

## Ergonomic improvements. Good effects for the organization

**Yordán Rodríguez Ruíz<sup>1</sup>, Elizabeth Pérez Mergarejo<sup>2</sup>,  
Lamberto Vázquez Veloz<sup>3</sup>**

<sup>1, 2</sup> Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Facultad de Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial. Calle 114 N° 11901 entre Ciclo Vía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba. Telf: 537 2663541. [ergcuba@gmail.com](mailto:ergcuba@gmail.com), [eperezmergarejo@gmail.com](mailto:eperezmergarejo@gmail.com)

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de Agua Prieta. Sonora, México.

### Abstract

Ergonomic applications have proved to be an approach that improves both health and productivity indicators in organizations. One of the problems that has hindered ergonomic applications is that, although these proposals are justified scientifically and technically, they do not show managers the potential benefits that could be obtained with their implementation. In this research, various ergonomic improvements were proposed to reduce exposure to risk factors of work-related musculoskeletal disorders in a production line where foodstuffs are placed on trays. They were classified as the physical redesign of workstations and organizational measures and were simulated for measuring their effects on the productivity of the production line. The results of this study show the usefulness of simulation for predicting and analyzing the effects of ergonomic improvements –and also the benefits that can be obtained with an integral approach to problem solving– in the industry.

**Keywords** musculoskeletal disorders, ergonomic design, Ergonomics, ERIN, simulation.

## Introducción de mejoras ergonómicas. Beneficios para la organización

### Resumen

La aplicación de la Ergonomía en la empresa ha demostrado ser un enfoque que no solo mejora indicadores de salud y bienestar de los trabajadores, sino también indicadores económicos y productivos. Una de las razones fundamentales por lo que no se introducen mejoras ergonómicas en puestos de trabajo, es porque las propuestas aunque justificadas científica y técnicamente, no muestran a los directivos los beneficios que traería su introducción en la empresa. En esta investigación se realizaron varias propuestas de mejoras ergonómicas de rediseños físicos y organizativas en un línea de producción donde se montan platos con productos alimenticios, con el propósito de disminuir la exposición a factores de riesgo relacionados con los desórdenes músculo-esqueléticos de origen laboral, cuantificando el impacto que tendrían al modelarlas y simularlas. Los resultados obtenidos, revelan la utilidad de la simulación para la predicción y el análisis del impacto de propuestas de mejoras ergonómicas y las ventajas que se obtienen al emplear técnicas variadas para solucionar problemas en la industria.

**Palabras clave:** desorden músculo-esquelético, diseño ergonómico de puestos, Ergonomía, ERIN, simulación.

## Introducción

La Ergonomía es la disciplina científica que se encarga de estudiar las interacciones entre las personas y los otros elementos de un sistema y la profesión que aplica la teoría, los principios, la información y los métodos para optimizar el bienestar humano y el desempeño general del sistema [1]. Un alcance más amplio, compartido por los autores de este trabajo, es el dado por Karwowski, donde presenta la Ergonomía como un paradigma para la ciencia, la ingeniería, el diseño, la tecnología y la gestión de los sistemas compatibles con los seres humanos [2].

Actualmente hay una tendencia creciente a considerar las condiciones de trabajo como un elemento importante en la competitividad de un país o región económica [3]. Indiscutiblemente la aplicación de la Ergonomía juega un papel crucial para lograr este propósito. Un campo donde el diseño ergonómico de puestos y sistemas de trabajo ha tenido gran impacto es en la prevención de desórdenes músculo-esqueléticos (DMEs) ocupacionales, definidos como trastornos y daños del sistema músculo-esquelético que tienen una probada o hipotética relación causal con un componente laboral [4]. En la actualidad los DMEs son un problema de salud común y la mayor causa de discapacidad laboral [5, 6]. De ahí, la importancia de dirigir esfuerzos en la prevención primaria de estas enfermedades, las cuales generalmente están asociadas a deficientes condiciones ergonómicas [7, 8].

