

## El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado

### Total Productive Maintenance "TPM" as a factor for the increase of productivity and the level of acceptance of the finished product

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro†<sup>1</sup> & CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Calvillo. Carretera al Tepetate N° 102 Colonia El Salitre, Calvillo, Aguascalientes

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Norte de Aguascalientes. Av. Universidad No.1001 Estación Rincón, Rincón de Romos, Aguascalientes

ID 1<sup>er</sup> Autor: Pedro Moreno Vázquez / ORC ID: 0000-0001-8995-8140, CVU CONACYT ID: 665001

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Oscar Daniel Calvillo Valdez / ORC ID: 0000-0003-2760-9345, CVU CONACYT ID: 922690

Recibido 2 de Febrero, 2018; Aceptado 28 Marzo, 2018

#### Resumen

En la presente investigación se evalúa si una buena implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total beneficia significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. Un mercado cada vez más competitivo exige productos de mayor calidad a un menor precio, lo cual obliga a las empresas a implementar filosofías de trabajo que las guíe a obtener una mayor eficiencia en todas sus áreas productivas. TPM tiene como principal objetivo la disminución de gastos en la reparación y mantenimiento de la maquinaria, el equipo y las instalaciones, sin importar que es una filosofía de trabajo que está ligada directamente con el área operativa, su implementación es un trabajo conjunto con las áreas administrativas y de apoyo de la empresa. Los resultados obtenidos permitieron conformar la importancia de la implementación de un programa de TPM dentro de una organización, logro hacer más eficientes los procesos productivos donde se implementó, se enfocó a disminuir los tiempos muertos y aumentar la calidad en los productos terminados, logrando una reducción de costos, basando todo esto en metodologías que ayuden a generar cargas de trabajo balanceadas que permitan tener un seguimiento correcto del programa.

**Mantenimiento Productivo Total, Productividad, Producto Terminado**

#### Abstract

In the present investigation it is evaluated if a good implementation of a program of Total Productive Maintenance significantly benefits the increase of the productivity and the level of acceptance of the finished product. An increasingly competitive market demands higher quality products at a lower price, which forces companies to implement work philosophies that guide them to obtain greater efficiency in all their productive areas, TPM's main objective is to reduce costs in the repair and maintenance of machinery, equipment and facilities. Regardless of what is a work philosophy that is directly linked to the operational area, its implementation is a joint work with the administrative and support areas of the company. The results obtained allowed to shape the importance of the implementation of a TPM program within an organization, achieve more efficient production processes where it was implemented, focused on reducing downtime and increase the quality of finished products, achieving a reduction of costs, basing all this on methodologies that help to generate balanced workloads that allow to have a correct follow-up of the program.

**Total Productive Maintenance, Productivity, Finished Product**

**Citación:** MORENO-VÁZQUEZ, Pedro & CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel. El Mantenimiento Productivo Total “TPM” como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. Revista de Ingeniería Industrial. 2018. 2-3:1-9.

† Investigador contribuyendo como primer autor.

\*Correspondencia al Autor Correo Electrónico: (pedro.moreno@utcalvillo.edu.mx)

## Introducción

Actualmente las empresas líderes en el mercado y las que pretenden posicionarse en la misma condición, tienen que ser más competitivas, gran número de éstas, adoptan nuevas filosofías de trabajo, las cuales les ayudan a eliminar defectos en sus productos, fallas en sus procesos y la eliminación de los tiempos muertos. La implementación de estos programas no es un proceso rápido y fácil, debido a que las organizaciones deben invertir tiempo y dinero en la capacitación e implementación de dichos programas.

El Mantenimiento Predictivo Total (TPM) está dentro de las filosofías anteriormente mencionadas, debido a que en varias empresas de la ciudad de Aguascalientes (principalmente micro y pequeña empresa) no existe la cultura de la prevención en las tareas del mantenimiento de la maquinaria y equipo. Algunos empresarios tienen la idea errónea de que es menos costoso reparar las mismas una vez que fallan, no se generan bitácoras de mantenimientos correctivos, lo cual es una herramienta básica para generar datos históricos y comenzar a realizar mantenimientos preventivos.

