

/01/

# EVALUACIÓN ERGONÓMICA Y PROTOTIPO DE MEJORAS EN MOLESTIAS GENERADAS A NIVEL OSTEOMUSCULAR POR UNA GUADAÑA EN LA AGRICULTURA

## ERGONOMIC EVALUATION AND PROTOTYPE OF IMPROVEMENTS IN DISCOMFORTS GENERATED AT THE OSTEOMUSCULAR LEVEL BY A FARMER IN AGRICULTURE

---

Juan Carlos Cayán Martínez  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).  
E-mail: [jcayan@esepoch.edu.ec](mailto:jcayan@esepoch.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9573-3706>

Jhonny Marcelo Orozco Ramos  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).  
E-mail: [ingjmorozco@gmail.com](mailto:ingjmorozco@gmail.com)

Gloria Elizabeth Miño Cascante  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).  
E-mail: [gloriamino@esepoch.edu.ec](mailto:gloriamino@esepoch.edu.ec) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2896-3987>

Eduardo Francisco García Cabezas  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).  
E-mail: [edugarcia\\_87@hotmail.com](mailto:edugarcia_87@hotmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3547-472X>

Carlos Oswaldo Serrano Aguiar  
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería Industrial, Grupo de Nuevas tecnologías. Riobamba. (Ecuador).  
E-mail: [carlos.serrano@esepoch.edu.ec](mailto:carlos.serrano@esepoch.edu.ec)

Recepción: 20/01/2018. Aceptación: 24/02/2018. Publicación: 14/12/2018

### Citación sugerida:

Cayán Martínez, J. C., Orozco Ramos, J. M., Miño Cascante, G. E., García Cabezas, E. F. y Serrano Aguiar, C. O. (2018). Evaluación ergonómica y prototipo de mejoras en molestias generadas a nivel osteomuscular por una guadaña en la agricultura. 3C Tecnología. Investigación y pensamiento crítico. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2018.v7n4e28.10-27/>

## RESUMEN

La investigación se centra en la evaluación ergonómica y análisis de cargas en el arnés de sujeción para guadaña (podadora) en el uso prolongado durante la jornada laboral incrementando en un 35% después de la segunda hora de exposición. El diseño y distribución de cargas en las correas de sujeción sobre el operario presenta molestias a nivel lumbar y de hombros, por lo que la evaluación ergonómica de la influencia de las cargas determina las consecuencias sobre movimientos repetitivos en esta máquina-herramienta. De esta manera se realiza una propuesta de sujeción y soporte de la guadaña que mejore el tiempo de exposición a esta herramienta. El análisis del sistema de sujeción se realiza en Solidworks educacional exponiéndole a una fuerza de 77,42 N con una deformación de 0,012 mm y Ergo IBV. Mediante el método REBA, el nivel de actuación para posturas son inadecuadas, evidenciando claramente que existen riesgos significativos para los operarios que están expuestos y se requiere cambios urgentes en la tarea determinando un prototipo nuevo con valores de molestia a las cuatro horas de trabajo con un 40% de molestia en un 50% de los trabajadores evaluados. Se genera de esta manera un arnés con una distribución de cargas en las correas y soportes a nivel de todo el cuerpo y descargando el peso en las piernas, que es lo más adecuado en levantamiento de cargas según el código de trabajo y normas reduciendo los niveles de fatiga en los operarios.

## ABSTRACT

The research focuses on the ergonomic evaluation and analysis of loads in the clam harness for scythe (pruner) in the prolonged use during the working day increasing by 35% after the second hour of exposure. The design and distribution of loads in the restraint straps on the operator present discomfort at the lumbar and shoulder level, so, the ergonomic evaluation of the influence of the loads determines the consequences on repetitive movements in this machine tool. In this way a proposal of support and support of the scythe is made to improve the exposure time to this tool. The analysis of the fastenings system is performed in Solidworks educational exposing it to a force of 77.42 N with a deformation of 0.012 mm and Ergo IBV. Using the REBA method, the level of action for postures are inadequate, clearly showing that there are significant risks for operators who are exposed and urgent changes are required in the task, determining a new prototype with nuisance values after four hours of work with 40% of discomfort in 50% of the evaluated workers. It is generated in this way a harness with a distribution of loads in the belts and supports at the level of the whole body and unloading the weight in the legs, that is the most appropriate in lifting loads according to the work code and norms reducing fatigue levels in the operators.

