

# Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera

Rubén E. Matos P.

*Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo. Valencia, Edo. Carabobo Venezuela.*

---

## Resumen.-

La industria actual busca adaptarse a los cambios de los consumidores, por lo que la implantación del Mantenimiento Productivo Total (MPT) toma importancia, al fundamentarse en una interrelación operador-máquina que fomenta el aumento en la productividad de las organizaciones. Esto lo logra mediante el indicador “efectividad global del proceso”, el cual incluye disponibilidad de equipos, eficiencia de operadores y calidad del producto. Es por esto que se plantea desarrollar un programa MPT para aumentar la productividad en el área de mezclas especiales de una empresa molinera, tomando en cuenta las acciones tomadas en campo y el papel del Departamento de Mantenimiento. La aplicación de esta estrategia permitió conocer que la obstrucción de la tubería de transporte y el desajuste del compensador de la empacadora son situaciones con alta incidencia en la disminución de la efectividad global.

**Palabras clave:** Mantenimiento Productivo Total, MPT, Mezclas Especiales

## Development of a Total Productive Maintenance (TPM) program in the special mixture's area of a miller industry

### Abstract.-

Nowadays, industries are changing to adapt themselves to the customer's necessities, so they are in a continual search of instruments which permit them adjust quickly as the Total Productive Maintenance (TPM). This philosophy is based in an operator-machine interjection to generate the increment of the organization's productiveness. It is based in an index known as “global effectiveness of the process”, which include machines performance, and the efficient of quality and elaboration of product. For this reason, a TPM program is proposed in order to increase the global effectiveness in the special mixture's area of a miller industry, including the area activities and the maintenance department's action. The strategy apply make evident that the moment when the transporting pipe is blockaded and when the dial is put out of order are the situation with the highest incidence about global effectiveness.

**Keywords:** Total Productive Maintenance, TPM, Special Mixture.

Recibido: marzo 2012

Aceptado: agosto 2012.

### 1. Introducción

El Mantenimiento Productivo Total (MPT) es una filosofía japonesa la cual se focaliza en

encontrar y mejorar las imperfecciones de los procesos, mediante el uso de diferentes herramientas estadísticas y de calidad como lo son el control estadístico de los procesos, los diagramas de Pareto y las 5S, la cual no es más que una filosofía que se basa en 5 principios japoneses (Seiri: Clasificar; Seiton: Orden; Seiso: Limpieza; Seiketsu: Limpieza estandarizada; Shitsuke: Disciplina) para mejorar el ambiente y orden de

---

Correo-e: rmatos1983@yahoo.es,  
rmatos1983@gmail.com (Rubén E. Matos P.)

trabajo, entre otras cosas [1]. Esto lo convierte en una herramienta muy poderosa, ya que permite visualizar y controlar las fallas que reducen la productividad en el área donde se aplica.

Para lograr un crecimiento dinámico y rentable a largo plazo, esta herramienta se fundamenta en el análisis de unos parámetros conocidos como “Disponibilidad”, “Tasa de rendimiento” y “Tasa de calidad”, los cuales engloban desde el aporte generado por cada equipo del sistema productivo, hasta la calidad del producto terminado y la eficiencia con los operadores efectúan su faena diaria. Estos parámetros, por su parte, dan origen al factor conocido como “efectividad global del proceso”, el cual sirve como indicador general para medir la forma en la que se están llevando a cabo las operaciones diarias.

En el área de mezclas especiales se combina la harina de trigo con ciertos ingredientes y aditivos que le confieren características particulares a la masa resultante, para la elaboración de una gran variedad de productos [2] como mezclas para pizzas, torta de chocolate y churros, entre otros. Al no disponer de herramientas que le permitan medir el nivel de control de las variables y equipos más importantes, tales como el control estadístico del proceso y el monitoreo de las fallas más comunes de los equipos, se ha visto en situaciones frecuentes en las que el producto es rechazado por razones de descontrol en el peso y/u otras especificaciones, lo cual se ha reflejado en innumerables devoluciones de los productos, generando como consecuencia un incremento en los costos de producción por efecto del reproceso de los mismos. Además de esto, se han hecho constantes los atrasos en la producción en los distintos renglones aunado a fallas de los equipos, lo que repercute de igual manera en pérdidas de materia prima por fugas y desgastes de piezas.

De continuar esta situación, la productividad del proceso se verá afectada drásticamente debido a las pérdidas de tiempo que generan el reproceso de la materia fuera de estándares, el gasto adicional de material de empaque y las pérdidas de producción por equipos parados en horario no programado, además de la materia prima perdida a través de las fisuras en los equipos. Por tal motivo, y debido a

lo complejo de la implementación de este tipo de programas, así como la disponibilidad de tiempo, sólo se procede a la aplicación del control estadístico del proceso, además del planteamiento de mejoras en las estrategias utilizadas actualmente para lograr sumergir a toda el área de trabajo en dicha metodología.

Para desarrollar el programa de Mantenimiento Productivo Total primeramente se lleva a cabo un diagnóstico de la situación actual del área para verificar las condiciones en las cuales se encuentra. Seguidamente, se diseña las hojas de cálculo para el programa de MPT tomando en cuenta las fallas más comunes presentadas en el proceso y, por último se establece un plan de acción para la implementación de la filosofía del MPT, considerando los costos asociados al mismo y los lapsos de tiempos para el desarrollo de cada actividad.