Las investigaciones de TPM realizadas, tratan sobre la importancia de implementarlo dentro de cualquier organización, se comenta sobre la importancia de la reducción de paros no programados y las ventajas competitivas de ser constantes una vez implementado el programa, pero no muchos hablan sobre la importancia de medir las reducciones de los tiempos muertos existentes por fallas en la maquinaria y las piezas que se dejan de manufacturar por estas pérdidas de tiempo operativo. Además de no tomar en cuenta el número de piezas no conformes que se fabrican dentro de un proceso.

## Fundamentos Teóricos

El Mantenimiento Productivo Total es uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total cuyo resultado final es lograr un conjunto de equipos, maquinaria e instalaciones productivas y una reducción de las inversiones necesarias en ellos.

Esta implementación se logra gracias a la participación de todo el personal de la organización, en donde se conforman grupos y un departamento de implementación de TPM con el fin de tener control absoluto sobre este, realizarle el seguimiento respectivo y tomar las medidas correctivas necesarias para el mejoramiento del proceso de aplicación de este sistema; por lo tanto es fundamental contar con el apoyo total de la dirección en donde ésta también tenga participación activa dentro del proceso de cambio generando un compromiso más representativo al interior de la organización (López, 2009).

Las industrias de proceso japonesas introdujeron el mantenimiento preventivo (PM) relativamente pronto porque los volúmenes y tasas de producción, calidad, seguridad, y entorno dependen casi enteramente del estado de la planta y el equipo. Los sistemas de mantenimiento preventivo y productivo \* introducidos por las industrias de proceso japonesas han tenido un papel importante en la mejora de la calidad del producto y en la productividad (Suzuki, 2017).

Las empresas modernas precisan ser competitivas para sobrevivir. Esta necesidad es especialmente importante en momentos de crisis económica e incertidumbre, donde las empresas requieren de flexibilidad para garantizar su rentabilidad, a través de ajustes en su estructura organizacional y productiva. Para conseguir aumentar la competitividad, muchas compañías se plantean estrategias como el TPM (Total Productive Maintenance) para la obtención de mejoras tangibles e intangibles en la organización que les ayuden a afrontar las dificultades del negocio (Marín-García, 2013).

Algunas de las características comunes entre el TPM y el Mantenimiento de Calidad Total (TQM) son compromiso necesario con el programa de gestión desde la dirección de la empresa, la facultad para iniciar medidas correctivas por parte de los empleados y los resultados que se dan a largo plazo. Los dos son procesos que no tienen resultados inmediatos (López, 2009). El TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que previene todas las pérdidas en todas las operaciones de las empresas.

Esto incluye cero accidentes, cero defectos y cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores incluyendo producción, desarrollo y departamentos administrativos. Se apoya en la participación de todos los integrantes de la empresa, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. La obtención de cero pérdidas se logra a través del trabajo de pequeños equipos (López Arias, 2009).

Para Seiichi Nakajima, el precursor más importante del TPM en Japón y a nivel mundial, el Mantenimiento Productivo Total es el Mantenimiento Preventivo que se desarrolló en los Estados Unidos en los años 50`s, realizado por todos los empleados. “La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mantiene sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen averías” (Nakajima, 1992).

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del conocimiento industrial (Advanced Productive Solutions, 2009).

