



## **EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE MÁQUINA MEZCLADORA DE TIERRAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ARTESANALES EN SAN NICOLÁS, TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO**

Ergonomics evaluation of a soil mixing machine  
for the production of bricks in San Nicolás, Tequisquiapan, Querétaro.

**03**

Lorena Suárez Álvarez<sup>1\*</sup>, Luis Fernando Maldonado  
Azpeitia<sup>1</sup>, Jorge Arturo García Pitol<sup>1</sup>, Araceli  
Hernández Pérez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Querétaro

\*Correo electrónico: lorena.suarz@gmail.com

## RESUMEN

La actividad ladrillera en México se encuentra presente en aproximadamente 512 cabeceras municipales [11]. Esta labor productiva se lleva a cabo de manera no mecanizada, lo cual implica un desgaste físico importante para los productores. En particular, durante el proceso de mezclado, los trabajadores desempeñan tareas que involucran esfuerzos repetitivos y tienen una mayor probabilidad de padecer algún tipo de trastorno musculoesquelético. Por ello, la cooperativa de ladrilleros "Por un nuevo Rumbo", originaria de la localidad de San Nicolás, Tequisquiapan, tomó la iniciativa de realizar una vinculación con la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ), con la intención de desarrollar una máquina mezcladora de tierras que permita mecanizar este proceso.

Este estudio se enfoca en la evaluación ergonómica de la máquina mezcladora de tierras. Se analizaron las posturas y esfuerzos implicados utilizando el método *Ovako Working Analysis System* (OWAS), el método del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) y un cuestionario que toma como referencia las zonas del cuerpo evaluadas en el método ERGOPAR v2.0. Los métodos OWAS e INSHT permitieron generar evaluaciones generales; los resultados más significativos se obtuvieron de los cuestionarios aplicados a los productores, que muestran una disminución en las molestias percibidas en codos, hombros, espalda y muñecas.

**Palabras clave:** Ergonomía, ladrillos artesanales, diseño de maquinaria, mezcla de arcillas.

## ABSTRACT

In Mexico, brick production is present in approximately 512 municipalities [11]. The production is carried out in a non-mechanized way [7], which implies a significant physical effort for the producers. Workers who perform tasks that involve repetitive efforts are more likely to suffer from musculoskeletal disorders. The brick producers' cooperative "Por un Nuevo Rumbo", from the town of San Nicolás, Tequisquiapan, got in contact with the Autonomous University of Querétaro (AUQ), in order to work on the development of a soil mixer machine that allows the mechanization of the process.

The present study focuses on reducing the physical effort of the activity, by reducing the height in the design of the machine. The ergonomics evaluations were made using the OWAS, INSHT methods and a questionnaire based on the ERGOPAR v2.0 method. The OWAS and INSHT evaluations delivered a general ergonomics evaluation. The most significant results were obtained from the questionnaires applied to the producers, which show a decrease in the perceived discomfort in elbows, shoulders, back and wrists.

**Keywords:** Ergonomics, artisanal brick, machine design, soil mixer.

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo documenta la evaluación ergonómica de una máquina mezcladora de tierras. El proceso se desarrolló en conjunto con los productores de ladrillos artesanales de la comunidad de San Nicolás, Tequisquiapan, en el estado de Querétaro.

La primera etapa del proyecto fue la organización de grupos de enfoque y aplicación de entrevistas no estructuradas a los productores. Con base en esta información, se identificó como necesidad la mecanización del proceso de mezclado y la reducción del desgaste físico durante la actividad. En este sentido, se propone un diseño de máquina mezcladora y se presentan los resultados de las evaluaciones ergonómicas que se le aplicaron. Durante el desarrollo, se realizó un análisis del proceso de mezclado y la tecnología disponible en la comunidad, así como la identificación de las diferentes características de las máquinas y las posibles mejoras en su diseño.

La característica que se identificó como principal área de oportunidad fue la altura de la máquina. Con la intención de reducir el desplazamiento de carga vertical y el desgaste físico implicado en la actividad, se modificó la altura de 1.45 m a 90 cm. Las tres evaluaciones ergonómicas realizadas fueron el método OWAS para analizar las posturas adoptadas durante el proceso de mezclado; el método INSHT para evaluar el desplazamiento vertical de carga y, finalmente, se aplicó un cuestionario con base en el método ERGOPAR v2.0. Los resultados obtenidos y su posterior análisis permitieron identificar los efectos de las modificaciones en la altura de las máquinas.

