

SIMULACIÓN DE SISTEMAS 72.25

SIMULACIÓN DE UN CENTRO DE MANTENIMIENTO
PARA UNIDADES DE TRANSPORTE DE PASAJEROS

Trabajo Práctico Final

Authors:

Alberto Miguel POSE

Juan Ignacio CATALANO

Martín PALOMBO

Santiago José VAZQUEZ

1 Punto (a)

Se modelaron los intervalos de tiempos entre arribos y el tiempo de servicio de ER a partir de los datos provistos en los archivos históricos `arriboscopy` y `ercop` respectivamente. Para ello, se graficaron los histogramas correspondientes. En la Figura 1 vemos el histograma correspondiente a los intervalos de tiempos entre arribos. Para la elección de los intervalos de clase se utilizó el criterio de Nuñez. Como podemos ver intuitivamente, la distribución de los datos en este caso es una exponencial. En la Figura 2 podemos ver el histograma correspondiente a los tiempos de servicios de ER. De nuevo, intuitivamente podemos ver que la distribución en este caso es una normal. Además, el simulado es un tipo proceso que generalmente tiene distribución de ese tipo. Esto nos sirve para reforzar nuestra hipótesis.

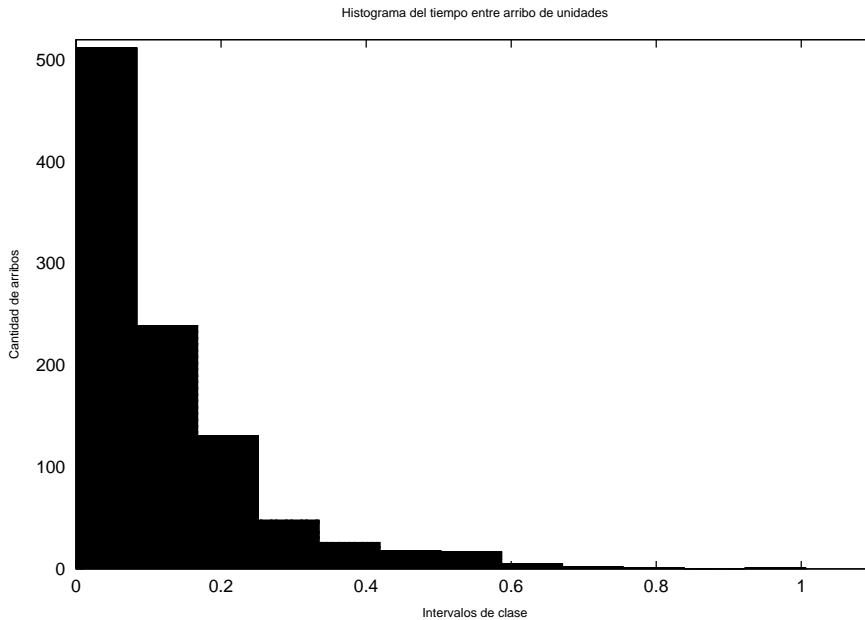


Figure 1: Histograma correspondiente a los intervalos de tiempos entre arribos.

Se utilizaron los test de χ^2 y de KS para verificar que las distribuciones son las indicadas previamente. Las tablas correspondientes a los tests realizados para verificar la distribución exponencial de los tiempos de servicios de ER, se ven en las Tablas 1, 2 y 3. El test χ^2 arrojó un valor de 18.213 que implica un nivel de significación de 5%. Para el de KS, obtuvimos un valor de 0.99966. Se verifica la distribución ya que es mayor a 0.375, que es el valor obtenido de tabla para un nivel de significación como el especificado anteriormente y 12 intervalos.

Además, se utilizó el test de χ^2 para verificar la distribución normal de los tiempos de servicio de ER. Las tablas correspondientes a los tests realizados para verificar la distribución normal de los tiempos de servicios de ER, se ven en las Tablas 4 y 5. El test χ^2 arrojó un valor de 1.56995 que implica un nivel de significación de 5%. Para el de KS, obtuvimos un valor de 0.94737. Se verifica