La aplicación del Mantenimiento Productivo Total busca que las organizaciones sean más competitivas en el mercado y tengan ventajas frente a los procesos de producción que tienen otras organizaciones, por esto es necesario buscar la máxima eficiencia productiva y el menor número de fallas, defectos y cero accidentes para alcanzar un rendimiento global, que permita que la compañía esté vigente en el mercado, generando mejoras que muestren su participación en la oferta y la demanda. Estos objetivos deben ser planteados desde la gerencia dentro de la planeación estratégica y así mismo deben estar alineados con la misión y la visión, apuntando siempre a la mejora continua de la organización mediante la generación de confianza al cliente externo con los mejores productos o servicios y el bienestar y participación activa de los clientes internos dentro de los procesos, ya que estos últimos reflejan lo que es la Organización. (López Arias, 2009).

Toyota tuvo éxito en la implementación del TPM, debido a que el punto de partida para aplicar cualquier proceso de cambio en cualquier empresa es llevar a cabo el empoderamiento junto con todo el personal desde el inicio con el fin de que éste se involucre y se familiarice totalmente con el cambio, facilitando así el proceso de implementación. Los empleados deben sentir que forman parte de la empresa, y para esto la organización debe crear confianza entre ellos brindándoles la autonomía necesaria para el desarrollo de sus funciones; educando y formando a las personas desde el nivel gerencial hasta el nivel operativo. “Algunos mencionan el capital como el recurso esencial para el desarrollo industrial, y otros mencionan la tecnología como el factor que incrementa la misma. Si bien estos recursos son importantes, el capital puede ser desperdiciado por las personas y la tecnología no sirve de nada sin personas que se comprometan y aprendan a utilizarla bien” (Miyai, 2008).

Como todas las actividades encaminadas a revitalizar las organizaciones, el objetivo del TPM es mejorar los resultados corporativos y crear lugares de trabajo gratos y productivos. Una característica importante del TPM es su efecto potencial sobre el umbral de rentabilidad. Sin embargo, cuando escuchan a otros hablar de «hacer beneficios a través del TPM», algunas personas concluyen que es un modo fácil de ganar dinero para la empresa. Esta actitud más bien pasiva no puede rendir buenos resultados. Solamente adoptando una actitud proactiva e invirtiendo el tiempo y dinero necesarios para hacer rentable un programa TPM, puede una empresa percibir beneficios tales como aumentar su productividad en 1,5 veces o en 10 veces la rotación sobre las inversiones (Suzuki, 2017).

No solo es importante desarrollar el talento humano sino también contar con la adecuada participación de la dirección en cuanto a dirigir, controlar y realizarle seguimiento al programa de implementación; porque la dirección es la que debe dar el ejemplo a seguir controlando las actividades bajo su cargo y así mismo reflejando este compromiso al resto de la organización, generando mayor compromiso por parte de todos; pero vale la pena repetir que no es solo cuestión de contar con el talento humano adecuado, sino con la alta dirección totalmente comprometida y dispuesta a seguir con esta actitud durante todo el proceso dando ejemplo en toda la empresa (Álvarez Laverde, 2008).

“TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un Sistema de Gerencia de Mantenimiento, que busca la mejora continua de la maquinaria y el logro del 100% de eficiencia del proceso de producción, involucrando a todo el personal de la empresa. El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía o forma de pensar, que cambia nuestras actitudes en la búsqueda de la eficiencia y mejora continua de la maquinaria y su entorno. Todos trabajaran como un solo equipo tras una meta común y la búsqueda de la mejora continua de las maquinarias. Cada persona será líder de un proyecto o tareas específicas, con roles que se puedan intercambiar según las necesidades de los programas de TPM. La Meta de este sistema es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado” (Empresa TPM, 2008).

El mantenimiento planificado normalmente se establece para lograr dos objetivos: mantener el equipo y el proceso en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costes. En un programa de desarrollo del TPM, el mantenimiento planificado es una actividad metódicamente estructurada para lograr estos dos objetivos (Suzuki, 2017).

### Justificación

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una herramienta de gran importancia para las áreas productivas y de mantenimiento para cualquier empresa. El realizar una buena implementación de este programa puede traer a las organizaciones múltiples beneficios en la productividad y las ganancias económicas, además de brindar un crecimiento al personal operativo, esto con el fin de lograr aumentar los niveles de eficiencia y tener procesos mas controlados, lo cual representa tener menor variación en los procesos y productos fabricados, los cual da como consecuencia productos terminados de calidad y con mayor aceptación de los mismos en los clientes.

