

Análisis de mejora del sistema de una lavandería

Mario E. Ferreyra

17 de Mayo del 2016

Índice

1. Introducción	1
2. Algoritmo y descripción de las variables	2
2.1. Sistema actual	2
2.1.1 Pseudocódigo	3
2.2. Sistema con Opción 1: Incrementar los técnicos	5
2.2.1 Pseudocódigo	5
2.3. Sistema con Opción 2: Incrementar las lavadoras de repuesto	8
3. Resultados	9
3.1. Resultado de las simulaciones	9
3.1.1. Como se obtuvieron los de resultado de simulaciones	10
3.2. Histogramas	11
3.2.1 Sistema actual	11
3.2.2 Sistema con Opción 1: Incrementar los técnicos	12
3.2.3 Sistema con Opción 2: Incrementar las lavadoras de repuesto	13
3.2.4 Comparación del Sistema con la Opción 1 y la Opción 2	14
4. Conclusiones	15

1. Introducción

El problema que se plantea, es la mejora de un sistema perteneciente a una lavandería. En dicha lavandería, hay 5 lavadoras en servicio y 2 lavadoras de repuesto para el caso en el que alguna de las 5 lavadoras funcionando se descomponga, además la lavandería cuenta con un técnico el cual se encarga de reparar las lavadoras descompuestas, dicho técnico solamente es capaz de reparar una lavadora a la vez.

El sistema funciona de la siguiente manera, las 5 lavadoras en servicio, comienzan a funcionar, si alguna de estas lavadoras deja de funcionar, se manda a una cola de reparación para que el técnico se encargue de volver a hacerla funcionar, una vez que la lavadora entra en la cola de reparación, algunas de las lavadoras de repuesto, entra en funcionamiento, obviamente al entrar en servicio dicha lavadora, la cantidad de repuestos disminuye. Una vez que el técnico termina de reparar una lavadora esta pasa a ser una lavadora de repuesto.

El sistema de la lavandería deja de ser operativo, es decir, que falla cuando hay menos de 5 lavadoras en servicio, o lo que es lo mismo, hay mas de 2 lavadoras para ser reparadas por el técnico.

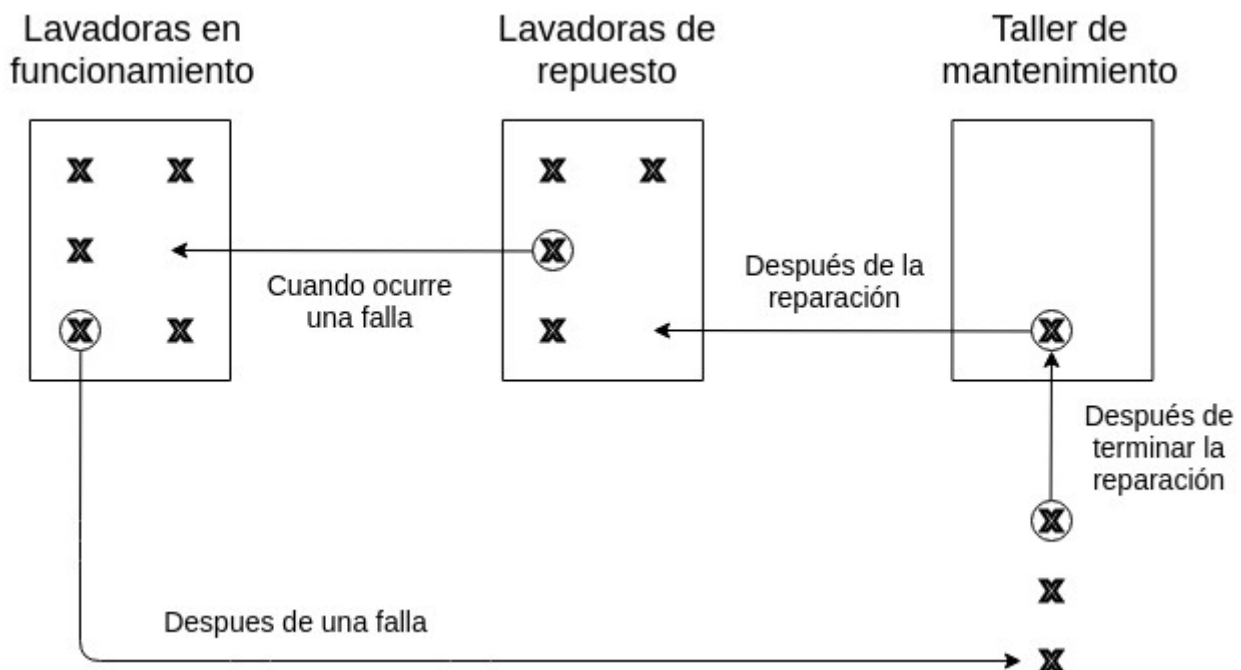
El dueño de la lavandería necesita saber tiempo en el cual el sistema de su lavandería dejara de ser operativo y también opciones para mejorar su sistema. Se exploraron opciones de mejora para el sistema, entre las cuales se destacan las siguientes que mencionaremos:

Opción 1: Incrementar los técnicos

Se evalúa la posibilidad de contratar otro técnico, es decir, se tendrán 2 técnicos para reparar las lavadoras, estos trabajarían de forma paralela.

Opción 2: Incrementar las lavadoras de repuesto

Se evalúa la posibilidad de compra de otra lavadora, es decir, se tendrán 3 lavadoras de repuesto, para cuando falle alguna de las que están funcionando.



2. Algoritmo y descripción de las variables

El algoritmo que planteamos usa como datos la cantidad de lavadoras en servicio, la cantidad de lavadoras de repuesto, el tiempo falla (T_F) y el tiempo reparación (T_R) de una lavadora.

Se tiene, como dato, que los tiempos de falla y reparación son variables aleatorias exponenciales, con tiempo medio de falla de 1 mes y tiempo medio de reparación de 1/8 mes. Vamos a expresar todos los tiempos de falla y reparación usando como unidad el mes.

Dicho de otra forma:

$$E[T_F] = 1$$

$$E[T_R] = 1/8$$

Por lo tanto, el tiempo de falla y reparación son variables aleatorias exponenciales de parámetro 1 y 8 respectivamente.

$$T_F \sim \text{Exponencial}(1)$$

$$T_R \sim \text{Exponencial}(8)$$

Primero presentaremos un pseudocódigo del algoritmo, y luego una implementación hecha en lenguaje de programación Python.

Pasaremos a describir las variables que serán usadas en el algoritmo:

- N : Lavadoras en servicio.
- S : Lavadoras de repuesto.
- T : Tiempo en que falla el sistema.
- t : Variable de tiempo.
- r : Lavadoras descompuestas en el instante t .
- t^* : Tiempo en que la lavadora en reparación vuelve a funcionar.
- $\text{lavadoras}[]$: Lista ordenada de forma decreciente que contiene los de tiempos de falla de las lavadoras.

Vale aclarar que la variable “ $\text{lavadoras}[]$ ” es usada en el algoritmo implementado Python.

Como la cantidad de lavadoras descompuestas cambiará a medida que una lavadora en servicio falle o que una lavadora que este en reparación sea reparada, tendremos en cuenta estos dos casos hasta que veamos que el sistema a fallado.

Como sabemos la lavandería tiene en principio 5 lavadoras en servicio y 2 lavadoras de repuesto. Tendremos en cuenta esto para inicialización de nuestro algoritmo.

2.1. Sistema actual

Mostraremos el pseudocódigo del sistema actual que se esta usando en la lavandería.