## PALABRAS CLAVE

Ergonomía, Guadaña, Arnés de sujeción, Ansys, REBA.

## KEY WORDS

Ergonomics, Scythe, Clamping harness, Ansys, REBA.

## 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura puede ser definida como la producción, procesamiento, comercialización y distribución de cultivos y productos de ganado, siendo este con concepto moderno, ya que anteriormente se concebía como un término exclusivo hacia los cultivos vegetales.

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía de un país. En Ecuador, es la columna vertebral del sistema económico, no sólo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo a una importante cantidad de población. Es la principal fuente de empleo en el país, representando un 25% de la Población Económicamente Activa, es decir, es la principal fuente de empleo ya que más de 1,6 millones de personas laboran en el sector (Ingeniería Agropecuaria UTN 2017).

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía de un país. En Ecuador, es la columna vertebral del sistema económico, no sólo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo a una importante cantidad de población.

El Ecuador es un país potencialmente agrícola, en el cual se utilizan herramientas y máquinas para cumplir las labores de trabajo en el campo, teniendo una gran incidencia en la agricultura, de manera que es de gran ayuda para la optimización de recursos y mano de obra. Un 65% de los agricultores tienen una podadora, de manera que notaron que es de mucha ayuda para los diferentes tipos de limpiezas de sus huertas. Sin embargo, con esto también llegaron los problemas, debido a los largos periodos que se ven expuestos a la utilización de este tipo de máquina, de manera que un 75% de los operarios que trabajan con una máquina de este tipo presentan molestias físicas, según una encuesta realizada por el diario el Comercio.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) presentes en las actividades agrícolas de origen laboral son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, nervios, articulaciones, etc. causadas o agravadas fundamentalmente por el trabajo y los efectos del entorno en el que este se desarrolla. La mayor parte de los TME son trastornos acumulativos resultantes de una exposición repetida a cargas más o menos pesadas durante un período de tiempo prolongado. No obstante, los TME también pueden deberse a traumatismos agudos, como fracturas, con ocasión de un accidente.

La Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo (2007), determinó que los trastornos musculoesqueléticos constituyen un problema especial en la agricultura, como demuestran las siguientes cifras: casi el 60% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que adoptar posturas dolorosas en el trabajo la mitad del tiempo o más, siendo éste el sector con el porcentaje más alto. Casi el 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca tiene que manipular cargas pesadas la mitad del tiempo o más, y más del 50% de los trabajadores en el sector de la agricultura y la pesca está expuesto a movimientos repetitivos de las manos la mitad del tiempo o más.

La ergonomía se delimita como el método científico encargado de instruirse en las interacciones entre los individuos y otros compendios de un régimen y la carrera que aplica la presunción, los compendios, la indagación y las técnicas para perfeccionar la prosperidad humana y la ocupación general del régimen (Rodríguez Ruiz, Pérez Mergarejo, 2014).

El arnés es una herramienta de seguridad que tiene diferentes tipos de utilidad, ya sean estos en deportes extremos, trabajos a desnivel, o trabajos con máquinas herramientas. Se puede decir que hay tres tipos de arnés: de cintura, integrales y combinados (OHSAS, 2013).