Al trabajar la maquinaria y equipo en las organizaciones, se tiene como objetivo principal que operen al 100% de su capacidad el mayor número de horas posibles, manejando los procesos con el número mínimo de fallas, con el fin de lograr mantener y si es posible aumentar la calidad de los productos y procesos.

Lograr que la maquinaria opere en las empresas a una capacidad del 100%, es una tarea complicada, debido a las distintas variables externas que se den de controlar dentro de la organización; paros programados para mantenimiento preventivo, problemas con las operaciones proveedoras, abastecimiento de materias primas, entre otras. Por ello es importante para las organizaciones implementar programas y filosofías de trabajo que lleven a una mejora continua en sus procesos y procedimientos de trabajo.

Cuando una empresa implementa un programa de TPM, por lo regular la productividad aumenta al eliminar tiempos muertos y paradas de los equipos, pero este resultado no surge de manera inmediata, es un proceso que en el lapso que va de los seis a los doce meses en su etapa inicial, permite comenzar a obtener más y mejores productos con la misma capacidad instalada. La maquinaria y equipos tienen también beneficios al aumentar la efectividad de los mismos por el constante mantenimiento que se les realiza durante todo su ciclo de vida.

En base a los antecedentes de las investigaciones realizadas, se puede ver que una cantidad importante de las micro y pequeñas empresas, no tienen implementado un programa de TPM en su organización, debido a la cultura de implementar mantenimientos correctivos, las empresas no cuentan con una planeación de actividades y trabajan conforme reciben proyectos.

Una vez que los empresarios comprendan la importancia negativa de solo realizar mantenimientos correctivos, tendrán la oportunidad de establecer mejoras implementando un programa de TPM, lo que se requiere es adaptar una nueva cultura de trabajo, con el fin de obtener como resultado una mejor operación de la maquinaria y equipo, la reducción de tiempos muertos y procesos con menos variación a causa de la maquinaria, lo que tiene como consecuencia un aumento en la calidad de los productos.

### Planteamiento del Problema

¿En qué grado beneficia el Mantenimiento Productivo Total “TPM” el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado?

### Hipótesis de Investigación

Las hipótesis de investigación del presente trabajo plantean lo siguiente:

- $H_0$ : Una buena implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total no beneficia significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.
- $H_1$ : Una buena implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total si beneficia significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.

### Materiales y Métodos

Esta investigación se llevó a cabo mediante el método propuesto por Roberto Hernández Sampieri, como diseño cuasiexperimental de tipo prueba-posprueba con grupos de control. La investigación es en campo, se recolecta la información necesaria para realizar las inferencias pertinentes.

El procedimiento que se siguió, de manera general, incluye los siguientes pasos:

1. Obtención de la información mediante una prueba piloto para comenzar la implementación del programa TPM, con el fin de observar su comportamiento y resultados.
2. Analizar los resultados de la prueba piloto para encontrar diferencias en metodologías de trabajo y resultados.
3. Modificar rutinas de limpieza e inspección en caso de ser necesario.
4. En este apartado se analizan los datos obtenidos en la implementación de las rutinas de limpieza e inspección, esto con el principal objetivo de determinar si la implementación del programa TPM en el área piloto beneficia o no significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.