2.1.1. Pseudocódigo

Inicialización

$N \leftarrow 5$

$S \leftarrow 2$

$T \leftarrow 0$

$t \leftarrow 0$

$r \leftarrow 0$

$t^* \leftarrow \infty$ // Tiempo en el que la Lavadora en reparación vuelve a funcionar

Generar $T_{F_1}, T_{F_2}, T_{F_3}, T_{F_4}, T_{F_5}$ v.a. i.i.d. tal que $T_{F_i} \sim \text{Exponencial}(1)$ con $i = 1, 2, 3, 4, 5$

Ordenar de forma decreciente los T_{F_i} # Notar que T_{F_i} es el tiempo de falla de las lavadora i

while True **do**

 # Caso 1: Lavadora falla antes de que se repare alguna

if $T_{F_1} < t^*$ **then**

$t \leftarrow T_{F_1}$

$r \leftarrow r + 1$ # Fallo una lavadora

 # No hay lavadoras de repuesto

if $r = S + 1$ **then**

$T \leftarrow t$

 STOP WHILE

end

 # Se agrega la lavadora de repuesto, ya que fallo alguna

if $r < S + 1$ **then**

 Generar $T_F \sim \text{Exponencial}(1)$ # Tiempo hasta fallar de la lavadora de repuesto

 Ordenar de forma decreciente $T_{F_2}, T_{F_3}, T_{F_4}, T_{F_5}, T_F$

end

 // Se comienza a reparar lavadora rota.

if $r = 1$ **then**

 Generar $T_R \sim \text{Exponencial}(8)$ # Tiempo de reparación de la lavadora rota

$t^* \leftarrow t + T_R$ # Tiempo en que concluirá la reparación de la lavadora rota

end

end

 # Caso 2: Lavadora que estaba en reparación, esta disponible

if $T_{F_1} \geq t^*$ **then**

$t \leftarrow t^*$

$r \leftarrow r - 1$

 # Hay una o mas lavadoras para Reparar

if $r > 0$ **then**

 Generar $T_R \sim \text{Exponencial}(8)$ # Tiempo de reparación de la lavadora rota

$t^* \leftarrow t + T_R$ # Tiempo en que concluirá la reparación de la Lavadora rota

end

 # No hay lavadoras que Reparar

if $r = 0$ **then**

$t^* \leftarrow \infty$ # No hay lavadoras que reparar

end

end

end

return T

2.2. Sistema con Opción 1: Incrementar los técnicos

Para esta opción de mejora, el algoritmo cambiará, ahora la variable “t*” pasara a ser un lista de dos valores, con lo que el algoritmo quedará de la siguiente forma:

2.2.1 Pseudocódigo

Inicialización

$N \leftarrow 5$

$S \leftarrow 2$

$T \leftarrow 0$

$t \leftarrow 0$

$r \leftarrow 0$

$t^* \leftarrow [\infty, \infty]$ # Tiempo en el que la Lavadora en reparación vuelve a funcionar

Generar $T_{F_1}, T_{F_2}, T_{F_3}, T_{F_4}, T_{F_5}$ v.a. i.i.d. tal que $T_{F_i} \sim \text{Exponencial}(1)$ con $i = 1, 2, 3, 4, 5$

Ordenar de forma decreciente los T_{F_i} # Notar que T_{F_i} es el tiempo de falla de las lavadora i

while True **do**

 # Caso 1: Lavadora falla antes de que se repare alguna

if $T_{F_1} < t^*[0]$ **then**

$t \leftarrow T_{F_1}$

$r \leftarrow r + 1$ # Fallo una lavadora

 # No hay lavadoras de repuesto

if $r = S + 1$ **then**

$T \leftarrow t$

 STOP WHILE

end

 # Se agrega la lavadora de repuesto, ya que fallo alguna

if $r < S + 1$ **then**

 Generar $T_F \sim \text{Exponencial}(1)$ # Tiempo hasta fallar de la lavadora de repuesto

 Ordenar de forma decreciente $T_{F_2}, T_{F_3}, T_{F_4}, T_{F_5}, T_F$

end

 # Se comienza a reparar la primera lavadora rota.

if $r = 1$ **then**

 Generar $T_R \sim \text{Exponencial}(8)$ # Tiempo de reparación de la lavadora rota