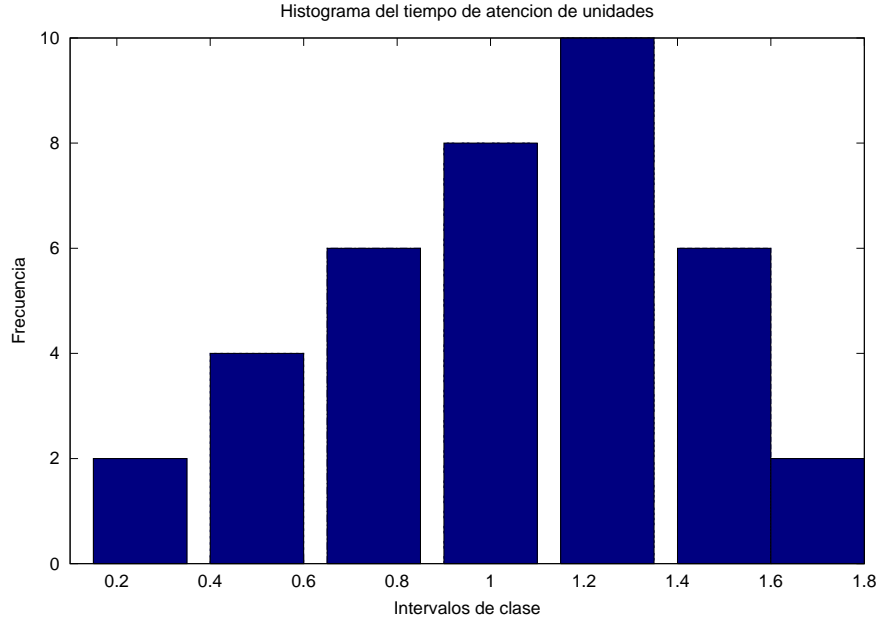


Figure 2: Histograma correspondiente a los tiempos de servicios de ER.

la distribución ya que es mayor a 0.486, que es el valor obtenido de tabla para un nivel de significación de 0.05 y 7 intervalos.

2 Punto (b)

Las colas del sistema se denominan como se muestra en la Figura 3. Como podemos ver, quedan determinadas por el conjunto

$$S = \{UI, ER1, ER2, ER3, ST\}$$

El estado del sistema se encuentra compuesto por la longitud y el estado de servicio (busy/free) de cada una de las 3 colas. Las características del sistema, determinan que todas las colas se modelan como de capacidad infinita y utilizan la disciplina FIFO (First In First Out).

3 Punto (c)

Los eventos de nuestro sistema quedan definidos por las llegadas y partidas de una UI a cada una de las etapas del proceso de mantenimiento. Como podemos ver en la Figura 3, los tipos de eventos estan dados por el conjunto

$$E = \{IUI, OUI, IER, OER, IST, OST\}$$

Como asumimos que la salida de una sección y paso a la próxima se realiza instantaneamente, podemos unificar los tipos de eventos *OUI* con *IER* y *OER*

Clase	O_i	E_i	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	512.000000	483.209027	-28.790973	828.920123	1.715448
2	239.000000	249.533949	10.533949	110.964084	0.444685
3	131.000000	128.861814	-2.138186	4.571839	0.035479
4	48.000000	66.545523	18.545523	343.936416	5.168438
5	26.000000	34.364770	8.364770	69.969378	2.036079
6	18.000000	17.746309	-0.253691	0.064359	0.003627
7	17.000000	9.164371	-7.835629	61.397088	6.699542
8	5.000000	4.732572	-0.267428	0.071518	0.015112
9	2.000000	2.443947	0.443947	0.197089	0.080644
10	1.000000	1.262079	0.262079	0.068685	0.054422
11	0.000000	0.651750	0.651750	0.424778	0.651750
12	1.000000	0.336570	-0.663430	0.440139	1.307719

Table 1: C  putos para el test χ^2 para la distribución exponencial.

x_i	0.512000	0.239000	0.131000	0.048000	0.026000	0.018000
i/n	0.483764	0.733585	0.862594	0.929216	0.963621	0.981387
$\frac{i}{n} - x_i$	-0.028236	0.494585	0.731594	0.881216	0.937621	0.963387
$x_i - \frac{i-1}{n}$	0.512000	0.155667	-0.035667	-0.202000	-0.307333	-0.398667

Table 2: C  putos para el test KS . Intervalos del 1 al 6. Para la distribución exponencial

con IST . Por lo tanto E nos queda reducido a

$$E = \{IUI, IER, IST, OST\}$$

4 Punto (d)

Para la simulación se utilizó el generador de numeros pseudo-aleatorios GLC de octave, utilizando como semilla el numero 1000. El tiempo de simulación se extiende hasta aproximadamente 22000 minutos, aunque se le proporcionan entradas al sistema por 50 hs. Esto se implementó de esta manera para que se otorgue un margen que permita finalizar la atención de todas las unidades encoladas. Los resultados obtenidos para la longitud de la cola en UI se pueden ver en la Figura 4. Como podemos ver, al inicio de la simulación, la misma aumenta de forma casi lineal llegando a un máximo de aproximadamente 180 unidades en la cola. Luego de este punto comienza el descenso, que coincide con el instante en el cual se dejan de ingresar unidades al sistema. Este comportamiento es esperado, ya que dado que el tiempo de atención de la UI tiene una distribución uniforme entre 10 y 20 (minutos), se presenta un cuello de botella en este punto. Esto sucede porque la entrada tiene distribución exponencial con media 8.2202 minutos.