Las variables utilizadas se midieron de la siguiente manera:

- Mantenimiento Productivo Total: Para convertirla en una variable cuantitativa se trabajó como tiempo de paros no programados por falla de la maquinaria y equipo y tiempo de ejecución de las rutinas de limpieza e inspección.
  - Productividad: Los estándares de producción son la forma de medir esta variable en el estudio, tomando como unidad de medida las piezas fabricadas por hora contra las piezas que están planeadas fabricar.
  - Nivel de Aceptación de Producto Terminado: La cantidad de producto no conforme es la forma de medir esta variable en el estudio.
5. Se trataron estadísticamente los datos con los paquetes de cómputo Microsoft Excel 2016 y Statgraphics Stratus para determinar si existía correlación entre el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado durante la implementación de un programa TPM.
  6. Se llevó a cabo una prueba de diferencia de medias entre los datos obtenidos antes y después de aplicar el tratamiento, determinando con esto si había un efecto significativo en los niveles de producción y los costos de las mismas.
  7. Se concentraron los resultados encontrados.
  8. Establecimiento de conclusiones.

### Resultados

El presente caso es el grupo de control de la prueba piloto, el cual se lleva a cabo en la empresa Donaldson S.A. de C.V. en el proceso de Roscado del Baffle para el filtro de aceite de 92 mm de diámetro, el cual tiene tiempos elevados de paros por desajustes en la máquina Roscadora Cyber, además de contar con fallas por contaminación de rebabas y polvo en el proceso de roscado dentro de la máquina.

Figura 1 Estándar de Limpieza y Atención Básica

En la Figura 1, se observa la carta de estándar de limpieza y atención básica, en la cual se puede observar el diseño de la metodología de trabajo, mediante un conocimiento amplio del funcionamiento de la máquina Roscadora Cyber, esta se divide en áreas, componentes internos y externos para a su vez, nivelar cargas de trabajo tomando en cuenta a todo el personal que la opera, esto con el fin de no solo afectar el tiempo productivo de un turno.

Inicialmente la Roscadora Cyber tenía un promedio de cuatro paros no programados por turno, los cuales iban de desde los cuatro hasta los ocho minutos. Además de generar un 7.27% de producto no conforme.



Figura 2 Ayuda visual del Estándar de Limpieza y Atención Básica

En la Figura 2, se observa la ayuda visual del estándar de limpieza y atención básica, en la cual se pueden observar todas las partes tanto internas como externas de la Roscadora Cyber, inicialmente los operadores no se apoyaban en la ayuda visual y la tenían dentro de una carpeta, debido a que son los encargados de operar la máquina, creían conocer a perfección a la misma y el tiempo de ejecución de las rutinas de limpieza e inspección se elevaban hasta un 25% contra los tiempos programados, debido a que los operadores se desplazaban al lugar de la carpeta para ubicar las partes de la máquina que no identificaban.

ANÁLISIS DE LA DIFERENCIA DE MEDIAS DE ANTES Y DESPUES DE IMPLEMENTACIÓN DE TPM							
NIVEL DE PRODUCTIVIDAD				NIVEL DE NO ACEPTACIÓN PT			
DÍA	ANTES	DESPUES	RESULTADO	AUPRO	ANTES	DESPUES	RESULTADO
1	10	5		1	8	6	
2	13	5		2	9	5	
3	11	4		3	5	4	
4	12	3		4	4	5	
5	14	3		5	10	3	
6	13	2		6	6	2	
7	12	1		7	8	3	
8	12	2		8	6	2	
9	11	4		9	9	4	
10	10	3		10	6	2	
11	11	2		11	8	4	
12	13	4		12	7	3	
13	12	2		13	6	2	
14	14	2		14	9	2	
15	12	3		15	8	1	
PROMEDIO	12.00	3.00		PROMEDIO	7.27	3.20	

DESPUES DE LA IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA TPM, SE REDUJO UN 75% EL NUMERO DE PAROS NO PROGRAMADOS AL DIA, QUEDANDO TRES, DE LOS CUALES EL 82% DE LOS PAROS SON POR VARIACION EN LA ROSCA GENERADA POR VIBRACIONES A CAUSA DE LA TROQUELADORA JUL 150

SE REALIZAN AUDITORIAS EN PROCESO, EN DONDE BAJA UN 44.01% EL NIVEL DE PRODUCTO NO CONFORME.

