

Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital.

Miquel Prat Planas

Resumen

Con el proyecto “Análisis de Fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora digital industrial”, pretendemos introducir cálculos y teorías matemáticas a una serie de datos del servicio de mantenimiento de una empresa productora de impresoras industriales.

Hemos calculado los valores de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de un conjunto de impresoras industriales. Así, hemos obtenido una media de los valores que queremos calcular. Mostraremos el proceso detallado en una máquina y las conclusiones a las que se puede llegar, individualmente y en general sobre el producto.

Analizamos los datos recogidos por el servicio técnico de la empresa Estadounidense EFI™ VUTEK®. Nos centramos en el modelo EFI™ VUTEK® QS, de impresión industrial digital y en una zona geográfica concreta, el sur de Europa. Una vez obtenidos los datos, se realizan controles estadísticos, que generan un estudio de diversos factores que son de gran influencia, tanto para el fabricante como para el cliente.

1. Introducción

Los valores de fiabilidad, tiempo entre fallos, tiempo de reparación, son de gran importancia en la industria actual. Estos datos son utilizados para mejorar diseños o funciones de máquinas industriales. En este proyecto hemos realizado los análisis a nivel de equipo y sistemas que componen el equipo. Discerniendo donde debe el fabricante mejorar, demostrándolo con datos, que es un factor clave en cuanto se presenta una propuesta un departamento superior.

2. Teoría de la fiabilidad

Fiabilidad es la probabilidad de que un aparato o dispositivo o una persona desarrolle una determinada función bajo condiciones fijadas durante un periodo de tiempo determinado.[1]

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde λ es la frecuencia con la que se presentan los fallos en los componentes. La inversa de λ es el tiempo medio entre fallos, MTBF (Mean Time Between Failures). Por lo que podemos aplicar la ecuación anterior como:

$$R(t) = e^{-\frac{1}{MTBF}t}$$

Podemos calcular entonces la fiabilidad para un equipo si tenemos el valor del tiempo entre fallos.

En la fiabilidad de sistemas, tenemos en cuenta que existen dos grandes grupos, sistemas en serie y sistemas en paralelo. Para el caso que vamos a estudiar, la impresora digital industrial, la definición del sistema, es un equipo con sistemas en serie. Los sistemas en serie se caracterizan porque están en funcionamiento solo si todos sus componentes funcionan.

Para poder calcular la fiabilidad de un sistema en serie, el cálculo se basa en que la fiabilidad del equipo que contiene los sistemas es el producto de fiabilidades de sus componentes.

$$R = e^{(-\lambda_1 \cdot t - \lambda_2 \cdot t \lambda_3 \cdot t \dots)}$$

Utilizamos esta ecuación para hacer los cálculos en la impresora industrial.

3. Teoría de la capacidad de mantenimiento

La capacidad de mantenimiento es el conjunto de características y factores de diseño de un equipo que permite que su mantenimiento sea cumplimentado por personal de cualificación normal dentro de una gama de tiempos límite. También se define como el tiempo total bajo el cual puede esperarse que se repare un porcentaje fijo de fallos.

La distribución estadística quedará fijada por el llamado tiempo medio de reparación, MTTR (Mean Time To Repair) y la desviación estándar.

La tasa de reparaciones por unidad de tiempo es μ y su inversa $1/\mu$ es el inverso del tiempo medio de reparación MTTR.

$$M = 1 - e^{-\frac{1}{MTTR}} = 1 - e^{-\mu t}$$

4. Teoría de la disponibilidad

La Disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en condiciones de funcionamiento en el tiempo t .

El sistema no debe haber tenido fallos, o bien, en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento.

De este modo, si se considera un tiempo muy largo para el sistema, se tiene la disponibilidad en régimen permanente $D(\infty)$.

$$D(\infty) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

5. Teoría de la criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.

La mejora de la fiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: fiabilidad del proceso, fiabilidad humana, fiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos.

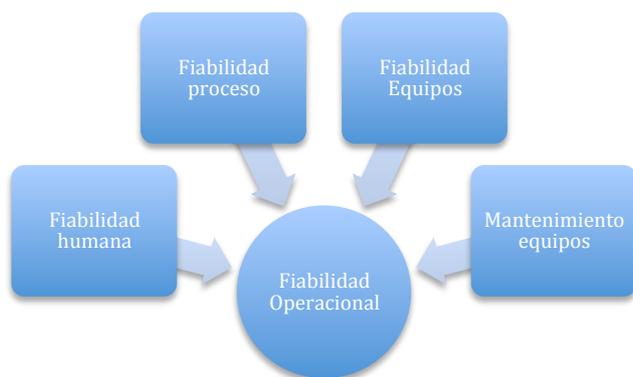


Ilustración 1: Aspectos fundamentales de la fiabilidad industrial

Los pasos a realizar son:

1. Identificación de equipos a estudiar.
2. Definición de alcance y objetivos del análisis, jerarquía, nivel y profundidad al que se quiere aplicar el estudio.
3. Selección del grupo de trabajo. Encargado de definir el impacto de producción, económico, de personal, ambiental, costes de mantenimiento y seguridad.
4. Recogida de datos y aplicación de las formulas de criticidad.