## PRODUCCIÓN LADRILLERA EN SAN NICOLÁS, TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO

La producción de ladrillos artesanales en el estado de Querétaro se localiza principalmente en los municipios de San Juan del Río y Tequisquiapan, donde se estima que se encuentra el 72.2 % de los hornos presentes en la entidad [2]. En particular, en la comunidad de San Nicolás Tequisquiapan, se encuentran activos 100 productores de ladrillos [10].

Por iniciativa de la cooperativa de ladrilleros "Por un nuevo Rumbo" originaria de San Nicolás, se realizó una vinculación con la Universidad Autónoma de Querétaro con el objetivo de desarrollar una máquina mezcladora de tierras que permita mecanizar este proceso. Con la intención de tomar en cuenta los saberes locales y el conocimiento técnico, se implementaron grupos de enfoque y entrevistas no estructuradas para desarrollar el diseño de la máquina en conjunto con los productores.

### PROCESO DE MEZCLADO ACTUAL Y TECNOLOGÍA DISPONIBLE

El mezclado es la primera operación que realizan los productores en el proceso de fabricación de ladrillos. Consiste en revolver las tierras con aserrín, arena o estiércol, y agua para preparar la



**Figura 1.** Proceso de mezclado manual con azadón.  
Fuente: Fotografía propia.

mezcla de barro. Una vez que esta mezcla cuenta con la consistencia adecuada, se continúa con el proceso de moldeado, donde se le da la forma de ladrillo.

En la localidad de San Nicolás, la mezcla es un proceso que se realiza de manera manual, utilizando como herramienta un azadón, que es un tipo de pala que permite incorporar todos los elementos [7], como se puede observar en la Figura 1. Este proceso en la rutina laboral diaria de los productores de San Nicolás toma un tiempo aproximado de 2 horas para producir la mezcla suficiente para elaborar 700 tabiques.

Algunos de los productores cuentan con máquinas mezcladoras desarrolladas en la comuni-



**Figura 2.** Máquinas existentes.  
Fuente: Fotografía propia.

dad, elaboradas a partir de tanques reciclados como contenedores y otras piezas disponibles. Se analizaron cinco máquinas diferentes, cada una con características particulares; sin embargo, se identificaron cuatro componentes que comparten tolva, helicoidal y motor. Los diferentes diseños de máquina se muestran en la Figura 2.

La altura promedio de las máquinas identificadas es de 1.45 m. Esta altura, aunque permite colocar una carretilla por debajo para recibir la mezcla, también requiere un esfuerzo físico importante para introducir la mezcla en la tolva de la máquina, debido al desplazamiento vertical de carga.

Si dentro de las rutinas laborales se adoptan posturas inadecuadas que implican un mayor esfuerzo físico, y esta situación se presenta de manera repetitiva durante periodos de tiempo importantes, se genera una fatiga que puede provocar problemas de salud y trastornos de tipo músculoesqueléticos [4].

Durante el desarrollo tecnológico de la máquina mezcladora de tierras se tomaron en cuenta aspectos ergonómicos relacionados con la altura de la máquina, con la intención de generar un diseño que reduzca, en lo posible, el esfuerzo físico presente en la actividad. Cabe resaltar que en los grupos de enfoque que se realizaron en conjunto con los productores, el desgaste físico fue una de las necesidades identificadas, por lo que tomar en cuenta aspectos ergonómicos fue una prioridad durante el desarrollo del proyecto.

## METODOLOGÍA

Para analizar las posturas y esfuerzos implicados en la actividad, se utilizaron el sistema *Ovako Working Analysis System* (OWAS), y el método del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), que permite evaluar los riesgos relacionados a la manipulación de cargas. Además, se incluyó un cuestionario que toma como referencia las zonas del cuerpo evaluadas en el método ERGOPAR v2.0, con la intención de conocer la percepción de los productores en cuanto al cansancio general y desgaste físico presente en la actividad.

En la Tabla 1 se describen los métodos de evaluación utilizados y los objetivos de cada uno.

Tabla 1. Métodos utilizados.

Método de evaluación	Objetivo
OWAS	Evaluar las posturas adoptadas durante el proceso de mezclado. Analizar las posturas de espalda, brazos y piernas.
INSHT	Evaluación de los riesgos presentes en el desplazamiento vertical de carga durante el desarrollo de la actividad.
Cuestionario con base en el método ERGOPAR v2.0	Conocer la experiencia de los productores con respecto al desgaste físico percibido en diferentes zonas del cuerpo durante la actividad.

Fuente: Elaboración propia.

## MÉTODO OWAS

El método *Ovako Working Analysis System* se caracteriza por que permite evaluar de manera global el conjunto de posturas que son adoptadas por los trabajadores durante alguna tarea. Este método evalúa los esfuerzos que se ejercen durante el desarrollo de la actividad, cualidad que lo convierte en uno de los métodos más utilizados para la evaluación de carga postural [4].