En ocasiones, las mejoras ergonómicas aunque son muy bien argumentadas técnicamente, no se llevan a la práctica. Esto se debe entre otras causas, a que los esfuerzos dedicados a proyectar los beneficios obtenidos, así como el análisis de alternativas para mostrarlas y convencer a la alta dirección de que sean realizadas, son mínimos, comparado con el volumen total de trabajo realizado. En esta investigación se emplea la simulación para mostrar los beneficios de propuestas de mejoras ergonómicas. El uso de esta técnica numérica facilita la toma de decisiones ofreciendo información del sistema [9]. Una de sus principales ventajas es que no es necesario experimentar sobre el sistema real reduciendo significativamente los costos y el tiempo [9] y

además posibilita el trabajo con sistemas que aún no han sido diseñados [10-12].

El objetivo de este trabajo es mostrar cuantitativamente los beneficios potenciales que se obtienen al introducir mejoras ergonómicas en puestos de trabajo de una línea de producción donde se montan platos con productos alimenticios.

## Parte experimental

Se estudia el área de conformado de una empresa que se dedica a la elaboración y montaje de platos con productos alimenticios, para abastecer a las aerolíneas de un aeropuerto. Cuenta con tres estaciones de trabajo. La estación 1, donde un operario saca cada bandeja (plato) de un carrito de servicio y la coloca en la estera. Este operario se encuentra sentado sobre una caja y sus hombros quedan por debajo de la altura de la estera. La estación 2 en la cual tres operarios en posición de pie frente a la estera colocan los componentes (productos alimenticios) de tamaño y peso semejantes dentro de las bandejas. Los operarios cogen los componentes de los anaqueles (estantes) que se encuentran frente a ellos. La estación 3 donde se inspecciona si las bandejas fueron llenadas correctamente y luego son retiradas de la estera, contando con un operario que se encuentra sentado sobre una caja igual que en la estación 1. El trabajo está organizado en dos turnos de 12 horas cada uno. El primero desde las 7:00 hasta las 19:00 horas y el segundo desde las 19:00 hasta las 7:00 horas. Los turnos se estructuran de la forma siguiente: 2 horas de tiempo preparativo (premontaje de bandejas), donde participan todos los operarios del área; 9 horas de trabajo en la estera que incluye un receso de 15 minutos y 1 hora de almuerzo o comida según el turno de trabajo [13].

En el área se han producido acumulaciones de productos en la estera y en ocasiones no se logra cumplir con el volumen de producción planificado para un turno de trabajo, lo que provoca que el turno siguiente asuma esta carga. En la programación de la producción actual no se considera que en la sesión de la mañana debido a las actividades preparativas y los recesos el fondo de tiempo para trabajar en la estera, es menor que

en la sesión de la tarde. Sin embargo, se asignan pedidos de gran tamaño en la mañana que no son terminados, permaneciendo ociosas durante este tiempo las áreas sucesivas en el proceso productivo. Además, no se ejecuta la rotación entre los operarios entre diferentes estaciones ni se incluyen pausas, aumentando la monotonía y la fatiga de estas actividades repetitivas. Por otra parte, los trabajadores han referido síntomas músculo-esqueléticos detectados con la aplicación de un cuestionario de síntomas musculoesqueléticos (CSMEs) [13, 14]. Por las razones anteriores, se analizó el comportamiento de los certificados médicos registrados para un período de tres años, donde se detectó que los relacionados con DMEs constituyen el 71% de los presentados en esta área para el último año, como se muestra en la Figura 1. Todo lo anterior reveló la necesidad de realizar la evaluación ergonómica de los puestos de trabajo en esta área.

Para la evaluación ergonómica de las estaciones de trabajo se aplicó el método Evaluación de Riesgo Individual (ERIN) [15], el cual permite evaluar la exposición a factores de riesgo de DMEs de origen laboral. Este método fue seleccionado considerando las partes del cuerpo y los

factores de riesgo evaluados. Así como que ha sido probada su confiabilidad inter/intra observador, validez concurrente, predictiva y de contenido [15]. ERIN es desarrollado para que personal no experto con un mínimo de entrenamiento realice la evaluación masiva de puestos de trabajo y mida el impacto de las intervenciones ergonómicas, comparando el riesgo global antes y después, esperando una disminución. Como resultado final ERIN ofrece el nivel de exposición a factores de riesgo de DMEs, a partir del nivel de riesgo global calculado por la suma del riesgo de las siete variables incluidas, recomendando diferentes niveles de acción ergonómica que se muestran en la Tabla 1.