Entre las conclusiones más resaltantes se tiene que la obstrucción de la tubería es una de las variables con mayor incidencia en el proceso, que la efectividad global del proceso se encuentra entre 36,92 % y 81,25 %, y que los costos asociados para la implementación son de 4096 \$ para el primer año y 2221 \$ para los años siguientes.

## 2. Metodología

### 2.1. Diagnóstico de la situación actual de los equipos

El diagnóstico de la situación actual se inició comprendiendo e identificando la forma en la que se distribuyen los equipos en el entorno, a través de la realización del diagrama de flujo del proceso (ver Figura 1).

Adicionalmente, se elaboraron los procedimientos e instrucciones de trabajo referentes a las operaciones cotidianas en el área. Seguidamente, se desarrolló un diagrama de causa–efecto para establecer en forma ordenada y lógica las causas que generan una disminución en la efectividad global del proceso.

Las variables del diagrama causa–efecto se depuraron con el fin de obtener las posibles causas con mayor incidencia y, a través de la aplicación de la herramienta conocida como “Análisis de Modos

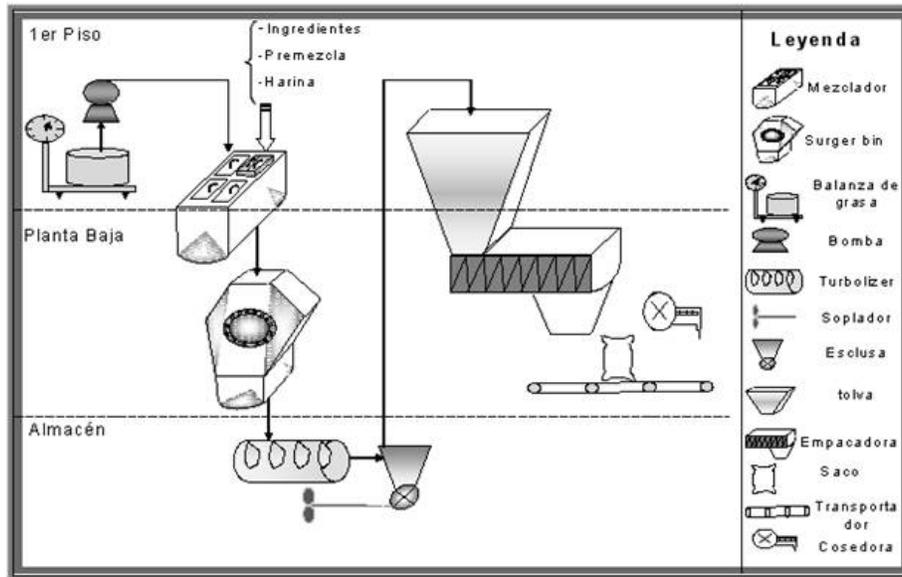


Figura 1: Diagrama de flujo de MERH1.

y Efectos de Fallas (AMEF)” se jerarquizaron y se evaluaron en forma separada.

Por último, se seleccionó el tipo de variable a controlar mediante el control estadístico de procesos [3]–[5], con el fin de establecer el tamaño de la muestra a emplear, el tipo de gráfico de control a utilizar y se realizó el cálculo de la capacidad del equipo clave del proceso.

## 2.2. Diseño del programa de Mantenimiento Productivo Total

Ningún proceso está exento de sufrir paradas motivado a fallas operacionales o de la maquinaria involucrada, motivo por el cual se realizó, de manera inicial, una clasificación de los equipos (vitales, esenciales o normales) que intervienen en el proceso, en función del papel que los mismos juegan en la realización del producto. Aunado a ello, se desarrolló un listado con las fallas más comunes que cada equipo presenta durante su manejo y manipulación, además de los factores que generan pérdidas de tiempo durante la producción.

Posteriormente, se desarrolló el instrumento de recolección de datos con el cual se reportó la información que sirvió como sustento para la generación de las hojas de cálculos en el ambiente computarizado. Estas hojas están constituidas básicamente por dos programas: uno de “control

estadístico de procesos” con el cual se llevó a cabo el monitoreo del comportamiento que sufría la variable del peso durante todo el proceso; y otro de “MPT” con el cual se midió la efectividad global del proceso de manera semanal, así como la generación de un resumen mensual.

## 2.3. Establecimiento del plan de acción para la implementación del programa de MPT

La incursión en filosofías como la del MPT, aunque dan muy buenos resultados, se tornan muy complejas en su implementación debido a que exigen grandes cambios en las metodologías y maneras de pensar de las personas. Es por esto que, de manera inicial, se evaluaron y priorizaron las acciones que se debían llevar a cabo para cumplir con esta meta. Una vez establecidas dichas actividades, se estimaron los lapsos de tiempos necesarios para desarrollar cada una de éstas, así como los costos y responsables asociados a las mismas.

Toda esta información sirvió como sustento para que la alta gerencia pudiera dilucidar los pro y los contra que generaba la inmersión en esta filosofía y, de esta manera, darle un rumbo definitivo a la adaptación de sus principios y bases en su entorno laboral.

