



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

“PROPUESTA E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE LA INDUSTRIA GALLETERA”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

P R E S E N T A:

ESPINO TORRES RAFAEL

ASESOR:

M.I. GONZÁLEZ GONZÁLEZ LEOPOLDO A.



MÉXICO 2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADEZCO PROFUNDA Y SINCERAMENTE:

A MI PAÍS: MÉXICO.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO. U.N.A.M.

A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGÓN.
E.N.E.P. ARAGÓN.

A LA FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M. DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
CONTINUA. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN.

A MI ASESOR DE TESIS: M.I. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ.

POR PROPORCIONAR Y FACILITARME LA EDUCACIÓN, Y APOYO PARA EL
LOGRO DE MI TITULACIÓN.

GRACIAS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AGRADEZCO A MI NOVIA:

MARICRUZ TORRES RODRÍGUEZ.

Por su tiempo invertido conmigo. "Que diez años no es nada".

DEDICATORIA

A mi madre:

CARMEN TORRES VÁZQUEZ. q.e.p.d.

Por su inmenso valor y fortaleza. Por haber sido mi mamá.

A mi padre:

I. BLAS ESPINO MARTÍNEZ

A mis hermanos:

FRANCISCO
PABLO
BLAS
MARTHA
MA. DEL CARMEN
MA. DE LOURDES
RAÚL
BEATRIZ
ALEJANDRO

Por su intervención en mi vida, por ser mi familia.

A mi tía:

INOCENCIA TORRES VÁZQUEZ. q.e.p.d.

A mis primos:

MA. ELENA
ISABEL
EDUARDO

Y a toda la familia de San Miguel de Allende, Guanajuato.

Por su influencia de alguna u otra forma en mi vida.

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE.-	DR. DANIEL ALDAMA ÁVALOS
VOCAL.-	M. EN I. ALBERTO REYES SOLIS
SECRETARIO.-	M. EN I. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ
SUPLENTE.-	M. EN I. JUAN JOSÉ MARTÍNEZ COSGALLA
SUPLENTE.-	ING. JAVIER NAVA PEREZ

ASESOR: M. EN I. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Lugar donde se desarrolló el

Tema:

GAMESA, S.A. DE C.V.

Planta Vallejo.

	<i>PÁGINA</i>
ANTECEDENTES.....	2
INTRODUCCIÓN.....	4
CAPÍTULO I: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).....	6
1.1 Historia del TPM.....	7
1.2 Definición y principales características del TPM.....	10
CAPÍTULO II: TÉCNICAS DEL TPM.....	14
2.1 Maximización de la efectividad del equipo.....	15
2.1.1 Seis grandes pérdidas que limitan la eficacia del equipo.....	15
2.1.2 Acciones contra pérdidas por averías.....	19
2.1.3 Acciones contra pérdidas por preparaciones y ajustes.....	23
2.1.4 Acciones contra pérdidas por inactividad y paradas menores.....	26
2.1.5 Acciones contra pérdidas por velocidad reducida.....	28
2.1.6 Acciones contra pérdidas por defectos de calidad.....	30
2.2 Efectividad global del equipo.....	31
2.3 Mantenimiento autónomo.....	40
2.4 Actividades de pequeños grupos.....	44
CAPÍTULO III: ORGANIZACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM.....	47
3.1 Bases para la implantación del TPM.....	48
3.2 Doce pasos del desarrollo del TPM.....	52
CAPÍTULO IV: LÍNEA DE PRODUCCIÓN A IMPLANTAR.....	54
4.1 Descripción del proceso de fabricación de galletas.....	55
4.2 Parámetros de operación.....	62

	PÁGINA
CAPÍTULO V: IMPLANTACIÓN.....	65
5.1 Capacitación.....	66
5.2 Organización de los grupos.....	77
5.3 Desarrollo de soluciones.....	83
CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN.....	97
6.1 Evaluación de los trabajadores.....	98
6.2 Evaluación de los parámetros de operación.....	104
RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	110
REFERENCIAS.....	115

ANTECEDENTES:

El mantenimiento de maquinaria (equipos de producción) se inició primeramente con esfuerzos de reparación o adecuaciones correctivas, es decir, hasta que el equipo fallaba. Posteriormente, para evitar las pérdidas por los paros repentinos, tanto de materiales como de horas hombre, se incremento la atención al mantenimiento preventivo, pero ni aún con un mantenimiento preventivo implementado al 100 %, se han logrado resultados de clase mundial.

Actualmente, el equipo de producción esta llegando a ser altamente sofisticado, se ven equipos de automatización, tales como robots y producción sin manipulación humana.

Anteriormente, se decía que la calidad dependía del proceso (lo cual es correcto) ahora con la creciente automatización, es más apropiado decir que la calidad depende del equipo.⁽⁹⁾ Por lo tanto, se puede decir que: productividad, costos, seguridad, inventarios (stocks), medio ambiente de trabajo, así como la calidad, dependen cada vez más del equipo.⁽⁹⁾

El incremento de la automatización y la producción sin manipulación humana, no acaban con la necesidad de continuar realizando algunas tareas propias del ser humano; el mantenimiento cae dentro de este caso.⁽⁹⁾

Sin embargo, la automatización y el equipo de tecnología avanzada requieren conocimientos que están más allá de la competencia del supervisor o trabajador de mantenimiento medios y para su aprovechamiento efectivo se requiere de una capacitación y organización de mantenimiento apropiadas.⁽⁹⁾

Por lo tanto, se hace necesario un enfoque innovador para que el mantenimiento optimice la efectividad del equipo, elimine las averías y promueva el mantenimiento autónomo por los operarios a través de actividades día a día que incluyan a todo el personal. Esto se conoce actualmente con el nombre de: **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL** (Normalmente se abrevia "TPM" por sus siglas en idioma inglés).⁽¹⁰⁾

Esta tecnología esta siendo desarrollada por los japoneses, que entre otras cosas, tienen la habilidad de transformar las buenas ideas en prácticas enormemente eficaces.

Seiichi Nakajima introdujo las prácticas americanas de mantenimiento en Japón a principios de los años 70, entonces combinó esas ideas con los conceptos de control de calidad total e involucramiento total de los empleados para desarrollar el Mantenimiento Productivo Total (TPM).⁽⁹⁾

El cambio que propone Nakajima para los entornos de fabricación, es promover las actividades en grupo a través de toda la organización para una mayor efectividad del equipo y el entrenamiento de los trabajadores para participar en las responsabilidades con el personal de mantenimiento.⁽⁹⁾

La idea fundamental del TPM no es revolucionaria, se trata de promover y lograr la cooperación para conseguir hacer un trabajo importante; sin embargo, durante mucho tiempo, en muchas fábricas los operarios no cooperan, puesto que no saben como mantener o reparar su propio equipo, y a los que si saben hacerlo no se les permite realizarlo porque es el trabajo de otros, con lo cual se aísla a los trabajadores y se limita su desarrollo creando clasificaciones de tareas exclusivas.⁽¹⁰⁾

Ciertamente, cada miembro del equipo tiene destrezas especializadas, pero en una empresa verdaderamente cooperativa esas destrezas se comparten, y cada uno crece en conocimientos y experiencia (expertise). Este enfoque, practicado por todos los departamentos en cada fase del desarrollo del TPM, es una contribución japonesa única en el área del mantenimiento de fábricas.⁽⁹⁾

INTRODUCCIÓN:

Las compañías manufactureras, desde sus inicios, se han enfrentado siempre a los problemas de pérdida de producción, baja calidad y eficiencia, ocasionados por paros de las máquinas, defectos de fabricación o velocidades de los equipos inferiores a los valores nominales. Lo anterior se consideraba que era debido a la falta de mantenimiento del equipo, a la falta de capacitación del personal que hacía las reparaciones o a la inexistencia de un mantenimiento preventivo.

Después de años de esfuerzos, con programas de capacitación a los técnicos responsables de cuidar y mantener el equipo y un mantenimiento preventivo instalado al 100 %, se obtienen buenos resultados, pero nunca comparables con compañías de primer mundo.

Por lo anterior, es necesario voltear la vista a técnicas que se utilicen en países europeos o asiáticos. Es precisamente en Japón donde nace y se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total.

El presente trabajo compila los esfuerzos, para entender, aplicar y sobretodo, desarrollar una técnica de clase mundial en una compañía mexicana, mediante "La propuesta e implementación de un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM), en una línea de producción de la Industria Galletera".

Los objetivos que se persiguen son los siguientes:

- 1.- Proporcionar la información y técnicas para la comprensión del mantenimiento productivo total (TPM).
- 2.- Establecer los requerimientos para la implantación del mantenimiento productivo total (TPM).
- 3.- Implantación del mantenimiento productivo total (TPM) en una línea de fabricación de galletas.

Para lograr los objetivos mencionados, el trabajo se dividió en los siguientes capítulos:

En los capítulos 1 y 2, se presenta: ¿Qué es el TPM, cómo funciona y cuáles son sus principales técnicas?, además de hacer una pequeña historia de cómo nació.

En los capítulos 3, 4 y 5, se abarcan las condiciones necesarias para la implementación del TPM en una línea de producción de la industria galletera.

En el capítulo 6, se hace una evaluación de la implantación del TPM en una línea de producción, comparándola con el funcionamiento original, mediante la evaluación de sus parámetros de operación.

Finalmente, se presentan los resultados y conclusiones del trabajo realizado, confirmando los beneficios de la aplicación del TPM.

CAPÍTULO I

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

CAPITULO 1. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

1.1 HISTORIA DEL TPM.

Después de la segunda guerra mundial, las industrias japonesas llegaron a la conclusión de que para competir con éxito en el mercado mundial tenían que mejorar la calidad de sus productos y la eficiencia de sus fábricas. Con este fin, incorporaron técnicas de fabricación procedentes de los Estados Unidos y las adaptaron a sus particulares circunstancias.⁽⁹⁾

Seichi Nakajima graduado en ingeniería mecánica en 1939 en el Colegio Técnico Kanazawa empezó a estudiar el mantenimiento preventivo americano en 1950 y visitó por primera vez los Estados Unidos en 1962.⁽¹⁰⁾

Del mantenimiento preventivo (MP) al mantenimiento productivo total (TPM).

Hace más de 50 años y para mejorar el mantenimiento de equipos, Japón introdujo el concepto de mantenimiento preventivo existente en los Estados Unidos. Las posteriores incorporaciones incluían el mantenimiento productivo.

Cuando ahora nos referimos al TPM, se trata en realidad de mantenimiento productivo de estilo americano, modificado e intensificado para adaptarlo al entorno industrial japonés.⁽¹⁰⁾

En la mayoría de las compañías americanas, los equipos de mantenimiento realizan éste en toda la fábrica, aplicando una división del trabajo del tipo "yo opero y tu arreglas". Contrariamente, muchas corporaciones japonesas han modificado el MP americano de forma que todos los empleados pueden participar.⁽¹⁰⁾

El TPM definido a menudo como mantenimiento productivo realizado por todos los empleados, se basa en el principio de que la mejora de equipos debe implicar a toda la organización, desde los operadores hasta la alta dirección.⁽¹⁰⁾

Cuatro fases del desarrollo del TPM.

El mantenimiento preventivo se introdujo en Japón en los años 50, llegando a estar el mantenimiento productivo bien establecido durante los años 60.

En la tabla 1.1 se presentan las etapas de desarrollo del mantenimiento en Japón, desde los años 50's, a los años 80's.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

Años:50	Años 60	Años:70
<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento preventivo. • Establecimiento de las funciones de mantenimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento productivo. • Reconocimiento de la importancia de la fiabilidad de mantenimiento y eficiencia económica. 	<ul style="list-style-type: none"> • TPM. • Lograr eficiencia del mantenimiento preventivo a través de sistema comprensivo basado en respeto a individuos y participación total.
<ul style="list-style-type: none"> • 1951 Toa Nenryo Kogio es la primera planta japonesa en usar el mantenimiento preventivo estilo americano. • 1953 Veinte compañías forman un grupo de investigación del mantenimiento preventivo. • 1958 George Smith (E.U.A.) llega al Japón para promover el mantenimiento preventivo. 	<ul style="list-style-type: none"> • 1960 Primera convención sobre mantenimiento. • 1965 Primer premio de mantenimiento preventivo en Japón. • 1969 Establecimiento del Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas. (JIPE). 	<ul style="list-style-type: none"> • 1970 Convención internacional de mantenimiento de equipos en Tokio. • 1973 Organización de Desarrollo de Naciones Unidas patrocina simposio sobre mantenimiento en Japón. • 1980 Japón asiste a congreso de mantenimiento de la Federación Europea de Sociedades Nacionales de Mantenimiento. (EFNMS).

Tabla 1.1 Desarrollo del mantenimiento en Japón de 1950 a 1980.

El desarrollo del TPM comenzó en los años setenta. El tiempo que precede a los años cincuenta puede denominarse periodo de "mantenimiento de averías o correctivo".

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Las compañías japonesas han implantado el TPM en fases que corresponden aproximadamente a las fases del desarrollo en Japón del PM entre 1950 y 1980.

La tabla 1.2 muestra el avance desde 1976 a 1979 del TPM en las industrias japonesas.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

		1976	1979
Fase 1	Mantenimiento de averías.	12.7 %	6.7 %
Fase 2	Mantenimiento preventivo.	37.3 %	28.8 %
Fase 3	Mantenimiento productivo.	39.4 %	41.7 %
Fase 4	TPM.	10.6 %	22.8 %

Tabla 1.2 Inicio de la implantación del TPM en el Japón.

La información de la tabla 1.2 se basa en datos procedentes de 124 plantas pertenecientes al Instituto Japonés para Mantenimiento de Plantas. (JIPM). En tres años, el número de plantas que aplicaban activamente el TPM era más del doble.⁽¹⁰⁾

El TPM se introdujo en Japón hace más de treinta años y ha sido generalmente aceptado, por ejemplo, constituye un soporte esencial del sistema de producción de plantas como Toyota Motors Company.⁽¹⁰⁾

1.2 DEFINICIÓN Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL TPM.

Definición:

El TPM se define como el mantenimiento realizado por todos los empleados a través de actividades en pequeños grupos.⁽¹⁰⁾

El término TPM fue definido en 1971 por el Instituto Japonés de Ingenieros de Plantas.⁽¹⁰⁾ El TPM a menudo se define como: "Mantenimiento que implica una participación total".

Frecuentemente, la dirección entiende que esto significa que solamente los trabajadores realizan autónomamente las actividades de mantenimiento en la propia planta. Sin embargo, para ser efectivo, el TPM debe implementarse sobre una base que abarca toda la compañía. Desafortunadamente, algunas compañías han abandonado el TPM porque han fallado en apoyar plenamente a los trabajadores o no han implicado a la dirección.⁽⁹⁾

Principales características del TPM.⁽¹⁰⁾

- 1.- Eficacia total (búsqueda de la rentabilidad).
- 2.- Mantenimiento preventivo total.
- 3.- Participación total (mantenimiento autónomo).
- 4.- La implantación debe realizarse por varios departamentos.

- 1.- Eficacia total: (Búsqueda de rentabilidad).

El TPM tiene dos metas (cero averías y cero defectos).

Cuando las averías y los defectos se eliminan, mejora el índice operativo del equipo, se reducen costos, se pueden minimizar los inventarios y, como consecuencia, aumenta la productividad de la mano de obra.⁽¹⁰⁾

El personal y la maquinaria deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de cero averías y cero defectos. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que puede lograrse es un requisito importante e indispensable para el éxito.⁽⁹⁾

Naturalmente los beneficios no se pueden obtener de la noche a la mañana. Normalmente se requieren cuando menos tres años desde la introducción del TPM hasta que se obtienen resultados óptimos. Además, en las primeras fases del TPM la compañía debe soportar los gastos adicionales de restaurar las condiciones apropiadas de los equipos y de formación (capacitación) del personal.⁽¹⁰⁾

2.- Mantenimiento preventivo total: Incluye al mantenimiento preventivo, además de acciones concretas para mejorar la facilidad para dar mantenimiento a las máquinas.

El mantenimiento preventivo implicara, además de las revisiones periódicas para evitar las fallas, que también durante cualquier revisión o reparación, diseño, adquisición de nuevo equipo o cambio de piezas, se trabaje bajo el concepto ideal de que el equipo no vuelva a requerir mantenimiento durante toda su vida útil, es decir, sea libre de mantenimiento.⁽⁹⁾

Mejorar la facilidad de mantenimiento quiere decir que se efectúen observaciones, modificaciones y/o cambios que permitan un mantenimiento fácil y sencillo de la maquinaria, es decir, mejorar la mantenibilidad del equipo.⁽¹⁰⁾

El mantenimiento preventivo es una inspección periódica para detectar condiciones de operación que puedan ocasionar averías, paros de la producción o pérdidas que perjudiquen la producción, combinada con mantenimiento destinado a eliminar, controlar o remediar tales fallas en sus fases iniciales. En otras palabras, es una rápida detección y tratamiento de anomalías del equipo antes de que causen defectos o pérdidas.

3.- Participación total: Significa la participación en el mantenimiento por parte de los operadores o pequeños grupos en cada departamento y a todos los niveles.

En un mantenimiento estilo americano, el departamento de mantenimiento es generalmente responsable de realizar todas las reparaciones, así como el mantenimiento preventivo. Esto refleja el concepto de división de tareas muy arraigado en los sindicatos americanos. El mantenimiento japonés o TPM, por otro lado, descansa en la participación de cada uno, particularmente el mantenimiento autónomo por los operarios.⁽¹⁰⁾

El mantenimiento autónomo por operadores es una de las características más particulares que distingue al TPM. Sin embargo, cuanto más tiempo haya funcionado una compañía de acuerdo con el concepto de división de trabajo, más convencidos estarán sus empleados de que el trabajo de los operadores y el de los trabajadores de mantenimiento deben estar estrictamente separados.⁽¹⁰⁾

Se tarda de dos a tres años en cambiar la cultura corporativa de la compañía.

Los operadores que estén acostumbrados a pensar **“yo opero, tu arreglas”** tendrán dificultades para aprender **“yo soy responsable de mi propio equipo”**.⁽⁹⁾

En muchas fábricas, los operadores verifican y lubrican su propio equipo, pero a menudo lo hacen a regañadientes, sin entusiasmo ni conocimiento, lo que redundará en fallas del equipo y defectos en el proceso.

4.- La implantación debe realizarse por varios departamentos: (Ingeniería, operaciones, calidad, mantenimiento).

Las pruebas piloto ayudan a demostrar el potencial del TPM durante las fases iniciales de su desarrollo. Se forman varios equipos de proyecto, consistentes en personal de ingeniería y mantenimiento así como supervisores de la cadena de producción. Se seleccionan los equipos que sufren pérdidas crónicas, preferentemente los que pueden mejorarse considerablemente.⁽¹⁰⁾

Cuando se logran resultados positivos, el proyecto puede extenderse a otros equipos similares, con miembros del equipo de proyecto buscando nuevas actividades de mejora a realizar por pequeños grupos en su propio sector o área de trabajo.

CAPÍTULO II

TÉCNICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

CAPITULO 2. TÉCNICAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

2.1 MAXIMIZACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO.

Primeramente es importante mencionar que la eficacia o efectividad de la maquinaria es una medida del valor añadido a la producción a través del equipo.⁽¹⁰⁾

El valor añadido es la diferencia entre los ingresos por la venta y el costo de los recursos (material y mano de obra) empleados para fabricar el producto, aumenta cuando el equipo produce al 100 % y baja cuando aumentan los defectos en el proceso.

El TPM maximiza la eficacia del equipo a través de dos tipos de actividades:⁽¹⁰⁾

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad dentro de un periodo dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

Las siguientes secciones se refieren a algunas de las dificultades inherentes en la maximización de la eficacia del equipo.

2.1.1 SEIS GRANDES PÉRDIDAS QUE LIMITAN LA EFICACIA DEL EQUIPO.⁽¹⁰⁾

1. Pérdidas por averías.
2. Pérdidas por preparación del equipo y ajustes.
3. Inactividad y pérdidas de paradas menores.
4. Pérdidas por velocidad reducida.
5. Defectos de calidad y repetición de trabajos.
6. Pérdidas por arranque y/o puesta en marcha.

1.- Pérdidas por averías.⁽¹⁰⁾

Las averías causan dos tipos de pérdidas: pérdidas de tiempo, cuando se reduce la productividad, y pérdidas de cantidad causadas por productos defectuosos.

Las averías esporádicas (fallos repentinos, drásticos o inesperados del equipo) son normalmente obvias y fáciles de corregir. Las frecuentes averías menores crónicas, son por otro lado ignoradas a menudo o descuidadas después de repetidos intentos fallidos de remediarlas.

Sin embargo, para maximizar la eficacia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Esto es realmente posible sin realizar un gran esfuerzo o inversión. No obstante, primero es preciso cambiar la filosofía convencional del mantenimiento "la creencia de que las averías son inevitables".