El método OWAS se basa en la clasificación y análisis de las posturas de trabajo implicadas en el desarrollo de la actividad que se estudia [9]. A cada postura identificada se le asigna un código que determina el riesgo presente en la actividad desarrollada [4].

Los códigos asignados a cada postura son valores del uno al cuatro. Estos valores indican la categoría de intervención ergonómica [1] y se clasifican de la siguiente manera:

1. Las posturas se consideran normales, y no hay riesgo de lesión músculoesquelética. Puede considerarse que no es necesaria ninguna acción.
2. Las posturas presentan un riesgo ligero de lesión músculoesquelética. Se recomiendan modificaciones, aunque no de manera urgente.
3. Las posturas de trabajo presentan un alto riesgo de lesión. Se recomienda realizar modificaciones cuanto antes.
4. Las posturas implican un riesgo extremo de lesión músculoesquelética. Deben tomarse medidas correctivas de inmediato.

## GUÍA DE MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGA DEL INSHT

Esta guía fue desarrollada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para evaluar la manipulación de cargas. Está basada en el método NIOSH y contempla indicaciones del Comité Europeo de Normalización y la organización internacional de normalización, (ISO por sus siglas en inglés) [4].

Esta evaluación toma en cuenta los siguientes parámetros: desplazamiento vertical, giro del tronco, agarre, tiempo de exposición y frecuencia de elevación. En la medida en que estos se presenten de manera más desfavorable, el factor de corrección resultante tenderá a 0; en caso de lo contrario, tenderá a 1[1].

El método INSHT ofrece resultados que se clasifican como lo indica [4].

**Riesgo tolerable:** Aun cuando cualquier manipulación manual de cargas implica un riesgo, este resultado considera que el riesgo es mínimo y por lo tanto tolerable; es decir, que las manipulaciones de este tipo no precisan modificaciones preventivas.

**Riesgo no tolerable:** Este tipo de levantamientos ponen en riesgo la salud del trabajador; precisan ser modificados para lograr niveles tolerables de riesgo.

## CUESTIONARIO CON BASE EN EL MÉTODO ERGOPAR V2.0

Se diseñó un cuestionario con la intención de conocer la opinión de los productores con respecto al desgaste ergonómico que perciben en el proceso de mezclado en diferentes zonas. Para la selección de las zonas del cuerpo, se tomó en cuenta la opinión de los productores expresada en entrevistas y diálogos no estructurados.

Además, se incluyeron las zonas evaluadas en el cuestionario de factores de riesgo ergonómicos y daños [5], presente en el manual del método ERGOPAR v2.0.

Se utilizó una escala Likert numerada de un valor mínimo de uno hasta un máximo de cinco, y se le pidió a los productores indicar en la escala qué tanta molestia o dolor sentían en determinada zona del cuerpo. Los ítems evaluaron miembros superiores (cuello, codos y hombros), miembros inferiores (rodillas, piernas, pies), extremidades (manos y muñecas), espalda y cansancio en general. Se contó con la participación de 23 productores pertenecientes a la comunidad de San Nicolás para la aplicación del cuestionario de 9 ítems y se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.7.

## RESULTADOS EVALUACIÓN POSTURAL: MÉTODO OWAS

Con la intención de reducir el desgaste físico en el proceso de mezclado, se identificaron los movimientos articulatorios implicados y los factores de riesgo derivados de la actividad. En la Figura 3 se muestran dos posturas identificadas: la primera fase consiste en recoger la carga; la segunda, en depositarla en la tolva.

## EVALUACIÓN OWAS, FASE 1: RECOGER CARGA

En la Tabla 2 se presenta la evaluación OWAS de la postura adoptada al recoger la carga. Se evalúa la posición de la espalda, brazos, carga y piernas. En la Tabla 3 se muestra el resumen de los resultados y la evaluación final de riesgo resultante, la cual es de nivel 3.



**Figura 3.** Posturas adoptadas.  
Fuente: Fotografía propia.

**Tabla 2.** Evaluación OWAS: Recoger carga.

<b>Espalda</b>	Espalda recta	Espalda flexionada	Espalda con giro	Espalda flexionada con giro			
<b>Brazos</b>	Los dos brazos bajos	Un brazo bajo y el otro elevado	Los dos brazos elevados				
<b>Carga</b>	<10kg	Entre 10 y 20kg	≥20kg				
<b>Piernas</b>	Sentado	De pie	Sobre pierna recta	Sobre rodillas flexionadas	Sobre rodilla flexionada	Arrodillado	Andando

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.** Evaluación de riesgo: Recoger carga.