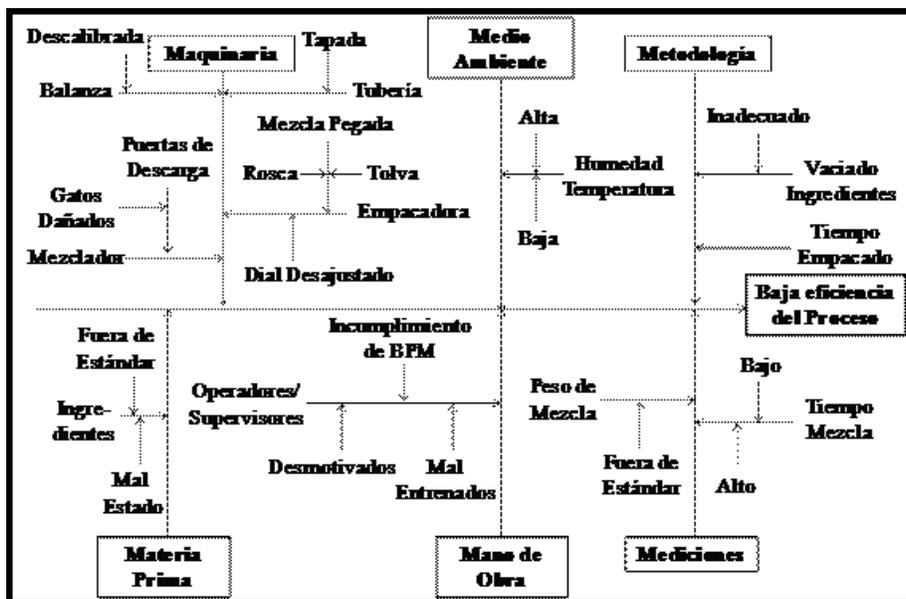


Figura 2: Diagrama causa-efecto de MERH1

### 3. Discusión de resultados

#### 3.1. Diagnóstico de la situación actual de los equipos

Los diagramas de causa-efecto son herramientas de calidad de gran importancia ya que estos permiten desglosar, de manera ordenada, las posibles causas que generan los problemas de la vida cotidiana. Sin embargo, su potencial puede incrementarse al llevar a cabo una depuración de las variables generales planteadas inicialmente, hasta un sistema en el cual solo se reflejen las situaciones más comunes de la actualidad. Motivado a ello, el diagrama presentado en la Figura 2 es evaluado y sometido a un proceso de depuración, siguiendo como criterio la obtención de variables y/o situaciones que repercuten de manera constante y en grandes magnitudes en la disminución de la eficiencia del proceso productivo, así como la facilidad en la manipulación de las mismas para buscar erradicarlas o, en su defecto, reducirlas al máximo.

La metodología se descarta como problema debido a que los operadores conocen bien los procedimientos de elaboración de cada producto, generando un vaciado correcto de los ingredientes, así como el tiempo empleado en el empacado del producto. El medio ambiente no afecta mucho

gracias a que las condiciones climáticas son relativamente constantes en el área de trabajo. Por su parte, el laboratorio de control de procesos chequea constantemente la calidad de los ingredientes usados, lo que elimina de la lista a las materias primas. La capacitación del personal de la planta se lleva a cabo de forma regular y minuciosa, con lo que esta rama del diagrama se descarta. El tiempo de mezclado no se considera ya que esta parte del proceso es automatizada y se cumplen los lapsos establecidos en el formato de elaboración del producto. En el caso de la maquinaria, el mezclador y la balanza acostumbran a trabajar en condiciones favorables, mientras que la empacadora no acumula una cantidad significativa de mezcla en la rosca y la tolva.

De esta manera, las situaciones que se consideran con mayor repercusión en la baja eficiencia del proceso son: la obstrucción de la tubería de transporte y el desajuste del dial de la empacadora, el cual se encuentra asociado directamente con la generación de productos fuera de estándares de peso (ver Figura 3).

Una vez realizada la depuración, se aplica el AMEF a dichas variables, generándose la información presentada en la Tabla 1.

La obstrucción de la tubería recibe el IRP más

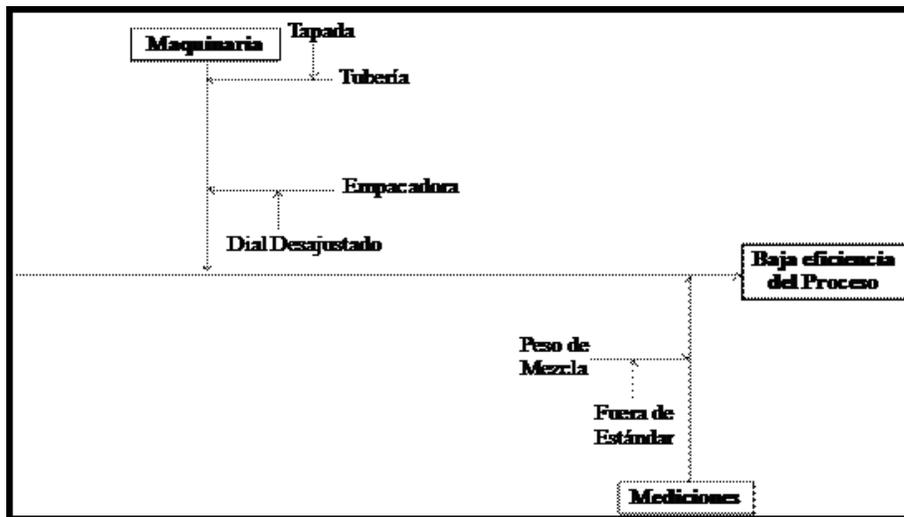
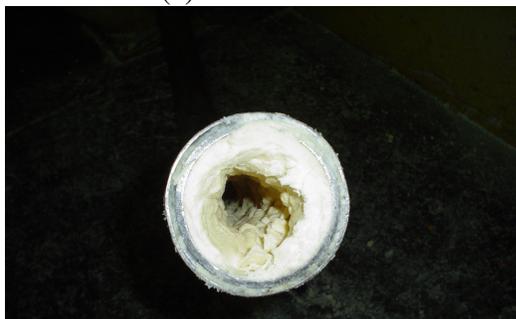


