

Mejora de la productividad, calidad y ergonomía de una operación de ensamble por medio de la automatización

Fernando Contreras Argumedo¹, Alfredo Villanueva Montellano¹,
Shehret Tilvaldyev¹ y Delfino Cornejo Monroy¹

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez

Resumen

Actualmente la automatización es parte significativa de la industria en todo el mundo siempre buscando la mejora continua de los procesos ya sea por medio de complejos y costosos robots hasta herramientas semi-automáticas que agilicen las tareas a los operadores y las empresas. En Cd. Juárez aún existen muchas fábricas que tienen procesos de ensamble manuales, los cuales pueden ser pesados, repetitivos, y extenuantes lo cual desencadena diferentes consecuencias negativas a las empresas como ausentismo, variación en los procesos, reducción de la calidad, etc. En este artículo se presenta una solución alternativa para un proceso de ensamble manual, por medio de la automatización. La mejora de diferentes factores medibles del proceso mediante la implementación de una máquina semi-automática fabricada especialmente para dicho proceso y siguiendo la metodología de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar). Después de realizada la implementación se obtuvo una reducción en los principales defectos de calidad, como mal ensamble de 2.35% a un 0.37%, y producto dañado de 0.5% mensual a 0.21%. De esta manera si se implementa la automatización de forma eficiente se podría beneficiar muchas empresas con procesos más ergonómicos y productivos.

Palabras clave: automatización, productividad, calidad, ergonomía.

Introducción

Ciudad Juárez, es una ciudad altamente industrializada en la cual existen muchas compañías maquiladoras que fabrican productos que se exportan a todo el mundo, desde celulares, computadoras, productos médicos hasta automotrices. Todas estas empresas sin importar su ramo buscan la mejora continua de procesos para reducir sus costos de operación, contratan empresas locales y extranjeras que se dedican a la

integración de máquinas o estaciones de trabajo automáticas que los ayuden a lograr sus objetivos de productividad y eficiencia.

Pero aun así miles de trabajadores de esta ciudad acuden a empresas maquiladoras donde aún tienen procesos y operaciones manuales donde dependen de su habilidad, fuerza y la pericia que adquieren durante meses o años en una

posición. Los riesgos de este tipo de operaciones manuales van desde pequeñas lesiones musculares debidas al cansancio de las operaciones repetitivas hasta lesiones graves debidas al uso de herramientas pesadas en la industria. Todo esto aun sin mencionar la baja productividad debido a la lentitud el operador comparado con una máquina, y la calidad disminuida debido al error humano existente en todos los procesos.

¿Qué pasaría si pudiéramos automatizar todas esas operaciones y procesos manuales, repetitivos, extenuantes? Dañinos tanto para el operador como para las empresas.

Aquí analizaremos el impacto de la automatización de una operación en la productividad, calidad y ergonomía de una empresa de carácter internacional. Estos puntos anteriormente expuestos deben mostrar mejoras significativas que traigan como consecuencia un alto beneficio económico a la empresa aumentando la productividad y calidad

optimizando la relación humano-máquina-ambiente. Lo cual a su vez significa un beneficio adicional para la empresa al reducirse riesgos de trabajo para el operador que puedan desencadenar problemas de ausentismo, lesiones laborales, gastos de rotación de personal y en el peor de los casos una indemnización por gastos médicos al trabajador debido a una lesión o enfermedad adquirida en el trabajo.

Este proyecto se desarrollará en una empresa juarense llamada: Tafama. Como proveedor de servicios de integración y manufactura. Esta compañía inició operaciones en el año 2000 y se ha dedicado a la fabricación de escantillones, mesas de trabajo, diseño, manufactura y ensamble de equipos prueba eléctrica para la industria de arneses automotrices. Y el proyecto se centra en la operación de ensamble de mangueras a filtros de gasolina para motores de lanchas “Mariner” motorizadas de 40 caballos de fuerza.

