



Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales
Escuela de Ingeniería Industrial



Introducción al TPM en empresa autopartista

VISINTINI, Franco



Universidad Nacional de Córdoba

Facultad de Ciencias Exactas,

Físicas y Naturales

Escuela de Ingeniería Industrial



Introducción al TPM en empresa autopartista

AUTOR

VISINTINI, FRANCO

TUTOR

FUNES, RAÚL

Agradecimientos

Quiero agradecer a R.G. Frenos S.A., en especial a Eduardo y Andrés Cravero por abrirme las puertas de su empresa para la realización de este proyecto y a Germán Davicino por brindarme su tiempo y conocimiento en el transcurso del trabajo.

A la FCEFyN y sus profesores, por darme las herramientas para formarme profesionalmente pero también para crecer como persona. En especial al Ing. Raúl Funes por su experiencia y su gran predisposición y apoyo a lo largo de esta última etapa.

A mis amigos de siempre y a los que se sumaron en el camino, por todos los buenos momentos pero sobre todo por estar en las malas, ayudándome a seguir.

A mis padres, Mario y Cristi, por bancarme en todas, por su amor incondicional.

A mi hermana, Vale, por su paciencia, alegría y apoyo constante, fundamentales para la terminación de este proyecto.

A mis abuelos, Héctor, Choly, Luchi y Zélide, por ser grandes ejemplos, por sus valores, por sus abrazos.

A todos, muchísimas gracias.

Resumen

En el presente proyecto se aborda la problemática de la empresa R.G. Frenos S.A., dedicada a la elaboración de componentes para frenos neumáticos e hidráulicos en la ciudad de Rafaela.

La empresa presenta problemas en el mantenimiento de sus equipos ya que las tareas necesarias para conservar y mejorar sus máquinas no están correctamente implementadas. A su vez no cuentan con un sistema de indicadores que permita medir el desempeño de la planta y el impacto que tienen las tareas de mantenimiento en el mismo. Es por esto que se decide introducir en la compañía la filosofía TPM para mejorar tanto las actividades propias del mantenimiento de las máquinas como la gestión y análisis de resultados de las acciones aplicadas.

El proyecto se inicia seleccionando un grupo de máquinas dentro de la empresa sobre el cual se trabajará. Luego se procede a elegir una serie de indicadores que deben ser medidos por la empresa para conocer la evolución en el mantenimiento de los equipos. Se trabaja tanto en las formas de recolección de datos como en la elaboración de un sistema que permita calcularlos y analizarlos con facilidad.

Una vez que se cuenta con una base confiable de indicadores, el paso siguiente es la aplicación, sobre las máquinas elegidas, de los pilares TPM que se consideran más apropiados para la organización en este momento. Se desarrollan estándares de Mantenimiento Autónomo y Especializado para uno de los equipos, indicando todas las tareas necesarias para mantener el equipo en condiciones óptimas. Dentro de las tareas de mantenimiento autónomo se incluye la aplicación 5S en el puesto de trabajo. Con esto se busca que el lugar de trabajo facilite las tareas y mejore la eficiencia del operario y su máquina.

Abstract

This project addresses the problem of R.G. Frenos S.A., a company dedicated to the production of air brakes and hydraulic brakes components in Rafaela.

The company presents issues on the maintenance of its equipment, since the tasks necessary to maintain and improve the machines are not properly implemented. Also, they don't have a system of indicators that allow them to measure the performance of the plant and the impact of maintenance on it. That is why I decided to introduce in the company the TPM's philosophy to improve the maintenance activities as well as the management and analysis of results of the applied actions.

The project is initiated by selecting a group of machines on which the work will be done. Then it proceeds to choose a set of indicators that have to be measured by the company to know the evolution of the equipment maintenance. The work includes the different ways of picking the information and how create a system to calculate and analyse the indicators easily.

Once there is a reliable base of indicators, the next step is the application, on the chosen machines, of the TPM pillars which are considered the most appropriate for the organization at the moment. Standards for Auto and Specialized Maintenance are developed for one of the machines, showing all the tasks necessary to conserve its optimal conditions. The auto maintenance tasks includes the 5S application for the workplace. With this, it is intended that the workplace allows to do the job easily and improve the efficiency of the employee and his machine.

Índice

Glosario.....	8
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Localización del proyecto.....	9
1.1.1. Educación.....	9
1.1.2. Estructura de la ocupación según sectores económicos	10
1.1.3. Estructura del sector Industrial	11
1.1.4. Equipamiento Industrial.....	15
1.1.5. Comercialización y mercados.....	16
1.1.6. Recursos Humanos	18
1.1.7. Gestión y posicionamiento de las empresas.....	19
1.2. Presentación de la empresa.....	21
1.2.1. Posición en el mercado	22
1.2.2. Organigrama	23
1.2.3. El Producto.....	23
1.2.4. Visión, misión.....	24
1.2.5. Análisis FODA	24
2. PLANTEO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL PI.....	25
2.1. Planteo del problema	25
2.2. Objetivos	26
3. MARCO TEORICO.....	27
3.1. Introducción TPM	27
3.1.1. Mantenimiento vs Producción	27
3.1.2. Las Seis Grandes Pérdidas	29
3.2. Definición y objetivos TPM	29
3.3. Ventajas del TPM. Cuantitativas y cualitativas	30
3.4. Los 8 pilares TPM	30
3.4.1. Mejora Orientada.....	31
3.4.2. Mantenimiento Autónomo:.....	36
3.4.3. Mantenimiento Planificado.....	45
3.4.4. Gestión temprana de equipos.....	58
3.4.5. Mantenimiento de la calidad.....	61
3.4.6. Formación y adiestramiento.....	64
3.4.7. TPM en departamentos administrativos y de apoyo.....	67
3.4.8. Gestión de seguridad y entorno.....	70
4. DESARROLLO DEL TPM.....	76
4.1. Objetivos del TPM en RG Frenos S.A.....	76
4.2. Presentación del TPM a la empresa	76

4.3.	Educación introductoria al TPM.....	76
4.4.	Elección de las celdas de trabajo	77
4.4.1.	Conjuntos Mecanizados.....	79
4.5.	INDICADORES. Un punto clave previo a la implantación práctica del TPM.....	84
4.5.1.	Elección de indicadores	84
4.5.2.	Metodología para el cálculo de indicadores	87
4.6.	DISEÑO DEL PLAN MAESTRO.....	93
4.6.1.	Mejora Orientada.....	93
4.6.2.	Mantenimiento autónomo	93
4.6.3.	Mantenimiento Planificado.....	101
4.6.4.	Formación y Adiestramiento.....	104
5.	CONCLUSIONES	105
5.1.	Mención especial: El aspecto económico	106
6.	ANEXOS	107
6.1.	Productos de RG Frenos S.A.	107
6.2.	Esquema de instalación: Acoplado de 3 ejes / Semi-remolque de 3 ejes	113
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	115

Glosario

- 4M: Cuatro inputs de la producción (equipos, materiales, personas, métodos)
- 5S: Técnica para lograr lugares de trabajo más organizados y limpios de forma permanente para una mayor productividad.
- ABS: Sistema de frenos antibloqueo (Antilock Brake System)
- Análisis P-M: Técnica para el análisis de fallos en función de los fenómenos físicos involucrados y su relación con las 4M
- BM: Mantenimiento de averías
- CBM: Mantenimiento Basado en las Condiciones
- CLANAE: Clasificación Nacional de Actividades Económicas
- CM: Mantenimiento Correctivo
- CNC: Control Numérico Computarizado
- DMP: Diseño para prevenir el mantenimiento de un equipo
- EBS: Sistema de frenado electrónico (Electronic Braking System)
- FMEA: Análisis de Modo de Falla y sus Efectos (Failure Mode Analysis and Effects)
- ICEDeL: Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local
- JIPM: Japan Institute of Plant Maintenance
- Mipymes: Micro, Pequeñas y Medianas empresas
- MTBF: Tiempo medio entre fallos
- MTTR: Tiempo medio para la reparación
- OEE: Eficiencia Global (Overall Equipment Effectiveness)
- PM: Mantenimiento Preventivo
- TBM: Mantenimiento Basado en el Tiempo
- TPM: Mantenimiento Productivo Total

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Localización del proyecto

Este proyecto se llevará a cabo en la localidad de Rafaela, ubicada en el centro-oeste de la provincia de Santa Fe. Dista 96 km de la capital provincial, 234 km de Rosario, 292 km de Córdoba y 530 km de la Ciudad de Buenos Aires. Su ubicación puede considerarse estratégica debido a la corta distancia que existe respecto a las tres ciudades más importantes del país.

Según el Relevamiento Socioeconómico realizado en Rafaela en 2012, las proyecciones de población de la ciudad indican que en ella habitan 102.950 personas. La población se caracteriza por contar con un ligero predominio del género femenino, el 51,9% de la estructura demográfica está compuesta por mujeres y el restante 48,1% corresponde a hombres.

La distribución por edades evidencia un marcado componente de población joven, puesto que el 46,3% de los habitantes es menor a 30 años. Por otro lado, la proporción de adultos mayores (65 años o más) representa el 14,5% de la estructura demográfica local. El promedio de personas por hogar es de 3,1.

En cuanto a la economía, Rafaela se destaca por su industria láctea ya que es el centro de la cuenca lechera más grande de Sudamérica y por la industria metalmecánica.

1.1.1. Educación

Considerando la población de 5 años o más, el 97,2% sabe leer y escribir. Si se toma en cuenta sólo la población de 10 años o más, utilizando la misma metodología que el INDEC en el Censo Nacional de Población y Vivienda, el 98,5% sabe leer y escribir.

Analizando las personas de 3 o más años, se observa que el 28,6% asiste a algún establecimiento educativo, el 69,4% asistió y el restante 2% nunca ha asistido.

De los que actualmente concurren a algún establecimiento educativo, el 11,8% asiste a nivel inicial, el 39,8% a Primario, el 28,1% a Secundario y el 14,3% a nivel Terciario/Universitario.

Los casos restantes corresponden a individuos que asisten a otro tipo de establecimiento.

Entre aquellos que han asistido a alguna entidad educativa y actualmente se encuentran fuera del sistema formal de educación, el 38,9% corresponde a primario/EGB, habiéndolo completado un 74,7%. Del 39,0% que asistió a secundario/polimodal, culminó ese nivel el 65,5%. Respecto al 8,9% que asistió a nivel terciario, 83,2% lograron terminar sus estudios.

Por último, el 10,8% realizó estudios universitarios, alcanzando su título el 73,5%.

Análisis de la población que actualmente se encuentra fuera del sistema formal educativo

Niveles educativos	Nivel más alto alcanzado	Porcentaje que completo es nivel
Primario / EGB	38,9 %	74,7 %
Secundario / Polimodal	39,0 %	65,5 %
Terciario	8,9 %	83,2 %
Universitario	10,8 %	73,5 %
Otro *	0,9 %	---

Nota: Los porcentajes están calculados sobre la población relevada de 3 años o más, que actualmente no se encuentra estudiando.

* Incluye jardines de infantes

Fig. 1. 1 - Nivel de educación alcanzado por la población de Rafaela.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=1377&v=lista>)

1.1.2. Estructura de la ocupación según sectores económicos

La tasa de ocupación, calculada como el cociente entre la población que posee trabajo durante la semana de referencia y la población total de la ciudad, alcanzó en el año 2012 al 41,7%.

La estructura ocupacional de la ciudad denota que la rama de actividad que mayor incidencia representa en términos de personas ocupadas es el sector servicios – incluye también a la administración pública- con un 40,8% del total; seguido por la industria (27%) y el comercio (20,5%).

Un dato que merece ser destacado es la fuerte presencia industrial, que desde que comenzaron los relevamientos ha acaparado mayores niveles de empleo que el comercio.

Por último, la participación del sector agropecuario ha registrado una merma, captando actualmente al 1,1% de la mano de obra local.

Sobreocupación

Se define como población sobreocupada a aquellas personas que trabajan más de 45 horas semanales. Los datos que emergen del Relevamiento Socioeconómico 2012 indican que el 28,7% de los ocupados se encuentran en condiciones de sobreocupación horaria, cifra inferior a la registrada el año anterior.

Respecto a los sectores donde desarrollan las actividades, el 34,3% trabaja en el sector servicios, seguido por la industria (28,9%) y luego el comercio (26,7%). Cabe destacar que el 11,5% de los sobreocupados posee otra ocupación además de su actividad principal.

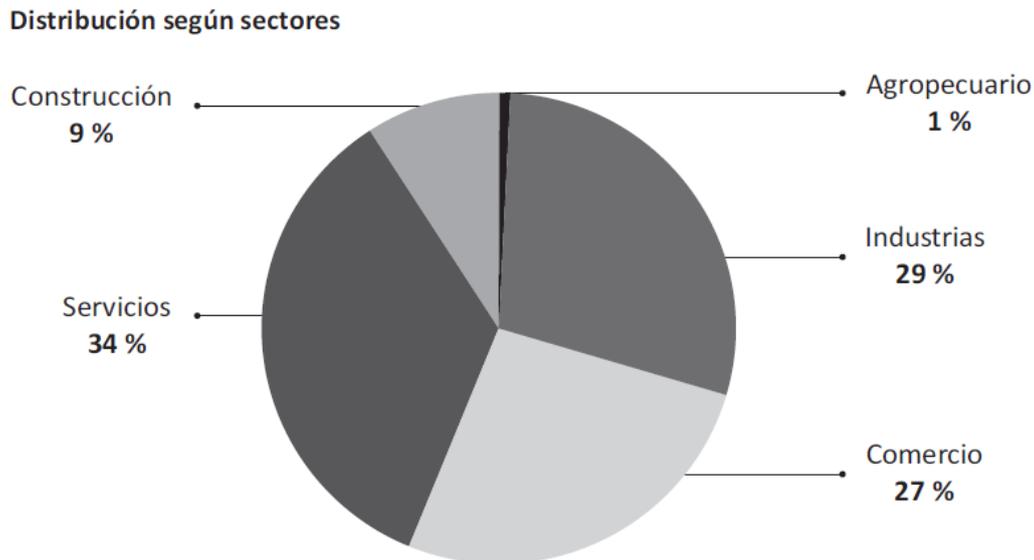


Fig. 1. 2 - Distribución de la población trabajadora.

(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=1377&v=lista>)

1.1.3. Estructura del sector Industrial

El análisis de la actividad industrial de Rafaela, desde el año 2001 a la actualidad, permite comprender la evolución en el valor agregado local, la generación de empleo y el perfil exportador de la ciudad.

La salida de la convertibilidad y la aplicación de políticas estímulo para la inversión y la producción nacional, establecieron las condiciones necesarias para el despegue del sector industrial. Esto puede observarse en el surgimiento de nuevas empresas, el aumento de la facturación y la cantidad de personas empleadas en el sector.

Según los resultados del último Censo Industrial realizado por el Instituto de Capacitación y Estudios para el Desarrollo Local (ICEDeL), entre 2006 y 2012 Rafaela incrementó de 432 a 496 el número de empresas manufactureras, lo que representa un crecimiento de 14,8%. Si se toma el período 2000 a 2012, el incremento fue de 119 empresas nuevas, es decir un 32%.

El instituto define como empresas manufactureras a “aquellas que se especializan en la transformación física y química de materiales y componentes en productos nuevos, ya sea que el trabajo se efectúe con máquinas o a mano, en las fábricas o en el domicilio, o que los productos se vendan al por mayor o al por menor. También se consideran dentro de este grupo a todas aquellas que realizan reciclado de desechos”.

En la ciudad puede observarse además una importante diversificación de las actividades desarrolladas, ya que se encuentran representadas 22 de las 24 actividades establecidas en la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CLANAE). Los únicos dos sectores industriales sin presencia en Rafaela son la elaboración de productos de tabaco y productos derivados del petróleo.

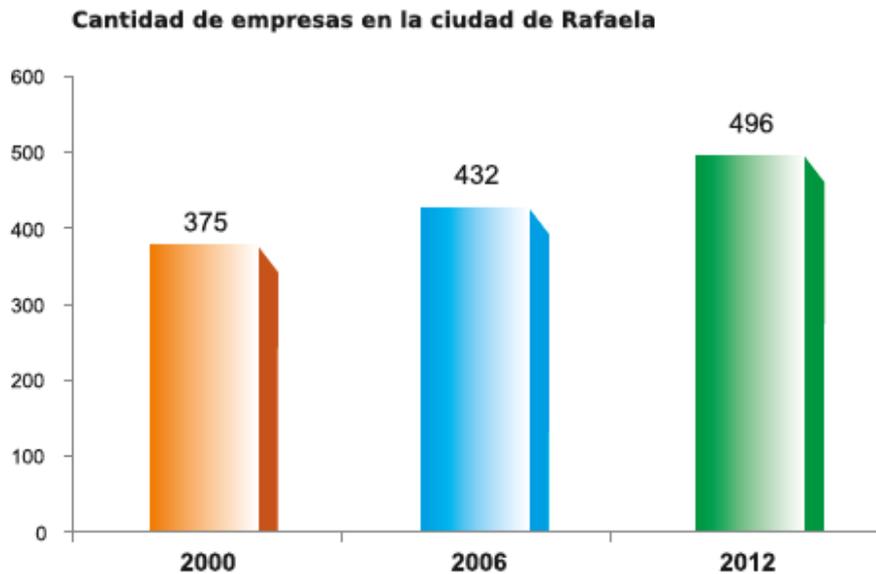


Fig. 1.3 - Crecimiento del número de empresas desde el año 2000.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Dentro de la estructura industrial hay un predominio de actividades alimenticias y metalmecánicas. El sector alimenticio cuenta con 97 firmas, seguido por la fabricación de productos de metal con 95 y las industrias de materiales y equipos con 57, son los sectores de mayor presencia.

En conjunto, la industria alimenticia y metalmecánica representan más del 50% del total de las empresas y emplean el 75% de la mano de obra local.

La industria metalmecánica representa el sector industrial más relevante, con un destacado crecimiento en la última década. La CLANAE define a la actividad metalmecánica como una agrupación comprendida por las divisiones *Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo; Fabricación de maquinaria y equipo; Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques y; Fabricación de equipo de transporte.*

Este sector ha incrementado su participación más de un 5% en la última década, llegando a representar en 2012 el 35,7% del total de empresas y el 45% de la mano de obra local.

El siguiente en importancia es el sector alimenticio, integrado por firmas dedicadas a la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de bebidas orientadas al consumo humano y animal. Actualmente representan un 22,2% de las empresas y un 29% del empleo industrial.

CLANAE	DESCRIPCIÓN	EMPRESAS	PORCENTAJE
10	Elaboración de productos alimenticios	97	19,6%
11	Elaboración de bebidas	13	2,6%
13	Fabricación de productos textiles	8	1,6%
14	Confección de prendas de vestir; terminación y teñido de pieles	21	4,2%
15	Curtido y terminación de cueros; fabricación de artículos de marroquinería, lalabartería y calzado y de sus partes	4	0,8%
16	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	22	4,4%
17	Fabricación de papel y de productos de papel	2	0,4%
18	Impresión y reproducción de grabaciones	32	6,6%
20	Fabricación de sustancias y productos químicos	8	1,6%
21	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	1	0,2%
22	Fabricación de productos de caucho y plástico	13	2,6%
23	Fabricación de productos minerales no metálicos	23	4,6%
24	Fabricación de metales comunes	3	0,6%
25	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	95	19,2%
26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	5	1,0%
27	Fabricación de maquinaria y equipos eléctricos n.c.p.	8	1,6%
28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	57	11,5%
29	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	19	3,8%
30	Fabricación de equipo de transporte n.c.p.	6	1,2%
31	Fabricación de muebles y colchones	31	6,3%
32	Industrias manufactureras n.c.p.	14	2,8%
33	Reparación, mantenimiento e instalación de máquinas y equipos	14	2,8%
TOTAL		496	100,0%

Fig. 1. 5 - Distribución del total de empresas según la clasificación de CLANAE.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

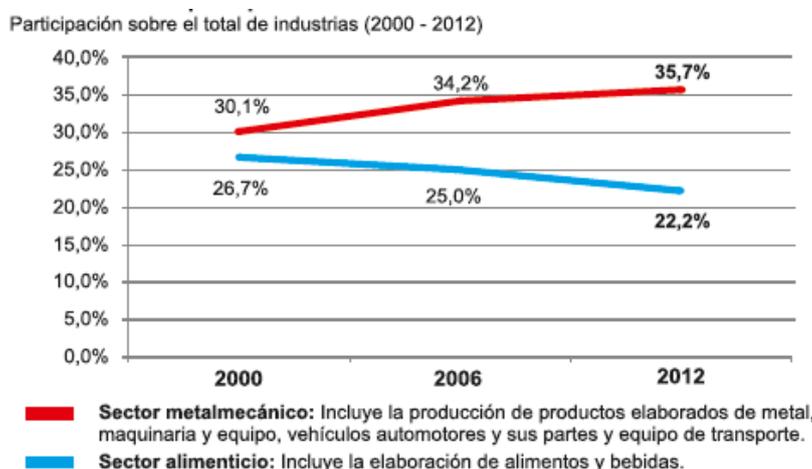


Fig. 1. 4 - Evolución de los principales sectores industriales.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Edad de las Empresas

El 45% de las firmas comenzaron sus actividades a partir del año 2000, pero el 30% lo hizo a partir del 2006.

La edad promedio de las empresas es de 18 años. Una de cada diez empresas ha surgido antes de la década del setenta y el 6,5% tiene una antigüedad mayor a los 50 años. Estas últimas ocupan el 30% de la mano de obra local.

Con esto queda evidenciada una coexistencia de gran número de empresas jóvenes y un grupo más reducido de firmas de alta longevidad, más incidente en la facturación y en la generación de empleo.

Empresas según el personal ocupado

La evolución del total de empleo muestra un crecimiento del 17,2% entre 2006 y 2012, alcanzando 11.763 puestos de trabajo impulsados por el sector industrial.

Actualmente el liderazgo en la creación de empleo le corresponde al sector *Elaboración de productos alimenticios* con 2.493 personas, seguido por la *Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques* con 1.941 trabajadores.

Si se toma a la industria metalmecánica y al sector alimenticio, representan el 74% de la mano de obra local, con una ocupación total de 6.458 trabajadores.

Desde la salida de la convertibilidad, el gran desempeño de la industria metalmecánica derivó en un incremento del 77% en la captación de empleo. Contrariamente, el sector alimenticio redujo su participación en la estructura de empleo local de un 38% en el año 2000, a un 28% en 2012.

Naturaleza y forma jurídica de las empresas

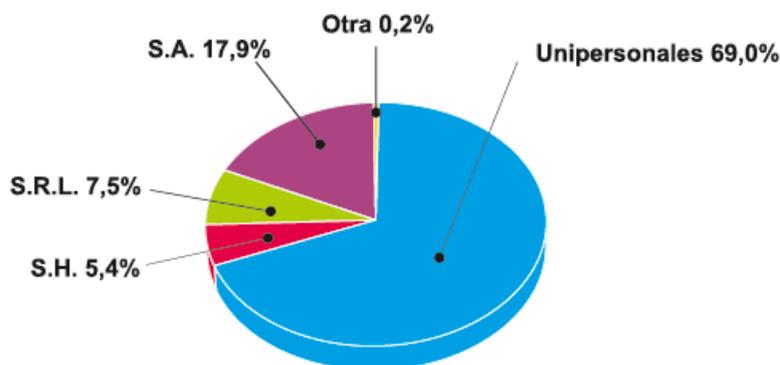


Fig. 1. 6 - Distribución de empresas según forma jurídica.

(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

El 92,3% de las empresas en Rafaela son de tipo familiar, tomando como parámetro aquellas en las cuáles el 50% o más del capital pertenecen a una misma familia.

El 69% son empresas unipersonales. La sociedad anónima es la forma jurídica predominante entre las organizaciones constituidas como sociedad.

Industria Metalmeccánica en Rafaela

La actividad metalmeccánica de Rafaela se estructura alrededor de tres ejes principales. En primer lugar se destacan las *industrias proveedoras de máquinas y equipos para su utilización por parte de las plantas industriales que procesan la producción agropecuaria* (lechera, molinera, frigorífica, aceitera, etc.). Estos establecimientos se pueden clasificar en dos subsectores. Por una parte, existen empresas que producen tanques, calderas, pailas y accesorios de acero inoxidable, principalmente para la industria láctea. Por la otra, están los establecimientos que se dedican a la producción de equipos de refrigeración y frío, desde tanques térmicos de almacenamiento, máquinas pre-enfriadoras y enfriadoras, fabricación de compresores de refrigeración a tornillo, hasta maquinarias para la fabricación de todo tipo de hielo. Asimismo hay firmas que producen maquinarias y equipos para la fabricación de alimentos balanceados.

Un segundo núcleo lo conforman un número importante de establecimientos dedicados a la *producción de componentes, partes y piezas para la fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques*. La producción abarca el universo de guías e insertos de válvulas, completas para todo tipo de motores, bombas y motores hidráulicos, servo-dirección, crucetas, radiadores, amortiguadores y suspensiones para motos, cadenas de distribución, cables comando, bombas de aceite, etc. Estas empresas trabajan tanto para las empresas automotrices terminales como para el mercado de reposición, y en este mercado atienden demandas internas y externas.

El tercer grupo, concentra *industrias dedicadas a la producción de maquinaria y equipos para el sector agropecuario*, que incluyen no sólo la fabricación de implementos agrícolas tradicionales, sino también la manufactura de equipos para el almacenamiento y procesamiento de granos.

Alrededor de estas tres actividades se desenvuelven otras industrias relacionadas como proveedoras de productos metálicos variados, y productos plásticos; a veces como subcontratistas de procesos productivos acotados y en otros casos, como subcontratistas de otros establecimientos metalmeccánicos.

1.1.4. Equipamiento Industrial

La inversión en bienes de capital es una actividad que influye notablemente sobre el sistema económico local, siendo relevante para aumentar la capacidad productiva de la empresa.

Si se analiza la antigüedad promedio de los equipos críticos de producción, el 56,7% posee menos de diez años, remarcando que el 20,6% fue incorporado en los últimos cinco años.



Fig. 1. 7 - Antigüedad promedio de los equipos críticos de producción.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Respecto a la procedencia de éstos equipos, la mitad de las empresas afirma que el equipamiento crítico para el normal funcionamiento de sus procesos es capital de origen nacional, solo el 6,9% requiere equipos íntegramente fabricados en el exterior.

Origen de los equipos críticos de producción	Año 2000	Año 2006	Año 2012
Totalmente argentino	56,8%	49,8%	47,2%
Mayoría argentino	18,1%	16,9%	16,5%
En partes iguales extranjero y argentino	6,7%	17,1%	16,1%
Mayoría extranjero	12,3%	11,3%	12,5%
Totalmente extranjero	6,1%	4,9%	6,9%
Sin especificar	0,01%	0,01%	0,8%
Total	100,0%	100,0%	100,0%

Fig. 1. 8 - Origen de los equipos críticos de producción.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

1.1.5. Comercialización y mercados

Clasificación según monto anual de ventas

La Secretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional, establece que serán consideradas Micro, Pequeñas y Medianas empresas (Mipymes) de los sectores industriales, aquellas cuya ventas totales anuales en pesos no superen los \$183.000.000. Se entiende por ventas totales anuales, el valor de ventas que surge del promedio de los últimos tres estados contables, excluidos el IVA y el impuesto interno que pudiera corresponder.

Según este criterio, ocho empresas entran en la categoría de *Grandes Empresas* y las restantes son *Mipymes*. Las grandes empresas concentran el 75% de las ventas totales y el 53% de los puestos de trabajo.

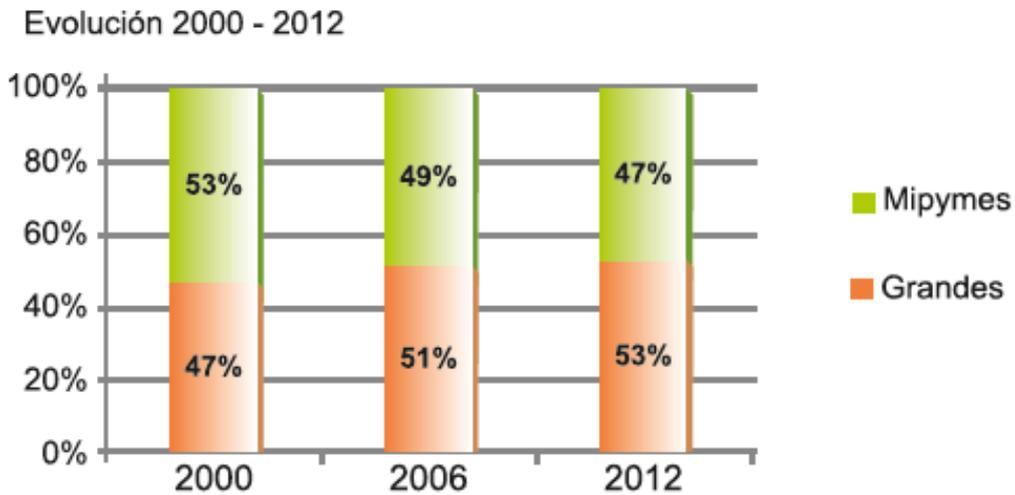


Fig. 1. 9 - Participación en la estructura de empleo.
 (Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Comercialización según destinos

El análisis de los principales destinos para los productos industriales revela que el 89% de las empresas comercializa su producción en Rafaela y además, el 43% vende exclusivamente en el ámbito local.

Le siguen en importancia los clientes localizados en otras localidades de la provincia de Santa Fe, donde el 50,2% vende sus productos. Respecto al comercio interprovincial, este alcanza al 32,7% de las empresas, siendo los principales destinos Córdoba, Buenos Aires y Entre Ríos.

