

# Economic Evaluation of Ergonomic Improvement Proposals

César Corrales, Magister<sup>1</sup> y Milagros Chambe, Ingeniera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, [ccorral@pucp.edu.pe](mailto:ccorral@pucp.edu.pe), [chambe.milagros@pucp.pe](mailto:chambe.milagros@pucp.pe)

**Abstract—** *This paper develops a methodological proposal of economic evaluation in the development of alternatives to improve workplaces from the ergonomic point of view in manufacturing companies. For this, basic industrial engineering tools are used, such as standard times and work load, as well as economic indicators. The proposal was validated in a manufacturing company and with the process that involved the most demanded products of the organization.*

**Keywords-** *Ergonomics, Evaluation, Costs, Risk, Productivity.*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.511>  
ISBN: 978-0-9993443-1-6  
ISSN: 2414-6390

# Evaluación Económica de Propuestas de Mejora Ergonómicas

César Corrales, Magister<sup>1</sup> y Milagros Chambe, Ingeniera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, [ccorral@pucp.edu.pe](mailto:ccorral@pucp.edu.pe), [chambe.milagros@pucp.pe](mailto:chambe.milagros@pucp.pe)

**Abstract**– *Este paper desarrolla una propuesta metodológica de evaluación económica en el desarrollo de alternativas de mejora de puestos de trabajo desde el punto de vista ergonómico en empresas manufactureras. Para esto, se emplean herramientas de ingeniería industrial básicas como son los tiempos estándar y la carga de trabajo, además de indicadores económicos. La propuesta fue validada en una empresa manufacturera y con el proceso que involucraba a los productos de mayor demanda de la organización.*

**Keywords**– *Ergonomía, evaluación, costos, riesgo, productividad.*

## I. INTRODUCCIÓN

Carpenter en el año 1961 definió a la Ergonomía como “la aplicación conjunta de algunas ciencias biológicas y ciencias de la ingeniería para asegurar entre el hombre y el trabajo una óptima adaptación mutua, con el fin de incrementar el rendimiento del trabajador y contribuir a su propio bienestar [1], destacando en esta definición el aspecto del rendimiento del trabajador. En este sentido la International Ergonomics Association (IEA) propone la siguiente definición:

“La Ergonomía (o Factores Humanos) es la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y los elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y todo el desempeño del sistema.” [2]

De esta manera queda reforzada la relación entre el bienestar del ser humano y el objetivo económico de mejorar la eficiencia de los sistemas. Los aspectos de eficiencia pueden incluir, entre otros, el volumen de producción, el lead time, flexibilidad de la producción, niveles de calidad y costos de operación [3].

Por otra parte, la evaluación económica, los análisis de costo-beneficio que demuestran la rentabilidad de las intervenciones ergonómicas, son difíciles y complicados ya que los datos directos y necesarios y los costos relacionados no se encuentran fácilmente en los archivos de las empresas y en muchos casos faltan por completo [4]. Considerando diversos casos publicados respecto a productividad, calidad, costos y seguridad, éstos indican que se puede incrementar la productividad hasta en un 66% en intervenciones de seguridad en los puestos de trabajo, muy vinculadas a las intervenciones ergonómicas. Hay una necesidad muy fuerte de mostrar la viabilidad económica de las intervenciones ergonómicas y las múltiples consecuencias de no hacer nada al respecto [5]. La

evaluación ergonómica ha sido reconocida como el factor clave de la Gestión de Riesgos, de hecho, el control de riesgos como malas posturas, movimientos repetitivos y estrés, permiten a las compañías, entre otras cosas, mejorar la eficiencia de la producción y un considerable ahorro de dinero [6]. Por otro lado, de acuerdo con Sanders y McCormick, la implementación de principios ergonómicos en el ambiente ocupacional mejora la eficiencia del trabajo [7].