Fueron evaluados con el método ERIN todos los operarios del área de conformado. En las estaciones 1, 2 y 3 se evaluaron 4, 9 y 4 operarios respectivamente, sumando un total de 17. Para establecer el riesgo por estación en los casos donde se obtuvieron tres o más puntuaciones diferentes por variable, se eliminó la puntuación más alta y la más baja, tomándose de las restantes la mayor puntuación. En los casos donde se obtuvieron solo dos puntuaciones se tomó el mayor, siguiendo las sugerencias del autor del método ERIN [15].

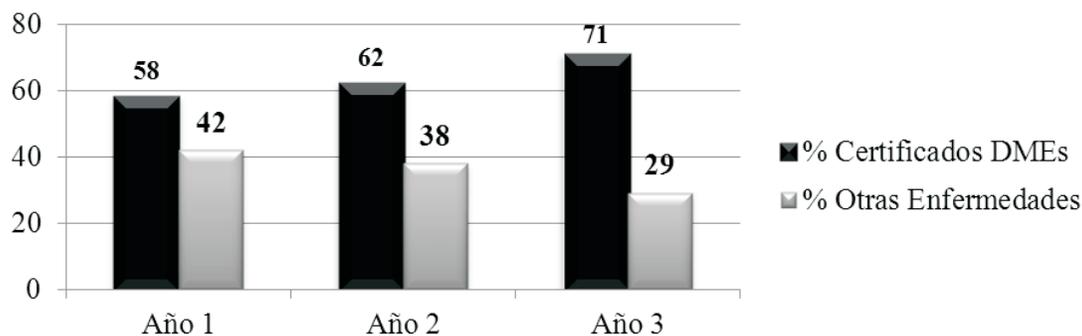


Figura 1. Comportamiento de los certificados médicos.

Tabla 1

Nivel de riesgo y acción ergonómica recomendada según el riesgo global en ERIN.

Zona	Riesgo global	Nivel de riesgo	Acción ergonómica
Verde	7-14	Bajo	No son necesarios cambios
Amarillo	15-23	Medio	Se requiere investigar a fondo, es posible realizar cambios
Naranja	24-35	Alto	Se requiere realizar cambios en breve periodo de tiempo
Rojo	> 36	Muy Alto	Se requiere de cambios inmediatos

Se rediseñan las tres estaciones de trabajo con el fin de disminuir los niveles de riesgo según ERIN, eliminar movimientos innecesarios que traen consigo una reducción de los tiempos y por ende un aumento de los niveles de productividad. Para apoyar este trabajo se toman videos de cada estación de trabajo [16]. Se realizaron propuestas de diseño de medios de trabajo (silla sentado, silla sentado/de pie, plataforma elevadora, anaqueles para productos) en las estaciones estudiadas. Para ello fueron tomadas las dimensiones antropométricas de la población femenina [17, 18], pues era el género predominante en los operarios del área.

Se realizaron los diagramas bimanuales por estación, que permitieron realizar un estudio detallado de los métodos de trabajo. A partir de esta información y usando el sistema de tiempos predeterminados (STP) (MTM-1) [19], se determinaron los tiempos de ejecución actuales y proyectados. Por otra parte, los instantes de llegada de los lotes fueron determinados a partir de los registros de la planificación de la producción, los cuales se realiza a partir de la programación de los vuelos aéreos.

Fueron realizadas propuestas organizativas, de rediseño físico de los puestos de trabajo y combinaciones de ambos tipos, para posteriormente simularlas siguiendo la secuencia siguiente: determinar las entradas y salidas del proceso, modelarlo en el software Arena 7.01, si-

mular y analizar los resultados. Las entradas y salidas definidas se muestran en la Tabla 2.