Método

En esta parte abordamos una metodología estructurada para la solución a problemas en una forma ordenada. Sus siglas son el acrónimo de las palabras en inglés: “D” Definir, “M” medir, “A” Analizar, “I” mejorar (improve), y por ultimo “C” control. Estas fases nos guían de forma lógica desde la definición del problema hasta la implementación de las soluciones para el mismo[1]. Por lo tanto, seguimos

los pasos de la metodología antes mencionada.

Definir.

Dicho problema es la operación de ensamble de mangueras a un filtro de gasolina para motores fuera de borda de lanchas rápidas. El ensamble de forma

manual se logra como se muestra en la

figura 1.

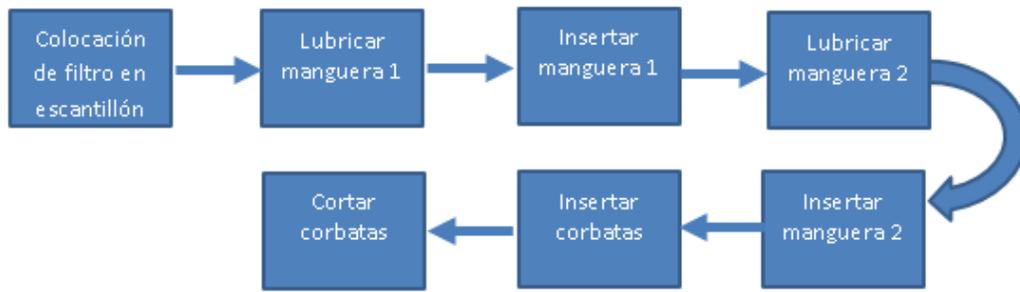


Figura 1 Pasos del ensamblaje de mangueras a filtros de gasolina.

De acuerdo a las especificaciones del cliente la máquina semi automática debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ensamblar las mangueras en los filtros de manera que pasen la inspección de calidad.
- La máquina debe ser capaz de aplicar calor a la manguera para reducir su resistencia a la deformación elástica para el ensamble con un porcentaje de aceptación superior al 96%.
- Debido a que anteriormente las mangueras eran calentadas mediante lámparas sin un debido control. La máquina en esta operación debe contar con un mejor sistema de aplicación de calor a las mangueras para hacerlas más flexibles al momento del ensamble, un

control de temperatura y una pantalla que muestre la temperatura actual del dispositivo.

- Superar el tiempo de ciclo de 32 segundos.

Medir.

Una vez definidos los puntos anteriores medimos las variables en el proceso que nos interesan para mejorar la operación.

2.2.1 Medición de la productividad.

En la figura 2 se muestra una carta de Gantt donde descomponemos la operación en diferentes acciones para medir el tiempo de la operación e identificar las áreas de oportunidad y mejora.

Operación de ensamble de mangueras a filtros.																																	
Tiempo (segundos)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Colocación de filtro en escantillón	■	■	■	■																													
Lubricar la manguera 1					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Insertar Manguera 1																																	
Lubricar manguera 2																																	
Insertar Manguera 2																																	
Insertar corbatas																																	
Cortar corbatas																																	

Tabla 1. Carta de Gantt, descomposición de tiempos de operación

Después de esto realizamos un estudio de tiempo para 2 diferentes operadores, uno nuevo en la operación y uno que ya tiene mucha experiencia en la misma para ver

cómo impacta el cambio de operadores el tiempo de la operación y asimismo la productividad. En la figura 2 se muestra la distribución de tiempos.

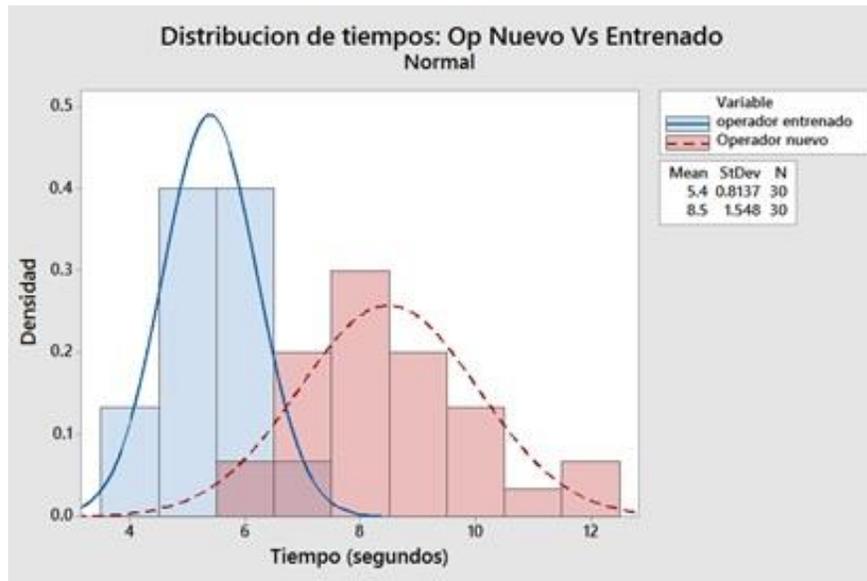


Figura 2: estudio de tiempos para 2 diferentes operadores

Y de acuerdo a los datos anteriores la productividad en función del tiempo se ve afectada como muestra la ecuación 1 para

el cálculo de la productividad en función del tiempo.

Operador entrenado

$$\text{Productividad} = \frac{1pz}{32seg} = 0.031 \frac{pz}{seg} \left(\frac{3600seg}{hr} \right) = 111.6 \frac{pz}{hr} \quad (1)$$

Operador nuevo

$$\text{Productividad} = \frac{1pz}{42seg} = 0.024 \frac{pz}{seg} \left(\frac{3600seg}{hr} \right) = 85.74 \frac{pz}{hr}$$

2.2.2 Medición de la calidad

Otro punto clave para el desarrollo de este proyecto es la mejora de la calidad, para esto se midieron la cantidad de defectos

debidos a la operación de la inserción de mangueras, estos defectos son:

1. Manguera mal ensamblada.
2. Forro interno dañado.

3. Corbata floja (mal colocada)

A continuación, un resumen de los datos de 20 días del mes de enero, tomando en cuenta que la producción de los filtros de

gasolina se realiza por lotes de 310 piezas por día, la producción total de 20 días es 6400 piezas, y la tabla 2 muestra las cantidades defectuosas registradas por el departamento de calidad referente a ese lapso de 20 días de enero.

Descripción del defecto.	Defectos Enero	% mensual
Manguera mal ensamblada	146	2.35
Forro interno doblado (despegado)	31	0.50
Corbata Floja (mal puesta)	63	1.02
Sumatoria defectos	240	3.87

Tabla 2: porcentaje de defectos antes de la implementación

2.2.3 Medición de la ergonomía

Partiendo del concepto básico de ergonomía que se refiere al diseño de tareas, estaciones de trabajo y del ambiente laboral que se acoplen mejor al operador humano[2] se medirá en función de los factores de riesgo de adquirir un padecimiento músculo esquelético basado en la tabla de factores de riesgo publicado por el departamento de seguros de Texas[3]

1. Frecuente manipulación de materiales;
2. Exposición a temperaturas extremas;
3. Exposición a vibraciones excesivas;
4. Movimientos repetitivos a lo largo de la jornada de trabajo;
5. Posiciones de trabajo incómodas o estacionarias;
6. Utilización de fuerza excesiva o de presión localizada durante la realización de tareas.

7. El levantamiento innecesario de artículos incómodos y pesados.

8. Insuficientes descansos.

De los factores de riesgo señalados anteriormente nuestra operación presenta 4 riesgos latentes los cuales buscaremos eliminar los cuales aparecen subrayados.

Analizar

En esta parte analizamos y determinamos la causa raíz del problema utilizando herramientas como diagramas de pescado y 5 porqués.

Problemas del proceso:

Proceso lento e inestable.

Baja Calidad.

Rotación de personal.

A continuación, un análisis de 5 porqués de cada uno de estos problemas empezando por los problemas conocidos de calidad.

MAL ENSAMBLE DE MANGUERA:	
PORQUÉS	RESPUESTAS
PORQUE el operador ensambla mal la manguera al filtro?	No ensambla suficiente longitud de manguera en el tubo del filtro.
PORQUE no ensambla suficiente longitud de manguera?	Se agota despues de realizar la insercion de las mangueras despues de 2 horas.
PORQUE se agota el operador?	Porque las mangueras de caucho de nitrilo son duras y poco flexibles.
PORQUE las mangueras son duras y poco flexibles?	Porque son mangueras de seguridad por las cuales pasa combustible y deben ser muy resistentes para evitar fugas.
PORQUE las mangueras deben evitar fugas?	Porque el flujo de trabajo de las mangueras es gasolina.
CAUSA RAIZ	Las mangueras de caucho de nitrilo son duras y poco flexibles para la operación del ensamble manual.

Tabla 3: Formato 5 porqués mal ensamble de manguera.

Después de este resultado también realizamos un diagrama de pescado para la misma operación con tal de abundar en algunas otras causas que puedan afectar el rendimiento de esta operación. En la

figura 3 se muestra el diagrama de pescado para la falla del ensamble de mangueras con el fin de profundizar más y encontrar la causa raíz del problema.

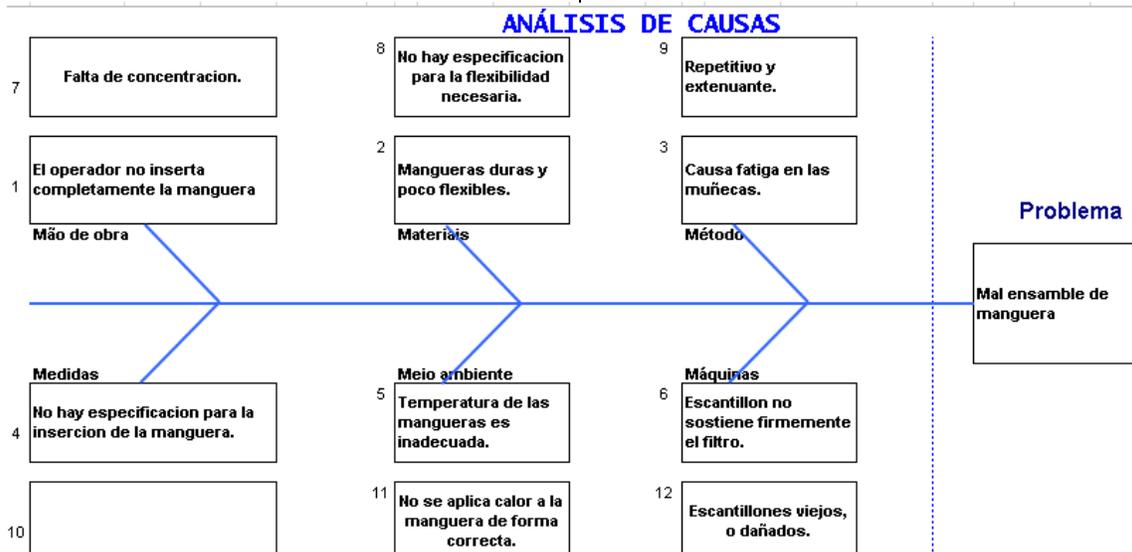


Figura 3: diagrama de pescado para mal ensamble de mangueras

Ahora un formato de los 5 porqués para la inestabilidad del proceso en la tabla 4.

PROCESO LENTO E INESTABLE (baja productividad)	
PORQUÉS	RESPUESTAS
PORQUE el proceso es lento e inestable?	Mucha rotacion de personal.
PORQUE hay mucha rotacion de personal?	Operación repetitiva y extenuante.
PORQUE la operación es cansada para el operador?	Porque tiene que aplicar fuerza repetitivamente para ensamblar las mangueras.
PORQUE tiene que aplicar mucha fuerza repetitivamente?	Porque las mangueras de caucho de nitrilo son muy duras y el diámetro interno de la manguera es menor que el diámetro externo de las entradas del filtro de gasolina.
PORQUE el diámetro de la manguera es mas pequeño que el diámetro externo del tubo de entrada del filtro?	Porque la aplicación de calor para expandir el diámetro interno de la manguera y volverla mas flexible para el ensamble no esta funcionando.
CAUSA RAIZ	 <p>La aplicación de calor se realiza por medio de lámparas de calor de 250W que irradian calor a la parte externa de las mangueras que se localizan hacia la parte superior, y para expandir el diámetro de la manguera se necesita aplicar calor en la parte interna donde va a entrar el tubo del filtro.</p>

Tabla 4: 5 porqués para la inestabilidad del proceso

De los formatos anteriores podemos ver que el común denominador de los problemas es la dureza de las mangueras y la poca eficiencia de la aplicación de calor para volverlas más flexibles para su ensamble, y con estos resultados podemos pasar al siguiente paso de la metodología que es la mejora al proceso.

Mejorar

En esta parte desarrollamos las soluciones potenciales, en función de los

requerimientos del cliente, para ello empezamos con un formato QFD (figura 4) para alinear los requerimientos del cliente (Qué's) con las potenciales soluciones a cada requerimiento (Cómo). En primera instancia el cliente nos requiere una máquina semi automática que ayude al operador a realizar el ensamble de una forma más rápida y eficiente, y sustituir la fuerza empleada por el operador por la fuerza de un cilindro neumático.

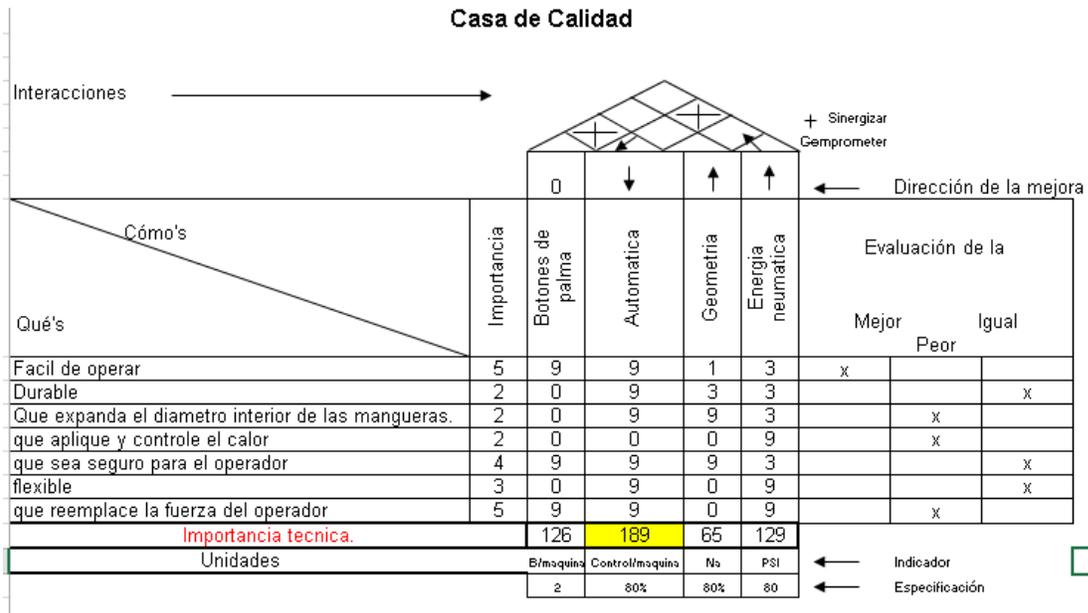


Figura 4: casa de la calidad para la máquina requerida por el cliente

A partir de aquí podemos concluir que necesitamos un control lógico programable para sustituir la fuerza del operador por una fuerza neumática, puesto que tenemos 2 operaciones principales para esta máquina, la primera es expandir el diámetro interno de la

manguera, la segunda es ensamblar las mangueras al filtro de gasolina. Por lo tanto creamos un prototipo en CAD para buscar la aprobación del cliente antes de comenzar la fabricación. El prototipo se muestra en la figura 5.

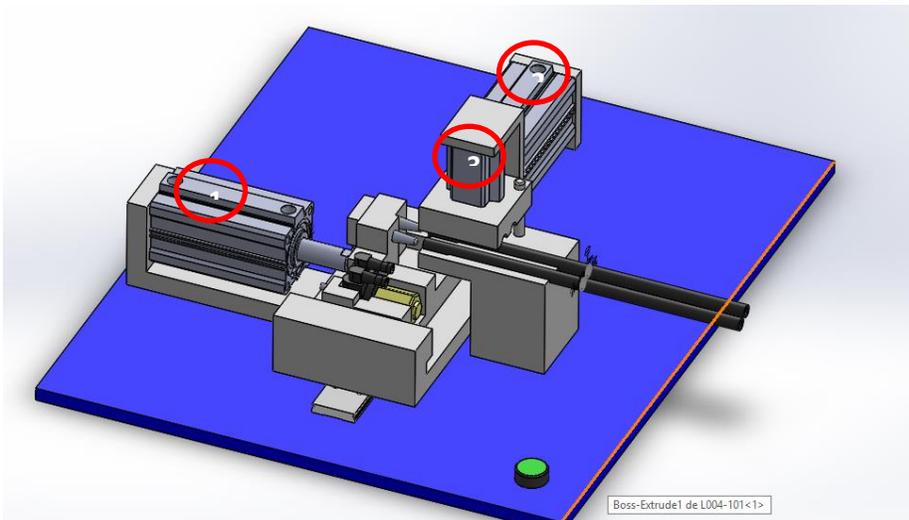


Figura 5: prototipo de máquina para ensamble de mangueras a filtros de gasolina.

Este prototipo sugerido al cliente cuenta con 3 cilindros, el 1 para ensamblar el filtro en las mangueras, el 2 para mover el escantillón a posición de ensamble o expansión, y el tercero para sujetar las mangueras durante los pasos de expansión y ensamble.

Después de la aprobación del cliente comenzamos la fabricación de las piezas y la compra del equipo necesario mientras se genera un diagrama funcional previo a la programación del controlador de la secuencia de la máquina.

Control.

Una vez implementada la solución requerida por el cliente buscamos

garantizar que la mejora sea sostenida, y aseguramos que los nuevos problemas sean detectados rápidamente para su solución. En este caso la aplicación de un plan de control y un PFMEA nos sirvieron como herramientas de control, y en la máquina el controlador lógico programable y el control PID de temperatura nos ayudan a mantener las variables de proceso (tiempo y temperatura) estables. La actualización constante del plan de control y el pfmea nos ayudan a mejorar el rendimiento del equipo mientras el impacto sobre el proceso de esta implementación se refleja diariamente en la productividad, calidad y ergonomía.

Resultados

Calidad.

En la figura 6 se muestra gráfico de defectos de calidad, realizando una

comparación de 3 meses, el primero antes de la implementación de la máquina y el segundo y tercer mes son después de la implementación de la misma.

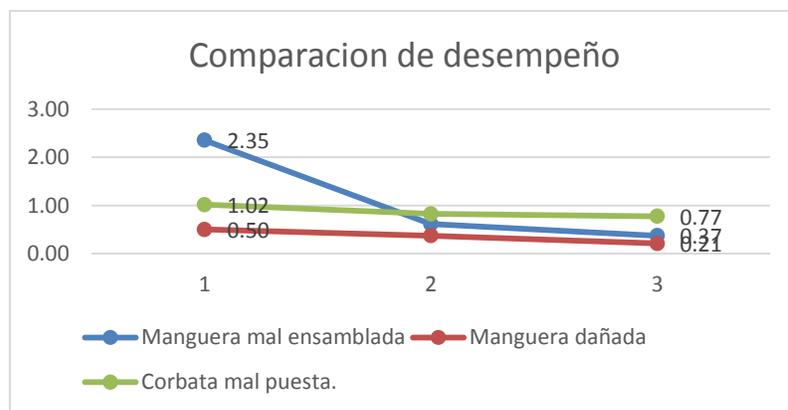


Figura 6: comparación de defectos antes y después de la implementación.

Productividad.

En la ecuación 2 se mide la productividad en función del tiempo, comparando el

desempeño de la máquina implementada contra la medición del desempeño realizada a 2 operadores antes de la mejora.

Maquina

$$\text{Productividad} = \frac{1pz}{26seg} = 0.037 \frac{pz}{seg} \left(\frac{3600seg}{hr} \right) = 138 \frac{pz}{hr}$$

Operador entrenado

$$\text{Productividad} = \frac{1pz}{32seg} = 0.031 \frac{pz}{seg} \left(\frac{3600seg}{hr} \right) = 111.6 \frac{pz}{hr} \quad (2)$$

Operador nuevo

$$\text{Productividad} = \frac{1pz}{42seg} = 0.024 \frac{pz}{seg} \left(\frac{3600seg}{hr} \right) = 85.74 \frac{pz}{hr}$$

Ergonomía.

Realizamos una comparación de los factores de riesgo de adquirir un

padecimiento músculo esquelético debido a la operación, de acuerdo a los resultados se eliminaron 3 factores de riesgo.

Fáctores de riesgo	Antes de la mejora	Después de la mejora
Frecuente manipulación de materiales;	X	X
Exposición a temperaturas extremas;	X	N/a
Exposición a vibraciones excesivas;	N/a	N/a
Movimientos repetitivos a lo largo de la jornada de trabajo	X	N/a
Posiciones de trabajo incómodas o estacionarias;	N/a	N/a
Utilización de fuerza excesiva o de presión localizada durante la realización de tareas.	X	N/a
El levantamiento innecesario de artículos incómodos y pesados.	N/a	N/a
Insuficientes descansos.	N/a	N/a

Tabla 5: comparación de factores de riesgo de adquirir un padecimiento debido al trabajo.

Conclusiones

De acuerdo a lo abordado en este trabajo pudimos comprobar cómo los 3 elementos analizados sufrieron un

impacto importante para bien del proceso y la operación de ensamble de mangueras a filtros de gasolina. La tasa de defectos

por mal ensamble de manguera bajo de 2.35% a 0.37%, la productividad aumento de 85.74 p/hr a 138 pz/hr. Y la ergonomía también se vio afectada al eliminarse 3 de los 4 factores existentes para adquirir un

padecimiento músculo esquelético debido a la operación. Por lo tanto, podemos decir que el impacto de la automatización sobre los procesos es muy significativo.

Referencias

- [1] Arbos, R.V., Automatizacion de proceso mediante la guia Gemma. 2005.
- [2] Freivalds, B.N.A., Ingenieria Industrial, Metodos, estandares y diseño del trabajo. 10 ed, ed. Alfaomega.
- [3] texas, D.d.s.d., La Ergonomía para la Industria en General Departamento de seguros de texas.
- [4] Hernandez, C.M.R.D.P., Impacto laboral por enfermedades reumaticas. Revista cubana de reumatologia, 2001. 3.
- [5] Richard B. Chase, R.J., Nicolas Aquilano, Administracion de operaciones,

- produccion y cadena de suministros. 12 ed.
- [6] Arnoletto, E.J., Administracion de la produccion como ventaja competitiva. 2007.
- [7] Michael L. George, J.M., The lean six sigma Pocket Toolbook.
- [8] romeral, J.B.J.L., Automatas programables, ed. Alfaomega. 2004.
- [9] Trueba Jainaga, J.I., Distribucion de planta.