Postura evaluada	Espalda	Brazos	Carga	Piernas	Frecuencia	Frec. Relativa	Riesgo
Fase 1. Recoger carga	2	1	1	4	1	100 %	3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.** Evaluación OWAS: Depositar carga.

<b>Espalda</b>	Espalda recta	Espalda flexionada	Espalda con giro	Espalda flexionada con giro			
<b>Brazos</b>	Los dos brazos bajos	Un brazo bajo y el otro elevado	Los dos brazos elevados				
<b>Carga</b>	<10kg.	Entre 10kg y 20kg	≥20kg				
<b>Piernas</b>	Sentado	De pie	Sobre pierna recta	Sobre rodillas flexionadas	Sobre rodilla flexionada	Arrodillado	Andando

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** Evaluación de riesgo: depositar carga.

Postura evaluada	Espalda	Brazos	Carga	Piernas	Frecuencia	Frec. Relativa	Riesgo
Fase 2. Depositar carga	3	3	1	3	1	100 %	2

Fuente: Elaboración propia.

## EVALUACIÓN OWAS, FASE 2: DEPOSITAR CARGA

En la Tabla 4 se presenta la evaluación OWAS de la postura adoptada al depositar la carga en la tolva de la máquina; en la Tabla 5, el puntaje obtenido en cada zona del cuerpo evaluada. En este caso, el nivel de riesgo resultante es de 2.

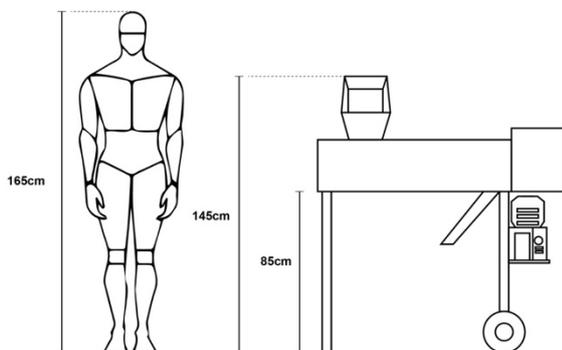
Con base en los resultados obtenidos, se puede concluir que la postura que implica más riesgo ergonómico es la que se adopta al recoger la carga.

## GUÍA DE MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGA DEL INSHT

Los factores de riesgo ergonómico relacionados con la manipulación de cargas serán analizados mediante la evaluación de riesgo por levantamiento de carga INSHT. Se aplicará esta evaluación tomando como referencia las máquinas existentes en la comunidad, cuya altura es de 1.45 m, y el nuevo diseño de máquina mezcladora que tiene una altura de 90 cm.

## EVALUACIÓN INSHT DE MÁQUINA MEZCLADORA DE TIERRA CON ALTURA DE 1.45 m

La máquina evaluada presenta una altura de 1.45 m, lo cual implica que la carga debe ser elevada hasta la altura del hombro, como se puede

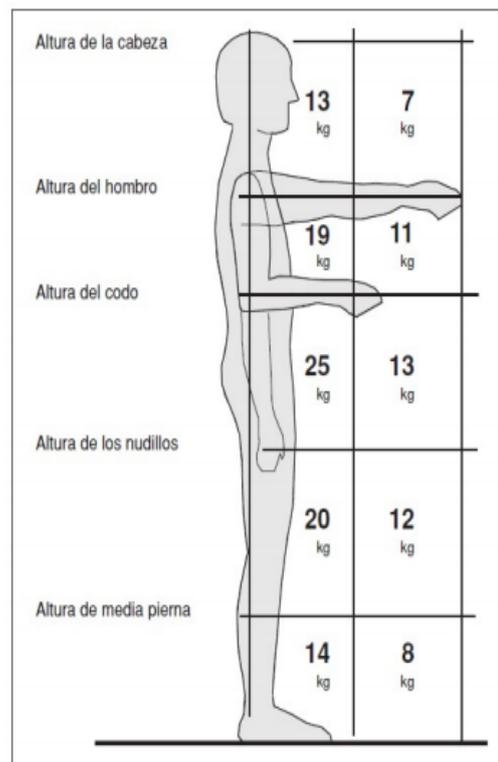


**Figura 4.** Comparativa de la altura promedio de los participantes (165 cm) y la altura de la máquina (145 cm).  
Fuente: Elaboración propia.

observar en la Figura 4. La altura de referencia de los usuarios se determinó a partir del promedio de altura de los 32 participantes en los grupos de enfoque, el cual fue de 1.65 m. La Figura 5 muestra el peso teórico recomendable en función de la zona de manipulación y su distancia al cuerpo. El peso teórico recomendable en el caso de la máquina con altura de 1.45 m es de 11 kg. El peso real de la carga por cada pala con la mezcla de tierra es aproximadamente 3 kg.