Figura 3: Diagrama de causa-efecto de MERH1 evaluado.



(a) Primer batch



(b) Segundo batch

Figura 4: Tubería de transporte durante el empaque de la mezcla.

alto debido a que posee un nivel de ocurrencia moderada, una severidad de menor importancia al no detectarse con facilidad sus efectos en el producto final por parte de los consumidores, y un

nivel de detección bajo con los controles existentes en planta. También se puede decir que la falla genera una parada completa de la producción al obstruir la única vía de transporte del equipo hacia la descarga de la zona de empaque. Toda esta situación se genera con la mezcla que posee mayor contenido de grasa en su composición, y a partir del empaque del segundo batch consecutivo (ver Figura 4).

Al evaluar la mezcla se apreció que la misma se genera a partir de manteca vegetal y otros ingredientes adicionales como harina de trigo y azúcar, entre otros. La interacción de estos ingredientes promueve la formación de un compuesto que durante su transporte, tiende a acumularse en las paredes de la tubería, influenciado por el compuesto posiblemente formado y por el diámetro pequeño de la tubería (aproximadamente de 8 cm).

En lo que respecta al dial de la empacadora, se observa un desbalance en la dosificación del equipo, lo cual se corrige con un ajuste del compensador de peso cuando se efectúan los cambios en los tipos de mezclas. Este factor está asociado al hecho que la empacadora es volumétrica y se basa en el principio de la densidad del producto para dosificar los sacos.

Debido a que el peso de los sacos provoca una disminución significativa en la eficiencia del proceso al generar pérdidas económicas a la planta

Tabla 1: AMEF de las fallas más comunes en MERH1.

Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)									
Fecha AMEF: 15/09/2004									
Área: MERH1									
Área de Inspección	Función del proceso	Efecto de Falla	Causa de Falla	Controles Actuales	Ocurrencia	Severidad	Riesgo Prioritario	Detección	IRP
Empaque de mezcla	Almacenar la mezcla en sacos especiales para su preservación	Obstrucción de tuberías principales de transporte	Diámetro de tubería pequeño	Vernier	5	3	7		105
		Desbalance de dosificación de la empacadora	Falla de calibración	Calibración diaria	3	2	5		50

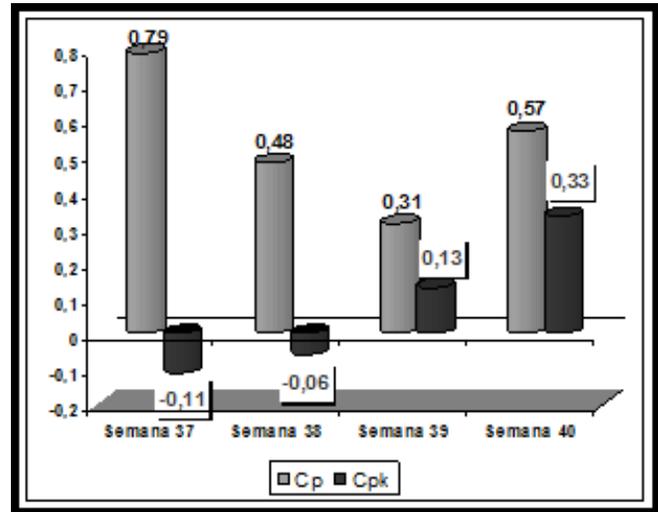


Figura 5: Capacidad potencial y capacidad real de la empacadora de MERH1.

cuando el producto sale por encima del promedio o, en su defecto, genera inconformidades en el consumidor al encontrarse por debajo del valor ideal, se escoge a la empacadora como el equipo clave del proceso [6], con lo que se realiza el control estadístico del proceso en este equipo. En la Figura 5, se aprecia que la capacidad potencial (Cp) de la empacadora se encuentra un poco alejada de la unidad (1), motivo por el cual no es posible garantizar que la totalidad de los productos satisfagan las especificaciones bajo las condiciones actuales de operación, debido a que los límites naturales de variación del proceso son más amplios que los límites de especificaciones.

De igual manera, se aprecian valores de Cpk muy alejados de la unidad (1), lo que significa que la media del proceso se encuentra a menos de tres desviaciones típicas del límite de especificaciones más cercano, y por lo tanto genera que el proceso no sea capaz. De igual forma, en la figura se aprecia que la semana 37 y 38 del año los valores de Cpk eran negativos, lo que generó que más de la mitad de los productos terminados se encuentren fuera de las especificaciones (ver Figura 6).