La sobreexposición o el uso prolongado de esta máquina herramienta durante la jornada laboral genera dificultades y disminución en los movimientos del trabajador, por ello se precisa realizar el estudio para determinar dichas molestias y proponer mejoras al equipo de sujeción de la guadaña.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. PERCEPCIÓN MAQUINA - HERRAMIENTA

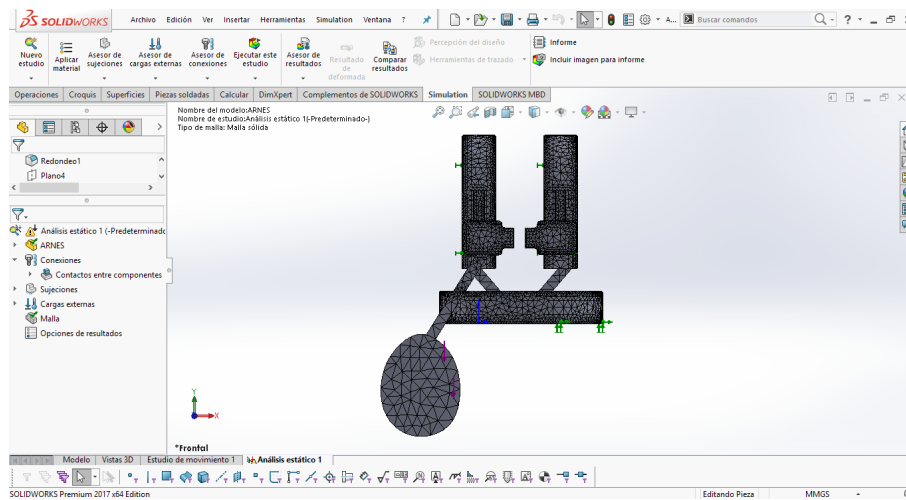
Para determinar la problemática se realizaron encuestas para una muestra de trabajadores expuestos a la actividad de limpieza de terrenos cultivables, con preguntas como:

1. ¿El uso de la guadaña es prolongado durante la jornada de trabajo?
2. ¿Se fatiga por el trabajo realizado con la guadaña?
3. ¿Según el tiempo de exposición identifique la hora que se presenta las primeras molestias?
4. ¿Qué zonas de su cuerpo presentan mayor malestar, luego del uso de la guadaña?

5. ¿Considera que la distribución de cargas en el arnés de sujeción del equipo es adecuada?
6. ¿Pensaría en mejorar el diseño del arnés de sujeción?
7. ¿Qué mejoras consideraría al diseño del arnés de sujeción?

## 2.2. ANÁLISIS DE CARGAS

El análisis de cargas se aplicó al sistema de sujeción del arnés para determinar la deformación de sus partes por el peso que debe sostener, considerando los materiales del que está hecho, mediante el software Solidworks educacional. Se verificaron los límites de fluencia y a su vez, la distribución correcta del peso y mejora de la utilización de este tipo de maquinaria por las personas como se observa en el Gráfico 1.



**Gráfico 1.** Software Solidworks.  
**Fuente:** Solidworks educacional.

### 2.3. EVALUACIÓN ERGONÓMICA

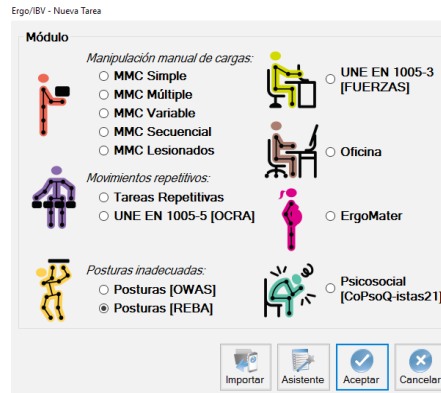
Para evaluar las posturas de trabajo con la máquina – herramienta, se procedió aplicar el método REBA, utilizando el software Ergo/IBV (Gráfico 2). Este software permite aplicar cuestionarios de chequeo para cada riesgo con preguntas técnicas que permite obtener resultados con un alto porcentaje de confiabilidad en el estudio.



**Gráfico 2.** Software Ergo/IBV.

**Fuente:** Ergo/IBV.

Para la evaluación del riesgo de posturas forzadas, se seleccionó el método REBA, en la pantalla de presentación del software (Gráfico 3).