Figura 3 Analisis comparativo de las medias antes y después de la implementación del programa TPM

La figura 3, muestra la información concentrada de los análisis numéricos de las medias aritméticas de las variables del nivel de productividad y el porcentaje de piezas defectuosas antes y después de implementar el programa de TPM. El nivel de productividad se tomaron registros de 15 días, cada día esta integrado por 3 turnos. Para el nivel de aceptación del producto terminado de la operación de la Roscadora Cyber, se tomaron en cuenta 15 auditorias en proceso de manera aleatoria de un mes antes y un mes después de implementar el programa de TPM.

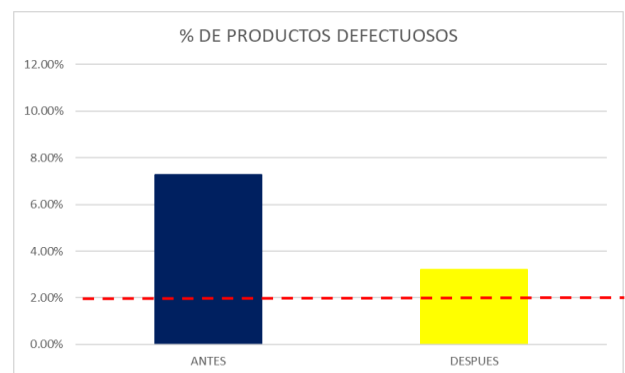
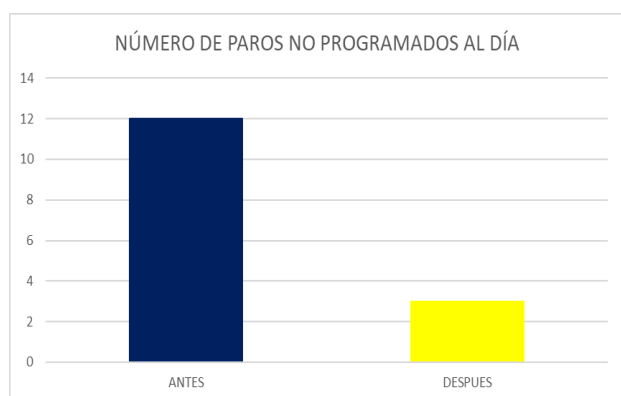


Figura 4 Gráfica del porcentaje de productos defectuosos antes y después del tratamiento



En la figura 4, se puede observar el comparativo del antes y el después de la implementación del programa TPM en la máquina Roscadora Cyber, el cual en un inicio tenía un 7.27% de productos defectuosos, después de implementarlo las primeras 5 semanas, el porcentaje de piezas defectuosas bajo a un 3.20%, lo que significa una mejora de 44.01% en la cantidad de piezas fabricadas. El objetivo de la empresa es de bajar a 2% el porcentaje de productos defectuosos. Al trabajar la Roscadora Cyber a su más alto rendimiento y manejando el proceso de producción con menos fallas y paros por suciedad dentro del proceso de roscado, se producen mejores partes y productos, logrando así una mejor calidad en los mismos.



**Figura 5** Gráfica del número de paros no programados al día antes y después del tratamiento

En la figura 5, se observa que antes de la implementación del programa TPM en la Roscadora Cyber, se tenía un promedio de cuatro paros no programados por turno, lo que da un total de doce paros programados al día. Después de la implementación del programa TPM, se redujo un 75% el número de paros no programados al día, quedando tres, de los cuales el 82% de los paros son por variación en la rosca generada por vibraciones a causa de la troqueladora JL-150, la cual tiene una fuerza de golpeo de 150 toneladas de fuerza, este problema se resuelve ajustando el sistema antivibratorio de la máquina troqueladora. Los paros a causa de piezas defectuosas por contaminación de polvo o grasa desaparecieron.

