

CAPÍTULO 4

Metodología de solución

Este capítulo explica con detalle los conceptos básicos a utilizar en la solución del problema, así como el análisis de confiabilidad para cada una de las máquinas de incidencia. Se determinó trabajar con un estudio de confiabilidad ya que actúa en función del tiempo, en este caso el tiempo entre fallas, arrojando resultados como la probabilidad de ocurrencia de falla, que ayuda a determinar en que momento se debe aplicar cualquier tipo de corrección que requiera la maquinaria, de esta manera podemos ajustar estos datos de la mejor manera posible para establecer una iniciativa correctiva en fallas de máquinas que pueda ayudar a reflejar la disminución de paros constantes en sus procesos.

4.1 Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de éxito. Con frecuencia se reserva el término a sistemas y componentes de sistemas. Entonces la confiabilidad es función del tiempo y así considerada se conoce como función de confiabilidad (A veces puede desprejarse la variación de la confiabilidad con el tiempo). Se entiende aquí por éxito al cumplimiento de una función previamente estipulada.¹

Son estudios estadísticos que se realizan en campo para diagnosticar el comportamiento operativo de instalaciones y equipos, con los cuales se obtienen los

¹ Rosenblueth E., *Confiabilidad y utilidad en ingeniería*, México, 1970, Pág. 1

modelos matemáticos de incidencia de fallas, en donde se establecen las causas de paros programados, y no programados.

Se realizan también estudios que determinan los índices de confiabilidad de la maquinaria para poder tomar decisiones sobre su vida útil, probabilidad de falla, y programas de mantenimiento, además de establecer mejoras a los equipos e instalaciones.

La medición de la confiabilidad nos arrojará respuestas a las preguntas como:

- ¿Cuándo aplicar la corrección a la máquina para prevenir paros?
- ¿En que tiempo se efectúa la corrección?
- ¿Frecuencia de la corrección?

La probabilidad de éxito depende de las condiciones incluidas de las características del medio ambiente en que opera el sistema de que se trata. Depende también de la función que haya que satisfacerse.²

Es decir que de manera como vaya aumentando la complejidad del sistema, la confiabilidad del mismo ira en decremento, ya que se tendrá que analizar el conjunto de piezas que componen a la maquinaria, haciéndolo de esa forma, más complicado.

Es particularmente cierto que la mano de obra es uno de los componentes que podrían afectar el desempeño de la producción en la empresa. En efecto, si no llevamos

² Rosenblueth E., *Confiabilidad y utilidad en ingeniería*, México, 1970, Pág. 1

a cabo una actividad de mejora y de control será muy difícil obtener como resultado un nivel de confiabilidad alto. También es cierto que es a través de esta actividad de mejora donde se puede lograr la diferencia entre una buena y una mala calidad del producto.

El éxito en el estudio que se pretende lograr depende de la obtención de datos de las fallas que presente la maquinaria, ya que mediante esto se podrá hacer un análisis estadístico, para obtener de esta manera la distribución de probabilidad adecuada que siguen los datos de cada una de las fallas de las máquinas involucradas en el proceso.

El análisis se debe de basar en las piezas críticas que presentan mayor problema en la maquinaria así como también el mantenimiento que ya se lleva en la empresa, es decir la frecuencia con que éste ocurre.

4.1.1 Ventajas

El análisis de fallas representa un gran paso para la determinación de en que tiempo es necesario aplicar una corrección en la maquinaria deseada, éste depende del conocimiento de las fallas de un equipo en cualquier momento de su vida útil.

El estudio de la confiabilidad se utiliza en el análisis de datos operativos para mantenimiento. Es posible conocer el comportamiento de equipos en operación con el fin de:

- Prever y optimizar el uso de los recursos humanos y materiales necesarios para el mantenimiento.
- Diseñar y modificar las políticas de mantenimiento a ser utilizadas.
- Calcular instantes óptimos de sustitución económica de equipos.
- Establecer frecuencias óptimas de ejecución del mantenimiento preventivo.