$t^*[0] \leftarrow t + T_R$ # Tiempo en que concluirá la reparación de la lavadora rota

end

 # Se comienza a reparar la segunda lavadora rota.

if $r = 2$ **then**

 Generar $T_R \sim \text{Exponencial}(8)$ # Tiempo de reparación de la lavadora rota

$t^*[1] \leftarrow t + T_R$ # Tiempo en que concluirá la reparación de la lavadora rota

end

 Ordenar de forma decreciente la lista t^*

end

```

# Caso 2: Lavadora que estaba en reparación, esta disponible
if  $T_{F_1} \geq t^*[0]$  then
     $t \leftarrow t^*[0]$ 
     $r \leftarrow r - 1$ 

    # Hay 2 o más lavadoras para Reparar
    if  $r > 1$  then
        Generar  $T_R \sim \text{Exponencial}(8)$  # Tiempo de reparación de la lavadora rota
         $t^*[0] \leftarrow t + T_R$  # Tiempo en que concluirá la reparación de la Lavadora rota
    end

    # Hay 1 o 0 lavadoras para reparar
    if  $r \leq 1$  then
         $t^*[0] \leftarrow \infty$  # No hay lavadoras que reparar para técnico más rápido
    end

    Ordenar de forma decreciente la lista  $t^*$ 
end
end

return T

```

2.3. Sistema con Opción 2: Incrementar las lavadoras de repuesto

Para esta opción de mejora, el algoritmo que sera usado es el del sistema actual con solo una única modificación, que es la de cambiar la inicialización de las variables N y S de la siguiente forma:

```

N  $\leftarrow$  5
S  $\leftarrow$  3

```

3. Resultados

En esta sección se mostrar los resultados obtenidos al ejecutar los algoritmos antes descriptos un numero “n” de simulaciones, para poder estimar el tiempo medio de fallo del sistema (μ), varianza (σ^2) y desviación estándar (σ).

Usaremos los siguientes nombres para los algoritmos antes descriptos:

- Algoritmo 1 : Algoritmo con N = 5, S = 2 y 1 Técnico.
- Algoritmo 2 : Algoritmo con N = 5, S = 2 y 2 Técnicos (Opción 1).
- Algoritmo 3 : Algoritmo con N = 5, S = 3 y 1 Técnico (Opción 2).

3.1. Resultado de las simulaciones

Algoritmo 1	E[T] (μ)	V[T] (σ^2)	$\sqrt{V[T]}$ (σ)
n = 100	1.70724125088	2.19020901067	1.47993547517
n = 1000	1.7404625149	2.48584430421	1.57665605134
n = 10000	1.75134160726	2.5779437092	1.60559761746
n = 100000	1.75451847743	2.56715632376	1.60223479046

Algoritmo 2	E[T] (μ)	V[T] (σ^2)	$\sqrt{V[T]}$ (σ)
n = 100	2.08305787499	4.112280164	2.02787577627
n = 1000	2.57737918259	6.32604110246	2.51516224178
n = 10000	2.59454498851	6.15868402747	2.48166960482
n = 100000	2.58903738453	6.07975267469	2.46571544885

Algoritmo 3	E[T] (μ)	V[T] (σ^2)	$\sqrt{V[T]}$ (σ)
n = 100	4.36843121127	16.3450689355	4.04290352785
n = 1000	3.57682252785	10.1370199349	3.18386870566
n = 10000	3.56025357143	10.6680875167	3.26620383882
n = 100000	3.60410154483	11.0641450939	3.32628097037

3.1.1. Como se obtuvieron los de resultado de simulaciones

Los resultados $E[T]$ se obtuvieron mediante la Ley de los Grandes Números, con la cual aproximamos $E[T]$ con el promedio, es decir:

$$\text{promedio de } T \approx E[T]$$

Por lo cual se hacen “n” simulaciones de T y luego se saca el promedio, vale aclarar que mientras más grande “n” más aproxima el promedio de T a $E[T]$.