Este paper presenta una propuesta metodológica para evaluar económicamente las propuestas de mejora ergonómica, incluyendo la evaluación del incremento de la productividad, que permite mostrar económicamente las ventajas de la evaluación y control de riesgos ergonómicos. Esta metodología incluye una medición de tiempos estándar de trabajo, una evaluación de la carga de trabajo y finalmente una evaluación económica de las propuestas de mejora

## II. METODOLOGÍA

Para desarrollar este estudio se han seguido los siguientes pasos: Levantamiento de información respecto a metodologías, tiempos carga de trabajo, productividad y otros como base del trabajo. A partir de esa información se procedió a definir la metodología propuesta paso a paso, considerando aspectos de productividad, como tiempos y carga de trabajo. Esta metodología se aplicó en una empresa del sector metal mecánico, paso a paso.

En este paper se presenta la aplicación a un puesto de trabajo, con información detallada del mismo.

Una vez aplicada la metodología propuesta se validaron los pasos de modo de reajustar si fuera necesario.

Finalmente se presentan los resultados y conclusiones del trabajo.

En todo momento se validaban los pasos y se reajustaban los formatos y tablas que se muestran finalmente.

## III. PROPUESTA METODOLÓGICA

A partir de los pasos seguidos en el desarrollo de este paper, se ha diseñado una propuesta metodológica de evaluación de intervenciones ergonómicas que tiene los siguientes pasos:

1) *Evaluación de los Riesgos Ergonómicos*: Se aplicarán los métodos ergonómicos definidos en el paso anterior, a los puestos y/o actividades seleccionadas. De acuerdo con el método usado, se determinará el nivel de riesgo, las consecuencias en el o los operarios y la prioridad de las

acciones a tomar. Los resultados serán presentados en la Tabla I, que servirá para presentar el resumen de los resultados de la evaluación ergonómica realizada en cada uno de los puestos de trabajo críticos. Asimismo, se señala el significado de los niveles de riesgo obtenidos, así como la prioridad de las acciones necesarias para mejorar las condiciones de trabajo en los puestos

TABLE I  
EVALUACIÓN ERGONÓMICA DE LOS PUESTOS

Puestos críticos			Nivel de riesgo			Acciones recomendadas
Nº	Puesto	Personal evaluado	OWAS	REBA	Check List OCRA	
1	Prueba	Operador testeo	Muy perjudicial 4			Acción correctiva inmediata
2	Abertura para grollete de tapas	Operador troquelado de agujeros		Muy alto 12		Mejora, supervisión médica, entrenamiento

2) *Intervenciones ergonómicas en los puestos de trabajo:*

En esta etapa se detallan las propuestas de mejora para cada uno de los puestos críticos identificados en la etapa anterior. Asimismo, se reevaluarán los puestos de trabajo para evidenciar que las intervenciones propuestas contribuyen a la variación positiva de los índices ergonómicos.

En la Tabla II se presentará el resumen de la variación de los indicadores ergonómicos como consecuencia de la implementación de las propuestas de mejora en los puestos de trabajo críticos. Asimismo, se señala la prioridad de las acciones recomendadas por cada una de las metodologías aplicadas.

Finalmente, se presentan las calificaciones obtenidas por las posturas adoptadas durante el trabajo en los puestos críticos sin intervenir y después de la implementación de las mejoras ergonómicas. Esto para cada método, OWAS, REBA o el que sea empleado.

3) *Evaluación de los tiempos y la carga de trabajo:* En la última etapa se realizará la evaluación de los tiempos estándar en los puestos críticos y de los balances de la línea a la cual pertenecen los puestos críticos. Asimismo, se observará si los tiempos y los porcentajes de carga laboral en la teoría se aproximan a los valores reales, para de esta manera poder evaluar el impacto de las propuestas de mejora de una manera más eficiente.

TABLE II  
VARIACIÓN DE LOS INDICADORES ERGONÓMICOS

Nº	Puesto	Personal evaluado	Metodología		Medida de control
			Evaluación actual	Evaluación mejorada	
1	Prueba	Operador testeo	OWAS		No requiere acción
			Muy perjudicial 4	Normal 1	
2	Abertura para grollete de tapas	Operador troquelado de agujeros	REBA		No requiere acción
			Muy alto 12	Bajo 3	

Finalmente, se desarrollará la evaluación de los tiempos estándar y de los balances de línea en los puestos con las propuestas de mejora implementadas para evidenciar el impacto de las mismas en la reducción de los tiempos y en la mejora de las condiciones de trabajo. A continuación, se detalla lo correspondiente al estudio de tiempos.

a) Estudio de tiempos

Para el estudio de tiempos se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Número de ciclos a cronometrar

La Tabla III extraída del manual de estudio de tiempos de los Erie Works de General Electric Company muestra el número de ciclos que debe observarse para determinar el tiempo estándar de una actividad según su tiempo aproximado de ciclo [8]. De este modo, haciendo uso de la tabla y conociendo el rango de duración de los tiempos de operación, se determinó que debían realizarse quince lecturas por puesto de trabajo crítico.