Todo esto se debe a que debido a la gran variedad de productos generados en el área, la empacadora debe ser ajustada constantemente por efecto a los cambios de densidades de las mezclas. Este inconveniente se puede eliminar empleando

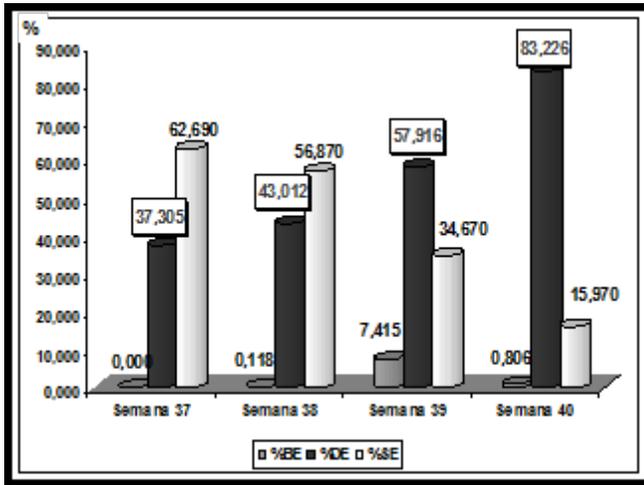


Figura 6: Cumplimiento de las especificaciones de peso de los productos en MERH1.

una empacadora gravimétrica, lo cual mejoraría notablemente los valores de los parámetros antes mencionados al no depender la calibración del equipo de la densidad de la mezcla producida.

### 3.2. Diseño del programa de Mantenimiento Productivo Total

En conjunto con los operadores de la zona, se desarrolló la clasificación de los equipos del proceso productivo.

Tabla 2: Clasificación de los equipos en MERH1.

Equipo	Clasificación
Mezclador (EB-007)	Vital
Surge bin (EB-008)	Vital
Turbolizer (EB-009)	Vital
Soplador (EB-010)	Vital
Esclusa (EB-011)	Vital
Empacadora (EB-012)	Vital
Panel de Control (EB-013)	Vital
Transportador de sacos (EB-014)	Esencial
Cosedora (EB-015)	Vital
Bomba de grasa (EB-136)	Vital
Balanza de grasa (EB-140)	Vital

Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de los equipos que conforman el área de las Mezclas Especiales son vitales en el proceso ya que al ser una línea de producción que no posee equipos

alternos que contribuyan a que el proceso no se detenga en caso de una falla, cada uno de ellos interviene de manera directa en la calidad del producto final. Sin embargo, existen otros equipos llamados esenciales que aunque no son tan críticos en el proceso, inciden de manera indirecta sobre el mismo. En este último renglón mencionado se encuentra el transportador de sacos, ya que este no afecta directamente a la calidad del producto pero, cualquier falla que se presente en el mismo afecta directamente a la productividad del área [7]–[14].



Figura 7: Hoja de cálculo que permite calcular la efectividad global de los equipos.

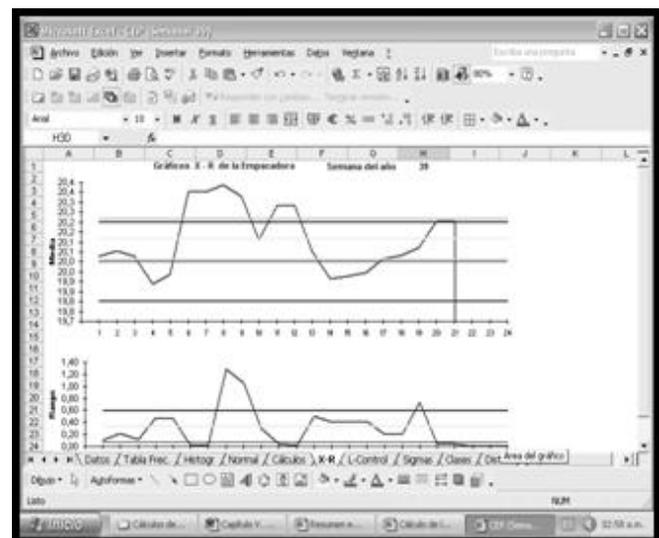


Figura 8: Programa de control estadístico de procesos.

Con esta información, se generó el listado de fallas, el cual sirvió como base para la generación de las hojas de cálculo (ver Figuras 7 y 8). Paralelamente, se desarrollaron algunos procedimientos con los cuales se estandarizaron las metodologías de trabajo en el área, con lo que se consigue un producto más uniforme sin importar la persona que se encargue de la manipulación de los equipos.

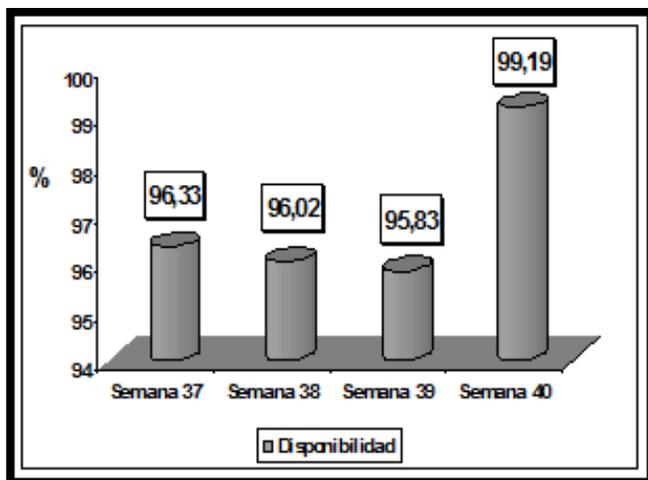


Figura 9: Disponibilidad de los equipos en MERH1.