2.- Pérdidas de preparación y ajustes.⁽¹⁰⁾

Cuando finaliza la producción de un elemento y el equipo se ajusta para atender los requerimientos de un nuevo producto, se producen pérdidas durante la preparación y ajuste lo que provoca tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia del cambio.

Trabajando desde la perspectiva de la ingeniería industrial, el tiempo de preparación puede reducirse considerablemente haciendo una distinción clara entre preparación interna (operaciones que deben llevarse a cabo mientras la máquina esté parada) y preparación externa (operaciones que pueden realizarse mientras la máquina está todavía en funcionamiento).

3.- Inactividad y pérdidas por paradas menores.⁽¹⁰⁾

Una parada menor surge cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva por un tiempo corto. Por ejemplo, puede que algunas piezas bloqueen una rampa de salida activando algún sistema de seguridad.

Otras veces los sensores alertados por productos defectuosos paran los equipos. Estos tipos de paradas temporales difieren claramente de las averías porque la producción normal es restituida simplemente moviendo las piezas que obstaculizan la marcha o restableciendo los sensores.

Este tipo de pequeños problemas causan a menudo un efecto drástico sobre la eficacia del equipo, sin embargo, es típico cuando están implicados robots, ensambladores automáticos, bandas transportadoras etc. Aunque las paradas menores se remedien sin dificultad, se pasan fácilmente por alto, debido a que frecuentemente son difíciles de cuantificar.

La reducción a cero de las pequeñas paradas es una condición esencial para la producción automática.

4.- Pérdidas por velocidad reducida.⁽¹⁰⁾

Este tipo de pérdidas se refieren a la diferencia entre la velocidad diseñada para el equipo y la velocidad real del equipo. Es típico que en la operación del equipo la pérdida de velocidad sea pasada por alto.

El equipo puede operar a una velocidad inferior a la ideal o de diseño por muchas razones: problemas mecánicos y calidad defectuosa, problemas anteriores o temor a abusar del equipo o sobrevalorarlo. A menudo, simplemente se desconoce la velocidad óptima.

5.- Defectos de calidad y repetición de trabajos.⁽¹⁰⁾

Son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento del equipo de producción.

En general, los defectos esporádicos se corrigen fácil y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo del equipo. Las causas de los defectos crónicos son por otro lado de difícil identificación.

Los defectos que requieran la repetición de los trabajos deben así mismo considerarse pérdidas crónicas.

6.- Pérdidas por arranque y/o puesta en marcha.⁽¹⁰⁾

Son pérdidas de rendimiento que se ocasionan durante las fases iniciales de producción (desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización). El volumen de pérdidas varía con el grado de estabilidad de las condiciones de proceso, el nivel de mantenimiento del equipo y la habilidad técnica del operador.

La tabla 2.1 expone las metas de mejoras para reducir las pérdidas mencionadas.⁽¹⁰⁾

Tipo de pérdidas	Meta	Explicación
1.- Pérdidas por averías.	0	Reducidas a cero.
2.- Pérdidas de preparación y ajustes.	minimizar	Reducir los cambios de útiles a Menos de 10 minutos.
3.- Pérdidas por baja velocidad.	0	Llevar la velocidad de operación actual a la prevista en diseño.
4.- Pérdidas por paradas menores e inactividad.	0	Reducir a cero.
5.- Defectos de calidad y repetición de trabajos.	0	Ocurrencias aceptables sólo Extremadamente ligeras (30-100 ppm).
6.- Pérdidas por arranque y/o puesta en marcha.	minimizar	

Tabla 2.1 Metas de mejora de pérdidas de efectividad.

Eliminación de las seis grandes pérdidas.⁽¹⁰⁾

Este tema revisa las actividades de mejora del TPM que tienen como finalidad la eliminación de: averías, tiempos de preparación y ajuste, tiempos muertos y pequeñas paradas, reducción de velocidad, defectos de proceso y pérdidas por arranques.

2.1.2 ACCIONES CONTRA PÉRDIDAS POR AVERÍAS.

La mayoría de las personas reconocen que las averías son las causantes de la mayor parte de las pérdidas en la fabricación, pero por diferentes razones, pocas compañías hacen grandes cosas para reducir su alcance. Para tratar éstas pérdidas seriamente y comenzar su reducción se requiere en principio una nueva forma de contemplar las averías.

Cambio de nuestra forma de contemplar las averías.

En japonés, el significado original del término avería (kosho) significa "destruir deliberadamente algo viejo". En otras palabras "avería" significaba un daño causado deliberadamente por acciones humanas. Tal como esto sugiere, las averías de los equipos son a menudo causadas por descuidos y/o acciones humanas.⁽¹⁰⁾

Además muchos asumen:

- No es responsabilidad del operador realizar las inspecciones de su equipo
- Todo equipo se avería antes o después.

Por lo tanto, no es sorprendente que sea difícil eliminar las averías. La eliminación es posible solamente si las personas cambian su forma de pensar sobre los equipos y la utilización de los mismos.

Para empezar, las personas relacionadas con el equipo deben reemplazar el supuesto de que "todo equipo eventualmente se avería" por la convicción de que "todo equipo nunca debería averiarse".⁽¹⁰⁾

Entonces es más probable que todos, incluyendo los operadores, acepten la idea de que el equipo puede utilizarse de una forma que realmente evite las averías. Además, cuando sea aceptado el punto de vista de que todas las personas son responsables del equipo, los operadores querrán aprender cómo utilizar su propio equipo para que no sufra averías.⁽¹⁰⁾

Las averías no se pueden eliminar hasta que cambien los supuestos y creencias, particularmente los que se refieren a la división tradicional de trabajo entre los departamentos de producción y mantenimiento.

Los operadores y el personal de mantenimiento deben llegar a un entendimiento mutuo y compartir la responsabilidad de los equipos. De hecho, todas las personas relacionadas con el equipo deben colaborar entre sí y comprender la misión de cada uno.

Para eliminar las fallas se debe sacar a la luz los defectos y tratar el equipo antes de que se averíe. Las siguientes cinco contramedidas ayudan a eliminar las averías.⁽¹⁰⁾

- Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, apretado de la tornillería).
- Mantener y adherirse a las condiciones operativas apropiadas.
- Restaurar el deterioro.
- Corregir debilidades de diseño.
- Mejorar las destrezas operativas y de mantenimiento.

La figura 2.1 ilustra las relaciones entre estas cinco contramedidas. Las averías ocurren a menudo porque el personal falla en la ejecución de sus responsabilidades.

Como muestra la figura 2.1, las averías pueden eliminarse realizando procedimientos simples de manera simple.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

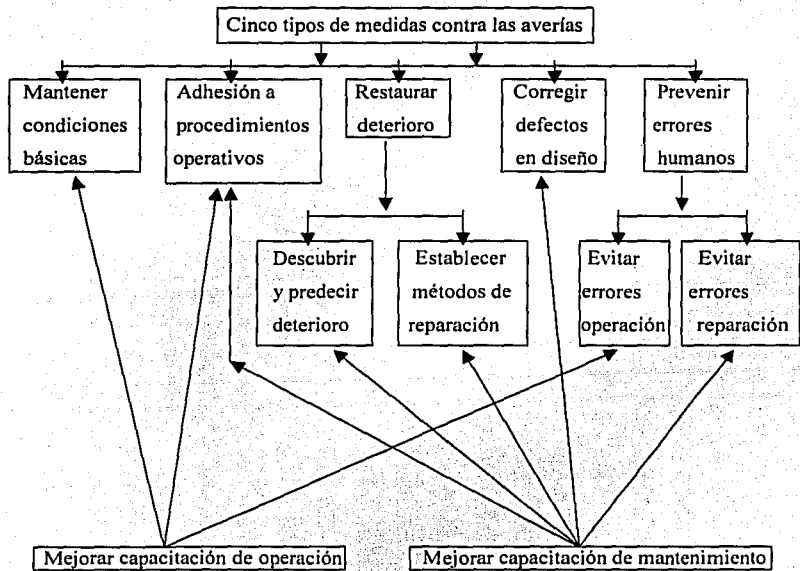


Figura 2.1 Relaciones entre medidas contra averías.

Para asegurar que los procedimientos simples se realizan plenamente, los departamentos de operaciones y mantenimiento deben entender los respectivos roles y cooperar. Deben tener la voluntad de ajustar sus puntos de vista y conducta, y cumplir con sus respectivos deberes.

Cada persona implicada en la operación del equipo o el mantenimiento debe trabajar para eliminar las fallas.

La figura 2.2 muestra la división de trabajo de operaciones y mantenimiento en la persecución del objetivo de cero averías.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

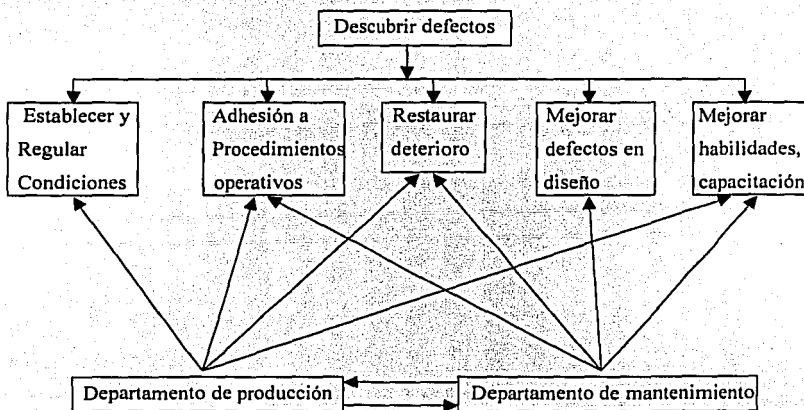


Figura 2.2 Responsabilidades de departamentos operaciones y mantenimiento.

2.1.3 ACCIONES CONTRA PÉRDIDAS POR PREPARACIONES Y AJUSTES.

El tiempo muerto de preparación de máquinas y el ajuste comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente.⁽¹⁰⁾

El siguiente análisis se puede utilizar para estudiar la efectividad de las operaciones de ajuste y determinar qué ajustes son esenciales y cuáles pueden eliminarse.⁽⁹⁾

1.- Propósito.

¿ Para qué función sirve aparentemente el ajuste?

2.- Racionalidad actual.

¿ Por qué es necesario el ajuste ahora?

3. - Método.

¿ Cómo se realiza el ajuste?

4. - Principios.

¿Cuál es la verdadera función del ajuste en su conjunto?

5. - Factores causales.

¿ Qué condiciones crean la necesidad del ajuste?

6. - Alternativas.

¿ Qué mejoras eliminarán la necesidad del ajuste?

El primer paso en la mejora de la preparación es distinguir las actividades que se puedan llevar a cabo mientras el equipo esté funcionando, de las que solamente pueden realizarse cuando se halla parado.

Diferencia entre preparación interna y externa.⁽¹⁰⁾

Las actividades de preparación externa son las que pueden tener lugar mientras el equipo está funcionando. Incluyen preparación de plantillas, moldes, matrices y herramientas, preparación del banco de trabajo y del área de almacenaje de los elementos

que se van a cambiar, ensamblado previo parcial. Estas actividades pueden llevarse a cabo con antelación para ahorrar tiempo cuando se prepare la máquina.

Las actividades de preparación interna pueden realizarse solamente estando el equipo parado, por ejemplo, cuando se sustituyen matrices, moldes y plantillas, o cuando se realiza el centrado y ajuste.

Se reduce el tiempo muerto de preparaciones y ajuste del equipo, eliminando del tiempo de preparación interna todas las tareas que se puedan realizar mientras esté funcionando el equipo.

En la tabla 2.2 se presentan las estrategias para la mejora de las preparaciones y ajuste desde el punto de vista de preparación externa.⁽¹⁰⁾

<p>Fase de preparaciones generales</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Herramientas (tipos, cantidades) • Localizaciones • Organización y orden del lugar de trabajo • Procedimientos de preparación
<ol style="list-style-type: none"> 1. No búsquedas 2. No movimientos de más 3. No desechos 	
<p>Fase de preparación de equipo auxiliar</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Chequeo de plantillas • Chequeo de instrumentos de medición • Piezas precalentadas • Premontajes • Preparación interna

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 2.2 Estrategias de mejora para la preparación externa de máquinas.

En la tabla 2.3 se presentan las estrategias de mejora para la preparación interna de máquinas y sus ajustes.⁽¹⁰⁾

Fase de Preparación	<ul style="list-style-type: none"> • Estandarizar procedimientos y métodos de trabajo
1. Eliminar procedimientos redundantes 2. Inculcar operaciones básicas	<ul style="list-style-type: none"> • Asignar trabajo • Evaluar efectividad del trabajo • Operaciones paralelas • Simplificar trabajo • Número de personas adecuado • Simplificar ensamble • Eliminar actividades
Fase de Útiles, piezas y plantillas.	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de anclaje y colocación • Reducir el número de puntos de anclaje • Estandarizar útiles y plantillas • Usar útiles y plantillas comunes • Alturas y medidas predeterminadas • Separar funciones y métodos • Intercambiabilidad
Fase de ajuste 1. Eliminar ajustes	<ul style="list-style-type: none"> • Precisión de plantillas • Precisión del equipo • Fijar superficies de referencia • Métodos de medición • Métodos de simplificación • Estandarizar Procedimientos de ajuste • Cuantificación • Selección • Separar ajustes interdependientes • Optimizar condiciones

Tabla 2.3 Estrategias de mejora para la preparación interna y ajustes.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

2.1.4 ACCIONES CONTRA PÉRDIDAS POR INACTIVIDAD Y PARADAS MENORES.

La inactividad y paradas menores se ocasionan cuando un equipo no produce (por ejemplo, marcha de forma continua sin producir) o se detiene la producción como resultado de un problema temporal.⁽¹⁰⁾

Una parada menor ocurre cuando una pieza de trabajo queda atascada o atorada provocando una obstrucción, o cuando un sensor activa y detiene la marcha del equipo. Estos inconvenientes se detectan normalmente de manera rápida; la operación normal puede restablecerse con simples medidas, como quitar y volver a colocar la pieza de trabajo y/o verificar el sensor y poner el equipo en marcha.

Esto ocurre con más frecuencia en fábricas con alto número de máquinas automáticas. Los operadores intentan mantener la maquinaria automatizada marchando de forma uniforme para aprovechar su capacidad, pero sus esfuerzos son demasiado difusos, la maquinaria es automática solo nominalmente. Podemos decir que los operadores, por desconocimiento prefieren operar las máquinas manualmente o bloqueando los sensores.

El enfoque en los problemas de los equipos puede ser el principal obstáculo para la mejora. No podemos descubrir las raíces de los problemas y encontrar nuevas soluciones hasta que seamos capaces de ver los detalles que nunca antes habíamos observado y considerar soluciones innovativas.

Algunas estrategias que se utilizan para cambiar la forma de pensar sobre los problemas del equipo, son las siguientes.⁽¹⁰⁾

- Reconocer la existencia de problemas y la posibilidad de su localización, en otras palabras, hay lugar para mejoras.
- Descubrir los problemas ocultos comparando las cosas tal como son y como deberían de ser.
- Investigar cualquier cosa fuera de lo normal de acuerdo con las condiciones del equipo y de los procedimientos operativos.

En la figura 2.3 se da una visión general del programa de mejora para reducir los tiempos muertos y las paradas menores.⁽¹⁰⁾

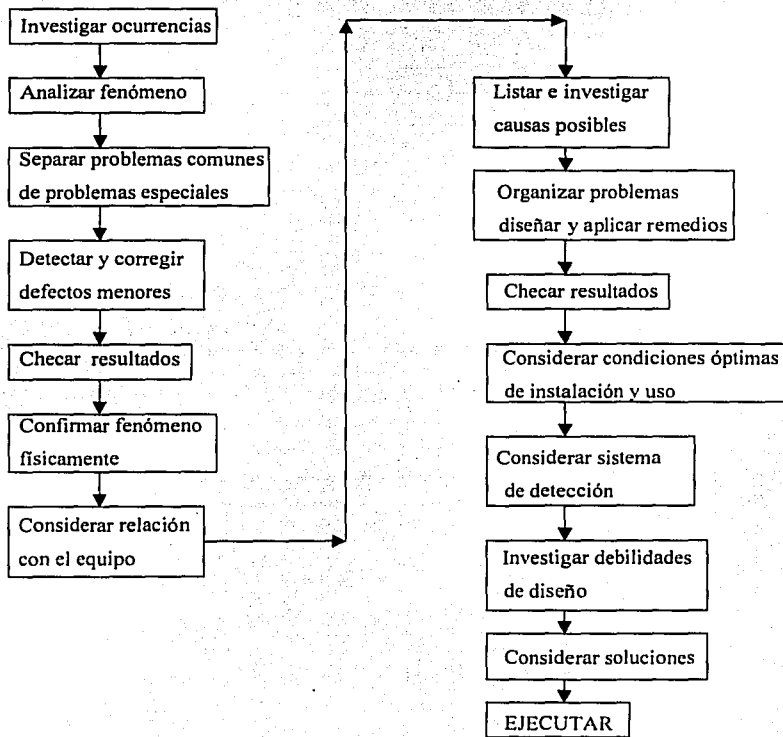


Figura 2.3 Estrategia para mejora de paradas menores y tiempos muertos

2.1.5 ACCIONES CONTRA PÉRDIDAS POR VELOCIDAD REDUCIDA.

Una pérdida de velocidad, es la producción que se ha perdido por causa de la diferencia entre la velocidad de diseño (o estándar) de una máquina y su velocidad operativa real.⁽¹⁰⁾

En la práctica, hay a menudo problemas relacionados con las velocidades fijadas en la fase de diseño. Por ejemplo, la falta de cuidado puede haber generado debilidades inherentes al diseño, que impiden que el equipo mantenga la velocidad. Cambios en la gama de productos o una mayor complejidad en sus formas, introducidos con posterioridad a su diseño, pueden asimismo impedir que el equipo mantenga la velocidad.

Por estas razones, se fija para cada tipo de producto una velocidad estándar. Se emplea la velocidad estándar en lugar de la velocidad de diseño para determinar las pérdidas de velocidad.

Los siguientes pasos están implicados en la reducción de las pérdidas de velocidad.⁽¹⁰⁾

1. Lograr la velocidad estándar para cada producto.
2. Aumentar la velocidad estándar para cada producto.
3. Lograr la velocidad de diseño.
4. Sobrepassar la velocidad de diseño.

El primer paso vital para mejorar la velocidad, es aflorar los problemas y determinar si corresponden a algo de lo siguiente.⁽¹⁰⁾

- Defectos sin resolver durante la fase de ingeniería.
- Defectos en los mecanismos o sistemas del equipo.
- Mantenimiento inadecuado.
- Precisión insuficiente, etc.

Generalmente, las actividades de mejora para aumentar la velocidad deberán organizarse con la misma mentalidad y utilizando la misma metodología mencionada para la reducción de averías, tiempos muertos, paradas menores y defectos.

Un programa de mejora para el aumento de velocidades se presenta en la tabla 2.4⁽¹⁰⁾

Determinar niveles actuales	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad • Procesos cuello de botella • Tiempo perdido / frecuencia de averías • Condiciones que producen defectos
Checar diferencia entre especificación y condición actual	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las especificaciones? • Diferencia entre velocidad estándar y velocidad actual • Diferencias de velocidades en diferentes productos
Investigar problemas pasados	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se ha aumentado siempre la velocidad? • Tipos de problemas • Medidas tomadas para tratar con problemas pasados • Tendencias en tasas de defectos • Tendencias de la velocidad sobre el tiempo • Diferencias en equipo similar
Investigar teorías y principios de proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas relacionados con el proceso • Condiciones de máquina • Condiciones de proceso • Valores teóricos
Investigar mecanismos	<ul style="list-style-type: none"> • Investigar fatiga • Investigar piezas una a una • Investigar especificación de cada pieza
Investigar situación presente	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de proceso (diagrama de ciclo) • Tiempos perdidos (tiempos en vacío) • Chequeo usando los cinco sentidos
Listar problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Listar e identificar condiciones existentes • Comparar con condiciones óptimas • Problemas con mecanismos • Problemas con precisión
Lista de problemas predecibles	<ul style="list-style-type: none"> • Mecánicos • De calidad
Corregir problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones que producen el fenómeno
Revisar las relaciones causa-efecto y tomar acciones de remedio	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama causa-efecto
Realizar "prueba" operaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmar causas y solucionar

Tabla 2.4 Estrategias para incrementar la velocidad.

2.1.6 ACCIONES CONTRA PÉRDIDAS POR DEFECTOS DE CALIDAD.

Cuando a pesar de diferentes medidas de mejora y control, un sistema de producción genera con regularidad productos total o parcialmente defectuosos, se utiliza el término "defectos crónicos de calidad" para estas piezas.⁽¹⁰⁾

Los productos irreparablemente defectuosos son pérdidas obvias; menos obvias son las pérdidas generadas por productos parcialmente defectuosos que requieren una inversión adicional en mano de obra para repetición de trabajos o reparaciones.