TABLE III  
NÚMERO RECOMENDADO DE CICLOS

Tiempo de ciclo (min)	Número de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
40.00 o más	3

- Suplementos de tiempo

La naturaleza del trabajo determina el porcentaje de suplemento que se debe aplicar, no obstante, para fines prácticos, el autor señala que puede asignarse un 15% de suplemento a los elementos manuales y un 10% a los elementos de máquina [8].

b) Balance de línea

Para el balance de línea se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Tiempo disponible de trabajo

El tiempo disponible para trabajar en una semana es 162,000 segundos. En la Tabla IV se detalla el cálculo realizado según la jornada laboral de una empresa tipo.

TABLA IV  
TIEMPO DISPONIBLE DE TRABAJO

Día	Jornada	Refrigerio	Horas/día	Horas/sem	Seg/sem
L-V	08:00 - 17:15	01:15	8	45	162,000
S	08:00 - 14:15	01:15	6		

- Demanda y crecimiento del proyecto

Se determina a partir de la demanda semanal y el crecimiento proyectado de la misma. Luego, con esta información y conociendo la lista de materiales, se determina la demanda de partes para cada uno de los puestos en evaluación.

- Porcentaje de utilización y eficiencia

Los porcentajes de utilización y eficiencia son valores fijados por la empresa, en función a los datos que poseen. Los porcentajes de utilización para los métodos actuales y mejorados se consideraron como iguales, pues no hubo una mejora en el uso de las máquinas. Los porcentajes de eficiencia si se modificaron. De acuerdo con la literatura, después del rediseño ergonómico de las estaciones de trabajo de una fábrica de montaje, aumentó la productividad en más del 15% [9] y De Rango et alii mencionan que, en una organización dedicada a la recaudación de impuestos, una mejora ergonómica del mobiliario incremento la productividad en un 17.7% [10]. Por este motivo se considerará, de acuerdo con la realidad de cada caso, una eficiencia mayor en al menos un 10%.

- Porcentaje de mermas

Se considerará un porcentaje de mermas, que la empresa debe proporcionar.

- Velocidad promedio de caminata

La velocidad promedio de caminata utilizada en los cálculos de los tiempos de las actividades mejoradas es de 2.5 a 5.5 kilómetros/hora, de acuerdo con [11].

4) *Evaluación económica:* En esta etapa se realizará el análisis de los costos y de los beneficios que se obtendrán por la implementación de las propuestas de mejora ergonómica en la planta en estudio. Asimismo, se presentará el flujo de caja

económico y los indicadores de rentabilidad tales como el TIR, VAN, B/C y el PR para un período de evaluación de cinco años, con el objetivo de comparar los flujos de fondos y determinar si es conveniente invertir en el desarrollo del proyecto de intervención ergonómica.

IV. RESULTADOS

En este punto se presentan los resultados de la aplicación de la propuesta metodológica en una de las estaciones de trabajo de la empresa estudiada. Se trata del puesto de Corte de Planchas Metálicas con Cizalladora. Se presentan los pasos seguidos:

A. *Evaluación de los Riesgos Ergonómicos*

En la Fig. 1 se presenta la distribución en planta del puesto de corte, mientras que en la Fig. 2 se muestran imágenes de las actividades realizadas por los operadores en la posición.

En el puesto actual de corte de planchas de acero trabajan tres personas. En primer lugar, el operador de la máquina, el cual está a cargo de la programación de la cizalla; y en segundo lugar, dos asistentes, quienes soportan al operador de corte en el traslado de las planchas o de las piezas cortadas.