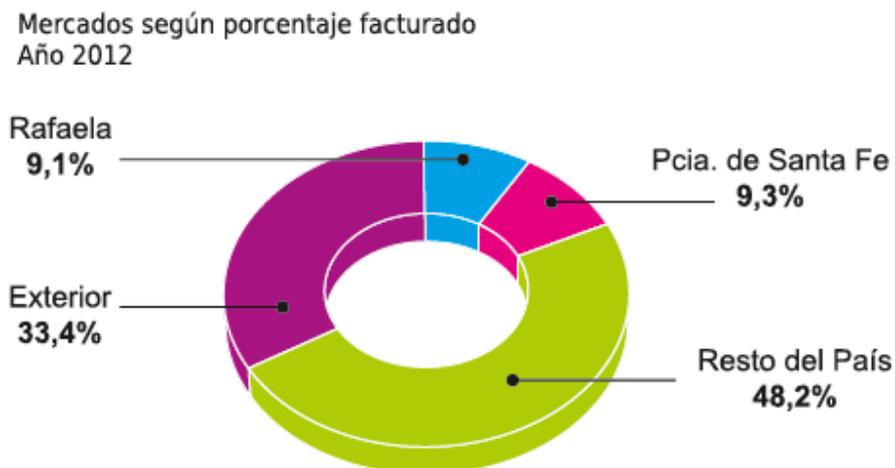


Fig. 1. 10 - Destino de productos industriales de Rafaela.
 (Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

En el plano internacional, el 10% de las empresas exporta parte de su producción, mayormente dentro del MERCOSUR.

En términos de facturación, más del 80% de los volúmenes de comercialización se reparten entre los mercados situados fuera de la provincia de Santa Fe y en el exterior del país.

1.1.6. Recursos Humanos

El análisis de los recursos humanos se inicia a partir de una caracterización de las personas que integran una organización, de cuyas habilidades, formación y experiencias depende gran parte de la creación y mantenimiento de las ventajas competitivas de la empresa.

Personal ocupado según grado de clasificación

El 7,8% de los empleos de la ciudad son ocupados por personal con estudios universitarios completos. Del segmento de graduados universitarios, el 24% son ingenieros, los cuáles adoptan en su mayoría posiciones de relevancia en áreas estratégicas, donde las especialidades más demandadas son las vinculadas con las ramas industrial, electromecánica, informática, civil y química en menor medida.

La cantidad de ingenieros pasó de 101 a 207 personas entre 2000 y 2012. Puede observarse que se trata de una profesión estrechamente vinculada al tamaño de las organizaciones, siendo contratados mayormente por las empresas más grandes.

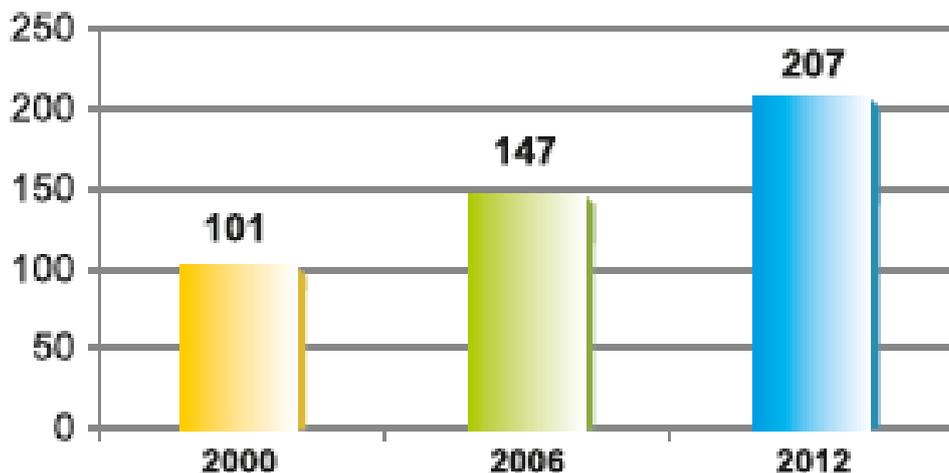


Fig. 1. 11 - Presencia de ingenieros en los planteles.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

La categoría laboral predominante en la estructura industrial son los operarios. Este conjunto se divide en operarios calificados, que poseen conocimientos técnicos requeridos para la posición que ocupan, y no calificados, que se desempeñan en la realización de tareas que requieren menor especialidad.

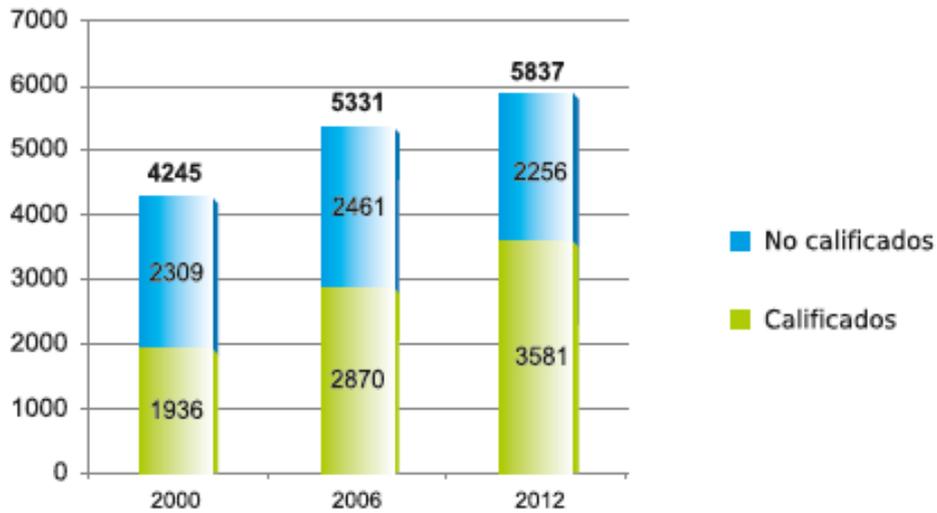


Fig. 1. 12 - Presencia de operarios en los planteles.

(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

1.1.7. Gestión y posicionamiento de las empresas

Análisis de la competencia:

La competencia en un sector industrial se encuentra determinada por su estructura económica fundamental y depende en gran medida del grado de rivalidad con los competidores existentes, la amenaza de los productos sustitutos y el poder de negociación de los agentes económicos.



Fig. 1. 13 - Localización de principales competidores de las empresas.

(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Dos tercios de las firmas industriales de la ciudad consideran que su principal competidor está localizado en la ciudad. En este grupo predominan las pequeñas empresas.

Para empresas de mayor envergadura, crece la importancia de competidores localizados en otros puntos de la provincia y del país, mientras que solo en 3,6% compite primordialmente con productos del exterior.

Posicionamiento de los productos de las empresas:

El análisis del desempeño de los productos locales frente a los de la competencia permite conocer los aspectos sobre los cuales los empresarios perciben los principales factores de competitividad.

En este sentido, más de la mitad de las empresas rafaelines considera que sus productos son superiores en calidad en relación a los ofrecidos por sus principales rivales. Por otra parte, los menores tiempos de entrega y el servicio post-venta son dos elementos que se distinguen como superadores en relación a otros bienes sustitutos.

Respecto al precio de venta, los costos de producción, actualización tecnológica y financiamiento, no se aprecian diferencias significativas que representen un mejor posicionamiento respecto de la competencia.

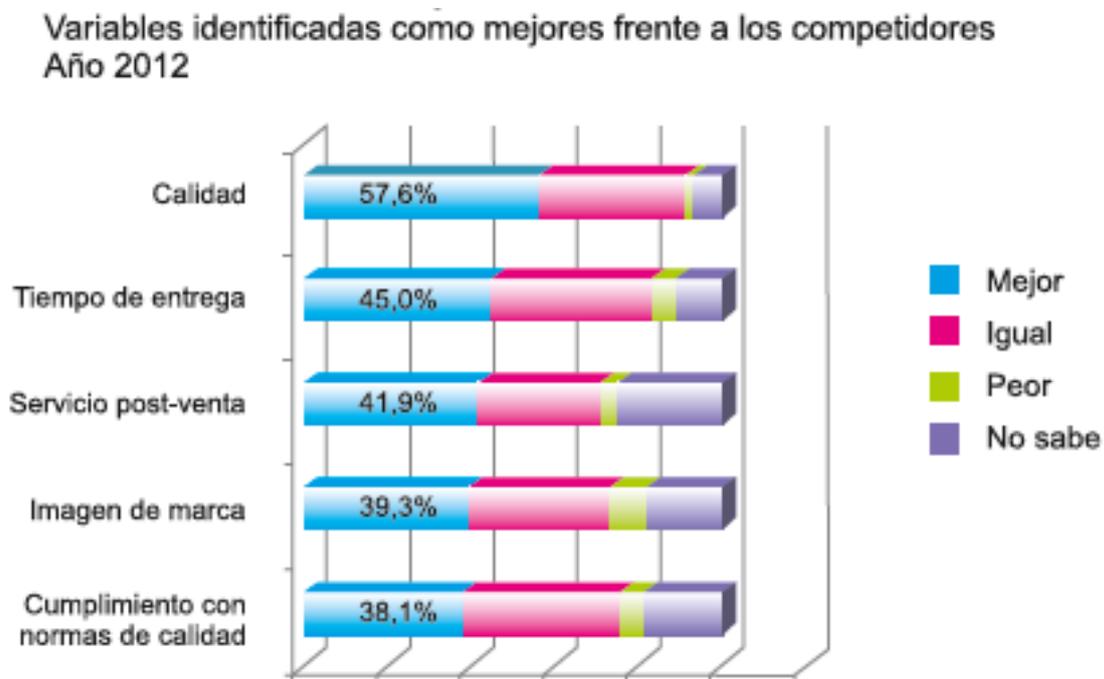


Fig. 1. 14 - Posicionamiento de los productos.

(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

Fortalezas y Debilidades

El análisis FODA es una herramienta sumamente útil para evaluar la situación estratégica de las empresas y definir posibles cursos de acción. A partir de un diagnóstico que incluye tanto aspectos internos como externos a las organizaciones, este trabajo implica un esfuerzo por examinar la interacción entre las características particulares de las unidades de negocio y el entorno en el que compiten.

Entre las principales fortalezas percibidas, un porcentaje mayoritario de las firmas reconoce la capacidad y el talento de su personal como elemento diferenciador, seguido por el posicionamiento alcanzado por sus productos en los diferentes mercados y la capacidad para introducir innovaciones.

Año 2000	%	Año 2006	%	Año 2012	%
Recursos Humanos	27,2	Recursos Humanos	39,1	Recursos Humanos	32,5
Calidad	21,1	Posicionamiento en el Mercado	21,5	Posicionamiento en el Mercado	18,1
Tecnología	10,1	Innovación de Producto	11,8	Innovación de producto	14,1
Posicionamiento en el Mercado	9,1	Solidez Financiera	11,8	Solidez Financiera	7,3
Solidez Financiera	5,6	Tecnología	5,8	Tecnología	5,4

Fig. 1. 15 – Principales fortalezas reconocidas por las empresas según el transcurso del tiempo.
(Tomado de <https://www.rafaela.gov.ar/nuevo/BibliotecaVirtual-detalle.aspx?c=17&t=vrAbdCzOGSx4im9FhAx43Q==&s=&index=&txt=&i=2148&v=lista>)

En el extremo opuesto, las principales debilidades encontradas, están vinculadas a la escasez de mano de obra especializada, las dificultades financieras y los inconvenientes asociados a la gestión de los procesos de producción.

Las oportunidades y amenazas, por otro lado, emergen del contexto en el que operan las organizaciones y se presentan como elementos externos a las mismas. La principal amenaza percibida por el empresariado local se encuentra relacionada a la incertidumbre sobre las variables económicas fundamentales y el incremento de la competencia a la cual se enfrentan las firmas de la ciudad. Contrariamente, se evidencia como oportunidad al incremento sostenido de la demanda, que actúa como un motor para el crecimiento y posicionamiento de las empresas.

1.2. Presentación de la empresa

RG Frenos SRL es una empresa ubicada en la localidad de Rafaela, Santa Fe dedicada, desde 1981, a la fabricación todo tipo de componentes para sistemas de frenos. Su línea de productos está compuesta de Equipos y componentes para sistemas de frenos neumáticos e hidráulicos.

La creación de la empresa se debió a la detección, por parte de sus socios fundadores, de una necesidad de mayor disponibilidad en componentes de frenos. Al momento de la fundación había dos empresas que dominaban el mercado: Establecimiento metalúrgico O.C.E. S.R.L. dedicada en aquel momento sólo a elementos de chapa para frenos (tanques, pulmones, etc.) y Frepilco S.A. que producía válvulas. Para diferenciarse de éstas RG Frenos decidió abarcar ambos productos, transformándose en la primer empresa argentina en desarrollar y fabricar un kit de frenos completo para remolques, que incluye pulmones, válvulas, tanques, conexiones, flexibles y tubos de poliamida.

Hoy en día RG Frenos cuenta con cinco plantas productivas, con líneas de productos diferenciadas. La primera, donde se llevará a cabo este proyecto, ubicada en Colón 1065 se dedica a la producción de componentes para comandos de frenos a aire (válvulas, pulmones, etc.). La segunda elabora bombas y cilindros para frenos hidráulicos y conexiones para sistemas de freno, usados tanto para su propia producción como para la de la primera. La tercera empresa produce componentes de plástico y gomas para abastecer a las dos anteriores. La cuarta, fabrica repuestos para componentes de sistemas de frenos para acoplados. Por último cuentan con una planta de fundición gris.

1.2.1. Posición en el mercado

En los últimos diez años la empresa ha logrado un salto muy importante debido a la creación de sus plantas proveedoras, lo que le permite tener dominio del 70% del mercado local. Mientras que su histórica competencia hoy se reparte el 30% aproximadamente. Otro punto que distingue a RG sobre sus competidores es la gran inversión realizada en investigación, sobretudo en sistemas electrónicos. Hoy es la púnica empresa argentina que está apostando al desarrollo propio de sistemas de frenos ABS y EBS.

La organización destina un 50% de su producción a abastecer las más importantes y prestigiosas fábricas de remolques de Argentina, el 10% de su volumen productivo es exportado y el resto es insertado en el mercado de reposición, tanto local como internacional. Los clientes han elegido a RG Frenos como su proveedor gracias a la performance de sus productos, la confiabilidad en las entregas, precios competitivos, asesoramiento técnico y la posibilidad de que el transportista pueda conseguir repuestos en todo el territorio argentino y países limítrofes a través de su red de distribución.

RG cuenta con una cartera de más de mil clientes compuesta por la mayoría de las terminales argentinas de acoplados como lo son Metalúrgica Hermann S.R.L., Acoplados Salto, Sola y Bursa, Ombú, Industrias Cormetal S.A. y Lambert, entre otras. Además están incluidos entre sus clientes gran cantidad de talleres que funcionan dentro del mercado de reposición.

1.2.2. Organigrama

El grupo cuenta actualmente con 280 personas, de las cuales 110 trabajan en la planta ubicada en calle Colón donde se realizará el proyecto.

Esta planta está compuesta por una Dirección General unipersonal llevada a cabo por el socio mayoritario. Directamente de la anterior se desprenden la Dirección de fabricación dirigida por el socio restante y un departamento de ventas. De la Dirección de fabricación dependen las áreas de Compras, integrada por dos personas, Recursos Humanos, compuesta por tres empleados y Calidad, donde trabajan dos personas. A su vez existe un Comité de Calidad compuesto por el área de Calidad más empleados de otros sectores. La función de éste comité es tratar problemas especiales de producción interna como puede ser un desperfecto encontrado en alguna pieza nueva que se esté fabricando y que impide que la misma cumpla con los estándares de calidad.

Dependiendo también de la Dirección de fabricación se encuentran las áreas de Ingeniería, Producción y Armado. Todas cuentan con un gerente de sector que tiene a su cargo la mano de obra del mismo. Dentro de un mismo sector la mano de obra está dividida según el tipo de tareas que llevan a cabo.

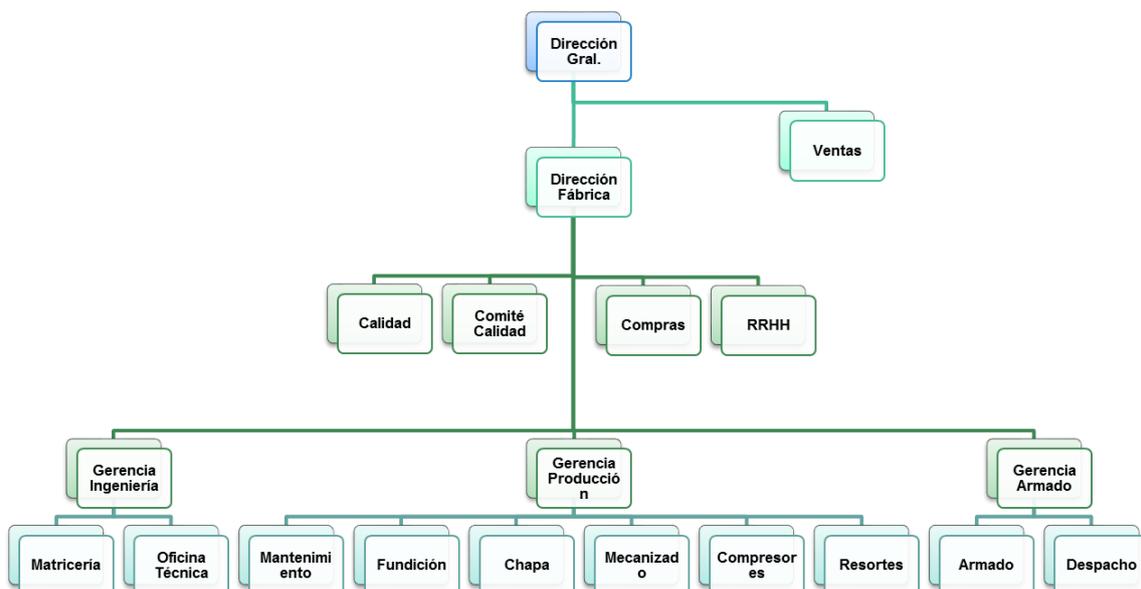


Fig. 1. 16 - Organigrama RG FRENOS S.A.

1.2.3. El Producto

RG Frenos S.A. fabrica todo tipo de componentes para sistemas de frenos neumáticos: pulmones simples, spring brakes, válvulas y compresores.

Para mayor información ver Anexo 1.

1.2.4. Visión, misión

Si bien no lo tienen formalizado en un documento, es posible definir la visión y misión de RG de la siguiente manera:

- **Visión:** Proveer sistemas de frenos de gran calidad, con una distinguida atención al cliente para satisfacer las altas exigencias del mercado.
- **Misión:** Continuar siendo líderes del mercado Argentino y posicionarnos más firmemente en Sudamérica.

1.2.5. Análisis FODA

- **Fortalezas:** Como puntos fuertes de su gestión RG destaca la calidad de sus productos, asegurada bajo la Norma ISO 9002; la atención al cliente a través de su gran red de distribución, por teléfono y por internet; la reinversión de todo su capital en investigación y desarrollo.
- **Oportunidades:** Crecimiento en el mercado sudamericano; desarrollo de sistemas de frenos ABS y a disco para acoplados y semi-remolques. Para lograr penetrar con mayor fuerza en la región RG deberá incrementar su producción.
- **Debilidades:** Gestión sobre el mantenimiento de sus equipos. Actualmente la empresa realiza un mantenimiento correctivo para sus máquinas. Esto genera que muchas veces un equipo deba estar parado mucho tiempo, entorpeciendo la producción.
- **Amenaza:** Posible crecimiento de productos sustitutos de menor costo provenientes de China. Por el momento las trabas a las importaciones permiten que este problema no sea tan grave, pero puede llegar a serlo en un futuro.

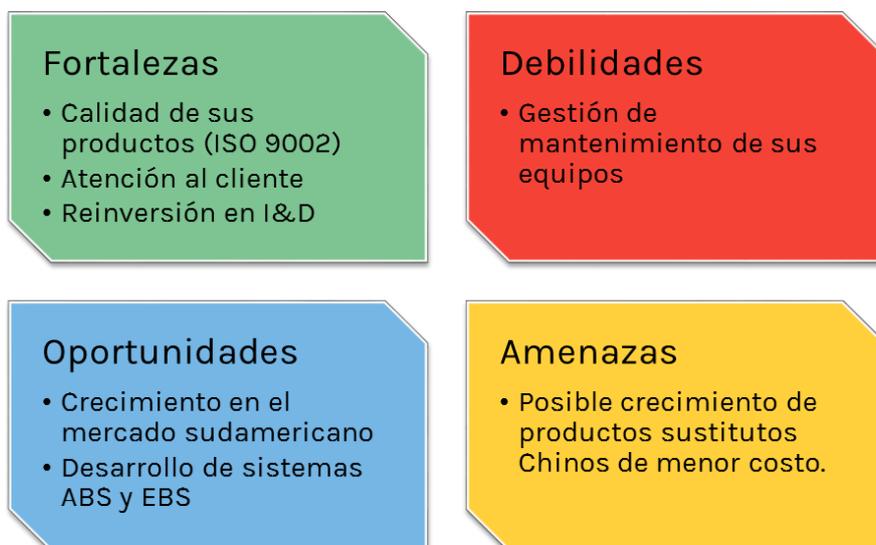


Fig. 1. 17 - Análisis FODA

2. PLANTEO DEL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL PI

2.1. Planteo del problema

La iniciativa de este trabajo surge de lo que la empresa considera un punto débil de su gestión, el mantenimiento de sus equipos.

RG desarrolla en la actualidad un mantenimiento principalmente correctivo. Es decir, el mismo es realizado una vez que la máquina comienza a funcionar de forma deficiente. El no anticiparse a los desperfectos genera un entorpecimiento de la producción y en consecuencia un aumento de los costos. Esto puede agravarse aún más si, cuando surge la falla, no se cuenta con los repuestos, herramientas y/o el personal necesarios para solucionarlo.

La producción se encuentra organizada por celdas de trabajo en las cuáles un operario controla varias máquinas a la vez. Con ésta distribución por celdas se pretende que cada tipo de celda realice una de las etapas del proceso de fabricación.

Los diferentes tipos de celdas que podemos encontrar en la planta son:

- Fundición, rebarba y granallado de aluminio
- Mecanizado de piezas de aluminio
- Embutición, corte y perforado de chapa
- Mecanizado de componentes para compresores. Se hacen repuestos para compresores de camiones como por ejemplo cilindros, tapas, bielas, etc.
- Armado, soldadura y ensayo de tanques
- Cabina de pintura
- Bancos individuales de ensamblado

Actualmente la empresa cuenta con al menos dos celdas de cada tipo, con excepción de la etapa de pintura, donde sólo posee una cabina. Esta duplicación tiene como fin aumentar el volumen de producción pero a la vez permitir que, si una celda sufre un desperfecto en alguna de sus máquinas, la producción asignada a la misma pueda distribuirse en las islas similares. Si bien con este sistema la empresa puede realizar de forma estable su producción, en el futuro cercano, el mismo no le permitirá afrontar los aumentos esperados en el volumen de fabricación.

Una solución para esta situación es desarrollar un programa de Mantenimiento Productivo Total que logre aumentar la disponibilidad de los equipos para que, llegado el momento de incrementar la producción, la planta pueda operar al máximo de su capacidad sin paradas inesperadas.

Para poder implementar de forma eficiente y completa un programa TPM, la empresa debe, en primer lugar, conocer y comprometerse con la filosofía del mismo, contar con

una serie de indicadores sobre los cuales basar el seguimiento y desarrollo del programa y por supuesto, con personal capacitado para llevar adelante las tareas.

2.2. Objetivos

Este proyecto tendrá como objetivo introducir a la empresa en el mundo del TPM. Por lo tanto, solo se realizará para una de las etapas del proceso productivo, elegida conjuntamente con la empresa. De esta forma se busca que la organización vaya adquiriendo los conocimientos y herramientas exigidos por el TPM y aplicarlo a una parte de su proceso para luego expandirlo al resto de la organización.

Al finalizar el PI se pretende que RG Frenos S.A. pueda contar con las herramientas necesarias para iniciar el programa TPM. Para ello deberán llevarse a cabo los siguientes puntos:

- 1) Introducción teórica del TPM:** En primer lugar la Dirección y luego todo el personal, deberán comprender los conceptos fundamentales del programa y estar convencidos de que, desarrollándolos correctamente, éstos facilitaran su tarea y mejorarán su productividad.
- 2) Desarrollo de indicadores:** RG actualmente no cuenta con un sistema de seguimiento de indicadores esenciales para el TPM como por ejemplo el tiempo de disponibilidad de máquinas, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, etc.
- 3) Aplicación de los pilares del TPM a una etapa del proceso productivo:** Se elegirá en conjunto con la empresa una etapa del proceso productivo sobre la cual implementar algunos de los pilares de TPM como por ejemplo mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado, gestión temprana de equipos, mejora orientada, etc.

3. MARCO TEORICO

3.1. Introducción TPM

Las industrias Japonesas introdujeron en los años 50 el mantenimiento preventivo (PM) proveniente de USA, debido a que los volúmenes y tasas de producción, calidad y seguridad dependían casi enteramente del estado de la planta y de sus equipos.

En los 60 se desarrolla en Japón el mantenimiento productivo que incorporaba, respecto de su antecesor, diseños para prevenir el mantenimiento, mejoras en la fiabilidad y mantenibilidad elevando la eficiencia de la vida entera del equipo.

Los sistemas de producción, que anteriormente centraban sus objetivos en el aumento de su capacidad productiva, están evolucionando hacia la mejora de la eficiencia. Es decir, producir lo necesario y con un uso mínimo de recursos. Algunos conceptos promotores de este cambio son el “Just in time” (J.I.T.) que tiene como objetivo que la producción se adapte a las necesidades reales, evitando cualquier tipo de desperdicio y el “Total Quality Management” (T.Q.M.), cuyo objetivo es fabricar productos sin defectos desde la primera vez. Esto da origen a un enfoque exclusivamente Japonés denominado mantenimiento productivo total (TPM), una forma de mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados de la planta.

El TPM surgió en el marco de la industria automotriz. Empresas como Toyota y Nissan lo integraron a su cultura desde un principio. Luego fue tomado por las llamadas industrias de procesos tales como la alimenticia, petrolera, química, farmacéutica, etc.

Inicialmente el TPM abarcaba solo las actividades y áreas vinculadas directamente a la producción. Sin embargo, con el paso del tiempo, los departamentos administrativos y de apoyo comenzaron a aplicarlo para mejorar su propia eficiencia. Esto ha permitido que el TPM sea considerado una herramienta vital para toda la organización.

En la actualidad el TPM continúa ganando seguidores en todo el mundo.

3.1.1. Mantenimiento vs Producción

En el pasado, era normal que los operarios de la planta mantuvieran sus propios equipos realizando chequeos periódicos o algunos servicios. En algunos casos, los operarios realizaban reparaciones generales, desmontando completamente equipos como bombas. Es decir se llevaba a cabo un alto grado de mantenimiento autónomo.

Durante la era de alto crecimiento industrial, décadas del 50 y 60, las máquinas se tornaron más complejas conforme avanzaba la tecnología. Al introducirse en Japón el mantenimiento preventivo, proveniente de Estados Unidos, se separaron las funciones de operación y las de mantenimiento. Los operarios perdieron responsabilidad frente

al equipo y al mismo tiempo perdieron el sentido de pertenencia hacia éste. Desde esa época hasta ahora los departamentos de producción y mantenimiento se han visto separadas por el lema “Yo opero el equipo, tú lo reparas”.

Actualmente son comunes las situaciones en las que, cuando la fabricación debe parar debido a fallas del equipo, los equipos de producción culpan al mantenimiento de no hacer bien su trabajo o tardar demasiado y dicen estar “demasiado ocupados para realizar los chequeos diarios”. Al mismo tiempo el área de mantenimiento critica a la producción por no realizar los controles según los estándares o no operar correctamente el equipo. De esta forma no es posible cumplir el principal objetivo del mantenimiento: detectar y tratar rápidamente las anomalías para que el equipo funcione de forma óptima.

El área de producción debe abandonar el “Yo opero, tú reparas” y asumir la responsabilidad sobre el equipo para evitar su deterioro. Por su parte el mantenimiento debe concentrarse en medir y reparar el deterioro de modo que el personal de producción puede operar las máquinas con confianza.

El TPM surge como una necesidad de integrar el Mantenimiento al área de Producción con el objetivo de mejorar la productividad. Este cambio de paradigma permite que todos los empleados de la empresa estén involucrados en los objetivos del TPM y que éstos, a la vez, sean coherentes con las metas globales de la Empresa.

La popularidad creciente del TPM puede basarse en tres razones fundamentales:

- Resultados tangibles significativos: En la reducción de averías, minimización de los tiempos de paradas, disminución de fallas de calidad, mejora de la productividad, reducción de costos y aumento de la participación de los empleados ya sea en lo referido a propuestas de mejoras como al uso de buenas prácticas.
- Transformación del entorno de la planta: Una planta sucia, desordenada, puede transformarse en un ambiente de trabajo grato y seguro mejor. Además los clientes o personas externas que visiten la planta se llevan una mejor impresión, lo que aumenta la confianza en los productos.
- Transformación de los trabajadores de la planta: A medida que el TPM comienza a dar resultados y se vuelve más el ambiente de trabajo, los empleados se motivan, incrementan su integración y las intenciones de mejorar. El TPM permite a los operarios conocer mejor sus equipos y a la vez les da más responsabilidades sobre el mantenimiento y uso los mismos. Esto refuerza su motivación y logra que adquieran una mayor identificación con su elemento de trabajo.