**Gráfico 3.** Selección del método para evaluar.

**Fuente:** Ergo/IBV.

Determinado el método que se utilizará para la evaluación se procede a identificar el nivel de riesgo y el nivel de intervención, para considerar posibles mejoras, según Tabla 1.



**Tabla 1.** Determinación del nivel de riesgo - método REBA.

Puntuación REBA		
Puntuación REBA	Nivel de riesgo (NR)	Nivel de intervención (NI)
1	Inapreciable	No necesaria
2-3	Bajo	Puede ser necesaria
4-7	Medio	Necesaria
8-10	Alto	Necesaria pronto
11-15	Muy alto	Necesaria ahora

Fuente: Ergo/IBV.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. PERCEPCIÓN MAQUINA - HERRAMIENTA

Mediante las encuestas se determinó la problemática en los operarios expuestos a la actividad de limpieza de terrenos cultivables.

1. ¿El uso de la guadaña es prolongado durante la jornada de trabajo?

De 25 operarios encuestados el 100% respondió que sí.



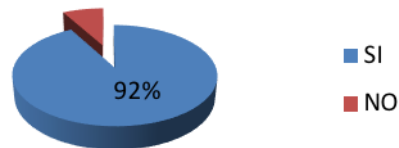
**Gráfico 5.** Uso prolongado guadaña.

Fuente: autores (2017).

2. ¿Se fatiga por el trabajo realizado con la guadaña?

De 25 operarios encuestados el 92% respondió que sí.

### FATIGA POR USO DE LA GUADAÑA



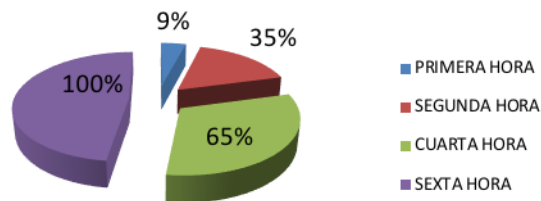
**Gráfico 6.** Fatiga por uso guadaña.

**Fuente:** autores (2017).

3. ¿Según el tiempo de exposición identifique la hora en que se presenta las primeras molestias?

De 23 operarios que mencionaron fatiga, el 35% dice presentar molestias luego de la segunda hora de exposición.

### % MOLESTIAS POR TIEMPO EXPOSICIÓN



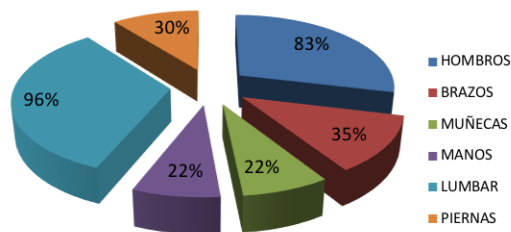
**Gráfico 7.** % molestias por tiempo exposición.

**Fuente:** autores (2017).

4. ¿Qué zonas de su cuerpo presentan mayor malestar, luego del uso de la guadaña?

De los 23 operarios, el 83% menciona malestar a nivel de hombros y el 96% menciona la zona lumbar.

### ZONAS AFECTADAS EN % POR EXPOSICIÓN



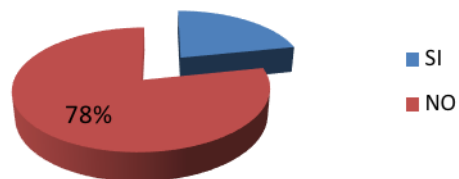
**Gráfico 8.** Zonas afectadas por exposición.

**Fuente:** autores (2017).

5. ¿Considera que la distribución de cargas en el arnés de sujeción del equipo es adecuada?

De los 23 operarios, el 78% menciona que la distribución de cargas no es adecuada.

**DISTRIBUCIÓN DE CARGAS EN ARNÉS ADECUADO**



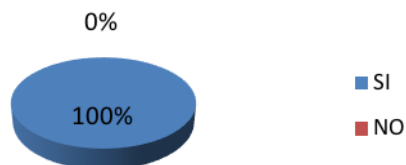
**Gráfico 9.** Distribución de cargas adecuado.