En la Figura 5 podemos ver la longitud de la cola de ER durante la simulación. Como el tiempo de atención tiene distribución gaussiana con media 1.05, es esperable que la longitud de la cola se mantenga en 0 permanentemente, ya que

x_i	0.017000	0.005000	0.002000	0.001000	0.000000	0.001000
i/n	0.990562	0.995300	0.997747	0.999011	0.999663	1.000000
$\frac{i}{n} - x_i$	0.973562	0.990300	0.995747	0.998011	0.999663	0.999000
$x_i - \frac{i-1}{n}$	-0.483000	-0.578333	-0.664667	-0.749000	-0.833333	-0.915667

Table 3: Cómputos para el test KS . Intervalos del 7 al 12. Para la distribución exponencial

Clase	O_i	E_i	$O_i - E_i$	$(O_i - E_i)^2$	$\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
1	2.000000	1.210939	-0.789061	0.622618	0.514161
2	4.000000	3.619368	-0.380632	0.144881	0.040029
3	6.000000	7.209408	1.209408	1.462667	0.202883
4	8.000000	9.574088	1.574088	2.477754	0.258798
5	10.000000	8.478138	-1.521862	2.316063	0.273181
6	6.000000	5.005838	-0.994162	0.988358	0.197441
7	2.000000	2.452396	0.452396	0.204662	0.083454

Table 4: Cómputos para el test χ^2 para la distribución normal.

apenas sale una unidad de UI, alguno de los servidores de ER ya esta disponible para atenderlo.

Por último, podemos ver la Figura 6 que nos muestra la longitud de la cola de ST durante toda la simulación. Podemos ver que se comporta también de una forma aproximadamente lineal, aumentando mientras existen ingresos al sistema y comenzando su descenso apenas se detienen los mismos.

5 Punto (e)

A partir de la realización de 10 simulaciones de 50 hs cada una, se obtuvieron las estimaciones presentadas en la tabla 6 y la mostrada a continuación. Estimación del tiempo medio por cliente en el sistema: 7927.73/pm1592 con un nivel de significación del 5%.

6 Punto (f)

References

[1] Tabla χ^2 .

http://www.wiphala.net/research/manual/statistic/chi_cuadrado.html

[2] Tabla Kolmogorov-Smirnov.

<http://www.eridlc.com/onlinetextbook/appendix/table7.htm>

x_i	0.052632	0.105263	0.157895	0.210526	0.263158	0.157895	0.052632
i/n	0.032249	0.128636	0.320630	0.575598	0.801380	0.934690	1.000000
$\frac{i}{n} - x_i$	-0.020383	0.023373	0.162735	0.365072	0.538222	0.776795	0.947368
$x_i - \frac{i-1}{n}$	0.052632	-0.037594	-0.127820	-0.218045	-0.308271	-0.556391	-0.804511

Table 5: Cálculos para el test $K-S$. Para la distribución normal

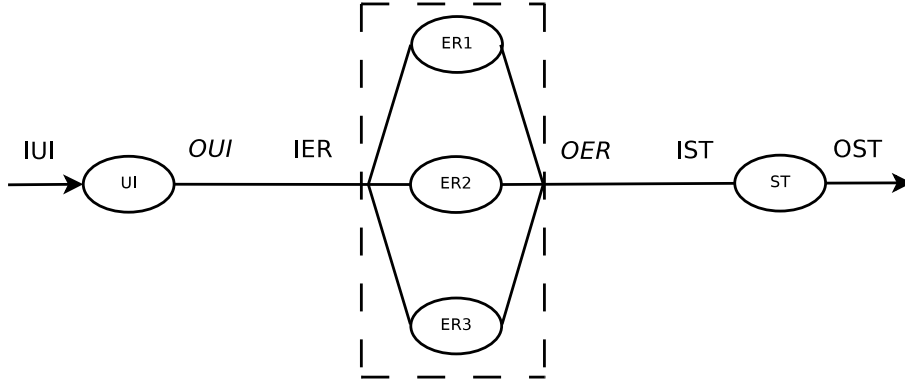


Figure 3: Diagrama de estados del sistema.