La ecuación matemática para valorar la criticidad es:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{consecuencia}$$

Siendo la consecuencia:

$$\text{Consecuencia} = a + b$$

Donde a es:

$$a = \text{Impacto Ambiental} + \text{Impacto personal} \\ + \text{costo reparacion} + \text{impacto cliente}$$

Y donde b es:

$$b = \text{Impacto produccion} * \text{MTTR}$$

Para definir los datos se crean unas tablas donde el grupo de trabajo pondrá sus valores a cada uno de ellos.

El conjunto de tablas esta en el anexo (1).

La impresora contiene los siguientes sistemas:

- PC: Armario ordenadores, software de control y preimpresión.

- CA: Carro de impresión, cabezales, placas de control, solenoides de tinta y aire.
- PW: Armario de potencia. Interruptores generales, servos.
- INK: Armario de tintas. Depósitos de tinta, entrada aire, control nivel de tinta.
- W: Armario desechos. Deposito de solvente y desechos de la impresora.
- PR: Zona de impresión. Motores X e Y, malla central, mesa de vacio, dispositivos de emergencia.

Aplicaremos los cálculos a los datos que obtendremos, discriminando cada caso según el sistema al que pertenece.

6. Diagrama de Pareto

Según el principio de Pareto adaptado a la gestión de calidad por Joseph M. Juran (1904-2008). Aproximadamente el 80% de las variaciones que se dan en un proceso, están originadas por el 20% de las causas de variación presentes en dicho proceso [2]. Consecuentemente si resolvemos el 20% de las causas de variación, estaremos eliminando el 80% de la variación existente en el proceso. El diagrama de Pareto consiste en un grafico de barras que muestra ordenadas de mayor a menor las frecuencias de determinados hechos.

7. Descripción del equipo a estudio

El equipo que estudiamos es una impresora digital industrial EFI™ VUTEK® QS. Es un equipo de impresión digital industrial de alta calidad, que produce imágenes vivas en seis colores mas blanco, en una variedad de materiales rígidos y flexibles. La tinta se cura con un sistema de lámparas ultravioleta (UV).



Ilustración 2: Impresora QS.

Este tipo de maquinas necesitan para funcionar una alimentación de voltaje 220-240Va y corriente 70A a 50/60Hz, en una sola fase. Tiene una potencia e 11Kw continuos y picos máximos de 16Kw. Pesa 2 toneladas y tiene unas dimensiones de 155x587x165cm.

8. Recogida de datos

Utilizamos *Salesforce.com* como base de datos en la nube. En esta base de datos se acumulan todas las anotaciones que realiza el servicio de asistencia técnica. Estas anotaciones están asignadas a cada cliente y a cada maquina y a un caso. Cada fallo de una maquina genera un caso. Con cada caso podemos saber el día de apertura, cierre y tiempo que estuvo abierto y la causa y solución del problema. Estos datos nos servirán para calcular todos los valores que estudiamos en este proyecto. Mediante informes sobre los

números de serie de este modelo de impresora, podemos recoger toda la información en hojas de calculo Excel y trabajar con ellas.

9. Cálculos

De un total de 826 casos, recogidos de 22 impresoras, obtenemos los siguientes valores.

El tiempo medio entre fallos, MTBF, es 20,57 días.

El tiempo medio de reparación, MTTR, es de 6,25 días.

La fiabilidad tiene un valor de 0,95255.

La capacidad de mantenimiento es de 0,14785.

La Disponibilidad es del 0,7677.

De la tabla siguiente:

Sistema	Porcentaje	% acumulado
CA	40.44%	40.44%
PC	23.97%	64.41%
PR	19.13%	83.54%
INK	10.05%	93.58%
PW	4.60%	98.18%
W	1.82%	100.00%

Tabla 1: Valores diagrama de Pareto

Podemos obtener el diagrama de Pareto:

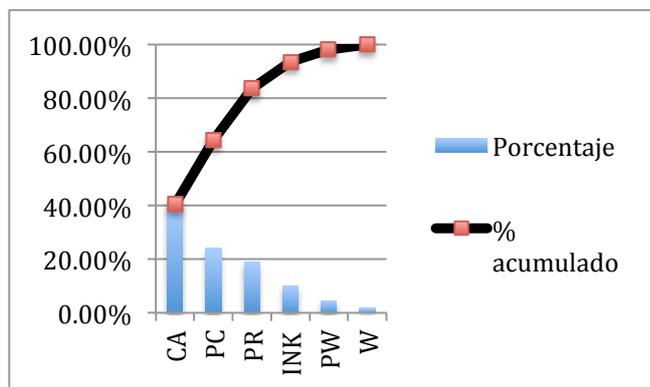


Ilustración 3: diagrama de Pareto

Los cálculos de criticidad generan la siguiente tabla:

	CA	PC	PR	INK	PW	W
Frecuencia	4	4	3	1	1	1
Impacto Ambiental	5	0	0	10	0	10
Impacto Personal	5	0	10	10	10	10
Coste reparacion	10	10	25	5	5	3
Impacto produccion	0.5	1	0.5	1	1	0.05
MTTR	3	1	3	4	4	3
Impacto cliente	10	20	10	20	20	5

Tabla 2: valoraciones de para calculo de criticidad

Estos valores son los resultados de la aplicación de las tablas de valoración añadidas en el anexo.