4.2 Estudio de confiabilidad

Como primer punto se determinaron las áreas con mayor problema en la empresa. Para determinar las áreas de incidencia se hizo un estudio de todos los procesos, se determinó la frecuencia con la que cada uno de estos procesos presentaba algún tipo de incidente ocasionando paro de máquina y pérdidas de tiempo. Los datos se recolectaron a lo largo de 19 semanas en la cuales se observó la frecuencia de fallas en los procesos de la empresa, el tipo de fallas encontrados en estos procesos son mencionados en la sección 4.2.1. En la figuras 4.2.1 y 4.2.2 se puede apreciar el estudio realizado con una gráfica de Pareto.

Como criterio de solución del problema fue elegir el 80% de la frecuencia de fallas que presentaron las áreas de la empresa, ya que solucionando este porcentaje de fallas se lograra disminuir considerablemente las fallas que suceden en las máquinas. Se decidió trabajar con este porcentaje ya que el 20% de las fallas restantes corresponden a las máquinas que no representan entre ellas paros periódicos.

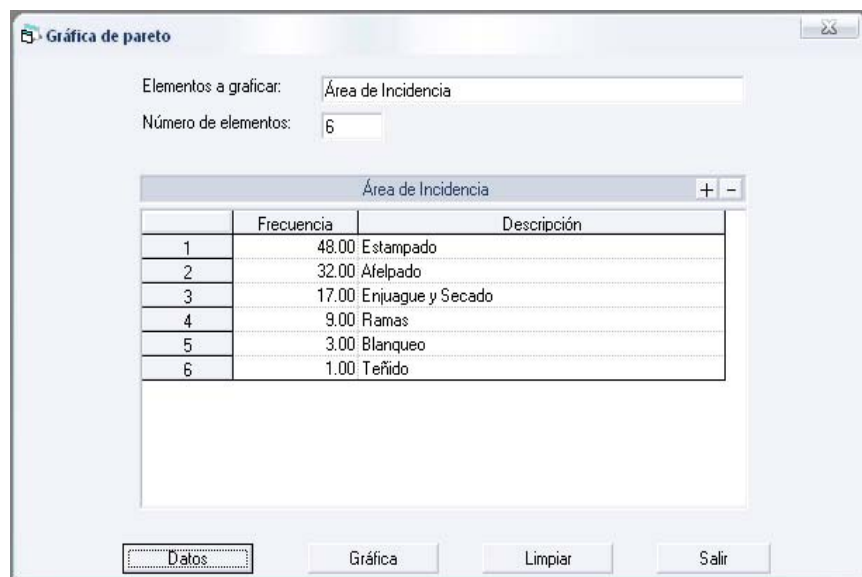


Figura 4.2.1 Frecuencia de fallas en los procesos de la empresa.

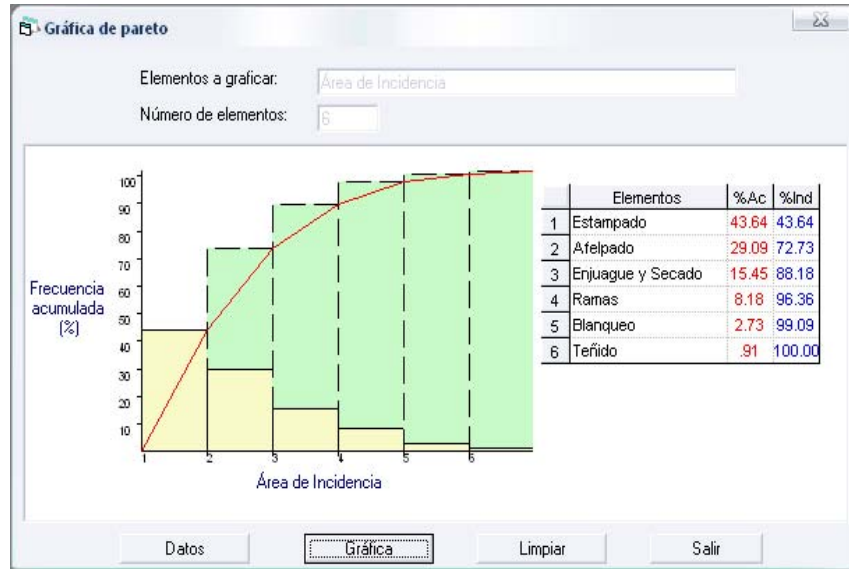


Figura 4.2.2 Gráfica de Pareto de los procesos en la empresa.