La simulación se realizó para el primer turno de trabajo del día de la semana donde se produce la mayor variedad de pedidos y volumen de producción (día más crítico, según la planificación de la producción). Se dividen las 9 horas de trabajo en la estera en dos sesiones: mañana y tarde. Se analizaron todas las propuestas simuladas y la situación actual, mostrando los resultados esperados de cada una. Las alternativas de mejoras propuestas conllevan a variaciones en los tiempos de ejecución de las actividades que se realizan en la estera, por lo que el objetivo de emplear la simulación para evaluar estas propuestas fue estudiar cómo se comportaría el volumen de producción ante estas variaciones.

## Resultados

De la aplicación del CSMEs se obtuvo que las regiones corporales afectadas con mayor frecuencia fueron el cuello, el hombro-brazo y la pierna-tobillo del lado derecho con un 71%, 74% y 76% respectivamente y en el lado izquierdo fueron el hombro-brazo y la pierna-tobillo con un 58% y 76% respectivamente. Al realizar los diagramas bimanuales se obtuvo que en las estaciones de trabajo 1 y 3 frecuentemente ambas manos se desplazan en sentido contrario hacia lugares distantes lo que dificulta la ejecución de la ta-

Tabla 2  
Entradas y salidas definidas para la simulación

Entradas	Salidas
Número de estaciones de trabajo	Número medio de bandejas terminadas en la mañana y en la tarde
Número de operarios en cada estación de trabajo	Número medio de bandejas que se dejan de hacer en la mañana y en la tarde
Tipo de entidad (6 tipos diferentes de bandejas)	Número medio de bandejas terminadas en la jornada laboral
Tiempo entre arribos para los lotes	Número medio de bandejas que se dejan de hacer en la jornada laboral
Tiempo de servicio para cada estación de trabajo según el tipo de entidad	Número medio de pedidos que se satisfacen en la jornada laboral
Tiempo de carga y descarga de las bandejas en la estera	Número medio de pedidos que no se satisfacen en la jornada laboral
Instante de llegada a la estera para cada tipo de entidad	
Horario de trabajo en la estera	
Capacidad de espacio de la estera según el tipo de entidad	
Velocidad de la estera	
Tamaño de cada lote de bandejas	
Volumen de producción de cada entidad	

rea; también las dos manos deben esperar frecuentemente pues la estación 2 trabaja más lento. En la estación de trabajo 2 ambas manos se desplazan constantemente en la misma dirección hacia lugares lejanos para el alcance de las manos. Estos resultados fueron considerados para la elaboración de las propuestas de mejoras ergonómicas realizadas y que se describen a continuación.

### **Propuestas de rediseños físicos en las estaciones de trabajo**

#### **Estaciones 1 y 3**

- Diseño de una silla, que permita al operario alternar las posiciones de trabajo (sentado/de pie) facilitando los cambios posturales. Se tomó como referencia la altura de la estera.
- Diseño de plataforma elevadora de los carritos de servicio.

#### **Estación 2**

- Diseño de una silla (sentado/de pie), que permita al operario alternar las posiciones de trabajo y disminuir la carga postural en las extremidades inferiores, pues realizan el trabajo de pie. Se tomó como referencia la altura de la estera.
- Diseño de anaqueles (estantes donde se colocan los depósitos de los componentes que se colocan en las bandejas). Esto se realiza debido a que según ERIN y la opinión de los trabajadores es la actividad crítica en esta estación. Se proponen dos alternativas: (a) un anaquel formado por una plancha a lo largo de la estera que permita incorporar un conjunto de depósitos para los productos por operario, (b) un anaquel en forma de semicírculo, con el fin de reducir el ángulo de flexión del brazo facilitando el alcance de los productos, que igualmente permita incorporar los depósitos de productos.
- Diseño de los depósitos para los componentes de la bandeja, permite organizar los productos y la accesibilidad a estos.

### **Propuestas organizativas**

- Rotación de los operarios de las estaciones 1 y 3 con la estación 2 cada vez que se ter-

mine un pedido, variando el uso de grupos musculares. Pues la rotación entre las estaciones 1 y 3 no tendría el efecto deseado, ya que las actividades realizadas en estas estaciones son prácticamente las mismas [19].

- Redistribuir la carga de trabajo durante la jornada laboral, asignando los pedidos de menor volumen al horario de la mañana.
- Rediseño de los métodos de trabajo en cada estación en correspondencia con los nuevos medios de trabajo y considerando los principios de economía de movimientos [20].
- Establecer tiempos de descanso de 5 minutos cada una hora de trabajo en cada estación siguiendo las consideraciones de [21, 22].