Número de simulación	Tiempo medio por cliente en el sistema(minutos)
1	8020
2	8192.51
3	8507.83
4	7110.46
5	7853.66
6	8324.77
7	7052.01
8	7569.09
9	8831.43
10	7815.52

Table 6: Tiempo medio del cliente en el sistema para distintas simulaciones

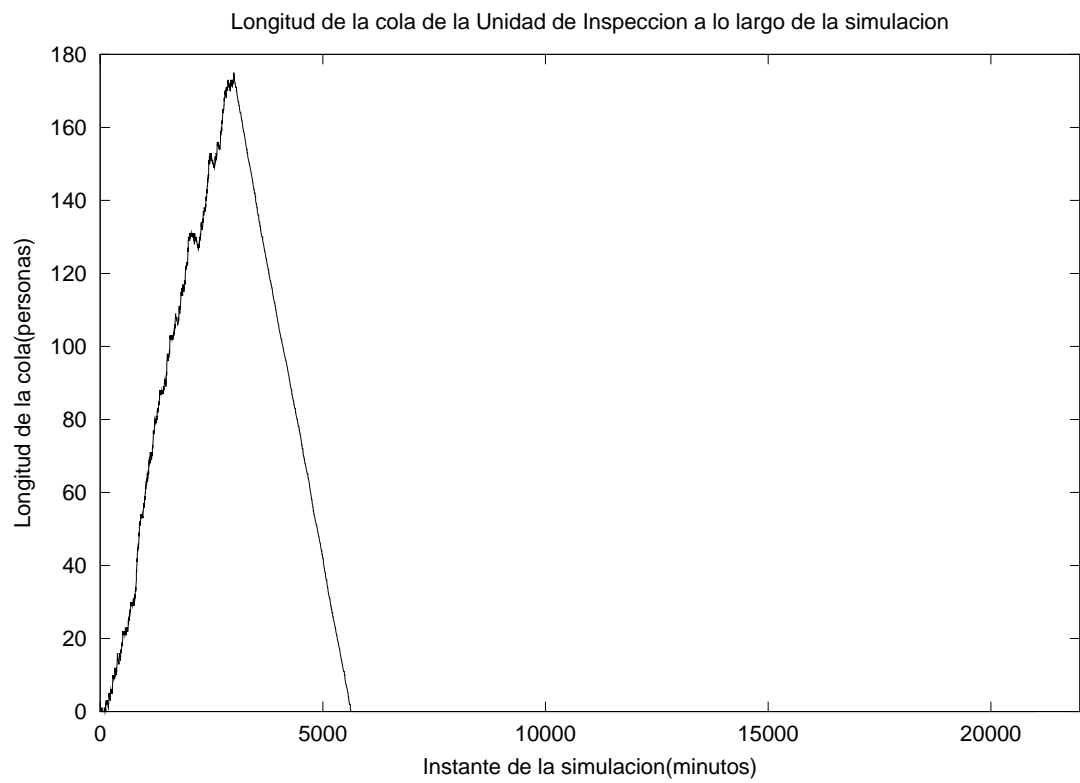


Figure 4: Longitud de la cola de la Unidad de Inspección a lo largo de la simulación.