Como se puede observar en los resultados presentados en la gráfica de Pareto las áreas de incidencia son dos principalmente:

- Estampado, ver anexo fotográfico, figura 21.
- Afelpado, ver anexo fotográfico, figura 22.

Estos son los procesos que presentan una mayor frecuencia de paros a lo largo del estudio realizado.

Una vez que se determinaron los principales procesos de incidencia, así como las fallas significativas ver figuras 4.2.1.1 y 4.2.1.3, podemos comenzar a analizar mediante el estudio de confiabilidad estas operaciones.

4.2.1 Análisis de fallas significativas

Ya identificados los procesos en los que se va a inferir en la iniciativa de corrección debido a paros, afelpado y estampado, es necesario analizar las fallas que suceden en estas áreas, los datos se obtuvieron a través de la medición de frecuencia de fallas por paros en los procesos, mediante una hoja de registro en la que se anotaban los problemas suscitados, así como la área correspondiente ver anexo 1 formato de registro de fallas frecuentes, de esta manera podemos continuar con el análisis de confiabilidad.

Se determinó el tiempo entre fallas de cada una de las máquinas de afelpado y estampado, este tiempo es continuo ver anexo 2 toma de tiempos.

En las figuras 4.2.1.1 y 4.2.1.3 se muestra la frecuencia del tipo de falla presentado correspondiente a la máquina de afelpado y estampado, en las figuras 4.2.1.2 y 4.2.1.4 se puede observar la determinación de las fallas significativas mediante el porcentaje acumulado que representa un 80% en la solución del problema de cada máquina.

Máquina afelpado



Figura 4.2.1.1 Frecuencias de fallas en máquina de afelpado.

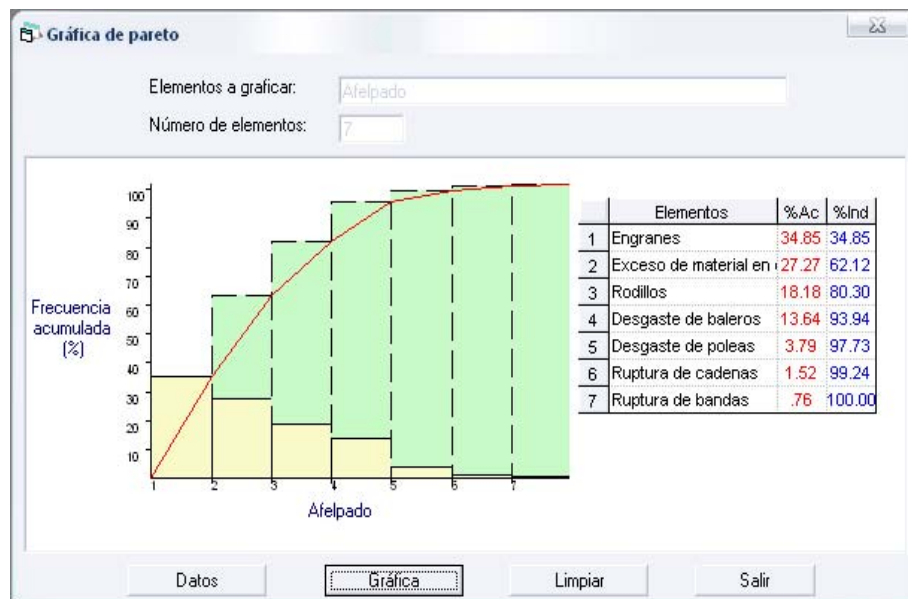


Figura 4.2.1.2 Determinación de fallas significativas en máquina de afelpado.

Máquina estampado



Figura 4.2.1.3 Frecuencias de fallas máquina de estampado.

