

# Simulación y evaluación de la confiabilidad de un proceso de sistema de producción

Jorge Loor Quevedo<sup>1</sup>, Fernando Sandoya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero en Estadística Informática 2003

<sup>2</sup> Director de Tesis. Matemático. Master en Estadística. Profesor de la Escuela Superior Politécnica del Litoral 1996.

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudia la confiabilidad y la supervivencia de datos en una empresa que comercializa equipos de tecnología para desarrollar labores administrativas cotidianas.

Primero se realiza un preámbulo de la historia e importancia de la confiabilidad de aparatos o sistemas ya sea en el campo de la medicina o en el campo industrial; dando a conocer también algunos conceptos básicos de la teoría de la confiabilidad o supervivencia.

Luego se manifiestan los diversos modelos de supervivencia, y demás técnicas estadísticas y actuariales ligadas con este tipo de análisis.

Como paso siguiente se realiza un estudio de las técnicas para la estimación no paramétrica, apropiado para este análisis de los tiempos de falla o también denominados tiempos de supervivencia.

En la siguiente parte se realizarán los respectivos cálculos para estimar de forma paramétrica y no paramétrica la función de supervivencia de los datos obtenidos dentro de la empresa comercializadora de equipos con tecnología. Por último, se realizarán las conclusiones obtenidas del desarrollo del estudio, junto con las respectivas recomendaciones para la obtención de mejoras para próximos análisis.

## INTRODUCCIÓN

Las actuales estrategias de mantenimiento exigen que se controle las tasas de fallas, los tiempos promedios de reparación y los tiempos de uso de los sistemas compuestos por máquinas y equipos. En otras palabras se pide que se controle la fiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de los sistemas.

Uno de los parámetros que sirve para conocer el estado de las máquinas con respecto a su operación es la confiabilidad.

Ahora, se puede medir la confiabilidad de una línea de equipos mediante un estudio del tiempo de vida de los mismos. Se toma una muestra de estos equipos, que para el caso será en gran parte simulada, y se analiza el tiempo hasta que cada uno de los equipos presente fallas. Esta una forma de medir la confiabilidad de ciertos dispositivos para los cuales no se puede tener acceso a la información de su manufactura.

Incluso la confiabilidad de alguna máquina industrial puede ser medida también realizando un estudio de los productos defectuosos fabricados por esta, es decir que se podría aplicar un análisis directamente a la máquina o realizar un estudio de las fallas que esta genere en la producción.

## CONTENIDO

**Análisis de los tiempos de falla en los equipos comercializados por una empresa de tecnología.**

**Alcance y Modos de falla.**

Las unidades que van a ser muestreadas son los equipos de dos líneas de la compañía, los cuales serán analizados como un todo sin tomar en cuenta la estructura de las partes o componentes, es decir que el estudio se enfocará en la funcionalidad total del equipo.

Por tanto lo que se plantea es un Análisis de Supervivencia para medir la confiabilidad de los equipos pertenecientes a estas dos líneas. De esta manera, el análisis será similar al que se realiza en equipos no reparables, teniendo como principal indicador de la confiabilidad al Tiempo Promedio De Falla (*MTTF*), descartando los conceptos de mantenibilidad y disponibilidad.

Para el estudio resultan de interés los datos de las fechas de la instalación del equipo en la empresa cliente y la fecha de la llamada para reportar la primera falla del mismo.

El tiempo desde la instalación hasta la primera falla que se presenta, será medido en días, tomando en cuenta la cantidad exacta de días que tiene cada mes. El tiempo de límite de observación, según lo que sugieren los datos obtenidos, será de 150 días para la Línea de Equipo 1, mientras que para la Línea de Equipo 2 será de 75 días.

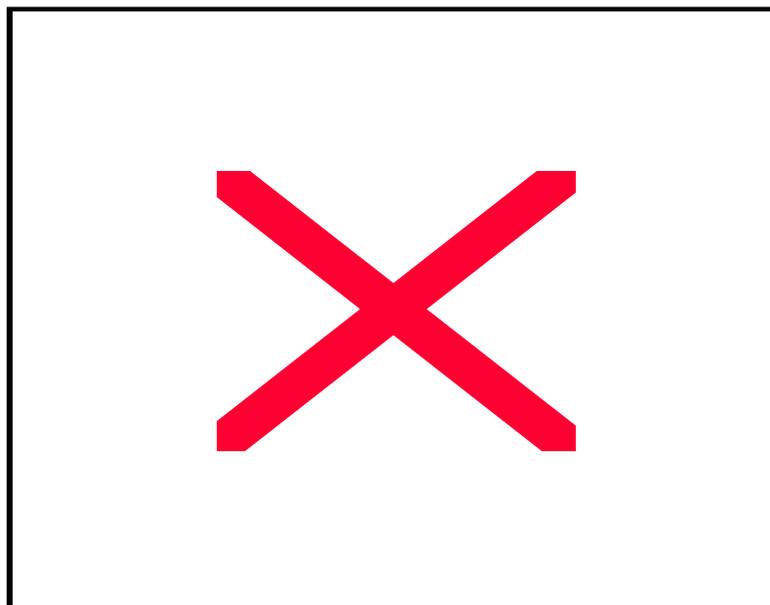
Según las características de la variable y según teoría estadística, se puede asumir una distribución geométrica para este caso, donde el éxito estaría representado en dos eventos: Que el equipo falle o que la empresa cliente decida cambiarlo aunque este no registre daño.