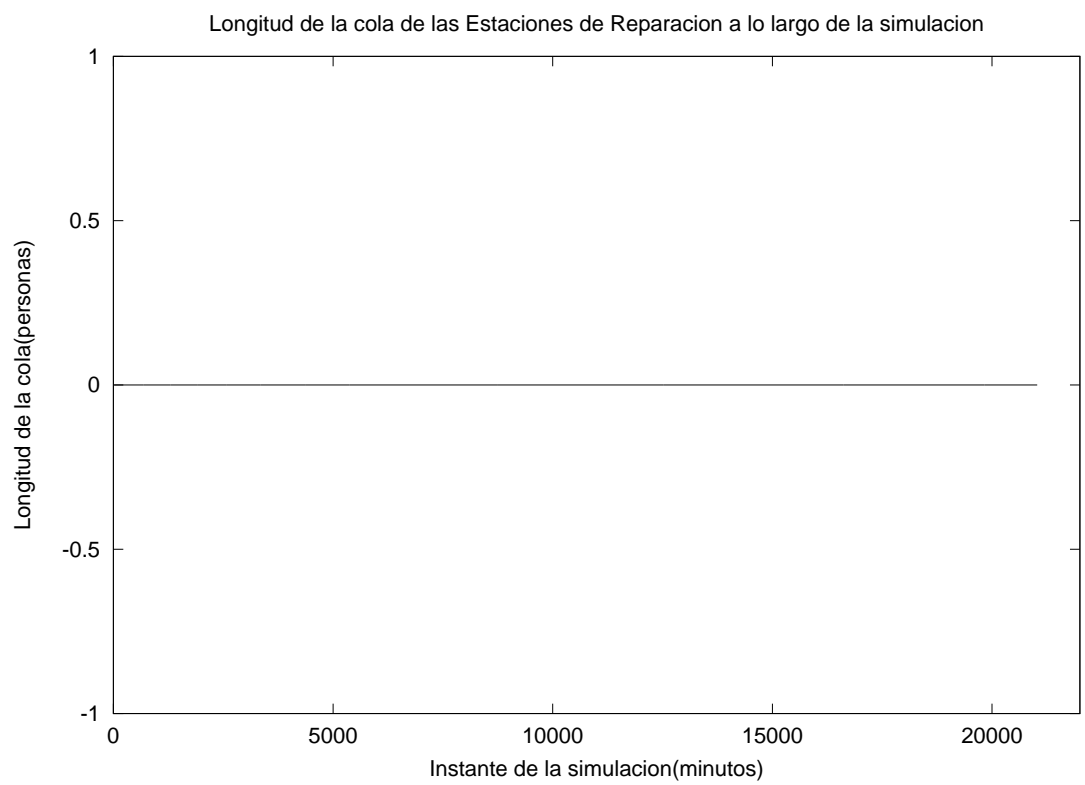


Figure 5: Longitud de la cola de las Estaciones de Reparación a lo largo de la simulación.

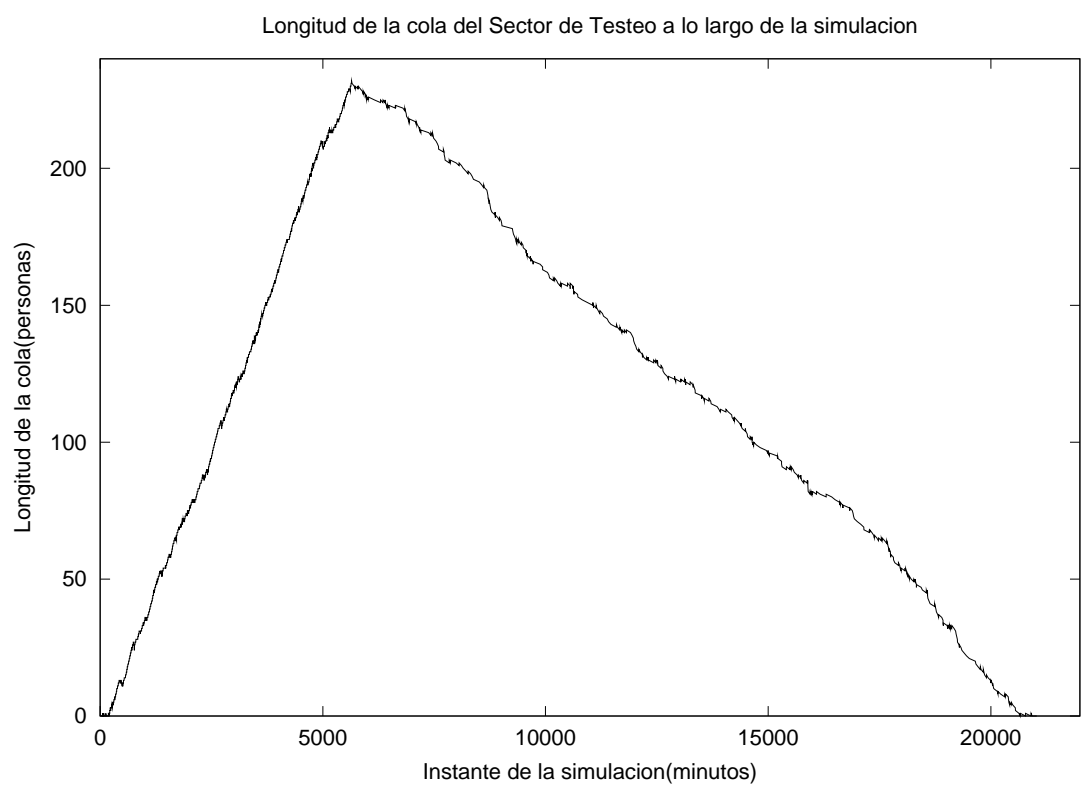


Figure 6: Longitud de la cola del Sector de Testeo a lo largo de la simulación.