3.1.2. Las Seis Grandes Pérdidas

La filosofía TPM considera que una máquina parada para su reparación, que no trabaja al 100% de su capacidad o que entrega productos defectuosos es intolerable y una pérdida para la organización. Se identifican seis grandes pérdidas:

- Fallos del equipo: Producen pérdidas de tiempo inesperadas.
- Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos): Producen pérdidas de tiempo al iniciar una operación.
- Marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal: Producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones, etc.
- Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima): Produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.
- Defectos en el proceso, que producen pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.
- Pérdidas de tiempo por puesta en marcha de un proceso nuevo, marcha en vacío, periodo de prueba, etc.

3.2. Definición y objetivos TPM

El TPM es una filosofía de origen japonés cuyo objetivo global es la mejora continua del rendimiento operacional de todos los procesos y sistemas de producción.

Inicialmente sus actividades fueron contempladas dentro de las áreas productivas, entonces el *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)* lo definió incluyendo cinco estrategias:

- 1) Maximizar la eficacia global de la planta para que cubra la vida entera del equipo.
- 2) Establecer un sistema de PM global que cubra la vida entera del equipo.
- 3) Involucrar a todos los departamentos que planifiquen, usen y mantengan equipos.
- 4) Involucrar a todos los niveles de la organización, desde la dirección hasta los operarios de primera línea.
- 5) Promover el PM motivando a todo el personal, promoviendo actividades de pequeños grupos autónomos.

Sin embargo, el TPM pasó a aplicarse en todos los departamentos de la organización, por lo que el JIPM introdujo en 1989 una nueva definición de estrategias:

- 1) Crear una organización que maximice la eficacia de los sistemas de producción.
- 2) Gestionar la planta evitando todo tipo de pérdidas (cero defectos, accidentes y averías) a lo largo del sistema productivo.
- 3) Involucrar a todos los departamentos en la implantación del TPM.
- 4) Involucrar a todos los empleados.
- 5) Orientar las acciones hacia las “cero pérdidas” apoyándose en las actividades de los pequeños grupos.

3.3. Ventajas del TPM. Cuantitativas y cualitativas

Según diferentes textos sobre TPM, la aplicación de esta filosofía permite beneficios cuantitativos como:

- Mejorar la productividad: 50%
- Reducción de costos de producción: 30%
- Reducción del número de paradas de planta: 50%
- Descenso de tasa de defectos del proceso: 90%
- Descenso de reclamos de clientes: 75%

Además genera resultados cualitativos, por ejemplo:

- Mejora el lugar de trabajo
- Mejorar las competencias de los operarios de fabricación
- Mantener los equipos de producción en estado de referencia

3.4. Los 8 pilares TPM

Se llaman Pilares del TPM a ocho actividades o máximas que, aplicadas apropiadamente presentan excelentes resultados, transformándose en el fundamento y soporte del programa TPM.

3.4.1. Mejora Orientada

Es una prioridad en cualquier programa TPM. Es una de las principales actividades en el plan maestro TPM y arranca simultáneamente con el programa.

La mejora orientada incluye todas las actividades que maximizan la eficiencia global de los equipos, procesos y plantas mediante la eliminación exhaustiva de pérdidas y la mejora de los rendimientos.

Es importante remarcar que si la empresa ya está llevando a cabo todas las mejoras posibles, mediante el trabajo de rutina y las actividades de pequeños grupos, la mejora orientada es innecesaria. Sin embargo, esto casi nunca ocurre debido a que el personal se queja de estar muy ocupado, de que las mejoras son difíciles o que no se cuenta con el presupuesto necesario. Como consecuencia los problemas importantes siguen sin solución y continúan las pérdidas.

La mejora orientada debe ponerse en práctica sistemáticamente. Podemos romper el ciclo vicioso que impide llevar a cabo las mejoras con un proceso similar al siguiente:

- 1) Elegir un tema/problema.
- 2) Formar un equipo de proyecto, que incluya personal de las áreas involucradas. Por ejemplo, ingeniería, mantenimiento, producción, calidad, etc.
- 3) Registrar el tema.
- 4) Investigar, definir y poner en práctica la solución.
- 5) Evaluar los resultados.

A su vez, la mejora orientada no debe reemplazar a las actividades de mejora de pequeños grupos que trabajan a nivel de taller puesto que esto dañaría al TPM. Se debe estimular activamente al personal respecto a la mejora del programa de mantenimiento autónomo y aprovechar las ideas que surjan de allí.

Pérdidas y los seis resultados principales:

La mejora orientada intenta eliminar toda clase de pérdidas. Éstas deben ser identificadas y cuantificadas mediante algún método.

El método tradicional consiste en analizar estadísticamente los resultados para detectar problemas y luego investigar hacia atrás para identificar las causas. El método usado en TPM examina directamente los cuatro inputs de la producción (mano de obra, materiales, máquinas y métodos) como causas y toma como pérdida cualquier deficiencia detectada en los mismos.

Para evaluar los resultados logrados a través de la mejora orientada se deben evaluar los seis outputs de producción, de la forma más cuantitativa posible. Los grupos de mejora suelen utilizar indicadores como los siguientes para evaluar sus resultados:

- Producción (P)
 - Aumento de la productividad del personal
 - Aumento de la productividad del equipo
 - Aumento de la productividad del valor añadido
 - Aumento del rendimiento del producto
 - Aumento de la tasa de operación de la planta
 - Reducción del número de trabajadores
- Costos (C)
 - Reducción de horas de mantenimiento
 - Reducción de costos de mantenimiento
 - Reducción de consumo de recursos unitarios
 - Reducción de consumo de energía
- Seguridad (S)
 - Reducción del número de accidentes con baja laboral
 - Reducción del número de otros accidentes
 - Eliminación de incidentes de polución
- Calidad (Q)
 - Reducción de tasa de defectos del proceso
 - Reducción de quejas de clientes
 - Reducción de tasa de desechos
 - Reducción de costo de reprocesamiento
- Entrega (D)
 - Reducción de entregas retrasadas
 - Reducción de stock de productos y repuestos
 - Aumento de tasa de rotación de inventarios

- Moral (M)
 - Aumento del número de sugerencias de mejora
 - Aumento de la frecuencia de actividades de pequeños grupos
 - Aumento del número de irregularidades detectadas.

Evaluar los resultados de ésta forma y hacerlo de la forma más visual posible trae beneficios, ya que es menos probable que las actividades se abandonen si los gráficos y cuadros que muestran los problemas atacados y los resultados logrados se comparten públicamente con el personal.

3.4.1.1. Procedimientos paso a paso para la mejora orientada

Paso 0: Seleccionar un tema de mejora y formar un equipo de proyecto

- 1) *Seleccionar el tema:* El modo más fácil de lograr la aceptación de un programa de mejora es comenzar por las áreas que generan los mayores dolores de cabeza o los problemas que rindan mayores reducciones de costos. Esto requiere que los directores visiten y conozcan las distintas áreas y sus dificultades.
- 2) *Decidir el tipo de mejora:* Consiste en clasificar los temas de mejora por tipos, búsqueda de beneficios o respaldo al mantenimiento autónomo. La primera es más fácil de presupuestar puesto que tiene un efecto directo sobre los costos.
- 3) *Evaluar las dificultades:* Según criterios preestablecidos y decidir quién lo acomete. Idealmente, todas las mejoras debería realizarse por las personas durante su rutina diaria o como parte del mantenimiento autónomo. Sin embargo, para problemas difíciles, es necesario formar equipos transversales con personal de diferentes áreas según las características del problema.
- 4) *Registrar el tema:* Una vez seleccionado el tema y el equipo responsable éste debe registrar el tema. Se debe presentar una planilla a un comité de mejoras que coordina diferentes temas, asigna presupuestos, supervisa los progresos y realiza auditorías.
- 5) *Planificar la actividad:* Se planifican las actividades que van a durar de tres a seis meses para completar todos los pasos.

Paso 1: Comprender la situación

Se identifican las pérdidas principales y los cuellos de botella del proceso global. Hay que establecer objetivos lo más altos posibles, sin que éstos sean inalcanzables.

Paso 2: Sacar a la luz y eliminar las anormalidades

Las pérdidas tienen su origen en el deterioro o en el error en establecer las condiciones básicas que aseguren un correcto funcionamiento del equipo. Antes de aplicar cualquier análisis complejo deben eliminarse todos los efectos de deterioro.

Paso 3: Analizar las causas

Hay que basar el análisis de las causas en la observación directa de los equipos y lugares de trabajo. Puede usarse simplemente la vista o requerir alguna cámara especial para poder realizar las observaciones correspondientes.

Paso 4: Planificar la mejora

Durante el desarrollo de propuestas deben formularse varias alternativas, sin dejar de lado ninguna idea en esta fase. Hay que evitar cuidadosamente las mejoras que generan nuevos inconvenientes. Por ej. Por aumentar la capacidad, producir productos defectuosos.

Paso 5: Implantación de la mejora

Es fundamental que cada persona comprenda y acepte las mejoras que se implantan. Si la planta cuenta con más de una máquina del mismo tipo, la mejora debe implantarse primero en una y, después de verificar los resultados, extender la mejora a las demás. Esto se conoce en TPM como despliegue lateral.

Paso 6: Chequear los resultados

Si no se logra un objetivo, es fundamental ser perseverante y flexible, no atarse al plan original. Hay que analizar los resultados desde la fase de implantación y detallar las mejoras que se muestren más adecuadas. Esto debe presentarse en forma gráfica por toda la empresa ya que permitirá que las distintas áreas se beneficien con la experiencia de los grupos de mejora.

Paso 7: Consolidación de los logros

Las mejoras respecto al deterioro o al restablecimiento de las condiciones iniciales pueden fácilmente volver atrás. Es importante asegurar su permanencia mediante chequeos periódicos. Al mejorar los métodos de trabajo es necesario estandarizarlos para que las personas no vuelvan a los viejos hábitos.

3.4.1.2. Análisis P-M. Técnica analítica para la mejora

Es una técnica para analizar fenómenos tales como los fallos de proceso en función de sus principios físicos y la relación de estos fenómenos con los cuatro inputs de la producción (equipos, materiales, personas y métodos). El nombre de la herramienta proviene de los nombres en inglés de los factores involucrados: “P” por Fenómenos y Factores Físicos y “M” por Mecanismos y las 4M (cuatro inputs de producción).

Pasos para el análisis P-M

Paso 1: Clarificar el fenómeno

Para comprender un fenómeno con precisión, hay que estudiar cómo, dónde y cuándo ocurre. Hay que distinguir cuidadosamente los tipos de fenómenos y variaciones de ocurrencia en las diferentes unidades del equipo.

Paso 2: Investigar los principios físicos involucrados

Analizar el problema en base a las leyes y principios físicos incidentes. Se describe cómo ocurre el problema, la mecánica de su generación. Pero no se describe en términos de sus causas posibles.

Paso 3: Identificar las condiciones que producen el problema

Todas aquellas condiciones necesarias para que ocurra el fallo

Paso 4: Considerar los inputs de la producción

Relacionar sistemáticamente todos los factores involucrados en la producción de las condiciones identificadas en el paso anterior.

Paso 5: Determinar las condiciones óptimas

Con base en objetos reales, planos y estándares, determinar la condición óptima para cada factor causal.

Paso 6: Investigar los métodos de medición

Determinar los métodos más fiables para medir los desfases entre las condiciones causales y sus valores ideales.

Paso 7: Identificar deficiencias

Revisar todos los factores que se desvían del óptimo y todo tipo de anomalías o pequeñas deficiencias. Usando los métodos identificados en el paso previo, investigar los procesos e identificar cualquier desviación de las condiciones óptimas.

Paso 8: Formular e implantar el plan de mejora

Redactar e implantar un plan para corregir cada deficiencia y controlar o eliminar su repetición.

3.4.2. Mantenimiento Autónomo:

La misión del departamento de producción es fabricar productos con una calidad especificada de la forma más rápida y económica posible. Una de sus funciones principales es detectar y tratar rápidamente las anomalías que puedan presentarse en el equipo. El mantenimiento autónomo incluye cualquier actividad realizada por el departamento de producción relacionada con el mantenimiento y que pretenda mantener la planta funcionando eficientemente con el fin de llevar a cabo los planes de producción.

Los objetivos del mantenimiento autónomo pueden resumirse en:

- Evitar el deterioro de los equipos mediante una operación correcta y chequeos diarios.
- Llevar el equipo a una condición ideal a través de su restauración y gestión apropiada
- Establecer condiciones básicas para mantener el equipo en su condición ideal permanentemente

Actividades del departamento de Producción:

El departamento de producción debe centrarse en la prevención del deterioro. Su programa de mantenimiento autónomo debe incluir tres clases de actividades:

1) Evitar el deterioro:

- Operación correcta: Evitar errores humanos.
- Ajustes correctos: Evitar errores de proceso.
- Establecimiento de las condiciones básicas del equipo.
- Pronta predicción y detección de anomalías.
- Registros de mantenimiento: Feedback de información para evitar repetición de errores.

2) Medir el deterioro

- Inspección diaria: Chequeo con los cinco sentidos durante el funcionamiento del equipo.
- Inspección periódica: Parte de la inspección general durante la parada de planta.

3) Predecir y restaurar el deterioro

- Pequeños servicios: Reemplazo simple de piezas, medidas de emergencia, etc.

- Informe rápido y preciso de fallos y problemas.
- Asistencia a la reparación de fallos inesperados.

Actividades del departamento de Mantenimiento:

- 1) Facilitar instrucciones en técnicas de inspección y ayudar a operarios a preparar estándares de inspección.
- 2) Tratar rápidamente el deterioro y las deficiencias en las condiciones básicas del equipo.
- 3) Dar asistencia técnica en las actividades de mejora tales como eliminar fuentes de contaminación, hacer más accesibles a las áreas difíciles de inspeccionar, limpiar o lubricar y mejorar la eficiencia del equipo.
- 4) Investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mantenimiento.
- 5) Crear sistemas de registro de datos de mantenimiento.
- 6) Control de repuestos, plantillas, herramientas y datos técnicos.

Establecimiento de las condiciones básicas del equipo:

Las actividades del mantenimiento autónomo del departamento de producción se enfocan en la prevención de deterioro. Una parte importante de esto es establecer las condiciones básicas del equipo.

- *Deterioro*: Principal causa de fallos de un equipo. Incluye el deterioro natural, producto de la vida útil del equipo, y el deterioro acelerado, debido al funcionamiento del equipo en un entorno nocivo.
- *Condiciones óptimas*: La avería de un equipo hace referencia a una falla generada en éste por el operador, debido a una omisión o acto deliberado. Se deben establecer las condiciones en las cuáles el equipo se encuentra funcionando a un nivel ideal.

3.4.2.1. Implantación del Mantenimiento Autónomo:

1° Etapa: Limpieza y orden en el puesto de trabajo (5S)

- 1) Ordenar (SEIRI): Identificar y eliminar del área de trabajo todo lo que no sea necesario y habituarse a realizarlo todos los días a la misma hora.
- 2) Colocar todo en su lugar (SEITON): Determinar qué necesito para hacer mi trabajo y dónde y cuándo lo necesito. El objetivo es que el que necesite algo lo encuentre

rápidamente. Una forma de hacerlo es marcando en el puesto de trabajo los lugares correspondientes a las distintas herramientas.

- 3) Limpiar (SEISO): Después de eliminar lo innecesario y de relocalizar todo el material necesario para el trabajo, hay que hacer una limpieza a fondo del puesto. Esto permitirá detectar problemas crónicos o puntos difíciles de limpiar, que antes eran invisibles por el desorden, y trabajar para solucionarlos.
- 4) Estandarizar (SEIKETSO): Establecer normas para lo mejor del trabajo realizado y compartir esa información.
- 5) Mantener (SITSUKE): Buscar medidas simples para medir las desviaciones y corregirlas para no caer en una espiral negativa.

Una vez realizada la etapa anterior relacionada con el puesto de trabajo pasamos al equipo.

2° Etapa: Limpieza inicial y revisión general del equipo

- Limpieza inicial del equipo asignado, evitando desgastes y envejecimientos prematuros debidos a suciedad, óxido, virutas, polvo abrasivo, etc. Esto provoca que el operario toque todo el equipo, conociéndolo mejor y aumentando su interés en éste. Al principio la limpieza es lenta porque el operador desconoce la profundidad con la que debe realizar esta tarea. Por eso Mantenimiento debe suministrarle directrices o instrucciones.
- Descubrir Anormalidades: Una anomalía es cualquier condición que pueda derivar en un problema. Como medida de aprendizaje, debería entregarse al personal una guía con las posibles anomalías que pueden detectarse en el equipo. En la tabla 3.1 se muestra un ejemplo de guía para el descubrimiento de anomalías.

Al encontrar una anomalía el operario debe seguir una serie de pasos:

1. Anotar la anomalía a tratar sobre una etiqueta del color apropiado para su resolución. Por ej. verde para indicar que debe ser tratada por Producción y roja para Mantenimiento.
2. Pegar la etiqueta sobre la anomalía en la máquina y guardar una copia para analizar.
3. Clasificar las etiquetas en función de su localización y tecnología (hidráulica, eléctrica, etc.)
4. Jerarquizar y reordenar en función de la urgencia de resolución

5. Identificar responsables para asegurar el seguimiento y resolución de la anomalía.

Anormalidad	Ejemplos
1. Pequeñas deficiencias <ul style="list-style-type: none"> • Contaminación • Daños • Holgura • Fenómenos anormales • Adhesión 	<p>Polvo, suciedad, partículas, aceite, grasa, óxido, pintura</p> <p>Fisuras, aplastamientos, deformaciones, curvados, picaduras</p> <p>Sacudidas, excentricidad, desgaste, corrosión</p> <p>Ruido inusual, sobrecalentamiento, vibración, olores extraños, presión o corriente incorrecta</p> <p>Bloqueos, acumulación de partículas, disfunciones</p>
2. Incumplimiento de las condiciones básicas <ul style="list-style-type: none"> • Lubricación • Suministro de lubricante • Indicadores de nivel de aceite • Apretado 	<p>Insuficiente, suciedad no identificada, inapropiada, fugas de lubricante</p> <p>Suciedad, orificios de lubricación deformados, tubos de lubricación defectuosos</p> <p>No indicación del nivel correcto</p> <p>Tuercas y pernos: holguras, pasados de rosaca, demasiado largos, arandela inapropiada</p>
3. Puntos inaccesibles <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza • Chequeo-inspección • Lubricación • Apretado de pernos • Operación • Ajustes 	<p>Diseño de máquina, puntos cubiertos</p> <p>Puntos cubiertos, disposición, orientación</p> <p>Posición de la entrada de lubricante, construcción, altura, salida de lubricante</p> <p>Pernos cubiertos, tamaño, disposición, espacio</p> <p>Disposición de máquina: conmutadores y palancas</p> <p>Posición de medidores de presión, temperatura, flujo, humedad</p>
4. Focos de contaminación <ul style="list-style-type: none"> • Producto • Materia Prima • Lubricantes • Gases • Líquidos • Desechos • Otros 	<p>Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo</p> <p>Fugas, derrames, chorros, dispersión, exceso de flujo</p> <p>Fugas, derrames, infiltraciones, fluidos hidráulicos</p> <p>Fugas de aire comprimido, gases, vapor</p> <p>Fugas, vertidos y chorros de agua, productos semiacabados, agua de refrigeración</p> <p>Chispas, recortes, material de embalaje y producto no conforme</p> <p>Contaminantes traídos por personas, elevadores, infiltraciones por edificio</p>
5. Fuentes de defectos de calidad <ul style="list-style-type: none"> • Materias extrañas • Golpes • Tamaño de grano • Concentración • Viscosidad 	<p>Infiltración y arrastre de óxido, partículas, desechos de cable, insectos, etc.</p> <p>Caidas, sacudidas, colisiones, vibraciones</p> <p>Anormalidades en tamises, separadores</p> <p>Calentamiento inadecuado, composición, mezcla, evaporación, agitación</p> <p>Calentamiento inadecuado, composición, mezcla, evaporación, agitación</p>
6. Lugares inseguros <ul style="list-style-type: none"> • Suelos • Pasos • Luces • Maquinaria rotativa • Dispositivo de levantamiento 	<p>Desequilibrados, rampas, elementos que sobresalen, fisuras, escamas</p> <p>Demasiado inclinados, irregulares, corrosión, sin pasamanos</p> <p>Pocas, mala disposición, sucias</p> <p>Sin mecanismo de seguridad o parada de emergencia</p> <p>Cables, ganchos, frenos</p>

Tabla 3. 1 - Guía de posibles anomalías a encontrar.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

- Corrección de pequeñas deficiencias y establecer las condiciones básicas del equipo.
 - Corrección de pequeñas deficiencias: Tales como juego excesivo, deformaciones, desgastes, etc. Si se encuentra un problema serio, avisar a los especialistas de Mantenimiento.
 - Condiciones básicas: Una de las condiciones básicas más importantes es la lubricación ya que permite tanto un funcionamiento eficiente mediante la prevención del desgaste como el mantenimiento de la precisión operacional de mecanismos neumáticos y la reducción de fricción. Otra condición básica fundamental es el apretado de tuercas, pernos y tornillos que pueda incluir el equipo ya que el ajuste incorrecto de estos elementos puede derivar en reacciones en cadena de vibraciones y desgaste.

3° Etapa: Eliminar fuentes de contaminación y puntos inaccesibles

En la 2° etapa los operarios utilizan los sentidos sensoriales y sus manos para la limpieza y detección de anomalías. Durante la 3° etapa usan su mente para crear mejoras. Si cuesta demasiado tiempo o esfuerzo mantener las condiciones básicas del equipo establecidas en el paso anterior, el operario buscará la forma de solucionarlo. En general hay dos tipos de mejora:

- *Identificar y eliminar las fugas y derrames:* De productos, lubricantes, fluidos hidráulicos, polvo, vapor y otros materiales de proceso.
- *Mejorar la accesibilidad para reducir los tiempos de trabajo:* Incluso cuando se hayan establecido las condiciones básicas del equipo y se hayan logrado mejoras, si el mantenimiento exige demasiado tiempo, esfuerzo o es peligroso, el chequeo y la lubricación no perdurarán en el tiempo.

4° Etapa: Establecer estándares de limpieza e inspección

El objetivo de esta etapa es garantizar la continuidad de lo hecho en las etapas 2 y 3, es decir, asegurar el mantenimiento de las condiciones básicas y de la situación óptima del equipo. La experiencia afirma que los estándares impuestos desde arriba nunca se cumplen. Esto es debido a que de esta forma el operario no comprende por qué o cómo debe seguir estos estándares que le quitan tiempo de su rutina diaria. Entonces los estándares deben ser auto-establecidos por los operarios, con supervisión del personal de mantenimiento como se indica a continuación:

Guía para preparar estándares

Los estándares deben responder a las preguntas tipo “5W y 1H” (¿Dónde?, ¿Qué?, ¿Quién?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Por qué?) e incorporar los siguientes puntos:

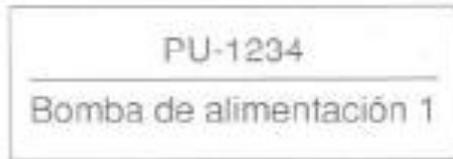
- *Elementos de inspección:* Decidir qué se va a limpiar, lubricar, chequear, etc.
- *Puntos clave:* Examinar qué pasa cuando un componente en particular no se limpia, aprieta o lubrica. Con esto se logra comprender el problema que puede traer el no mantener las condiciones básicas.
- *Métodos:* Buscar el método más simple y apropiado para realizar los chequeos. Diseñar controles visuales que faciliten la tarea.
- *Herramientas:* Decidir qué herramientas se usarán para limpiar, lubricar, apretar, chequear y etiquetarlas debidamente.
- *Tiempos:* Establecer duraciones para las inspecciones, definiendo objetivos alcanzables.
- *Intervalos:* Frecuencia con la que se realizarán las inspecciones. El objetivo es ir disminuyendo gradualmente la frecuencia en base a mejoras en el proceso.
- *Responsabilidad:* Asignar un responsable a cada tarea para asegurar su ejecución.

Introducir extensivamente los controles visuales

La clave para una realización consistente de las tareas de limpieza chequeo y lubricación es que sean fáciles de ejecutar por cualquiera. Un modo eficaz de lograrlo es mediante controles visuales. Estos son medios visuales colocados directamente sobre el equipo a controlar e indican claramente las condiciones de operación. Los siguientes ejemplos pueden adaptarse para uso en cada punto de trabajo particular:

- Marcar cada equipo con su nombre y código para identificación inmediata.
- Poner marcas en tuercas y pernos indicando el nivel de apriete.
- Señalar en instrumentos de medición (termómetros, amperímetros, etc.) rangos de medición aceptables.
- Indicar los niveles de lubricante, tipos y cantidades necesarias.

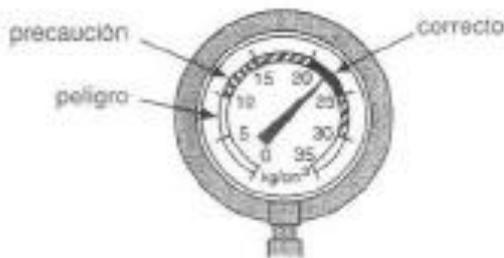
En la figura 3.1 se detallan algunos ejemplos de controles visuales.



Placa con nombre de equipo



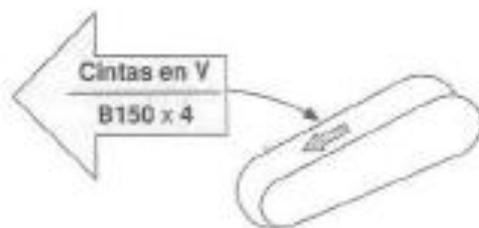
Marcar para apriete correcto de tuercas y pernos



Calibre de presión con indicadores de gamas de operación



Calibre de aceite e indicadores de tipo



Tarjeta de cinta en V e indicador de dirección

Fig. 3. 1 - Ejemplos de controles visuales.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

Asegurar que se mantienen con rigor los estándares previamente establecidos

El contenido de estas tareas debe poder realizarse en el tiempo disponible, en particular aprovechando los tiempos de parada de los equipos debidos a otras intervenciones y la duración media asignada por equipo/instalación estará alrededor de los diez minutos.

5° Etapa: Elaborar las gamas y fichas de Mantenimiento autónomo para realizar comprobaciones generales y formar al operador para ejecutarlas

Una Gama de Mantenimiento es un instructivo paso a paso para realizar una acción preventiva y muestra la forma de realizarla cronológicamente, las herramientas necesarias, los valores de referencia, los elementos de seguridad, etc.

Una Ficha de Mantenimiento autónomo es una guía o soporte de trabajo que le sirve al operador para realizar, a su nivel de intervención, el mantenimiento elemental.

Esta etapa consiste en elaborar gamas y procedimientos para realizar chequeos e inspecciones generales elementales de los equipos en lo referido a:

- Limpieza.
- Lubricación.
- Mecánica.
- Hidráulica.
- Sistemas eléctricos y electrónicos.
- Elementos de control.

El objetivo de esta etapa es llegar a elaborar la gama y ficha de Automantenimiento, formando al operario en la ejecución de las tareas especificadas en estas gamas, haciéndole ver la importancia de cada chequeo, para que lo realice con rigor y conozca a fondo su equipo. Ver fig. 3.2 y fig. 3.3.

Esta formación debe basarse en técnicas de diagnóstico y reparación de las condiciones “suficientes” más que de las “necesarias”, llegando a comprender cada mecanismo, composición de piezas, función que realiza, etc.

Introducción al TPM en empresa autopartista

Sector: Mecanizado			Máquina: ME347				
Organo	N°	Control / Tarea a efectuar	Valor límite	Tiempo Teórico	Marcha / Parada	Frec.	Obs.
Mecánico	1	Supervisar fugas a nivel de tuberías	C/R	1'	M	Diaria	Todos los turnos
Neumático	2	Mantener filtros limpios	C/R	2'	M	Semanal	Viernes, último turno
Equipo acondicionador	3	Comprobar buen funcionamiento de acondicionadores de aire	C/R	8'	M	Diaria	Turno Tarde
Transportador de piezas	4	Observar correcto funcionamiento de entrada, salida y transfert	C/R	4'	M	Diaria	Turno Tarde
Cabezales	5	Comprobar buen funcionamiento de rodillos de guías contrapeso de cabezales	C/R	2'	P	Diaria	Turno Mañana
Cabezales	6	Comprobar bloqueo de cabezales con máquina parada	C/R	5'	P	Semanal	Turno Mañana

C/R: Condición de referencia

Fig. 3. 3 – Gama de Mantenimiento Autónomo.

(SACRISTÁN, Francisco Rey: *Mantenimiento total de la producción. Proceso de implantación y desarrollo*; Ed. FC; 2001)

AUTOMANTENIMIENTO											
SEMANAL NIVEL 1											
Máquina:			Sector:				Semana				
Responsable		Turno Mañana:.....				Marcar con "✓" si no existen anomalías. Marcar con "x" si es necesario corregir o reparar					
		Turno Tarde:.....									
Gamás	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M
Limpieza											
Engrase											
Eléctrico											
Mecánico- Neumático											
Hidráulico											
Refrigeración											

Fig. 3. 2 – Ficha de Mantenimiento Autónomo.

(SACRISTÁN, Francisco Rey: *Mantenimiento total de la producción. Proceso de implantación y desarrollo*; Ed. FC; 2001)

6° Etapa: Poner a punto y mantener/mejorar el equipo en su estado de referencia efectuando rigurosamente las tareas especificadas

Esta puede dividirse en tres fases:

1° Fase: Poner a punto el equipo con chequeos periódicos, sistematizando las prácticas de detección de anomalías y su resolución, normalizando el sistema de trabajo y manteniendo los estándares y condiciones del buen funcionamiento.