El análisis de los resultados obtenidos comienza con la interpretación de los gráficos concernientes a los parámetros que engloban a la efectividad global del proceso. En el caso de la “Disponibilidad” se observa una tendencia como la que se muestra en la Figura 9.

En este caso, la falla que generó mayor incidencia se debe al arrancador del Turbolizer. Aunque esta falla generó como resultado una disminución de la disponibilidad de los equipos durante ese tiempo, al ser un problema de carácter eléctrico, se logró solventar la situación programando una revisión del mismo por parte del Departamento de Mantenimiento durante uno de los días de las semanas en el cual no había producción, con lo cual se logró un repunte significativo de este parámetro hasta un 99.19 %.

Con respecto a la tasa de rendimiento, la tendencia apreciada se observa en la Figura 10.

En lo concerniente a este parámetro nos encontramos con 5 factores que generan grandes fluctuaciones. Primeramente, la falta de experien-

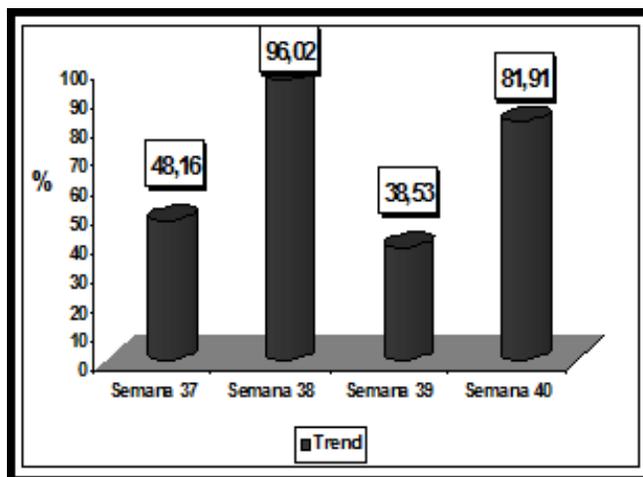


Figura 10: Disponibilidad de los equipos en MERH1.

cia de algunos operadores trajo consigo que el arranque de los equipos y la puesta en marcha del proceso se diera en forma muy lenta, lo que se pudo eliminar con la estandarización de los procedimientos de arranque de los mismos. Por otro lado, la falta de personal que apoye en las operaciones del área se tradujo en paradas del proceso debido a escasez de operadores. De igual manera, se generaron pérdidas de tiempo durante el traslado de los materiales hasta la zona debido a que existe un solo ascensor de carga, el cual es compartido con la planta de trigo y, en muchas ocasiones, el mismo se encontraba ocupado. Otro factor que introdujo pérdidas en este caso fue la obstrucción de la tubería de transporte, caso que se estudió a través de la aplicación del AMEF y en el cual se plantea el cambio de la tubería por una que posea un diámetro mayor para disminuir las pérdidas de energía por fricción y, por ende, el sobrecalentamiento de la mezcla.

Ahora, con respecto a la calidad del proceso, se observa una sola pérdida de tiempo, la cual se atribuye a reproceso del producto generado. Esto nos indica que durante el mes la mayor parte de los productos elaborados cumplieron con las especificaciones regulares, gracias a la estandarización de los procedimientos de elaboración de las mezclas, con el cual se unificaron los tiempos de mezclados. De acuerdo con esto, la tasa de calidad en el mes supone una variación muy leve en la semana donde apareció la falla, más en las otras semanas su

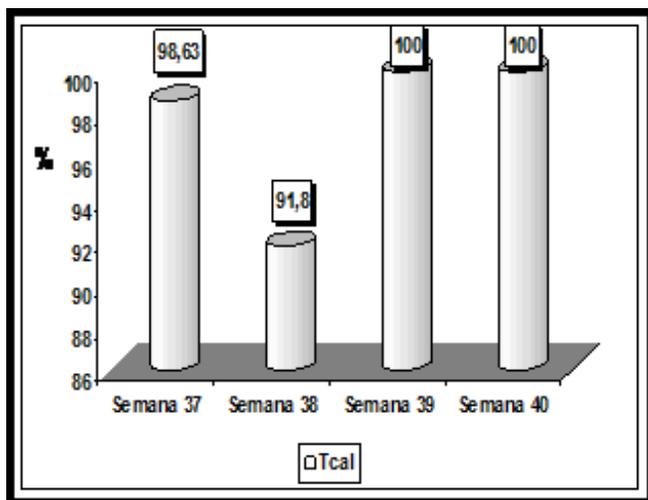


Figura 11: Disponibilidad de los equipos en MERH1.

perspectiva es igual o muy cercana al 100 %, tal y como se aprecia en la Figura 11.