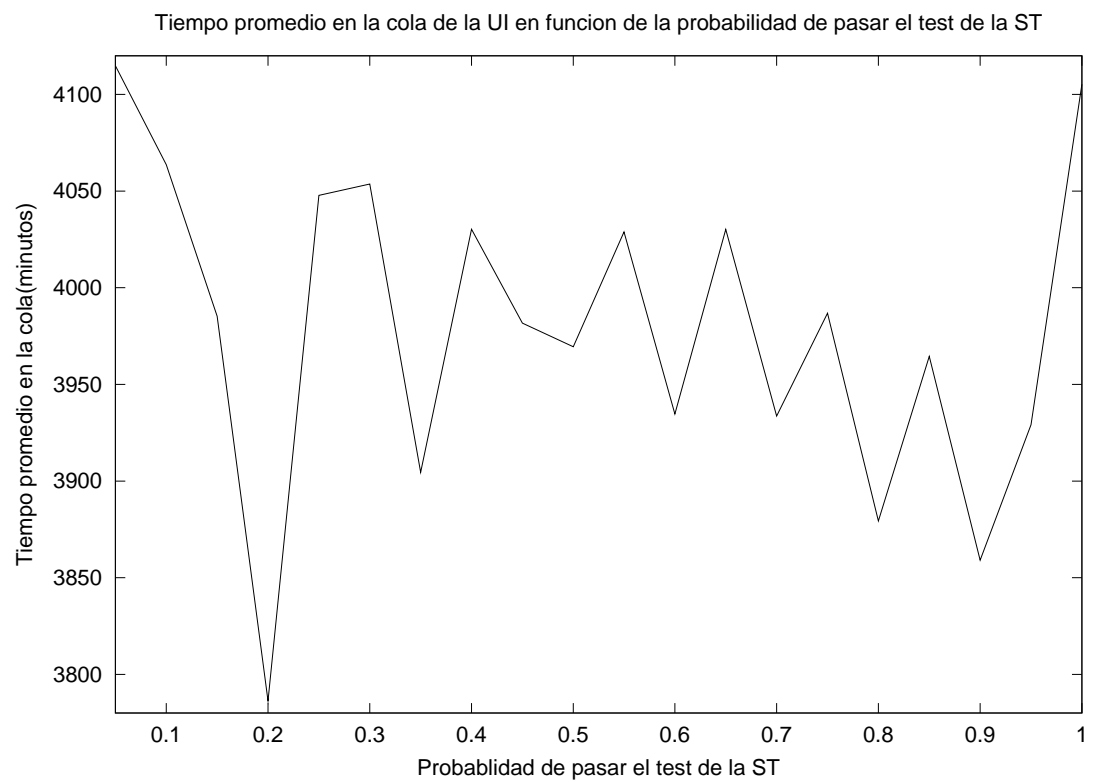


Figure 7: Tiempo promedio en la cola de la Unidad de Inspección en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

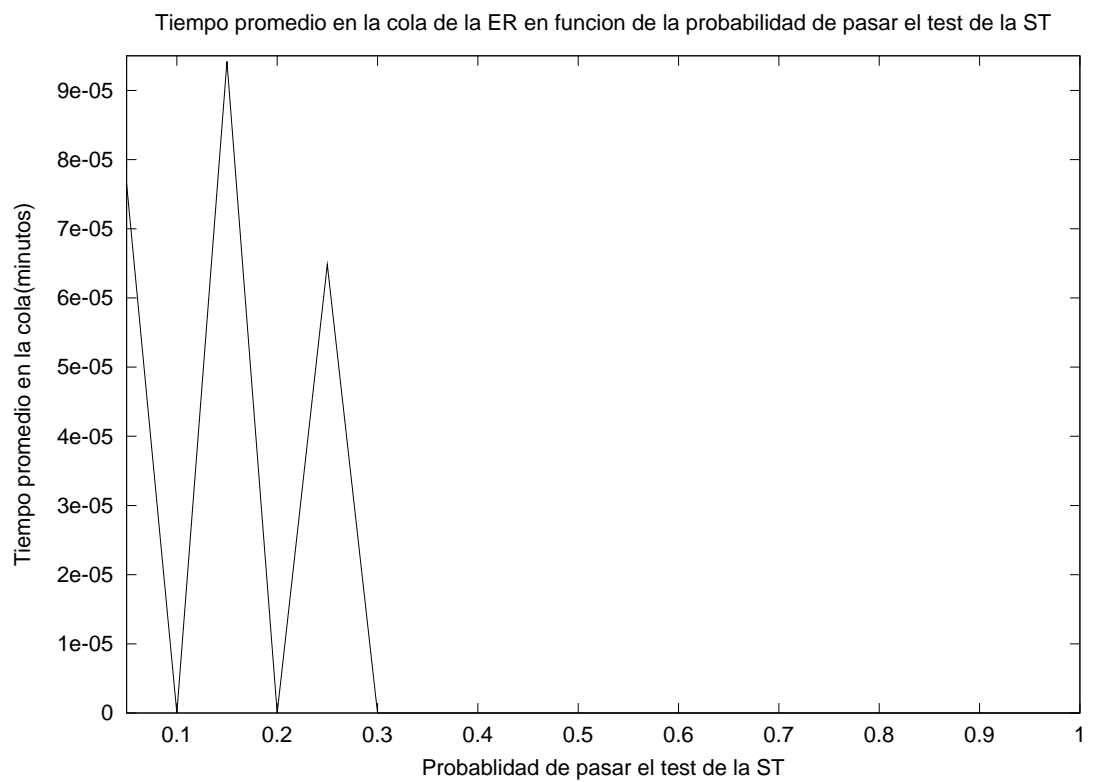


Figure 8: Tiempo promedio en la cola de las Estaciones de Reparación en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