Debido a que pueden ser reparados, a menudo no se consideran los defectos parciales como defectos. Para que un programa de reducción de pérdidas crónicas tenga éxito, es necesario examinar con igual atención cualquier resultado defectuoso.

La resolución de los problemas crónicos requiere un enfoque esencialmente conservador que comprende las siguientes estrategias.⁽¹⁰⁾

- Restauración por medio del mantenimiento o control de las condiciones actuales.
 1. Principios de proceso.
 2. Mecanismos.
 3. Operación y ajuste.
 4. Precisión del equipo, plantillas y herramientas.
 5. Métodos de trabajo.

- Revisión de los estándares actuales.
- Fijar metas para los estándares actuales.
- Revisión de los puntos de control existentes.
- Verificación de los puntos de control.
- Responsabilidad tanto de los operadores como de los directores.

2.2 EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO.⁽¹⁰⁾

Para lograr la práctica de un TPM rentable y perseguir una mejor efectividad del equipo, son cruciales los dos factores siguientes:

1. - Mantener registros precisos de la operación del equipo de forma que puedan proveerse dirección y controles apropiados (con metas más estrictas).
2. - Diseñar una escala precisa para medir las condiciones del equipo.

Si se dice que la efectividad del equipo en la planta "X" es superior al 85 %, se puede asumir razonablemente que el equipo se está operando eficiente y efectivamente. Pero, ¿qué método de cálculo se ha empleado para determinar la efectividad del equipo y sobre qué datos se han hecho los cálculos?

La efectividad del TPM se mide por dos razones: para ayudar a establecer prioridades entre proyectos de mejora y reflejar los resultados precisa y razonablemente.

Método para medir la efectividad global del equipo.

La efectividad global del equipo se puede medir empleando la relación siguiente:

$$EGE = D \times TR \times TC \dots\dots\dots(2.1)$$

En donde:

EGE = Efectividad global del equipo

D = disponibilidad del equipo

TR = tasa de rendimiento

TC = tasa de calidad

La disponibilidad de operación del equipo se puede obtener con la relación:

$$D = TO / Tc \dots\dots\dots (2.2)$$

En donde:

D = disponibilidad de operación del equipo

TO = tiempo de operación

Tc = tiempo de carga

El tiempo de operación se obtiene con la relación:

$$TO = Tc - TP \dots\dots\dots (2.3)$$

En donde:

TO = tiempo de operación

Tc = tiempo de carga

TP = tiempo de pérdidas o tiempo perdido

El tiempo de carga se obtiene con la relación:

$$Tc = TTPP - TPP \dots\dots\dots (2.4)$$

En donde:

Tc = tiempo de carga

TTPP = tiempo total programado de producción

TPP = tiempo de paro programado

En el caso de un turno de trabajo de 8 horas, equivalente a 480 minutos y que se tenga un paro programado para comida de 20 minutos, un tiempo perdido por averías de 30 minutos y un tiempo de cambio de producto de 30 minutos, se tiene que:

TTPP = 480 min. (tiempo total programado de producción).

TPP = 20 min. (tiempo de paro programado).

TP = 60 min. (tiempo perdido).

Por lo tanto, el tiempo de carga se obtiene con la relación 2.4 y es:

$$T_c = 480 - 20 = 460 \text{ min.}$$

El tiempo de operación se obtiene de la relación 2.3 y es:

$$T_O = 460 - 60 = 400 \text{ min.}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para calcular la disponibilidad se utiliza la relación 2.2 y se obtiene un resultado de:

$$D = 400 / 460 = 0.87 \times 100 \% = 87 \% ; \quad D = 87\%$$

Como se observa, en el cálculo de la disponibilidad del equipo, tanto el tiempo de las averías, como el tiempo de cambio de producto se consideran tiempo perdido. Toda actividad que cause el paro del equipo o cualquier tipo de pérdida no programada afectará el cálculo de la disponibilidad, que a su vez afectará la efectividad global del equipo.

Un resultado de disponibilidad del equipo o de una línea de producción, del 87 %, indica pérdidas del 13 %, que en una empresa de clase mundial son inaceptables.

El objetivo al utilizar una máquina, equipo o línea de producción, siempre será tenerla disponible el mayor tiempo posible, es decir, disponibilidades muy cercanas al 100%.

Al igual que la disponibilidad del equipo, la eficiencia del rendimiento es igualmente importante en el cálculo de la efectividad global del equipo, sobretodo porque se refiere a la velocidad de producción del equipo y a sus estándares preestablecidos o de diseño.

La tasa de rendimiento TR se obtiene con la relación:

$$TR = TON \times TVO \dots\dots\dots (2.5)$$

En donde TVO es la tasa de velocidad de operación, que se refiere a la discrepancia entre la velocidad ideal (basada en la capacidad del equipo prevista en su diseño o en su velocidad estándar) y la velocidad de operación actual del equipo.

Por lo tanto, la tasa de velocidad de operación se obtiene de la relación:

$$TVO = TCT / TCA \dots\dots\dots (2.6)$$

En donde:

TVO = tasa de velocidad de operación

TCT = tiempo de ciclo teórico.

TCA = tiempo de ciclo actual.

Por ejemplo, en el caso de que se tuviera un tiempo de ciclo teórico (o estándar) por pieza es 0.5 minutos y el tiempo actual del ciclo por pieza es 0.8 minutos, la tasa de velocidad de operación es:

$$TVO = (0.5 / 0.8) \times 100 = 62.5 \%$$

El resultado de $TVO = 62.5 \%$, es definitivamente malo, ya que la diferencia entre el tiempo de ciclo teórico y el tiempo de ciclo actual es muy grande. Lo ideal es que estos tiempos sean iguales, para que el equipo cumpla con su velocidad de operación de diseño.

La tasa de operación neta (TON) mide la estabilidad de una velocidad dada sobre un periodo dado. Sin embargo, este número no puede indicar si la velocidad actual es más rápida o más lenta que la velocidad estándar o de diseño, pero si mide, si una operación permanece estable a pesar de periodos en los que el equipo se opera a una velocidad más baja y la tasa de operación se calcula con la relación:

$$TON = TPA / TO \dots\dots\dots (2.7)$$

En donde TPA es el tiempo de proceso actual y se mide empleando la relación:

$$\text{TPA} = \text{CP} \times \text{TCA} \dots\dots\dots (2.8)$$

Donde:

TPA = tiempo de proceso actual

CP = es la cantidad procesada en un determinado tiempo.

TCA = tiempo de ciclo actual.

En el caso de que se considerara una producción con un número de piezas procesadas por día de 400 piezas, y un tiempo actual de ciclo por pieza de 0.8 minutos, siendo el tiempo de operación de 400 minutos, con un tiempo de ciclo teórico por pieza de 0.5 minutos., se tiene que el tiempo de proceso actual, utilizando la relación 2.8 es de:

$$\text{TPA} = 400 \times 0.8 = 320$$

Por lo tanto, la tasa de operación neta, que se obtiene con la relación 2.7 es de:

$$\text{TON} = (320 / 400) \times 100 = 80 \%$$

Lo que indica que se tiene un 20 % de pérdidas por paradas no registradas. Es decir, se reflejan pérdidas resultantes de paradas menores o de fallas que se reparan casi inmediatamente y el operador no alcanza a registrar, ya sea por la brevedad de la avería o por restarle importancia a ese tiempo perdido.

La tasa de velocidad de operación se calcula a partir de la relación 2.6 y es de:

$$\text{TVO} = (0.5 / 0.8) \times 100 = 62.5 \%$$

La tasa de rendimiento calculada con la relación 2.5 es:

$$\text{TR} = (0.80 \times 0.625) \times 100 = 50 \%$$

Como se puede observar, la diferencia entre la velocidad estándar y cualquier variación afectará el rendimiento del equipo y su efectividad total.

Finalmente, la tasa de calidad TC se mide empleando la relación:

$$TC = CPA / CT \dots\dots\dots (2.9)$$

En donde:

TC = tasa de calidad

CPA = cantidad de productos aceptables

CT = cantidad total de producto

Por ejemplo, si se dice que la totalidad de los defectos fueron del 2 %, la tasa de calidad será directamente del 98 %.

Los defectos afectan directamente la tasa de calidad y por consiguiente, la efectividad global del equipo.

En resumen, se ejemplifica el cálculo de la efectividad global de un equipo "X" en un turno de producción, considerando los siguientes datos:

- Horas de trabajo: 8 hrs. x 60 minutos = 480 minutos
- Parada programada para comida: 20 minutos
- Paradas por pérdidas: Preparación 20 minutos
- Averías: 20 minutos
- Ajustes: 20 minutos
- Tiempo teórico de ciclo: 0.5 minutos por pieza
- Tiempo real de ciclo: 0.8 minutos por pieza
- Producción: 400 piezas/turno.
- Defectos: 2%

Y utilizando las definiciones de las relaciones 2.3 y 2.4, se tiene que:

TTTP = 480 min.....tiempo total programado de producción.

TPP = 20 min.....tiempo de paro programado.

TP = 60 min.....tiempo de pérdidas.

El tiempo de carga, según la relación 2.4 es igual a:

$$T_c = 480 - 20 = 460 \text{ min.}$$

El tiempo de operación, de acuerdo a la relación 2.3 es igual a:

$$T_O = 460 - 60 = 400 \text{ min.}$$

La disponibilidad del equipo, según la relación 2.2 es igual a:

$$D = (400 / 460) \times 100 = 87 \% ; D_{\text{net}} = 87 \%$$

La tasa de velocidad de operación se calcula con la relación 2.6 y es:

$$TVO = (0.5 / 0.8) \times 100 = 62.5 \%$$

El tiempo de proceso actual se mide con la relación 2.8 y es:

$$TPA = 400 \times 0.8 = 320 \text{ min.}$$

La tasa de operación neta, según la relación 2.7 es igual a:

$$TON = (320 / 400) \times 100 = 80 \%$$

La tasa de rendimiento, según la relación 2.5 es:

$$TR = (0.80 \times 0.625) \times 100 = 50 \% ; \overline{TR} = 50 \%$$

La tasa de calidad, directamente será:

$$\overline{TC} = 98 \%$$

Finalmente la efectividad global del equipo, según la relación 2.1 es:

$$EGE = (0.87 \times 0.50 \times 0.98) \times 100 = 42.6 \%$$

$$\overline{EGE} = 42.6 \%$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Observaciones.

Aún cuando la disponibilidad del equipo es del 87 %, la efectividad global del equipo, cuando se calcula con datos actuales, aplicando el método del TPM no alcanza incluso el 50%, quedando en un valor sorprendentemente bajo de 42.6 %.

En esencia, los números revelan que el equipo se está usando solamente a la mitad de su potencial real y como resultado, la efectividad global del equipo no llega al 50 %.

Con la aplicación del TPM, la experiencia ha demostrado que se pueden lograr las siguientes condiciones:

- Disponibilidad mayor del 90 %
- Tasa de rendimiento mayor del 95 %
- Tasa de calidad de productos mayor del 99 %

Por tanto, la efectividad global del equipo ideal debe ser: $0.90 \times 0.95 \times 0.99 \times 100 = 85 \%$ ó mayor.

$$\overline{EGE} = 85 \% \text{ ó mayor.}$$

La **DISPONIBILIDAD** se mejora por la eliminación de averías, pérdidas en la preparación o ajuste y otras pérdidas por paradas.

El **RENDIMIENTO** se mejora por la eliminación de las pérdidas de velocidad, paradas menores y tiempos muertos.

La **CALIDAD** se mejora con la eliminación de defectos de calidad en el proceso y durante la puesta en marcha.

Finalmente, se puede concluir que cuando se desea mejorar la eficacia de un equipo es indispensable:

- Realizar mediciones detalladas y exactas.
- Fijar prioridades firmes.
- Establecer directrices y/o metas claras.

2.3 MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.⁽¹⁰⁾

El ideal del mantenimiento es que la persona que opere un equipo también le dé mantenimiento. Originalmente, estas dos funciones estaban integradas, sin embargo, gradualmente a medida que el equipo se vuelve más sofisticado, el negocio crece, y se adopta de forma generalizada el mantenimiento estilo americano, las funciones de mantenimiento y producción se separan. En Japón, durante el periodo de rápido crecimiento industrial de la posguerra, la mayor parte de los equipos se sustitúan por nuevos equipos desconocidos. Como respuesta a las exigencias de incremento de la producción, los departamentos de producción se concentraban en la "producción", mientras los departamentos de mantenimiento gradualmente asumían la responsabilidad de casi todas las funciones de mantenimiento. La especialidad bipolar continúa existiendo hoy en día.

El mantenimiento realizado por los operadores del equipo, o mantenimiento autónomo, puede contribuir significativamente a la eficacia global del equipo.

En el centro del mantenimiento autónomo se tiene la prevención del deterioro, que hasta hace poco ha sido descuidada en la mayoría de las fábricas.

La operación y el mantenimiento son inseparables.

La producción eficiente depende tanto de las actividades de producción como de las de mantenimiento, pero la relación entre operadores y personal de mantenimiento es a menudo antagónica. Por muy duro que trabaje el personal de mantenimiento, se obtiene poco progreso en la mejora de los equipos si la actitud del operador hacia el mantenimiento es "yo opero-tu arreglas".

Por otro lado, si los operadores pueden participar en la función de mantenimiento siendo responsables de la prevención del deterioro, es más probable que se consigan los objetivos de mantenimiento.

Este esfuerzo cooperativo permite que el personal de mantenimiento centre sus energías en tareas que requieren su propia capacidad técnica ("expertise"), lo que representa el primer paso hacia un mantenimiento más eficiente.

Según lo anterior la clasificación de las tareas de mantenimiento serían:

Se requieren dos tipos de actividades de mantenimiento para aumentar la efectividad.

1. - Las actividades de mantenimiento deben prevenir las averías y arreglar los equipos averiados. Deben desarrollarse en un ciclo que consiste en una operación normal combinada con mantenimiento preventivo (por ejemplo, mantenimiento diario, periódico, y predictivo) y el mantenimiento correctivo.

2. - Las actividades de mejora alargan la vida útil del equipo, reducen el tiempo requerido para realizar el mantenimiento, y hacen que el mantenimiento sea innecesario. La mejora paulatina de los equipos, la prevención, y el diseño libre de mantenimiento son todas ellas actividades del departamento de mantenimiento.

Así también el programa para el departamento de producción consideraría:

El departamento de producción debe llevar a cabo las siguientes actividades de prevención del deterioro y prevención de averías.

1. - Prevención del deterioro y de averías:

- Operar el equipo correctamente.
- Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, sujeción de tornillería).
- Realizar los ajustes adecuados (principalmente durante la operación y la preparación).
- Anotar datos de averías y otros defectos de funcionamiento.
- Colaborar con el departamento de mantenimiento para estudiar e implantar mejoras.

2. - Verificación del deterioro (por medio del uso de los cinco sentidos del ser humano):

- Realizar inspecciones diarias.
- Realizar ciertas inspecciones periódicas.

3. - Restauración de los equipos:

- Realizar reparaciones menores (sustitución simple de piezas y reparaciones temporales).
- Informar inmediata y correctamente las averías y otros fallos de funcionamiento.
- Ayudar en la reparación de averías.

Estas actividades, particularmente las de mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, sujeción de tornillería) y la inspección diaria, ayudan a descubrir posibles averías y a prevenir el deterioro, pero el personal de mantenimiento por sí sólo no las puede realizar adecuadamente. Son las personas que están más cerca de los equipos las que las realizan con más efectividad, es decir, los operadores.

El mantenimiento autónomo solamente se puede establecer con la orientación y ayuda del departamento de mantenimiento. Los departamentos de mantenimiento a menudo ignoran la necesidad de instruir a los operadores en los procedimientos de mantenimiento que deben realizar. Por ejemplo, pueden exigir inspecciones diarias y preparar e imponer estándares de inspección sin haber enseñado los métodos de inspección; fijar procedimientos de lubricación que toman 30 minutos de duración cuando únicamente se dispone de 10 minutos en el arranque de la jornada.

Otras actividades importantes del departamento de mantenimiento incluyen:

- Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.
- Creación de registros e historiales de mantenimiento.
- Evaluación de los resultados del trabajo de mantenimiento.
- Cooperación con las áreas de ingeniería y diseño de equipos.

La tabla 2.5 presenta las fases de desarrollo de un programa de mantenimiento autónomo.⁽¹⁰⁾

Raso:	Actividad.	Metas para el equipo (diagnóstico en punto de trabajo).
1. - Limpieza inicial.	Remover a fondo suciedad y contaminantes del equipo, retirar piezas desechadas del equipo.	-Eliminar causas de deterioro del entorno tales como polvo y suciedad. -Descubrir y tratar defectos.
2. -Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles.	Eliminar las fuentes de polvo o suciedad de áreas difíciles de limpiar y lubricar, reducir tiempo requerido para lubricación y limpieza.	-Mejorar el funcionamiento del equipo evitando que el polvo y otros contaminantes se adhieran y acumulen. -Mejorar la limpieza y lubricación.
3. -Estándares de limpieza y lubricación.	Fijar claros estándares de limpieza, lubricación y apretado de tornillería.	-Mantener las condiciones básicas del equipo.
4. -Inspección general.	Conducir educación sobre habilidades de inspección de acuerdo con manuales, encontrar y corregir defectos menores, modificar equipo para facilitar inspección.	-Inspeccionar visualmente las partes principales del equipo. -Facilitar inspección mediante métodos innovadores, como perfiles térmicos o detección de ruido
5. - Inspección autónoma.	Desarrollar y usar hoja de chequeo.	-Mantener condiciones óptimas del equipo una vez restaurado- -Revisar equipo y factores humanos, clarificar condiciones anormales. -Implantar mejoras.
6. -Organizar y ordenar el lugar de trabajo.	-Estándares de manipulación de materiales y operaciones. -Reducir tiempos de preparación y ajuste. -Recolección y registro de datos, estandarizar.	-Revisar y mejorar la distribución ("lay out") de la planta. -Implantar sistemas de control en el lugar de trabajo.
7. -Implantación plena del mantenimiento autónomo.	Desarrollar metas de compañía, comprometer actividades de mejora.	-Recoger y analizar diversos tipos de datos. -Identificar debilidades.

Tabla 2.5 Fases de desarrollo del mantenimiento autónomo.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

2.4 ACTIVIDADES DE PEQUEÑOS GRUPOS.⁽¹⁰⁾

Una característica única del TPM es su estructura promocional de pequeños grupos dedicados a actividades de mejora, integrados a la organización.

Las actividades de los pequeños grupos estilo japonés comenzó con los círculos de control de calidad (QC), introducidos en 1962. El concepto americano de cero defectos (ZD), que se realiza de manera individual más bien que en grupo, llegó a ser popular tres años más tarde.

NEC, primera compañía japonesa en implantar este concepto, lo combinó con los círculos de control de calidad (QC) estilo japonés para formar las actividades de grupos cero defectos.

La teoría organizacional considera a los grupos ZD japoneses "organizaciones formales", ya que participan en actividades relacionadas con la dirección para encontrar soluciones a los problemas de la compañía y trabajan para lograr las metas de la compañía. Además, pueden reunirse durante las horas de trabajo bajo la dirección del supervisor, así como durante el tiempo libre y algunas compañías pagan compensaciones por el tiempo invertido fuera del horario regular.

De acuerdo con esto, las actividades de los pequeños grupos TPM se basan en el modelo ZD y se integran a la organización. Específicamente, el TPM promueve el mantenimiento autónomo por los operarios a través de las actividades de pequeños grupos.

En las actividades de los pequeños grupos TPM los trabajadores son los jugadores líderes. En otras palabras, los que hacen el trabajo y asumen la responsabilidad de sí mismos, en vez de simplemente seguir las órdenes y hacer lo suficiente para ganarse la paga.

Cada trabajador hace y dirige su propio trabajo autónomamente, esforzándose por lograr los mejores resultados.

La simple solicitud a los empleados para que lubriquen, limpien, aprieten tornillos, e inspeccionen sus máquinas tendrá poco efecto a menos que los operarios sientan que son de hecho responsables del funcionamiento de sus máquinas. Sin el apoyo directo de los trabajadores, el mantenimiento autónomo falla.

Mientras los trabajadores deben jugar un rol principal, al mismo tiempo los directores deben jugar un papel fundamental trabajando para motivar a los trabajadores. En la motivación de las actividades de los pequeños grupos hay cuatro factores importantes.

- Reconocer la importancia del trabajo.
- Establecer y lograr metas.
- Activar y solucionar las sugerencias de los trabajadores.
- Recompensar los esfuerzos de los trabajadores.

Las metas de los pequeños grupos deben coincidir con las metas de la compañía.