Teniendo en cuenta los rediseños físicos en las estaciones y las propuestas organizativas, se realizan las siguientes propuestas con el objetivo de simularlas y analizar sus resultados.

### **Propuestas simuladas**

0. Estado actual.
1. Descanso de 5 minutos cada una hora, propiciando pausas que contribuyen a la recuperación de las estructuras músculo-tendinosas de las extremidades superiores e inferiores.
2. Redistribución de la carga de trabajo durante la jornada laboral, asignando los pedidos (tipos de entidad) de menor volumen al horario de la mañana.
3. Disminución en los tiempos de ejecución de las actividades, calculados a partir de las tablas del STP (MTM-1) disponibles. Esto es resultado de los diseños de las sillas sentado/ de pie, anaqueles, plataforma elevadora, depósitos para componentes y de los métodos de trabajo.
4. Disminución en los tiempos de servicio calculados a partir de las tablas del STP (MTM-1) disponibles (propuesta anterior), adicionando el descanso de 5 minutos.
5. Redistribución de la carga de trabajo durante la jornada laboral, adicionando el descanso de 5 minutos.

6. Disminución en los tiempos de servicio calculados a partir de las tablas del STP (MTM-1) disponibles y descanso de 5 minutos, adicionando la redistribución de la carga de trabajo durante la jornada laboral.

### Discusión de resultados

Los resultados obtenidos a partir del CSMEs se corresponden con los elevados niveles de exposición a factores de riesgo de DMEs presentes en los puestos estudiados. A continuación se analizan las propuestas de mejoras ergonómicas dirigidas a disminuir los niveles de exposición.

#### Propuestas de rediseños físicos en las estaciones de trabajo

##### Estaciones 1 y 3

Con el diseño de la silla y de la plataforma elevadora de los carritos de servicio se disminuyó el riesgo total con el método ERIN de un nivel de riesgo alto (35) a un nivel de riesgo moderado (16) en las estaciones 1 y 3, esto se debe a que las puntuaciones obtenidas por cada variable se redujeron (Tabla 3).

##### Estación 2

Con el diseño de la silla, los anaqueles, los depósitos donde se colocan los componentes de las bandejas y el método de trabajo, se disminuyó el riesgo total y el nivel de riesgo según el método ERIN de un nivel de (34) riesgo alto a (15) nivel de

riesgo medio en la estación 2, esto se debe a que las puntuaciones obtenidas por cada variable se redujeron (Tabla 4).

#### Propuestas organizativas

Es reconocido y aceptado la influencia de los factores organizacionales en la aparición de enfermedades músculo-esqueléticas [21]. Generalmente los cambios que se realicen en este sentido no requieren de costos importantes y al mismo tiempo tienen un impacto directo en la mejora de las condiciones de trabajo [23]. Por ejemplo una práctica común es la programación de relativamente largos tiempos de descanso, los cuáles pueden aumentar su efectividad en reducir la fatiga del trabajador si son distribuidos durante la jornada de trabajo [22]. En esta investigación una de las propuestas organizativas fue el establecimiento de tiempos de descanso de 5 min cada una hora de trabajo, lo que debe favorecer a la recuperación del trabajador de la fatiga ocasionada por el trabajo, de esta forma debe mantener similares niveles productividad en la mañana y la tarde. Lo anterior fue contemplado en la simulación pues en los casos en que no se establecieron descansos se consideró una reducción de la productividad de la tarde respecto a la mañana de un 5%. Este valor se basó en datos históricos registrados en el objeto de estudio y en la opinión del responsable de producción y trabajadores del área. Aunque la planificación en ocasiones se ve modificada por los cambios operativos que impone la realidad, se hizo énfasis en lograr una dis-

Tabla 3  
Puntuaciones de ERIN en las estaciones 1 y 3.