En la Tabla 6 se presenta la evaluación del desplazamiento vertical, giro de tronco, tipo de agarre y el factor de corrección correspondiente en cada categoría. En la evaluación INSHT también se incluyen valores relacionados con la frecuencia de los movimientos y la duración de la actividad; estos valores se presentan en la Tabla 7.

Para realizar la evaluación final, se multiplican los valores de los factores analizados y se obtiene el peso aceptable con respecto a las características de la postura y la frecuencia del movimiento. El resultado se muestra en la Tabla 8.



**Figura 5.** Peso teórico.  
Fuente: [4].

**Tabla 6.** Evaluación del desplazamiento vertical, giro de tronco y tipo de agarre.

Peso teórico	7 kg
Desplazamiento vertical	Factor de corrección
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0.91
Hasta 100 cm	0.87
Hasta 175 cm	0.84
Más de 175 cm	0
Giro de tronco	Factor de corrección
Sin giro	1
Poco girado: hasta 30°	0.9
Girado: hasta 60°	0.8
Muy girado: hasta 90°	0.7
Tipo de agarre	Factor de corrección
Bueno	1
Regular	0.95
Malo	0.9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7.** Evaluación de frecuencia y duración.

	Duración de la manipulación		
	< 1 hora por día	> 1 hora y < 2 horas	> 2 horas y < 8 horas
Frecuencia	Factor de corrección		
1 vez cada 5 minutos	1	0.95	0.85
1 vez por minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces por minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces por minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces por minuto	0.37	0.00	0.00
Más de 15 veces por minuto	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8.** Peso aceptable.

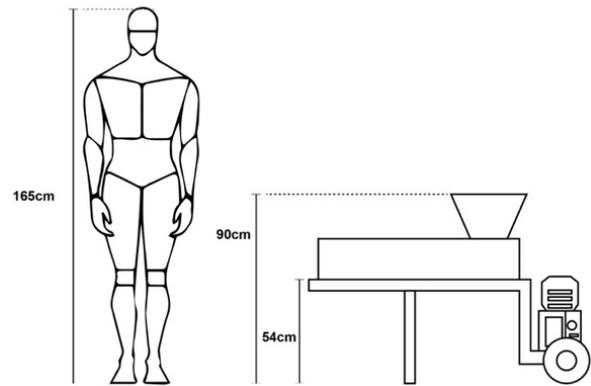
Peso teórico	7
Desplazamiento vertical	0.84
Giro	0.8
Agarre	1
Frecuencia	0
Peso aceptable	0

Fuente: Elaboración propia.

## EVALUACIÓN INSHT DE MÁQUINA MEZCLADORA DE TIERRA CON ALTURA DE 90 cm

La máquina evaluada con altura de 90 cm implica que la carga debe ser elevada hasta la altura de la muñeca, como se puede observar en la Figura 6. El peso teórico recomendable en función de la zona de manipulación, lejos del cuerpo, es de 13 kg (Figura 5). El peso real de la carga se mantiene igual: 3 kg.

En la Tabla 9 se presentan la evaluación y factores de corrección correspondientes a la máquina con altura de 90 cm; en la Tabla 10, la frecuencia del movimiento por minuto y la duración de la manipulación. En la Tabla 11 se multiplican todos los valores de cada categoría y se obtiene como resultado de la evaluación el peso aceptable.



**Figura 6.** Altura de la máquina: 90 cm  
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9.** Evaluación del desplazamiento vertical, giro de tronco y tipo de agarre (90 cm).

<b>Peso teórico</b>	<b>13 kg</b>
<b>Desplazamiento vertical</b>	<b>Factor de corrección</b>
Hasta 25 cm	1
Hasta 50 cm	0.91
Hasta 100 cm	0.87
Hasta 175 cm	0.84
Más de 175 cm	0
<b>Giro de tronco</b>	<b>Factor de corrección</b>
Sin giro	1
Poco girado: hasta 30°	0.9
Girado: hasta 60°	0.8
Muy girado: hasta 90°	0.7
<b>Tipo de agarre</b>	<b>Factor de corrección</b>
Bueno	1
Regular	0.95
Malo	0.9

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10.** Evaluación frecuencia y duración (90 cm).

