

## ESTUDIO ERGONÓMICO DE OPERADOR DE PALA DE EXTRACCIÓN MINERA

*Mining extraction shovel operator*

José Luis Carmona Carvajal <sup>1</sup>

### Resumen

El presente estudio tiene como finalidad la identificación de riesgos ergonómicos presentes en el puesto de trabajo de operador de pala de extracción minera. Se realizaron evaluaciones a los trabajadores de la faena minera que desempeñan el puesto de trabajo de operador de pala de extracción. Se realizaron estudios de tiempo, revisión de estadísticas internas, evaluaciones antropométricas y se aplicó la Norma de evaluación de trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo de extremidad superior del Ministerio de Salud de Chile. Luego se aplicaron metodologías específicas de evaluación, así como entrevistas individuales a trabajadores y supervisores del área. El estudio ergonómico realizado permitió detectar factores ergonómicos organizacionales y físicos, encontrándose que la repetitividad constituye un factor crítico, así como también los tiempos de pausas disponibles en el puesto de trabajo. Por otra parte, se identificó que ciertos trabajadores adoptan posturas forzadas debido a problemas en las dimensiones de los puestos de trabajo.

**Palabras clave:** Ergonomía, repetitividad, tiempos de recuperación.

### Abstract

The purpose of this study is to identify ergonomic risks present in the mining extraction shovel operator. Evaluations were carried out on the workers that perform the job of operator of extraction shovel. Time studies, review of internal statistics, anthropometric evaluations were carried out and the Standard for the evaluation of musculoskeletal disorders related to the upper limb work of the Ministry of Health of Chile was applied. Then specific evaluation methodologies were applied, as

---

<sup>1</sup> ERGOMED SPA. Antofagasta, Chile. Correo electrónico: jcarmonacarvajal@gmail.com

well as individual interviews with workers and supervisors of the area. The ergonomic study made it possible to detect organizational and physical factors, finding that repetitiveness is a critical factor, as well as the pause times available in the workplace. On the other hand, it was identified that certain workers adopt forced postures due to problems in the dimensions of the workstation.

**Keywords:** Ergonomics, repetitiveness, recovery times.

Fecha recepción: 17/07/2019 Fecha revisión: 23/09/2019 Fecha aceptación: 05/12/2019

## **Introducción**

El rubro de la minería es uno de los más grandes en Chile, dónde se abren cada vez más yacimientos mineros, con sistemas de operación relativamente parecidos. Lo que ha variado a través del tiempo es la remodelación de los diversos puestos de trabajo que conforman estos sistemas operacionales, teniendo como foco central el confort del capital humano en pos de una mejor productividad. Pese a esto siguen existiendo factores de riesgos ergonómicos en algunos puestos de trabajo, lo que se ve reflejado en el aumento de los casos diagnosticados como trastornos musculoesqueléticos relacionados con esta actividad laboral. Es por esto que la minería presenta un sinnúmero de desafíos ergonómicos pese a las mejoras que ya se han desarrollado, especialmente en sus principales activos, como es el caso de las palas de extracción minera, las cuales si bien dentro de su función no han cambiado mucho, se han implementado mejoras en cuanto a la eficiencia, eficacia y seguridad de los equipos, pero no en la abolición de los factores de riesgos ergonómicos, que aún siguen latentes. Teniendo en cuenta que el área a la cual pertenece el puesto de operador de pala de extracción minera, ha sido la que ha presentado la mayor incidencia de trastornos musculoesqueléticos relacionadas con el trabajo y, que este puesto de trabajo constituye uno de los primeros escalones de la operación y el más importante dentro de la operación de explotación minera, es fundamental desarrollar un análisis ergonómico detallado.

El puesto de trabajo de operador de pala de extracción, pertenece a una faena minera de Chile ubicada a 2800 metros sobre el nivel del mar. Se evalúa a un total de dieciséis operadores de pala de extracción de un total de 32 operadores.

La tarea desarrollada en este puesto de trabajo consiste en extraer el material del cerro para posteriormente cargar los camiones de extracción, los cuales van a los lugares de procesamiento del mineral. Para realizar esta tarea el operador debe operar dos joysticks ubicados al costado de su asiento de la pala de extracción.

