eléctrica y herramienta eléctrica con extensión.

Variables	Amarre con alicate (n=7)	Amarre con tenaza (n=7)	Amarre con herramienta eléctrica (n=7)	Amarre con herramienta eléctrica y extensión (n=7)
Tronco: Ángulo de flexión (grados)	94,1 (2,5)	85,5 (8,2)	82,7 (2,8)	17,3 (3,9) *
Postura tronco: Flexión Norma ISO 11226	> 60° No recomendado	>60° No Recomendado	>60° No recomendado	<20° Aceptable

Nota (\*): Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

#### 6.1.4. Amarradora eléctrica

La amarradora eléctrica es una herramienta de potencia y, por lo tanto, genera vibraciones mecánicas mano-brazo. Al respecto, existe evidencia que este tipo de vibraciones, según su intensidad y el tiempo de exposición, pueden generar TMEs de extremidades superiores (18). De este modo, se consideró adecuado verificar si los niveles de vibración generados por la amarradora eléctrica, estaban dentro límites máximos permitidos según disposiciones contenidas en los Artículos 83 al 94 del Decreto Supremo N°594/99 del MINSAL (23). En cuanto a los procedimientos de medición, se realizó de acuerdo al Instructivo para la Aplicación del Decreto Supremo N°594/99.

Para efectuar la evaluación de las vibraciones generadas por la amarradora eléctrica, se solicitó a un participante que efectuase 6 ciclos de amarre barras de fierros. La duración de los ciclos fue de 3, 6 y 9 segundos. Se seleccionó con límite inferior de tiempo de amarre uno cada 3 segundos, dado que se estimó mediante ensayos, que es el tiempo necesario para efectuar en forma continua la secuencia de operaciones de: Aproximar la herramienta al punto de unión de los fierros, accionar el gatillo, ejecutar el amarre por el sistema mecánico, retirar la herramienta del punto de amarre y desplazar la herramientas a un nuevo punto de amarre. De este modo, la ejecución de un amarre cada 3 segundos, representa en este estudio la condición de mayor exposición a vibraciones mecánicas mano-brazo. Se evaluó también a dos condiciones de menor exposición que corresponde a un amarre cada 6 y 9 segundos.

En la tabla 15 se presentan dos mediciones de vibración mano-brazo en los ejes x, y, z, en las tres duraciones de ciclos estudiadas. En la columna de la derecha se presenta la aceleración vibratoria máxima permitida ( $m/s^2$ ), de acuerdo los criterios definidos en el DS 594 (23). Como se puede apreciar, los niveles de vibraciones en los ejes x, y, z, en los tres periodos evaluados están por debajo de las aceleraciones máximas permitidas.

Tabla 15. Niveles de vibración mano-brazo generados por la amarradora eléctrica en los ejes x, y, z, para un amarre cada 3, 6, y 9 segundos. Se efectuaron dos mediciones: Medición 1 (M1) y Medición 2 (M2)

Un amarra cada:	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración vibratoria máxima m/s <sup>2</sup> 4 < T ≤ 8 DS 594
3 segundos	M1: 0,47 M2: 0,48	M1: 0,39 M2: 0,39	M1: 0,41 M2: 0,47	4
6 segundos	M1: 0,37 M2: 0,33	M1: 0,32 M2: 0,33	M1: 0,35 M2: 0,39	4
9 segundos	M1: 0,27 M2: 0,26	M1: 0,25 M2: 0,24	M1: 0,29 M2: 0,25	4

## 6.2. Moldajeros

Una de las tareas de mayor riesgo de TMEs que se identificó en este cargo corresponde a la elevación, transporte y descenso de moldajes de aluminio. Estas estructuras metálicas son empleadas en la construcción de muros y de losa. Una vez utilizadas en la construcción de una edificación, son transportadas en forma manual a la siguiente vivienda. En la figura 22 se aprecia la forma en la que son trasladados los moldajes.



Figura 22. Imágenes que ilustran el transporte de moldajes

Debido a que no se identificó en el mercado nacional una opción que permitiese reducir los riesgos en el manejo manual de los moldajes, se procedió a diseñar un mango que permitiese el transporte de estas estructuras. Los análisis preliminares indicaron que, complementario al

mango, se requería implementar un soporte para apoyar el mango y, de este modo, reducir las demandas de fuerza requeridas para sostener la carga durante esta tarea. De este modo, se diseñó un estudio que consistió en comparar el manejo manual de moldajes empleado en la empresa, con el uso de un mango para el transporte de moldajes, así como, el uso del mango más un soporte unido a un cinturón fijado a la cintura del usuario. En las figura 23, se presentan los tres sistemas de transporte estudiados.