Frecuencia	Duración de la manipulación		
	< 1 hora por día	> 1 hora y < 2 horas	> 2 horas y < 8 horas
	Factor de corrección		
1 vez cada 5 min.	1	0.95	0.85
1 vez por minuto	0.94	0.88	0.75
4 veces por minuto	0.84	0.72	0.45
9 veces por minuto	0.52	0.30	0.00
12 veces por minuto	0.37	0.00	0.00
Más de 15 veces por minuto.	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia.

## MÉTODO DE EVALUACIÓN: CUESTIONARIO CON BASE EN EL MÉTODO ERGOPAR V2.0

En la Tabla 12 se comparan las medias de los valores del impacto ergonómico del proceso de mezclado realizado, sin máquina, con máquina de 1.45 m de alto y con máquina de 90 cm de alto. Los valores más cercanos a uno son los que implican menor molestia y los valores cercanos a cinco son los que implican mayor molestia o desgaste físico percibido por los productores.

### RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN OWAS

Las posiciones identificadas en el ciclo de la actividad de mezclado, recoger carga y depositar carga (Figura 3), fueron analizadas utilizando el método OWAS.

De acuerdo con la Figura 7, el puntaje obtenido en la evaluación de la primera postura, recoger la carga, se categorizó de nivel 3, lo cual significa que esta postura genera efectos dañinos sobre el sistema musculoesquelético. Es necesario implementar acciones correctivas para disminuir el riesgo, ya que implica esfuerzos significativos en la espalda, donde se presenta un ángulo de flexión aproximado de 70° aunado al esfuerzo de carga.

El puntaje obtenido en la evaluación de la postura de depositar la carga en la tolva de la máquina mezcladora de 1.45 m se categorizó de nivel 2, lo cual significa que es una postura con posibilidad de causar daño al sistema musculoesquelético y es necesario implementar acciones correctivas en un futuro cercano. En esta postura, se identifican esfuerzos en la posición de la espalda con un giro aproximado de 30°, así como la posición elevada de los brazos con un ángulo de entre 30° y 40°, además del desplazamiento de carga vertical.

### RESULTADOS EVALUACIÓN INSHT

En la Tabla 13 se presenta una comparación de los resultados de la evaluación INSHT con los valores de la máquina mezcladora con altura de 1.45 m y la máquina de 90 cm.

La altura de las máquinas es diferente, por lo que se modifica el valor correspondiente al peso teórico de carga cerca del cuerpo. En la máquina

1, el peso teórico aceptable es de 11 kg, mientras que en la máquina 2 el peso aceptable es de 13 kg; el aumento es de 2kg.

Los factores como el giro de tronco, agarre y frecuencia mantienen los mismos valores en las máquinas 1 y 2, por lo que la principal diferencia puede verse en el desplazamiento vertical.

Aunque en la evaluación INSHT el peso de la carga se encuentra dentro de los pesos teóricos recomendables con respecto al desplazamiento vertical, el valor en la categoría de frecuencia, más de 15 veces por minuto, genera un resultado de riesgo no tolerable en la evaluación de ambas máquinas. Esto implica que existen factores de corrección que no cumplen con las condiciones recomendadas de manipulación de cargas y están principalmente relacionados con la frecuencia y duración de las posturas.

Con base en los resultados obtenidos, se tomará en cuenta reducir el valor de la frecuencia durante el desarrollo del diseño de la maquinaria con la intención de disminuir el desgaste físico de los productores.

### RESULTADOS DEL CUESTIONARIO CON BASE EN EL MÉTODO ERGOPAR V2.0

Los resultados de la evaluación de desgaste ergonómico percibido por los productores hacen evidente que el proceso de mezclado sin máquina implica un esfuerzo mayor que el proceso hecho con ambas máquinas. El valor que obtuvo la evaluación del proceso de mezclado sin máquina fue 4.6, muy superior en comparación con 2.5 y 2.3, por lo que la mecanización del proceso claramente reduce el desgaste físico.

La zona del cuerpo que muestra mayor desgaste en el proceso de mezclado es la espalda, pues recibe los puntajes más altos en los 3 casos: 4 en el mezclado sin máquina, 3.7 y 3.2 en

Tabla 11. Peso aceptable (90cm)

Peso teórico	13
Desplazamiento vertical	0.87
Giro	0.8
Agarre	1
Frecuencia	0
Peso aceptable	0

Fuente: Elaboración propia.

		Frecuencia Relativa	≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%
ESPALDA	Espalda derecha		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Espalda doblada		1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Espalda con giro		1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Espalda doblada con giro		1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAZOS	Dos brazos bajos		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Un brazo bajo y el otro elevado		1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Dos brazos elevados		1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PIERNAS	Sentado		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	De pie		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Sobre una pierna recta		1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Sobre rodillas flexionadas		1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Sobre una rodilla flexionada		1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Arrodillado		1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Andando		1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

**Figura 7.** Categorías de riesgo por códigos de postura.

Fuente: [4].