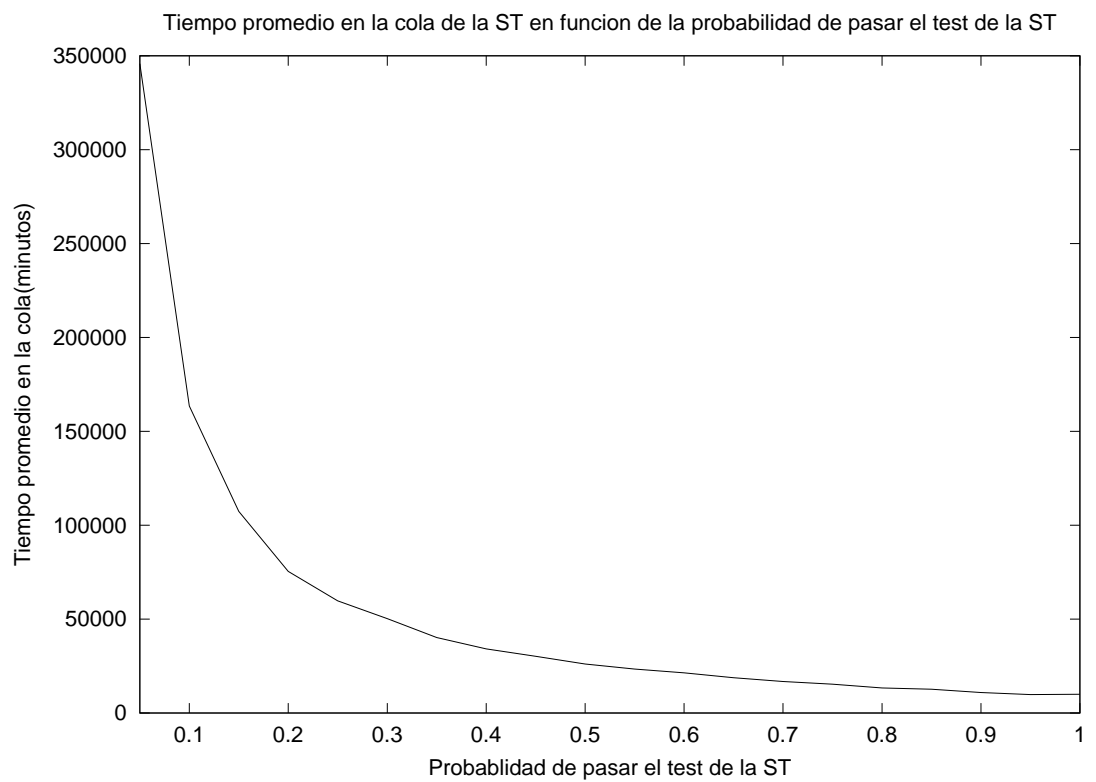


Figure 9: Tiempo promedio en la cola del Sector de Testeo en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