Figura 23. Se ilustran los tres sistemas de transporte estudiados. A la izquierda el manejo de moldajes utilizado en la empresa, en la parte central el uso de mango y a la derecha el uso de mango más soporte sostenido por cinturón

En la evaluación participaron 7 personas, cuyas características han sido descritas en la tabla 11. Los participantes realizaron un circuito de transporte de 12 metros de distancia, transportando un tablero de 18 kg. La prueba tuvo una duración de 5 minutos, intercalando tramos de 12 metros con carga y sin carga, representando los traslados efectuados en faenas de la construcción. Durante el periodo de 5 minutos se registró la frecuencia cardiaca de los participantes mediante un monitor de frecuencia cardiaca marca Polar. Del mismo modo, se consultó a los participantes hacia el término del periodo de 5 minutos la percepción de esfuerzo físico, utilizando para ello la escala de Borg (15,18). También se gravó mediante video el manejo manual de carga, de modo de registrar las posturas de trabajo y de esta forma aplicar el método MAC de transporte de carga (17,24). Para el cálculo del índice MAC se consideró las condiciones ambientales y de superficie de trabajo existentes en faenas de la construcción. Los resultados obtenidos están resumidos en la tabla 15. Se pudo establecer que, respecto del procedimiento de manejo empleado en la empresa, la frecuencia cardiaca y la percepción de esfuerzo de los 7 participantes, son significativamente menores ( $p < 0,05$ ) al utilizar la opción de mango de sujeción más un apoyo que se fija a un cinturón. Respecto de los resultados obtenidos con el método MAC para transporte de carga, al emplear el mango y el uso de soporte, se reduce el índice MAC de nivel 3 a 2 (17,24). Del mismo modo, se elimina el apoyo

del moldeaje en el hombro, lo cual se considera en el método MAC como una condición de riesgo muy alto (17,24). En particular, el apoyo de carga en el hombro se clasifica en el nivel de riesgo de color “Morado” y se señala “La tarea evaluada podría representar riesgo serio de lesiones a la espalda, por lo que debería analizarse detenidamente para introducir mejoras”

Tabla 15. Frecuencia cardíaca y percepción de esfuerzo registrados en el manejo de moldajes al evaluar el procedimiento actual, al utilizar un mango de sujeción y al emplear un mango de sujeción más un apoyo sostenido por cinturón. Se indica valor promedio y, entre paréntesis, la desviación estándar.

	Manejo de moldajes procedimiento actual  (n=7)	Manejo de moldajes mediante mango se sujeción  (n=7)	Manejo de moldajes mediante mango de sujeción y apoyo sostenido por cinturón (n=7)
Frecuencia cardíaca (lat/min)	95,0 (7,5)	92,4 (7,1)	89,0 (7,3) *
Percepción de esfuerzo (Escala de Borg 0 a 10)	5,6 (1,3)	4,6 (0,5)	3,4 (0,5) *

Nota (\*): Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

### 6.3. Hormigoneros:

Entre las tareas que realizan los hormigoneros está el uso de pala para distribuir y cubrir con mezcla la losa del primer piso. Esta labor tiene riesgos asociados a sobrecarga postural de tronco y manejo de carga. En este sentido, debido a que no se identificó en el mercado una opción de diseño de pala que permitiese reducir los riesgos en este tipo de tareas, se procedió a diseñar y evaluar dos tipos de mangos de pala. De este modo, se modificó una pala disponible en el mercado nacional, a la cual se le adicionó e instaló un segundo mango. En la figura 24 se ilustra el segundo mango instalado en una pala. Al respecto, se evaluó las opciones de angulación del segundo mango a  $25^\circ$  y  $50^\circ$  respecto mango principal.