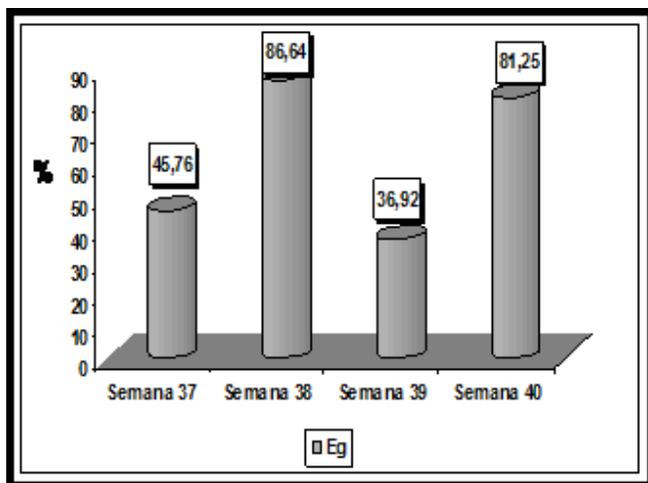


Figura 12: Efectividad global del proceso en MERH1.

La efectividad global del proceso depende de los tres parámetros evaluados anteriormente (disponibilidad, rendimiento y calidad), motivo por el cual una disminución en alguna de estas tasas influye de manera drástica sobre este parámetro del proceso. Este análisis permite verificar que la efectividad en la primera y tercera semana de evaluación se mantuvo baja debido a la disminución sufrida por la tasa de rendimiento en las mismas. Sin embargo, las acciones tomadas para ayudar a reducir los factores causales de estos desperfectos permitieron aumentar este parámetro (ver Figura 12), con lo que queda evidenciado que la filosofía del MPT

no solo mejora la forma en la que el operador ve el ambiente de trabajo sino que facilita la comprensión de las causas que generan retrasos en la producción, promoviendo una armonía en el sistema hombre-máquina-entorno.

### 3.3. Establecimiento del plan de acción para la implementación del programa de MPT

Una vez fundadas las bases para comenzar a incursionar en la filosofía del Mantenimiento productivo Total (MPT), el establecimiento de las actividades posteriores que permiten alcanzar la implementación total del programa requiere un gran apoyo por parte de la alta gerencia, debido a que estas actividades exigen financiamiento para el logro de las metas trazadas. La ventaja que esta área de la empresa posee con respecto a las demás zonas de la misma radica en el hecho que, al ser la producción tan inconstante, se pueden aprovechar los días que no hay producción para realizar las actividades que ameriten la atención de los operadores de la zona, con lo que se manipula mejor el tiempo de los mismos y se elimina la reprogramación de la producción de las mezclas.

Para implementar el programa de MPT en el área, se deben llevar a cabo las siguientes actividades:

- Cursos de adiestramiento: juega un papel muy importante en las actividades, al ser el primer vínculo de cada operador con los nuevos retos que les esperan. En este punto se sugiere la aplicación de un primer curso de capacitación del MPT y las 5S durante dos semanas, con lo que se asegura la asistencia masiva del personal de los dos turnos, sin necesidad de parar la planificación de la producción realizada previamente por falta de personal. Paralelamente, 4 meses más tarde se recomienda la aplicación de otros cursos relacionados con el área que les permita refrescar lo adquirido en el taller, buscando una ruta hacia la mejora. Como responsable directo se encarga al jefe del Departamento de Recursos Humanos, el cual debe interactuar con el supervisor de la zona para coordinar la cantidad de personas disponibles para la asistencia a los talleres.
- Recolección preliminar de datos: se sugiere la toma preliminar de datos durante un período de 6 meses, con lo que se busca que cada operador

se familiarice con los términos y estrategias utilizadas en la resolución de problemas, así como las posibles causas que generan los mismos. En tal sentido, el supervisor de la zona debe velar por el correcto levantamiento de la información, así como buscar las mejores vías de accesos para generar y estimular el espíritu de querencia y pertenencia sobre el proceso.

- Fortalecimiento de las 5s: Con la aplicación de esta herramienta durante un lapso de 6 meses, los operadores pasan de un estado en el que piensan en el hecho de que tienen un trabajo más que realizar, hasta el momento en que las 5S forman parte de su vida cotidiana. En este caso, el supervisor de turno de la zona se encarga de promover todo lo relacionado con esta filosofía, al igual que de la inspección constante de los resultados obtenidos a medida que el tiempo transcurre..
- Estandarización de los procedimientos de lubricación de equipos: El tiempo dispuesto para esta actividad es de dos meses, en los que los operadores mantienen un contacto directo con el personal de mantenimiento para obtener la información necesaria y, de esa manera, levantar los procedimientos respectivos..
- Retroalimentación: en esta última fase de 4 meses se lleva a cabo una retroalimentación de todos los resultados obtenidos semana a semana. Esto con la finalidad de comparar y establecer los patrones que generan mejores resultados sobre el proceso. A partir de este momento, se mantiene a la planta en lo que se conoce como mejora continua, en la que se busca mejorar día a día las acciones llevadas a cabo para efectos de aumentar la efectividad del proceso.

Por otro lado, en la Tabla 3 se aprecian los costos generados por la implementación del programa por cada año transcurrido observándose que la inversión a realizar por la empresa en el primer año es de 4096 \$, mientras que los años siguientes debe ser de 2221 \$. La diferencia en los gastos generados entre el primer año y los siguientes se debe a que, inicialmente, conviene invertir en algunos equipos y materiales como cronómetros, tobos y una carretilla, para facilitar las mediciones concernientes al tiempo de producción perdido y la cantidad de subproducto generado, así como

mejorar el traslado de la materia prima empleada en la elaboración de los productos.