**Fuente:** autores (2017).

6. ¿Pensaría en mejorar el diseño del arnés de sujeción?

El 100% propone mejorar el arnés.

**RECOMENDARIA MEJORAS AL ARNÉS**

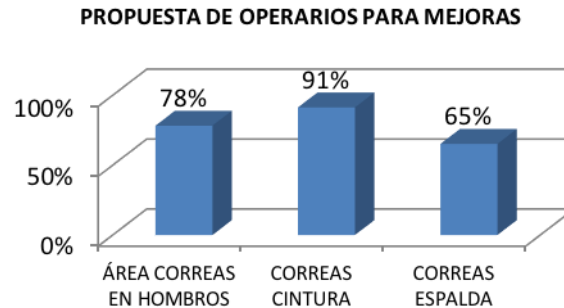


**Gráfico 10.** Recomendación mejoras.

**Fuente:** autores (2017).

### 7. ¿Qué mejoras consideraría al diseño del arnés de sujeción?

Los operarios en un 96% consideran que al implementar una correa tipo faja en la zona lumbar (cintura) se corregiría la mala distribución de cargas. Mientras que un 78% menciona que debería aumentarse el área de las correas a nivel de los hombros.



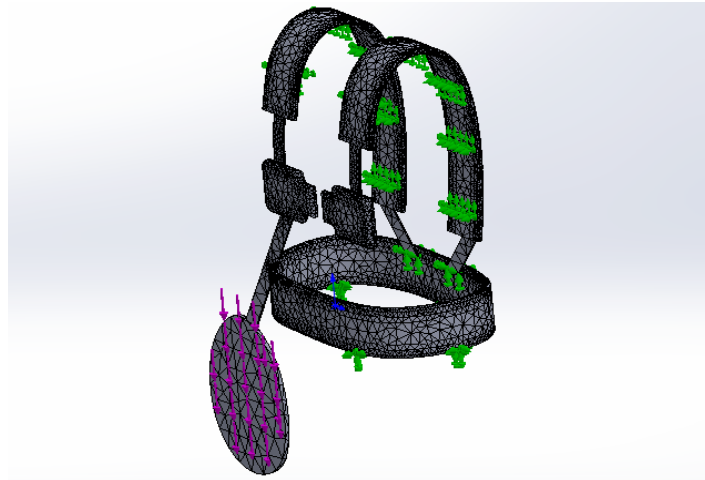
**Gráfico 11.** Propuesta mejoras.

**Fuente:** autores (2017).

Se identifica que la exposición al uso prolongado de la guadaña durante la jornada laboral es un detonante para la presencia de molestias como dolor lumbar y de hombros, que provocarían lesiones y bajas en estos puestos de trabajo. Se debe recordar que este tipo de máquina – herramienta genera niveles de ruido superiores a 90db según especificaciones técnicas, lo que podría provocar hipoacusia.

### 3.2. ANÁLISIS DE CARGAS DEL NUEVO PROTOTIPO

Mediante el software Solidworks educacional se realiza el análisis de cargas al sistema de sujeción del arnés, determinando la deformación en sus partes, considerando los materiales del que está hecho en este caso de textil poliéster, y en el caso del conjunto de unión una impresión con relleno hexagonal de un material Plástico PLA utilizado en las impresoras 3D. De esta manera se asegura la recuperación inmediata de esta parte, en el caso de que sufra alguna rotura en las pruebas realizadas se le expone a una fuerza de 77,42 N, obteniendo una deformación de 0,012 mm. Es imperceptible debido a que la prenda textil poliéster puede deformarse y recuperar sus propiedades iniciales encontrándose muy por debajo del límite de fluencia admisible del material, como se muestra en la Gráfico 12.