Si realizamos los cálculos con los datos de la tabla tenemos:

	CA	PC	PR	INK	PW	W
Frecuencia	4	4	3	1	1	1
a	30	30	45	45	35	28
b	1.5	1	1.5	4	4	0.15
a+b	31.5	31	46.5	49	39	28.15
Criticidad	126	124	139.5	49	39	28.15

Tabla 3: valores de criticidad

Hemos puesto los valores entre alta criticidad, media criticidad y baja criticidad de la siguiente manera. Alta criticidad a partir de 124,5. Media criticidad entre 51,2 y 124,4. Baja criticidad de 0 a 51,2.

Aplicando los valores de corte tenemos que los sistemas con criticidad alta son CA y PR. Criticidad media PC. Criticidad baja INK, PW y W. Si lo representamos en un grafico:

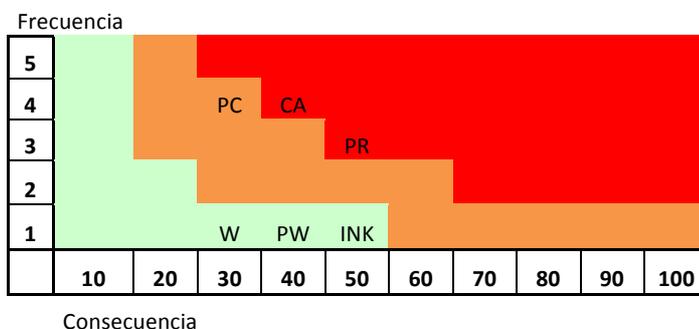


Ilustración 4: grafico de criticidad

10. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto, sacamos las siguientes conclusiones.

El fabricante debe realizar cambios de diseño o mejoras en las áreas CA (zona del carro de impresión), PR (Zona de impresión) y PC (zona de ordenadores). Enfocar los esfuerzos de la compañía en mejorar estos aspectos nos llevaría a reducir el numero de errores en un 80%.

Se recomienda realizar un estudio de criticidad de estos sistemas a nivel de elemento y componente, para localizar la criticidad más alta y actuar sobre ellos.

En los sistemas CA y PC debemos trabajar mas en la frecuencia del problema ya que su tasa de fallos es elevada.

En el sistema PR se debe trabajar el valor de las consecuencias.

Si los estudios de criticidad llevan a un cambio de diseño o proceso dentro de la impresora, la mejora la fiabilidad, capacidad de mantenimiento, criticidad, disponibilidad y seguridad serán muy importantes.

La capacidad de mantenimiento nos muestra que los sistemas PW (departamento de potencia), INK (departamento de tintas) y PR (zona de impresión) son los de reparación mas problemática y se debe rediseñar o mejorar su mantenimiento o acceso. Y mejorar su tiempo de reparación, ya que sus valores de tiempo medio de reparación son los mas altos en comparación con los otros sistemas.

Los valores obtenidos de capacidad de mantenimiento de la impresora nos muestra que la media del tiempo de reparación debe bajar drásticamente. Como se ha comentado al principio del proyecto, los datos son reales e influyen diversos factores. Se deben analizar todas las causas que pueden producir un retraso en el tiempo de reparación y mejorarlas, realizando también un estudio de criticidad a niveles mas altos.

El valor de disponibilidad es bajo y debe aumentarse, el hecho de realizar todos los estudios que recomendamos aumentaran la disponibilidad.

El valor de fiabilidad es ligeramente inferior al ideal, pero lo consideramos un buen valor, sabiendo que este tipo de impresoras acostumbran a trabajar 24 horas al día durante casi todo el año. Este valor mejorara si se realizan los estudios recomendados.

El modelo QS es un modelo que no se fabrica actualmente. Hace tres años salió al mercado el modelo GS, con mas calidad y velocidad que su modelo predecesor QS. Las zonas donde se han visto mas cambios han sido la zona de impresión, la zona del carro de impresión y la zona de los ordenadores. Exactamente las recomendaciones que hacemos en este proyecto.

11. Agradecimientos

Mis agradecimientos a mi pareja Cristina y a mi hija Júlia por ayudarme a realizar este proyecto.

Referencias

- [1] Antonio Creus Sole, "Faibilidad y seguridad", Marcombo S.A. pp 25-31M.
- [2] Jesús García Jiménez, "Gestion de calidad en el sector grafico", Ediciones CPG, Editorial Aral. P244.