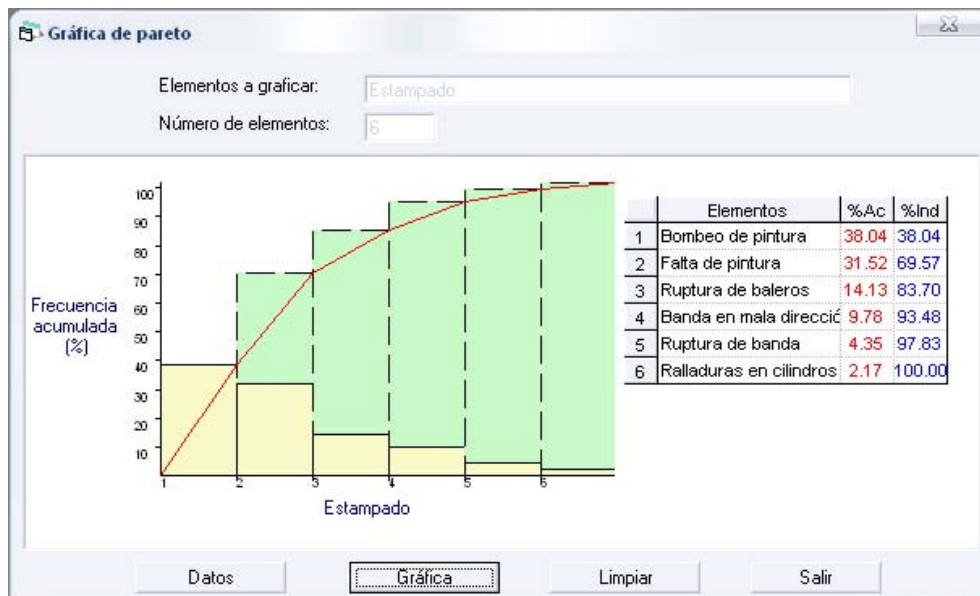


Figura 4.2.1.4 Determinación de fallas significativas en máquina de estampado.

Como resultado de este análisis podemos concluir que existen 3 fallas significativas para cada una de las máquinas que se pueden observar en las tablas 4.2.1.1 y 4.2.1.2

Con la ayuda del software estadístico “MINITAB®” y los datos obtenidos se continúa el estudio. Se deberá observar qué distribución siguen los datos de cada una de las fallas significativas para determinar la distribución estadística a la que se ajustan.

En el anexo 3 distribuciones estadísticas se puede consultar el estudio realizado en el cual se presenta de manera gráfica la linealidad de los datos con respecto a las distribuciones propuestas para el estudio. Como criterio de selección de distribución adecuada para los datos, se selecciono la distribución con menor dispersión. En el caso que los datos no se ajustaran a las distribuciones propuestas, se eligió como opción hacer el análisis de los datos a través de una distribución no paramétrica, que en este caso la proporcionada por el software “MINITAB®” es la distribución Kaplan-Meier

El tipo de falla con su correspondiente distribución estadística se puede observar en las tablas 4.2.1.1 y 4.2.1.2.

Afelpado	
Tipo de falla	Distribución estadística del tiempo entre fallas
Rodillos	No paramétrica Kaplan – Meier
Exceso de material	Weibull
Engranés	Lognormal

Tabla 4.2.1.1. Distribución estadística del proceso de afelpado.

Elaboración propia

Las fallas que presenta la máquina de afelpado se pueden apreciar en el anexo fotográfico, figuras 25, 26 y 27.

Estampado	
Tipo de falla	Distribución estadística del tiempo entre fallas
Bombeo de pintura	Lognormal
Baleros	No paramétrica Kaplan – Meier
Falta de pintura	

Tabla 4.2.1.2. Distribución estadística del proceso de estampado.

Elaboración propia

El estampado cuenta con dos máquinas, el estudio se realizó sólo con la máquina de estampado Stork ya que es la que se encuentra trabajando actualmente, esta muestra tres fallas significativas, una de ellas, el paro por falta de pintura no se podrá emplear en el estudio de confiabilidad ya que corresponde a una falla del operario encargado de esta actividad, ya que no hace la cantidad exacta de pintura para el estampe, este error humano será comunicado a la empresa para su corrección, pero no podrá ser utilizado para el análisis previsto.

4.2.1.1 Distribuciones estadísticas

A continuación se muestran una breve descripción de las distribuciones empleadas para el estudio.