En la evaluación participaron 7 personas, cuyas características han sido descritas en la tabla 11. Los participantes realizaron un circuito de 5 minutos, a una frecuencia de paleado cada 3 segundos, desplazando una carga representativa de la fuerza requerida para distribuir la mezcla en la losa del primer piso. Durante el periodo de 5 minutos se registró la frecuencia cardíaca de los participantes mediante un monitor de frecuencia cardíaca marca Polar. Del mismo modo, se consultó a los participantes hacia el término del periodo de 5 minutos la percepción de esfuerzo físico, utilizando para ello la escala de Borg (15,18). También se gravó mediante video el manejo manual de carga, de modo de registrar las posturas de trabajo y de esta forma aplicar el método REBA (13,21).



Figura 24. Pala tradicional y rediseño que incorpora un segundo mango.

Los resultados obtenidos están resumidos en la tabla 16. Se pudo establecer que al comparar la pala tradicional con aquella que tenía un segundo mango ubicado a 25° del principal, la frecuencia cardiaca de los participantes (n=7) se redujo en forma significativa, no así la percepción de esfuerzo. Por su parte, tanto la frecuencia cardiaca como la percepción de esfuerzo de los participantes (n=7), fue significativamente menores ( $p < 0,05$ ) al emplear la opción que incluye un segundo mango ubicado a 50° del principal. También, se determinó con el método REBA que, al emplear un segundo mango a 25° ó 50° del principal, se redujo el nivel de riesgo asociado a las posturas de paleado. En este sentido, al utilizar la pala tradicional se registraron posturas de paleado que alcanzaron el nivel de riesgo “Muy alto” (17,25). Por su parte, al utilizar la pala con el segundo mango, las posturas de paleado alcanzaron un nivel de riesgo “Medio” (17,25). En la figura 25 se ilustran las posturas de paleado al emplear pala tradicional y la que incorpora un segundo mango.



Figura 25. A la izquierda se presenta postura adoptada al emplear pala tradicional y a la derecha al emplear pala que dispone de un segundo mango.

Tabla 16. Frecuencia cardiaca y percepción de esfuerzo registrados al emplear pala tradicional y palas con un segundo mango ubicados a 25° y 50° del principal. Se indica valor promedio y, entre paréntesis, la desviación estándar.

	Pala con mango tradicional	Pala con segundo mango ubicado a 25° del principal	Pala con segundo mango ubicado a 50° del principal
Frecuencia cardiaca (lat/min)	105,0 (7,8)	100,6 (10,6) *	99,7 (10,7) *
Percepción de esfuerzo (Escala de Borg 0 a 10)	7,1 (1,3)	6,4 (2,6)	5,0 (1,6) *

Nota (\*): Diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

## Conclusiones

A continuación se describen las conclusiones más significativas de este estudio, el cual tuvo como propósito determinar factores de riesgo y opciones de intervenciones preventivas que permitieran gestionar los riesgos de trastornos musculoesqueléticos (TMEs) en faenas de la construcción habitacional que emplean albañilería y hormigón armado. El estudio requirió efectuar un proceso de investigación que incluyó entre sus etapas más relevantes la caracterización de la organización estudiada, caracterización de los trabajadores, evaluación de riesgos de TMEs, determinación de su probable causalidad, análisis de opciones de prevención y estudios de evaluación de estas opciones de prevención.

### **1. Organización estudiada: Gestión de riesgos**

Las actividades de prevención de riesgos en los dos sistemas de construcción estudiados se organizaban en función del ciclo de planificar, hacer, controlar y mejorar. La planificación se sustentaba en el proceso de identificación de peligros y evaluación de riesgos, la cual se sistematiza en una matriz de identificación de peligros y evaluación de riesgos. Al respecto, en los sistemas de trabajo estudiados se verificó que no se habían generado programas o planes de acción, orientados a la prevención de TMEs. También, se constató que no existía un equipo de trabajo, que tuviese como objetivo analizar la información sobre riesgos de TMEs y, a partir de esos antecedentes, elaborar planes de acción de prevención de TMEs. En función de esos antecedentes se propuso a la organización gestionar sus riesgos TMEs mediante fundamentos de ergonomía participativa.