Para tomar una decisión en base a un análisis estadístico, se utilizó el software Statgraphics Stratus, en el cual se realizó un análisis de dos muestras, comparando el antes y el después del tratamiento.

#### Resumen Estadístico

	Antes	Después
Recuento	15	15
Promedio	12.0	3.0
Desviación Estándar	1.25357	1.19523
Coefficiente de Variación	10.4464%	39.841%
Mínimo	10.0	1.0
Máximo	14.0	5.0
Rango	4.0	4.0
Sesgo Estandarizado	0	0.457918
Curtosis Estandarizada	-0.517162	-0.595968

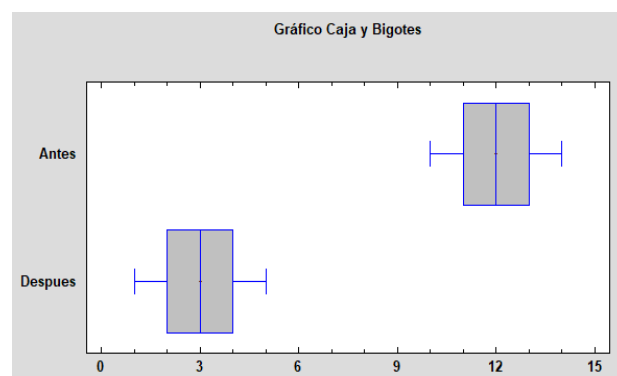
#### El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas.

De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

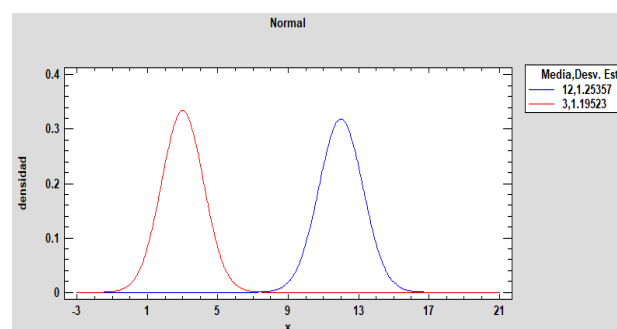
**Figura 6** Resumen estadístico para dos muestras de datos de antes y después del tratamiento

En la figura 6, se realiza un análisis estadístico para realizar comparativos de sesgo y curtosis estandarizados de las medias, los cuales sirven como base para comparar si las muestras provienen de dos distribuciones normales.



**Figura 7** Gráfico de Caja y bigotes para dos muestras de datos de antes y después del tratamiento

En la figura 7, se comparan los gráficos de caja y bigotes para analizar si no existen datos aberrantes dentro del estudio, en dicho gráfico se puede observar un comportamiento normal en las dos muestras.



**Figura 8** Análisis comparativo de la distribución para dos muestras de datos de antes y después del tratamiento

En la figura 8, se analizan las curvas de la distribución normal de las dos muestras, con el fin de evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas.

MORENO-VÁZQUEZ, Pedro & CALVILLO-VALDEZ, Oscar Daniel. El Mantenimiento Productivo Total "TPM" como factor para el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado. Revista de Ingeniería Industrial. 2018.

**Comparación de Medias**

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Antes: 12.0 +/- 0.694203 [11.3058, 12.6942]  
 Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Después: 3.0 +/- 0.661897 [2.3381, 3.6619]  
 Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias  
 suponiendo varianzas iguales: 9.0 +/- 0.916077 [8.08392, 9.91608]

**Prueba t para comparar medias**

Hipótesis nula: media1 = media2  
 Hipótesis Alt.: media1 <> media2  
 suponiendo varianzas iguales: t = 20.1246 valor-P = 0  
 Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0.05.

**El StatAdvisor**

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. También construye los intervalos, ó cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 8.08392 hasta 9.91608. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

NOTA: estos resultados asumen que las varianzas de las dos muestras son iguales. En este caso, esa suposición parece razonable, con base en los resultados de la prueba-F para comparar las desviaciones estándar. Pueden verse los resultados de esta prueba seleccionando Comparación de Desviaciones Estándar del menú de Opciones Tabulares.