**Gráfico 12.** Análisis mediante SolidWorks del arnés modificado ergonómicamente.

**Fuente:** Solidworks educacional.

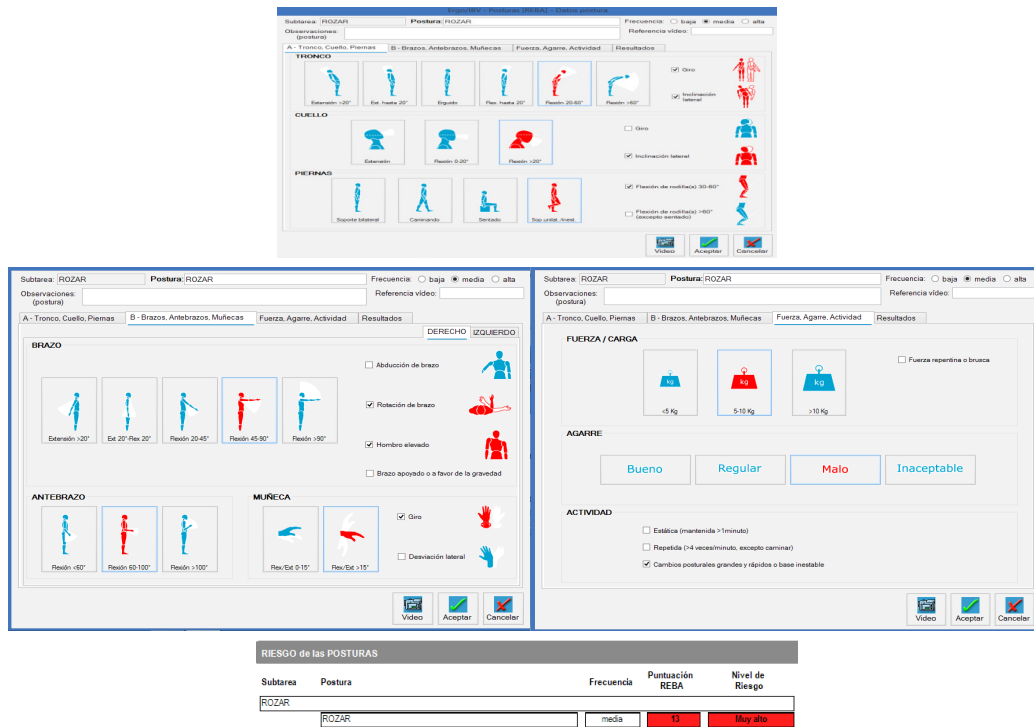
### 3.3. EVALUACIÓN ERGONÓMICA PROTOTIPO NORMAL VERSUS NUEVO PROTOTIPO DE ARNES

Para evaluar las posturas de trabajo con la máquina – herramienta, se procedió aplicar el método REBA, como se observa en la Gráfico 13 y Gráfico 14.



**Gráfico 13.** Trabajador desmalezando.

**Fuente:** autores (2017).



**Gráfico 14.** Evaluación REBA.  
**Fuente:** Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, se detalla a continuación:

**Tabla 2.** Determinación nivel de riesgo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	13	Muy alto

**Fuente:** Ergo/IBV.

De los resultados obtenidos, mediante encuestas y aplicación de software, se procedió a diseñar un prototipo de arnés de sujeción de mejores características que el fabricante entrega con la máquina-herramienta, utilizando el software SOLIDWORK para la modelación y simulación. Se construyó

el prototipo que hoy en día se encuentra en fase de pruebas y que se considera que minimiza las molestias en el operario y permite maximizar la productividad del sector agrícola y precautelar la salud ocupacional de este sector tan vulnerable en Ecuador.

### 3.4. RESULTADOS CON EL NUEVO PROTOTIPO DE ARNÉS

Al implementar el nuevo sistema de arnés en los mismos trabajos que realizaban las personas de este ámbito de agricultura, se procede a realizar nuevamente el análisis ergonómico y el tiempo de exposición a este tipo de trabajos como se muestra en la Gráfico 15.