De acuerdo con Hirota y Ueda⁽⁶⁾ los pequeños grupos autopromueven y satisfacen las metas de la compañía, así como las necesidades individuales de los empleados a través de actividades concretas.

Los equipos denominados "grupos" fijan metas compatibles con las metas más amplias de la compañía y las logran a través de la cooperación y el trabajo en equipo. Esto eleva los resultados de negocio de la compañía y promueve actividades que satisfacen las necesidades individuales de los empleados (autosatisfacción, éxito, motivación) y las necesidades de la organización. Las actividades de los pequeños grupos TPM son representativas de este tipo.

Por otro lado, el científico de la conducta Rensis Lickert⁽⁸⁾ compara las compañías y fábricas de elevada productividad con las de baja productividad, estudiando el impacto de diferentes políticas de dirección y niveles de concientización de los empleados y sus efectos en la productividad.

Lickert⁽⁸⁾ descubrió que las compañías altamente productivas se concentran en mejorar las variables de producto (factores tales como el volumen y los beneficios) así como también las variables intermedias (particularmente los recursos humanos que sirven como intermediarios para los resultados del negocio). Estas compañías intentan mejorar los resultados de negocios y las condiciones de trabajo.

Por otra parte las compañías y fábricas poco productivas, ignoran el factor humano y se enfocan solamente sobre las variables de producto.

El progreso de las actividades de los pequeños grupos puede dividirse en cuatro etapas:⁽¹⁰⁾

Etapas 1: Autodesarrollo. Al principio, los miembros del grupo, deben adquirir maestría en las técnicas; su motivación aumenta conforme se reconoce la importancia de cada persona.

Etapas 2: Actividades de mejora. Se realizan e implantan actividades de mejora del grupo, lo que conduce a un sentimiento de autosatisfacción.

Etapas 3: Resolución de problemas. En esta fase, pueden seleccionarse las metas de los pequeños grupos que complementan las metas de la compañía y los grupos se involucran más activamente en la resolución de problemas.

Etapas 4: Dirección autónoma. El grupo selecciona metas de mayor nivel consistentes con la política corporativa y autodirige su trabajo con independencia (interdependencia).

CAPÍTULO III
ORGANIZACIÓN PARA LA IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO
PRODUCTIVO TOTAL (TPM)

CAPÍTULO 3. ORGANIZACIÓN PARA LA IMPLANTACION DEL TPM.⁽¹⁰⁾

3.1 BASES PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM.

Lleva como mínimo tres años de implantación del TPM para que puedan lograrse resultados de 1er. mundo. Muchos directivos, emprendedores y deseosos de implantar programas beneficiosos, pueden decir, "Si otras compañías pueden hacerlo en tres años, nosotros podemos hacerlo en uno." Su entusiasmo es encomiable, pero pensar en invertir tan poco tiempo en un empeño de esta clase puede solamente conducir a un fracaso.

Tres requerimientos para la mejora fundamental.

La meta del TPM es efectuar mejoras fundamentales dentro de una compañía mejorando la utilización de equipos y trabajadores. Para eliminar las seis grandes pérdidas, debemos primero cambiar las actitudes del personal e incrementar sus capacidades.

Los tres factores principales para lograr mejoras en los lugares de trabajo son:

- Motivación.
- Competencia.
- Entorno de trabajo favorable.

De estas tres claves, la motivación y la habilidad son en gran parte responsabilidad del trabajador, pero la creación de un entorno de trabajo favorable está fuera de su control. Este entorno tiene componentes físicos y psicológicos que deben satisfacerse y a menos que la alta dirección asuma el liderazgo atacando seriamente este tema, no progresará regularmente la transformación cultural necesaria para la implantación del TPM.

La figura 3.1, muestra la división de las tres condiciones básicas para la implantación del TPM, en dos subgrupos: problemas humanos y de entorno.

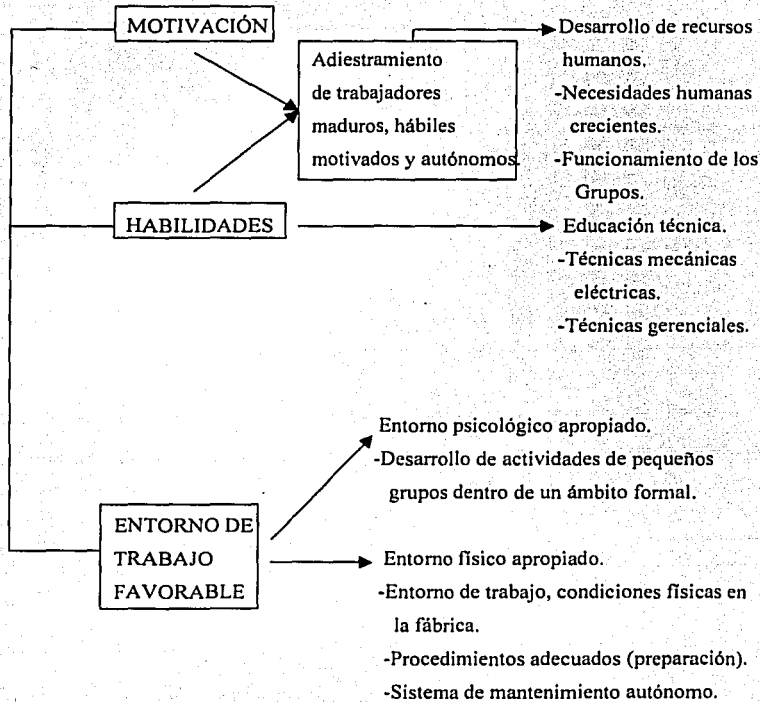


Figura 3.1 Tres condiciones básicas para la implantación del TPM⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

Funciones de la alta dirección para implantar el TPM:

La primera responsabilidad de la dirección es proveer el entrenamiento especial necesario para desarrollar una fuerza de trabajadores capaces, motivados y verdaderamente autónomos que poseen la educación precisa para realizar el mantenimiento autónomo.

Debe proveerse educación para el desarrollo personal que explore "lo que son los seres humanos", además de entrenamiento técnico en mantenimiento y técnicas operacionales.

La educación es la fuente de la motivación porque permite a las personas comprenderse a sí mismas. Las ciencias de la conducta (que exploran áreas tales como las motivaciones humanas, las diferencias entre los seres humanos y otros seres vivos, y la dinámica de grupos) es necesario llevarlas y hacerlas accesibles a los trabajadores.

La educación esencial para el desarrollo de individuos maduros comienza con una reevaluación de uno mismo y lo que significa ser humano.

La segunda responsabilidad de la dirección es proveer un entorno de trabajo favorable eliminando los problemas físicos y psicológicos de éste, que afecten negativamente a los trabajadores.

El entorno psicológico:

La creación de un entorno psicológico favorable requiere primero, cambiar desde un sistema de dirección autoritaria y, segundo, hacerlo de forma que la estructura de la compañía promueva la dirección participativa.

William G. Ouchi comparó los estilos de dirección japoneses y americanos y descubrió que técnicas de dirección similares a las que habían tenido éxito en Japón se operaban también con éxito en muchas compañías líderes en E.U.A. Denominó a estas compañías tipo Z⁽¹²⁾. Su característica más distintiva era el compromiso real de la dirección con los empleados, lo que proveía el fundamento de la mutua confianza, empeño e igualitarismo.

Lickert y Ouchi ⁽⁶⁾⁽⁸⁾ han concluido que el respeto hacia los trabajadores y una estructura que apoye a los empleados ayuda a desarrollar trabajadores autónomos y crea un entorno psicológico que estimula las actividades de pequeños grupos.

El entorno físico:

El entorno de trabajo se mejora adicionalmente cuando la dirección establece ciertas condiciones, tales como una estructura organizacional de mantenimiento autónomo (explicado en el capítulo 2.3) o un entorno de fábrica mejorado, también promoviendo y estableciendo la adhesión a estándares apropiados. Por ejemplo, si se estimula a los trabajadores a realizar actividades de pequeños grupos pero no tienen lugar apropiado para sostener reuniones, la mayoría de ellos probablemente perderán el entusiasmo. Sin embargo, algunos grupos que no disponían de un lugar de reunión apropiado, han mantenido las reuniones fuera de la fábrica. Las compañías en las que la dirección es entusiasta de las actividades de pequeños grupos a menudo construyen una sala de descanso en la fábrica que también se emplea como sala de reuniones.

Las cuestiones ambientales en la fábrica, tales como: ruido, iluminación, polvo, etc. Son cuestiones que la alta dirección también debe mejorar, conjuntamente con los trabajadores.

El TPM no puede implantarse si la alta dirección falla en proveer el entorno psicológico y físico que promueva una dirección verdaderamente participativa.

Resistencia al cambio:

La mayoría de las personas sienten una resistencia innata hacia los cambios, incluso hacia cambios que se supone tendrán consecuencias deseables.

El TPM aumenta la productividad y la calidad, reduce los costos, mejora los beneficios y crea un entorno de trabajo favorable. Aun así, la alta dirección de muchas compañías cuestiona la utilidad del TPM para su empresa, incluso después de observar los buenos resultados obtenidos por otras compañías. Muchas compañías prefieren el mantenimiento estilo americano. En otras compañías, los directores se preocupan por la carga adicional que sufren los operadores y al personal de mantenimiento le preocupa la capacitación de los operadores para llevar a cabo el mantenimiento.

La eliminación de este tipo de resistencia requiere una formación preliminar a todo nivel, que incluya sesiones informativas y de beneficios acerca del TPM.

3.2 DOCE PASOS DEL DESARROLLO DEL TPM.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

Las tres fases del desarrollo del TPM son:

- Preparación
- Ejecución
- Estabilización

En la fase de preparación se crea un entorno apropiado estableciendo un plan para la introducción del TPM.

Esta fase de preparación es análoga a la fase de diseño del producto, es cuando los detalles se preparan, planean y documentan.

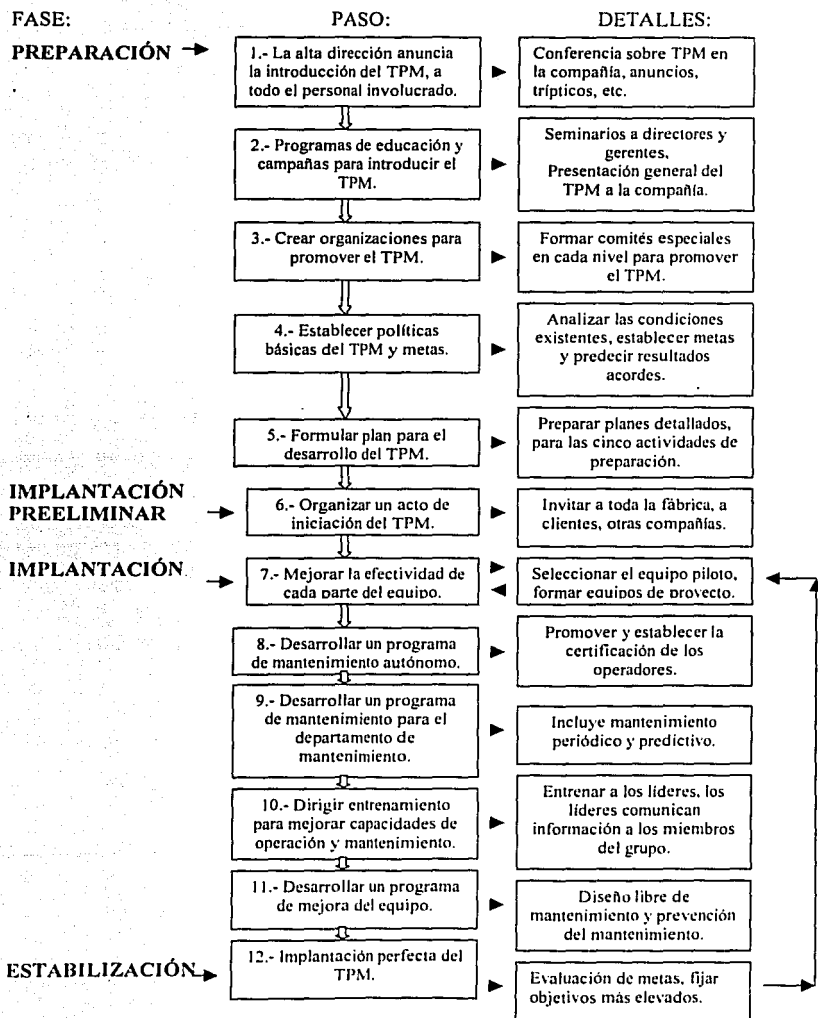
La fase de ejecución es comparable a la fase de producción de un producto. Los materiales se procesan, se hacen las piezas y, después de la inspección, se ensamblan. Una inspección final completa el proceso de fabricación. Este periodo se denomina la fase de estabilización.

Uno de los modos más efectivos para elevar la moral y lograr resultados positivos es dar a los empleados una meta por la que esforzarse. Por lo tanto, en la preparación para la ejecución es importante determinar el tiempo que llevará lograr metas específicas.

Dependiendo del tamaño de la compañía, nivel de tecnología, estándares de dirección y nivel actual de mantenimiento, la fase de preparación puede durar de tres a seis meses.

A continuación, lleva de dos a tres años completar el proceso de implantación. Es crucial prever tiempo suficiente para esta fase, puesto que de otra manera el resultado no será tan bueno como debiera, puede resultar de calidad inferior y sobretodo de muy poca durabilidad.

La figura 3.2 presenta los doce pasos básicos de un programa de desarrollo del TPM.⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾



CAPÍTULO IV

LÍNEA DE PRODUCCIÓN A IMPLANTAR

CAPÍTULO 4. LÍNEA DE PRODUCCIÓN A IMPLANTAR

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE GALLETAS.

La fabricación de galletas constituye un sector sustancial de la industria de la alimentación. La principal atracción de la industria galletera es que son alimentos convenientemente nutritivos con un gran margen de conservación.⁽³⁾

La fabricación de galletas se ha prestado a la mecanización y está entrando ahora en la esfera de la automatización.

Al mismo tiempo la mecanización ha posibilitado la reducción de los costos de mano de obra y se ha incrementado la importancia del mantenimiento y de los especialistas electrónicos.⁽³⁾

El ejercicio de aplicación del TPM se lleva a cabo en una línea de producción de galletas, razón por la cual se mencionan los procesos que se llevan a cabo en esta industria.⁽³⁾

Amasado:

Por medio de una máquina batidora (amasadora) con capacidad de hasta dos toneladas, se realiza la mezcla de los ingredientes para obtener una masa homogénea y uniforme. Los ingredientes básicos utilizados son: harina de trigo, azúcar, grasa vegetal y agua.

Alimentación:

A través de una tolva, la masa se hace llegar al equipo. Es importante mencionar que la alimentación siempre se realiza por la parte de arriba, para facilitar el descenso de la masa hacia el equipo.

Laminación:

Por medio de un juego triple de rodillos estriados, se lleva a cabo la compactación del trozo de masa, transformándolo en una lámina de espesor uniforme que abarque toda la anchura

del equipo. Es muy importante que no se produzcan tramos discontinuos o agujeros en la lámina de masa.

Calibración:

La lámina de masa pasa por uno o varios juegos de pares de rodillos lisos, que reducen gradualmente el espesor de la masa, hasta llegar al espesor exacto requerido para la forma y peso de la galleta.

Corte y forma:

Por medio de dos rodillos, uno de corte y otro de grabado, se produce no solamente el contorno del tamaño y forma de la galleta deseados; sino también la impresión de la superficie. Además por medio de una banda puente, se separa el recorte de masa de la figura de la galleta.

Cocción y homeado:

La cocción de la masa se realiza en un horno de fuego directo a una banda de acero de movimiento continuo, que consta de diferentes zonas de temperatura (hasta 6 zonas) para lograr la textura y color deseado de la galleta. La temperatura de las galletas a la salida del horno varía entre 80 y 100 grados centígrados.

Ingredientes adicionales (topping):

En este caso a la salida del horno, se encuentra la rociadora de aceite, que por medio de atomizadores coloca una delgada capa de aceite vegetal para dar la apariencia "aceitosita" de la galleta.

Enfriamiento:

Para lograr el enfriamiento de las galletas y dejarlas listas para el empaque, se consta de una o varias bandas de enfriamiento, que por medio de aire forzado o equipo de refrigeración, bajan la temperatura del producto a niveles de entre 25 y 30 grados centígrados.

Empaque:

El primer paso del empaque es una banda continua, en donde las piezas se colocan en grupos y líneas de alimentación directas al "apilador".

Alimentador (contador y apilador):

En este paso las piezas se acomodan en una sola línea y se dividen en el tamaño deseado para la venta. La forma de la galleta siendo redonda, da lugar al empaque en tubos con un peso determinado.

Máquina de empaque:

Por medio de un papel de polipropileno, los grupos de piezas se envuelven automáticamente quedando listos para su venta.

La hermeticidad del empaque es necesaria para proteger el producto de la suciedad y humedad del ambiente.

El empaque final se realiza en cajas para evitar la rotura del producto durante el transporte a los diferentes puntos de venta.

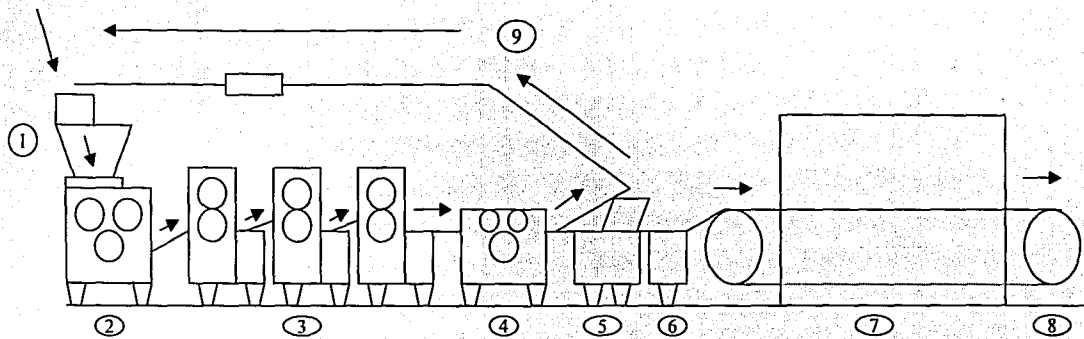
En la figura 4.1 se ilustra cada una de las etapas del proceso de elaboración de galletas, representándolo en la "línea No. 1" para su mejor comprensión.

Se denomina "línea No. 1" a la línea de producción donde se desarrollara la aplicación del TPM.

La línea No. 1 forma parte del equipo de producción de la fábrica de galletas: GAMESA S.A. DE C.V. ubicada en la colonia Industrial Vallejo en México D.F.

La galleta que se produce en la línea No. 1 se llama "SABROSAS", es una galleta redonda, salada con una cubierta delgada de aceite, que es la principal competencia de la galleta "RITZ" que es la galleta de este tipo más conocida y preferida.

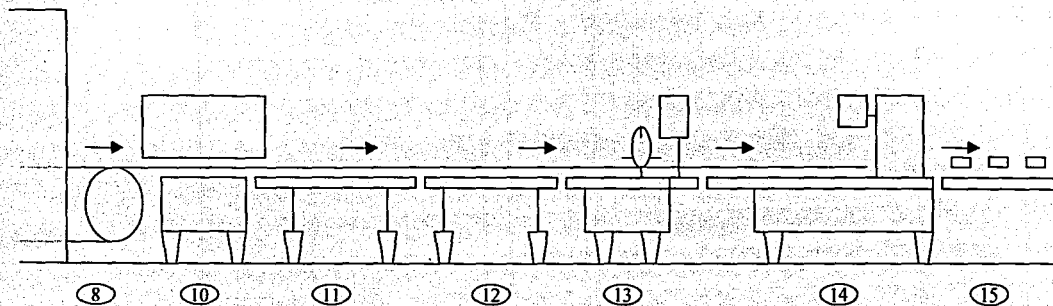
Figura 4.1 Etapas del proceso de elaboración de galletas



EQUIPO	
1.-	Tolva de alimentación de masa
2.-	Rodillos de laminación
3.-	Rodillos de calibración (3 juegos)
4.-	Rodillos de marcado y corte
5.-	Separador de recortes
6.-	Entrada al horno
7.-	Horno continuo de banda
8.-	Salida del horno
9.-	Reciclado de recortes

GAMESA S. A. De C. V. Planta Vallejo		
Titulo: Línea No. 1 (Galleta "sabrosas")		
Dibujo:	Reviso:	Acot: s/a
R.E.T.	R.E.T.	Escala: s/e
		No. Plano: 01
		Fecha: Jun. 2001.