### **Objetivo general**

Identificar y evaluar los factores de riesgo ergonómicos presentes en el puesto de trabajo de operador de pala de extracción, con la finalidad de proponer mejoras que minimicen los factores de riesgo ergonómicos identificados.

### **Objetivos específicos**

- Identificar y evaluar factores de riesgo ergonómicos de repetitividad, postura, fuerza, y tiempo de recuperación a través de métodos ergonómicos generales y específicos.
- Identificar y evaluar factores de riesgo ergonómicos para dar cumplimiento a la normativa legal de Chile a través de la aplicación de la lista de Chequeo del MINSAL, del Decreto Supremo N° 594 (Ministerio de Salud. Gobierno de Chile, 2012).

### **Materiales y métodos**

Para recopilar la información necesaria para este estudio, en una primera instancia, se realizó un acercamiento al área mediante una reunión con el superintendente de área, en la cual se expuso una presentación abordando el tema sobre ergonomía, cuáles son los propósitos del estudio y la participación que se necesita del área para el desarrollo de este.

En una segunda instancia, se recurrió a la aplicación de métodos subjetivos de evaluación a través de entrevistas individuales de los operadores de pala de extracción, supervisores del área e instructores de pala de extracción, en la cual se describieron las tareas que realizan, y se recopiló información sobre los principales problemas ergonómicos que el trabajador detectaba y los trastornos musculoesqueléticos presentados.

Posteriormente para tener una mirada más clara del puesto de trabajo, se aplicó una lista de chequeo de detección de riesgos ergonómicos del puesto de trabajo, considerando la principal tarea realizada

que, en este caso, era la de operación de pala de extracción para el carguío de camiones de extracción.

Ítem	Aspectos a considerar
Organizacional	Sistema de turnos
	Procedimientos
	Sistema de pausas
	Sistema de descansos
	Pausas no programadas
Carga física	Puesto de Trabajo
	Posturas
	Trabajo repetitivo
	Carga Fisiológica
	Manejo manual de carga
Ambiente físico	Vibración
	Ruido
	Polvo
	Ambiente térmico
	Iluminación

**Tabla 1.** Aspectos considerados en la lista de chequeo de detección de riesgos ergonómicos de un puesto de trabajo.

Una vez aplicada la lista de chequeo de detección de riesgos ergonómicos, se realizó un trabajo de ergonomía participativa realizando un focus group con los diversos participantes involucrados, tales como supervisor, operadores de pala de extracción e instructores, en donde se discutieron los factores de riesgo detectados como resultado de la lista de chequeo.

Una vez definidos los principales factores de riesgo ergonómicos detectados en la observación, entrevistas y focus group, se realizaron mediciones y registros del tiempo invertido por los dieciséis trabajadores al realizar su actividad, con cronometraje de repetición o con vuelta a cero, para estimar el promedio de tiempo que demora cada ciclo de trabajo y cada acción técnica. Luego, se

realizó un registro en una tabla Excel, y se obtuvo el promedio de ciclos por jornada y la cantidad de camiones cargados en la jornada.

Posteriormente, se analizó la tarea a través de métodos de evaluación ergonómicos específicos con la ayuda de grabaciones en terreno y del programa de edición de videos Kinovea versión 0.8.9. Primero, se realizaron evaluaciones con el método REBA (Rapid Entire Body Assessment) (Hignett y McAtamney, 2000), el cual analiza las posiciones adoptadas por los distintos segmentos del cuerpo (extremidad superior – tronco – cuello y piernas), y arroja un valor por cada segmento corporal evaluado como un índice general. En la tabla 2 se observan los criterios de referencia del método REBA para el análisis de resultados.

Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

**Tabla 2.** Criterios de referencia método REBA. **Fuente:** Hignett y McAtamney (2000).

Luego, se aplicó la lista de chequeo de la Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT) de extremidad superior del Ministerio de Salud de Chile (2012), la cual da un indicador en colores de la existencia del factor de riesgo y del grado de riesgo desde riesgo leve, pasando por moderado, a riesgo alto.