2° Fase: Llegar al automantenimiento total practicando de forma espontánea pequeñas reparaciones y mejoras derivadas de tareas propias del automantenimiento

y de las experiencias y conocimientos adquiridos por la comprensión de los problemas.

3° Fase: Este es el momento de poner en marcha el autodiagnóstico de la evolución del automantenimiento y el autocontrol a través de auditorías sencillas.

A modo de resumen, es posible afirmar que el automantenimiento consiste en:

- Mantener la higiene de la máquina y su entorno: Limpieza, engrase y ajustes
- Elaborar y aplicar estándares de limpieza, engrase, ajustes y mantenimiento preventivo.
- Determinar un estado de referencia para cada máquina y observar desviaciones.
- Elaborar y aplicar un manual de operador para el dominio y manejo de la instalación basado en mantener e inspeccionar sistemáticamente la situación de la misma para llevarla a su estado de referencia.
- Dar una sólida formación a los operarios en lo referido a sus máquinas para que pueda practicarse rigurosamente la aplicación sistemática de estándares del estado de referencia de los equipos.

3.4.3. Mantenimiento Planificado

El mantenimiento planificado se establece para lograr dos objetivos: mantener el equipo en condiciones óptimas y lograr la eficacia y la eficiencia en costos.

En el TPM, el mantenimiento planificado se basa en dos pilares: Por un lado el mantenimiento autónomo realizado por el área de Producción y por el otro el mantenimiento especializado realizado por el personal de Mantenimiento. En un sistema de mantenimiento planificado, el personal de mantenimiento realiza dos tipos de actividades:

- Actividades que mejoran el equipo:
 - Apoyo del mantenimiento autónomo
 - Mantenimiento planificado (6 pasos)
 - Mantenimiento correctivo
 - Mantenimiento predictivo
- Actividades que mejoran la tecnología y capacidad del mantenimiento:
 - Capacidades de mantenimiento especializado

- Capacidades de reparación de equipos
- Capacidades de inspección y medida
- Capacidades técnicas y de diagnóstico de equipos
- Nueva tecnología de mantenimiento

3.4.3.1. Regímenes del Mantenimiento

A continuación se presentan los distintos regímenes de mantenimiento.

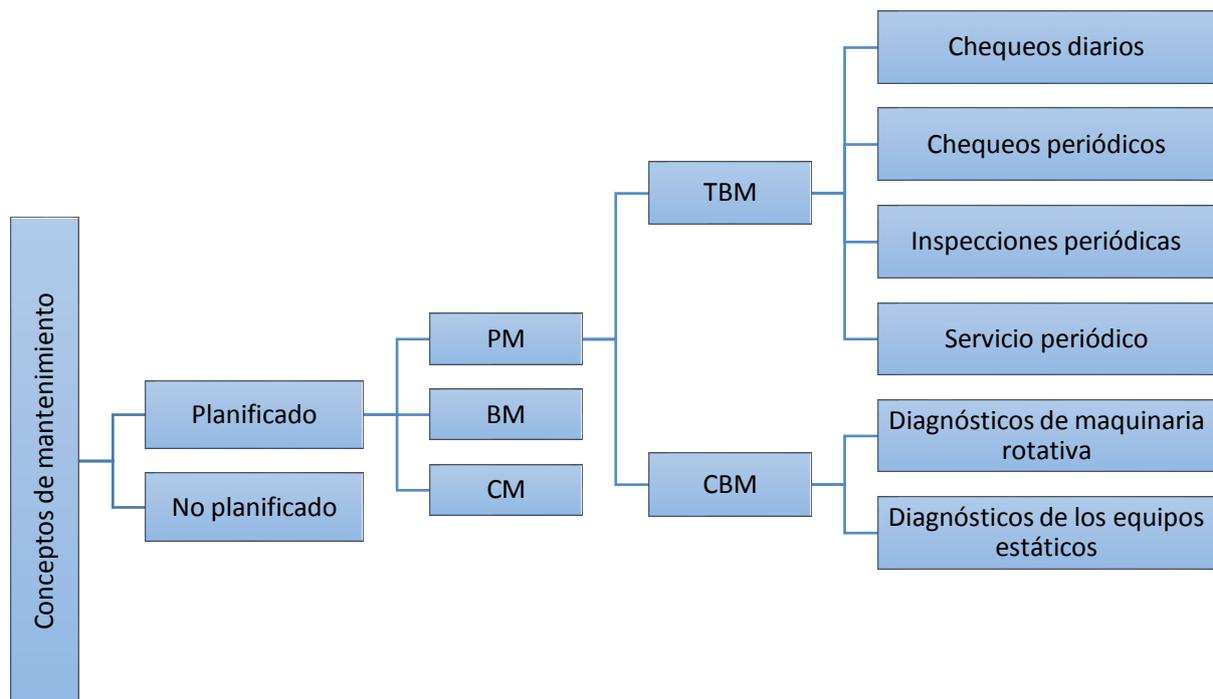


Fig. 3.4 - Regímenes de Mantenimiento.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

- **Mantenimiento basado en el tiempo (TBM):** Consiste en inspeccionar y limpiar el equipo y reemplazar piezas periódicamente para evitar averías repentinas y problemas de proceso. Forma parte del mantenimiento autónomo y del especializado.
- **Mantenimiento basado en las condiciones (CBM):** Utiliza equipos de diagnóstico para supervisar las condiciones de las máquinas. Se pone en marcha en función de las condiciones reales del equipo y no por el transcurso de un determinado período de tiempo.
- **Mantenimiento de averías (BM):** Consiste en esperar que la máquina falle para repararla. Sólo se utiliza en casos en los que la falla no afecta significativamente a la producción o no genera pérdidas fuera de los costos de reparación.

- **Mantenimiento preventivo (PM):** Combina el TBM y el CBM para mantener en funcionamiento el equipo, controlando componentes, ensambles, fijaciones, etc. Además mantiene el rendimiento de materiales estructurales y de prevenir la corrosión, fatiga y demás tipos de deterioro.
- **Mantenimiento Correctivo (CM):** Mejora el equipo y sus componentes para realizar fielmente el mantenimiento preventivo, rediseñando la máquina en caso de ser necesario.

Un programa de mantenimiento planificado combina racionalmente el mantenimiento basado en el tiempo, el basado en las condiciones y el de averías.

TBM en el mantenimiento planificado

Los objetivos del mantenimiento planificado son eliminar los fallos del equipo y los problemas de proceso, así como minimizar las pérdidas. El primer paso para estos logros es el mantenimiento basado en el tiempo. La decisión sobre el tipo de mantenimiento a realizar y en qué equipos dependerá de las políticas de la empresa y los planes a mediano y largo plazo. Sin embargo para mantener el equipo en su estado ideal es vital usar todos los datos y tecnología de mantenimiento disponibles.

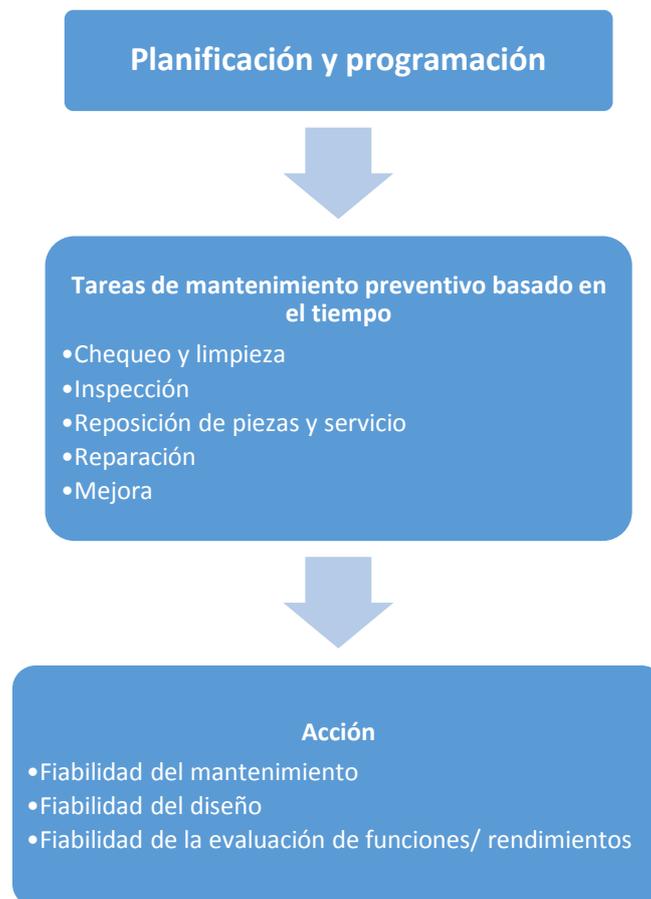


Fig. 3. 5 - Tareas del Mantenimiento Preventivo TBM.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

CBM en el mantenimiento planificado

Esta segunda actividad del mantenimiento planificado tiene dos direcciones primordiales:

- Supervisión de las condiciones: Debe hacerse mientras el equipo está en funcionamiento para calibrar con precisión sus funciones y rendimiento.
- Inspección sobre la marcha: Ayuda a aumentar la precisión del mantenimiento con parada.

El TMB y el CBM permiten identificar con precisión y controlar todos los componentes del equipo cuyo fallo puede conducir a averías del equipo o pérdidas de rendimiento, causar defectos de calidad, comprometer a la seguridad o perjudicar al entorno.

Mantenimiento de averías

Es la tercera actividad principal del mantenimiento planificado. Consiste en reemplazar piezas o realizar otros trabajos de reparación después de averiarse el equipo. Para realizar reparaciones rápidas y facilitar la prevención se deben capacitar a los operarios para que detecten las anomalías cuando realizan los chequeos diarios o de rutina.

3.4.3.2. Alcanzar el “cero averías”

El objetivo del TPM es reforzar la constitución básica de un empresa mediante el logro del “cero defectos”, cero fallos y cero incidentes. Es decir eliminar todo tipo de pérdidas.

Los accidentes más serios de las plantas de producción aparecen mientras se da respuesta a fallos en los equipos. Muy pocos surgen cuando los procesos se desarrollan normalmente y los operarios supervisan su equipo. De la misma manera, la mayoría de los defectos de proceso y producto ocurren cuando las plantas paran por averías, se están reparando o poniendo en marcha tras un fallo. Es por este que, para prevenir accidentes, hay que prevenir la posibilidad de fallos que hagan parar el sistema.

Para evaluar la importancia de los fallos que se producen en los equipos, es necesario clasificarlos.

¿Qué es un fallo?: Es una condición que impide total o parcialmente al equipo desempeñar la función para la cual fue creado.

FALLO = PARADAS + FALLOS DE PROCESO

- *Parada*: Fallo que provoca una interrupción temporal en el equipo y donde una intervención humana no planificada es necesaria para establecer las condiciones normales de funcionamiento.
- *Fallo de proceso*: Fallo que provoca que el equipo esté fuera de control, causado por cambios en las condiciones de proceso. No hay parada en este tipo de fallo, pero si intervenciones humanas.

Seis medidas para el “cero averías”

1. *Eliminar el deterioro acelerado estableciendo las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación y ajustes)*. Los fallos son mucho menos probables en equipos no contaminados, lubricados y que no tienen partes flojas.
2. *Eliminar el deterioro acelerado cumpliendo las condiciones de uso*. El equipo se proyecta para usarlo en ciertas condiciones y la operación fuera de éstas puede provocar un deterioro acelerado, disminución de su vida útil y la aparición de fallos inesperados.
3. *Restaurar el equipo hasta su condición óptima restaurando el deterioro*. El deterioro del equipo puede ser acelerado o natural. El acelerado se debe a una causa artificial y surge cuando no se mantienen las condiciones básicas del equipo, o cuando la forma de uso no es la correcta. El deterioro natural se debe a factores como desgaste, corrosión, y cambios en las propiedades de los materiales. El modo más rápido para lograr el “cero fallos” es examinar cada parte del equipo, medir con precisión el grado de deterioro y adoptar un enfoque balanceado para restaurar el deterioro.
4. *Restaurar los procesos hasta su condición óptima aboliendo los entornos que causan el deterioro acelerado*. Dar especial atención a proyectos de mejora orientada encaminados a eliminar las principales fuentes de contaminación. Es vital limpiar y controlar los entornos que estimulan el deterioro acelerado.
5. *Alargar la vida útil de los equipos corrigiendo debilidades de diseño*. El funcionamiento del equipo en condiciones de esfuerzo, tales como altas velocidades de rotación, cargas elevadas, y frecuentes paradas y arranques dan lugar a fallos debidos a roturas de ejes, daños en cojinetes, etc. En tales casos puede ser necesario cambiar el material o dimensiones del eje o el tipo de cojinetes.
6. *Eliminar los fallos inesperados mejorando las capacidades de operación y mantenimiento*. Incluso cuando el equipo es extremadamente fiable, pueden ocurrir averías inesperadas como resultado de errores de operación y reparación. El área de producción debe incentivar las capacidades de sus operarios para detectar los primeros indicios de anomalías y pedirles que mantengan las condiciones básicas y realicen inspección mediante el uso de los sentidos. Por otro lado, el

departamento de mantenimiento debe apoyar al mantenimiento autónomo de los operarios y crear un sistema de inspección y servicio periódico que evite duplicidades u omisiones de tareas de mantenimiento.

Cuatro fases para el “cero averías”

Las seis medidas para el “cero averías” entrañan una enorme cantidad de trabajo. Es contraproducente intentar acelerar un programa de reducción de fallos aplicando simultáneamente las seis medidas. La puesta en práctica de un sistema de mantenimiento planificado antes de establecer las condiciones básicas (equipo sucio, con partes sueltas e inapropiada lubricación) conduce frecuentemente a fallos antes de llegar a la fecha prevista para la intervención.

El modo más eficaz para lograr el “cero averías” es aplicar las seis medidas en las siguientes cuatro fases:

Fase 1: Reducir la variación en los intervalos entre fallos

- *Restaurar el deterioro.* Restaurar el equipo desde un estado deteriorado a su condición original, reduciendo la variación entre los intervalos de fallo. A menudo el deterioro no se verifica, aunque el personal sea consciente de él. Muchas veces se piensa que la planta no tiene fondos, recursos humanos o tiempo para parar. Es precisamente esta actitud miope la que conduce a averías frecuentes perdiendo gran cantidades de tiempo y dinero.
- *Prevenir el deterioro acelerado.* El objetivo es alargar la vida del equipo y continuar disminuyendo la variación de los intervalos de fallo. Es aconsejable realizar las siguientes acciones:
 - *Establecimiento de las condiciones básicas.* Primer paso del mantenimiento autónomo.
 - *Cumplir las condiciones de uso.* Ignorar las condiciones de uso crea tensiones y fatiga que pueden conducir a grandes averías.
 - *Preparar estándares de inspección diaria y lubricación fáciles de utilizar.* Es recomendable emplear extensos controles visuales para hacer observar estos estándares por todos, como parte del trabajo diario.

Fase 2: Alargar la vida del equipo

- *Diseño correcto y debilidades de fabricación.* Una vez eliminado el deterioro acelerado, el equipo sólo sufrirá deterioro natural. Conforme cambia el balance entre el deterioro acelerado y el natural, decrece la dispersión de los intervalos entre fallos. Sin embargo, algunas piezas tienen menor vida que otras. La fase 2 corrige las debilidades de diseño y fabricación.

- *Evitar la repetición de las principales averías.* Cada fallo debe ser una lección valiosa sobre debilidades. Los fallos deben analizarse para poder comprenderlos a fondo y evitar que vuelvan a aparecer.
- *Evitar errores de operación y reparación.* Un obstáculo para extender la vida del equipo es la aparición de un fallo inesperado como resultado de errores de operación o reparación. La única forma de reducirlos es mediante una formación continua.

Fase 3: Restaurar periódicamente el deterioro

- *Realizar inspecciones y servicios periódicos.* Para mantener y ampliar la vida del equipo lograda en las fases 1 y 2, hay que establecer un sistema de mantenimiento planificado o preventivo. La clave está en determinar los intervalos óptimos de inspección. Si son demasiado largos se producirán averías repetidas; pero si son demasiado cortos, es un desperdicio de recursos. La duración de los intervalos es algo que debe estar en continuo estudio, para establecerlos de la forma más óptima posible.
- *Establecimiento de estándares de mantenimiento e inspección.* Un sistema de mantenimiento planificado es más fiable si se preparan y cumplen estándares para realizar las inspecciones ya que permiten llevar a cabo las tareas más rápidamente y sin olvidar ningún detalle.
- *Control de piezas de repuesto y materiales de mantenimiento.* Control “just in time” de piezas de repuesto y materiales de mantenimiento.
- *Reconocer los signos de anormalidad en el proceso.* Los departamentos de producción y mantenimiento deben trabajar juntos para desarrollar capacidades de diagnóstico cada vez más sensibles.

Fase 4: Predecir la vida del equipo a partir de sus condiciones

Realizadas las tres primeras fases, se reduce considerablemente el número de fallos como resultado del desarrollo del sistema de mantenimiento planificado y la afinada sensibilidad de los operarios para detectar anormalidades. Para asegurar las cosas, el mantenimiento suele establecer intervalos de servicio más cortos de lo necesario, provocando un exceso de mantenimiento. Por otro lado la sensibilidad de los operarios es limitada.

Por lo tanto en esta fase se usan instrumentos para evaluar la condición del equipo, acumular datos y predecir la vida del mismo a partir de estas evidencias. Actualmente hay muchas técnicas de diagnóstico y softwares de proceso de datos. Antes de aplicar esto, debe decidirse qué equipo se usará para diagnosticar, donde se instalará, qué es lo que se quiere predecir y mediante qué datos.

3.4.3.3. Realización paso a paso del Mantenimiento Planificado:

El objetivo del departamento de mantenimiento al implantar el mantenimiento planificado es eliminar los fallos. Sin embargo, uno de las mayores dificultades se da a la hora de planificar y poner en práctica sistemáticamente las actividades del mismo.

Las seis medidas para el cero averías y las cuatro fases para el cero fallos sirven de base para un programa paso a paso. La siguiente tabla muestra cómo se coordina un programa de seis pasos para desarrollar las actividades del departamento de mantenimiento con el concepto de cuatro fases para el cero averías y el programa de mantenimiento autónomo:

Fase	1 Estabilizar los intervalos entre fallos	2 Alargar la vida de los equipos	3 Restaurar periódicamente el deterioro	4 Predecir y ampliar la vida del equipo	
Mantenimiento Autónomo	1. Realizar la limpieza inicial 2. Mejorar las fuentes de contaminación y lugares inaccesibles 3. Establecer estándares de limpieza y chequeo	4. Realizar la inspección general del equipo	5. Realizar la inspección general del proceso	6. Sistematizar el mantenimiento autónomo 7. Práctica plena de la autogestión	
Mantenimiento Especializado	Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación actual de partida				Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado
	Paso 2: Restaurar el deterioro y corregir las debilidades		Implantar el mantenimiento correctivo		
		Paso 3: Crear sistema de gestión de la información	Establecer el mantenimiento periódico		
			Paso 4: Crear sistema de mantenimiento periódico		
				Paso 5: Crear sistema de mantenimiento predictivo	

Fig. 3. 6 - Los seis pasos para la creación de un sistema de mantenimiento planificado. (SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

Las ventajas de este enfoque paso a paso consisten en que los resultados se acumulan a medida que se van desarrollando las actividades y se refuerzan entre sí como parte integral del programa. Para utilizar plenamente éstas ventajas, el equipo de planificación debe especificar claramente lo que tiene que hacerse en cada paso.

Se recomienda realizar las actividades en el siguiente orden, cooperando en cada paso con todos los departamentos participantes:

Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación inicial

Para decidir qué equipos serán objeto del mantenimiento planificado hay que preparar registros de los equipos y priorizarlos según determinados criterios.

Estos registros proporcionan datos en bruto para evaluar los equipos. Deben facilitar datos sobre el diseño e historial de operación y mantenimiento de las máquinas. A continuación se ofrece una muestra que incluye algunos de los conceptos de un registro de equipo:

1. Activo n°: _____

2. Equipo: _____ Modelo n°: _____ Plano n°: _____

3. Fábrica: _____ Planta: _____ Proceso: _____

4. Fabricante: _____ Fecha fab: _____ Fecha instal: _____

5. Registro de especificaciones de cambios

Fecha	Especificaciones del equipo	Condiciones de operación	

6. Registro de mantenimiento

Fecha	Servicio periódico	M. Correctivo	Fallos principales

*Fig. 3. 7 - Formato de Registro de equipo.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)*

Evaluar y priorizar el equipo

Hay que evaluar cada equipo según su seguridad, calidad, facilidad de operación, mantenibilidad, etc. Luego se crean clases jerárquicas, por ej. A, B, C y se decide que clases serán incluidas dentro del mantenimiento planificado.

Comprensión de fallos y establecimiento de objetivos

Para definir la situación de partida se reúnen datos como número de fallos, frecuencia, MTBF (tiempo medio entre fallos), MTTR (tiempo medio de reparación), costos, etc. Luego se establecen los objetivos para reducir los fallos mediante mantenimiento planificado.

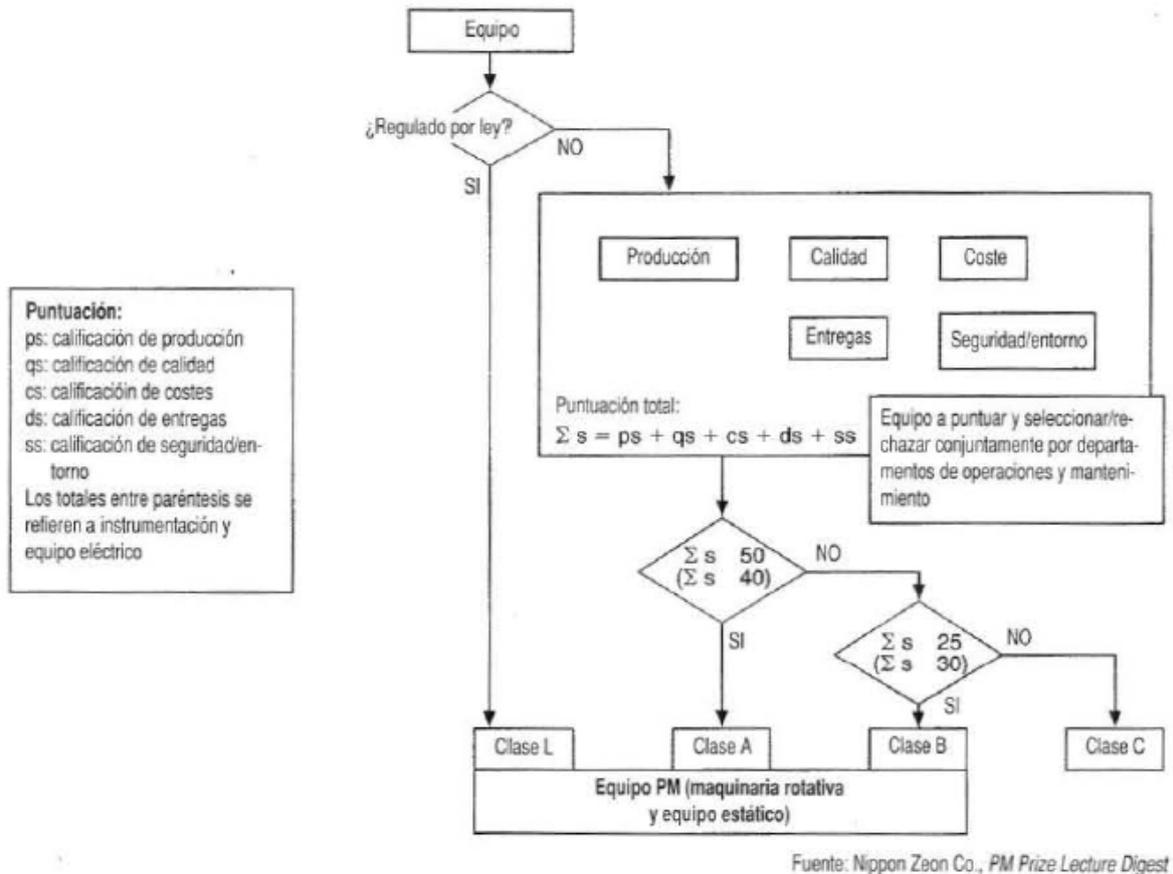


Fig. 3. 8 - Diagrama de flujo para selección de equipo.
 (SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

Paso 2: Restaurar el deterioro y corregir debilidades

Hasta que una planta logra establecer el mantenimiento autónomo, el equipo puede estar sometido a un deterioro acelerado y, como consecuencia, fallar de modo inesperado y a intervalos irregulares. En estas condiciones es imposible implantar un programa de mantenimiento planificado. Es por eso que la primera parte de éste programa consiste en apoyar las actividades del mantenimiento autónomo de la siguiente manera:

- Ayudar a los operarios a restaurar el deterioro

Corrigiendo el deterioro o las irregularidades detectadas por los operarios y que éstos no puedan resolver, entrenarlo in situ en temas referentes a la inspección y restauración del equipo. Para eliminar los entornos que causan un deterioro acelerado se debe aconsejar a los operarios sobre cómo tratar las fuentes de contaminación y los puntos de difícil inspección. También se puede colaborar con los operarios para establecer las condiciones básicas del equipo, preparando estándares de controles visuales y ayudando en su implantación.

- Reducir los fallos de proceso

Estos son causados en general por combinación de factores de proceso y equipo, por ej. Corrosión, fisuras, fugas, vibraciones, cortes de servicio, etc. Al ser combinaciones de factores muchas veces es difícil determinar dónde y cuándo se produce el fallo. Entonces, para minimizar las pérdidas, una vez que se ha detectado un fallo inminente hay que restaurar tan pronto como sea posible las condiciones del proceso. Para facilitar la predicción de fallos se debe:

- Calibrar cuidadosamente los instrumentos de medida y chequearlos regularmente.
- Estudiar fallos anteriores y usar los resultados para formar a los operarios en la restauración del proceso tan rápido como sea posible.
- Para cada falla producida, preparar un informe detallando señales de anomalía, naturaleza de la falla y la acción tomada.

Paso 3: Crear un sistema de gestión de información

En las industrias, muchas veces se cuenta con gran cantidad de equipos y procesos que requieren diferentes tipos de mantenimiento. Gestionar manualmente esta enorme cantidad de información puede ser muy engorroso y muchas veces imposible. Es por eso que es necesario un sistema de procesamiento de datos informatizado.

Antes de elegir el tipo de sistema es preciso evaluar y mejorar el sistema de mantenimiento existente y decidir qué datos serán necesarios y determinar el grado de informatización requerido.

La gestión informatizada del mantenimiento no puede llevarse a cabo si persisten los fallos grandes o intermedios, por lo tanto se recomienda como primer paso generar un **sistema de gestión de datos de fallos**.

Este sistema debe facilitar a los operarios entrar a la base de datos y cargar u obtener información sobre fechas; clasificación de fallos; tipo de equipo; componente que ha fallado; naturaleza del fallo; causa; acción tomada; efecto sobre la producción; tiempo y cantidad de personas requeridas para la reparación.

Estos datos deben estar disponibles y revisarse a intervalos regulares en forma de resúmenes o listas de fallos para que los equipos puedan determinar la frecuencia de fallo, tiempos de parada de máquina, etc.

Paso 4: Crear un sistema de mantenimiento periódico

Para realizar el mantenimiento periódico o basado en el tiempo es necesario contar anticipadamente con piezas de repuesto, equipos de inspección, lubricantes e información técnica necesaria como planos, manuales, etc.

Al realizar cualquier trabajo de mantenimiento periódico es necesario analizar si es apropiado el intervalo y el tipo de trabajo programado ya que puede darse un caso en el que el equipo esté recibiendo menos o incluso más mantenimiento del necesario, generándole pérdidas a la organización.

Seleccionar equipos y componentes para mantenimiento periódico

Tomando los equipos elegidos para el mantenimiento planificado, se seleccionan las siguientes categorías para mantenimiento periódico:

- Equipos que por ley requieran inspección periódica
- Equipos que requieren chequeos regulares debido a su importancia en el proceso.
- Equipos con intervalos preestablecidos para reemplazo de componentes en función del ciclo de vida de éstos.
- Equipo para el que es difícil detectar anomalías durante la operación.

Preparación de planes de mantenimiento

Éstos deben basarse en los planes de producción a mediano plazo (aproximadamente 5 años). Se incluyen planes de mantenimiento con parada de planta; anuales, mensuales, semanales, y diarios y planes para unidades individuales.

Estándares de mantenimiento periódico

Se crean para asegurar la realización precisa del mantenimiento periódico

- Estándares de selección de materiales: Revisar los estándares originales y verificar que se sigan utilizando los materiales más adecuados.
- Estándares de control de piezas de repuesto: Los repuestos son esenciales para asegurar la fiabilidad del equipo, alargando su vida útil y reduciendo los tiempos de parada. Sin embargo, el stock excesivo aumenta la inversión y los costos de almacenamiento, por lo que es vital llevar un control eficaz para mantener el stock al mínimo.
- Estándares de seguridad para el trabajo de mantenimiento: Se revisan parcialmente una vez al año y totalmente cada 5 años. Pueden incluir: deberes de trabajadores

y supervisores; acción antes de empezar el trabajo; acción en caso de accidente; procedimientos de seguridad; etc.