Variables	Puntuación actual	Puntuación después
Postura y frecuencia movimiento del tronco	6	1
Postura y frecuencia movimiento del brazo	7	2
Postura y frecuencia movimiento de las muñecas	5	2
Postura y frecuencia movimiento del cuello	7	1
Ritmo	5	5
Intensidad del Esfuerzo	2	2
Autovaloración	2	2
Riesgo Global	34	15
Nivel de riesgo	Alto	Medio

Tabla 4  
Puntuaciones de ERIN en la estación 2

Variabes	Puntuación actual	Puntuación después
Postura y frecuencia movimiento del tronco	6	1
Postura y frecuencia movimiento del brazo	8	2
Postura y frecuencia movimiento de las muñecas	5	2
Postura y frecuencia movimiento del cuello	7	2
Ritmo de trabajo	5	5
Intensidad del Esfuerzo	2	2
Autovaloración	2	2
Riesgo Global	35	16
Nivel de riesgo	Alto	Medio

tribución equilibrada de la carga de trabajo entre la mañana y la tarde considerando el fondo de tiempo disponible, evitando los picos de carga de trabajo que aumentan la fatiga del trabajador. También se establecieron medidas de rotación entre puestos que involucren grupos musculares diferentes, de esta forma se recuperan las estructuras no involucradas sin que el trabajador deje de producir. La planificación de estas rotaciones debe ser consultada con los trabajadores y monitoreada para comprobar su cumplimiento, siempre tratando que los períodos entre las rotaciones sean lo más pequeños posible. Por último fue considerado el diseño de nuevos métodos de trabajo en la ejecución de las tareas en el puesto de trabajo como consecuencia de los nuevos rediseños físicos. Estos se proyectan que no difieran sustancialmente pues las actividades realizadas son esencialmente las mismas, aunque si se proyectó una disminución en el tiempo de ejecución con los STP (MTM-1).

### Propuestas simuladas

En la Tabla 5 se muestran los resultados de interés obtenidos a partir de la simulación del estado actual y de cada propuesta de simulación. En el turno de trabajo seleccionado estaba planificada la producción de 6 pedidos de tipo y tamaño diferentes.

Para el estado actual en la sesión de la mañana no se logra producir el volumen de producción planificado por lo que se termina en la sesión

de la tarde. En el área de conformado se deja de producir en la jornada laboral el 42% del volumen de producción planificado. Esto equivale como promedio a 2.1 pedidos de productos que se dejan de realizar en ese turno de trabajo teniendo que asumir esta carga el turno siguiente.

La primera propuesta de establecer tiempos de descanso de 5 minutos cada una hora de trabajo en cada estación, aunque favorece la recuperación del trabajador disminuye la productividad en la jornada laboral con respecto al estado actual. Se deja de producir el 45% del volumen de producción planificado lo que equivale a 2.28 pedidos sin terminar en la jornada laboral.

Dado que en el estado actual y para la primera propuesta no se logra completar el volumen de producción planificado para la sesión de la mañana, se procedió como segunda propuesta a redistribuir la carga de trabajo. Considerando además, que el fondo de tiempo disponible en la sesión de la mañana es menor que el de la tarde se agruparon en la sesión de la mañana los pedidos de menor tamaño. Como resultado se obtiene un aumento en el volumen de producción terminado con respecto a las propuestas anteriores, aunque no se logra completar en la sesión de la mañana la producción planificada. Queda por hacer el 37% de la producción, que representa un aproximado de 1.71 pedidos.

La tercera propuesta simulada fue resultado de los rediseños de los medios y métodos de trabajo en las estaciones, lo que produjo la dismi-

Tabla 5  
Impacto de las propuestas realizadas

Planificación de la producción	Estado Actual	Propuestas					
		1	2	3	4	5	6
Volumen de producción (mañana)	728	728	680	728	728	680	680
Volumen de producción (tarde)	1072	1072	1120	1072	1072	1120	1120
Volumen de producción (jornada laboral)	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800
Salidas							
Bandejas terminadas (mañana)	467.3	445.4	608.1	728	728	533.7	680
Bandejas terminadas (tarde)	584.7	545.9	514.8	1072	1072	507	1120
Bandejas terminadas (jornada laboral)	1052	991.3	1122.9	1800	1800	1040.8	1800
Bandejas sin hacer (mañana)	260.7	282.6	71.9	0	0	146.3	0
Bandejas sin hacer (tarde)	739.3	778.1	677.2	0	0	760	0
Bandejas sin hacer (jornada laboral)	739.3	778.1	677.2	0	0	760	0
Pedidos terminados (jornada laboral)	3.9	3.72	4.29	6	6	4.07	6
Pedidos no terminados (jornada laboral)	2.1	2.28	1.71	0	0	1.93	0