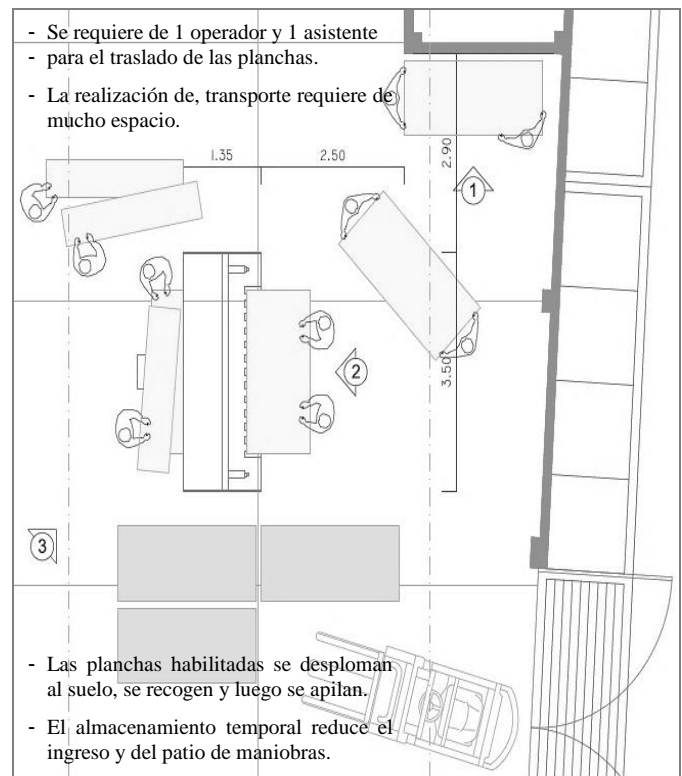


Fig. 1 Situación actual del puesto de corte.



Fig. 2 Vistas del puesto de corte actual.

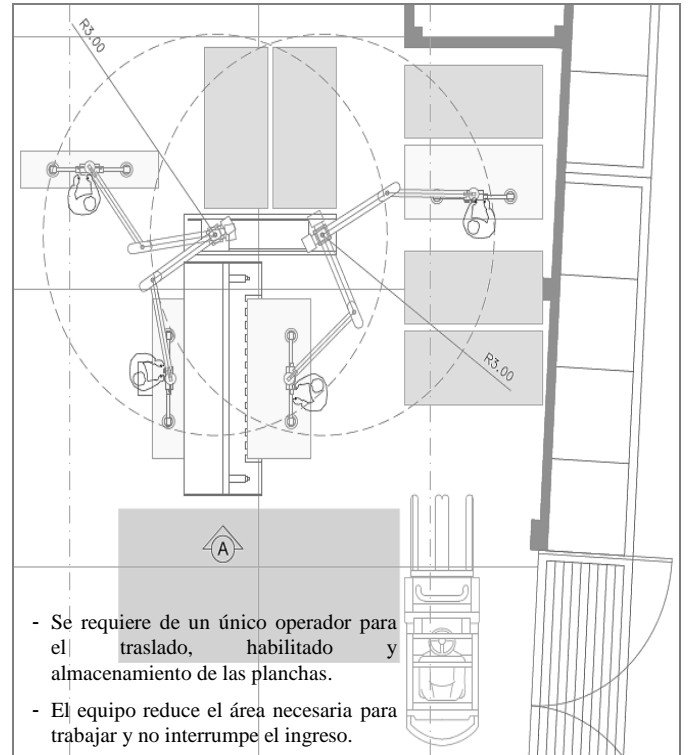


Fig. 3 Propuesta de mejora en el puesto de corte.

TABLA V  
EVALUACIÓN ERGONÓMICA – PUESTO DE CORTE

Puestos críticos			Nivel de riesgo			Acciones recomendadas
Nº	Puesto	Personal evaluado	OWAS	REBA	Check List OCRA	
1	Corte	Operador cizalla	Muy perjudicial 4			Acción correctiva inmediata
		Asistente A	Perjudicial 3			Acción correctiva inmediata
		Asistente B	Perjudicial 3			Acción correctiva inmediata

### B. Intervenciones ergonómicas en los puestos de trabajo

De acuerdo con los resultados de la evaluación ergonómica, se requiere acción inmediata para reducir el riesgo ergonómico. De esta manera en la Fig. 3 y 4 se presenta la distribución y el alzado de la propuesta de mejora para el puesto de corte, respectivamente.