### **2. Características de los trabajadores: Problemas de salud relacionados con trastornos musculoesquelético en los dos sistemas de construcción estudiados**

En los sistemas de construcción estudiados los trabajadores refirieron presentar problemas de salud durante el último año relacionados con TMEs, siendo mayor la prevalencia en albañilería (29,4%) respecto de hormigón armado (18,8%). En cuanto a la prevalencia de MMEs fue mayor en los trabajadores que se desempeñaban en el sistema de hormigón armado (87,5%) comparado con el de albañilería (82,4%). En lo que dice relación con la intensidad promedio de las MMEs, los trabajadores del sistema de construcción de albañilería refirieron mayor intensidad de las molestias (4,9 escala de Borg) respecto de los trabajadores de hormigón armado (3,9 escala de Borg). De este modo, si se considera la prevalencia de problemas de salud relacionados con el sistema musculoesquelético, así como, la intensidad promedio de las MMEs, el sistema de construcción de hormigón armado, en comparación con el de albañilería, presenta una tendencia de mejores indicadores de salud del aparato musculoesquelético de los trabajadores.

### 3. Evaluación de riesgos de TMEs

La opción de construcción de muros y losa con hormigón armado respecto de la alternativa de albañilería, se caracteriza porque las etapas del proceso presentan cargos y tareas con menores riesgos de TMEs. Por otra parte, el sistema de hormigón armado tiene un avance más rápido, requiriendo un menor número de días para la construcción de muros y losa de viviendas de dos pisos.

Sin embargo, en función de los niveles de riesgo evaluados, se concluyó que en ambos sistemas de construcción analizados existen cargos y tareas que requieren estudios específicos, para determinar opciones de mejoramiento que permitan prevenir la generación de TMEs.

### 4. Opciones de mejoramiento para sistema de albañilería y hormigón armado:

De acuerdo al análisis del sistema de gestión de TMEs que tenía la empresa, se propuso constituir un equipo de trabajo que con un enfoque participativo, analizara y coordinara el proceso de identificación de medidas de mejoramiento, para su posterior implementación en la organización. De este modo, se constituyó un equipo conformado por el jefe de obra, el experto en prevención de riesgos, el encargado de adquisiciones y los supervisores de las dos faenas estudiadas.

En función de la causalidad identificada, el análisis de opciones de prevención se centró en primera instancia en establecer procedimientos de trabajo que redujesen o eliminasen los niveles de riesgos identificados para los cargos de enfierrador, hormigonero y moldajero. Al respecto, se consideró que el diseño de las actuales herramientas e implementos para efectuar el trabajo jugaban un rol relevante en la generación de TMEs. Por ello, se debía identificar opciones de prevención asociadas a esos componentes de los procedimientos de trabajo.

Las opiniones de los integrantes de la empresa respecto de las opciones de prevención, en particular de la que se incluía un mayor componente de cambio tecnológico, como la mecanización del doblado de fierros y el uso de herramientas eléctricas para el amarrado de fierros, fueron más bien negativas y descartadas para la etapa de evaluación. El factor que se planteó como limitante para su incorporación correspondió al costo de implementación. De este modo, se generó un escenario para el estudio, en el cual quedaba limitado y con poco margen para evaluar la eficacia de opciones que estaban dirigidas a controlar o reducir los factores de riesgo más relevantes.

Por otra parte, para los cargos de moldajero y hormigonero, la búsqueda de tecnologías para controlar o reducir los factores riesgos, indicaron que en el mercado nacional no existían implementos para disminuir la sobrecarga postural de los hormigoneros al emplear palas para el paleado de mezcla y tampoco algún sistema para reducir la sobrecarga postural y física del manejo de carga de los moldajeros.

En el contexto de lo señalado, dadas las limitaciones que se identificó en la empresa estudiada

para evaluar la eficacia de diferentes tecnologías para reducir los factores de riesgo detectados en los puestos más críticos, así como, la necesidad de diseñar implementos a nivel de concepto básico, para establecer también su eficacia en la reducción de los niveles de riesgo de TMEs, se decidió que los estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs, se realizarían a nivel de laboratorio o en empresas que ya las hubiesen implementado.