Figura 4.1 Continuación de etapas del proceso de elaboración de galletas



EQUIPO	
8.-	Salida del horno
10.-	Rociadora de aceite
11.-	Bandas de enfriamiento
12.-	Banda de empaque
13.-	Alimentador "eagle" (apilador)
14.-	Máquina de empaque
15.-	Salida de producto empaquetado

GAMESA S. A. De C. V. Planta Vallejo		
Titulo: Línea No. 1 (Galleta "sabrosas")		
Dibujo:	Reviso:	Acot: s/a Escala: s/e No. Plano. 01 Fecha: Jun. 2001.
R.E.T.	R.E.T.	
○ □		

Continuando con la descripción de la "línea No. 1" es importante mencionar las características técnicas del equipo, además de incluir todas las bandas de transporte que intervienen para lograr la producción continua, hasta tener el producto final empacado y listo para la venta.

Los equipos, se pueden identificar en la figura 4.1, donde también se ilustraron los diferentes procesos dentro de una línea de producción de galletas.

EQUIPO :

1) Tolva de alimentación.

2) Juego de roles laminadores.

- Banda de entrega a primer juego de roles calibradores.

3) Primer juego de roles calibradores.

- Banda de entrega a segundo juego de roles calibradores.

3) Segundo juego de roles calibradores.

- Banda de entrega a tercer juego de roles calibradores.

3) Tercer juego de roles calibradores.

- Banda de corte y grabado.

4) Roto-molde de corte.

4) Roto-molde de grabado.

5) Banda levanta recorte.

9) Banda de retorno de recorte a tolva.

7) Horno.

CARACTERÍSTICAS:

Fabricación nacional en acero inoxidable.

Largo 1 m. Diámetro 0.45 m. Estriados.

Marca: Imaformi.

Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 2.5 m.

Cabezal italiano: Largo 1 m. Diam. 0.40 m. lisos, Marca: Imaformi.

Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 2.5 m.

Cabezal italiano: Largo 1 m. Diam. 0.40 m. lisos. Marca: Imaformi.

Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 2.5 m.

Cabezal italiano: Largo 1 m. Diam. 0.40 m. lisos. Marca: Imaformi.

Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 3.0 m.

Cabezal italiano de 468 vasos. (18x26).

Idem al de corte.

Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 1.5 m.

Banda sanitaria: Ancho 0.60 m. Largo 3.0 m.

Horno italiano: Ancho de banda 1.22 m.

Largo de cámara 80.0 m.

Seis zonas de temperatura.

Marca: Imaformi.

- | | |
|--|--|
| 8) Banda de salida de horno. | Banda de malla metálica en acero inoxidable
Ancho 1.3 m. Largo 3.0 m. |
| 10) Rociadora de aceite. | Tipo pulverizado con banda metálica de acero
Inoxidable. Ancho 1.3 m. Largo 4.0 m.
Marca: Comas. |
| 11) Banda de enfriamiento y apilado. | Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 6.0 m. |
| 11) Banda de enfriamiento. | Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 14.0 m. |
| 12) Banda de empaque. | Banda sanitaria: Ancho 1.3 m. Largo 12.0 m. |
| 13) y 14) Máquina de empaque.
(cinco unidades). | Alimentador "eagle" marca FMS.
Empacadora "DINGA" (Diseños Industriales
Gamesa). Capacidad 85 golpes por minuto.
Para un paquete de 95 gramos.
Marca: 3 M cabezal sencillo. |
| • Armadora de caja de cartón. | Marca: 3 M cabezal doble. |
| • Cerradora de caja de cartón. | Fabricación nacional en acero inoxidable. |
| • Mesa de salida de producto terminado. | |

Todos los datos anteriores son importantes, sin embargo la principal característica de la línea No. 1, que dio lugar a que la dirección de GAMESA S.A. DE C.V. decidiera la aplicación de una nueva técnica de operación y mantenimiento como el TPM, es que esta línea de producción era totalmente nueva y automática, y aún así, los resultados que se logran eran iguales o muy similares a las otras líneas de producción semiautomáticas o manuales.

4.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

Los parámetros de operación son los índices mediante los cuales, al analizarlos, se debe conocer el resultado del funcionamiento de un equipo de producción y por ende, decidir si el resultado de la operación del equipo es óptima, aceptable o deficiente.

A continuación en la tabla 4.1, se presenta el reporte de producción típico de la línea no. 1, que como ya se indicó anteriormente, es la línea de producción de la compañía GAMESA S.A. DE C.V. que se eligió para desarrollar la prueba piloto de implantación del TPM.

Reporte diario de producción:

Línea	Producto	Velocidad (Kg./hr.)	Tiempo Programado (min.)	Tiempo perdido (min.)	Producción programada (Kg.)	Producción empacada (Kg.)	Desper- -dicio (Kg.)	Desper- -dicio. (%)	Efici- encia (%)
1	sabrosas	2.077	1440	60	45,968	45,011	1248	2.70	97.9

Descripción del tiempo perdido:

Causa	Falla mecánica (min.)	Falla eléctrica (min.)	Falla de operación (min.)	Falla de servicios de fábrica (min.)	Otros (min.)
Coser banda	10				
Falla en maq. Paquetera	50				

Tabla 4.1 Reporte de producción. Línea No. 1 GAMESA S.A. DE C.V.

Analizando el anterior reporte de producción se puede observar, que los siguientes parámetros son datos que ya se tienen:

Velocidad..... $V_c = 2,077 \text{ Kg / hr} = 34.616 \text{ Kg / minuto}$

Tiempo programado..... $T_{pro} = 1440 \text{ minutos} = 24 \text{ horas}$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ahora bien, los parámetros resultado de la operación de la línea al final del día, fueron los siguientes, según el mismo reporte.

Producción empacada.....Pe = 45, 011 Kg

Desperdicio.....De = 1, 248 Kg

Tiempo perdido..... Tpe = 60 minutos

Entonces la producción programada (Ppro), se debería de obtener por la relación siguiente:

$$Ppro = Ve \times Tpro \dots\dots\dots(4.1)$$

Y sustituyendo valores, el resultado sería:

$$Ppro = 34.616 \text{ [Kg/min]} \times 1440 \text{ [min]} = 49, 847.04 \text{ Kg} \quad Ppro = 49, 847.04 \text{ Kg}$$

Sin embargo, el reporte de producción, indica como producción programada (Ppro), solamente la cantidad de 45, 968 Kg, lo que indica que existen 112 minutos aproximadamente, que no están considerados para evaluar el funcionamiento de la línea de producción y que no aparecen reportados por ningún lado.

Otra observación importante, en la tabla 4.1, es que la eficiencia (Ef), se obtiene por la relación 4.2:

$$Ef = Pe / Ppro \dots\dots\dots(4.2)$$

Y es igual al 97.9 %, lo que es un resultado excelente. Pero al considerar el número de producción programada (Ppro), que sería el correcto y aplicando la relación (4.2) se tiene que:

$$Ef = 45, 011 \text{ Kg} / 49, 847.04 \text{ Kg} = 90.29 \%$$

$$Ef = 90.29 \%$$

Por lo tanto, la diferencia en la eficiencia es de más de 7 %, lo que cambiaría totalmente el concepto del funcionamiento de la línea de producción, “de ser excelente, a ser regular o malo”.

Observaciones adicionales al reporte de producción de la línea No. 1

- No se tiene a la vista el resultado de calidad, por lo tanto, no se sabe si el desperdicio indicado incluye los defectos de calidad o solo el desperdicio generado. Sin hacer hincapié en la causa de este desperdicio.
- Las averías que ocasionaron el único tiempo perdido reportado no se especifican claramente y no se precisa el tipo y lugar de la falla.

Se puede concluir que en el anterior reporte de producción, existen demasiados huecos y omisiones, que ameritan un análisis del tipo que nos propone el TPM.

Finalmente es importante añadir, que debido a la anterior conclusión, al hacer la evaluación de la línea de producción, después de la implantación del TPM, no se aplicara el reporte de la tabla 4.1, ni el tipo de cálculos aquí explicados, por considerarlos “no representativos”.

CAPÍTULO V
IMPLANTACIÓN

CAPÍTULO 5. IMPLANTACIÓN.

Para realizar las actividades del TPM descritas en los capítulos anteriores, una compañía necesita personal con fuerte adiestramiento en mantenimiento y en diversos temas relacionados con la línea de producción.

Los operarios y personal de mantenimiento deben estar íntimamente integrados y aplicar sus conocimientos y experiencia para mantener la línea de producción en perfecto estado y lograr buenos resultados.⁽⁹⁾

Así pues lo primero que se necesita para la implementación del TPM, es que el personal tenga la voluntad de aprender, la capacidad de integrarse, comunicarse fácilmente y desarrollarse en nuevas técnicas de trabajo, factores que se logran a través de la capacitación.⁽⁹⁾

5.1 CAPACITACIÓN.

Como se menciona en el capítulo 3, los tres requerimientos básicos con respecto a los trabajadores y las compañías para lograr mejoras son:⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾

1. -Motivación.
2. -Habilidad (capacidad).
3. -Entorno de trabajo.

Se sabe que la motivación y la habilidad son en gran parte responsabilidad del autodesarrollo de las personas, pero las compañías deben preocuparse por proporcionar los medios y capacitación para el desarrollo del trabajador. Sobre todo en países como México, es muy importante lograr un cambio de actitud y evitar o disminuir la resistencia al cambio, condición básica y necesaria para la implantación de un programa como el TPM.

A continuación se describen los cursos aplicados para el logro del primer factor básico (motivación) para la mejora.

1. - La importancia del ser.⁽⁷⁾

Objetivo general:

Motivar a un cambio permanente en la actitud de los participantes, logrando que surjan estímulos individuales para decidir la adopción de un comportamiento mejor, como personas y como trabajadores.

Objetivos específicos:

Este objetivo se circunscribe a lograr en las personas asistentes lo siguiente.

- a) Actitudes positivas
- b) Deseo de cambio y superación
- c) Toma de conciencia de nuestra importancia y objetivo en la vida
- d) Toma de conciencia de nuestra importancia y objetivo en el trabajo
- e) Integración de los anteriores conceptos, mediante un comportamiento personal acorde y firme.

Duración:

40 horas, dividido en 5 sesiones de 8 horas.

Para el curso anterior se puede recomendar la siguiente bibliografía:

Curso de motivación: "La importancia del ser".

Autor. Ignacio Piña Pérez.

Secretaría de Educación Pública.

Registro No. 23804

20 de septiembre de 1994.

2. - Desarrollo y excelencia humana:⁽⁴⁾**Objetivo:**

Identificar las diferentes actitudes que asume el ser humano y el impacto que provocan en la obtención de resultados en la vida y en el trabajo.

Módulo 1: Conocimiento interior.

- a) Autoconocimiento
- b) El yo integral
- c) La autoestima
- d) Autoestima baja
- e) Autoestima alta
- f) Desarrollo de la autoestima

Módulo 2: El individuo y la personalidad.

- a) Asertividad
- b) La mente humana
- c) La mente consciente y subconsciente
- d) La actitud
- e) La personalidad
- f) El núcleo profundo de la identidad personal
- g) La educación

Módulo 3: La gente de éxito.

- a) El cambio
- b) Excelencia
- c) Los siete hábitos de la excelencia
- d) Metas

Módulo 4: La comunicación y la empresa.

- a) La comunicación, esencial en la vida
- b) Comunicación biológica, animal y humana
- c) El origen de la comunicación y la importancia de saber escuchar
- d) Circunstancias, tiempos y personas que facilitan o dificultan la comunicación
- e) Acciones para lograr una comunicación adecuada
- f) Plan personal para lograr una comunicación adecuada
- g) El desarrollo personal
- h) Conceptualización de la empresa

Duración:

64 horas, dividido en 8 sesiones de 8 horas.

La bibliografía recomendada para el curso es la siguiente.

Programa de motivación: "Desarrollo y excelencia humana".

Autor: GAMESA S.A. DE C.V. y CAPREH, S.C.

Teléfono: 56-89-41-56 y 55-49-52-24

Después de la realización de los cursos de motivación durante un tiempo que va desde el inicio de los cursos, hasta tres meses o seis meses después. Se lleva a cabo la evaluación y resultados, siguiendo el sistema de control que se describe en la tabla 5.1.

Se recalca que el personal evaluado corresponde únicamente a la línea No. 1 de producción de galletas tipo "sabrosas", de la compañía GAMESA S.A. DE C.V., que fue la línea seleccionada para realizar el proyecto de prueba piloto de implantación del TPM.

Evaluación de los cursos de motivación al personal de la línea no. 1

Número de Personas.	Tipo de Trabajo.	Escolaridad	Sueldo (\$)	Importancia del ser. Asistencia. (%)	Excelencia humana. Asistencia (%)	Ausentismo en su trabajo. (%)	Participación en reuniones de retroalimentación fuera de horario de trabajo. (%)	Actitud hacia el cambio a TPM. I. indiferente M. mala R. regular B. buena E. excelente
3	Operador Clave 01	Bachillerato	121.68	100	100	0	100	B
6	Operador Clave 02	Secundaria	87.75	97	98	0	98	E
15	Operador Clave 03	Secundaria trunca y primaria	79.56	96	99	1	96	E
30	Alimentador y empacador. Clave 04	Primaria y primaria trunca	70.20	98	99	1	96	E
10	Ayudante Clave 05	Primaria y primaria trunca	56.16	92	90	2	91	R

Tabla 5.1 Evaluación de los cursos de motivación.

Conclusiones:

1. Se observa una participación del 100 % en los operadores de mayor rango, ya que "sienten" que es parte de su responsabilidad el asistir a todo curso que se les invita, sin embargo, su disposición al cambio es apenas "buena".
2. El mayor impacto de la capacitación se nota en el personal que por alguna razón no concluyo estudios de primaria o secundaria y tiene un nivel medio de responsabilidad en la línea de producción. Sus deseos de desarrollo resurgen y su impulso de cooperar y llevar a cabo el cambio son "excelentes".
3. El punto anterior logró que la compañía aumentara presupuesto y personal, al seguimiento de la educación para adultos (INEA), para llevarla a cabo con las mayores facilidades para los trabajadores.
4. La influencia que se logra en el personal que no "siente" ninguna responsabilidad es muy poca, como es el caso de los ayudantes. Se puede decir: "Que ha medida que un trabajador se siente parte importante de los resultados, con un clima de desarrollo y buen ambiente de trabajo, se pueden lograr beneficios insospechados".

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

El siguiente paso consiste en preparar personal para que sea capaz de dirigir e integrarse a un grupo y se logre la formación de equipos de trabajo, que son la base para el desarrollo de soluciones que generen los trabajadores y ellos mismos resuelvan y así propiciar su involucramiento y sentimiento de responsabilidad en cualquier acontecimiento de la línea de producción.

Basándose en la tabla 5.1 y por recomendación del instructor contratado para el curso de formación de líderes, se eligió a 12 personas, basándose únicamente en el concepto de actitud y disposición al cambio de la siguiente manera:

- 5 Trabajadores con una actitud excelente a la cooperación y al cambio.
- 3 Trabajadores con una actitud media al involucramiento y deseos de cambio.
- 2 Trabajadores totalmente negativos a cualquier participación.
- 2 Trabajadores indiferentes a cualquier invitación de involucramiento y participación.

El curso de formación de líderes se ocupa principalmente de las siguientes tres áreas:⁽⁵⁾

- Trato con las personas
- Trato con la información
- Trato con el tiempo

Otorgándole al "trato con las personas" una importancia mayor.

Objetivos:

- Efectividad óptima. (hacia individuos y grupos)
- Mejorar preparación personal y uso más racional del tiempo
- Resultados eficientes de los colaboradores en el trabajo con reducida intervención del jefe.

- Elevada integración y disposición al rendimiento
- Iniciativa propia y creatividad
- Relaciones humanas más estables y operativas
- Liderazgo innovador

Contenido:

- Colaboradores motivados a través de su integración consciente en la empresa
- Conducta personal apropiada a la situación, en función de las personas involucradas, de las tareas a resolver y de las estrategias de la empresa
- Instrumentos de mando avalados por la práctica:
Principios de liderazgo, cuya aplicación produce resultados tangibles
- El diálogo con el colaborador que conduce a una auténtica cooperación.
- Estimulación de la propia creatividad y de la creatividad de los colaboradores
- La reunión. Cómo se dirige una reunión de forma racional y motivadora
- Evaluación de los colaboradores. Cómo evaluar a los colaboradores con realismo
- La delegación. Cómo delegar motivando y sin riesgos
- El control. Cómo controlar correctamente
- Ser líder innovador, digno de imitación

Metodología del curso de líderes:

El curso de líderes es un entrenamiento por intervalos, que permite a los participantes trasladar lo aprendido inmediatamente a la práctica. Se compone de:

- Preparación individual de los participantes. El número de participantes está limitado a 12 personas. Esto permite un entrenamiento en estrecha relación con la práctica que conduce a resultados concretos inmediatos.
- Fase de moderador, es decir, 5 sesiones de entrenamiento de un día completo (8 horas en un lugar ajeno a la empresa), cada una con el moderador y dejando intervalos para la práctica de 3 ó 4 semanas.

- A cada participante se le encomiendan tareas concretas para su trabajo cotidiano a informar en la siguiente sesión sobre los resultados obtenidos. (Con ésto se garantiza que también se ha recorrido realmente el camino de la teoría a la práctica).

Duración:

De 3 a 4 meses con 6 a 8 meses de práctica.

Para el curso de estudio se recomienda la siguiente bibliografía:

Curso: Management 1

Autor: Gustav Kaser Training International

Kaser Training International México, S . C.

Calz. Del Valle 260 Ote. Tel. (83) 56 01 22 / 35 28 00

Garza García, Monterrey, N.L.:

A continuación se presenta la evaluación de los trabajadores que asistieron al curso de líderes en la tabla 5.2.

No. De trabajadores	Asistencia al curso (%)	Evaluación entregada por el instructor	Actitud al cambio antes del curso	Actitud al cambio después del curso
5	100	10	Excelente	Excelente
3	100	10	Buena o regular	Excelente
2	100	9	Mala	Buena
2	100	9	Indiferente	Excelente

Tabla 5.2 Evaluación del curso de formación de líderes.

Conclusiones:

1. Todos los trabajadores son personas factibles de mejora, no importando: edad, sexo, preparación escolar, nivel socioeconómico, etc.
2. El personal indiferente al cambio, modificó totalmente su actitud, al tener acceso a la información y convencerse de que se les estaba tomando en cuenta y que las acciones de la compañía eran con el objetivo de la mejora de todos.

3. En el personal con mala actitud (negativa), su proceso de desarrollo es un poco más lento, pero cuando notan la actitud de otros compañeros, empiezan a abandonar el pensamiento de que la compañía solo quiere explotarlos, aunado a que en su vida diaria y familiar se dan cuenta de los cambios que pueden hacer y así mismo en su área de trabajo.
4. Siempre existe alguna persona, que por más esfuerzos que se hagan para integrarlo al proceso de cambio, su resistencia es a toda prueba. A estas personas es urgente identificarlas y separarlas del grupo, para lograr avances más rápidos y consistentes en la aplicación del TPM.

Teniendo cubierto el factor de motivación en los trabajadores, es importante continuar con la capacitación, enfocada ahora al desarrollo de habilidades de los operadores.

Día tras día, los operadores deben mantener al equipo funcionando normalmente, pero rara vez entienden al equipo que usan. Sabiendo poco sobre cómo y por qué el equipo funciona, es muy difícil que los resultados mejoren.

Las funciones de mantenimiento que recaen sobre los operadores en el TPM ayudan a superar esta situación y no son particularmente difíciles. Incluyen la limpieza regular, la lubricación, y el apretado de tornillería para mantener el equipo funcionando regularmente. Se espera también que los operarios aprendan a usar sus sentidos para detectar anomalías en la maquinaria. Cuando los operarios asumen responsabilidades sobre estas funciones, aumenta su sentido de pertenencia sobre la máquina y el personal de mantenimiento dispondrá de más tiempo para eficientar su trabajo.

Los cursos aplicados para el desarrollo de la habilidad de los operadores fueron:

- Mecánica básica.
- Electricidad básica.

1. - Mecánica básica.⁽²⁾

Temario: Introducción al funcionamiento de máquinas.

Instrumentos de medición. Flexometro, calibrador, micrómetro.

Potencia mecánica.

Lubricantes, aceites y grasas.

Lubricantes especiales para la industria alimenticia. Leyes y normas.

Cojinetes y rodamientos.

Neumática industrial.

Acoplamientos.

Alineación básica.

Embragues.

Bandas y poleas.

Cadenas y catarinas.

Engranés.

Reductores de velocidad.

2. - Electricidad básica.⁽¹⁾

Temario: Introducción a la electricidad.

Conceptos básicos.

Prácticas seguras.

Instrumentos de medición. Multímetro.

Simbología y diagramas básicos.

Circuitos eléctricos básicos.

Sistemas de alumbrado.

Electrónica básica.

Duración:

Los cursos se desarrollaron conjuntamente con el Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (CONALEP) en el plantel Tlalnepantla II, con duración de un semestre escolar cada curso, con clase cada tercer día de 4 horas.