Finalmente, una vez analizados los resultados de la lista de chequeo de la Norma TMERT – EESS, se aplicó el método de evaluación OCRA Check List (Colombini, Occhipinti y Grieco, 2002) en la tarea de carguío de camiones de extracción, en una jornada laboral efectiva de 10 horas. Este método evidencia con mayor exactitud el factor y el nivel de riesgo derivado del trabajo repetitivo a nivel de extremidad superior. En la tabla 3 se presentan los niveles de riesgo.

Puntajes	Color asignado	Nivel de riesgo
Hasta 7,5	Verde	Riesgo aceptables
7,6 - 11	Amarillo	Riesgo muy leve
11,1 - 14	Rojo suave	Riesgo leve
14,1 - 22,5	Rojo intenso	Riesgo medio
>22,5	Morado	Riesgo alto

**Tabla 3.** Niveles de riesgo del método OCRA Check List. **Fuente:** Colombini, Occhipinti y Grieco, 2002.

Los instrumentos y/o materiales utilizados para llevar a cabo este estudio se mencionan en la tabla 4.

N°	Instrumentos o materiales	Especificaciones	Objetivo
1	Cronómetro	Cronómetro Casio HS-80TW-1EF	Medición de tiempo de cada actividad y operaciones técnicas que desarrolla el trabajador.
2	Hoja de registro de tiempo		Registrar tiempos cronometrados en la evaluación de cronometraje de repetición o con vuelta a cero.
3	Cámara GoPro	Cámara GoPro hero 3 black edition	Registrar las tareas en tiempo real.
4	Computador portátil	Notebook Sony Vaio	Administración de la información, revisión de los videos y redacción del informe.
5	Lista de chequeo impresa	Método REBA	Análisis de las posiciones adoptadas por los distintos segmentos del cuerpo (extremidad superior – tronco – cuello y piernas).

6		Norma EESS	TMERT	Registro de los resultados de la identificación y evaluación de factores de riesgo de Trastornos Musculoesqueléticos Relacionados al Trabajo de Extremidad Superior (TMERT- EESS) mediante la observación directa de las tareas laborales.
7		Método check list	OCRA	Registro de los resultados de la evaluación de la exposición a movimientos y esfuerzos repetitivos de los miembros superiores.
8	Software Kinovea	Versión 0.8.7		Programa computacional de edición de video, como es la velocidad del video, medición de rangos articulares.
9	Goniómetro	Voltaren de plástico		Medición de rangos articulares en terreno.

**Tabla 4.** Materiales e instrumentos utilizados para el análisis ergonómico.

## Resultados y discusión

### Análisis del sistema de trabajo

El puesto de trabajo de operador de pala de extracción forma parte del área de producción en mina, la que depende de la gerencia de operación en mina (GOM), la cual se encarga de reportar a la presidencia de la compañía todo lo relevante en temas de producción.

Actualmente existen treinta y seis operadores de pala de extracción operativos, distribuidos en nueve operadores por turno. El turno de trabajo es un turno rotatorio 7x7 (7 días de trabajo por 7 días de descanso), diurno y vespertino con estadía en faena, con una jornada laboral bruta de 12 horas/día, la que se extiende en el turno de día desde las 08:00 hasta las 20:00 horas, y en el turno de noche desde las 20:00 horas hasta las 08:00 horas, contando con una pausa programada de una hora en mitad de la jornada laboral designada para el almuerzo y/o colación.

### Análisis del puesto de trabajo

A través de entrevistas y observaciones en terreno se determinó que la actividad principal del operador de pala de extracción es maniobrar la pala para el carguío de camiones de extracción con material extraído del rajo de mina, utilizando dos joysticks ubicados cada uno a un costado del

asiento. El promedio de camiones cargados por jornada oscila entre 170 a 200 camiones, y para llenar un camión se necesita de 3 a 4 baldeadas. Para realizar cada ciclo el operador debe realizar las acciones técnicas que se describen en la tabla 5.