**Figura 9** Análisis estadístico de la comparación de medias para dos muestras de datos de antes y después del tratamiento

En la figura 9, se ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. También construye los intervalos ó cotas de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

## Conclusiones

Teniendo los resultados de la prueba piloto, se obtienen los incrementos de productividad de manera individual (un análisis por operador y por turno) para realizar una comparación de muestras múltiples. Realizando un análisis de varianza, el cociente de la estimación entre grupos y la estimación dentro de los grupos. Puesto que el p-valor del test F es inferior a 0.05, hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables (Mantenimiento Productivo Total, Productividad, Nivel de Aceptación de Producto Terminado) a un nivel de confianza del 95.0%.

Con esta investigación que se llevó a cabo en una empresa del sector metal mecánico, se tuvo la oportunidad de conocer los procesos con mayor cantidad de paros no programados y producto no conforme generado en las diferentes etapas del sistema de producción, en los cuales se selecciona el proceso con mayor problemática para el abastecimiento de la línea de fabricación de filtros de aceite para maquinaria pesada.

Sin perder de vista que la investigación desde su inicio planteó si una buena implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total si beneficia significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.

La prueba piloto ejecutada corrobora que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, lo cual significa que una buena implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total si beneficia significativamente el aumento de la productividad y el nivel de aceptación del producto terminado.

Esta investigación permitió confirmar que no basta con tener un programa de TPM dentro de una organización, se necesita tener una buena gestión del mismo, la cual se asegure que todos los operadores y personal de la planta comprendan la importancia de tener un buen control y seguimiento para poder asegurar el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente.

Comprender la importancia de seguir procedimientos de trabajo (rutinas de limpieza e inspección) para que el programa funcione, por no seguir estos procedimientos en la empresa, se realizaban las tareas con una demora de tiempo promedio del 25%, al apoyarse en el procedimiento de trabajo esta demora desaparece y los niveles de producción dentro de la empresa no se ven afectados porque el tiempo programado para realizar las actividades de TPM dentro de la estación de trabajo se respeta.

Los paros programados se reducen en un 55.82%, y el 75% de esos paros no son causa de factores relacionados directamente con problemas de un mal mantenimiento preventivo, son factores externos generados por estaciones de trabajo que están cerca de la Roscadora Cyber. El beneficio de la disminución de estos paros programados es la producción de entre 170 y 200 piezas más de producción dentro del turno, lo cual equivale a un 7.5% más de piezas fabricadas.



## Referencias

Advanced Productive Solutions, S.L. TPM Aspectos generales. [online]. 2008.

EMPRESA TPM (2008). Implementación del TPM. <http://www.tpm.com>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (Vol. 3). México: McGraw-Hill.

Laverde, H. A. (2007). ¿Realmente qué es TPM?.

López Arias, E. A. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación (Bachelor's thesis, Facultad de Ingeniería).

López, E. (2009). El mantenimiento productivo total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación. Trabajo de Grado Ingeniería Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

Marín-García, J. A., & Mateo Martínez, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. In *Intangible Capital* (Vol. 9, No. 3, pp. 823-853). OmniaScience.

Miyai (2008). Centro de Productividad de Japón, En: *El Mantenimiento Productivo Total, herramienta o Política*. <http://www.esinapsis.com.ar/Mantenimiento%20Mundial%201.htm>

Nakajima, S. (1992). Programa de desarrollo del TPM. *Madri: TGP Teconologia de*.

Roberts, J. A. C. K. (2013). TPM Mantenimiento Productivo Total, su definicion e historia. Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce.

Seiichi, N. (1991). Programa de desarrollo del TPM, implantación del mantenimiento productivo total.

Suzuki, T. (2017). TPM en industrias de proceso. Routledge.