Es importante mencionar que este convenio incluyó la certificación por parte del CONALEP a los trabajadores como TÉCNICO OPERADOR GAMESA.

Resultados:

- Del total de 26 operadores de la línea no. 1 que fueron invitados, 24 de ellos obtuvieron su Certificado de Técnico Operador. Aprovechamiento de más del 90 %.
- Compromiso por parte de los operadores de realizar actividades de mantenimiento autónomo, consistente en los siguientes puntos.
 - a) Realizar un chequeo total del equipo antes de arrancarlo, verificando niveles de aceite, valor de corriente eléctrica y observando cualquier vibración anormal o anomalía.
 - b) Periódicamente verificar temperaturas, velocidades y los elementos importantes durante la operación y continuar alertas ante ruidos o vibraciones inusuales.
 - c) Observar el panel de instrumentos para verificar cualquier anomalía.
 - d) Asegurarse que el equipo siempre esté limpio y bien lubricado, reponiendo lubricante cuando se necesite.
 - e) Reportar inmediata y precisamente al departamento de mantenimiento o a su supervisor cualquier anomalía detectada.

5.2 ORGANIZACIÓN DE LOS GRUPOS.

Como se ha mencionado, todas las mejoras al aplicar el TPM provienen de la participación e involucramiento de todos los trabajadores de la compañía, de igual forma la mayoría de las soluciones deben realizarlas los mismos trabajadores, con la mínima participación del personal directivo, lo que dará lugar a trabajadores comprometidos y orgullosos de sus tareas, llegando finalmente (como se dice en los países del 1er. Mundo) a tener trabajadores autodirigidos de alto desempeño. ¿ Pero cómo se logra la estructura para que funcione esto en realidad?

En la figura 5.1 se describe la propuesta de formación de los grupos de trabajo, a partir de la línea piloto de implantación, hasta llegar al presidente de la compañía.

Funcionamiento e integración de los grupos:

GRUPOS 1, 2 y 3: Se forman de la totalidad del personal que trabaja en los diferentes turnos de la línea no. 1, además del técnico responsable de control de calidad del producto y del técnico de mantenimiento especialista en la misma línea de producción (en el caso del personal de mantenimiento, según el grado de especialización pueden intervenir, hasta 2 personas como máximo, para no saturar el grupo y sea difícil su desarrollo).

GRUPO 4: Formado por todos los jefes de sección de la fábrica, además de los trabajadores líderes elegidos por cada turno de producción (selección, que por lo regular siempre recae en los operadores o en aquellos que recibieron el curso de líderes mencionado, en el capítulo de capacitación), para comunicar y explicar sus necesidades o propuestas de mejora a los niveles de jefatura de la compañía. Aquí es muy importante la participación de un elemento llamado "Coordinador TPM" que puede ser una persona ajena a cualquier otra responsabilidad, pero con una amplia capacitación en el TPM, esta tarea también puede ser desempeñada por algún supervisor o jefe de área.

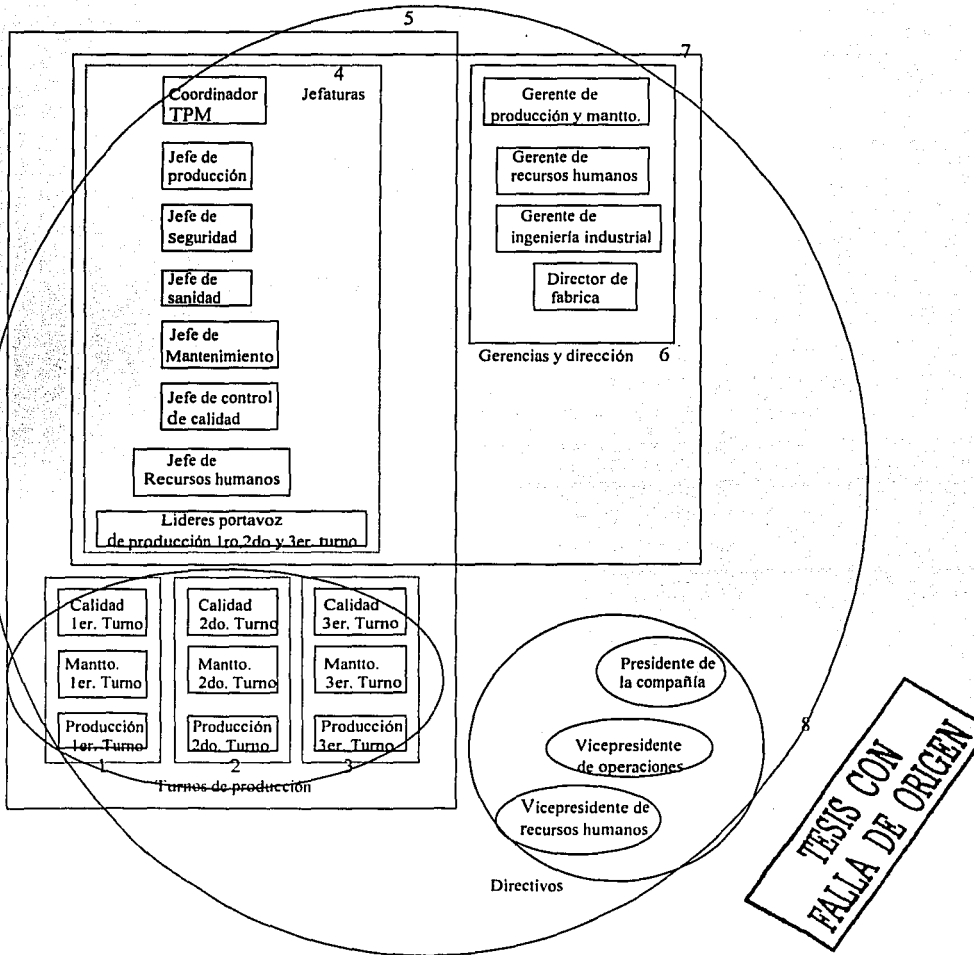


Figura 5.1 Estructura y formación de los grupos de trabajo para el TPM en GAMESA S.A. DE C.V. Línea no. 1 (Piloto de aplicación del TPM).

GRUPO 5: Formado por los grupos 1,2,3, y 4, solo que en este grupo no se integran la totalidad de trabajadores de la línea de producción, sino solamente los líderes portavoz seleccionados con anterioridad, (uno ó dos por cada turno).

GRUPO 6: Se integra del personal ejecutivo de la fábrica, incluye las gerencias y director.

GRUPO 7: Se forma por la unión de los grupos 5 y 6.

GRUPO 8: Este grupo, el más grande de todos, incluye a todos los anteriores, además de los niveles más altos de la compañía, como son el presidente y los vicepresidentes.

Como se puede observar en la formación de los grupos para el desarrollo del TPM, se inicia desde el nivel básico de los trabajadores y se llega a la inclusión del presidente de la compañía. Esto garantizará la participación e integración de todos los trabajadores y además de que las necesidades y/o propuestas de mejora, no se queden traspapeladas en algún nivel intermedio de la compañía.

También, es muy importante mencionar la intersección natural que tienen los grupos de trabajo, lo que hace posible que cualquier trabajador tenga una vía de comunicación al nivel más alto de la empresa, mejorando la comunicación y por supuesto la coordinación para el logro de los objetivos planteados.

Además, no se debe olvidar que los directivos de la empresa son los responsables de crear un ambiente adecuado al desarrollo, situación que sólo se logra si los niveles ejecutivos tienen un contacto directo con los trabajadores.

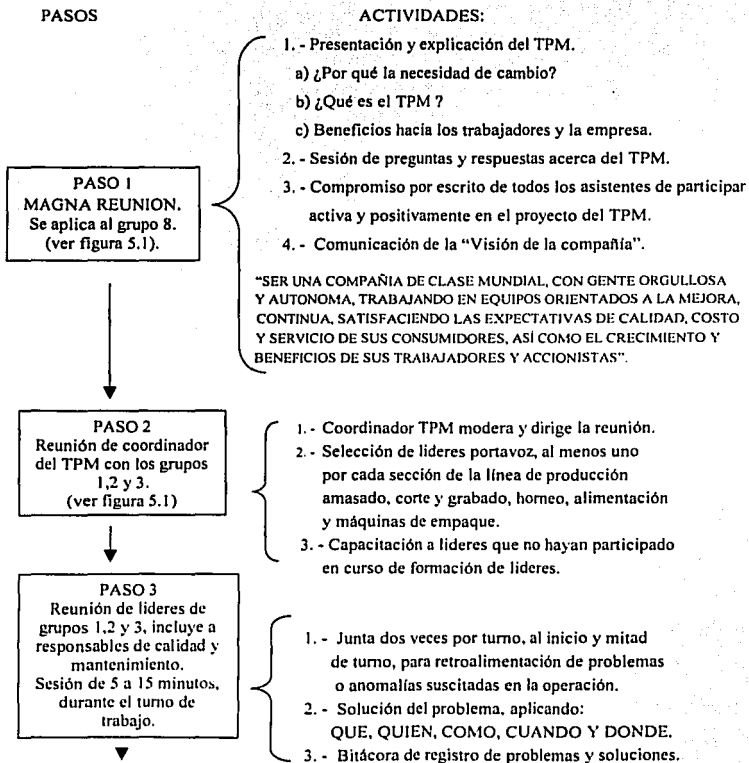
El cómo funcionan los grupos de trabajo, como se interrelacionan y como se llega a soluciones que redundan en buenos resultados, se explicará en el punto 5.3 "Desarrollo de soluciones", que es parte de este mismo capítulo.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Metodología del trabajo de los grupos:

El funcionamiento de los grupos, como se intersectan en sus actividades, el involucramiento y sobre todo, el propiciar la participación de todos los trabajadores, es una de las características más sobresalientes del TPM. Por lo tanto, es muy importante que se establezcan claramente las actividades de todos los grupos.

La figura 5.2 muestra el diagrama de desarrollo de las funciones de los grupos.



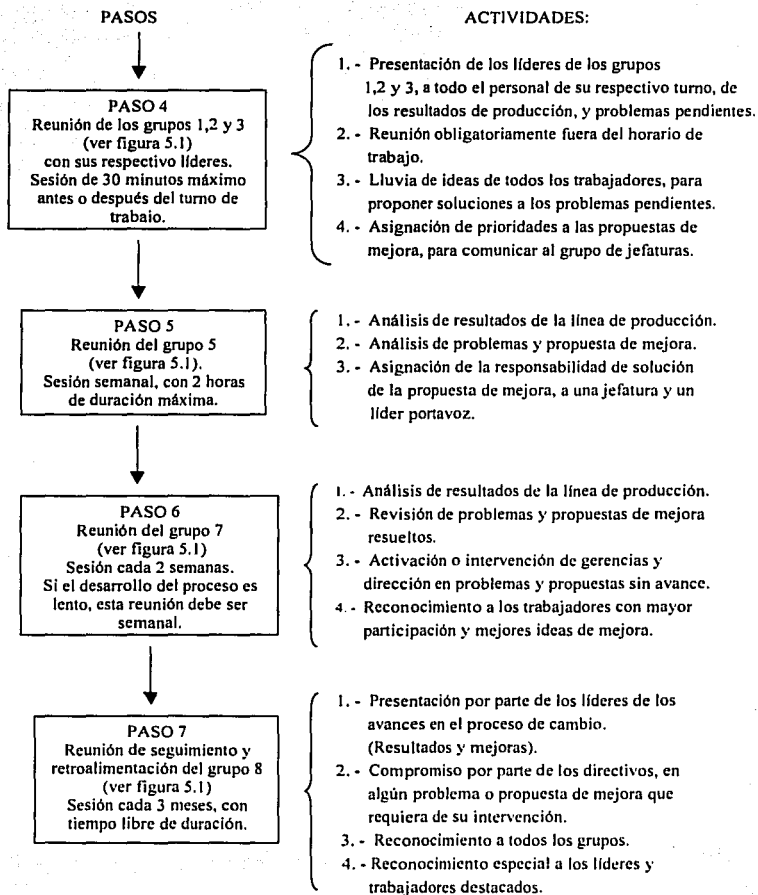


Figura 5.2 Proceso de desarrollo del trabajo de los grupos.

Resultados del trabajo de los grupos en el TPM.

- Se provoca una interacción constante entre todos los niveles jerárquicos, provocando el incremento de la comunicación, logrando que los esfuerzos de la compañía sigan fácilmente una sola dirección y por lo tanto, el logro de objetivos es más sencillo.
- Sorprendentemente las ideas resultantes de este sistema de trabajo, son aplicables de una forma sencilla, y las mejoras realizadas, en general, demuestran que los trabajadores son los verdaderos "expertos" en su puesto de trabajo.
- La automotivación que se desarrolla en los trabajadores, es uno de los logros más importantes del TPM, ya que trabajadores antes apáticos y desinteresados, ahora demuestran un gran deseo de aprender y mejorar el funcionamiento de sus máquinas.
- El conocimiento de los resultados por todos los trabajadores provoca una preocupación por mejorarlos y al observar las mejoras y los avances, el ánimo y ambiente de trabajo cambia a ser totalmente positivo y participativo.

La fotografía 5.1 muestra la buena actitud lograda en los operadores para el ajuste y cuidado de sus máquinas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 5.1 Operador ajustando máquina formadora de paquete de galletas.

5.3 DESARROLLO DE SOLUCIONES.

Contando con un buen nivel de motivación y disposición al cambio de todos los trabajadores de la línea de producción, los operadores certificados y con un compromiso de participación, no inmediatamente se debe pensar en que van a generar soluciones a los problemas de la línea.

Durante un periodo de 2 a 3 meses a los grupos de trabajo 1,2 y 3 (que se forman del total de trabajadores de la línea) se les debe enseñar a:

- Leer los parámetros de operación.
- Calcular correctamente los parámetros de operación.
- Interpretar adecuadamente los parámetros de operación.
- Identificar los diferentes factores que afectan dichos parámetros de operación.

Así, durante una sesión de una hora a la semana, en 10 semanas, se les enseña de una manera lo más sencilla y clara posible los siguientes parámetros.

1. - PRODUCTIVIDAD:

Es la cantidad en número de kilos o piezas producidas, que cumplen con determinadas especificaciones, resultado del trabajo de las personas en un cierto tiempo en un equipo o línea de producción dada, la productividad se puede medir con la siguiente relación.

$$P = Kg / hr \times h \dots\dots\dots (5.1)$$

En donde:

P = Productividad

Kg = Kilogramos producidos

hr = Horas de producción.

h. = Personas ocupadas en la línea de producción.

El resultado de la relación (5.1) indica la cantidad de kilos o piezas (según sea el caso) producidos por cada trabajador, por cada hora de operación de la línea de producción.

La productividad se ve afectada principalmente por los siguientes factores:

- Desperdicio
- Tiempo perdido
- Personal utilizado

Desperdicio: Kilos de materia prima o kilos de producto, que por alguna razón no continua el proceso hasta llegar al producto final listo para su venta.

Tiempo perdido: Las averías, la operación de la línea de producción a menor velocidad, que la estándar y cualquier paro que detenga la producción, es el tiempo perdido que ocasiona la reducción de kilos o piezas producidas, reduciendo el resultado de productividad.

Personal utilizado en la línea de producción: La optimización de los trabajadores asignados a la línea de producción, es un factor a cuidar, ya que a mayor número de personas ocupadas, obteniendo la misma cantidad de producción, el resultado de la productividad disminuirá drásticamente.

2. – CALIDAD:

Es el conjunto de especificaciones y cualidades que debe cumplir y tener un producto o pieza para ser aceptado por el consumidor, estas cualidades y especificaciones deben tener una relación "producto-precio" atractiva para el cliente o consumidor, de otra manera, no se venderá y por lo tanto su fabricación pierde sentido.

Se expresa por lo general en porcentaje de producto " aceptable" y se puede medir con el modelo matemático (5.2).

$$C = ((K_{gp} - K_{gd}) / K_{gp}) \times 100 \dots \dots \dots (5.2)$$

En donde:

C = Calidad.

Kgp = kilos de producto procesados.

Kgd = kilos de producto con defectos.

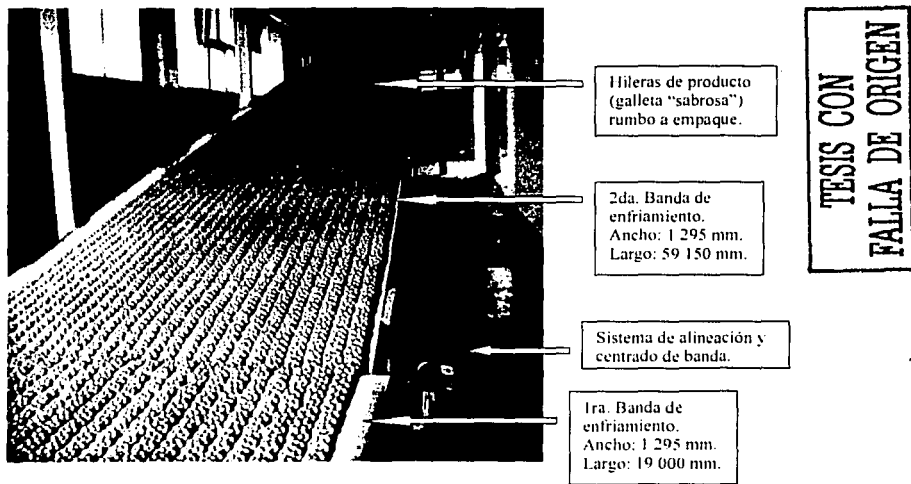
La calidad se ve afectada directamente por la cantidad de producto (ya sea producto en proceso o producto terminado) que tenga un defecto, que haga imposible la venta al consumidor o cliente.

Finalmente, se puede concluir que por medio de la productividad y calidad, se logra la atención, el conocimiento y la capacidad de los trabajadores para desenvolverse en el trabajo de los grupos, comprendiendo de una manera sencilla como afectan sus acciones y desempeño, los resultados de su línea de producción y a los resultados de la compañía en general.

A continuación se presentan las mejoras más representativas en la línea número 1 de Gamesa S.A. de C.V. como resultado del trabajo de los grupos del TPM.

- a). * **Área de oportunidad:** Excesivo desperdicio y tiempo perdido por fallas y descentrado de bandas de transporte de producto.
- * **Propuesta de mejora:** Realizar inspección diaria de las bandas de transporte, para revisar el estado de funcionamiento de todas las bandas de la línea No. 1 y así programar su mantenimiento, antes de que se presente alguna falla.
- * **Responsables:** Mantenimiento y líderes de corte, grabado y empaque.
- * **Inspección realizada por:** Operador de corte y grabado.

La fotografía 5.2 muestra el uso e importancia de las bandas de transporte de producto en el proceso de fabricación de galletas.



Fotografía 5.2 Bandas de transporte de galletas.

El formato para realizar la rutina de inspección en la línea no. 1, creado y diseñado conjuntamente por el personal de mantenimiento y los operadores, se presenta en la tabla 5.3

GAMESA S.A. DE C.V. Planta Vallejo.		INSPECCION DE BANDAS LINEA NO. 1 " SABROSAS "				Fecha: _____
Código de falla:		Mc. Mal centrada	Ca. Costura abierta			Turno: _____
		Dh. Deshilada	OK Buen estado.			
No.	Descripción	Mc	Dh	Ca	OK	Comentarios
01	Banda que recibe de tolva de alimentación					
02	Banda de primeros rodillos laminadores					
03	Banda de segundos rodillos laminadores					
04	Banda de rodillos calibradores					
05	Banda de corte y grabado					
06	Banda de recorte abajo del corte y grabado					
07	Banda que entrega al horno					
08	Banda de regreso de recorte a tolva					
09	Banda de la máquina rociadora					
10	Primera banda de enfriamiento					
11	Segunda banda de enfriamiento					
12	Banda curva					
13	Primera banda de empaque					
14	Segunda banda de empaque					
15	Banda de salida de paquete					
16	Banda de salida de caja					
17	Banda de codificación de fecha de producto					
Nombre del operador que realizó la inspección.						

Observaciones:

El trabajo en equipo de los departamentos de mantenimiento y producción, se da naturalmente, ya que en la sesión de grupo (grupos 1,2 y 3 de la figura 5.1), se convino en atacar y solucionar los problemas en las bandas de transporte.