Paso 5: Crear un sistema de mantenimiento predictivo

Al establecer el mantenimiento periódico los fallos inesperados se reducen considerablemente. Sin embargo, no se eliminan del todo y se siguen produciendo pudiendo generar un incremento en los costos de mantenimiento. Esto se debe a que el TBM asume una tasa hipotética de deterioro del equipo mientras que el CBM se basa en el deterioro real confirmado a través de diagnósticos.

El Mantenimiento Predictivo es una metodología que tiene como objetivo asegurar el correcto funcionamiento de las máquinas críticas mediante la vigilancia continua de ciertos parámetros indicadores de su condición (vibración, temperatura, presión, tasa de corrosión, etc.) que se realiza sin recurrir a desmontajes y revisiones periódicas.

De esta forma es posible seguir permanentemente el estado del equipo, con el fin de:

- Conocer con gran precisión el momento en que se va a producir la avería para poder evitarla mediante una intervención programada.
- Alargar el máximo posible la vida útil de las piezas, abaratando los costos de mantenimiento.

El CBM presupone la instalación de sensores para la captación de una señal preventiva (vibración, ruido, temperatura, presión, análisis de lubricantes, etc.), la cual debe ser posteriormente analizada e interpretada para tomar decisiones. La aplicación de esta metodología es muy compleja, requiere una inversión considerable y personal altamente calificado. Esto genera cierta resistencia a su generalización.

Ante estas dificultades, una práctica común es reemplazar esta metodología con una forma más simple (siempre que sea posible) a través del mantenimiento autónomo como un Mantenimiento Predictivo Sistemático Condicional. Con la extensión del automantenimiento, el predictivo sistemático va a ser un seguro fiable del funcionamiento de los sistemas de producción.

Las etapas del mantenimiento predictivo pueden definirse de la siguiente manera:

1. Detección anticipada del deterioro de un componente y prevención anticipada del fallo: El objetivo es minimizar los daños por ej. en las herramientas de corte de una máquina de mecanizado.
2. Prever el tiempo en el que se dará el deterioro: Estimar el valor característico límite controlando la tendencia de los valores aparecidos en los aparatos de diagnóstico.

3. Decidir por experiencia la duración del componente y el momento más económico para hacer el cambio por desgaste. El objetivo de esta etapa es poder planificar los cambios de herramientas, evitando deterioros, roturas y defectos.
4. Alargar la vida útil de las piezas y herramientas, a través de la mejora y la búsqueda permanente de nuevos estándares y procedimientos.

Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado

El objetivo del mantenimiento planificado incluye, además de planificar calendarios y técnicas, diseñar los métodos más eficaces para mantener la fiabilidad y funcionalidad de los equipos.

El punto crítico para el buen funcionamiento del mantenimiento planificado es la eficacia del trabajo conjunto entre los departamentos de mantenimiento y de producción. El departamento de Mantenimiento es responsable del TBM basándose en el calendario de mantenimiento y el CBM que usa equipos de diagnóstico para analizar las condiciones. El departamento de Producción es responsable de mantener el equipo en condiciones óptimas mediante intervenciones regulares.

Para poder evaluar la eficiencia del sistema hay que investigar la situación actual de los equipos y verificar si los estándares de control y técnicos están correctamente implantados.

3.4.4. Gestión temprana de equipos

Hoy en día es de vital importancia desarrollar productos de calidad, que anticipen las necesidades de los usuarios, que sean competitivos, fáciles de vender y producir y hacerlo de la forma más eficiente posible.

El objetivo del TPM es reducir drásticamente el plazo desde el desarrollo inicial a la producción en gran escala, logrando un arranque rápido, libre de dificultades y correcto desde el principio. El TPM da a la gestión temprana de equipos y productos la misma importancia que a los demás pilares. Ésta tiene dos bases principales: la evolución del rendimiento económico del ciclo de vida del equipo y el diseño para prevenir el mantenimiento (DMP).

Costos del ciclo de vida

El costo del ciclo de vida de un equipo o producto es el costo total de su vida útil. Es decir, la suma de todos los costos generados o previstos durante el diseño, desarrollo, producción, operación y mantenimiento.

El cálculo de este costo es una técnica para la toma de decisiones que incorpora este costo como un parámetro más en la fase de diseño, realizando todos los cálculos de

balance posibles para asegurar unos costos de ciclo de vida adecuados económicamente para el usuario. Los pasos a seguir son:

1. Clarificar la misión del sistema
2. Formular varias alternativas capaces de cumplir la misión
3. Identificar criterios para evaluar el sistema y técnicas para cuantificar la evaluación.
4. Evaluar las propuestas
5. Documentar los resultados

Diseño para prevenir el mantenimiento (DMP)

Las actividades DMP reducen los futuros costos de mantenimiento y el deterioro de nuevos equipos, teniendo en cuenta, durante su diseño y construcción, los datos de mantenimiento de equipos actuales y las nuevas tecnologías disponibles. Idealmente, un equipo con diseño MP no debería averiarse, sino tener una operación y mantenimiento sencillos y seguros.

Una vez que la planta ha empezado a operar normalmente, el chequeo y la limpieza (indispensables para evitar deterioros y fallos), pueden ser complicados. Cuando los equipos no están diseñados para una operación y mantenimiento fáciles, el personal de producción y mantenimiento tienden a ser negligentes en la limpieza y tareas de rutina, provocando que incluso las reparaciones más simples necesiten un tiempo considerable para llevarse a cabo.

Las actividades DMP están sujetas a determinadas restricciones establecidas durante la planificación de inversiones, tales como:

- Tecnología de equipos y producción
- Capacidad del equipo. Cuantitativa y cualitativa.
- Especificaciones básicas del equipo
- Presupuesto
- Costos de operación

Teniendo en cuenta las restricciones, los objetivos del DMP son:

- Reducir el tiempo transcurrido desde diseño a operación estable.
- Asegurar que el equipo sea altamente fiable, fácil de mantener, económico, operable y seguro.

3.4.4.1. Sistema de gestión temprana de equipos. Paso a paso:

Paso 1: Investigar y analizar la situación existente

Para identificar problemas es aconsejable revisar los procedimientos de gestión temprana de los últimos dos años:

1. Diagrama de flujo de la gestión temprana actual. Identificar problemas.
2. Verificar mecanismos utilizados para prevenir problemas identificados en cada fase de entrada en servicio.
3. Establecer problemas ocurridos durante la producción piloto o test y qué acciones se llevaron a cabo.
4. Identificar retrasos ocurridos durante la producción piloto.
5. Recopilar toda la información relacionada con el diseño del equipo.

Paso 2: Establecer un sistema de Gestión Temprana

Utilizando toda la información del paso 1 se crea un nuevo sistema de gestión temprana. Es necesario investigar y esquematizar la estructura básica del sistema y definir su perfil de aplicación. Luego debe establecerse un método para acumular y usar la información requerida para el sistema. Por último es preciso diseñar los estándares necesarios para operar el sistema de gestión temprana y el de manejo de la información.

Paso 3: Depurar el nuevo sistema y dar formación

Se inician proyectos modelo para poner en práctica el sistema y mejorar el rendimiento de cada persona involucrada.

1. Avanzar y evolucionar paso a paso para cada fase de la gestión temprana.
2. Formar al personal en las técnicas estándar requeridas por el nuevo sistema.
3. Evaluar en cada paso el sistema en función del grado de comprensión de personal, la eficiencia con la que usan las técnicas enseñadas, etc.
4. Usar los resultados de la evaluación para realizar ajustes al sistema.
5. Documentar los beneficios obtenidos.

Paso 4: Aplicar el nuevo sistema ampliando su radio de acción

1. Ampliar el sistema a todas las áreas.
2. Trabajar en la optimización de costos de ciclo de vida y el diseño MP.
3. Identificar los problemas que ocurren en cada fase de la gestión temprana. Contabilizar los aportes del sistema a nuevos diseños para tener un panorama de los beneficios obtenidos.

3.4.5. Mantenimiento de la calidad

Conforme las industrias se han ido automatizando, la calidad depende crecientemente de las condiciones del equipo.

El mantenimiento de la calidad consiste en realizar sistemáticamente y paso a paso tareas que garanticen el mantenimiento de las condiciones necesarias en los equipos para que no se produzcan defectos de calidad. Estos defectos se evitan chequeando y midiendo periódicamente las condiciones del equipo y verificando que los valores medidos estén dentro del rango especificado.

Normalmente se controlan los resultados mediante la inspección de los productos y actuando contra los defectos una vez que se han producido. El TPM, exige un mantenimiento de la calidad que busque evitar los defectos antes de que estos se produzcan. Esto puede lograrse mediante la identificación de puntos de chequeo para las condiciones del equipo o proceso que puedan afectar a la calidad.

El concepto de “establecer las condiciones” significa fijar claramente el rango de condiciones de materiales, equipos, métodos u operación que deben mantenerse para garantizar un producto perfecto. Luego estas condiciones serán seguidas por operarios competentes de producción mediante el mantenimiento autónomo.

Condiciones previas para un mantenimiento de la calidad eficiente

- Abolir el deterioro acelerado: Un equipo con deterioro acelerado tiene una vida útil reducida, es inestable y falla de modo inesperado. Antes de ponerse en marcha el mantenimiento de la calidad, debe eliminarse el deterioro acelerado y minimizarse los fallos inesperados mediante la aplicación de mejoras orientadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y formación en operaciones y mantenimiento.
- Eliminar los problemas del proceso: Las obstrucciones, fugas y paradas son la ruina de cualquier industria de proceso. Deben eliminarse a través de mejoras orientadas y/o mantenimiento autónomo.

- Desarrollar operarios competentes: Debe formarse a los operarios para que sean capaces de identificar y corregir inmediatamente cualquier defecto o señal que presagien una falla en el sistema.

3.4.5.1. Implantación del mantenimiento de la calidad:

Paso 1: Preparar una matriz de aseguramiento de la calidad

1. Investigar los tipos de defectos que ocurren en cada proceso
2. Clasificar las características de la calidad del producto e identificar los tipos de defectos relacionados con cada característica.
3. Clasificar los tipos de defectos según su gravedad e indicar cuáles han causado problemas en el pasado.
4. Dividir el proceso en unidades lo más pequeñas posibles e indicar las relaciones entre éstas.

Paso 2: Analizar las condiciones inputs-producción

Para cada tipo de defecto se analizan las condiciones de equipos, materiales, personas y métodos que, al momento de establecerse, no daban lugar a defectos. Se investiga si existen estándares para estas condiciones y si el personal los sigue. Todo el análisis debe ser in situ y no desde un escritorio.

Paso 3: Preparar cuadro de problemas

Se prepara un cuadro con todas las irregularidades del proceso por tipo de problema. Se debe indicar el método de investigación utilizado y los resultados obtenidos para poder utilizar esta base al momento de tomar medidas. También deben considerarse los subprocesos para los cuales el análisis de condiciones detecta estándares inapropiados.

En el caso de problemas simples, se decide la acción a tomar, se asignan responsables y se implementa inmediatamente. Para problemas difíciles se aconseja no apresurarse, conviene usar el análisis FMEA para ordenar los tipos de defectos según la gravedad de sus consecuencias y poder priorizar los problemas a resolver. Luego tomar medidas con el análisis P-M.

Paso 4: Evaluar la gravedad – Realizar FMEA

Se examinan los problemas del paso anterior y se ordenan en función de sus efectos sobre el tipo de defectos. Luego se asigna a cada problema una puntuación según su frecuencia, efecto, dificultad de detección. Se multiplican las tres puntuaciones obteniéndose un resultado global del problema.

Paso 5: Usar el análisis P-M para implantar acciones de mejora

Con el análisis P-M se analiza cuidadosamente el fenómeno en función de los principios físicos, dirigiendo el plan de mejora en la dirección correcta mediante chequeos, análisis y medidas.

Se comienza analizando el fenómeno en función de su tipo y modo de ocurrencia. Se analiza físicamente y se identifican las condiciones que lo producen. Hay que asegurar que se consideran todas las condiciones necesarias para que se dé un problema dado. Si esto no se hace, puede significar una falla en la eliminación de los defectos. Finalmente se listan cuidadosamente todas las condiciones que pueden producir el fenómeno.

Paso 6: Evaluar el efecto de las medidas propuestas – FMEA

Se usa nuevamente el FMEA para evaluar los efectos de haber puesto en práctica las propuestas de mejora basadas en el análisis P-M.

Paso 7: Implantar las mejoras

El segundo FMEA realizado sobre las mejoras basadas en el análisis P-M y los resultados de la investigación permiten determinar las mejores acciones a tomar para la eliminación de los defectos.

Paso 8: Revisión de las condiciones inputs-producción

Se revisa y se actualiza la tabla de análisis de condiciones inputs-producción para determinar si las mismas son apropiadas. Puede prepararse una nueva tabla para esta revisión.

Paso 9: Consolidar y confirmar los puntos de chequeo

Se usan los resultados del paso 8 para establecer los puntos de chequeo para las condiciones inputs-producción. Para esto, se prepara una matriz de chequeo de calidad, se estandarizan la calidad, el personal y los procedimientos de chequeo y se asegura el seguimiento de estos estándares.

Paso 10: Preparar una tabla de componentes de la calidad

Los componentes de la calidad son aquellos que afectan a la calidad y deben recibir un tratamiento especial. Para asegurar que estos componentes reciben la prioridad adecuada se prepara una tabla y se desarrollan estándares prácticos.

3.4.6. Formación y adiestramiento

Las empresas crecen mediante el desarrollo de sus recursos humanos, ayudando a que éstos alcancen su máximo potencial. El objetivo último del TPM es permitir la creación de un entorno que sea capaz de responder positivamente a los cambios del mercado, los avances tecnológicos en equipos y materiales y las innovaciones gerenciales.

En la práctica, los departamentos de producción se centran exclusivamente en la fabricación propiamente dicha, mientras que los de mantenimiento están atrapados en la reparación de fallos inesperados. Las empresas que no invierten en la innovación de mantenimiento y que no promueven la formación de su personal entran en un círculo vicioso de averías, pequeñas paradas y defectos de calidad.

El TPM pretende liberar a las empresas de este círculo vicioso, introduciendo estrategias y objetivos explícitos para elevar el nivel de las prácticas de gestión y de cada persona involucrada en el proceso. La formación debe comenzar el primer día del programa TPM y tener en cuenta el entorno, necesidades, aptitudes y capacidad del personal a formar y de la empresa.

Algunos conceptos sobre la Capacidad

Capacidad es la habilidad para hacer un trabajo y la destreza para aplicar correcta y reflexivamente conocimientos y experiencia a toda clase de sucesos durante un extenso período. Es producto de la motivación personal y un profundo entrenamiento.

El primer paso de un programa de formación consiste en identificar el nivel de conocimientos, tecnología, capacidad y competencia que debe adquirir el personal. Además deben evaluarse los niveles existentes como punto de partida:

- Nivel 1: Falto de conocimiento teórico y habilidad práctica.
- Nivel 2: Conoce la teoría pero no la práctica.
- Nivel 3: Tiene maestría práctica pero no teórica. No puede enseñar a otros.
- Nivel 4: Maestría teórica y práctica.

Operarios y personal de mantenimiento competentes en equipos. Auto-desarrollo

Las tareas de los operarios van evolucionando, desde actividades manuales, hacia la verificación y supervisión. Los operarios deben adquirir mediante el entrenamiento en el trabajo, el mantenimiento autónomo y la mejora orientada, las siguientes habilidades:

- Detectar anomalías y efectuar mejoras: Deben ser capaces de detectar las irregularidades del equipo; comprender la importancia de la limpieza para la inspección y corregir las irregularidades detectadas.
- Comprender la estructura y funcionamiento de su equipo para descubrir las causas de las anomalías: Conocer los puntos clave de construcción y los criterios de inspección y comprender las causas de las anomalías.
- Entender la relación entre equipos y calidad, predecir las fallas de calidad y descubrir los motivos: Deben poder analizar los fenómenos a partir de los principios físicos; comprender y chequear apropiadamente las tolerancias; comprender las causas de los defectos de calidad.
- Reparar sus máquinas: Reemplazar componentes; conocer los tiempos de vida de los componentes; tomar medidas de emergencia; participar en las reparaciones generales con equipo desmontado.

La fiabilidad del equipo afecta significativamente a la productividad, la calidad del producto, etc. Esto exige que el personal de mantenimiento sea capaz de:

- Instruir al personal de producción para una operación y manejo diario correctos.
- Evaluar eficientemente si el equipo está funcionando correctamente.
- Rastrear las causas de las anomalías y restaurar el equipo.
- Mejorar la fiabilidad del equipo, alargar la vida útil y reducir fallos.
- Comprender los diagnósticos de los equipos, estandarizarlos.

Para asegurar que el personal desarrolle las capacidades necesarias, se debe crear un entorno que estimule el aprendizaje proactivo en vez de recibir pasivamente la enseñanza. El desarrollo del mantenimiento autónomo y la mejora orientada permiten un aprendizaje eficaz ya que se da en el lugar de trabajo y es una comunicación bidireccional, a diferencia de una clase en una sala donde la enseñanza se transmite en un solo sentido. Las discusiones, la reflexión y la aplicación práctica son claves para el aprendizaje, esto debe estar muy presente en la mente del educador.

3.4.6.1. Seis pasos para impulsar las capacidades de operación y mantenimiento:

Paso 1: Analizar el programa de formación actual y establecer estrategias y políticas prioritarias

En la mayoría de las empresas, la formación es algo secundario respecto a la presión del trabajo diario y se pone en práctica en pequeñas dosis. Se recomienda una

revisión profunda del programa de formación y comprobar su efecto en la mejora de la capacidad y especialización del personal. Se debe examinar la situación; identificar problemas y perfilar políticas y metas claras para resolver esos problemas.

Paso 2: Elaborar un programa de formación para mejorar la capacidad de mantenimiento y operación

La tecnología de producción avanza a un ritmo acelerado, dejando rápidamente obsoletos los métodos vigentes. La función del departamento de producción se centra cada vez más en la supervisión y verificación y menos en actividades manuales. Por su parte el departamento de mantenimiento se encuentra con equipos cada vez más complejos. Como consecuencia, el personal de la planta deba pasar de ser técnico en una sola especialidad a adquirir una maestría práctica y teórica en múltiples especialidades. Para esto, la empresa debe crear un programa de formación escalonado, desde lo elemental a lo avanzado.

Paso 3: Práctica de la formación en mantenimiento y operaciones

Currículum de formación: Este currículum tiene que considerar el equipo de la empresa, determinar los niveles de capacidad requeridos y decidir los elementos específicos a enseñar y el tiempo necesario para hacerlo.

Planes y materiales para lecciones: El enfoque del auto-desarrollo es muy bueno porque se enfoque en aprender mediante la práctica. Se recomienda dedicar un 70% del tiempo a la práctica y sólo el 30% a lecciones y conferencias. Para cada tema se debe preparar un plan de lecciones, material de estudio para casa y otro tipo de herramientas como maquetas, videos, etc. Las lecciones no necesariamente deben ser individuales, pueden formarse pequeños grupos para minimizar los tiempos.

Entrenamiento: La formación debe vincularse lo más fuertemente posible con las actividades reales en el lugar de trabajo para que la misma sea más eficiente. Para alcanzar rápidamente la maestría, los educandos deben practicar lo aprendido, preparar hojas de lecciones para cada unidad del programa e identificar temas de mejora o problemas de cada lugar de trabajo. Luego podrán utilizar este material para formar a otros colegas

Paso 4: Proyectar y desarrollar un programa de formación permanente de capacidades

Paralelamente a la formación básica centrada en el auto-desarrollo, es esencial preparar un programa de desarrollo de capacidades a largo plazo. Éste constituye una formación permanente que debe ajustarse a las necesidades de las personas y a lugares de trabajo particulares.

El primer paso es elaborar un plan a largo plazo (3 años aproximadamente) para el desarrollo de habilidades. Los empleados se auto-evaluarán y discutirán con sus

supervisores los planes de carrera deseados. Se planifican y ponen en práctica programas anuales de desarrollo. Cada empleado informará y examinará su progreso, dificultades y aptitudes junto a su supervisor. Para determinar la formación apropiada el supervisor realizará una evaluación general de habilidades. Luego diseñará un plan anual específico para cada empleado que logre el equilibrio entre la formación en el lugar de trabajo, el auto-desarrollo y la formación externa. Transcurrido el año, se realiza una evaluación del programa y se utilizan los resultados para diseñar el programa siguiente.

Paso 5: Promover un entorno que estimule el auto-desarrollo

Cuando las personas están demasiado ocupadas con el trabajo rutinario, el auto-desarrollo queda relegado. Por eso, además de brindar los planes de auto-desarrollo y una formación apropiada, la empresa debe generar un entorno que permite a los empleados perseguir sus objetivos individuales. Algunos ejemplos pueden ser la ayuda financiera para la formación externa, la posibilidad de asistir a conferencias sobre algún tema relevante para el empleado, etc.

Paso 6: Evaluar las actividades y planificar el futuro

Las actividades de formación se evalúan periódicamente y se comprueba el progreso hacia los objetivos de desarrollo de capacidades. Se recomienda además revisar los sistemas de formación, las capacidades disponibles y se proyecten programas que ayuden al personal a conocer sus trabajos y equipos.

3.4.7. TPM en departamentos administrativos y de apoyo

Hoy en día, las computadoras personales están al alcance de todo el mundo, esto ha permitido el desarrollo de lo que se conoce como tecnología de las comunicaciones o de la información. Como consecuencia del desarrollo de estas tecnologías, hay una creciente disponibilidad de datos, lo cual provoca una fragmentación del mercado y acelera los cambios en los estilos de vida de los consumidores. Como resultado, aumenta la diversificación de productos y se acortan los ciclos de vida de los mismos.

Para enfrentarse a estos cambios, las empresas deben acortar drásticamente el plazo de puesta en el mercado de sus productos. A su vez, deben buscar distinguirse de sus competidores en cuanto a calidad y precios.

La calidad de un producto depende casi exclusivamente de las fases de desarrollo, diseño y producción. Desarrollo, diseño y demás departamentos de apoyo deben cooperar para que el departamento de producción no fabrique productos inútiles. Paralelamente, la producción debe poder realizar los productos en el momento oportuno, con la calidad y costo previsto por los departamentos de desarrollo e ingeniería. Es por eso que se requiere un programa TPM que abarque a toda la organización.

La función de los departamentos administrativos y de apoyo

A diferencia del departamento de producción, los departamentos como planificación, ingeniería o administración, no añaden directamente valor al producto. En su condición de expertos en un área particular su responsabilidad primordial es procesar información, aconsejar y ayudar a la producción y contribuir a la reducción de costos.

Su segunda tarea es permitir a la empresa brindar una respuesta rápida frente a los cambios socio-económicos y superar a la competencia.

Su tercera tarea es ganar la confianza de los clientes y generar una sobresaliente imagen corporativa.

3.4.7.1. Implantación del TPM en departamentos administrativos

La información brindada por departamentos como ingeniería o administración dispara la acción del departamento de producción. Es por esto que la calidad, precisión y oportunidad de esa información es sumamente importante para la producción.

El manejo de la información es el núcleo del TPM en los departamentos administrativos y de apoyo. El TPM para estas áreas será tratado de forma análoga a los procesos de producción. Los elementos a tratar en este pilar son:

- Crear fábricas de información:

Un departamento administrativo es una fábrica de información que toma datos en bruto y añade valor procesándolos y organizándolos. La información que facilita debe ser de alta calidad, precisa, de bajo costo y entregada de forma correcta a quien la necesite.

- Aplicar el concepto de equipos a los procedimientos administrativos:

Para hacer el trabajo administrativo visible y controlable, pueden pensarse los procesos administrativos como equipos de producción. Así, por ejemplo, podrían dividirse las tareas de apoyo en unidades de trabajo, tal como se dividen las máquinas en módulos conectados funcionalmente. Cuando se definan las unidades de trabajo se debe:

- Independizar cada unidad para no duplicar las mediciones del trabajo.
- Definir unidades que permitan a los supervisores medir, planificar, asignar y organizar las tareas.
- Facilitar la estimación del volumen de trabajo.
- Asegurar que las cargas de trabajo puedan asignarse económicamente.

- Visión de las condiciones óptimas para un departamento:

Cada departamento tiene una función esencial que cumplir y objetivos específicos dentro del sistema global. La aplicación del concepto de “equipo” en los departamentos administrativos significa establecer condiciones óptimas para las funciones del área. Esto permitirá determinar qué mejoras se precisan y cómo lograrlas. Establecer una visión y misión para el departamento es una herramienta útil en estos casos.

Visión es la imagen ideal de las funciones de un departamento, basada en la naturaleza de la actividad de la empresa. *Misión* es el trabajo a realizar para alcanzar la visión. Por lo tanto, la exposición de la misión y visión del departamento dibuja su condición óptima

Para formular la visión y misión de un departamento hay que investigar sus funciones básicas en función de su estado ideal requerido actualmente (para mantener fielmente sus funciones actuales) y del requerido para futuros desafíos (según evolucionen las funciones).

A su vez, es importante reconocer que un departamento funciona conjuntamente con otros. Por este motivo, la visión y misión no pueden definirse aisladamente sino que deben establecerse utilizando el siguiente procedimiento:

1. Invitar a cada departamento a remitir propuestas de visión y misión.
2. Crear un consenso global a partir de todas las propuestas.
3. Obtener la aprobación de la alta dirección.

- Implantación de las cinco actividades nucleares:

Mejora Orientada: Luego de establecer una visión y misión para el departamento, se deben eliminar las pérdidas crónicas y perseguir infatigablemente la eficiencia en todas las tareas del departamento. Como ningún área trabaja de forma aislada, hay que comenzar seleccionando una tarea que afecte a otros departamentos y que parezca que vaya a rendir mejoras significativas. Es recomendable organizar un equipo que incluya directivos y personal de esos otros departamentos y se inicie el proceso de mejora para eliminar esas pérdidas.

Mantenimiento autónomo: Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo administrativo es esencial para ejecutar un trabajo libre de problemas. El diseño del programa se enfoca desde dos puntos de vista: la función administrativa y el entorno. El objetivo del primero es reducir los costos y elevar la eficacia del trabajo mejorando la calidad del sistema administrativo. El del segundo es elevar la eficiencia eliminando el estrés físico y psicológico y aliviando las tensiones del entorno.

Educación y formación: El desarrollo de personas con una capacidad superior de proceso de información es un tema vital para las empresas. Si éstas forman a sus empleados haciendo que observen como lo hacen otros o aprendiendo mediante ensayos es improbable que crezcan. Se debe establecer un programa de formación detallado que cubra todas las especializaciones o grados, establecer estándares para adquirir conocimientos y llevar un historial de formaciones.

Dotación flexible de personal: Los costos de personal significan la mayor parte de los gastos administrativos, de modo que una gestión eficaz de los recursos humanos es una alta prioridad. Es un gasto innecesario contar con el personal suficiente para manejar los picos máximos de carga. Se aconseja un sistema de dotación flexible y ajustar el personal a las cargas de trabajo mediante la capacitación en múltiples tareas y nivelando las cargas.

Medición de rendimientos: Cada departamento debe alcanzar, como parte de su misión, resultados cualitativos y cuantitativos. Éstos deben ser mensurables, tangibles en lo referido a costos, eficacia funcional, productividad, entre otros. Se deben adoptar indicadores tales como tasas de reducción de problemas, reducción de stock, etc. Es importante relacionar los resultados globales y su relación con los resultados del departamento, ya que permitirá determinar la dirección que deben seguir las actividades y decisiones futuras.

3.4.8. Gestión de seguridad y entorno

Una implantación plena del TPM mejora la seguridad de diversas formas, por ejemplo:

- Un equipo defectuoso es una fuente de riesgo, por lo tanto al aproximarse a las cero averías y defectos se mejora también la seguridad.
- Mediante la aplicación de las 5S como parte del mantenimiento autónomo se generan lugares de trabajo más limpios, agradables y eficientes.
- Los operarios capacitados en TPM entienden y asumen la responsabilidad de su propia salud y seguridad.

Accidentes y polución en plantas:

Las plantas que manejan gran cantidad de materiales inflamables, explosivos o tóxicos, usan gases a presión, u operan en condiciones extremas tienen riesgos elevados. La polución debida a accidentes internos o problemas de proceso también es altamente indeseable ya que puede afectar el entorno y comunidades cercanas. Como los grandes accidentes son raros, desaparece rápidamente la preocupación o el interés por el “cero accidentes”. Hay que concentrarse en dos puntos:

- Un defecto casi imperceptible puede provocar un serio accidente o incidente de polución. Por lo tanto debe aplicarse el cero-fallos para cero-accidentes y polución.
- La seguridad es lo primero. Por lo tanto nunca debe ponerse en riesgo la seguridad por buscar una reducción de costos, así esta reducción sea considerable.

Hay dos factores fundamentales que ayudan a las personas a adquirir una mentalidad cero accidentes, cero polución: la práctica diaria como parte de su trabajo de rutina y un fuerte y visible apoyo de la dirección.

Promoción del interés por la seguridad en conjunción con el mantenimiento autónomo

En el primer paso del mantenimiento autónomo, los operarios limpian el equipo de trabajo. Si es la primera vez que lo hacen, hay un mayor riesgo de accidentes o daños, que puede aliviarse si desde el principio se enseña al personal la filosofía del cero accidentes, dejando en claro la importancia superlativa de la seguridad.