**Tabla 12.** Percepción de desgaste ergonómico

	Cuello	Codos	Hombros	Espalda	Rodillas	Piernas	Pies	Manos y muñecas	Cansancio en general
Sin máquina	2.3	2.7	2.6	4	2	3.3	2.1	1.7	4.6
Máquina 1 1.45 m	1.3	2.2	2.7	3.7	1.9	2	1.4	1.7	2.5
Máquina 2 90 cm	1.3	1.9	2.1	3.2	1.8	2	1.4	1.3	2.3

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 13.** Comparación de máquinas.

Variable evaluada	Máquina 1. (altura 1.45 m)	Máquina 2. (altura 90 cm)
Altura de la máquina	Al hombro	A la muñeca
Peso real de carga	3 kg	3 kg
Peso teórico de carga	11 kg	13 kg
Desplazamiento vertical	Hasta 175 cm	Hasta 100 cm
Giro de tronco	Hasta 60°	Hasta 60°
Agarre	Bueno	Bueno
Frecuencia	< 15 veces por minuto	< 15 veces por minuto



Ángulos: 71° - 289°

**Figura 8.** Ángulo de flexión al recoger la carga.

Fuente: Fotografía propia.

Fuente: Elaboración propia.

el proceso con máquina. Este resultado concuerda con la evaluación de posturas realizada con el método OWAS, donde la postura de recoger carga recibe un puntaje mayor al de depositar carga, ya que la espalda se encuentra doblada con un ángulo de flexión importante, como se muestra en la Figura 8; esto genera que el usuario perciba un mayor esfuerzo al realizar la actividad.

Los valores permanecieron igual o con variaciones mínimas en las zonas de cuello, rodillas, piernas y pies. Los que presentaron mayores cambios son los codos, hombros, espalda y muñecas. Esto se puede atribuir al cambio en la altura de la máquina: se reduce la distancia de desplazamiento vertical de carga y, por lo tanto, se disminuyen los esfuerzos de abducción en los hombros, flexión en los codos y pronación en las muñecas.

## MODIFICACIÓN EN ALTURA DE LA MÁQUINA

En el rediseño de la máquina se redujo la altura en 55 cm con la intención de atenuar el desgaste físico de los productores. En la Figura 9 se muestra cómo esta modificación reduce el desplazamiento vertical de la carga y la flexión en los codos al depositarla.

De acuerdo con la Fundación para la prevención de riesgos laborales, los límites máximos a considerar al levantar o depositar cargas relacionados con la altura son: por debajo de las rodillas un máximo de 25 cm sobre el suelo; y por encima de los hombros un máximo de 175 cm [6]. Aunque la altura de la máquina no llega a los 175 cm, al reducirla se disminuye también el desplazamiento vertical de carga, alejando el esfuerzo de los límites de levantamiento de cargas.

Al analizar los resultados de la evaluación OWAS, se observa que la altura de las máquinas causa que los valores de la categoría "desplazamiento vertical" difieran. Aunque la variación de 0.03 parece mínima, este cambio reduce el levantamiento del codo en 20 cm. Tomando como referencia la cadera, como se puede observar en la Figura 9, con la máquina 1 el codo en flexión se eleva 40 cm, mientras que con la máquina 2 el codo se eleva 20 cm.

Las posturas relacionadas con la articulación del hombro que influyen en el aumento del nivel de riesgo ergonómico son: la abducción, aducción, flexión, extensión y rotación externa. El riesgo

aumenta si la ejecución de las posturas se encuentra cercana al límite de su rango articular [8]. Al disminuir la altura de la máquina se reduce la abducción del hombro en flexión y por lo tanto el riesgo en la actividad.

## DISCUSIÓN

En los procesos de desarrollo tecnológico relacionados con actividades que implican esfuerzos físicos importantes, como la actividad ladrillera, es necesario tomar en cuenta aspectos ergonómicos, ya que al realizar ligeras modificaciones y adaptaciones de la maquinaria, se pueden reducir los riesgos presentes en la actividad y, por lo tanto, evitar lesiones como esguinces, distensiones y trastornos musculoesqueléticos.

Los cambios enfocados en mejorar la ergonomía en el diseño de la maquinaria implementada en procesos productivos pueden tener un impacto positivo en mejorar la calidad de vida de los trabajadores. Además de la eficiencia de la maquinaria desarrollada, no se puede dejar de lado el bienestar físico de los usuarios; en este sentido, los grupos de enfoque y entrevistas no estructuradas pueden aportar información valiosa.