Distribución Weibull

La distribución Weibull fue establecida por el físico del mismo nombre, quien demostró, con base en una evidencia empírica, que el esfuerzo al que se someten los

materiales puede modelarse de manera adecuada mediante el empleo de esta distribución. En los 25 años esta distribución se ha empleado como modelo para situaciones del tipo tiempo-falla y con el objetivo de lograr una amplia variedad componentes mecánicos y eléctricos.³

Distribución Lognormal

La función de densidad de una distribución normal es no nula en todo el eje real (y no sólo en el semieje positivo). Por este motivo, el uso de la normal implicaría que el fallo puede producirse antes del instante $t = 0$. Para evitar esta inconveniencia que presenta la distribución normal, se puede utilizar en su lugar la distribución Lognormal.

La distribución Lognormal es una distribución asimétrica, que comienza a partir de cero, aumenta hasta llegar a un máximo y luego va disminuyendo lentamente hacia el infinito. Está relacionada con la distribución normal: X tiene una distribución Lognormal si $\ln(X)$ tiene una distribución normal.⁴

Distribución Kaplan-Meier

El método más utilizado para el cálculo de la probabilidad de que ocurra un suceso a lo largo del tiempo, o su complementaria la probabilidad de que éste no ocurra (supervivencia), es el denominado de Kaplan-Meier.⁵

³ Distribuciones más habituales en confiabilidad. Obtenido el 8 de Mayo del 2007 en http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2004/masias_i/html/TH.

⁴ Distribuciones más habituales en confiabilidad. Obtenido el 8 de Mayo del 2007 en http://cybertesis.ubiobio.cl/tesis/2004/masias_i/html/TH.

⁵ Estimación de la probabilidad del suceso en una situación de riesgos competitivos. Obtenido el 9 de Mayo del 2007 en <http://www.seh-lelha.org/competing.htm>

4.2.2 Análisis de fallas no significativas

Tipos de fallas no significativas son aquellas que registran una frecuencia menor con respecto a las fallas significativas que se observan en las figuras 4.2.1.2 y 4.2.1.4, éstas corresponden a los procesos de afelpado y estampado, véase tablas 4.2.2.1 y 4.2.2.2.

Afelpado
Desgaste de baleros
Desgaste de poleas
Ruptura de cadenas
Ruptura de bandas

Tabla 4.2.2.1 Fallas no significativas en proceso de afelpado.

Elaboración propia.

Estampado
Banda en mala dirección
Ruptura de banda
Ralladuras en cilindros

Tabla 4.2.2.2 Fallas no significativas en el proceso de estampado.

Elaboración propia.

Este tipo de fallas no representaron un problema en el estudio realizado, ya que sólo corrigen el 20% del problema en cada máquina y no se presentan consecutivamente, la razón de no incluir estas fallas en el estudio de confiabilidad es a través de las gráficas de Pareto, que nos indican mediante el porcentaje que fallas se deben de incluir.

4.2.3 Análisis Confiabilidad

Una vez identificada la mejor distribución estadística para los datos de cada falla, se procede a analizar cada una de éstas mediante el análisis de la distribución para calcular los percentiles, que nos ayudarán a determinar el tiempo de cada función de densidad de las distribuciones ya determinadas, correspondientes a las fallas significativas mostradas anteriormente. Con ayuda nuevamente del software estadístico “MINITAB®” se determinaron estos tiempos para cada tipo de falla y máquina, ver anexo 2 toma de tiempos.

Las operaciones realizadas en el software, corresponden al estudio previo de las fallas, mediante el muestreo fue posible determinar el tiempo medio entre cada una de las fallas, de esta manera, será posible llevar a cabo el análisis en el software, que nos permite conocer, en función de la probabilidad, el tiempo en que puede ocurrir alguna de estas fallas significativas con una determinada probabilidad de fallo.

Máquina	Número total de fallas	Tipo de falla
Afelpadora	46	Engranés
	36	Exceso de material
	24	Rodillos

Tabla 4.2.3.1 Numero total de fallas de máquina afelpadora.

Elaboración propia

Máquina	Número total de fallas	Tipo de falla
Estampadora	35	Bombeo de pintura
	13	Ruptura de baleros

Tabla 4.2.3.2 Numero total de fallas de máquina estampadora.