Se debe incorporar la preocupación por la seguridad y polución en el mantenimiento autónomo según las siguientes sugerencias:

- Como parte de la limpieza inicial, detectar y corregir cualquier problema que pueda afectar a la seguridad o entorno.
- Acciones de mejora para facilitar la limpieza e inspección mejoran también la seguridad y el entorno eliminando las fuentes de contaminación mediante mejoras orientadas.
- En los estándares provisionales de limpieza y chequeo hay que incluir procedimientos de seguridad. Se deben realizar cuatro actividades fundamentales:
 - 5S: para eliminar fugas y derrames y mantener cada herramienta en el lugar apropiado.
 - Chequeos de seguridad en las acciones diarias de chequeo e inspección.
 - Controles visuales: Por ejemplo el uso de códigos de colores, que hace más evidentes las anomalías y mejoran la seguridad de los puntos de trabajo.
 - Sistemas de limitación de riesgos: Chequear regularmente la seguridad del equipo, y realizar revisiones periódicas de seguridad.
- Desarrollar personas competentes en equipos y procesos: Cuanto más saben las personas sobre sus equipos y procesos, con más seguridad pueden trabajar. La formación en seguridad debe basarse en accidentes reales.
- Consolidación: Ir paso a paso, sin omitir ninguna etapa, hasta que el operario adquiera conocimiento y confianza sobre seguridad.

Seguridad y el Mantenimiento Planificado:

El mantenimiento planificado pretende eliminar los fallos inesperados y mejorar gradualmente los niveles de operación a medida que se va implementando. Esto implica muchas actividades que pueden ser peligrosas, como por ejemplo las relacionadas con la introducción de nuevo equipo, reconstrucciones a gran escala, mantenimiento con parada general y el trabajo no rutinario. Se debe diseñar un programa de seguridad para esas tareas.

Los accidentes más serios y los incidentes de polución en general tienen una relación directa con los equipos. Hay que clasificar los fallos y problemas en función de su riesgo y efecto ambiental, y diseñar un programa para los equipos más críticos que disminuya la frecuencia de los fallos y las tasas de deterioro.

Estrategias específicas para eliminar accidentes y polución:

A pesar de que el TPM se centra inicialmente en los equipos, su objetivo es establecer condiciones que reflejen el hecho de que las plantas son un conjunto hombre-máquina, por lo tanto el cero accidentes y polución debe estudiarse desde estos dos puntos de vista:

Accidentes y polución que tienen origen en el personal

- Prevenir accidentes debidos a errores humanos. Concientizar al personal sobre la seguridad:

En el primer paso del mantenimiento autónomo, los operarios buscan anomalías en el equipo y entorno. Muchos de estos fallos comprometen la seguridad, y los trabajadores deben ser capaces de reconocerlos. Además de problemas potenciales de seguridad, es importante detectar posibles fuentes de polución, tales como vibraciones excesivas, ruidos, olores y dispersión de polvo. La mejora de la seguridad de los lugares de trabajo incrementará la conciencia de los operarios respecto de la seguridad y esto genera cambios en su conducta. Se reduce el número de veces que se resbalan, tropiezan o lastiman.

- Anticipación de peligros:

El mejor modo de minimizar los accidentes causados por la conducta de los empleados es brindarles una formación para prevención de accidentes y procurar que en los lugares de trabajo sean claramente visibles las áreas de riesgos potenciales. Se deben establecer rutinas de seguridad a aplicar por los propios trabajadores.

La capacidad profesional en las operaciones consta de tres elementos: Una *percepción* precisa de la situación; *Decisión* para actuar en consecuencia de la percepción previa y; *Acción* rápida basada en esta decisión.

Si se produce un error en alguno de estos elementos, la operación es deficiente.

- Tratamiento de las fuentes de error humano (función de la Dirección):

Los errores por falta de cuidado no siempre conducen a accidentes; solamente se produce un accidente cuando el error es peligroso. Es imposible contar con un personal que nunca cometa errores, lo importante es que sean conscientes de la seguridad. Aquí la dirección es clave, ya que es la responsable de la forma en que se tratan los temas relacionados con la seguridad.

Kuniye Hashimoto, profesor de la Universidad de Nihon, clasifica el nivel de consciencia de las personas sobre la seguridad de la siguiente manera:

Fase	Estado de consciencia	Atención	Estado psicológico	Fiabilidad
0	Inconsciente	Cero	Adormecido; desmayado	0
1	Semi-inconsciente	Desatento	Fatiga; borrachera	< 0,9
2	Normal, relajado	Pasivo	Actividad de rutina; operación normal	0,99
3	Normal, despejado	Activo	Acción positiva	> 0,99
4	Híper-normal, tenso	Juicio perturbado	Estado de excitación; pánico	< 0,9

Tabla 3. 2 - Diferentes niveles de consciencia.
(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

La fase 3 –normal, plenamente consciente y activo- es la más deseable, pero las personas no pueden permanecer así por mucho tiempo. La mayoría del trabajo se ejecuta en la fase 2 –normal, relajado, pasivo- donde los errores son improbables pero posibles. Una medida contra esta posibilidad son los sistemas a prueba de errores. La fase 4 es un estado supertenso, que surge cuando ocurre algo fuera de lo normal. Se reduce la fiabilidad de las acciones de las personas y su juicio se obnubila.

Accidentes y polución que tienen origen en los equipos

- Del desorden de la planta al accidente: Fases habituales

Una planta que está operando normalmente puede sufrir anomalías por distintas razones, la mayoría de ellas incontroladas. Si estas anomalías no se tratan, el sistema se volverá inseguro. Desde la operación normal al desastre las plantas pasan por varias etapas:

- Fase 1. Operación normal, estado estable.
- Fase 2. Señales de anomalía; el sistema se desordena cada vez más.
- Fase 3. Estado inestable. Dificultad para recuperar la normalidad.
- Fase 4. Peligro como resultado de fallo. Los daños pueden controlarse dentro de las instalaciones.
- Fase 5. Los trabajadores sufren daños como consecuencia de un manejo inapropiado de la situación. La empresa y los sistemas comunitarios de prevención se esfuerzan en controlar la situación y prevenir efectos secundarios.
- Fase 6. Despejar la zona después de que la situación está bajo control.

Se toman diferentes medidas de seguridad conforme aumenta el nivel de riesgo. Estas medidas incluyen lo siguiente:

- Supervisar el proceso y corregir anomalías: Cuando una anomalía está aún cercana a su fuente y el nivel de peligro es bajo. Realizado por los operarios.
- Instalar y chequear el equipo de seguridad: Cuando los operarios no pueden restaurar la normalidad, se toman medidas para prevenir la anomalía. Por ejemplo, revisar los mecanismos que deben prevenir los fallos.
- Actuar contra anomalías y defectos ocultos del equipo: Deben observarse cuidadosamente aquellas partes del equipo que causen preocupación o que estén expuestas a condiciones severas de operación o que se deterioren con facilidad. Durante el mantenimiento con parada se pueden revisar las anomalías ocultas que no pueden detectarse durante la operación normal.

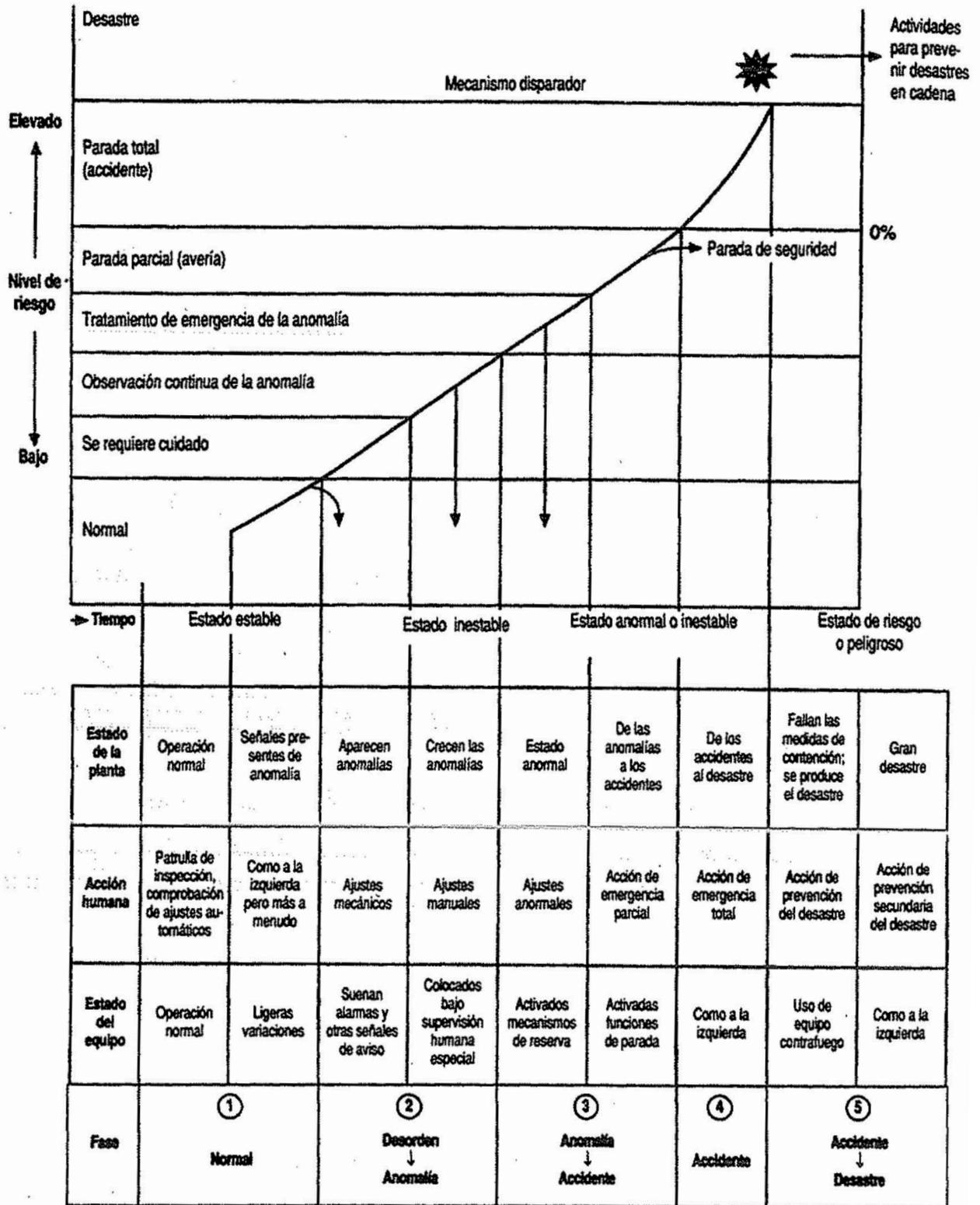


Fig. 3. 9 - La ruta desde el desorden al desastre.

(SUZUKI, Tokutaro: TPM en industrias de procesos; Ed. Taylor & Francis; 1996)

4. DESARROLLO DEL TPM

4.1. Objetivos del TPM en RG Frenos S.A.

Como se mencionó anteriormente, el objetivo principal de este proyecto es introducir en la empresa la filosofía del TPM.

Dado que RG Frenos no cuenta actualmente con indicadores propios del TPM como pueden ser el tiempo de disponibilidad de máquinas, tiempo medio entre fallos, tiempo medio de reparación, etc. no es posible fijar objetivos cuantitativos para el inicio del proyecto. Por lo tanto, será fundamental que se trabaje en lograr una base de indicadores, para poder tener un conocimiento real del desempeño de la organización y sobre la cual proyectar metas futuras.

Entonces, los objetivos de este proyecto pueden resumirse en:

- Introducir la filosofía TPM en la organización
- Desarrollar indicadores para medir la performance
- Mejorar el desempeño global de la empresa
- Aumentar el tiempo productivo de trabajo
- Formar empleados más capacitados y comprometidos con su trabajo

4.2. Presentación del TPM a la empresa

La Dirección de la compañía deberá anunciar a los empleados la decisión de introducir el TPM como herramienta de mejora en la organización.

Los socios deben estar convencidos de la decisión y transmitir su convicción al resto de la empresa. Todos los empleados deben comprender el porqué de ésta decisión.

4.3. Educación introductoria al TPM

La idea es que todo el personal conozca los fundamentos del TPM antes de iniciar formaciones más específicas y enfocadas a tareas puntuales que se darán durante la implementación del programa. Para esta etapa puede utilizarse el marco teórico desarrollado en el capítulo anterior.

Una manera de aplicar correctamente el programa desde el inicio es brindar seminarios donde se expliquen las razones y objetivos de la implementación del TPM.

Además, es aconsejable darle a los empleados, material de lectura para que puedan afianzar lo desarrollado durante la presentación.

Esta etapa de formación general debe culminar con un breve examen o encuesta que permita a la Dirección evaluar el grado de aceptación y conocimiento de sus empleados.

4.4. Elección de las celdas de trabajo

Para iniciar el proyecto es necesario determinar un grupo de celdas o una etapa del proceso para la cual desarrollar el programa TPM. Lo ideal en estos casos es tomar aquellas máquinas que presenten mayores problemas a la hora de desempeñar su función. Es decir, máquinas que se rompan con frecuencia o cuya falla puede generar la parada total del sistema.

Por desgracia, la empresa no cuenta actualmente con registros de fallas o ningún tipo de indicador de seguimiento que permita conocer el historial de problemas de cada máquina. Por lo tanto, se ha determinado, con el consentimiento de la empresa, elegir un grupo de celdas que puedan trabajarse de forma conjunta pudiendo determinar la mejora del grupo a medida que se va desarrollando el programa.

En estas circunstancias, se han seleccionado las cuatro celdas de mecanizado de piezas de aluminio. Las mismas, son similares entre si y las diferencias se deben al tipo de piezas que mecanizan.

Presentación de las celdas de mecanizado

En el lay-out de la figura 4.1 pueden observarse las cuatro celdas de mecanizado de piezas de aluminio. Como característica general de las mismas se puede decir que todas cuentan con al menos un torno CNC y un centro de perforado y roscado CNC. Debido a su importancia y complejidad, éstas serán las máquinas sobre las cuáles se desarrollarán las principales tareas de mantenimiento.

Celda	Tipo de Máquina	Código	Nombre
CEL 5700	ROSCADORAS	1305	ROSCADOR TRADEMAX MOD. T12
	PERFORADORAS	1403	PERFORADORA DE BANCO CHI
	PERFORADORAS	1414	PERFORADORA DOBLE CABEZAL WEBO
	GRANALLADORAS	1910	CABEZAL ALESADOR BAGILET
	CENTROS DE ROSCADO Y PERFORADO	1929	CPR YANG SMT-500
	TORNOS CNC	1930	TORNO YANG SL-20
CEL 5710	ROSCADORAS	1430	ROSCADOR 4 CABEZALES
	TORNOS CNC	1932	TORNO MICRO CUT LT65
	CENTROS DE ROSCADO Y PERFORADO	1933	CPR YANG SMT-500
CEL 5720	PERFORADORAS	1426	PERFORADORA DE BANCO CHI
	TORNOS PARALELOS	1904	TORNO PARALELO PM 18-100 PARMO
	TORNOS PARALELOS	1931	TORNO PARALELO WING MODELO L-1640
	CENTROS DE ROSCADO Y PERFORADO	1935	CPR YANG TR-45
	TORNOS CNC	1937	TORNO MICRO CUT LT52
CEL 5730	ROSCADORAS	1302	CABEZAL ROSCADOR TRANSFER URMV 251
	PERFORADORAS	1411	PERFORADORA DE 2 CABEZALES BLUTHARD
	TORNOS CNC	1922	TORNO YANG SL-20
	TORNOS CNC	1938	TORNO MICRO CUT LT65

Tabla 4. 1 - Celdas de Mecanizado de Piezas de Aluminio

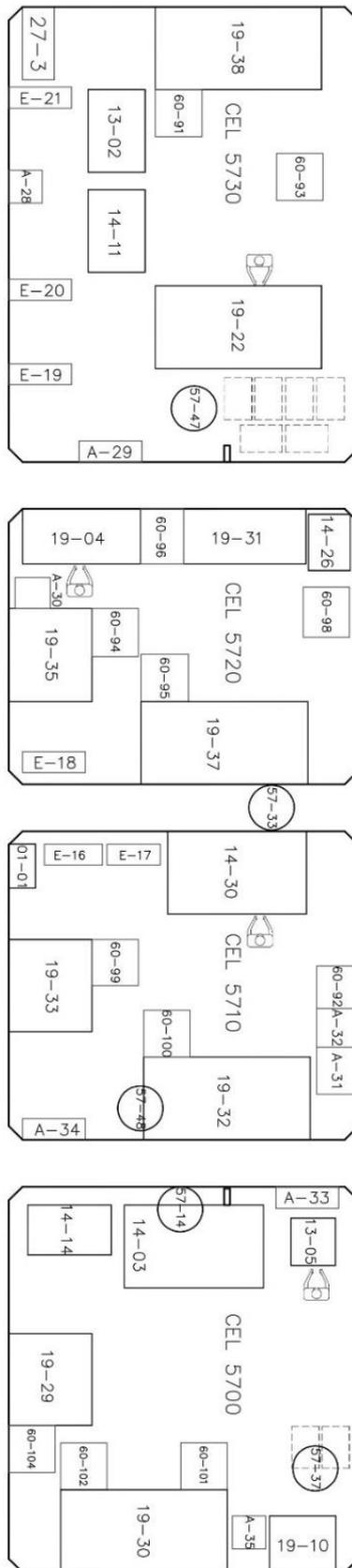


Fig. 4. 1 - Lay-out de celdas de mecanizado de piezas de aluminio

4.4.1. Conjuntos Mecanizados

Cada celda realiza diferentes tipos de piezas, sin embargo cada una posee un conjunto de piezas representativo de la misma. Estos son los conjuntos que se describen a continuación. Todos pertenecen a una instalación de Acoplado de 3 ejes o de un semi-remolque de 3 ejes (Ver Anexo 2).

1) Spring Brake (Código R3100)

La pieza principal de este conjunto es mecanizada en la celda 5730.

Funcionamiento

A través del orificio señalado con la letra E (Emergencia) se alimenta con aire la cámara N°1. Cuando la presión en dicha cámara alcance 5 kg/cm² el resorte N°2 se habrá retraído completamente con lo que el vástago N°3, ayudado por el resorte N°4, y la platina N°5, ayudada por el resorte N°6, se habrán retraído consecuentemente.

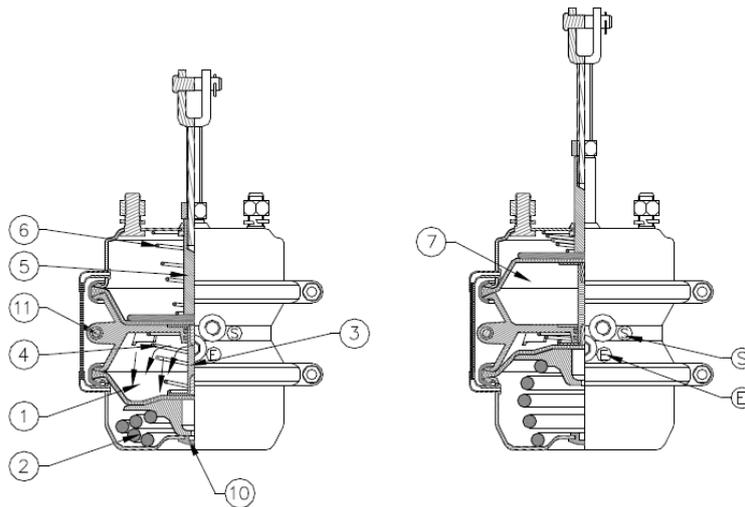


Fig. 4. 2 - Spring Brake.
(Tomado de <http://www.rgfrenos.com.ar>)

En estas condiciones la cámara de servicio N°7 se comporta como una cámara simple, al ser alimentada por intermedio del orificio señalado con la letra S (Servicio). Cuando se libera el aire de la cámara de emergencia N°1, el resorte N°2 se descomprime y produce el desplazamiento del vástago N°3 y en consecuencia el de la platina N°5 lo que permite el frenado mecánico de la unidad.



Fig. 4. 3 - Spring Brake.
(Tomado de <http://www.rgfrenos.com.ar>)

2) Válvula Control (Código R7950)

La válvula Control es mecanizada en la celda 5720. Es uno de los conjuntos de mecanizado más complejos, debido a la cantidad de conexiones que tiene.

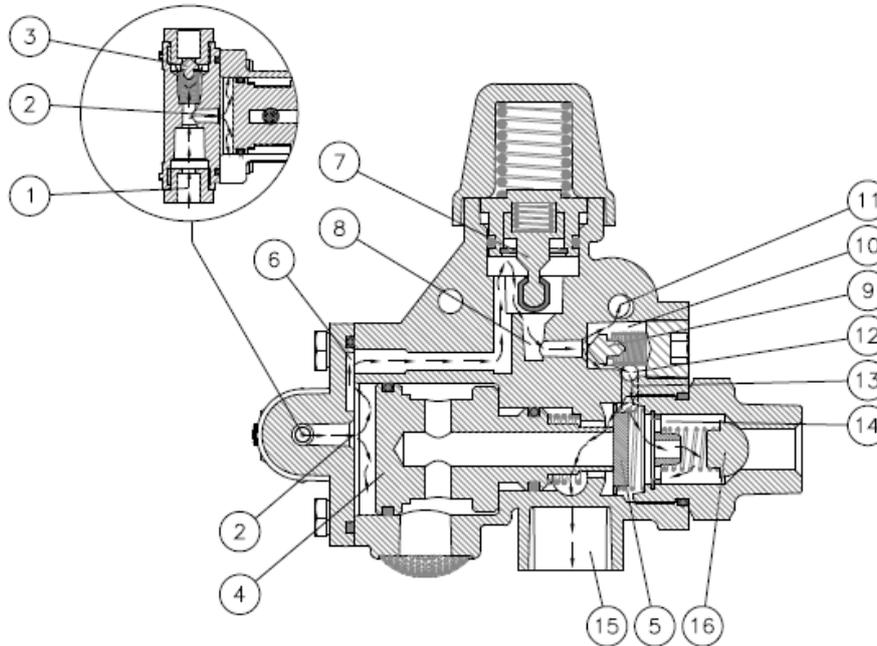


Fig. 4. 4 - Válvula Control.
(Tomado de <http://www.rgfrenos.com.ar>)

Algunas de sus funciones principales son:

Llenado de los tanques y liberación de los spring brakes

El aire fluye por la tubería de suministro del remolque a través del orificio N°1 de la tapa marcado con la letra "E". Pasa a través de la perforación N°2 y empuja el pistón N°4 que abre la válvula de retención N°5. La válvula de retención N°3 en la tapa impide que el aire fluya hacia la tubería de servicio.

Al mismo tiempo, se dirige por el orificio N°6 hacia el vástago flotante N°7. A aproximadamente 4 kg/cm² se produce su apertura, lo que permite que el aire fluya a través del orificio N°8 y luego de vencer la retención N°9 ingresa a la cámara N°10.

A través del orificio N°11 se comienzan a llenar los tanques del sistema y por medio del orificio N°12 y el conducto N°13 el aire fluye hacia la cámara N°14. Debido a que la válvula de retención N°5 está despegada de su asiento el aire pasa a través de los 4 orificios N°15 y se dirige hacia las cámaras de emergencia de los spring brake comprimiendo los resortes de estacionamiento y des-frenando la unidad. La válvula de retención N° 16 impide que el aire ingrese al tanque donde se halla acoplada esta válvula.

Aplicación del freno de estacionamiento o frenado de emergencia

Al aplicar el bloqueador, al producirse la ruptura de la línea de suministro del remolque o al desconectar la unidad se produce el retroceso del pistón N°4 y en consecuencia el cierre de la válvula de retención N°5. El aire contenido en las cámaras de emergencia de los spring brakes escapa por el orificio N°17 a la atmósfera, lo que produce el frenado mecánico de la unidad.

El caudal de aire existente en los tanques es retenido por las válvulas de retención N°5 y N°9.



Fig. 4. 5 - Válvula Control

3) Válvula Relay (Código R2420)

La válvula de relay, mecanizada en la celda 5710, se usa para mantener una rápida alimentación o evacuación del aire de mando a los cilindros de freno. Ésta válvula obtiene una alimentación de aire constante desde el depósito de circuito respectivo y necesita un menor caudal de aire de mando desde la válvula de freno de pie o del mando manual al freno para dejar salir el aire a los cilindros de freno.

Acción de frenado

Al accionar el pedal de freno, se envía una señal que puede ingresar por la entrada N°1 o la entrada N°12 y produce el accionamiento del pistón N°2.

Al accionarse el pistón N°2 se abre la válvula de cierre N°3, el aire del tanque fluye por la entrada N°4 pasando por la abertura de la válvula de cierre hasta llegar a las salidas N° 5, 6, 7, 8 que se comunican con las válvulas de descarga rápida y de ellas a los pulmones produciendo el frenado.

Acción de des-frenado

Cortando la señal de servicio, se produce el retroceso del pistón N°2. El resorte N°9 empuja la válvula N°3 para que ésta cierre sobre el asiento N°10 y no permita la descarga del tanques. El aire de los pulmones se descarga por la abertura del pistón N°2, levanta la arandela deflectora N°11 y escapa hacia el exterior.

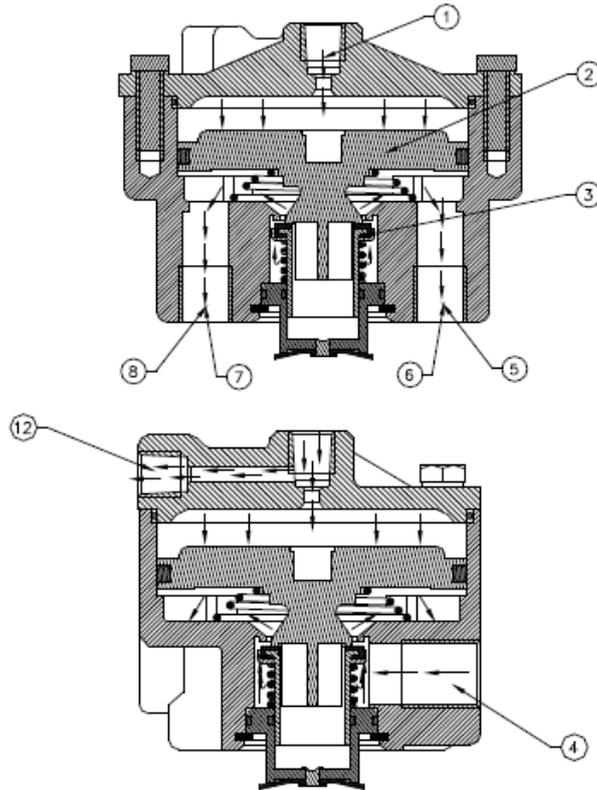


Fig. 4. 6 - Válvula Relay

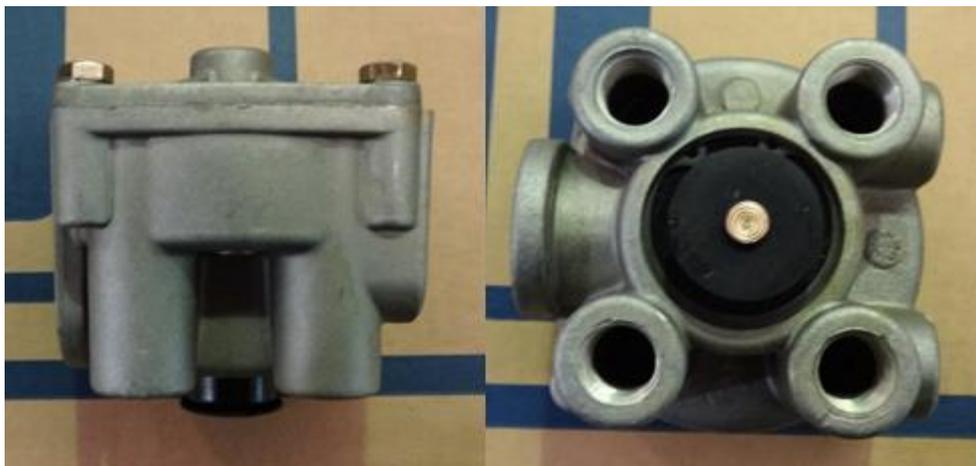


Fig. 4. 7 - Válvula Relay

4) Válvula de descarga rápida (Código R1630)

Esta válvula se mecaniza en la celda 5700.

Acción de frenado

El aire proveniente de la Válvula Relay, ingresa por el orificio N°1, a la cámara N°2 produciendo el desplazamiento del diafragma N°3 que es empujado hacia abajo y cierra el orificio de descarga N°5. Esto permite que el aire alimente por intermedio de las salidas N°6 y N°7 a los pulmones de freno para producir su accionamiento.

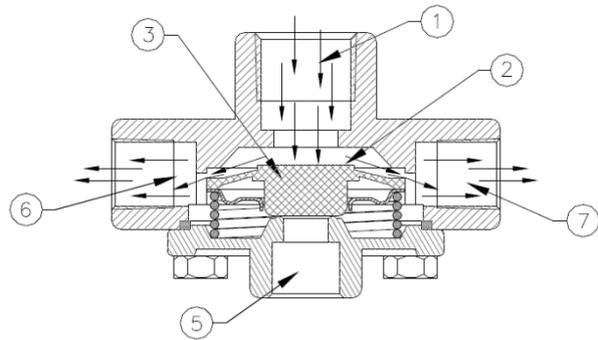


Fig. 4. 8 - Válvula de Descarga Rápida. Acción de Frenado.
(Tomado de <http://www.rgfrenos.com.ar>)

Acción de desfrenado

El diafragma N°3 es empujado por el resorte N°4 hacia arriba, lo que libera el orificio de descarga N°5. Esto permite que el aire de los pulmones de freno pase por las cámaras N°6 y N°7 y escape por el orificio N°5.