Respecto de la implementación de la ergonomía participativa como estrategia para sistematizar procesos de prevención de TMEs en la organización estudiada, se concluye que se presentaron condiciones que limitaron su aplicación en la fase de evaluación e implementación de medidas de mejoramiento. Entre éstas se identificó:

- Liderazgo: Considerando experiencias previas de implementación de programas de gestión de riesgos de TMEs en otras organizaciones (12), cabe destacar que los profesionales del equipo de trabajo de la empresa estudiada no ejercieron un liderazgo que promoviese avanzar hacia etapas de evaluación de opciones de mejoramiento y su implementación. En forma complementaria, se verificó por parte de los investigadores falta de una contraparte de la empresa que comprendiese y facilitase los procesos de investigación que sustentasen la innovación, en este caso referido al mejoramiento de condiciones de trabajo.
- Costo de la implementación de nuevas tecnologías: Los integrantes del equipo de trabajo de la empresa sostuvieron como principal limitante para evaluar nuevas tecnologías los costos que implicaba su implementación. En este contexto es en el cual se verificó la falta de una contraparte en la organización, que comprendiese la relevancia de desarrollar investigación que aporte información relevante para sustentar la toma de decisiones en procesos de mejoramiento de condiciones de trabajo. Ello en el sentido de comprender la necesidad de disponer de información que no solo se limite al costo de la inversión en las nuevas tecnologías, sino también los potenciales beneficios asociados por ejemplo con la disminución de riesgos de TMEs, reducción de carga física de trabajo e incrementos de rendimiento, calidad y bienestar de los trabajadores.

##### **5. Estudios de evaluación de opciones de prevención de TMEs en laboratorio o en empresas que ya había implementado alguna de las tecnologías analizadas:**

En el caso del cargo de enfierrador y la tarea de doblado de fierros, se identificó una empresa en la comuna de Concepción que ya había implementado equipos que mecanizan la tarea. Específicamente, se determinó que estos equipos eliminan la acción de doblar los fierros en forma manual y, con ello, los riesgos de TMEs asociados a la ejecución de tareas repetitivas con demandas de fuerza muscular. También, los trabajadores refirieron una reducción en la percepción de la intensidad de las molestias musculoesqueléticas de extremidad superior al término de la jornada laboral, así como, resultados favorables en el rendimiento alcanzado con este tipo de tecnología. .

Para el cargo de enfierrador y la tarea de amarre, se determinó que la amarradora eléctrica reduce la sobrecarga postural de extremidad superior y elimina las acciones repetitivas de pronosupinación y de corte de alambre. El estudio de vibraciones mecánicas permitió determinar que esta herramienta no supera las aceleraciones vibratorias máximas definidas en la normativa nacional aplicable. Respecto de los costos, hacia el término del estudio se pudo verificar que otros proveedores y marcas de amarradoras eléctricas están ingresando al mercado nacional, con valores muy inferiores a las primeras herramientas que se disponía en el mercado. Ello puede ser un factor que favorezca el que las empresas las consideren como una opción para ser incorporadas en sus procesos.

Respecto del cargo de moldajero y la tarea de transporte de moldajes, se pudo establecer que, respecto del procedimiento de manejo empleado en la empresa, la carga física dinámica, la percepción de esfuerzo y el índice MAC son más favorables al utilizar la opción de mango de sujeción más un apoyo que se fija a un cinturón. Esta opción de mejoramiento analizada a nivel de diseño de concepto básico, requiere avanzar a una etapa de prototipo y evaluar su eficacia en faena.

En cuanto al cargo de hormigonero y la tarea de paleado de mezcla, se pudo establecer que tanto la carga física dinámica y la percepción de esfuerzo de los participantes fueron significativamente menores al emplear una pala modificada, que incluye un segundo mango ubicado a 50° del principal. También, se determinó que al emplear este segundo mango, se redujo el nivel de riesgo asociado a las posturas de paleado. Esta opción de mejoramiento analizada a nivel de diseño de concepto básico, requiere también avanzar a una etapa de prototipo y evaluar su eficacia en faena.

Por lo expuesto, el estudio permitió determinar factores de riesgo y opciones de intervenciones preventivas, que permiten apoyar la toma de decisiones en la gestión de riesgos de TMEs en faenas de la construcción habitacional que emplean albañilería y hormigón armado.