**Gráfico 15.** Evaluación Ergonómica REBA con el nuevo prototipo.  
**Fuente:** Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las dos horas de trabajo, se detalla a continuación:

**Tabla 3.** Determinación nivel de riesgo a las dos horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	1	Inapreciable

**Fuente:** Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las cuatro horas, se detalla a continuación:

**Tabla 4.** Determinación nivel de riesgo a las cuatro horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	3	Bajo

Fuente: Ergo/IBV.

Los resultados para la evaluación de los riesgos ergonómicos, mediante la metodología REBA, a las ocho horas, se detalla a continuación:

**Tabla 5.** Determinación nivel de riesgo a las ocho horas de trabajo con el nuevo prototipo.

NIVEL DE RIESGO ERGONÓMICO OBTENIDO EN EL SOFTWARE ERGO/IBV UTILIZANDO MÉTODO REBA		
PUESTO DE TRABAJO	PUNTUACIÓN	NIVEL DE RIESGO
Podador	6	Medio

Fuente: Ergo/IBV.

El prototipo nuevo muestra valores de molestia a las cuatro horas de trabajo, con un 40% de molestia en un 50% de los trabajadores evaluados. En una jornada completa de ocho horas se tiene un incremento de nivel de riesgo considerando el cansancio y el tiempo prolongado de uso a este equipo, por lo que se considera realizar un descanso en la media jornada de esta manera se precautela la integridad de las personas y el tiempo útil de trabajo más prolongado.

## 4. CONCLUSIONES

El tiempo de exposición de trabajo con la guadaña es un factor importante que considerar. Más aún cuando su uso es prolongado, denotando la presencia de molestias a nivel osteomuscular a partir de la segunda hora en el 35% de operarios encuestados.

La distribución de cargas en las correas de sujeción presenta molestias a nivel lumbar en un 96% y de hombros 83% de los operarios.

El prototipo minimiza las molestias en hombros y zona lumbar significativamente, su diseño permite que las cargas sean distribuidas de mejor manera en espalda hombros y cintura.



El área reducida en las correas del arnés provoca malestar en ciertas zonas del cuerpo.

El prototipo minimiza las molestias en hombros y zona lumbar significativamente, su diseño permite que las cargas sean distribuidas de mejor manera en espalda hombros y cintura.

Los agricultores, por falta de conocimiento, minimizan la exposición en el tiempo prolongado de trabajo durante las jornadas laborales, al usar la máquina – herramienta.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICOS

Cruz, A. y Garnita, G. (2011). Ergonomía Aplicada. Bogotá, Colombia: Alfa Omega. pp. 7 – 10.

Andrade, C. (1989). Mantenimiento preventivo, predictivo y monitoreo industrial. Córdoba, Argentina: Dimas. pp. 50.

Avallone, E. y Baumeister, T. (1995). Manual del Ingeniero Mecánico. México D.F., México: McGraw-Hill. pp. 39 – 42.

Callister, W. (1995). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Tomo 2. Barcelona, España: Reveté. pp. 67 – 69.

Creus, S. y Arenas, S. (2012). Técnicas para la prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Marcombo. pp. 53.

Creus Sole, A. y Mangosio, J. (2011). Seguridad e higiene en el trabajo un enfoque integral. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega. pp. 24.

Cortés, D. y Jara, M. (1987). Técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Tebar. pp. 45 – 49.

Cuatrecasas, L. y Erraes, M. (2000). TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia en los equipos de producción. Barcelona, España: Gestión. pp. 54.

Ingeniería Agropecuaria UTN. (2017). La agricultura en el país. Recuperado de: <http://www.utn.edu.ec/ficaya/carreras/agropecuaria/?p=1091>

García, J. y Puetatae, A. (2004). Fundamentos del diseño mecánico. Bogota, Colombia: Programa Editorial Universidad del Valle. pp. 74.

González, R. y Sornosa, K. (2011). Manual básico prevención de riesgos laborales. Madrid, España: Thomson. pp. 21 – 23.

Melo, L. (2009). Guía Práctica de Ergonomía. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Contartese Gráfico S.R.L. pp. 55 – 65.