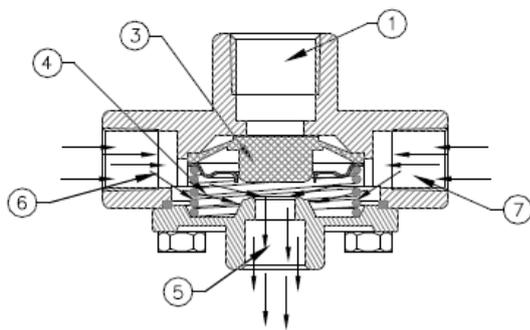


Fig. 4. 10 - Válvula de descarga Rápida. Acción de des-frenado.
(Tomado de <http://www.rgfrenos.com.ar>)



Fig. 4. 9 – Válvula de Descarga Rápida. Acción de des-frenado

4.5. INDICADORES. Un punto clave previo a la implantación práctica del TPM

Como ya se ha dicho anteriormente, el primer paso en la implementación del TPM es establecer los objetivos del programa. A la hora de realizar este paso, lo más difícil es cómo determinar el nivel de eficacia a alcanzar, de forma que éste sea compatible con las posibilidades de la empresa.



Fig. 4. 11 - Indicadores Como Medio de Evaluación

Una vez establecidos los objetivos TPM se comunican a toda la planta. Luego se definen los enfoques y estrategias requeridos. Finalmente se evalúan en forma periódica los resultados.

Tanto para el establecimiento de los objetivos como para el posterior seguimiento y evaluación del grado de alcance de los mismos, es necesario conocer la situación inicial de la empresa.

Entonces, antes de siquiera pensar en los objetivos del programa TPM, la organización debe contar con una base sólida de indicadores que le permitan determinar el punto de partida para luego establecer sus objetivos y realizar el seguimiento de los mismos.

4.5.1. Elección de indicadores

Para esta etapa del proyecto se seleccionarán una serie de indicadores, tanto específicos del mantenimiento del equipo como de la eficiencia de todas las celdas de mecanizado de piezas de aluminio en general. Algunos de estos índices podrán comenzar a calcularse, como se explicará más adelante, realizando una simple medición de tiempos y otros requerirán más información.

Antes de elegir los indicadores es necesario definir algunos conceptos:

- **Avería o Fallo:** Motivo por el cual el medio productivo deja de funcionar y requiere una intervención para volver a su estado normal de funcionamiento.
- **Paro programado:** El medio productivo se detiene para que pueda realizarse una intervención programada. Este tiempo debe ser tenido en cuenta para establecer el tiempo de ciclo y la capacidad de producción.
- **Paro inducido:** El equipo debe detenerse por una avería producida en otro sector de la cadena.

Indicadores de Eficiencia

- **Disponibilidad propia del equipo:** Este indicador permite determinar el nivel de disponibilidad del equipo teniendo en cuenta las pérdidas causadas por fallas propias del equipo (averías). No contempla la influencia del entorno.

$$D_A = \frac{T_F + T_{PP}}{T_F + T_{PP} + T_A}$$

Donde:

- T_A : Tiempo durante el cual el equipo está parado por averías
- T_{PP} : Tiempo de paro programado.
- T_F : Tiempo de funcionamiento. Es decir, el tiempo en el que el equipo ha trabajado normalmente.

Este es un indicador propio del equipo ya que, como puede verse, si T_A tiende a cero entonces D_A es igual a 1.

Tanto para este indicador como para el resto, debe definirse el *Tiempo Total*. Es decir el tiempo máximo que podría operar la máquina si suponemos que no existen paradas de ningún tipo. En este caso, la planta trabaja en un turno de 8 horas de lunes a viernes y medio turno el sábado por ende el Tiempo total semanal de la planta es 44 horas semanales.

El *Tiempo de funcionamiento* es igual al tiempo total menos todos los tiempos de paradas (programadas y no programadas).

- **Disponibilidad según el entorno:** Permite determinar el nivel de influencia de la disponibilidad del resto de las máquinas en la disponibilidad del equipo analizado.

$$D_{PI} = \frac{T_F + T_{PP}}{T_F + T_{PP} + T_{PI}}$$

Donde:

- T_{PI} : Tiempo de paro inducido
- **Disponibilidad total del equipo:** Es el porcentaje de tiempo en que el equipo se encuentra realmente disponible. Contempla las pérdidas de tiempo por averías y por paro inducido.

$$D = \frac{T_F + T_{PP}}{T_F + T_{PP} + T_A + T_{PI}}$$

- **Tasa de calidad:** Es el cociente entre el número de piezas fabricadas sin defectos y la totalidad de las piezas fabricadas durante un período de tiempo determinado. En este caso se calculará mensualmente.

$$Q = \frac{N^{\circ} \text{piezas} - (\text{defectos} + \text{reprocesos})}{N^{\circ} \text{piezas}}$$

- **Tasa de Rendimiento:** Permite medir cuán cerca está el nivel de producción real del nivel estimado para cada equipo. Se calcula con la relación entre el volumen de producción real y el estándar para el intervalo de tiempo elegido. Este indicador también se calculará todos los meses.

$$R = \frac{V_{prod_{real}}}{V_{prod_{std}}}$$

- **Eficiencia Global:** Este indicador combina la disponibilidad del equipo con el volumen alcanzado durante el intervalo de tiempo determinado y la tasa de calidad alcanzada durante ese período. Se calcula para todas las máquinas y luego se toma como Eficiencia Global de la Planta (o sector) al valor del peor equipo.

$$OEE_x = D_x \times Q_x \times R_x$$

La eficiencia global de la planta y por lo tanto de todos los equipos se medirá de manera semanal. También se trabajará de esta manera con las disponibilidades según averías y paro inducido para tener un control más fino del proceso.

Indicadores de Mantenimiento

1. Indicadores de fiabilidad y mantenibilidad

- **Tiempo medio entre fallos:** Relación entre el tiempo de funcionamiento y la cantidad de fallos ocurridos durante ese tiempo. Se contabilizarán solo los fallos de duración superior a diez minutos.

$$MTBF = \frac{T_F}{N_A}$$

Donde:

- N_A : Número de averías durante el intervalo de tiempo fijado.
- Tiempo medio de reparación: Relación entre el tiempo de parada por averías y el número de averías durante el intervalo de tiempo determinado.

$$MTTR = \frac{T_A}{N_A}$$

2. Indicadores de Eficiencia de mantenimiento

- Tasa de mantenimiento de emergencia: Cantidad intervenciones no planificadas sobre el total de intervenciones.

$$T_{ME} = \frac{N_{ME}}{N_{MP} + N_{ME}}$$

- Alcance de tareas realizadas: Relación entre la cantidad de tareas de MP planificadas y realizadas.

El cálculo de los indicadores estará a cargo del personal de mantenimiento pero la recolección de datos se realizará, como se detalla más adelante, en conjunto con los operarios.

4.5.2. Metodología para el cálculo de indicadores

1. Relevamiento del equipamiento

El primer paso es determinar el sector de la planta o los equipos sobre los cuáles se realizará el cálculo de los indicadores y realizar un relevamiento y codificación de estas máquinas.

En este caso se han elegido las cuatro celdas de mecanizado de piezas de aluminio y se mantendrá la codificación actual de los equipos (ver lay-out).

En algunas empresas puede ser necesario, además de codificar los equipos, identificar todos los subconjuntos que componen los mismos. Éste no será el caso, ya que se busca simplemente tener indicadores de rendimiento generales de las máquinas.

2. Recolección de datos

Este es el punto clave ya que, a partir de una base confiable de datos, podremos comenzar a implementar algunos indicadores

de los fallos. Para ello, se incluyen en la planilla dos columnas donde los operarios colocarán información sobre las fallas encontradas y la solución aplicada.

Además de los datos de intervenciones de mantenimiento, se deberá recolectar la información referida a la producción de todas las máquinas elegidas para cada día de trabajo. Esta información puede ser registrada por una persona del área de producción. Los datos que deben recolectarse son los volúmenes diarios de piezas aceptadas, rechazadas y reprocesadas, tal como se muestra en la tabla 4.3.

Para poder realizar un seguimiento ordenado de estos datos, es recomendable que la recolección de los mismos comience el primer día de un mes específico. En este caso la medición de los mismos comenzará con la implementación del programa TPM.

Los datos recolectados hasta el momento para cada máquina son:

- Cantidad de intervenciones de cada tipo: N_A , N_{PI} , N_{PP}
- Duración de cada tipo de intervención: T_A , T_{PI} , T_{PP} .
- Tiempo total y tiempo de funcionamiento.
- Volúmenes de piezas aceptadas, rechazadas y reprocesadas.

Para poder calcular todos los indicadores propuestos solo resta obtener los volúmenes estándar semanales de producción para cada máquina. Este dato puede obtenerse del área de producción ya que es ésta quien estima los volúmenes.

3. Cálculo de indicadores

Luego de detallar la manera en que se obtendrán los datos es necesario consolidarlos en un archivo para que su cálculo sea sencillo y los resultados se muestren de forma simple para los interesados.

Entonces, se ha desarrollado para el proyecto un “Calculador de Indicadores” a partir de un libro de Excel en donde se podrán cargar los datos y luego mostrarse los resultados de una forma sencilla y rápida. El manejo de este archivo será designado a quien la empresa considere más adecuado, por ej. podría ser un analista del área de mantenimiento.

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. En la hoja “Paradas de Equipo” se cargarán los datos de todas las intervenciones realizadas en los equipos, provenientes de las *Planillas de Registro de Intervenciones* completadas previamente por los operarios. Aquí solo debe colocarse la fecha, el código de la máquina, asignar un tipo de parada (avería, paro inducido o paro programado) seguido por una descripción de la misma y por último colocar la duración. La columna Semana se completa automáticamente a partir de la columna

Día y la fórmula NUM.DE.SEMANA(). El Nombre y la Celda correspondientes a la máquina elegida se completan mediante una hoja de referencias y la fórmula BUSCARV(). Por último, mediante la función CONTAR.SI() se completan, a partir del tipo de parada y la duración colocadas por el operario, el número y tiempo de cada tipo de parada (N_x y T_x)

Si bien se colocan los datos de cada día, como el cálculo de los indicadores será semanal, el archivo puede actualizarse con esta frecuencia.

Sem	Día	Código Máquina	Nombre Máquina	Celda	Tipo de parada	Descripción	Duración (min)	NA	NPP	NPI	TA	TPP	TPI
1	04/01/2016	1929	CPR YANG SMT-500	CEL 5700	PI	rotura	33	0	0	1	0	0	33
1	04/01/2016	1930	TORNO YANG SL-20	CEL 5700	A	error	20	1	0	0	20	0	0
1	04/01/2016	1932	TORNO MICRO CUT LT65	CEL 5710	A	rotura	34	1	0	0	34	0	0
1	04/01/2016	1933	CPR YANG SMT-500	CEL 5710	PI	parada total	115	0	0	1	0	0	115
1	04/01/2016	1935	CPR YANG TR-45	CEL 5720	A	error	20	1	0	0	20	0	0

Fig. 4. 12 - Hoja "Paradas de Equipo" de Calculador de Indicadores

2. En la hoja "Producción" el usuario cargará los volúmenes diarios de piezas mecanizadas por cada máquina. Se colocará fecha, código de máquina, código de la pieza mecanizada y cantidad de ítems aceptados, rechazados y reprocesados. La columna Semana se completa de igual manera que en la tabla anterior. Lo mismo ocurre para el Nombre y Celda de la máquina. La columna Total calcula mediante la función SUMA() el volumen total.

Sem	Día	Código Máquina	Nombre Máquina	Celda	Pieza	Piezas aceptadas	Piezas rechazadas	Piezas reprocesadas	Total Piezas
1	04/01/2016	1929	CPR YANG SMT-500	CEL 5700	R1630	727	91	96	914
1	04/01/2016	1930	TORNO YANG SL-20	CEL 5700	R1630	748	80	100	928
1	04/01/2016	1932	TORNO MICRO CUT LT65	CEL 5710	R2420	737	190	132	1059
1	04/01/2016	1933	CPR YANG SMT-500	CEL 5710	R2420	916	45	155	1116
1	04/01/2016	1935	CPR YANG TR-45	CEL 5720	R7950	479	161	35	675

Fig. 4. 13 - Hoja "Producción" de Calculador de Indicadores

3. La hoja "Tiempos y Vol. STD" tiene dos tablas de carga. La primera (Tabla 4.14) calcula para una fecha de producción cargada por el usuario la cantidad de tiempo total de producción corresponde. Por ej. para un día lunes corresponden 8 horas (480 min) pero para un día sábado se asignarán 4 horas (240 min). La columna Semana se calcula igual que en los casos anteriores. La columnas Día devuelve, mediante la función DIASEM() un número del 1 al 6 según el día de la semana correspondiente. Por ej. el miércoles será 3 y el sábado 6. La columna Min calcula la cantidad de minutos totales para el día elegido. A través de una función SI() devuelve de lunes a viernes 480 min y para los sábados 240 min.

La suma de horas por semana se resume en una tabla dinámica a la derecha.

Introducción al TPM en empresa autopartista

Semana	Fecha	Día	min
1	04/01/2016	1	480
1	05/01/2016	2	480
1	06/01/2016	3	480
1	07/01/2016	4	480
1	08/01/2016	5	480

Fig. 4. 15 - Tiempo disponible por día. Hoja "Tiempos y Vol. STD" de Calculador de Indicadores

En la segunda (Tabla 4.15) de carga deben colocarse los volúmenes estándar de producción por semana para cada máquina.

Semana	Código Máquina	Nombre Máquina	Celda	Pieza	Vol STD
1	1929	CPR YANG SMT-500	CEL 5700	R1630	10000
1	1930	TORNO YANG SL-20	CEL 5700	R1630	9900
1	1932	TORNO MICRO CUT LT65	CEL 5710	R2420	9500
1	1933	CPR YANG SMT-500	CEL 5710	R2420	9200
1	1935	CPR YANG TR-45	CEL 5720	R7950	9400

Fig. 4. 14 - Volumen estándar por máquina. Hoja "Tiempos y Vol. STD". Calculador de Indicadores

4. En la hoja "Seguimiento Semanal" se calculan todos los indicadores elegidos para cada máquina. Este cálculo es automático por lo tanto el usuario no necesita cargar datos ni modificar celdas. Todos los cálculos se realizan tomando los datos de las hojas anteriores mediante BUSCARV(). Además para facilitar la escritura de las fórmulas de cada indicador, se agregó de forma oculta una hoja llamada "Datos DIN" donde se consolidan, mediante tablas dinámicas, datos de las primeras hojas para mostrarlos de forma útil a los cálculos. A modo de ejemplo se muestra la tabla que consolida los volúmenes semanales producidos por cada máquina utilizada para calcular la Tasa de Calidad.

Sem	Máquina	Suma de Piezas aceptadas	Suma de Piezas rechazadas	Suma de Piezas Reprocesadas	Suma de Total Piezas
1	1922	3687	732	436	4855
1	1929	4028	783	619	5430
1	1930	3931	363	753	5047
1	1932	4619	715	392	5726
1	1933	4228	583	671	5482
1	1935	4241	689	551	5481
1	1937	4564	475	698	5737
1	1938	4980	637	933	6550
Total 1		34278	4977	5053	44308

Fig. 4. 16 - Volúmenes totales de producción. Hoja "Datos DIN". Calculador de Indicadores

A continuación se muestra una imagen de los resultados del MTBF para las cuatro primeras semanas del año.

MTBF (min)	Semana	1	2	3	4
Equipo	1929	2219	2372	2195	2369
	1930	2372	2267	2352	2257
	1932	776	2235	776	2230
	1933	1141	2313	1133	2304
	1935	1182	1246	1183	1240
	1937	1135	2447	1132	2438
	1922	2398	2390	2389	2379
	1938	2205	2428	2194	2415
Global		776	1246	776	1240

Fig. 4. 17 - MTBF (min). Hoja "Seguimiento Semanal" de Calculador de Indicadores

El resultado Global se determina aplicando un criterio de mínimo o máximo según el indicador lo requiera. Siempre se tomará como global al de la máquina de peor desempeño. Por ejemplo, en la semana 1 el MTBF global de las celdas de mecanizado es de 776 min dado por la máquina 1932.

5. Finalmente la hoja "Resumen" presenta de forma más claras los resultados globales para una semana específica. La semana a mostrar se selecciona en la parte superior de la pantalla. Se muestra además un seguimiento gráfico de los indicadores principales como son la Disponibilidad, Tasa de Calidad, Tasa de Rendimiento y Eficiencia Global. Los valores mostrados son los Resultados Globales de cada indicador calculados en la hoja "Seguimiento Semanal". Se utiliza la función BUSCARH().

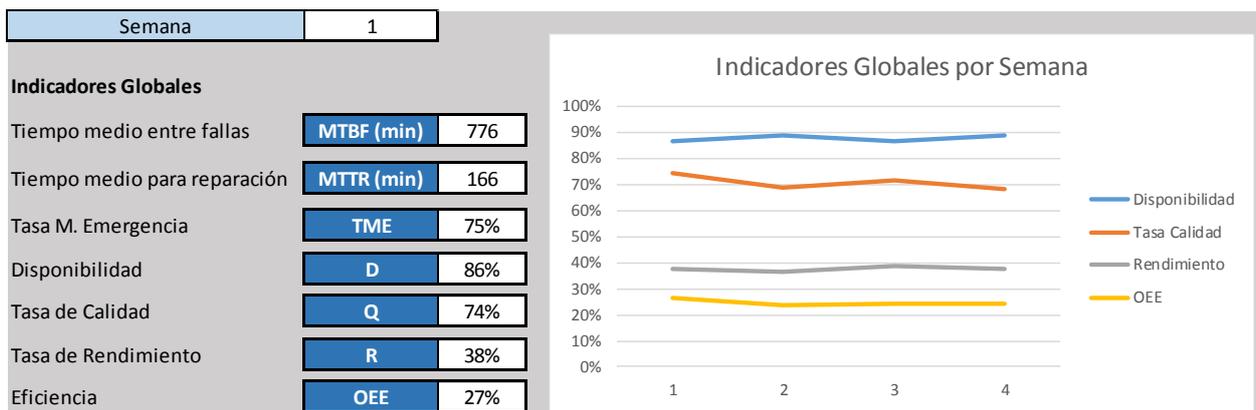


Fig. 4. 18 - Resultados Semanales Globales. Hoja "Resumen" de Calculador de Indicadores

En la parte inferior de la hoja se muestran los resultados de cada equipo para la semana elegida. Los datos se traen de la hoja "Seguimiento Semanal" mediante la función BUSCARH().

Indicadores por equipo	Máquina							
	1929	1930	1932	1933	1935	1937	1922	1938
Tiempo medio entre fallas	2219	2372	776	1141	1182	1135	2398	2205
Tiempo medio para reparación	87	20	166	73	50	65	56	75
Tasa M. Emergencia	33%	50%	75%	67%	40%	67%	20%	17%
Disponibilidad propia	96,4%	99,2%	93,4%	96,9%	98,0%	97,2%	97,9%	97,2%
Disponibilidad s/entorno	91,9%	91,5%	95,6%	89,8%	97,0%	88,5%	99,1%	100,0%
Disponibilidad Total	88,9%	90,8%	89,5%	87,3%	95,2%	86,4%	97,0%	97,2%
Tasa de Calidad	74,2%	77,9%	80,7%	77,1%	77,4%	79,6%	75,9%	76,0%
Tasa de Rendimiento	40,3%	39,7%	48,6%	46,0%	45,1%	48,0%	37,6%	50,6%
Eficiencia (OEE)	26,6%	28,1%	35,1%	31,0%	33,2%	33,0%	27,7%	37,3%

Fig. 4. 19 - Resultados Semanales por máquina. Hoja "Resumen" de Calculador de Indicadores

4.6. DISEÑO DEL PLAN MAESTRO

El diseño del plan maestro se realizará siguiendo los ocho pilares del TPM

4.6.1. Mejora Orientada

Al iniciar el programa TPM es posible que la empresa no sea consciente de varios problemas o puntos a mejorar en lo relacionado al mantenimiento de sus equipos o a su desempeño en general. Por lo cual, se dificulta el hecho de comenzar a trabajar directamente sobre alguna mejora.

Lo que se propone es, al momento de lanzar el programa, designar una Comisión de Mejora Orientada. Es decir, un grupo de personas representantes de áreas críticas como puede ser Ingeniería, Producción, Mantenimiento y Calidad para que, junto con la Dirección, se reúnan y planteen situaciones o puntos de mejora que consideren relevantes.

Es aconsejable designar un día y horario fijo dentro de la semana para poder darle continuidad a las reuniones y que les mismas deriven en acciones efectivas. Es posible que en las primeras juntas sólo se haga un seguimiento de la implementación del programa pero con el tiempo irán apareciendo temas puntuales a resolver y entonces la Mejora Orientada podrá ser aplicada en forma más directa.

Para llevar adelante las mejoras se recomienda seguir los pasos descritos en el marco teórico y, de ser posible, aplicar las técnicas de análisis P-M para tener un mayor conocimiento de los fenómenos físicos que generan los fallos.

4.6.2. Mantenimiento autónomo

Antes de iniciar con las actividades propias del mantenimiento autónomo para cada equipo, es importante remarcar algunas reglas generales de seguridad que todos los operarios deben conocer y respetar a la hora de realizar su trabajo.

Instrucciones generales de seguridad

- Todos los supervisores de planta, operadores y personal relacionado deben leer detenidamente los manuales de sus equipos.
- Está prohibido el uso de guantes, corbata, ropa holgada o cabello suelto para operar las máquinas. De esta forma evitar que la vestimenta entorpezca la operación o se enganche en la máquina pudiendo provocar lesiones.
- No operar ninguna máquina bajo los efectos de una medicación o alcohol.
- No entrar en contacto con la máquina con las manos húmedas para evitar recibir una descarga eléctrica.
- Mantener el área de trabajo limpia, iluminada, seca y ventilada.
- Antes de operar el equipo realizar el mantenimiento diario.
- En el área de trabajo deben estar colocados, visiblemente, los extintores de incendio para un uso de emergencia.
- Todo el sistema de alimentación eléctrica debe seguir el standard Argentino.
- Solo el operario correspondiente o personal autorizado puede manipular la máquina.
- Utilizar siempre gorra de seguridad, gafas de protección y zapatos de seguridad provistos por la empresa durante el trabajo.
- Asegurarse que el switch de encendido está apagado y bloqueado antes de realizar las operaciones de mantenimiento.
- Asegurar que todos los dispositivos de seguridad del equipo están en buenas condiciones. En caso contrario no operar el equipo e informar al supervisor correspondiente.
- Al finalizar el trabajo, recordar apagar el equipo.
- Asegurar que el operario sabe cómo detener la máquina frente a una situación de emergencia.
- Siempre usar el aceite, grasa o lubricante recomendados en el manual.
- Siempre utilizar fusibles con las especificaciones indicadas en el manual.

4.6.2.1. Desarrollo del Mantenimiento autónomo

El objetivo de este punto es desarrollar una guía o estándar de mantenimiento para que sea realizado por los operarios de las celdas de mecanizado y permita mantener las condiciones básicas de los equipos. Además se trabajará sobre el mantenimiento del puesto de trabajo mediante las 5S.

4.6.2.1.1. Mantenimiento Autónomo de una máquina

El trabajo se realizó para un solo equipo, con la intención de que luego la empresa pueda replicar el proceso en las demás máquinas. El equipo elegido fue el Torno Microcut Challenger LT65.

Se partió del manual del equipo, analizando los puntos de mantenimiento detallados por el fabricante. Luego, en conjunto con la empresa, se compararon las actividades realizadas por la misma frente a las tareas del manual. Allí se detectó que muchas actividades básicas de mantenimiento no se realizaban o no se hacían de la forma o con la frecuencia correcta. Entonces, se corrigieron estas diferencias y se llegó al resultado final, un estándar de mantenimiento autónomo que incluye tareas a realizar con el equipo parado y una vez que el mismo se encuentre en funcionamiento.



Fig. 4. 20 - Torno CNC Microcut Challenger LT65

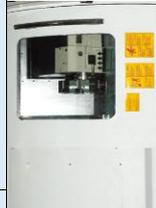
ESTÁNDAR DE LIMPIEZA / INSPECCIÓN / AJUSTE		MANTENIMIENTO AUTÓNOMO MÁQUINA EN MARCHA	
Celda: 5730		EMPRESA: RG FRENS S.A. EQUIPO: 1338	
ASPECTOS DE SEGURIDAD		LIMPIEZA INSPECCIÓN AJUSTES	
Responsable: Operario Celda		ANTES DE COMENZAR CON LA ACTIVIDAD VERIFICAR QUE ESTÉN DEBIDAMENTE COLOCADAS LAS TARJETAS DE PELIGRO EN EL TABLERO	
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN		CONDICIÓN ESTÁNDAR	
PARTES	Procedimiento para Inspección	CONDICIÓN ESTÁNDAR	Corrección de Desviación
1 	Inspección visual: Revisar correcto encendido	El equipo enciende normalmente	El equipo no enciende. Dar aviso al supervisor. Tarjeta Roja
2 	Inspección visual: Verificar señales de alerta	Al encender el equipo no deberían aparecer señales de alerta sobre el tablero.	Señal de alerta. Anular la señal. Si conoce la situación aplicar. Si desconoce la alerta, dar aviso a supervisor.
3 	Inspección visual: Control de manómetros	- Presión mínima: 5 kgf/cm2 - Presión máxima: 30 kgf/cm2	La presión fuera de los límites aceptados. Suspender el trabajo y dar aviso al supervisor. Tarjeta Roja La presión no es la programada. Detener el proceso y dar aviso a Mantenimiento
4 	Controlar enclavamiento neumático de puerta	Cuando se intente abrir la puerta con la máquina en marcha ésta no se debe poder abrir	La puerta se abre. Dar aviso al supervisor. Tarjeta Roja
5 	Controlar los dos botones de parada de emergencia	Al pulsar cada botón aparece un pedido de confirmación de PARADA DE EMERGENCIA. Al confirmarlo se detiene la máquina	No aparece pedido de confirmación de parada o la máquina no se detiene. Suspender el trabajo y dar aviso al supervisor. Tarjeta Roja

Fig. 4. 22 -Estándar de Mantenimiento Autónomo con Máquina en Marcha

Además de realizar todas las inspecciones especificadas en los estándares es importante que el operario asiente en un registro los resultados del mantenimiento autónomo. Por lo tanto, se le otorgará una Ficha de Mantenimiento Autónomo, similar a la detallada en el marco teórico donde el operador colocara si la tarea presentó o no alguna anomalía. Para los casos en los cuales haya habido anomalías, el operario dejará una constancia en las hojas que acompañan a la ficha explicando la situación y cómo se ha solucionado.

 FICHA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO											
Máquina	Sector				Semana						
Responsable		Marcar con "✓" si no existen anomalías. Marcar con "x" si es necesario corregir o reparar									
Turno Mañana:.....											
Turno Tarde:.....											
Tarea	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Sábado
	M	T	M	T	M	T	M	T	M	T	M
Insp. visual de conexiones eléctricas											
Insp. visual nivel de aceite hidráulico											
Insp. visual nivel de refrigerante											
Control/limpieza de plato hidráulico											
Control/limpieza de guías lineales											
Lubricación de contrapunto											
Lubricación de plato hidráulico											
Insp. visual de estado de elemento de sujeción											
Control/limpieza de torre de htas.											
Insp. visual nivel de lubricante.											
Insp. visual de correcto encendido											
Insp. Visual de señales de alerta											
Control de manómetro											

Fig. 4. 23 - Ficha de Mantenimiento Autónomo

Estas anotaciones se consolidarán junto con las realizadas para el seguimiento de indicadores, generando una base sólida para luego analizar cuáles son las anomalías que más se repiten o las más problemáticas y poder buscar soluciones eficientes.

4.6.2.1.2. Mantenimiento autónomo en el puesto de trabajo

Como se detalló en el capítulo 3, el mantenimiento de los equipos es sólo una parte del mantenimiento autónomo. La otra parte es el mantenimiento del puesto de trabajo.

Para la realización de esta etapa se analizó el puesto donde se encuentra el Torno Microcut Challenger y se identificaron los puntos de mejora.

1. Inspección visual del puesto

a. Piso

El piso de la celda se muestra limpio, solo se observan restos de cajas de cartón colocados en el piso como una especie de anti-deslizante.



Fig. 4. 24 - Puesto de trabajo. Suelo

b. Estanterías

Al observar las estanterías del puesto los problemas se identifican claramente. Suciedad y desorden son las características que se repiten en las diferentes repisas. Se observa una planilla en una de ellas con lo que sería un registro de los mecanismos que deberían estar allí pero el papel se encuentra muy deteriorado y no puede leerse claramente.



Fig. 4. 25 - Estantería de herramientas

2. Mejoras

a. Piso

Para el piso de la celda la única mejora que puede hacerse es retirar los trozos de cartón ya que más que evitar que el operario se resbale, estorban en el camino.

b. Estanterías

Lo primero que debe hacerse es retirar absolutamente todas las herramientas y dispositivos del lugar y realizar una limpieza a fondo. En segundo lugar el operario deberá evaluar cuáles son las herramientas que verdaderamente necesita tener a mano y asignarles un lugar específico (no tirarlas todas dentro de una caja) de forma que pueda identificarlas rápidamente. Las herramientas que no sean frecuentemente utilizadas deben ser retiradas del puesto.

En cuanto a los mecanismos e instrumentos de medición se procederá de la misma forma que con las herramientas.

Por último se confeccionaran dos nuevas planillas, una para herramientas y otra para dispositivos. Éstas serán colocadas en las respectivas repisas e indicaran cuáles son los objetos que deben estar en cada estantería. Se recomienda plastificar las planillas para evitar su deterioro.