## Referencias

1. Pérez M. 2008. Prevalencia de enfermedades profesionales con dictamen de invalidez, Región Metropolitana, años 2005–2006. *Cienc Trab.* 30: 113-119.
2. Dirección del Trabajo. ENCLA 2011. Informe de resultados. Séptima Encuesta Laboral. Dirección del Trabajo. Santiago de Chile.
3. Dirección del Trabajo. ENCLA 2014. Informe de Resultados. Octava Encuesta Laboral. Santiago de Chile; 2015.
4. Martínez M., Aguirre L., Lara M. Caracterización de las enfermedades profesionales en Mutua de Seguridad, durante los últimos 5 años.
5. Banco Central. Producto interno bruto trimestral por clase de actividad económica a precios corrientes, 2015-2017. Disponible en:  
[https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Informes/anuarioCCNN/listado2017/ACN002H\\_2017\\_Coment.pdf](https://si3.bcentral.cl/estadisticas/Principal1/Informes/anuarioCCNN/listado2017/ACN002H_2017_Coment.pdf)
6. INE, Empleo trimestral. Noviembre 2017. Disponible en:<https://www.ine.cl/docs/default-source/boletines/Empleo/2017/esp%C3%B1ol/bolet%C3%ADn-empleo-nacional-trimestre-m%C3%B3vil-ago-2017.pdf?sfvrsn=4>
7. Chamorro C. Política habitacional en Chile: Historia, resultados y desafíos. Cámara Chilena de la Construcción, Gerencia de Estudios. 2013.
8. Astudillo, P., Ibarra, C. 2014. La Perspectiva de Género, Desafíos para la Ergonomía en Chile: Una Revisión Sistemática de Literatura. *Ciencia & Trabajo.* 16 (49): 28-37.
9. Bernard, B. 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH Technical Report 97-141. Cincinnati: NIOSH, Publications Dissemination.
10. Benavides, F., Ruiz-Frutos, C., García, A. Salud Laboral, Conceptos y técnicas para la prevención de riesgos laborales. Masson, S.A. 2000. Barcelona, España.
11. García A., Gadea R., Sevilla M., Genís S. Ronda E. 2009. Ergonomía participativa: empoderamiento de los trabajadores para la prevención de trastornos músculo-esqueléticos. *Rev Esp Salud Pública.* 83: 509-518.
12. Gutiérrez M, Monzó J, Lama O, Felmer A, Cruzat M, Bustos G. 2012. Ergonomía y gestión de riesgos de trastornos músculo-esqueléticos en unidades hospitalarias. Universidad de Concepción.

13. OHSAS 18001:2007. Sistema de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional - Requisitos
14. Wilson J, Corlett E. Evaluation of human work: a practical ergonomic methodology. London: Talyor & Francis; 1992
15. Borg G. Borg´s perceived exertion and pain scale. Leeds: Human Kinetics; 1998.
16. Cole, D., Rivilis, I. 2004. Individual factors and musculoskeletal disorders: a framework for their consideration. Journal of electromyography anf Kinesiology 14: 121-127.
17. Ministerio del Trabajo y Previsión Social, Subsecretaría de Previsión Social. Guía Técnica para la Evaluación y Control de los riesgos: Manejo o Manipulación Manual de Carga. 2008.
18. Ministerio de Salud. 2012. Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT).
19. Lahera M, Góngora J. 2002. Factores psicosociales. Identificación de situaciones de riesgo. Fondo de publicaciones Gobierno de Navarra España.
20. Bernard, B. 1997. Musculoskeletal disorders and workplace factors: a critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH Technical Report 97-141. Cincinnati: NIOSH, Publications Dissemination.
21. Apud E., Gutiérrez M., Maureira, F., Lagos S., Meyer F., Chiang M.T. Guía para la evaluación de trabajos pesados. Comisión Ergonómica Nacional, Ministerio del Trabajo, Universidad de Concepción. 2002. Concepción, Chile.
22. Norma ISO 11226: Ergonomics – Evaluation of static working posture.
23. Ministerio de Salud. Chile. D.S. 594. Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. (Publicado en el Diario Oficial de 29 de abril de 2000).
24. Monnington S, Quarrie C, Pinder A, Morris L. Development of Manual Handling Assessment Charts (MAC) for health and safety inspectors. En: McCabe. Contemporary Ergonomics. London: Taylor & Francis; 2003: 2-7.
25. Hignett S. McAtammey L. 2000. Rapid Entire Body Assessment (REBA). Applied Ergonomics. 31:201-205.

26. Colombini D., Occhipinti E., Grieco A. Evaluación y gestión del riesgo por movimientos repetitivos de las extremidades superiores. Universidad Politécnica de Cataluña – Asociación Chilena de Seguridad. 2005. Santiago, Chile.