A continuación mostraremos un pseudocódigo de como obtener $E[T]$, $V[T]$, $\sqrt{V[T]}$ (Esperanza, Varianza y Desviación Estándar de T respectivamente):

input: n # Iteraciones

suma1 \leftarrow 0

suma2 \leftarrow 0

for 1 **to** n **do**

 Generar T

 suma1 \leftarrow suma1 + T

 suma2 \leftarrow suma2 + T^2

end

esperanza \leftarrow suma1/n

varianza \leftarrow suma2/n - esperanza² # $V(T) = E(T^2) - E(T)^2$

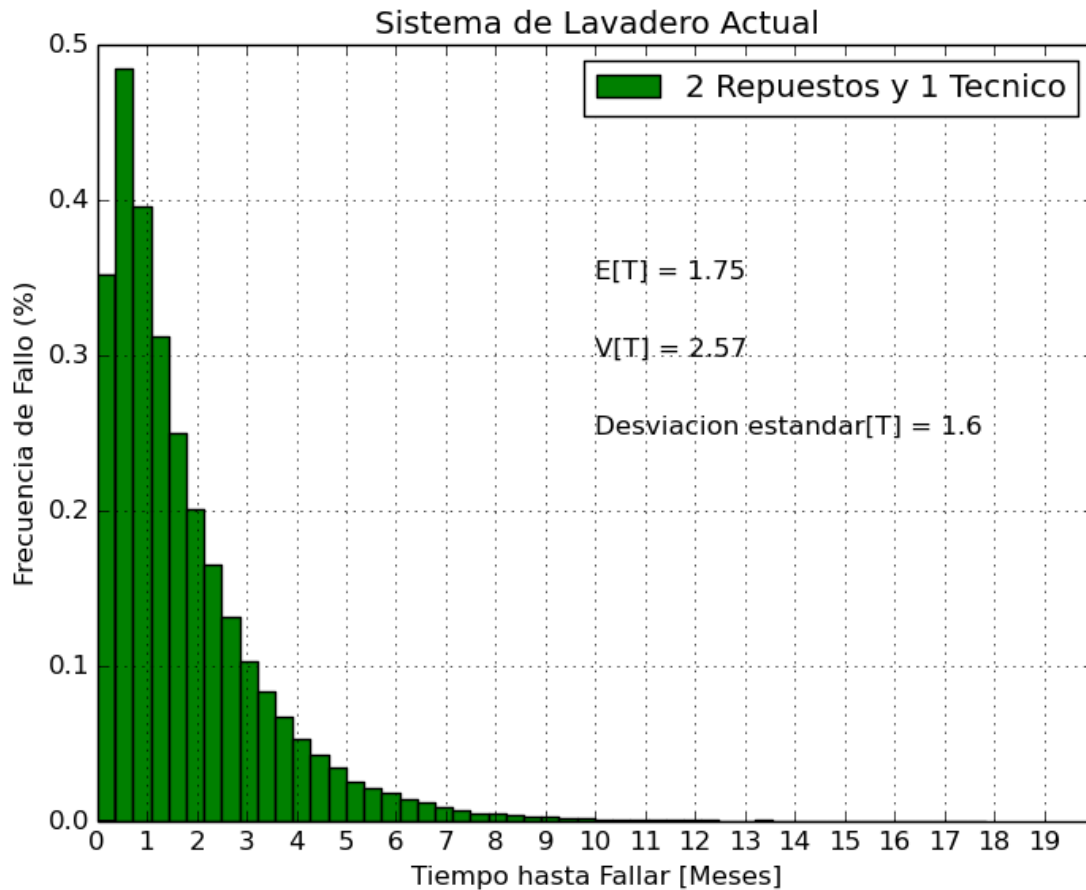
desviacion_estandar \leftarrow $\sqrt{\text{varianza}}$ # Desviación estándar = $\sqrt{V(T)}$

return esperanza, varianza, desviacion_estandar

3.2. Histogramas

3.2.1 Sistema Actual

Histograma del sistema actual de la lavandería.