Tomando en cuenta la cantidad de mejoras que esta filosofía introduce en los procesos productivos, se puede apreciar que la inversión a realizar para llevar a cabo este proyecto realmente vale la pena, ya que los cambios que esta introduce se generan de manera muy rápida, permitiendo recuperar la inversión en un corto plazo.

AAA

#### 4. Conclusiones

Las variables que tienen mayor incidencia en la disminución de la efectividad global durante el proceso de producción de las mezclas especiales son la obstrucción de las tuberías (con in IRP de 105) y el desajuste del dial de la empacadora (con un IRP de 30). Por su parte, la capacidad potencial del proceso de producción de las mezclas especiales se mantuvo entre (0,31; 0,79), mientras que la capacidad real se mantuvo entre (-0,11; 0,33) durante el período en estudio, lo cual genera que el sistema no sea capaz de generar un 100 % de productos dentro de especificaciones, bajo las condiciones actuales de operación. De igual manera, el porcentaje de productos dentro de las especificaciones de peso, durante el período de evaluación aumentó progresivamente desde 37,305 % hasta 83,226 %. Con respecto a la evaluación de las unidades de trabajo, el transportador de sacos es considerado un equipo esencial para el proceso de mezclas especiales al incidir de manera indirecta sobre el producto, mientras que todos los demás equipos son vitales al intervenir de manera directa sobre la calidad del mismo.

Al evaluar los indicadores de efectividad se obtuvo que la disponibilidad de los equipos se encontraba entre (95,83-99,19) %, y esta se vio afectada mayormente por fallas en el arrancador del turbolizer, durante el tiempo de evaluación. Por su parte, la tasa de rendimiento de la zona presentó fluctuaciones entre (38,53-96,02) %, mientras que la tasa de calidad varió entre (91,80-100,00) % durante el período de estudio. Esto generó que la efectividad global del proceso se mantuviera entre (36,92 % y 81,25) %. Por último,

Tabla 3: Costos de implementación del programa MPT.

Actividad general	Componentes específicos	Cantidad	Frecuencia (año)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$/año)
Capacitación del personal	Trabajadores	12	1*		1370
Carteleras	Resma de papel tamaño carta	1		5.3	
	Toner de impresora	1		89.5	
	Papel Bond	48	12	0.3	115.6
	Caja de Chinchés	1		1.1	
	Caja de Marcadores	1		5.3	
Formatos	Resma de papel tamaño carta	9	1	5.3	585
	Toner de impresora	6		89.5	
Utensilios de uso diario	Cronómetros	2		105	
	Tobos	1	1*	16	505
	carretilla	1		263	
Video	Cinta	1	1	5.3	5.3
Otros	Componentes adicionales	-	1**	2000	2000
				Primer año	4580.6
				Demás años	2706

\* Solo se hace la inversión el primer año

\*\* Se mantiene para atender situaciones no planificadas que se presenten

se puede concluir que la implementación del programa pasa por generar cursos de adiestramientos al personal, una buena recolección de datos en el área, el fortalecimiento de las 5s, la estandarización de los procedimientos de lubricación de los equipos y la retroalimentación de todo lo aprendido, generándose costos acarreados por las actividades y materiales necesarios para la implementación del MPT de 4096 \$ en el primer año y 2221 \$ para los años siguientes.

## Referencias

- [1] Kunio, S. (2000): TPM para mandos intermedios de fábricas. Editorial Urano. 2da edición. España.
- [2] Garrido, A. (2001): "Curso de Molinería". Escuela Latinoamericana de Molinería. Venezuela.
- [3] Contreras, J. (2001) "Técnicas estadísticas aplicadas a los sistemas de gestión de la calidad". Universidad Tecnológica del Centro. Venezuela.
- [4] Johnson, R. (1997): Probabilidad y estadística para ingenieros. Editorial Prentice may. 5ta edición. México.
- [5] Walpole-Myers-Myers. (1999): "Probabilidad y estadística para ingenieros". Editorial Pearson Educación. 6ta edición. México.
- [6] Contreras, J. (2000): "Sistemas de mantenimiento". Universidad Tecnológica del Centro. Venezuela.
- [7] Briceño, L. y Dávila, V. (2000): "Propuesta para la Implantación de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en una Planta de Detergente". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [8] Fumero, M. (2001): "Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Productivo Total en una Línea de Bebida". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [9] Güeche, E. y Marcano, E. (2003): "Implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en un área del departamento de molino de una empresa molinera". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [10] Lugo, M. (2003): "Desarrollo de un modelo de control estadístico de procesos para el sistema de dosificación de aditivos de harina de trigo leudante en una empresa molinera". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [11] Peraza, M. y Ricciardi, G. (2001): "Evaluación de las causas de desviación de los valores granulométricos de la harina de trigo integral en una empresa molinera". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [12] Pérez, M. (2004): "Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de empaque industrial de una empresa molinera". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [13] Pfeiffer, G. (2004): "Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en la planta de avena de una empresa alimenticia". Universidad de Carabobo. Venezuela.
- [14] Ramos, Y. (2003): "Evaluación de las variables que inciden en la desviación de los parámetros reológicos de la harina de trigo para panificación". Universidad de Carabobo. Venezuela.