El operario deberá mantener en condiciones óptimas su puesto de trabajo. Es decir, deberá conservar el piso limpio y despejado y mantener en orden las herramientas de uso diario. Estas tareas se suman al estándar realizado para el equipo.

4.6.3. Mantenimiento Planificado

A la hora de aplicar Mantenimiento Planificado, lo primero que debe hacerse es escoger un régimen de mantenimiento acorde a las posibilidades de la empresa. Para este proyecto se ha decidido implementar Mantenimiento Preventivo, es decir un plan de mantenimiento que incluya actividades de TBM (mantenimiento basado en el tiempo) pero que además contenga tareas basadas en el análisis del estado de los componentes al momento de la inspección, es decir CBM (mantenimiento basado en las condiciones).

Tal como se detalló en el marco teórico, una parte importante del Mantenimiento Planificado es el Mantenimiento Autónomo. Entonces, para la aplicación del primero también se trabajará con el Torno Microcut Challenger LT65. Para alcanzar el objetivo se tomarán los 6 pasos descriptos en el capítulo 3.

Paso 1: Evaluar el equipo y comprender la situación inicial

Esta etapa no será llevada a cabo debido a que la empresa no cuenta con historial de fallos de sus equipos ni un registro de indicadores de desempeño. Por esta razón los equipos a trabajar fueron elegidos arbitrariamente y en conjunto con RG. Una vez que se cuente con un historial sólido de fallos, mediante los registros y calculador de indicadores detallados anteriormente, se podrá realizar una clasificación de los equipos.

Paso 2: Restaurar el deterioro y corregir debilidades

El equipo debe ser llevado a su condición inicial antes de comenzar a implementar el mantenimiento planificado. Esta etapa estará a cargo del área de Mantenimiento que deberá analizar la máquina y corregir todas las deficiencias que presente en ese momento.

Paso 3: Crear un sistema de gestión de información

Ya se ha detallado anteriormente la implementación de un sistema de seguimiento de indicadores claves del mantenimiento. En él se encuentra toda la información referida a fallos e inspecciones realizadas en los equipos que permitirá generar un historial de cada equipo. Mediante el análisis de esta información se podrá ir rediseñando el plan para adaptarlo lo mejor posible a la realidad de la empresa.

Paso 4: Crear un sistema de mantenimiento periódico

Este punto consiste en preparar estándares de inspección claros y fáciles de utilizar. Los estándares para mantenimiento autónomo fueron elaborados anteriormente por lo que ahora corresponde hacer lo mismo para el mantenimiento especializado. Es decir, aquellas tareas a cargo específicamente del área de mantenimiento.

Este estándar fue elaborado en conjunto con los dos anteriores y se trabajó de la misma manera, partiendo de las exigencias dadas por el fabricante y combinándolas con sugerencias de la empresa.

Al tratarse de un estándar que será aplicado por personal especializado del área de mantenimiento, el mismo cuenta con mayor información técnica que los de mantenimiento autónomo. Por ejemplo, se incluye un apartado que indica como deber realizarse la medición de tensión en las correas del husillo y los carros.

Como regla general se establece que aquellas actividades que tengan frecuencia semanal deben realizarse el primer día de la semana en el turno mañana. De la misma forma, las tareas mensuales, bimensuales o semestrales deberán llevarse a cabo el primer día hábil del período especificado.

Introducción al TPM en empresa autopartista

ESTÁNDAR DE LIMPIEZA / INSPECCIÓN / AJUSTE		MANTENIMIENTO ESPECIALIZADO		
Ceлда: 5730 Equipo: Torno Microcut Challenger LT 65 EMPRESA: RG FRENSOS S.A. EQUIPO: 1936		LIMPIEZA: X INSPECCIÓN: X AJUSTES: X		
ASPECTOS DE SEGURIDAD				
Responsable: Personal de Mantenimiento Antes de comenzar con la actividad verificar que estén debidamente colocadas las tarjetas de peligro en el tablero				
Control de Tensión de las Correas		Procedimiento de Inspección		
Mecanismo	Fuerza de prueba [N]	Frecuencia de prueba [Hz]	Tipo de correa	
Husillo Principal	50	75 - 82	Correa Poly-V, 6PK-1295	
Carro X	5	181 - 190	Correa dentada GT3-SMG11-15-300	
Carro Z	7	232 - 242	Correa dentada GT3-SMG11-15-350	
<p>Peligro: Las tensiones de las carreras deben ser controladas solamente con la máquina desmontada. ¡Asegúrese de que la máquina esté protegida contra la puesta en marcha!</p>				
PARTES	CONDICIÓN ESTÁNDAR	Corrección de Desviación	Frec	
1 Intercambiador de calor 	Limpiar/Cambiar filtro	Ventilador sucio. Remover polvo con aire comprimido. Filtro sucio. Lavar y renovar toda la partícula de polvo. Si es necesario, cambiar el filtro	Semanal	
2 Mangueras y Tubos 	Control visual sobre la superficie de los sistemas hidráulico, lubricante y refrigerante	Conducido con <u>presión húmeda</u> . Detectar. Reemplazar inmediatamente.	Mensual	
3 Depósito de Refrigerante 	Limpiar	Girar hacia afuera la bomba de refrigerante (4). Extraer la cuba. Extraer el tanque (3) y limpiarlo a fondo. Limpiar cuba quitando todas las impurezas. Controlar si las espaldas de refilje están limpias y a colocar sellado tanqz. Colocar tina y girar hacia adentro la bomba.	Mensual	
4 Transportador de viruta 	Engrasar cojinete del árbol principal del transportador de viruta	A una velocidad de 0.5 m/s aplicar la grasa recomendada mediante pinel. El lubricante debe aplicarse sobre el borde de las mallas para que pase por la estrecha ranura entre las mallas.	Mensual	
5 Transportador de viruta 	Limpiar y aceitar cadena de rodillos del transportador de viruta	Lavar cinta con agua y remover lubricante con aire comprimido. Luego colocar grasa en la cadena de rodillos	Mensual	
PARTES	Procedimiento para Inspección	CONDICIÓN ESTÁNDAR	Corrección de Desviación	Frec
6 Correas 	Control de tensión en las correas de husillo principal y guías laterales	La tensión de las correas es la indicada (ver tabla a la derecha). Las correas están limpias y en buen estado	Si la tensión no es la indicada o las correas están deterioradas (fuerte succiedad con lubricantes, refrigerantes o presentan fisuras) se deben cambiar.	2 Meses
7 Plato hidráulico 	Desmontar y limpiar plato hidráulico	El plato se debe abrir y cerrar perfectamente con una presión del elemento de sujeción de 2 bar	Desmontar el plato, remover los restos de viruta gruesa con cepillo. Quitar viruta fina con trapo y espuma limpiadora. Lubricar todas las piezas con WD40	2 Meses
8 Bomba de Aceite Hidráulico 	Limpiar filtro y tanque	Aceite claro y libre de impurezas. Filtro limpio	Aceite turbio y con impurezas visibles. Desarmar el tanque y lavarlo a fondo. Rellenar con aceite recomendado. Filtro sucio. Remover el filtro y lavarlo.	6 Meses
9 Bomba de Lubrificante 	Limpiar filtro y tanque	Aceite claro y libre de impurezas. Filtro limpio	Aceite turbio y con impurezas visibles. Desarmar el tanque y lavarlo a fondo. Rellenar con aceite recomendado. Filtro sucio. Remover el filtro y lavarlo.	6 Meses
10 Depósito de Refrigerante 	Cambiar Refrigerante	Refrigerante limpio, libre de impurezas.	Durante la limpieza mensual de la cuba, quitar el refrigerante usado, lavar la cuba y colocar un nuevo refrigerante.	6 Meses

Fig. 4. 29 - Estándar de Mantenimiento Especializado

Paso 5: Crear un sistema de mantenimiento predictivo

Esta fase no será incluida en la aplicación práctica ya que apunta a la implementación de un Mantenimiento Predictivo, el cual requiere una inversión en equipos de medición y capacitación del personal para poder usarlos. Dado que el objetivo del proyecto es introducir a RG Frenos al TPM, no es relevante la utilización inmediata de esta fase y lo recomendable es hacerlo una vez que todo el proceso esté más afianzado y se necesite reducir aún más las pérdidas por fallas.

Paso 6: Evaluar el sistema de mantenimiento planificado

Al no contar con una base histórica sobre la cual establecer un objetivo cuantitativo no será posible, en un principio, evaluar el sistema de forma clara.

Lo que se propone en este caso es, implementar los estándares y el seguimiento de indicadores durante un período mínimo de 6 meses. De esta forma, primero se tendrán los equipos en sus condiciones iniciales, luego se comenzará con la medición y recolección de datos y, transcurridos los 6 meses, se tendrá una base para establecer objetivos numéricos para el próximo período.

4.6.4. Formación y Adiestramiento

Este pilar tiene como objetivo la evaluación y desarrollo de las competencias de los empleados, tanto de mantenimiento como de producción.

Al no poseer conocimientos profundos en el mantenimiento de equipos, no estoy en condiciones de desarrollar un programa de formación y evaluación para RG Frenos. Por lo tanto, la propuesta práctica para este pilar es que la empresa designe al empleado más capacitado en esta materia, por ej. el Jefe de Mantenimiento, la tarea de planificar una serie de pruebas para que realicen sus subordinados y que permita determinar el nivel de conocimiento teórico y práctico con el que cuentan. Luego deberá ponerse el foco en mejorar los puntos que las pruebas indiquen como insuficientes.

Donde más se puede aplicar este pilar en RG es en la formación de los operarios de producción en tareas de mantenimiento. Para esto se propone que se incorpore a los mismos dentro de las tareas de MP, para que trabajen en conjunto con el personal de mantenimiento y puedan perfeccionar sus capacidades para detectar anomalías, tomar mediciones de tensión de correas y realizar cierto tipo de reparaciones. Nuevamente mi desconocimiento técnico me impide profundizar demasiado en el tipo de formación que pueda aplicarse, pero puedo afirmar que el hacer participar al operario de producción en las tareas de mantenimiento hará que éste se sienta más motivado y capaz de sostener y mejorar el mantenimiento autónomo.

5. CONCLUSIONES

Este último capítulo se analizará el grado de alcance de los objetivos planteados en el capítulo 2.

El primer objetivo era la introducción teórica del TPM. Esto se llevó a cabo durante la primera parte del capítulo anterior, mediante la presentación del TPM a la organización y el dictado de seminarios para los empleados. Si bien no se ha diseñado una presentación para que la empresa muestre a su personal, ni se ha preparado un apunte para entregar a los mismos, el marco teórico elaborado en el capítulo 3 contiene todos los puntos necesarios para que la empresa pueda realizar esta tarea.

La segunda meta apuntaba a mejorar la gestión de los equipos mediante el seguimiento de indicadores. Para este punto, se desarrolló un documento de Excel que, recibiendo información de las planillas también elaboradas durante el trabajo, permite calcular de forma simple y rápida los indicadores de mantenimiento y eficiencia más significativos para una empresa de este tipo. En este apartado se le dio mucha importancia a la simpleza, a que realizar este seguimiento no requiera de conocimientos demasiado especializados y a que el usuario pueda obtener rápidamente los valores que busca.

La empresa no contaba con ningún registro de fallos ni mucho menos con un grupo de indicadores de desempeño de máquinas. Con el Calculador de indicadores no solo pueden obtenerse los valores de los indicadores elegidos, sino que puede medirse el desempeño global de las celdas y contar con un historial que facilite la toma de decisiones para el futuro. Por lo tanto, el segundo objetivo se ha alcanzado satisfactoriamente.

El tercer objetivo apuntaba a la aplicación práctica de algunos pilares del TPM a una etapa del proceso productivo. Para el trabajo se seleccionó el mecanizado de piezas de aluminio y sus respectivas celdas. Los pilares elegidos fueron principalmente el Mantenimiento autónomo y Mantenimiento planificado. Su aplicación partió de los conceptos teóricos y de los manuales disponibles para luego combinarlos con el conocimiento técnico obtenido del personal de RG Frenos. El resultado fue, para un equipo seleccionado, la obtención de tres estándares de mantenimiento. Dos de ellos dirigidos al operario de producción como base del mantenimiento autónomo y un tercero a ser llevado a cabo por el personal de mantenimiento. El hecho de tener todas las actividades de mantenimiento estandarizadas permitirá sostenerlas en el tiempo y, a medida que se adquiera práctica, disminuir la duración de las mismas. El objetivo ha sido alcanzado para una máquina con la posibilidad de extenderse al resto de los equipos.

Además de los dos pilares mencionados, se abarcaron brevemente el de Mejora orientada y el de Formación y adiestramiento. No se ha profundizado demasiado en éstos ya que ambos tienen como objetivo la mejora continua del programa una vez

que se haya implementado. Por lo tanto sólo se han plasmado algunas ideas para aplicar cuando el programa esté más afianzado.

No se hace referencia al resto de los pilares en el desarrollo práctico por no considerarlos relevantes para la situación actual de la empresa. La Gestión temprana de equipos y el Mantenimiento de la calidad requieren conocimientos muy específicos ya que apuntan al re-diseño de equipos y productos, lo cual está por encima de las aspiraciones de este trabajo. En cuanto a TPM en áreas administrativas y Gestión de seguridad y entorno, no se desarrollaron aplicaciones prácticas ya que éstos entran en juego cuando se piensa en la implementación global del TPM en la organización y no en un grupo de celdas, como en éste trabajo.

5.1. Mención especial: El aspecto económico

En todo el proyecto no se mencionan los gastos en los que incurriría la empresa al aplicar los puntos desarrollados ni los beneficios económicos de hacerlo.

Esto se debe, en primer lugar, a que para poder implementar todos los puntos desarrollados no se requiere ninguna inversión importante. El proyecto muestra una forma de optimizar los recursos ya existentes en la planta para mejorar el desempeño de la misma, ya sea estandarizando tareas o llevando un registro de los distintos sucesos, en planillas de papel o en documentos de Excel. RG cuenta con todos estos recursos pero no los utiliza en forma correcta.

En cuanto a los beneficios económicos tampoco se fijado una meta ya que, como se mencionó anteriormente, al no contar con una base sólida de indicadores la empresa no conoce con certeza cuál es su desempeño actual, cuánto le cuesta tener una máquina parada o cuánto ganaría si logra aumentar la disponibilidad de sus equipos. Todo esto se debe, en parte, a que la empresa está sobredimensionada con respecto a la demanda actual lo que hace que no se vea afectada si tiene que destinar un turno completo a reparar un equipo. Sin embargo, los nuevos desafíos que tiene RG requieren que esta situación cambie lo antes posible para poder aprovechar al máximo su capacidad productiva.

Este proyecto es el primer paso que debe dar RG Frenos para cambiar su filosofía de trabajo y direccionarla hacia los estándares actuales.

6. ANEXOS

6.1. Productos de RG Frenos S.A.



- FRENOS A AIRE E HIDRAULICOS
- AIR AND HYDRAULIC BRAKES
- FREIOS A AR E HIDRAULICOS

FRENOS A AIRE

Con una estructura edilicia de 2500 m2 ubicada en calle Colón 1065 de la ciudad de Rafaela y más de 100 personas interactuando en las diferentes áreas, RG Frenos fabrica, desde el año 1981, todo tipo de componentes para sistemas de frenos neumáticos: pulmones simples, spring brake, válvulas, registros y compresores. RG Frenos cuenta con un departamento de desarrollo y fabricación de su propia matricería equipado con erosionadoras digitales y fresadoras CNC, además de distintas áreas de producción como fundición de aluminio por inyección, estampado en chapa y soldadura, mecanizado, tratamientos térmicos, todas en constante actualización de equipamiento.

- Sistema de Aseguramiento de la Calidad Normas ISO 9002.

AIR BRAKES

With the 2.500 m2 manufacturing facility and headquarters located at 1065 Colón St. in Rafaela, Santa Fe, over 100 people at RG FRENOS have manufactured all kinds of air brake system components since 1981: single air chambers, spring brake, brake valves, slack adjusters and compressors. RG FRENOS has a product development department and a master die casting department equipped with CNC digital electrical discharge machines and milling machines. Other production areas include aluminum casting by injection, metal stamping and welding, machining and heat treating. All our equipment is being continuously updated.

- ISO 9002 Certified

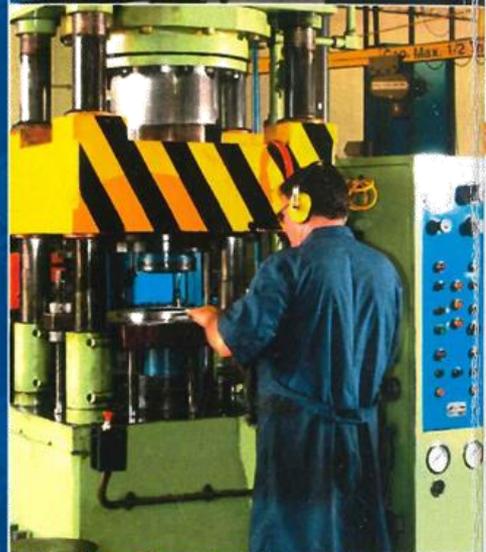
FREIOS A AR

Com uma estrutura de 2500 m2 localizada na rua Colón 1065 da cidade de Rafaela e mais de 100 pessoas interagando nas diferentes áreas, RG Freios fabrica, desde o ano 1981, todo tipo de componentes para sistemas de freios pneumáticos: câmaras de freio, spring brake, válvulas, registros e compressores. RG Freios tem um departamento de desenvolvimento e fabricação de matrizes próprias equipado com equipamentos de eletroerosão digitais e fresas CNC, além de diferentes áreas de produção como fundição de alumínio por injeção, estampado em chapa e soldadura, mecanizado, tratamentos térmicos, todas em constante atualização de equipamento.

- Sistema de Asseguramento da Qualidade Normas ISO 9002



DNV



FRENOS HIDRAULICOS

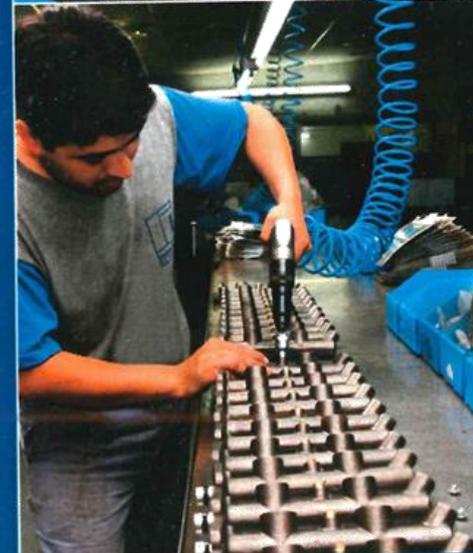
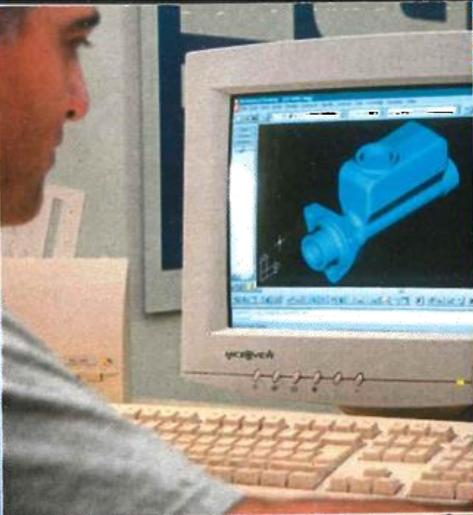
Desde el año 1998, en una planta de más de 1000 m2 ubicada en el Parque Industrial de Rafaela, equipada con centros de mecanizado y tornos CNC y el aporte especializado de 35 operarios controlando el proceso total, desde el desarrollo hasta la fabricación, se logran piezas de óptima calidad y eficacia: bombas y cilindros de frenos y embragues hidráulicos, pistones de mordaza, juegos de reparación.

HYDRAULIC BRAKES

A 1000 m2 manufacturing plant located at the Industrial Park in Rafaela has produced quality parts since 1998. It is equipped with CNC machining centers and lathes, and its 35 skilled workers control the total process, from product development to manufacturing. The result is quality pieces of high efficiency: hydraulic brake and clutch pumps and cylinders, caliper pistons and kits.

FREIOS HIDRAULICOS

Desde o ano 1998, num estabelecimento de mais de 1000 m2 localizado no Parque Industrial de Rafaela, equipado com centros de mecanizado e tornos CNC e o trabalho especializado de 35 operários que controlam o processo total, desde o desenvolvimento até a fabricação, conseguem-se peças de ótima qualidade e eficácia: bombas e cilindros de freios e embreagens hidráulicas, pistons de mordaza, jogos de reparo.



PRODUCTOS DE GOMA

Esta planta productora de diafragmas para frenos a aire, tubos de poliamida, espirales conectores neumáticos y eléctricos, juegos de reparación de válvulas de freno y fuelles de suspensión neumática, inició sus actividades en el año 2001 en el Parque Industrial de Rafaela y cuenta con una superficie cubierta de 700 m². Los estrictos controles realizados durante todo el proceso de fabricación, el equipamiento utilizado (mezcladoras de goma, prensas de moldeo y extrusoras para tubos de poliamida) y la constante capacitación de los 25 operarios de la planta, aseguran un alto rendimiento y eficacia de todos sus productos.

RUBBER PRODUCTS

Air brake diaphragms, polyamide tubing, coiled air and electric hoses, air brake valve kits and pneumatic suspension air springs have been manufactured in a 700 m² plant located at the Rafaela Industrial Park since the year 2001. The manufacturing process takes place under strict quality controls. The equipment used (rubber mixers, molding presses and polyamide tubing extruders) and the ongoing training of the 25 plant workers ensures products of high performance and efficiency.

PRODUTOS DE BORRACHA

Este establecimiento productor de diafragmas para freios a ar, tubos de poliamida, espirais conectores pneumáticos e elétricos, jogos de reparo de válvulas de freio e molas pneumáticas de suspensão começou suas atividades no ano 2001 no Parque Industrial de Rafaela e tem uma superfície coberta de 700 m². Os rigorosos controles feitos durante o processo de fabricação todo, o equipamento utilizado (misturadores de borracha, prensas para amoldar e extrusoras para tubos de poliamida) e o constante treinamento dos 25 operários do estabelecimento, asseguram um alto rendimento e a eficácia de todos os produtos.





INSTITUCIONAL

RG FRENOS SRL, a través de sus 31 años de historia en constante crecimiento, esforzándose por satisfacer las necesidades y requerimientos de sus clientes, ha logrado consolidarse como uno de los principales referentes de Argentina en el rubro frenos. Además de la administración central y depósitos ubicados en calle Luis Fanti 35, la empresa cuenta con tres plantas productivas, con líneas de productos diferenciadas, donde en cada una de ellas se lleva a cabo el proceso total, desde el desarrollo hasta la fabricación del producto. Provee a la gran mayoría de las fábricas terminales de remolques de nuestro país, con un equipo completo de frenos a aire, siendo equipo original en el 80% de los remolques fabricados en Argentina. Atiende el mercado de reposición nacional directamente con vendedores propios, llegando a más de 1000 clientes distribuidos en todo el país. Exporta el 20 % de su producción a varios países de Sudamérica, Europa, Australia y Estados Unidos, superando con éxito las rigurosas exigencias de calidad.

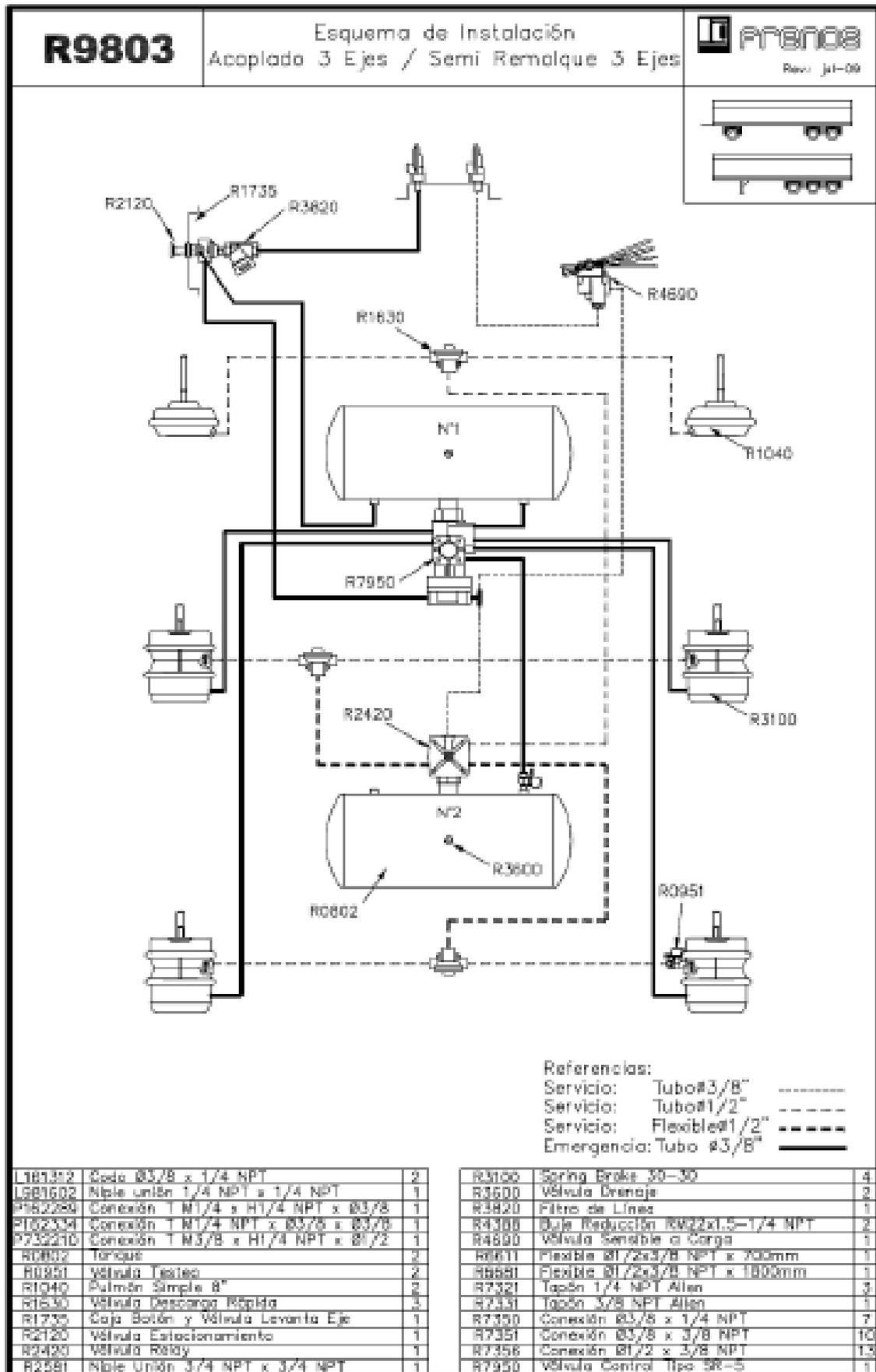
THE COMPANY

Founded 31 years ago, RG FRENOS SRL has quickly grown to be leader in the Argentinean market of brakes. It is committed to bringing quality products to meet the needs and requirements of its customers. With headquarters and storehouses at 35 Luis Fanti Street in Rafaela, the company has three production plants. Each plant manufactures specific product lines with the complete process, from product development to the final piece. It is a major supplier of air braking systems to most of the trailer manufacturers of our country, being original equipment in 80% of the trailers made in Argentina. It supplies the domestic aftermarket through its own sales team, who reach over 1000 customers all over the country. The company exports 20% of its production to various countries in South America, Europe, the U.S. and Australia, invariably meeting the most stringent quality standards.

INSTITUCIONAL

RG FRENOS SRL, através de seus 31 anos de história em constante crescimento, esforçando-se em satisfazer as necessidades e requerimentos de seus clientes, conseguiu se consolidar como uma das principais referências da Argentina na especialidade freios. Além da administração central e os depósitos localizados na rua Luis Fanti 35, a empresa tem três estabelecimentos produtivos, com linhas de produtos diferenciadas, nos quais em cada um deles, realiza-se o processo total, desde o desenvolvimento até a fabricação do produto. Ela fornece à grande maioria das fábricas terminais de reboques de nosso país, com um equipamento completo de freios a ar, sendo equipamento original no 80% dos reboques fabricados na Argentina. Atende o mercado de reposição nacional diretamente com vendedores próprios e chega a mais de 1000 clientes espalhados por o país todo. Exporta o 20% de sua produção a vários países da América do Sul, dos Estados Unidos, da Europa e da Austrália, superando com sucesso as rigorosas exigências de qualidade.

6.2. Esquema de instalación: Acoplado de 3 ejes / Semi-remolque de 3 ejes



7. BIBLIOGRAFÍA

- SACRISTÁN, Francisco Rey: *Mantenimiento total de la producción. Proceso de implantación y desarrollo*; Ed. FC; 2001
- SUZUKI, Tokutaro: *TPM en industrias de procesos*; Ed. Taylor & Francis; 1996
- PONTELLI, Daniel; GALARGA, Iván: *Mantenimiento Industrial*; Ed. Universitas; 2011
- Manual de operaciones de máquinas:
 - MICRO CUT: LT-65, LT-52
 - YANG: SL-20, SMT-500, SML-20
- Relevamiento Socioeconómico Rafaela 2012. <https://www.rafaela.gov.ar>
- Censo Industrial Rafaela 2012. <https://www.rafaela.gov.ar>
- Mantenimiento Planificado. <http://mantenimientoplanificado.com/tpm>
- Centro de educación secundaria San Valero. <http://qrcnc.es.tl/>.