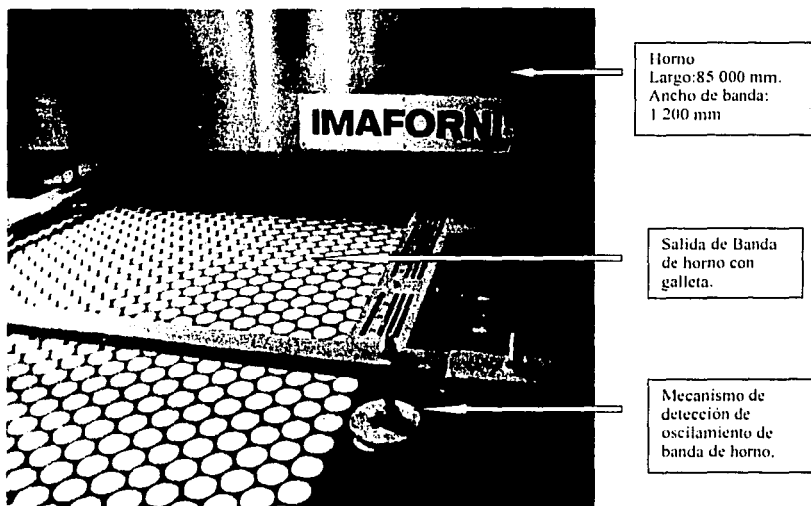
Los operadores participan activamente, ya que son ellos los que realizan las inspecciones, que es la base para el mantenimiento autónomo.

La prevención del mantenimiento, se da fácilmente ya que los comentarios llegan todos los días al departamento de mantenimiento, para programar las reparaciones.

- b). * **Área de oportunidad:** Tiempo perdido por paro de la línea, ocasionado por el oscilamiento excesivo de la banda del horno que activa el sistema de seguridad del horno. También, ocasiona producto rechazado por control de calidad por la galleta ondulada.
- * **Propuesta de mejora:** Revisión del sistema de centrado de la banda del horno y colocación de un sistema que detecte el oscilamiento de la banda, antes de activar los sistemas de seguridad y así lo note el hornero, para su revisión y corrección de ser necesario.
- * **Responsables:** Mantenimiento y el operador del horno.
- * **Trabajador responsable del funcionamiento de la propuesta:** Operador del horno.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La fotografía 5.3, muestra el mecanismo implementado para asegurar el funcionamiento correcto de la banda del horno.

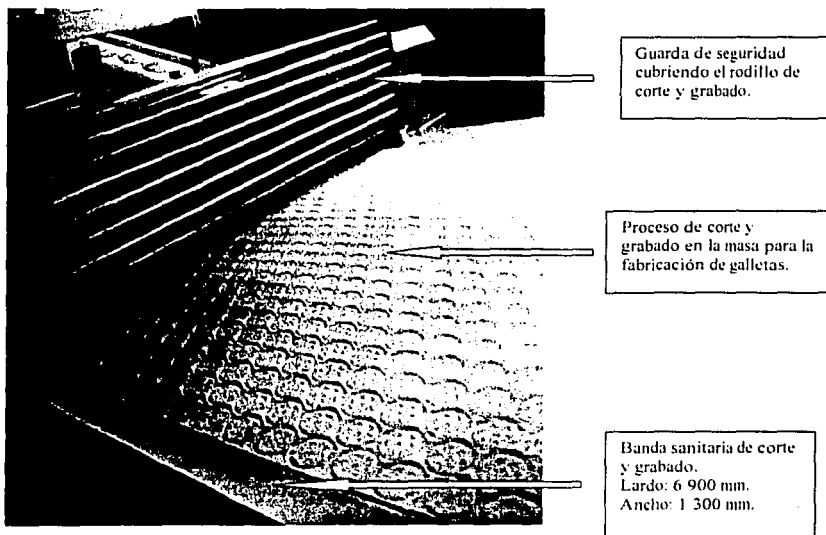


Fotografía 5.3 Salida de horno con mecanismo de detección de oscilamiento de banda del horno.

- c). * Área de oportunidad: Accidente del operador al introducir su mano en el rodillo de corte y grabado, ocasionando la pérdida de dos dedos, de la mano derecha del operador.
- * Propuesta de mejora : Habilitación de guarda con sistema electrónico de seguridad. Activa al levantar la guarda o al presentarse cualquier obstrucción.
- * Responsable: Mantenimiento, seguridad y operador de corte y grabado.
- * Líderes de la implantación: Operador de corte y grabado y jefe de seguridad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

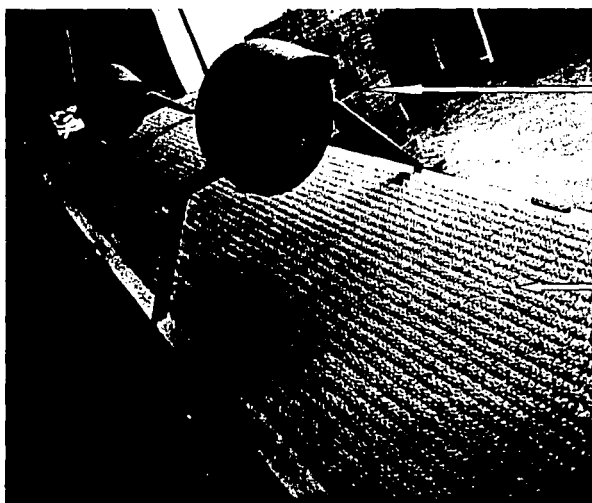
La fotografía 5.4 muestra el rodillo de corte y grabado con la guarda de seguridad instalada.



Fotografía 5.4 Rodillo, banda y guarda de seguridad en corte y grabado.

- d). * **Área de oportunidad:** El personal de la línea no. 1 de producción solicita, ventiladores y enfriadores de agua para beber, ya que la galleta caliente produce calor excesivo en el ambiente, provocándoles cansancio que afecta su productividad.
- * **Propuesta de mejora:** Colocación de ventiladores para el enfriamiento correcto de la galleta, además de ventilación para los trabajadores y enfriadores de agua para beber, cerca de la línea de producción.
- * **Responsable:** Mantenimiento, recursos humanos y personal de línea.
- * **Líderes de la implementación:** Persona designada por el personal de línea.

La fotografía 5.5 muestra los ventiladores, colocados para asegurar el enfriamiento de la galleta para su posterior empaque.



Ventiladores para el producto.

Hileras de galletas en banda previa al empaque

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 5.5 Ventiladores de enfriamiento de producto.

La fotografía 5.6 muestra los ventiladores para el personal de la línea No. 1 de producción de galleta "sabrosa" de Gamesa, S.A. de C.V.



Ventiladores
en la línea
No. 1

Personal
laborando en
la línea No.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fotografía 5.6 Mejora de ambiente de trabajo en la línea No. 1

La fotografía 5.7 muestra ventiladores de piso y enfriadores de agua para beber, en la línea No. 1.



Personal de
línea No.1
seleccionando
galleta.

Enfriador de agua
para beber y
ventilador de piso
para el personal
cerca de la línea de
producción.

La fotografía 5.7 Continuación de mejoras para el personal en la línea de producción.

- e). * Área de oportunidad: Problemas de iluminación en la línea de producción No.1, para los trabajadores del tercer turno (22:00Hrs. a 6:30Hrs.).
Ocasionando ineficacia en la detección de defectos de calidad.
- * Propuesta de mejora: Medición de la intensidad de luz adecuado, para una fábrica de manufactura y colocación de más lamparas de ser necesario.
 - * Responsable: Mantenimiento, calidad, seguridad y abastecimientos.
 - * Líderes de implementación: Operadores de máquinas paqueteras e inspector de control de calidad.

La fotografía 5.8 muestra la mejora en iluminación en la línea No. 1.



Lamparas de
iluminación.

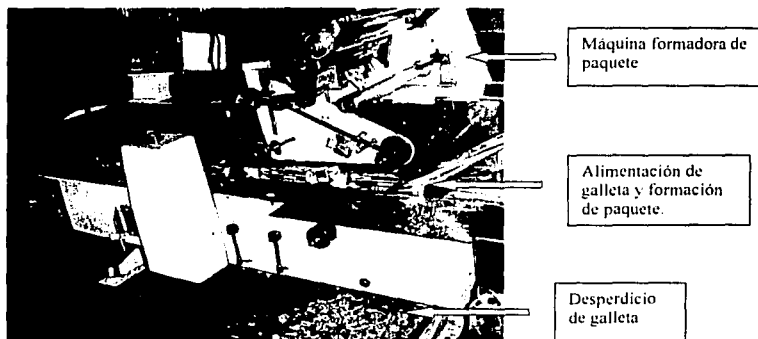
Personal
trabajando con
iluminación
adecuada.

Fotografía 5.8 Iluminación adecuada para el proceso de elaboración de galletas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- f). * Área de oportunidad: Desperdicio, tiempo perdido, defectos de calidad en paquetes de producto terminado de galleta.
- * Propuesta de mejora: Implementación de rutina de inspección, revisión, lubricación y reparaciones menores a máquinas paqueteras.
 - * Responsables: Mantenimiento y operadores de máquinas paqueteras.
 - * Encargado de la inspección: Operador de máquina paquetera.
 - * Encargado del seguimiento a pendientes: Mantenimiento.

Las fotografías 5.9 y 5.10, muestran una máquina formadora de paquete antes y después de la aplicación de la rutina de inspección, por parte de los operadores.



Fotografía 5.9 Desperdicio en máquina paquera, antes de la rutina TPM.



Fotografía 5.10 Mejora del desperdicio en máquina paquera, al aplicar TPM.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La rutina de inspección y revisión, que se generó como solución a los problemas existentes en las máquinas formadoras de paquete, por parte de los operadores y del personal de mantenimiento, se presenta en la tabla 5.4.

GAMESA S.A. DE C.V. Planta Vallejo		RUTINA DE INSPECCION A MAQUINAS FORMADORAS DE PAQUETE.		
		Fecha : _____		
		Máquina No. _____		
REVISAR	BIEN	MAL	COMENTARIOS	
Motor-reductor de impulso general (nivel de aceite, fugas de aceite, sujeción correcta)				
Transmisión de impulso general (catarinas motriz e inducida, chumaceras y ajuste de flechas)				
Motor-reductor de impulso a discos de sello longitudinal de paquete (nivel de aceite, fugas de aceite, sujeción correcta)				
Transmisión de impulso a disco de sello longitudinal de paquete (catarinas motriz e inducida, chumaceras, ajuste de flechas)				
Mecanismo de pausa de mordazas de sello transversal de paquete (engranes cónicos y ajuste de flechas)				
Mordazas de sello longitudinal de paquete (rodamientos inferiores y superiores)				
Engranés cónicos de impulso a discos de sello longitudinal.				
Discos de sello longitudinal (engranes rectos, rodamientos)				
Cadena acarreadora de galleta (catarina motriz e inducida, acarreadores)				
Banda de evacuación de paquete (costura, centrado)				
Limpieza general de la máquina				
Guardas de seguridad completas				
Todos los tornillos completos en su lugar y bien apretados				
Nivel de aceite del sistema neumático				
Lubricación general de la máquina.				
Nombre del operador que realizó la revisión: _____				

Tabla 5.4 Rutina de revisión de máquina formadora de paquete.

Observaciones:

Los operadores al elaborar ellos mismos las rutinas de revisión, se comprometen en labores que antes sólo correspondían al personal de mantenimiento.

La sensibilidad en los operadores para detectar fallas o posibles averías, aumenta conforme van realizando las inspecciones.

Al sentirse partícipes de los buenos resultados, se desarrolla un sentimiento de orgullo en todos los trabajadores.

- g). * **Área de oportunidad** : Los operadores solicitan apoyo técnico para detectar lugar y causa de los ruidos anormales en sus máquinas, como parte de las rutinas de inspección (mantenimiento autónomo) de sus equipos.
- * **Propuesta de mejora**: Adquisición de un estetoscopio para detección de ruidos y que el personal de mantenimiento imparta adiestramiento a los operadores y así mejorar las inspecciones diarias de las máquinas de la línea no. 1.
- * **Responsables**: Mantenimiento y operadores de la línea No. 1.
- * **Encargado del uso y cuidado del estetoscopio**: Operadores.
- * **Encargado de la solución del reporte de anomalías**: Mantenimiento y operadores.

La fotografía 5.11, muestra el estetoscopio y su forma de uso.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

h). * Área de oportunidad: Excesiva cantidad de problemas en el horno de la línea No. 1 (tiempo perdido, galleta deforme y movimiento lateral de la banda, parando por seguridad el horno).

La causa son las chumaceras (se dañan prematuramente, aunque se lubriquen cada turno), de los rodillos que sostienen la banda del horno, a lo largo de la cámara de cocción del horno.

Aunque se ha intentado resolver el problema, utilizando lubricante para alta temperatura, aún no se ha llegado a la solución.

- * Propuesta de mejora: Buscar un proveedor, que nos garantice el buen funcionamiento de las chumaceras a alta temperatura.
- * Responsables: Mantenimiento, ingeniería y compras.
- * Encargado de las pruebas e instalación. Mantenimiento.

La fotografía 5.12 muestra, el adelanto tecnológico en las chumaceras, que se instalaron en el horno, logrando reducir los problemas.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CAPÍTULO VI
EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

Uno de los pasos más importante de cualquier implementación, es conocer de manera certera, si se han obtenido los resultados que se esperaban cuando se inicio el proyecto.

El TPM es una técnica de clase mundial que persigue básicamente la mejora de los resultados de la compañía, que son alcanzables sólo si los trabajadores están dispuestos a participar e involucrarse. También, cuenta mucho el nivel de satisfacción que tienen los trabajadores al realizar sus actividades, influyendo lo que se conoce como ambiente de trabajo, es decir; instalaciones, servicios, trato del personal, etc.

Por todo lo anterior, al inicio y al final del proyecto del TPM, se aplica el siguiente método de evaluación a los trabajadores de la línea no. 1 de GAMESA S.A. DE C.V.

6.1 EVALUACIÓN DE LOS TRABAJADORES.

GAMESA S.A. DE C.V. asignó la medición de mejora en los trabajadores a la compañía International Survey Research (ISR), procedente de Chicago, Illinois.E.U.A., que por medio de una encuesta, ofrece a los trabajadores de la línea no. 1 la oportunidad de dar su opinión sobre una variedad de asuntos relacionados con el clima organizacional y con su nivel de satisfacción en el trabajo.

Un extracto representativo de la encuesta que contiene más de 100 preguntas, se presenta en la tabla 6.1, a manera de explicación de los resultados finales.

Compañero trabajador te rogamos que contestes de manera sincera. Tus opiniones serán estrictamente confidenciales y anónimas.

Los resultados se utilizarán para tomar medidas de mejora continua.

Pregunta	De acuerdo 1	Tiendo a estar de acuerdo 2	No sé 3	Tiendo a no estar de acuerdo 4	No estoy de acuerdo 5
En general las condiciones físicas del sitio donde trabajo son satisfactorias (ventilación, temperatura, etc)					
En mi trabajo, estoy haciendo algo que considero realmente valioso.					
Las decisiones de la gerencia en relación con los trabajadores son generalmente justas.					

Pregunta	De acuerdo 1	Tiendo a estar de acuerdo 2	No sé 3	Tiendo a no estar de acuerdo 4	No estoy de acuerdo 5
Recibo el reconocimiento de mi jefe por un trabajo bien hecho.					
Me siento satisfecho con mi participación en las decisiones que afectan a mi trabajo.					
Hay suficiente contacto entre la gerencia y los trabajadores de mi línea de producción.					
Mi área de trabajo es un sitio seguro para trabajar.					
El estado de ánimo en mi área de trabajo, es por lo general alto.					
Creo en lo que dice la gerencia.					
Existe buena cooperación entre los grupos de trabajo de mi línea de producción.					
La capacitación que he recibido ha sido, por lo general oportuna.					
Me siento orgulloso de trabajar en Gamesa.					
El equipo que necesito para hacer mi trabajo, recibe el mantenimiento adecuado.					
En Gamesa el trabajo en equipo se fomenta y reconoce.					
A los trabajadores se les trata con el debido respeto.					
De lo que he oído, nuestros sueldos son tan buenos, o mejores que, en otras compañías.					
En relación con las sugerencias de cambios hechas por los trabajadores, la gerencia muestra buena disposición.					
La alta dirección ofrece un claro sentido del rumbo de Gamesa.					
El trabajo de mi departamento está bien organizado.					
La capacitación que he recibido me ha preparado en forma adecuada, para el trabajo que realizo.					
Las personas con las cuales trabajo están dispuestas a ayudarse entre sí, aunque signifique hacer algo fuera de sus actividades normales.					
Contestar este cuestionario es una forma efectiva de comunicar mis opiniones a los directivos.					
Tomando en consideración todos los aspectos, estas satisfecho de trabajar en Gamesa.					

Tabla 6.1 Formato de encuesta de clima organizacional y satisfacción en el trabajo.

International Survey Research Corporation.
303 East Ohio Street
Chicago, Illinois 60611

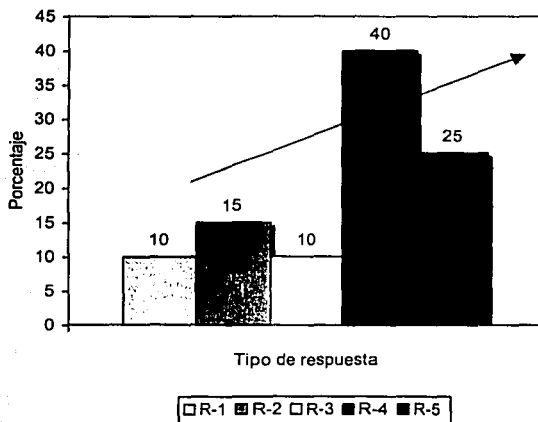
Donde las respuestas "1 (uno)" es un grado alto de satisfacción en el trabajo y buen clima organizacional. Las respuestas "5 (cinco)" indicarán todo lo contrario, es decir un mal clima organizacional y baja satisfacción en el trabajo.

Los resultados producto de la aplicación de la encuesta de clima organizacional y satisfacción en el trabajo, se presentan por medio de gráficas, de la siguiente manera.

La gráfica 6.1 presenta las respuestas de los trabajadores de la línea No. 1, antes de realizar cualquier cambio y por supuesto antes del inicio de aplicación del TPM.

DATOS:

Tipo de respuesta	Número de respuesta	Porcentaje total
De acuerdo	R-1	10
Tiendo a estar de acuerdo	R-2	15
No sé	R-3	10
Tiendo a no estar de acuerdo	R-4	40
No estoy de acuerdo	R-5	25



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gráfica 6.1 Resultado de la encuesta (ISR), antes del TPM

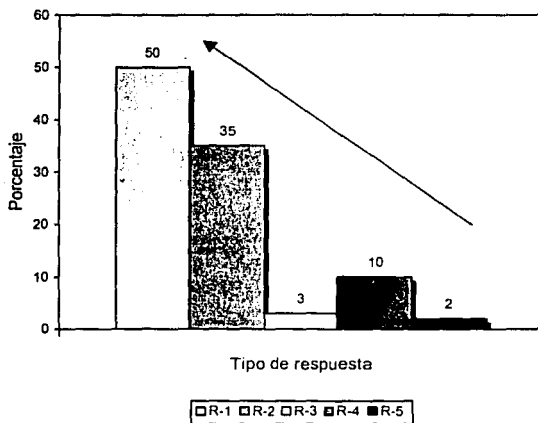
Observaciones:

- Un porcentaje del 10 % de las preguntas, queda sin una respuesta clara.
- La tendencia hacia un clima organizacional no adecuado es muy notoria, y por lo tanto,
- el nivel de satisfacción de los trabajadores es muy bajo.

La gráfica 6.2 presenta las respuestas de los trabajadores de la línea No. 1, después de la implementación del TPM, cuando el trabajo de todos los grupos (figura 5.6), alcanzó su pleno desarrollo.

DATOS:

Tipo de respuesta	Número de respuesta	Porcentaje total
De acuerdo	R-1	50
Tiende a estar de acuerdo	R-2	35
No sé	R-3	3
Tiende a no estar de acuerdo	R-4	10
No estoy de acuerdo	R-5	2



Gráfica 6.2 Resultado de la encuesta (ISR), después del TPM

Observaciones:

- La cantidad de respuestas ambiguas, disminuye de un 10 % a solo un 3 %.
- El cambio hacia un clima organizacional adecuado y un alto nivel de satisfacción de los trabajadores es muy notorio.

Otro de los aspectos evaluados por medio de encuesta (ISR), fue conocer e investigar que opinaban los trabajadores respecto al área de mantenimiento. Como se sabe, por lo regular en todas las fábricas de manufactura el concepto es: "Mantenimiento tiene la culpa de todos los problemas y resultados de la fábrica".

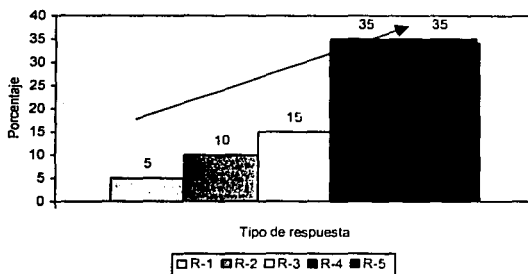
Un resumen de la encuesta aplicada a los trabajadores, para conocer la efectividad del área de mantenimiento, antes y después de la implementación del TPM, se muestra en la tabla 6.2.