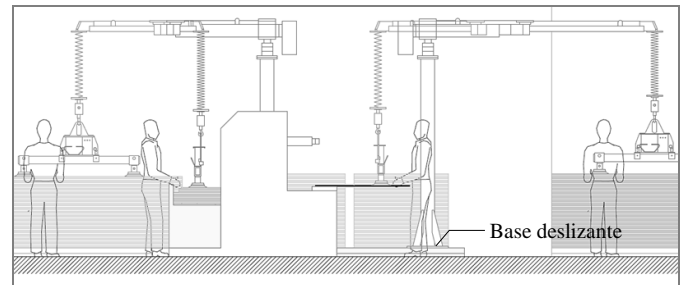


Fig. 4 Alzado del puesto de corte mejorado.

La propuesta de mejora ergonómica para el corte de planchas de acero consideró la adquisición un manipulador industrial de base deslizable, integrado con un cargador con ventosas para el traslado de las chapas o las piezas recién cortadas. De esta manera se elimina el sobreesfuerzo por levantamiento de cargas que tenía el método de trabajo, inicialmente. Asimismo, también se consideró el ensamble de un contenedor, para recibir las piezas de acero de la cizalla. En la Tabla VI puede verse la reducción de los niveles de riesgo ergonómico.

TABLA VI  
VARIACIÓN DE LOS INDICADORES ERGONÓMICOS – PUESTO DE CORTE

N°	Puesto	Personal evaluado	Metodología		Medida de control
			Evaluación actual	Evaluación mejorada	
1	Corte	Operador cizalla	OWAS		No requiere acción
			Muy perjudicial 4	Normal 1	
		Asistente A	OWAS		No requiere acción
			Perjudicial 3	Normal 1	
		Asistente B	OWAS		No requiere acción
			Perjudicial 3	Normal 1	

### C. Evaluación de los tiempos y la carga de trabajo

En la Tabla VII se presenta el estudio de tiempos y la carga laboral bajo la cual trabajan los operadores del puesto de corte en el presente, mientras que en la Tabla VIII se muestra los nuevos valores de tiempo estándar y carga de trabajo que se alcanzarían después de implementarse la mejora ergonómica.

TABLA VII  
ESTUDIO DE TIEMPOS Y CARGA LABORAL ACTUAL – PUESTO DE CORTE

Elemento	TE (seg/un)	Carga (%)
Alcanzar plancha de área de almacén y sujetarla *	35.67	Tareas en par 16% (0.16/1) Otros 6% (0.19/3)
Trasladar plancha a la cizalla (sobremesa) *		
Colocar plancha en la entrada de la cizalla *		
Cortar plancha		
Alcanzar plancha cortada y sujetarla	5.34	9%
Trasladar plancha cortada a zona de espera		
*Actividades que deben realizarse en pareja	41.00	

TABLA VIII  
ESTUDIO DE TIEMPOS Y CARGA LABORAL MEJORADO – PUESTO DE CORTE

Elemento	TE (seg/un)	Carga (%)
Alcanzar plancha apilada y sujetarla con ventosas	32.90	9%
Trasladar plancha a la cizalla (sobremesa)		
Colocar plancha en la entrada de la cizalla		
Cortar plancha		
Desplazar manipulador industrial sobre su carril		
Alcanzar plancha cortada y sujetarla con ventosas	4.60	8%
Trasladar plancha cortada a zona de espera		
1 unidad= 1 plancha de metal	37.50	

### D. Evaluación económica

Finalmente, en la Tabla IX se observa el flujo de caja obtenido por un proyecto de mejora ergonómica realizado en una fábrica de manufactura, que incluye la iniciativa sugerida en el puesto de corte de planchas de acero. Este cálculo se realizó entonces, considerando diferentes puestos de trabajo y diferentes propuestas de mejora, entre las cuales sólo se presenta una de ellas en uno de esos puestos.