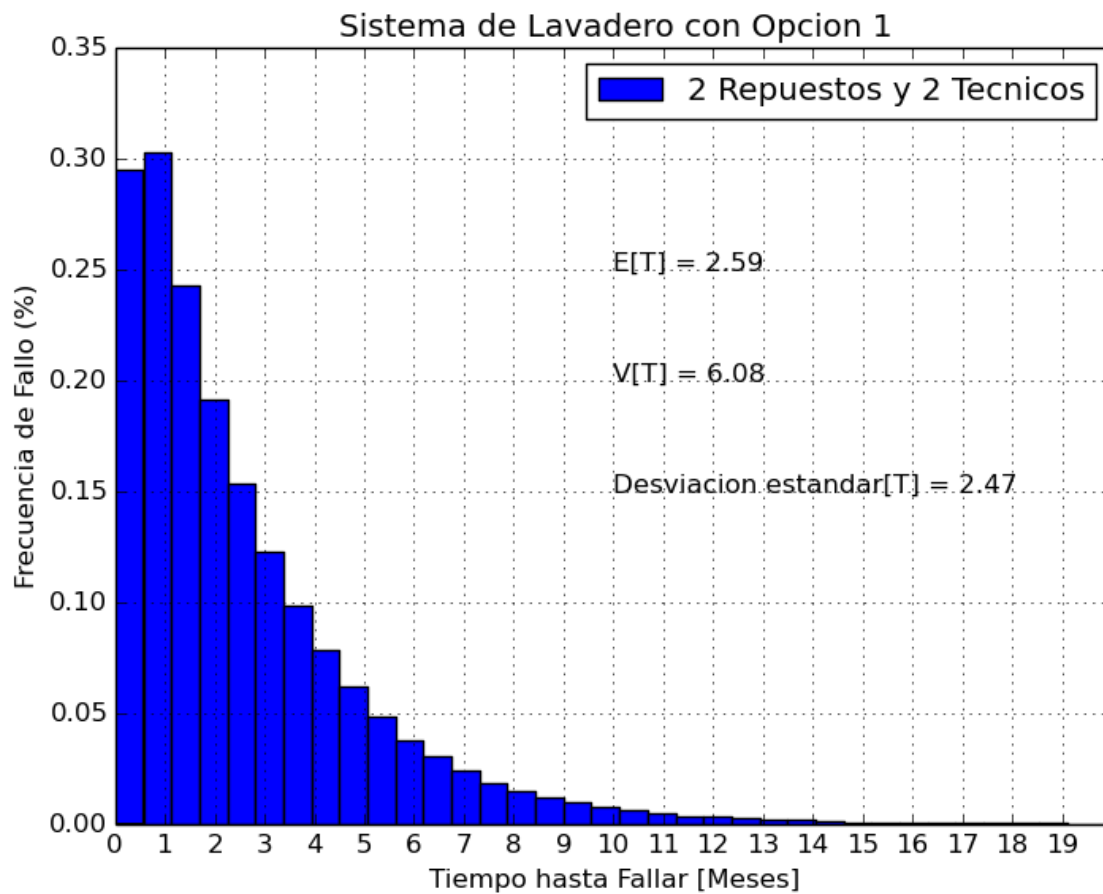
Para este histograma se realizaron un total de 100000 observaciones, es decir, 100K experimentos,

$E[T] \approx 1$ mes, 22 días, 12 horas

$\sigma[T] \approx 1$ mes, 18 días

3.2.2 Sistema con Opción 1: Incrementar los técnicos

Histograma del sistema de la lavandería con la Opción 1.