Compañero trabajador te rogamos que contestes de manera sincera. Tus opiniones serán estrictamente confidenciales y anónimas.					
Los resultados se utilizarán para tomar medidas de mejora continua.					
Pregunta	De acuerdo 1	Tiendo a estar de acuerdo 2	No sé 3	Tiendo a no estar de acuerdo 4	No estoy de acuerdo 5
En general las condiciones del equipo y maquinaria son buenas, para el logro de los resultados que la compañía pide.					
Las herramientas del área de mantenimiento, están en buenas condiciones y son suficientes para realizar su trabajo.					
El área de mantenimiento, realiza el mantenimiento preventivo de las máquinas, bien y a tiempo.					
Las reparaciones a las máquinas, por algún paro de emergencia, son rápidas y bien hechas.					
La selección de los equipos de alta tecnología para elaborar galletas, fueron bien seleccionados.					
La capacitación y habilidades del personal de mantenimiento son suficientes, para mantener la maquinaria en buen estado.					
El personal de mantenimiento coopera con el personal de producción.					
El dinero que se invierte en las reparaciones de los equipos y maquinaria es suficiente para lograr los resultados.					
Participarías en algún curso o capacitación en la fábrica, que fuera impartido por el personal de mantenimiento.					
Consideras que el personal de mantenimiento, tiene actitud positiva hacia su trabajo.					

Los resultados obtenidos de esta encuesta, se muestran en las gráficas 6.3 y 6.4.

Datos para gráfica 6.3:

Tipo de respuesta	Número de respuesta	Porcentaje total
De acuerdo	R-1	10
Tiendo a estar de acuerdo	R-2	15
No sé	R-3	10
Tiendo a no estar de acuerdo	R-4	40
No estoy de acuerdo	R-5	25

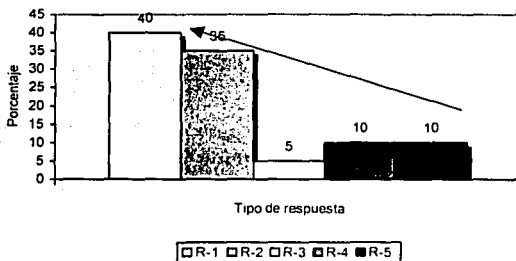


TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Gráfica 6.3 Resultado de la encuesta de efectividad de mantenimiento, antes del TPM.

Tipo de respuesta	Número de respuesta	Porcentaje total
De acuerdo	R-1	50
Tiendo a estar de acuerdo	R-2	35
No sé	R-3	3
Tiendo a no estar de acuerdo	R-4	10
No estoy de acuerdo	R-5	2

Gráfica 6.4 Resultado de la encuesta de efectividad de mantenimiento después del TPM.



El TPM genera una drástica mejora en la efectividad y resultados del área de mantenimiento.

En el punto anterior (6.1 Evaluación de los trabajadores), se concluyó que después de la implementación del TPM, es decir, cuando los grupos de trabajo alcanzan su madurez, que normalmente se da a los 2 ó 3 años de iniciado el proceso, el ambiente laboral y la satisfacción en el trabajo llegan al punto en que el 99 % de los trabajadores participan, se involucran y con orgullo desempeñan sus funciones.

Pero ¿Qué impacto o mejoras se logran en los parámetros de medición de la operación de la línea No. 1 de producción, debido a que los trabajadores se sientan reconocidos, involucrados y con una mayor responsabilidad en su área de trabajo?

A continuación se analizarán los resultados en la línea piloto de implementación del TPM.

6.2 EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

Los parámetros que se tomaron de base para medir la efectividad del TPM en la línea piloto fueron:

- * Productividad.
- * Calidad.
- * Tiempo perdido.
- * Desperdicio.

Los cuales ya fueron definidos y se presentaron los modelos matemáticos para obtener los valores numéricos en el punto 5.3 "Desarrollo de Soluciones".

El análisis se realizó a partir de los resultados del año de 1997 hasta el año 2000.

Los resultados se presentan por cuartos de año (Q), un cuarto comprende 3 meses del año, es decir:

- Primer cuarto (Q-1) = Enero, Febrero y Marzo.
- Segundo cuarto (Q-2) = Abril, Mayo y Junio.
- Tercer cuarto (Q-3) = Julio, Agosto y Septiembre.
- Cuarto cuarto (Q-4) = Octubre, Noviembre y Diciembre.

PRODUCTIVIDAD. [Kg/hr x h]

Modelo matemático: $P = Kg / hr \times h \dots\dots\dots(5.10)$

En donde:

P = Productividad.

Kg = Kilogramos producidos.

hr = horas de producción.

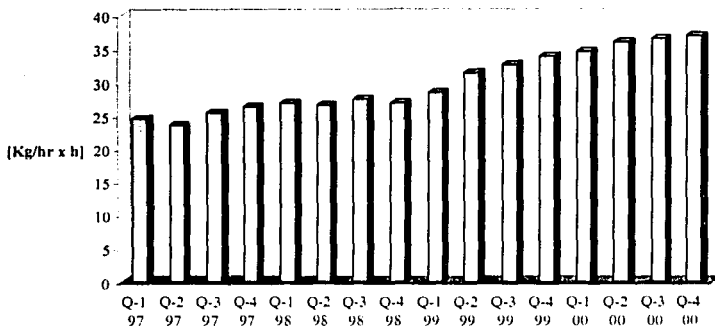
h = Personas utilizadas (ocupadas) en la línea de producción.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DATOS:

Período	Productividad	
Q-1 97	24.57 Kg / hr x h	Productividad al inicio del TPM.
Q-2 97	23.62 Kg / hr x h	
Q-3 97	25.45 Kg / hr x h	
Q-4 97	26.35 Kg / hr x h	
Q-1 98	26.89 Kg / hr x h	Productividad al 2do. año de implantación del TPM.
Q-2 98	26.55 Kg / hr x h	
Q-3 98	27.42 Kg / hr x h	
Q-4 98	26.85 Kg / hr x h	
Q-1 99	28.45 Kg / hr x h	Productividad al 3er. año de implantación del TPM.
Q-2 99	31.35 Kg / hr x h	
Q-3 99	32.56 Kg / hr x h	
Q-4 99	33.82 Kg / hr x h	
Q-1 00	34.55 Kg / hr x h	Productividad al 4to. año de implantación del TPM.
Q-2 00	35.95 Kg / hr x h	
Q-3 00	36.42 Kg / hr x h	
Q-4 00	36.85 Kg / hr x h	

Productividad [Kg/hr x h]



Gráfica 6.5 Productividad del año 1997 al 2000

CONCLUSIÓN:

Al 3er. y 4to. año de la implantación del TPM, el resultado de la productividad alcanza incrementos del 28 % y del 50 % aproximadamente.

CALIDAD. [% de producto aceptado].

Modelo matemático: $C = ((Kgp - Kgd) / Kgp) \times 100 \dots\dots\dots(5.11)$

En donde:

Kgp = Kilos de producto procesados.

Kgd = Kilos de producto con defectos.

DATOS:

Periodo	Calidad
Q-1 97	93.20%
Q-2 97	93.80%
Q-3 97	92.90%
Q-4 97	92.10%
Q-1 98	91.90%
Q-2 98	88.50%
Q-3 98	88.70%
Q-4 98	88.30%
Q-1 99	93.50%
Q-2 99	93.70%
Q-3 99	95.00%
Q-4 99	95.90%
Q-1 00	96.40%
Q-2 00	96.90%
Q-3 00	97.50%
Q-4 00	98.85%

Calidad al inicio del TPM.

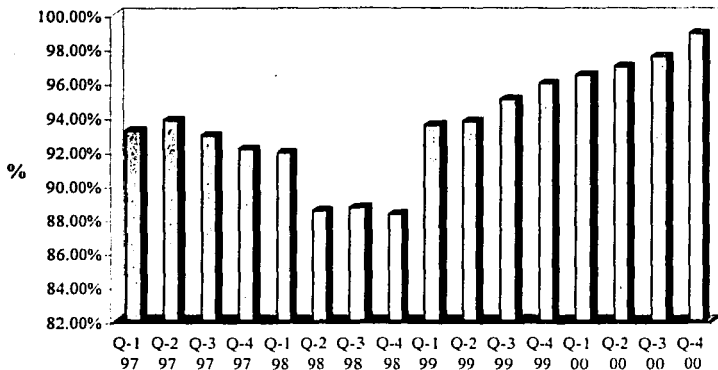
La calidad "baja", ya que los trabajadores mas "concientes" no falsean los datos, al contrario, se vuelven mas exigentes con ellos mismos y con sus compañeros, respecto a la calidad del producto.

Al 3er año del TPM la calidad muestra una tendencia ascendente.

Al 4to año del TPM la calidad tiene incremento consistente.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Calidad [% de producto "aceptable"]



Gráfica 6.6 Calidad 1997-2000

CONCLUSIÓN:

Con la implantación del TPM, la calidad llega a niveles cerca del 100 %, hasta que la medición se convierte, ya no en "por ciento, sino en "ppm" partes por millón de producto defectuoso.

TIEMPO PERDIDO. (% de tiempo de paro de la producción.).

Modelo matemático.

$$T.P. = (Tpe / Tpro) \times 100 \dots \dots \dots (5.12)$$

En donde.

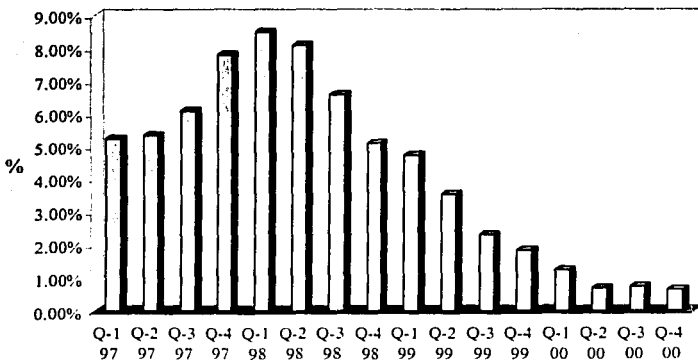
Tpe = Tiempo pérdido de la línea de producción.

Tpro = Tiempo programado de operación de la línea de producción.

DATOS:

Periodo	Tiempo pérdido	
Q-1 97	5.25%	Tiempo pérdido al inicio de implantación del TPM:
Q-2 97	5.35%	
Q-3 97	6.10%	
Q-4 97	7.80%	
Q-1 98	8.50%	Al final del 1er. año y parte del 2do. año de implementación del TPM, el tiempo pérdido , sube dramáticamente ya que los operadores, reportan todo tipo de pérdida de tiempo en la línea de producción, por pequeño que sea.
Q-2 98	8.10%	
Q-3 98	6.60%	
Q-4 98	5.11%	
Q-1 99	4.75%	Al final del 3er año de implantar el TPM, el tiempo pérdido demuestra una gran mejoría.
Q-2 99	3.55%	
Q-3 99	2.33%	
Q-4 99	1.85%	
Q-1 00	1.25%	Al final del 4to año del TPM, el tiempo pérdido es característico de una compañía de primer mundo. (E.U.A., Japón, Europa).
Q-2 00	0.70%	
Q-3 00	0.75%	
Q-4 00	0.65%	

Tiempo perdido (%)



Gráfica 6.7 "% de Tiempo perdido. 1997-2000

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIÓN

El tiempo pérdido, factor de medición de la efectividad del área de mantenimiento en la industria manufacturera, mejora notablemente con la implantación del TPM.

DESPERDICIO. (% de producto "desechado").

Modelo matemático:

$$D = (Kgde / Kgp) \times 100 \dots \dots \dots (5.13)$$

En donde:

Kgde = Kilogramos de producto desechado.

Kgp = Kilogramos de producto procesados.

DATOS:

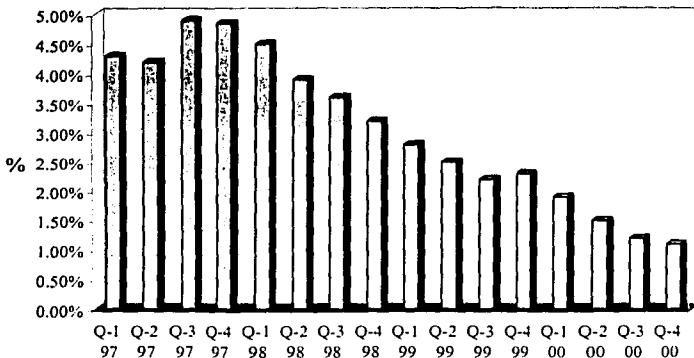
Período	Desperdicio
Q-1 97	4.30%
Q-2 97	4.20%
Q-3 97	4.90%
Q-4 97	4.85%
Q-1 98	4.50%
Q-2 98	3.90%
Q-3 98	3.60%
Q-4 98	3.20%
Q-1 99	2.80%
Q-2 99	2.50%
Q-3 99	2.20%
Q-4 99	2.30%
Q-1 00	1.90%
Q-2 00	1.50%
Q-3 00	1.20%
Q-4 00	1.10%

Desperdicio al inicio del TPM:

Al segundo año del TPM, el desperdicio muestra una clara tendencia a la baja.

Al 4to año del TPM, el desperdicio ya esta cerca del 1 %.

Desperdicio (% de producto "desechado")



Gráfica 6.8 Desperdicio, 1997-2000

CONCLUSIÓN:

Con el TPM, al madurar el trabajo de los grupos y la ejecución de las mejoras, baja el desperdicio a niveles de clase mundial (en la industria galletera corresponde a menos del 1.0 %).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Continuando con la evaluación de los parámetros de operación de la línea No. 1, línea piloto de implantación del TPM en GAMESA S.A. DE C.V, se presenta de forma resumida, los resultados obtenidos en la tabla 6.3

Parámetro	Al inicio del TPM	A un año del TPM	A dos años del TPM	A tres años del TPM	A cuatro años del TPM
Productividad (Kg/hr x h)	24.57	26.35	26.85	33.82	36.85
Calidad (%)	93.20	92.10	88.30	95.90	98.85
Tiempo perdido (%)	5.25	7.80	5.11	1.85	0.65
Desperdicio (%)	4.30	4.85	3.20	2.30	1.10

Tabla 6.3 resumen de la evaluación de los parámetros de operación.

Observaciones:

- Todos los parámetros mejoran notablemente.
- Se cumple uno de los principales objetivos del TPM, al mejorar la productividad, con una tendencia hacia arriba.
- Los mejores resultados, se logran después de los tres o cuatro años de la implementación del TPM.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

RESULTADOS Y CONCLUSIONES:

RESULTADOS:

- **La productividad se incremento de 24.57 [Kg/hr x h], a 36.85 [Kg/hr x h], lo que representa el 49.97 % de aumento.**

Gráfica 6.5 Productividad del año 1997 - 2000, página 105.

- **El producto “sabrosas” tuvo un aumento en su calidad del 93.20 % al 98.85 %.**

Gráfica 6.6 Calidad del año 1997 – 2000, página 106.

- **El desperdicio se redujo de un 4.30 % a un 1.10 %, lo que indica un 3.20 % de mejora.**

Gráfica 6.8 Desperdicio del año 1997 – 2000, página 108.

- **El tiempo perdido o tiempo muerto de producción, de la línea no. 1 se redujo del 5.25 % al 0.65 %, lo cual representa 1.10 horas de producción recuperada por día.**

Gráfica 6.7 Tiempo perdido del año 1997 – 2000, página 107.

- **El nivel de satisfacción en el trabajo, se considera alrededor del 90 % (según encuesta ISR), lo que indica que al alrededor del 90 % de los trabajadores se encuentra a gusto y satisfecho, trabajando en la línea No. 1 de GAMESA S.A. DE C.V.**

Gráfica 6.2 Encuesta de clima laboral después de la aplicación del TPM, página 101.

CONCLUSIONES:

- **El TPM es una técnica de clase mundial que sí logra mejorar los parámetros de operación como la productividad, calidad, desperdicio y tiempo perdido de las máquinas, equipos y líneas de producción en general.**
(Páginas 105, 106, 107, 108, 109).
- **Alrededor del 90 % de los trabajadores de GAMESA S.A. DE C.V. desarrollaron un alto nivel de compromiso y participación con la organización, cuando se les involucró en la toma de decisiones que afectan el desempeño de su trabajo por medio de las técnicas del TPM.**
(Páginas 86 a 96, 101).
- **La capacitación y el trabajo en equipo propios del TPM, lograron cambios radicales en aproximadamente el 90 % de las personas de la línea de producción No. 1 de GAMESA S.A. DE C.V., acelerando la madurez de los trabajadores, provocando un alto nivel creativo y generando una automotivación natural para desarrollar un trabajo excelente.**
(Páginas 82, 101).
- **Para disminuir la resistencia al cambio de los trabajadores, a los métodos nuevos de trabajo como el TPM; la capacitación y un entorno de trabajo favorable (instalaciones, ruido, polvo, herramientas, etc.) demostraron ser un factor predominante para el éxito de la aplicación del TPM.**
(Páginas 49, 70).

LOS RESULTADOS DEL TPM, EN OTRAS COMPAÑÍAS DEL MUNDO:

(Fuente: TPMonLine-Latino, Dr. Jack Roberts, Texas A & M University-Commerce).

Ford Motors Co. , Eastman Kodak, Dana Corp. , Allen Bradley, Harley Davidson; son solamente unas pocas de las empresas que han implementado el TPM con éxito.

Todas ellas reportan una mayor productividad gracias a esta disciplina. Kodak por ejemplo, reporta que con 5 millones de dólares de inversión, logró aumentar sus utilidades en \$ 16 millones de dólares de beneficio directamente derivado de implementar el TPM.

Una fábrica de aparatos domésticos informa de la reducción en cambio de dados en sus troqueladoras de varias horas a sólo 20 minutos. Esto significa tener disponibles el equivalente a dos o tres máquinas más, con valor de un millón de dólares cada una, pero sin haber tenido que comprarlas o rentarlas.

En algunas de sus divisiones, Texas Instruments reporta hasta un 80 % de incrementos de su productividad.

Prácticamente todas las empresas mencionadas aseguran haber reducido sus tiempos perdidos por fallas en el equipo en 50 % o más, también reducción en inventarios de refacciones y mejoramiento en la puntualidad de sus entregas. La necesidad de subcontratar manufactura también se vio drásticamente reducida en la mayoría de ellas.

CONCLUSION:

- Hoy con una competitividad mayor que nunca antes, es indudable que el TPM es una técnica que puede hacer la diferencia entre el éxito o el fracaso para muchas empresas.

- Ha quedado demostrada la eficacia del TPM no sólo en plantas industriales, también en la construcción, el mantenimiento de edificios, transportes y varias otras actividades.
- Los empleados de todos los niveles deben ser educados y convencidos de que el TPM no es "el programa del mes", sino que es un plan en el que los más altos niveles gerenciales se hallan comprometidos para siempre, incluida la gran inversión de tiempo mientras que dure su implementación.
- Si cada quién se compromete como debe, los resultados serán excelentes comparados con la inversión realizada.

(Fuente: TPM on Line-Latino, Dr. Jack Roberts, Texas A&M University).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- 1.- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica. (Conalep Tlalnepanlla II), "Electricidad básica", Secretaría de Educación Pública, México, D. F. 1993.
- 2.- Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica. (Conalep Tlalnepanlla II), "Mecánica básica", Secretaría de Educación Pública, México, D. F. 1995.
- 3.- Duncan J. R. Manley, "Tecnología de la industria galletera", Acibia, S. A. Zaragoza, España, 1983.
- 4.- Gamesa S.A. de C. V., Capreh, S. C., "Desarrollo y Excelencia Humana" México D. F. 1996.
- 5.- Gustav Kaser Training International, S. C. "Management I", Geka S. A. Alemania, 1984.
- 6.- K. Hirota y T. Ueda, "Small Group Activities: Theory and Reality", Japan Research Group, Tokio, Japón, 1975.
- 7.- Piña Pérez Ignacio, "La importancia del ser", Secretaria de Educación Pública, México, D.F. 1994.
- 8.- Rensis Lickert, "New Patterns of Management", McGraw-Hill Book Co. , Nueva York, E. U. A., 1961.
- 9.- Seiichi Nakajima, "Introducción al Mantenimiento Productivo Total (TPM)", Tecnologías de Gerencia y Producción S. A. Madrid, España.
- 10.- Seiichi Nakajima, "Programa de Desarrollo del TPM" (Implantación del Mantenimiento Productivo Total), Tecnologías de Gerencia y Producción S. A. Madrid, España, 1991.
- 11.- TPMonLine-Latino, Internet, "TPM Mantenimiento Productivo Total, su Definición e Historia" por Dr. Jack Roberts, Texas A & M University-Commerce.
- 12.- William G, Ouichi, "Theory Z, How American Business Can Meet The Japanese Challenge".