Una vez estimados los parámetros para ambos casos (probabilidad de éxito  $p$ ) se generaron 80 datos para ambas líneas de equipo, que sumada a los 20 datos obtenidos por la empresa distribuidora, dan como resultado un tamaño muestral de  $n=100$  datos de tiempos de primera llamada (que puede ser por falla o retirada)

Primero resulta conveniente realizar un estudio no paramétrico, para así poder obtener diagnósticos con modelos paramétricos a partir dicha estimación no paramétrica. A continuación se presenta el análisis para una línea de equipo, teniendo en cuenta que para la segunda línea, los cálculos son exactamente los mismos.

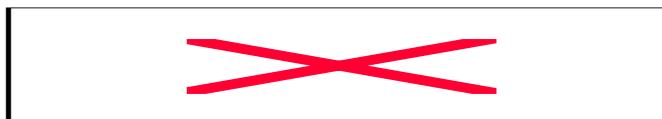
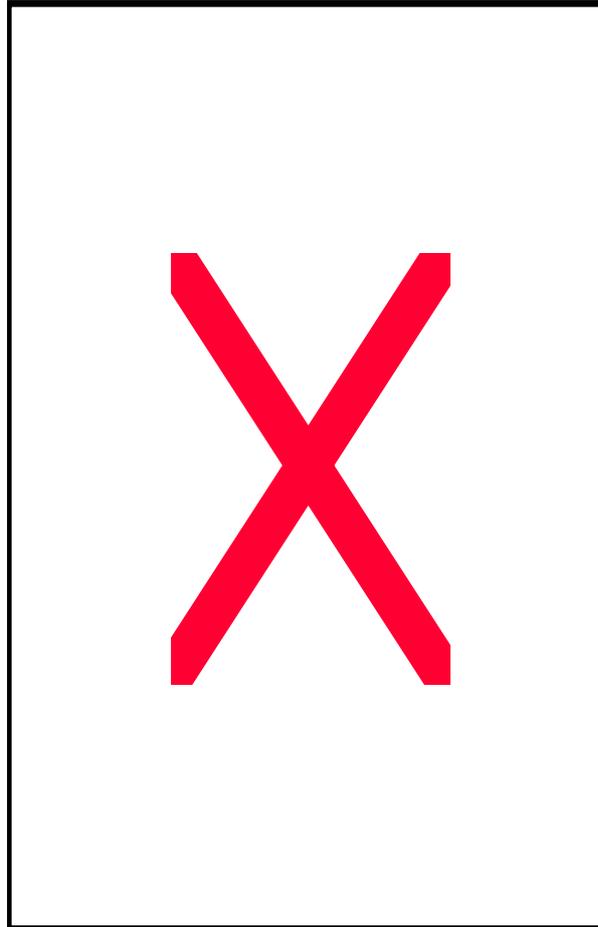
#### **Estimación no paramétrica de Kaplan – Meier.**

Este método de estimación, se basa en reducir los intervalos de inspección para tener los datos de fallas en tiempos casi exactos. De esta manera se estima la función de distribución acumulada para  $T$  el tiempo de fallas, para luego así poder realizar la estimación de la función de supervivencia. Los resultados de la estimación se los presenta en la siguiente gráfica y los cálculos en la siguiente tabla:



**Tabla I**

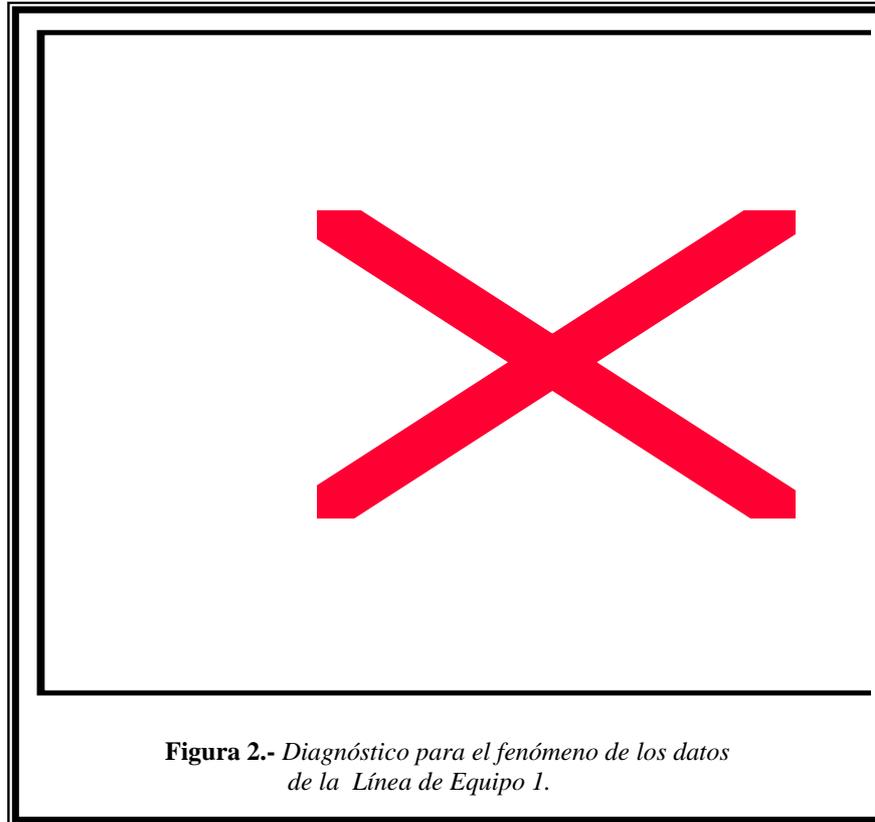
Estimación de Kaplan - Meier para los datos  
de la Línea de Equipo 1.



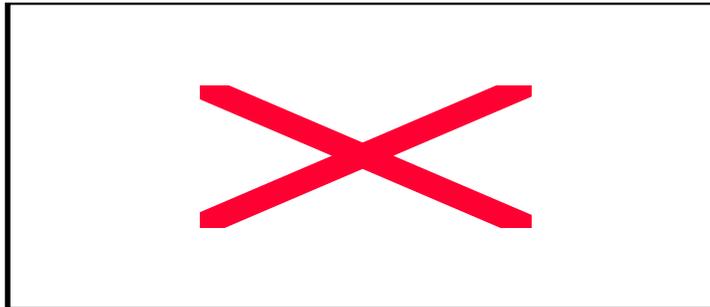
Como se puede observar el indicador del Tiempo Promedio de Falla (*MTTF*) es aproximadamente igual a 79.4, valor que refleja el fenómeno de los datos en sí.

Una vez que se realizó esta estimación no paramétrica, es posible obtener el diagnóstico con los cuatro modelos paramétricos más importantes:

## Diagnóstico paramétrico.

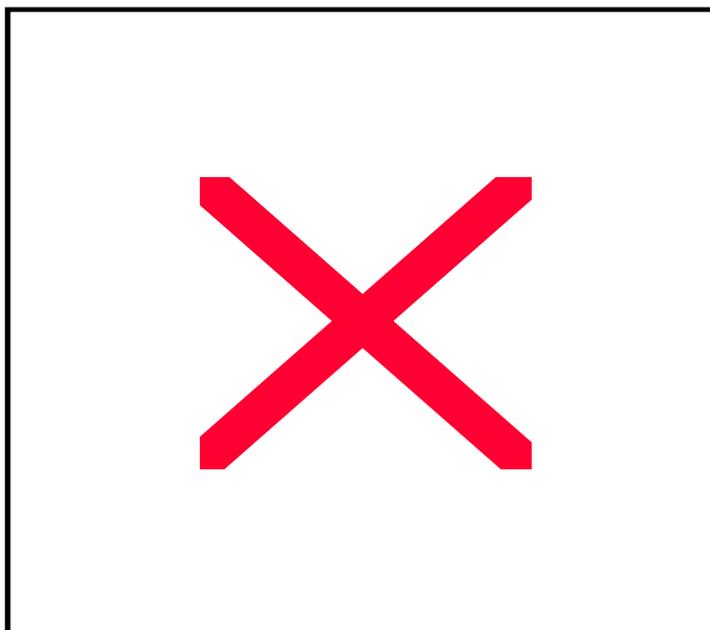


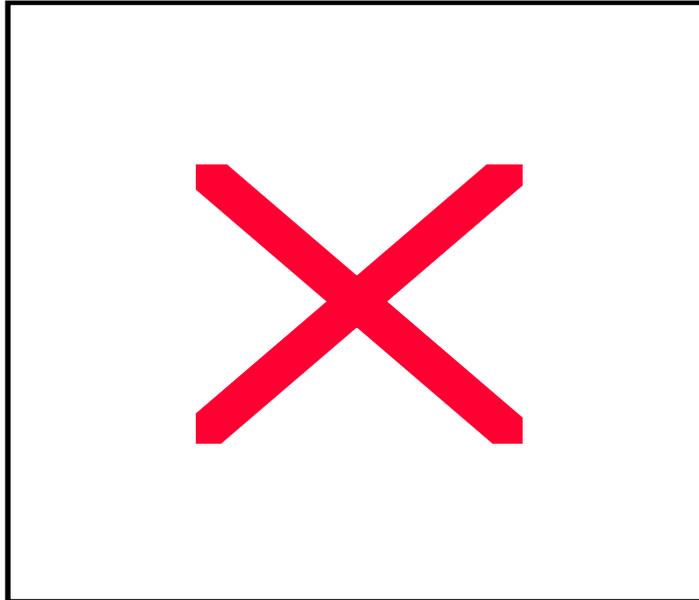
Como se puede observar en el gráfico, la nube de puntos se encuentra muy bien ajustada al modelo de Weibull; por esto es preciso ahora encontrar los parámetros de este modelo. Haciendo uso de un paquete de software, como por ejemplo MINITAB y S –Plus, se obtuvieron los siguientes resultados:



Con este modelo se puede ya obtener los valores de la función de Confiabilidad o Supervivencia para los valores a lo largo del eje de tiempo. Cabe recalcar que a partir de este modelo se puede obtener también un modelo multinomial, realizando la respectiva partición del eje de tiempo hasta el plazo de observación fijado.

A continuación se presenta el gráfico de la función de supervivencia con los intervalos del 95 % de confianza, junto con la función de riesgo de este modelo.





Como se puede observar, el modelo presenta un riesgo decreciente pero a una tasa no tan acelerada. Esto se debe a que el parámetro de forma de la Weibull es menor a uno.

Siempre es conveniente usar un método no paramétrico como el de Kaplan y Meier, ya que este trabaja con datos de fallas puntuales, contempla las censuras y además brinda una muy buena estimación mediante la proporción de fallas que emplea.

## CONCLUSIONES

1. El inicio o tiempo cero del análisis fue tomado en cuenta desde la fecha de instalación de los equipos en la empresa cliente con el fin de simplificar el análisis y poder realizar así la respectiva simulación a partir de los datos obtenidos.

2. Se realizó, según la teoría estadística, un ajuste a la variable aleatoria discreta geométrica, ya que los datos de los registros de la primera falla de los equipos estaban dados en días enteros.
3. Siempre es conveniente realizar el estudio no paramétrico, ya sea por el método de Kaplan – Meier o por cualquier otro, con el fin de reemplazar esa estimación en alguna relación para encontrar un modelo paramétrico.
4. Una vez obtenida la función de Supervivencia y de Riesgo a partir del modelo, es importante realizarle un análisis fijándose valores para el tiempo y observando que sucede con la tasa de riesgo y el porcentaje o probabilidad de supervivencia.
5. Al realizar una comparación de los indicadores del Tiempo Promedio de fallas entre los modelos paramétrico y no paramétrico (Weibull y Kaplan – Meier), aproximadamente 79.4 y 165.9 respectivamente, se puede notar que existe una diferencia un tanto amplia que conlleva a concluir que el modelo paramétrico no se ajusta muy bien al fenómeno que ocurre en los datos.
6. A partir del modelo paramétrico de Weibull se puede obtener un Modelo Multinomial, el cual explicaría la supervivencia o confiabilidad de los equipos dentro de intervalos de tiempo.
7. Así mismo, puede construirse una tabla de vida mediante el uso de un método no paramétrico simple, con intervalos de tiempo de longitud no muy reducida como es el caso del estimador de Kaplan – Meier.

## REFERENCIAS

### a) Libro

1. Peter J. Smith, Analysis of Failure and Survival Data (Chapman & Hall/CRC, U.S.A., 2002), pp. 1 – 31

### b) Libro

2. W.Q. Meeker and L.A. Escobar, Statistical Methods for Reliability Data (Wiley, 1998), pp. 27 – 67

### c) Libro con edición

3. Mendenhall William, Estadística Matemática con Aplicaciones (Segunda Edición, México, Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V., 1994), pp. 109 – 116

d) Referencias de Internet

4. A. Sánchez, G. Clemente, J. Sanz, S. Martorell; Abril 2003, Evaluación de la confiabilidad de equipos mediante el seguimiento de indicadores, [http://www.udl.es/usuaris/seio2003/treballs/11\\_1\\_3.pdf](http://www.udl.es/usuaris/seio2003/treballs/11_1_3.pdf)
  
5. Timoteo Briet Blanes; 2002, Análisis de Fiabilidad y Seguridad de Productos Industriales, <http://www.psicomecánica.com/fugas/tim/fiabilidad.doc>
  
6. Statistical Sciences, Inc., Seattle, Washington; 2001, S – Plus, <http://www.math.montana.edu/stat/tutorials/splus.htm>