N°	Propósito de las acciones técnicas	Acciones técnicas
1	Bajada de pala a ras de piso.	Joystick derecho es mantenido hacia adelante.
2	Llevar el balde de la pala hacia adelante para penetrar el cerro en busca de material.	Joystick izquierdo es mantenido adelante.
3	Subida de balde para tomar el material dentro del balde.	Joystick derecho es mantenido hacia atrás.
4	Giro de la pala de extracción al lado derecho o izquierdo según ubicación del camión de extracción para posicionar el balde sobre la tolva de este.	Joystick derecho se mantiene hacia lateral.
5	Simultáneamente a la acción N°4 se lleva el balde hacia adelante para centrarlo en la tolva del camión de extracción.	Joystick izquierdo es mantenido hacia adelante.
6	Apertura del balde para soltar la carga sobre la tolva del camión de extracción.	Joystick izquierdo se mantiene hacia la derecha.
7	Giro de la pala de extracción al lado derecho o izquierdo según ubicación final en la que queda para posicionar la pala frente a la zona de carguío.	Joystick derecho se inclina hacia el lado contrario de la acción N°4.
8	Simultáneamente a la acción N°7 se lleva el balde hacia atrás mientras la pala gira a su posición de inicio.	Joystick izquierdo es mantenido hacia atrás.

**Tabla 5.** Acciones técnicas necesarias para el carguío de material a camiones de extracción por parte del operador de pala de extracción.

### Lista de chequeo y focus group

Una vez aplicada la lista chequeo de detección de factores de riesgos ergonómicos y la actividad de discusión grupal, se detectaron los riesgos detallados en la tabla 6.

Ítem	Aspectos a considerar	Descripción
<b>Organizacional</b>	Inexistencia de un sistema de pausas.	No se dispone de servicios higiénicos en el equipo, y no existe la posibilidad de utilizar baño dentro del rajo de mina.
	Inexistencia de sistema de descanso.	No existen pausas efectivas entre un ciclo y otro, ya que el puesto de trabajo es el sostén de la producción y posee los activos con menos dotación.
	No existen pausas no programadas.	
<b>Carga física</b>	Apoya brazos inadecuados.	No existe una regulación del apoya brazos del operador lo que desencadena en una postura forzada sin apoyo del antebrazo.
	Postura de brazos adoptada por el trabajador inadecuada.	Existen movimientos de muñeca idénticos durante la manipulación de los joysticks de ambas manos durante toda la jornada.
	Movimientos similares de manos durante toda la jornada.	
<b>Ambiente físico</b>	Vibración.	Existe una notoria presencia de vibraciones de cuerpo entero en toda la jornada laboral por el golpeteo del balde contra el cerro.

**Tabla 6.** Riesgos ergonómicos detectados en la aplicación de la lista de chequeo de detección de factores de riesgos ergonómicos.

### Estudio de tiempo

Los tiempos de las diversas acciones técnicas de los dieciséis trabajadores que desarrollan la tarea de carguío de camiones se presentan en la tabla 7.

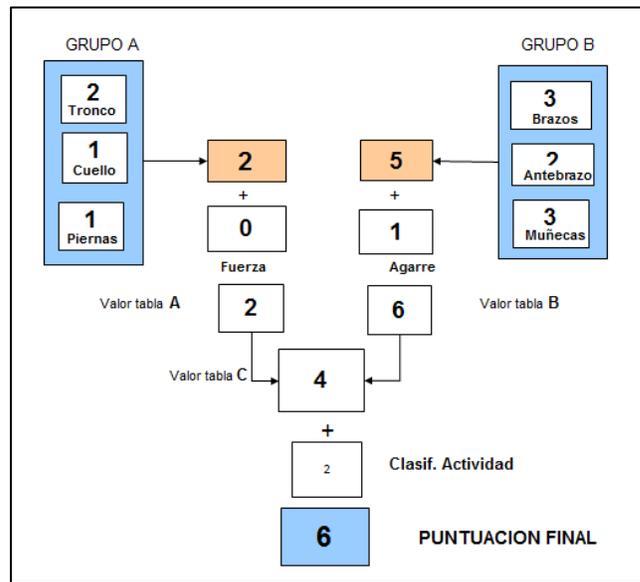
N°	Acciones tecnica	tiempo en segundos de cada trabajador (Tn)																PROMEDIO
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	
1	Joystick derecho es mantenido hacia adelante	10	11	14	10	12	13	11	15	9	11	12	12	10	13	10	11	11,5
2	Joystick izquierdo mantenido hacia adelante	10	12	12	14	15	11	11	10	13	13	11	10	10	9	14	13	11,75
3	Joystick derecho es mantenido hacia atrás	10	10	10	11	14	12	13	11	10	11	12	12	13	13	12	11	11,5625
4	Joystick derecho se mantiene hacia lateral	7	6	5	7	8	6	6	5	7	8	5	6	7	6	8	8	6,5625
5	Joystick izquierdo mantenido hacia adelante																	
6	Joystick izquierdo se mantiene hacia la derecha	5	6	4	5	7	6	4	5	5	5	6	7	8	5	5	5	5,5
7	joystick derecho se inclina hacia el lado contrario de la accion N° 4	5	4	5	6	6	5	5	6	7	6	6	5	4	4	5	6	5,3125
8	Joystick izquierdo mantenido hacia atrás.																	
<b>Tiempo del ciclo</b>		47	49	50	53	62	53	50	52	51	54	52	52	52	50	54	54	52,1875