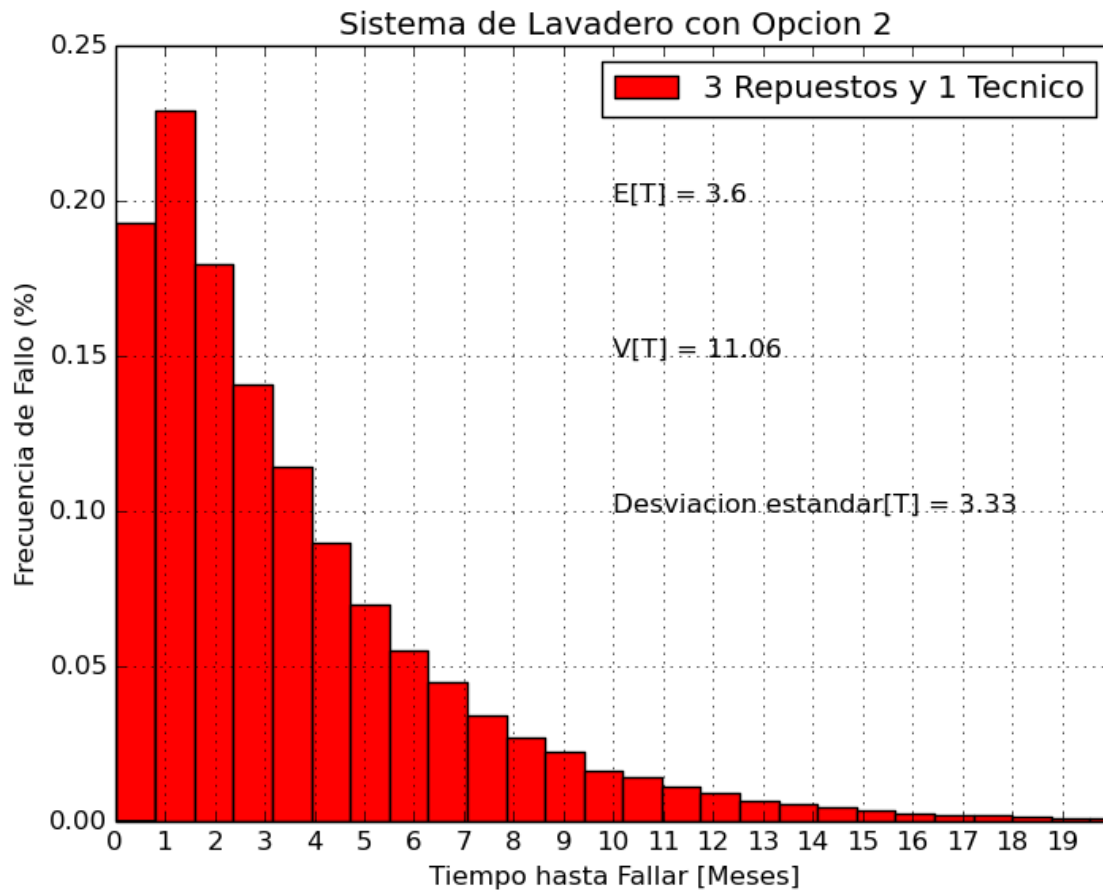
Para este histograma se realizaron un total de 100000 observaciones, es decir, 100K experimentos,

$E[T] \approx 2$ meses, 17 días, 17 horas

$\sigma[T] \approx 2$ meses, 14 días, 2 horas

3.2.3 Sistema con Opción 2: Incrementar las lavadoras de repuesto

Histograma del sistema de la lavandería con la Opción 2.