Elaboración propia

En las tablas 4.2.3.1 y 4.2.3.2 se muestra el número total de frecuencia de fallas correspondiente a cada máquina, de esta manera podemos asegurar que existe evidencia de emplear una iniciativa de corrección de paros en el proceso de afelpado y estampado.

4.3 Mantenimiento

Es la actividad humana la que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada; se divide en mantenimiento correctivo y preventivo; será preventivo, si los trabajos se ejecutan para evitar que se pierda calidad de servicio, y correctivo, si los trabajos son necesarios porque dicha calidad del servicio ya se perdió.⁶

Dice Dounce (2001), *“Una técnica fácil para identificar el tipo de mantenimiento del cual se trata, que nos basta con preguntarse a uno mismo:*

- *¿Qué tipo y calidad de servicio espero de la máquina y cuál es el nivel inferior y superior de dicha calidad?*
- *¿Estoy fuera del margen de calidad esperado?*

⁶ Dounce Villanueva E., *La productividad en el mantenimiento industrial*, México 2001, Pág. 25

Si la segunda respuesta es positiva, se tendrá un caso de mantenimiento correctivo y si es negativa tendremos un caso de mantenimiento preventivo”.

A continuación se muestran los tipos de mantenimiento con los que se debe familiarizar la empresa, como se ha mencionado no hay existencia de conocimiento del tipo de mantenimiento empleado hoy en día en la fabrica “Textiles Tenexac”. Estos son mencionados con la finalidad de que a partir de la iniciativa de corrección propuesta se expanda a otros procesos, contando con la información necesaria para planear soluciones que involucren a todas las áreas de la empresa.

4.3.1 Tipos de mantenimiento

Mantenimiento correctivo

Se define como la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones cuando, a consecuencia de alguna falla, han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.⁷

En este tipo de mantenimiento sólo se interviene en caso de paro o falla importante, es el primer tipo de mantenimiento utilizado en los principios de la industria, y cabe señalar que esta técnica esta orientada al cuidado físico de la máquina.

⁷ Dounce Villanueva E., *La productividad en el mantenimiento industrial*, México 2001, Pág. 21

Mantenimiento preventivo

Se considera como la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones con el fin de garantizar que la calidad de servicio que estos proporcionan, continúe dentro de los límites establecidos.⁸

Esta técnica al igual que el mantenimiento correctivo está orientada al cuidado físico de la máquina, consiste en establecer algunas labores preventivas en la máquina antes que esta se ponga a funcionar. Dicha técnica sustituyó al Mantenimiento Correctivo (MC) en el año de 1914.

Mantenimiento productivo total

Mantenimiento productivo total (TPM) es el mantenimiento productivo que involucra a todos los empleados a través de un pequeño grupo de actividades.⁹

El TPM es un sistema de organización donde la responsabilidad no recae sólo en el departamento de mantenimiento sino en toda la estructura de la empresa "El buen funcionamiento de las máquinas o instalaciones depende y es responsabilidad de todos".

El mantenimiento productivo total es un sistema mucho más complejo de construir, para llevarlo a cabo es necesario contar con antecedentes sobre el mantenimiento empleado así como los reportes de los métodos de trabajo.

⁸ Dounce Villanueva E., *La productividad en el mantenimiento industrial*, México 2001, Pág. 21

⁹ Nakajima Seiichi., *Introduction to tpm, Total productive maintenance*, Cambridge 1988, Pág. 21

Programa de mantenimiento

La finalidad de un programa de mantenimiento es ayudar a corregir y anticiparse a algún problema, esto debido a que con una serie de paros programados, se puede programar un mantenimiento constante y no sólo aplicar el mantenimiento hasta que un error suceda o en periodos largos de tiempo. La serie de paros programados puede corresponder a un mantenimiento preventivo y en ocasiones a mantenimiento correctivo.

Se propone que la empresa empiece a generarla metodología necesaria para realizar un programa de mantenimiento total, que ayude a generar nuevas metas de trabajo y producción. Nuestra iniciativa de corrección en las máquinas de estampado y afelpado es sólo el principio de nuevas bases de trabajo que se pueden llevar a cabo para conformar un estudio completo en todas sus áreas. Si es realizado un programa de mantenimiento ayudara al control del departamento de mantenimiento generando un mejor trabajo y beneficios en su producción.