nución de los tiempos de ciclo, que fueron estimados a partir de las tablas del STP (MTM-1). Esta propuesta favorece la salud y seguridad del trabajador disminuyendo la exposición a factores de riesgo de DMEs como fue demostrado anteriormente y se completa todo el volumen de producción planificado para ambas sesiones del día.

La cuarta propuesta simulada se realiza considerando los rediseños de los medios y métodos de trabajo y se adicionan 5 minutos de descanso cada una hora en cada estación. Al igual que en la propuesta anterior se completa todo el volumen de producción planificado para ambas sesiones del día y las pausas establecidas permiten la recuperación del trabajador.

La quinta propuesta simulada fue la de redistribuir la carga de trabajo durante la jornada laboral y adicionar el descanso de 5 minutos cada una hora para las estaciones. Como resultado se deja de hacer en la jornada laboral el 42% de la producción planificada, empeorando esta situación con respecto a la segunda propuesta simulada.

Con la sexta propuesta simulada se cumple con el volumen de producción planificado para

ambas sesiones del día. Debe señalarse que esta propuesta integra todas las propuestas anteriores (disminución en los tiempos de servicio calculados a partir de las tablas del STP (MTM-1) disponibles, descanso de 5 minutos y la redistribución de la carga de trabajo durante la jornada laboral), evidenciando los beneficios que se obtienen con un enfoque sistémico.

Las intervenciones ergonómicas en países en desarrollo es necesario que sean realizadas a un costo mínimo, incluso sin costo; aunque deben ser efectivas en su fin de aliviar el estrés presente en trabajadores sometidos a exigentes demandas de trabajo [7]. Las propuestas de mejoras realizadas son clasificadas en dos grupos: las que no requieren inversión y las que sí. En el primer grupo (no requieren inversión) se encuentran la primera, segunda y quinta propuesta, además de la opción de continuar en el estado actual. Con ninguna de estas alternativas se logra cumplir con el volumen de producción planificado, no obstante con la segunda propuesta se logran terminar mayor cantidad de pedidos en comparación con el resto y el estado actual. Además, evita que se generen picos de trabajo que contribuyen a aumentar la fatiga de los traba-

jadores. Dentro del segundo grupo (requieren inversión) se encuentran la tercera, cuarta y sexta propuesta. Con estas se logra cumplir el volumen de producción planificado y se mejoran las condiciones de trabajo. La sexta propuesta a criterio de los autores es la más conveniente, ya que integra todas las medidas que benefician al trabajador desde la perspectiva de la Ergonomía y la Seguridad y Salud Ocupacional y al mismo tiempo mejora la producción. Queda a consideración de la empresa objeto de estudio la selección de la propuesta a implementar. Para ello deben considerar factores económicos, legales, sociales, ergonómicos, de seguridad y salud en el trabajo, entre otros, que pudieran incidir directamente en la empresa y en particular en esta área de producción.

### Conclusiones

La aplicación de la Ergonomía ha demostrado ser un enfoque que genera beneficios para las organizaciones, sin embargo la introducción de esta disciplina científica en países en vías de desarrollo es aún incipiente. Esto está dado entre muchas razones por el desconocimiento de los directivos de los beneficios que se obtienen con su aplicación, la no existencia de un marco legal que obligue su introducción en la empresa, la carencia de personal calificado en esta temática y a la escasez de esfuerzos dirigidos a cuantificar el impacto sobre indicadores empresariales. En este estudio se muestra como el empleo de técnicas cuantitativas es de gran utilidad para mostrar el impacto en la producción de mejoras ergonómicas, siendo este un enfoque que facilita su introducción en las empresas.