Es imprescindible utilizar herramientas que permitan incluir y tomar en cuenta la opinión de los usuarios y trabajadores. En el caso de esta investigación, los métodos OWAS e INSHT permitieron generar evaluaciones generales; sin embargo, los resultados más significativos para identificar el impacto generado por las modificaciones realizadas al diseño se obtuvieron de los cuestionarios aplicados a los productores.

La puntuación del codo, resultado del cuestionario con base en el método ERGOPAR v2.0, con la máquina 1, es de 2.2, mientras que con la máquina 2, es de 1.9; esto es una disminución de 0.3. La evaluación del hombro con la máquina 1 es de 2.7, mientras que con la máquina 2, es de 2.1; la diferencia es 0.6. Con base en estos resultados puede indicarse que, aunque se trata de una variación mínima, los usuarios sí lograron percibir algunas mejoras en las articulaciones de hombro y codo relacionadas con la disminución en la altura de la máquina.

Al modificar la altura de la máquina mezcladora, se reducen los esfuerzos relacionados con el desplazamiento de carga vertical y el esfuerzo de las articulaciones implicadas en este movimiento,

las cuales son hombros, codos y muñecas. Para generar datos que reflejen un efecto importante de las modificaciones realizadas a la máquina mezcladora, se considera realizar un estudio prospectivo y con una población amplia que permita corroborarlos.

De acuerdo con el Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud, el riesgo ergonómico relacionado con las cargas menores a 3 kg se encuentra principalmente relacionado con los esfuerzos repetitivos [6], por lo que un factor a tomar en cuenta para futuras modificaciones relacionadas con mejorar la ergonomía de la actividad consiste en reducir la frecuencia en la manipulación de las cargas.

## REFERENCIAS†

- [1] Castelló, M. E. (2015). *Evaluación de riesgos en el sector de la construcción un estudio integral en una empresa*. Valencia: Universidad Miguel Hernández.
- [2] CONCYTEC (Octubre de 2011). *Diagnóstico Ambiental Integral de la Ciudad de San Juan del Río, Querétaro*. Recuperado el 6 de noviembre de 2018. Centro Queretano de Recursos Naturales: <http://cqrn.concyteq.edu.mx/publicaciones/diagnostico-ambiental-integral-de-la-ciudad-de-san-juan-del-rio-queretaro/>
- [3] Departamento de Salud y Servicios Humanos (2007). *Soluciones simples. Soluciones ergonómicas para trabajadores de la construcción*. Servicio de Salud Pública, Departamento de Salud y Servicios humanos de los Estados Unidos. USA: Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional.
- [4] Diego-Mas, J. A. (2015). *Evaluación Postural Mediante el Método OWAS*. (U. P. Valencia, Productor). <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- [5] Fundación para la prevención de riesgos laborales (2014). *Cuestionario de factores de riesgo ergonómicos y daños. Manual del método ERGOPAR Versión 2.0*. Fundación para la prevención de riesgos laborales. Valencia: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS-CCOO).
- [6] Fundación para la prevención de riesgos laborales (2015). *Herramientas de prevención de riesgos laborales para pymes. Factores de riesgo ergonómico y casusas de exposición*. España: Fundación para la prevención de riesgos laborales.
- [7] INECC (2018). *Estudio para desarrollar un modelo de negocio piloto en ladrilleras artesanales, para reducir emisiones y contaminantes climáticos de vida corta y gases de efecto invernadero, así como mejorar la calidad de vida de los actores clave*. Ciudad de México: INECC. Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC).
- [8] Instituto de Valencia de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014). *Riesgos generales y su prevención. La carga de trabajo, la fatiga y la insatisfacción*. Valencia: Generalitat Valenciana.
- [9] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2015). *Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. España: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
- [10] SIGASH (2017). *Estudio de factibilidad para el aprovechamiento de lodos en el sector ladrillero como combustible alterno*. San Nicolás, Querétaro. Disponible en: [file:///Users/lorenasuarez/Downloads/200\\_3962\\_85\\_832422037\\_Proyecto-Ladrilleras%20\\_%20Sigash\\_SE-DESU%20\(3\).pdf](file:///Users/lorenasuarez/Downloads/200_3962_85_832422037_Proyecto-Ladrilleras%20_%20Sigash_SE-DESU%20(3).pdf).
- [11] SPDE (2012). *Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal. Recuperado en 2018*. Red de Ladrilleras. Disponible en: <http://www.redladrilleras.net/assets/files/692ecaa0a857372af35a529441387778.pdf>.