**Tabla 7.** Datos estadísticos del tiempo de cada acción técnica y del ciclo del carguío de una baldada al camión de extracción.

El promedio de los ciclos realizados por el operador de pala de extracción corresponde a 689,8 ciclos por jornada laboral efectiva de 10 horas, y la cantidad de camiones cargados por operador equivale a 172,5 camiones cargados por una pala de extracción en una jornada de 10 horas de trabajo efectivo. Trabajo efectivo es aquel que el operador realiza las acciones técnicas que le permiten realizar el carguío de camiones, quedando fuera todas aquellas de traslado y limpieza.

### Métodos de evaluación ergonómica

Una vez ya dilucidados algunos factores de riesgo ergonómicos y filmado a los operadores en terreno, se lleva a cabo la evaluación rápida de las posturas adoptadas por los segmentos corporales de los trabajadores para ponderar el análisis ergonómico a través del método REBA. A continuación, en la figura 1 se presenta el resultado promedio de la evaluación de dieciséis operadores de pala de extracción de minera.



**Figura 1.** Resultado promedio de la evaluación postural con el método REBA.

De acuerdo a los resultados, se encontró que el riesgo derivado de las posturas adoptadas por los operadores de pala de extracción en el carguío de camiones es medio, lo que corresponde a un nivel acción 2, siendo necesario intervenir.

Se aplica la lista de chequeo de la Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT) de extremidad superior. En la tabla 8 se detallan las condiciones observadas más relevantes y en la tabla 9 se muestra el resultado promedio de los trabajadores evaluados.

Factores de riesgo		Condiciones observadas que favorecen el riesgo
<b>Movimiento repetitivo:</b> -El ciclo de trabajo o la secuencia de movimientos son repetidos 2 veces por minuto, o por más del 50% del tiempo de la duración de la tarea. -Se repiten movimientos casi idénticos de dedos, manos y antebrazos por algunos segundos.	<b>Tiempo de recuperación o descanso:</b> -Poca variación de tareas. -Falta de periodos de recuperación.	Realiza tareas aislada físicamente dentro del proceso de producción. -Ritmo definido para la producción o remuneración por cantidad producida.

**Tabla 8.** Condiciones observadas de acuerdo a la Norma TMERT-EESS del MINSAL. **Fuente:** Ministerio de Salud. Gobierno de Chile, 2012.

Tarea	Factor de riesgo				Riesgo global de la tarea
	Repetitividad	Postura	Fuerza	Tiempo de recuperación y descanso	
Carguío de camiones	Riesgo alto	Riesgo leve	Riesgo leve	Riesgo moderado	Riesgo alto

**Tabla 9.** Resultado promedio de los operadores de pala de extracción evaluados con la lista de chequeo de la Norma TMERT- EESS del MINSAL. **Fuente:** Ministerio de Salud. Gobierno de Chile, 2012.

Siguiendo la línea de análisis, se observa que uno de los factores de mayor riesgo ergonómico corresponde a la repetitividad a nivel de la extremidad superior, por lo que se realiza una evaluación específica a los dieciséis operadores de pala de extracción mediante el método Ocra Check List. Los resultados promedios de la evaluación son expuestos en la tabla 10.