TABLA IX  
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTO DE MEJORA ERGONÓMICA

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS (en miles)						
Mejora de tiempos estándar		S/. 86.1	S/. 89.3	S/. 92.6	S/. 96.0	S/. 99.6
Reduction of labor costs		S/. 93.8	S/. 93.8	S/. 93.8	S/. 93.8	S/. 93.8
Disminución de la ausentismo		S/. 5.9	S/. 5.9	S/. 5.9	S/. 5.9	S/. 5.9
TOTALINGRESOS		S/. 185.8	S/. 189.00	S/. 192.30	S/. 195.70	S/. 199.30
EGRESOS (en miles)						
Estudio ergonómico	S/. 12					
Compra de equipos	S/. 167.40					
Elementos de soporte	S/. 2.80					
Modificación de equipos	S/. 0.30					
Mantenimiento		S/. 5.10	S/. 5.10	S/. 5.10	S/. 5.10	S/. 5.10
Depreciación		S/. 17.00	S/. 17.00	S/. 17.00	S/. 17.00	S/. 17.00
TOTAL EGRESOS	S/. 182.50	S/. 22.10	S/. 22.10	S/. 22.10	S/. 22.10	S/. 22.10
FLUJO DE CAJA	(S/. 182.5)	S/. 163.70	S/. 166.90	S/. 170.20	S/. 173.60	S/. 177.20
INDICADORES		Cok 14.49%	TR 87.35%	VAN S/. 392.1	B/C 2.89	PR 1.0 años

## V. CONCLUSIONES

El análisis ergonómico de los puestos de trabajo es un procedimiento que se apoya en metodologías de la Ingeniería Industrial para reconocer la situación actual de los puestos en una organización. Además de ello, los resultados del análisis sirven como entrada para proponer mejoras en los diseños de las posiciones y desarrollar actividades seguras y saludables para el operario.

La evaluación y control de riesgos ergonómicos realizada en una empresa de manufactura, confirma que conducen a reducir el tiempo estándar y la carga laboral en forma significativa y, por último, permiten reducir el requerimiento de mano de obra y producir más cantidad de unidades por ciclo de trabajo.

La implementación de las intervenciones ergonómicas es un proyecto de inversión viable, desde el punto de vista económico

La metodología establecida en este estudio sigue una secuencia que incluye la determinación de los tiempos estándar y la carga de trabajo de las posiciones, para comparar los registros obtenidos con los resultados conceptuales y con los valores mejorados. De esta manera, se tienen datos cuantitativos y reales para la evaluación económica de las propuestas de mejora ergonómica.

## REFERENCES

- [1] D. Gonzales, Ergonomía y psicología, Fundación Confemetal, Madrid, 2007
- [2] International Ergonomics Association – IEA, <http://www.iea.cc/whats/>
- [3] J. Dul y P. Neumann, Ergonomics contributions to company strategies. *Applied Ergonomics* 40, 745-752, 2009.
- [4] T. Maudgalya, A. Genaidy, R. Shell, Productivity-quality-cost-safety: a sustained approach to competitive advantage e a systematic review of the National Safety Council’s case studies in safety and productivity, *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing* 18 (2), 152-179, 2008.
- [5] A. Falck y M. Rosenqvist, A model for calculation of the costs of poor assembly ergonomics (part 1), *International Journal of Industrial Ergonomics*, volume 44 pp. 140-147, 2014.
- [6] P. Yeow y N. Sen, Quality, Productivity, Occupational health and safety, and cost effectiveness of ergonomic improvements in the test workstations of an electronic factory, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol 32, pp. 147-163, 2003.
- [7] M. Sanders y E. McCormick, Human Factors in Engineering and Design, McGraw Hill, 1993.
- [8] B. Niebel y A. Freivalds, Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, McGraw Hill, 2009.
- [9] H. Hendrick, Determining the cost-benefits of ergonomics projects and factors that lead to their success, *Applied Ergonomics*, vol 34, pp. 419-427, 2003
- [10] K. Derango, B. Amick, M. Robertson, T. Rooney y A. Moore, The Productivity Consequences of Two Ergonomic Interventions, Upjohn Institute, Michigan, 2003.
- [11] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo, Determinación del metabolismo energético mediante Fig.s. INSHT, 2014.