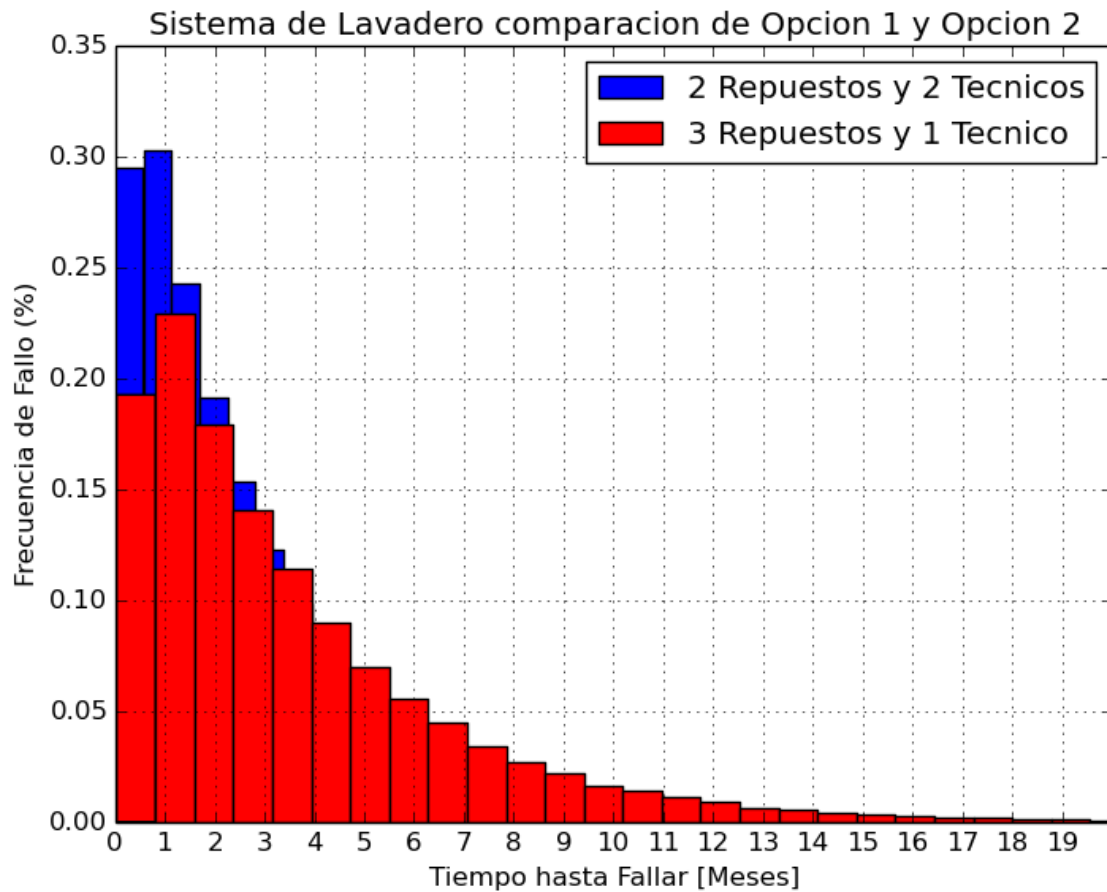
Para este histograma se realizaron un total de 100000 observaciones, es decir, 100K experimentos,

$E[T] \approx 3$ meses, 18 días

$\sigma[T] \approx 3$ meses, 9 días, 22 horas

3.2.4 Comparación del Sistema con la Opción 1 y la Opción 2

Comparación de los Histogramas del sistema de la lavandería con la Opción 1 y la Opción 2. Para poder obtener un mejor análisis, de cual opción es mejor aplicar.



4. Conclusiones

Analizando detenidamente los histogramas mostrados, vemos claramente que tanto la Opción 1 como la Opción 2, mejoran el sistema que actualmente se esta usando en la lavandería, pero al analizar el ultimo histograma mostrado donde comparamos las opciones a aplicar, podemos notar que aplicando la Opción 2 reducimos mucho mas la frecuencia con la que ocurrían los fallos, y por lo tanto el tiempo medio de fallos del sistema.

Esto ultimo lo podemos ver claramente analizando los tiempos de medios de falla con cada opción:

Opción 1: El tiempo medio de falla del sistema es de aproximadamente 2 meses, 17 días, 17 horas.

Opción 2: El tiempo medio de falla del sistema es de aproximadamente 3 meses, 18 días.

Por lo tanto concluimos que al dueño de la lavandería le conviene aplicar la Opción 2.