Factores	MULTIPLICADOR DE RECUPERACIÓN	Recuperación	Frecuencia	Fuerza	Extremidad analizada	Hombro	Codo	Muñeca	Mano	Estereotipo	Total postura	Complementarios	Checklist OCRA
Manipulación joystick derecho	2,5	8	4,5	0	DX	1	0	0	0	0	1	1	24,38
Manipulación joystick izquierdo	2,5	8	4,5	0	IX	1	0	0	0	0	1	1	24,38

**Tabla 10.** Resultados promedios de la evaluación con el método OCRA Check List en la tarea de carguío de camiones de extracción.

Se obtuvo un valor de 24,38 puntos en la evaluación utilizando el método OCRA Check List, tanto para la mano derecha como para la mano izquierda, considerando solo las acciones técnicas que se reconocían como principales y, sin contar las de ajustes, lo que aumentaría aún más el valor mencionado anteriormente. De acuerdo a estos resultados, la utilización tanto del joystick derecho como del izquierdo en la tarea de carguío de camiones, presenta el factor de riesgo de repetitividad en un nivel alto.

### Limitaciones del estudio

Dentro de las limitantes que se presentaron en la realización de este estudio se encuentran principalmente, el escaso compromiso de la empresa en cuanto a la poca facilidad en temas relacionados a la accesibilidad hacia los trabajadores, los tiempos de evaluación impuestos por el proceso, y las demoras en la gestión de permisos para la implementación de encuestas psicosociales y pruebas fisiológicas a los trabajadores con el área de relaciones laborales, área encargada de velar por la integridad de los trabajadores. Esto afectó la batería inicial de evaluaciones fisiológicas, antropométricas y ergonómicas, no incorporadas en este análisis.

## Conclusiones

Tomando como referencia los datos obtenidos del análisis ergonómico presentado anteriormente, a continuación se presentan las conclusiones referentes al puesto de trabajo analizado, con especial énfasis en la utilización de los joystick durante la tarea de carguío de camiones de extracción:

- **Factores organizacionales:** El tiempo de exposición al factor repetitividad y vibración de cuerpo completo son elevados (10 horas de jornada laboral efectiva). No existen pausas no programadas, y tampoco programas de pausas programadas o descansos. Esto empeora la condición ya existente en cuanto al factor repetitividad, y además trae consigo un problema psicosocial importante.
- **Factores físicos:** Se presentan factores estructurales estáticos como es el caso de los apoya brazos, los cuales no presentan sistemas de ajuste, por lo que muchos de los operadores trabajan con los antebrazos sin el apoyo adecuado. Además, de acuerdo al método Ocra Check List, existe riesgo derivado del factor de repetitividad en un nivel alto a nivel de la extremidad superior, en particular en la articulación de la muñeca, por lo que el puesto necesita de una intervención ergonómica en forma inmediata.
- **Factores ambientales:** Existe exposición a vibración de cuerpo entero en los operadores, de acuerdo a mediciones realizadas por el departamento de higiene de la empresa.

Por lo expuesto anteriormente, se recomendó reorganizar los sistemas de trabajo, incorporando a lo menos seis pausas de ocho minutos distribuidas de la forma que se esquematiza en “b” en la figura 2. En la misma figura, en “a”, se muestra el sistema de tiempo de trabajo pausa antes de la intervención.



## Referencias

- Colombini, D., Occhipintie, E., y Grieco, A. (2002). Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs. Job Analysis, Ocra Risk Indices, Prevention Strategies and Design Principles. En D. Colombini, E. Occhipintie, y A. Grieco, *Elsevier Ergonomics Book* (págs. 1-28). Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Decreto Supremo 594. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 15 de septiembre de 1999.
- Hignett, S., y McAtamney, L., (2000). REBA: Rapid Entire Body Assessment. *Applied Ergonomics*, 31(2): 201-205. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
- ISO 11228-3:2007. Ergonomics - Manual handling - Part 3: Handling of low loads at high frequency.
- Ministerio de Salud. Gobierno de Chile (2012). Norma técnica de identificación y evaluación de factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos relacionados al trabajo (TMERT), extremidades superiores. Recuperado <https://www.minsal.cl/portal/url/item/cbb583883dbc1e79e040010165014f3c.pdf>
- UNE-EN 1005-5:2007. Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia.