

MEJORA EN LOS PROCESOS DE CORTE, ESPIRALADO Y ENSAMBLE PARA LA FABRICACIÓN DE TAMBORAS DE FIERRO CORRUGADO

IMPROVEMENT IN THE PROCESSES OF CUTTING, SPIRALING AND ASSEMBLY FOR THE MANUFACTURE OF CORRUGATED IRON DRUMS.

Roberto Belarmino Quispe Cabana¹

¹ Ingeniero Mecánico, Universidad Continental. Email: rquispe@continental.edu.pe

Resumen

El estudio se desarrolló en las instalaciones de Industrias Scorsa SAC con el financiamiento del Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCYT)-Innovate Perú, en convenio con la Universidad Continental. Se tuvo como objetivo mejorar los procesos en la fabricación de tamboras de fierro corrugado para puertas enrollables. El método es descriptivo-experimental, descriptivo porque se realizó un diagnóstico situacional y se identificaron los cuellos de botella en el proceso de corte, espiralado y ensamble; y experimental debido a que se mejoraron las máquinas que intervinieron en los procesos mencionados anteriormente. Para mejorar las funciones operativas, se adaptaron mecanismos en las máquinas de corte por cizallamiento, roladora o espiraladora de fierro corrugado y matriz de ensamble de la tambora, así como disminuir los tiempos de fabricación, reducir la mano de obra, mejorar la calidad de la tambora e incrementar la producción.

El tiempo de fabricación de una tambora en el primer proceso es de 7 minutos por tambora, y su falta de calidad genera como resultado una merma del 16,6 %; luego de mejorar los procesos, el tiempo de fabricación por tambora se redujo a 4.38 minutos y la reducción de la merma es menor al 3 %, incrementando su producción; por tanto, la calidad de la tambora es más simétrica debido a la mejora en el espiralado.

Palabras clave: tambora; corte; espiralado; ensablaje; productividad.

Abstract

The present study was developed in the facilities of Scorsa Industry SAC with the financial support was made by Fondo para la Innovación la Ciencia y la Tecnología (FINCYT, in Spanish) - Innovate Peru, in agreement with Universidad Continental, whose objective is to improve the processes in the manufacture of corrugated iron drums for rolling doors. The method is descriptive, making a situational diagnosis and identifying bottlenecks in the process of cutting, spiraling and assembling; and it is experimental because the machines involved in the processes mentioned above are improved.

The improvement consisted of adapting mechanisms in shearing machines, rolling or spiraling of corrugated iron and drum assembly matrix, in order to improve their functions. The objective is to reduce the time of manufacturing, to reduce labor, to improve the quality of the drum and to increase production.

The first process of «tambora» manufacture time is of 7 minutes per «tambora», as well as its lack of quality generating a loss of 16.6%. As a result, after improving the processes, there is an improvement in reducing the manufacturing time per drum to 4.38 minutes per drum and a reduction in shrinkage of less than 3%, increasing its production. The quality of the «tambora» is more symmetrical due to the improvement in the spiral.

Keywords: Drum; cut; spiral, assembly; productivity.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolló en Industrias Scorsa SAC, empresa dedicada al rubro metalmecánico y a la elaboración de muebles en melamine. Según [1], «La productividad de las empresas peruanas sigue lejos de la frontera de la productividad mundial, a pesar de que esta es una de las principales fuentes para enfrentar la difícil coyuntura económica por la que atraviesa el Perú». Para [2], mejorar los procesos en las empresas estará relacionado con uno o más de los siguientes aspectos:

- Eliminar la duplicidad de los procesos y reducir aquellos que son críticos, disminuyendo o eliminando los errores, defectos del producto y servicio, así como las actividades que no generan valor.
- Reducción de tiempos en procesos, optimizando el tiempo de entrega de un producto o servicio al cliente final.
- Procesos documentados y eficiencia organizacional.
- Mejorar la calidad del servicio para incrementar la satisfacción del cliente.
- Mejorar la productividad y eficiencia de los colaboradores en sus actividades diarias.
- Generar valor para el cliente para generar experiencias únicas.
- Optimizar los costos incurridos en la ejecución de un proceso y mejorar la rentabilidad.

Basados en el marco teórico presentado, para mejorar el proceso de fabricación de tamboras, se precisa reducir los tiempos, optimizar el tiempo, disminuir errores en el producto y aumentar su calidad. La tecnología necesita ser transmitida y adoptada para que la productividad aumente [3].

II. DESARROLLO

Planeación de proceso

La planeación de procesos implica determinar los procesos de manufactura más adecuados y el orden en el cual deben realizarse para producir una parte o producto determinado que se especifican en la ingeniería de diseño. Si es un producto ensamblado, la planeación de procesos debe definir la secuencia apropiada de los pasos de ensamble. El plan de proceso debe desarrollarse dentro de las limitaciones impuestas por el equipo de procesamiento disponible

y la capacidad productiva de la fábrica. Las partes o subsensamblados que no pueden hacerse en forma interna deben adquirirse con proveedores externos. En algunos casos, los artículos que pueden producirse en forma interna, deben adquirirse con vendedores externos por razones económicas o de otro tipo [4].

Uno de los temas importantes al momento de seleccionar, clasificar y analizar los modelos para el mejoramiento de procesos está dado en el grado de cambio o tipo de mejora que se busca lograr en el rendimiento de los procesos y de la organización, con la aplicación de cada uno de ellos. Por tanto, se decidió categorizar en tres enfoques, en razón al nivel de mejora, el riesgo y los recursos e impactos en cada uno de ellos. Estos enfoques son: a) el incremental, es decir aquel que aporta pequeños cambios, como por ejemplo, la solución de problemas específicos de calidad del producto o servicio; b) el rediseño de procesos, que busca lograr los resultados de las organizaciones satisfaciendo a sus clientes y logrando la reducción de costos y de tiempos de ciclo en los procesos; c) y el enfoque de la reingeniería con mejoras más radicales como en la estructura organizacional o en la forma de gestión con nuevas orientaciones estratégicas [5].

La meta de los sistemas de producción es fabricar y distribuir productos. La actividad más importante para cumplir con esta meta es el proceso de manufactura, en el cual tiene lugar la conversión material de transformar materia prima en un producto. El proceso de manufactura se puede ver como un proceso que agrega valor. En cada etapa la conversión realizada (a un costo) agrega valor a la materia prima [6]. Cuando este proceso de agregar valor termina, el producto está listo. Para ser competitivo, la meta debe ser que la conversión de materiales cumpla, de forma simultánea, los siguientes objetivos:

- **Calidad:** el producto debe tener una calidad superior (igual o mejor que el producto de la competencia).
- **Costo:** el costo del producto debe ser menor que el de la competencia.
- **Tiempo:** el producto siempre debe entregarse a tiempo al cliente.

Existe interacción entre estos objetivos; por ejemplo, los clientes aceptan un precio más alto cuando el producto es único y menor calidad si los productos son más baratos.



Diagnóstico del proceso productivo de Industrias Scorsa SAC

• Capacidad de producción

Industrias Scorsa SAC en la actualidad atiende en el mercado local a siete distribuidoras importantes de materiales de construcción de cerrajería para puertas enrollables. El mercado de tambores metálicos a base de fierro corrugado se ha desarrollado conjuntamente con el crecimiento del sector construcción y la apertura de centros comerciales; esto permite el incremento de competidores directos que han copiado el diseño de tamboras que la empresa fabrica y atienden al mercado local con productos en similares condiciones.

Industrias Scorsa SAC produce actualmente 100 unidades de tambores a diario, al mes unas 3000 unidades y al año 27 000 unidades aproximadamente; entre sus principales clientes, se encuentra Fierros Lorente SAC, empresa a la que vende 21 665 unidades; otro de sus principales clientes es Wander SAC. Ambas empresas conforman su principal fuerza de venta ya que son distribuidores del producto. Sin embargo, la producción es insuficiente para cubrir la demanda total que exige el mercado a la empresa: un promedio de 5000 tamboras al mes, y deja de atender al mercado por falta de capacidad, esto le ha ocasionado la pérdida de clientes.

Asimismo, la empresa también se dedica al rubro de melamina y para ello tiene otras máquinas y desarrolla otros procesos.

• Secuencia típica de procesos en la fabricación de tamboras

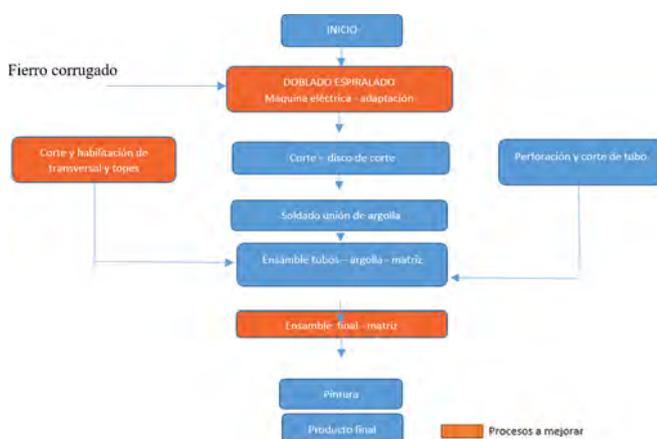


Figura 1. Diagrama general del proceso de fabricación de tamboras después de la mejora.

La descripción del proceso de producción típico de las tamboras empieza con la adquisición de la materia prima: el fierro corrugado de 8 mm y de 9 m de largo. El fierro es doblado en argollas para ser marcado por donde se cortará, una vez que se obtienen las argollas se sueldan cada una de ellas de modo que se puedan unir y en forma paralela se cortan secciones de tubos con su respectivo pasador para trabajar como ejes de tamboras; luego, pasa al proceso de ensamblaje y se une mediante el proceso de soldadura, posteriormente se procede a pitar empaquetar las tamboras, estas quedan listas para su comercialización.

• Máquinas herramientas

Para el proceso de fabricación de tamboras, Industrias Scorsa SAC cuenta con un torno, una máquina de soldar MIG, un mecanismo para doblar fierro corrugado, una matriz de tambora. Las máquinas están operativas, el mantenimiento que reciben los equipos es de limpieza y lubricación, el cual se realiza en forma esporádica.

• Evaluación de los procesos a mejorar

Tabla 1. Equipos del proceso inicial en la fabricación de tamboras

Proceso	Definición	Equipo
Espirado de fierro corrugado	Se enrolla el fierro manualmente y se obtienen espiras. Para este proceso se necesitan dos operarios.	
Corte transversal y tope	Acción de cortar una plancha metálica con una cizalla. En la empresa se efectúa el proceso con una cizalla de prensa manual. Se necesitan dos operarios.	
Ensamblaje	Unión de la argolla y los topes de la tambora. Hay dificultad para soldar todos los puntos.	

Fuente: Elaboración propia

- **Materias primas**

Fierro corrugado de diámetro 8 mm, ASTM A615 GRADO 60, barras de acero rectas de sección circular.

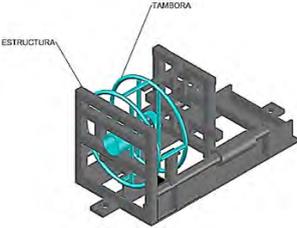
- **Tiempo de producción por procesos (antes de la mejora, ver tabla 2)**

Tabla 2. Tiempo y personal empleado por proceso (etapa inicial antes de la mejora)

N.º	Procesos	Tiempo (seg.)	Personal
1	Doblado, <i>proceso de rolado</i> de argolla (disco de corte): 2 argollas	75	2
2	Corte y marcado de espiras en machina con el disco de corte: 2 argollas	70	1
3	Proceso de corte y habilitación de transversal (4 transversales) (con máquina electromecánica cizalladora)	9	2
4	Proceso de corte y habilitación de 4 topes (con una máquina electromecánica cizalladora)	10	2
5	Marcado de tubo (2 tubos)	10	1
6	Perforación (2 tubos)	5	1
7	Corte de tubo (2 tubos)	16	1
8	Fijación de argolla, transversales y tubo para eje central (2 argollas)	110	2
9	Proceso de montaje , argollas con topes ensamble final en matriz (1 tambora)	90	2
10	Pintado (1 tambora)	10	1
11	Limpieza después del proceso de fijación de montaje por tambora	15	1
Tiempo total		420 seg. = 7 min	

Mejora en los procesos a través de la adaptación de equipos

Tabla 3. Proceso y equipos del proceso después de la mejora en la fabricación de tamboras (ver tabla 3)

Proceso	Definición	Equipo
Espirado de fierro corrugado	La adaptación del mecanismo de una máquina generadora de movimiento circular y de torsión (del 36) consiste en adaptar un polín de arrastre con su respectiva estructura de fijación y un tubo en la parte central que sirve para rolar o espiralar el fierro corrugado (de 8 mm de diámetro) a la medida de la tambora deseada.	
Corte transversal y tope	Cortar 4 transversales simultáneamente por cizallamiento; la máquina Cell 30 fue adaptada con un sistema de transporte para posicionar correctamente el fierro corrugado a la altura de la cizalladora y garantizar un corte perpendicular, así como un trabajo más ergonómico del operador. También se adaptó un sistema de tope para lograr la dimensión correcta de transversales y topes.	
Ensamblaje	Unión de la argolla y los topes de la tambora. La ventaja de esta matriz es que permite soldar todos los puntos; por lo tanto, el montaje es un solo proceso con ayuda de esta matriz.	

Fuente: Elaboración propia



Análisis de carga y esfuerzo en el sistema de corte de fierros transversales

El corte de los transversales de hierro corrugado realizado con una cizalla mecánica, accionada manualmente, demanda mucho esfuerzo (a). Si el corte se efectúa con una cizalla eléctrica y simultáneamente a 4 fierros corrugados, alivia el esfuerzo anterior y permite una mayor producción (b).

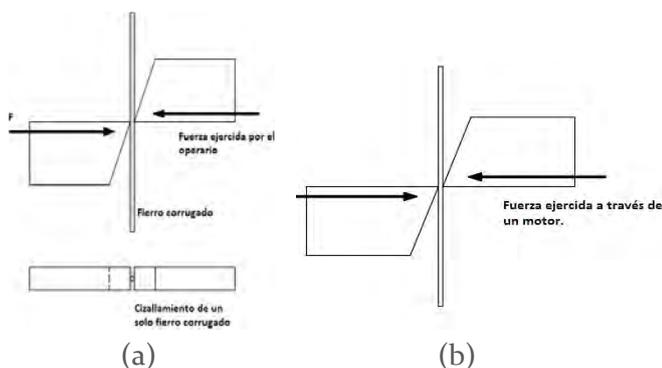


Figura 2. Corte por cizallamiento: (a) con fuerza manual, (b) con una máquina

Para determinar la fuerza y potencia necesaria para generar una deformación plástica y cortar los cuatro fierros simultáneamente, se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Esfuerzo de corte

$$\begin{aligned} \tau &= \\ \tau &> S_y \\ F &> 0.5 \times S_y \times A_t \\ F &> 419724620 \text{ N/m}^2 \times 4(4,908 \times 10^{-4} \text{ m}^2) = \\ &412064, 6457 \text{ N} \end{aligned}$$

Potencia

$$\begin{aligned} P &= F \times V = 412064, 6457 \text{ N} \times 8.333 \times 10^{-3} \text{ m/s} \\ P &= 3433,8720 \text{ W} = 4,6 \text{ HP (potencia mínima para cizallamiento)}. \end{aligned}$$

Análisis de carga y esfuerzo en el proceso de doblado de los fierros en forma de espiral

En el proceso inicial de espiralado, tal como se muestra en la Figura 2(a), la fuerza la ejerce el operador 1 mediante el volante y generar el torque requerido y el operador 2 sujetaba el fierro corrugado. Bajo el mismo principio, se plantea efectuar el trabajo eléctrico (tal como se muestra en la Figura 2(b), en este caso la fuerza la desarrolla el motor y un operador posiciona el fierro corrugado. Por lo tanto, para determinar la capacidad de doblado, se requiere determinar la fuerza F.

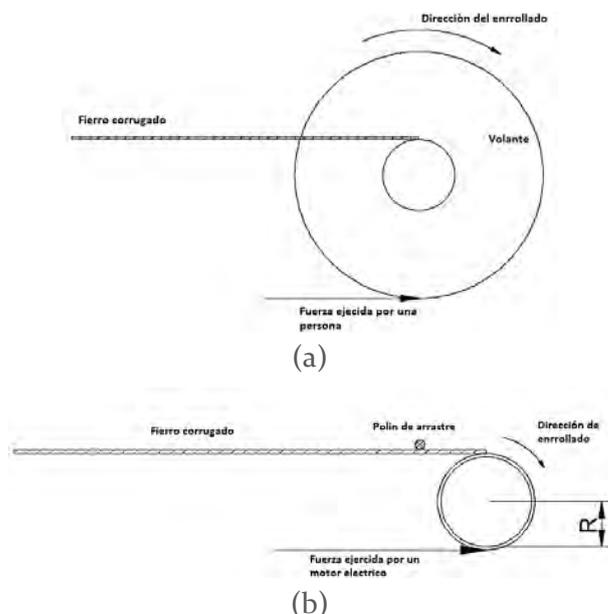


Figura 3. Deformación plástica mediante una fuerza manual (a) y mediante una máquina (b)

Para determinar la fuerza necesaria y generar una deformación plástica, así como doblar el fierro corrugado, se modela como una viga empotrada y se somete a flexión.

Esfuerzo de flexión

$$\begin{aligned} \sigma &= \dots\dots\dots (1) \\ \text{Del diagrama } M &= F \cdot L \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

Donde:

M: Momento flector
C: distancia del eje neutro a la superficie
I: Momento de inercia fierro
I = d^4

De (1) y (2)

Para $\sigma > S_y$ (el esfuerzo es mayor que la resistencia a la fluencia del material para producir una deformación plástica)

El elemento sometido a deformación plástica es un acero estructural ASTM A615 grado 60, de 25 mm de diámetro, con resistencia a la fluencia de 4280 kg / cm^2 (419724620 N/m^2), y $L = 0.5$ m. (por cada espira).

$$F > \frac{S_y \times \pi \times d^4}{64 \times L \times c} = \frac{419724620 \times \pi \times 0.025^4}{64 \times 0.5 \times \frac{0.025}{2}} = 1287, 702 \text{ N}$$

Torsión

$$T = F \times R = 1287, 702 \text{ N} \times 0.073 \text{ m} = 94 \text{ N.m}$$

Potencia requerida para generar deformación plástica para una velocidad angular de 12,566 rad/seg.



$$P = T \cdot \omega = 94 \text{ N.m} (12,566 \text{ rad/seg}) = 1181,24 \text{ W} = 1,58 \text{ HP (potencia mínima)}$$

Análisis de esfuerzo de polín de arrastre

El polín de arrastre es un elemento crítico sometido constantemente a esfuerzo y falla prematura; es un elemento que ayuda a la deformación plástica en el espiralado. Por lo explicado se analizan los esfuerzos para un material sólido de acero SAE 1045 y a una carga constante de $F = 1287,702$.

A pesar de soportar el esfuerzo de flexión y el corte de forma simultánea, según el resultado de elementos finitos, el polín no se deforma plásticamente, Su resistencia a la fluencia es superior al esfuerzo máximo que soporta.

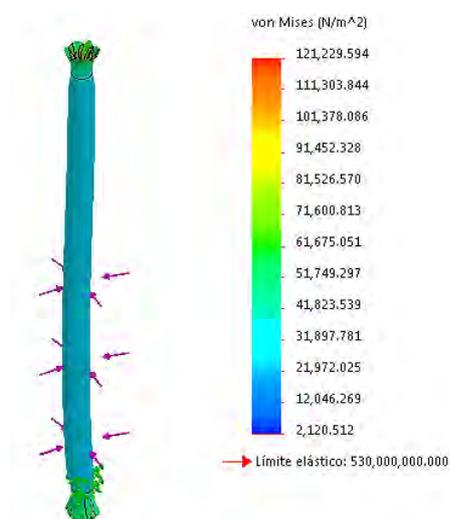


Figura 4. Análisis estático de polín de arrastre

Tiempo de producción actual

Tabla 4. Tiempo y personal empleado por proceso (después de la mejora)

	Procesos	Tiempo (en seg.)	Personal
1	Doblado, proceso de rolado de argolla (disco de corte): 2 argollas	24	1
2	Corte de espiras en machina mediante disco de corte: 2 argollas	16	1
3	Proceso de corte y habilitación de transversal; 4 transversales (mediante máquina electromecánica cizalladora)	4	1
4	Proceso de corte y habilitación de 4 topes (máquina electromecánica cizalladora)	3	1
5	Marcado de tubo: 2 tubos	10	1
6	Perforación: 2 tubos	5	1
7	Corte de tubo: 2 tubos	16	1
8	Fijación de argolla, transversales y tubo para eje central: 2 argollas	90	2
9	Proceso de montaje , argollas con topes Ensamble final en matriz), 1 tambora	70.04	2
10	Pintado: 1 tambora	10	1
11	Limpieza después del proceso de fijación de montaje por tambora	15	1
	Tiempo total	263 seg. = 4.38 min.	

Fuente: Elaboración propia

Producto final

En la figura 5 se muestra el resultado final.



Figura 5. Tambora para puertas metálicas enrollables

III. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La mejora del proceso de fabricación de tamboras está en función a múltiples variables, entre ellas a la reducción del tiempo de producción. Se ha logrado disminuir en 2,62 minutos (equivalente al 37,42 % respecto al tiempo anterior), acción que coadyuva directamente en la mejora de procesos.

Para efectuar el proceso se utilizó primero un dispositivo mediante engranajes, que dobló y espiraló el fierro corrugado en un ángulo de 360° ; sin embargo, no se logró doblar de forma uniforme: unos a otros tenían diferente diámetro. Posteriormente, mediante un polín de arrastre y un rodillo giratorio, se logra el objetivo, espiras uniformes unas a otras.





El proceso de corte es por cizallamiento, pero el equipo de corte no viene con los dispositivos complementarios que faciliten mejorar el proceso; se complementó con una estructura con polines de arrastre del fierro corrugado a la altura del equipo de cizallamiento y la regulación de la distancia para el logro de transversales y topes de la tambora, el cual se mejoró para coadyuvar en la ergonomía del operador.

El equipo de corte en forma simultánea corta entre 8 y 9 fierros de 8 mm de diámetro; sin embargo, ocasiona rebabas en los extremos de fierro, lo que perjudica en el montaje de la matriz, por ello para evitar estas rebabas se trabaja mediante un corte simultáneo para cuatro fierros.

En la Figura 6 se muestra el tiempo versus los procesos correspondientes a la Tabla 4; el tiempo de reducción en los procesos de espiralado, corte y montaje es apreciable. El personal empleado en el proceso de espiralado y corte se reduce de 2 a 1, por ende, se disminuye el costo de horas - hombre y favorece el incremento en la producción.

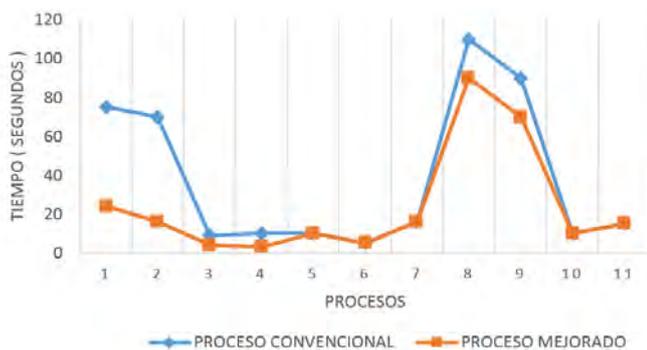


Figura 6. Variación de tiempos en los procesos para la fabricación de una tambora

En el proceso de fijación se mejoró el tiempo en la maniobra para armar la argolla, debido a la simetría de las argollas provenientes del proceso de espiralado y corte respectivamente (Figuras 8 y 9).



Figura 7. Fierro corrugado espiralado.

Respecto a la calidad lograda en las tamboras, esta mejoró por el proceso de espiralado (Figuras 8 y 9). Con el nuevo mecanismo se obtienen argollas más simétricas y cilíndricas (Figura 9), esto facilita el montaje de los elementos para el logro de tamboras, asimismo se reducen las mermas a menos del 3 %.

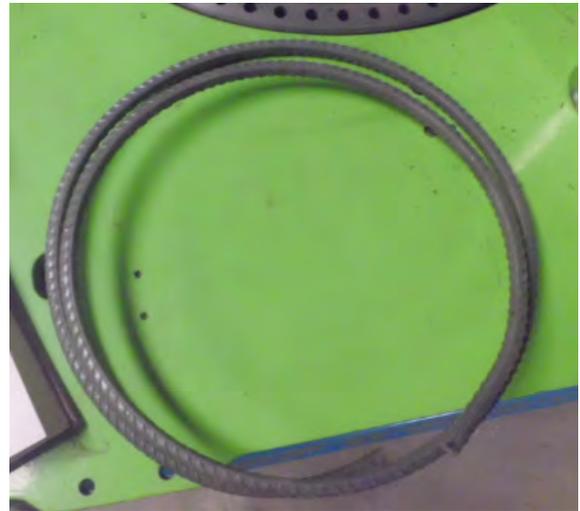


Figura 8. Argollas no uniformes



Figura 9. Argollas uniformes

IV. CONCLUSIONES

Mediante la adaptación de un polín y un cilindro en la máquina espiraladora de fierro corrugado se desarrollan espirales uniformes, es decir, las espiras tienen un diámetro nominal constante (171,4 mm), a diferencia de otras máquinas existentes. La evaluación de puntos críticos en los procesos y su mejora respectiva no solo se da en la fabricación de tamboras, es una idea y aplicación de mejora continua de todos los procesos en función al aprovechamiento de conocimientos y aplicaciones utilizando las nuevas tecnologías existentes.

Mediante el presente estudio se puede demostrar que el rediseño o innovación del producto, en este caso innovación en la máquina dobladora, cizalladora y matriz, trae como consecuencia la mejora en los procesos de corte, espiralado de fierro corrugado y montaje, para lograr una circunferencia uniforme de fierro y el ensamblado de tambora que permita maniobrar con el tambor ensamblado y unir todos sus elementos mediante soldadura. Todo ello favorece el tiempo de fabricación y reduce en 37,42 % con respecto al tiempo anterior de fabricación y con la posibilidad de atender la demanda insatisfecha y aumentar su producción.

Los equipos y máquinas, indudablemente, mejoran significativamente los procesos productivos de las empresas; sin embargo, las microempresas, pequeñas o medianas empresas no están en la capacidad de adquirir estos equipos de última generación debido a su costo elevado, a pesar de que pueden ser muy útiles para mejorar su producción y calidad de producto. Por lo tanto, es en ese nicho de mercado donde existe una gran oportunidad para desarrollar dispositivos, equipos, máquinas, que tengan la misma funcionabilidad, calidad y a un costo competitivo, accesible para el empresariado regional y nacional.

En este caso, mejorar el proceso de fijación mediante un dispositivo, como la matriz de accionamiento automatizado, así como la automatización en el proceso de soldadura y corte, mejoraría la calidad del producto e incrementaría su producción; sin embargo, el empresario tendría que ampliar la variedad de sus productos para justificar tal equipamiento.

V. AGRADECIMIENTOS

A la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Continental, por permitir la investigación, y al Sr. Edy Martínez Ruiz de Scorsa SAC, quien tiene una filosofía de vida empresarial para seguir mejorando en el aspecto industrial a través de las innovaciones.

VI. REFERENCIAS

- [1] *Diario Gestión*. Lo que están haciendo las compañías peruanas para ser más competitivas. 9 de enero, 2016. Recuperado de <http://gestion.pe/empresas/lo-que-estan-haciendo-companias-peruanas-mas-competitivas-2151906>
- [2] ALVA G. ¿Cuáles son las ventajas de optimizar los procesos en las empresas? *Diario Gestión*, 21 de mayo de 2016. Recuperado de <http://gestion.pe/tendencias/cuales-son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-2161341>
- [3] Perú. Ministerio de la Producción. *Reporte de producción manufacturera*. Lima, agosto 2016, p. 14.
- [4] GROOVER, Mikell P. *Fundamentos de manufactura moderna*. México, 1997, p. 967.
- [5] SERRANO GÓMEZ L. y ORTIZ PIMIENTO N. R. *Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño*. Colombia, 2012.
- [6] SIPPER D. y BULFIN R. L. *Planeamiento y control de la producción*. México 1997, p. 9.