### Referencias bibliográficas

1. Wilson, J.R.: "Fundamentals of ergonomics in theory and practice". *Applied Ergonomics*, 31 (2000) p. 557-568.
2. Karwowski, W.: "Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems". *Ergonomics*, 48(5) (2005) p. 436-463.
3. Koningsveld, E.A.P., P.J.M. Settels, y R.N. Pikaar: "Meeting Diversity in Ergonomics", en *Meeting Diversity in Ergonomics*, K. Pikaar, and Settels, Editor p. 1-12, 2007.
4. Kuorinka, I. y L. Forcier: "Work Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs): A Reference Book for Prevention.", Taylor & Francis, London, 1995.
5. NIOSH: "Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back". (97) (1997) p. 97-147.
6. Work, E.A.f.S.a.H.a.: "OSH in figures: Work-related musculoskeletal disorders in the EU-Facts and figures". (2010) p. 3-176.
7. Scott, P., K. Kogi, y B. McPhee: "Ergonomics guidelines for occupational health practice in industrially developing countries". (2010) p. 1-26.
8. Colombini, D. y E. Occhipinti: "Preventing upper limb work-related musculoskeletal disorders (UL-WMSDs): New approaches in job (re)design and current trends in standardization". *Applied Ergonomics*, 37 (2006) p. 441-450.
9. Lieberman, G.J. y F.S. Hillier: "Introduction to Operations Research". Seventh Edition ed, Thomas Casson, New York 2001.
10. Meister, D.: "Simulation and Modelling", en *Evaluation of Human Work: A practical ergonomics methodology*, J.R. Wilson y E.N. Corlett, Editors p. 202-228, 2001.
11. Park, H. y P.A. Fishwick: "A GPU-Based Application Framework Supporting Fast Discrete-Event Simulation". *Simulation*, 86(10) (2010) p. 613-628.
12. Padhi, S.S. y P.K.J. Mohapatra: "A Discrete Event Simulation Model for Awarding of Works Contract in the Government-A Case Study". (2008) p. 284-293.
13. Amores, Y.G.: "Estudio ergonómico en el área de Armado de la UEB Catering Habana". Facultad de Ingeniería Industrial (2010) p. 23-91.

14. Corlett, E.N. y R.P. Bishop: "A Technique for Assessing Postural Discomfort". *Ergonomics*, 19(2) (1976) p. 175-182.
15. Rodríguez, Y.: "ERIN: método práctico para evaluar la exposición a factores de riesgo de desórdenes músculo-esqueléticos". Departamento Ingeniería Industrial, Doctor en Ciencias Técnicas (2011) p. 1-168.
16. Cochran, D.J., y otros: "Guide for Videotaping and Gathering Data on Jobs Analysis of Risks of Musculoskeletal Disorders", en *The Occupational Ergonomics Handbook*, W. Karwoski y W.S. Marras, Editors p. 511-24. University of Nebraska-Lincoln, Boca Ratón Florida, 1999.
17. Bernard, T.E. *Anthropometry: Analysis Package V2.1* 2009 21 de Julio de 2009 [citado 2010 1 de octubre]; Disponible en: <http://personal.health.usf.edu/tbernard/regotools/index.html>.
18. Chaurand, R.Á., L.R.P. León, y E.L.G. Muñoz: "Dimensiones antropométricas de población latinoamericana". 2da edición ed, Guadalajara, México, 2007.
19. Konz, S.A. y S. Johnson: "Work desing: occupational ergonomics". 6th ed, Holcomb Hathway, Scottsdale, Arizona, 2004.
20. Niebel, B. y A. Freivalds: "Diseño del trabajo manual", en *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Ingeniería Industrial 181-232. Alfaomega, 2004.
21. Colombini, D., y otros: "Exposure Assessment of Upper Limb Repetitive Movements: A Consensus Document". *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (2001) p. 55-72.
22. Konz, S.: "Work/rest: Part II-. The scientific basis (knowledge base) for the guide 1". *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22 (1998) p. 73-99.
23. Norman, R. y R. Wells: "Ergonomic Interventions for Reducing Musculoskeletal Disorders: An Overview, Related Issues and Future Directions". (N2L 3G1) (1998) p. 1-34.

Recibido el 26 de Marzo de 2012

En forma revisada el 27 de Mayo de 2013