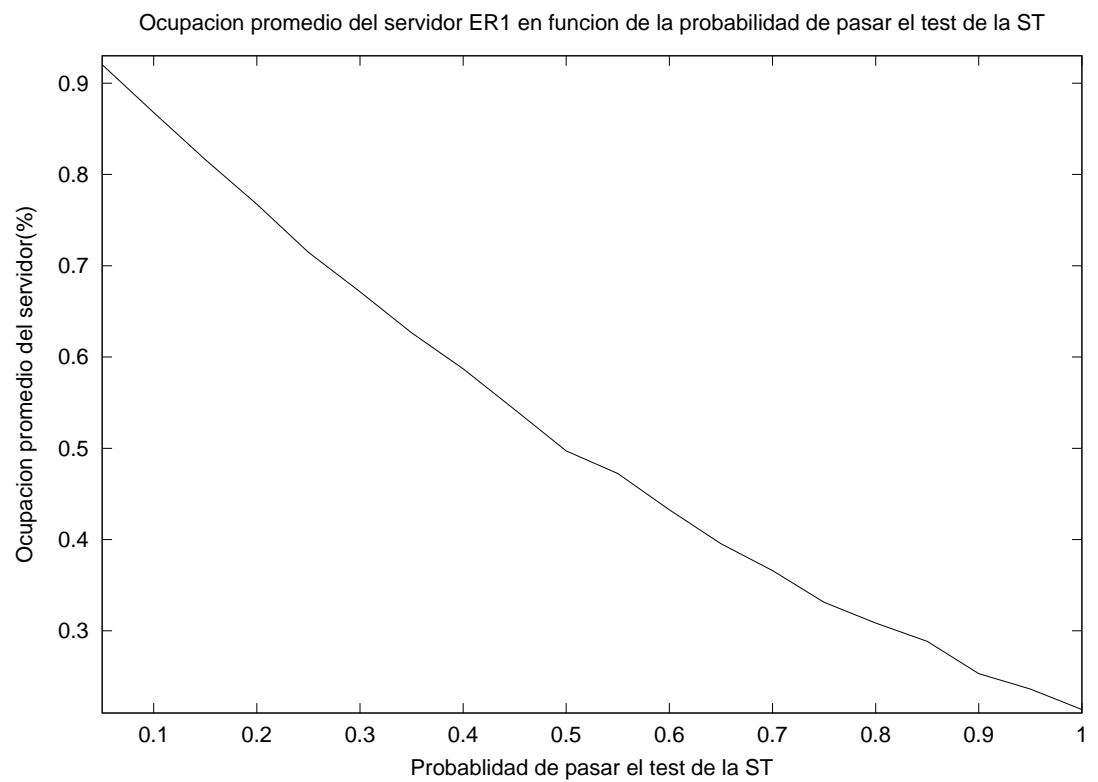


Figure 10: Ocupación promedio de la Estación de Reparación 1 en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

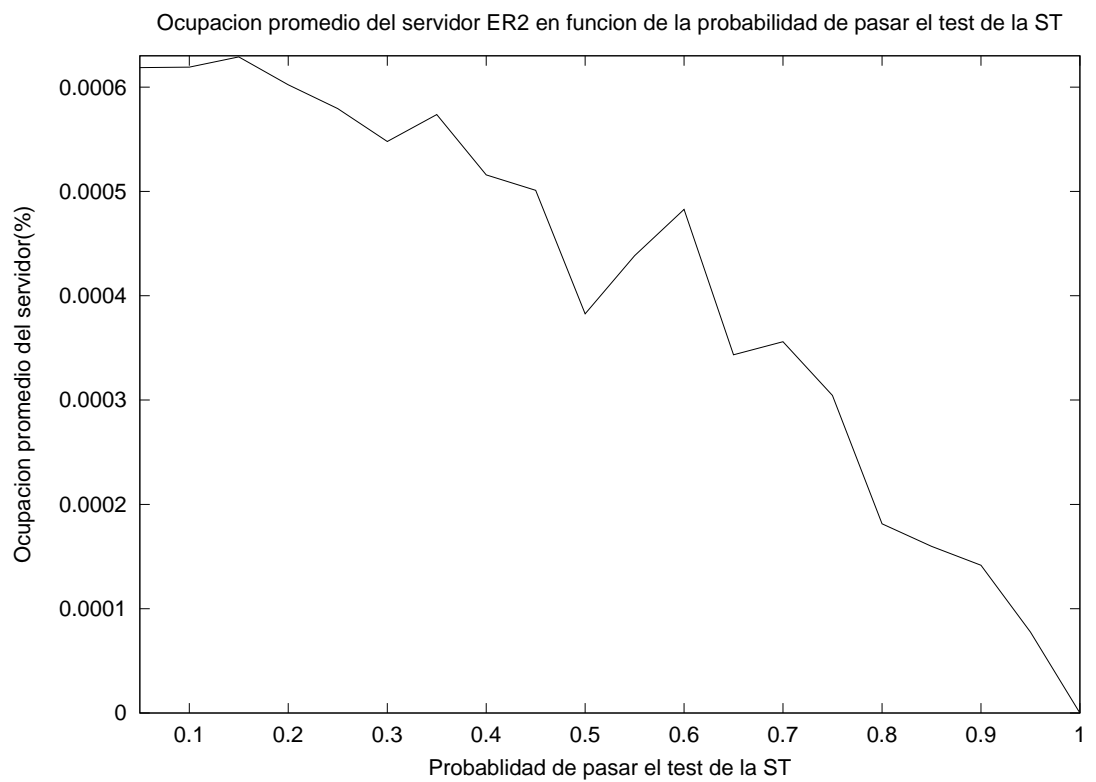


Figure 11: Ocupación promedio de la Estación de Reparación 2 en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

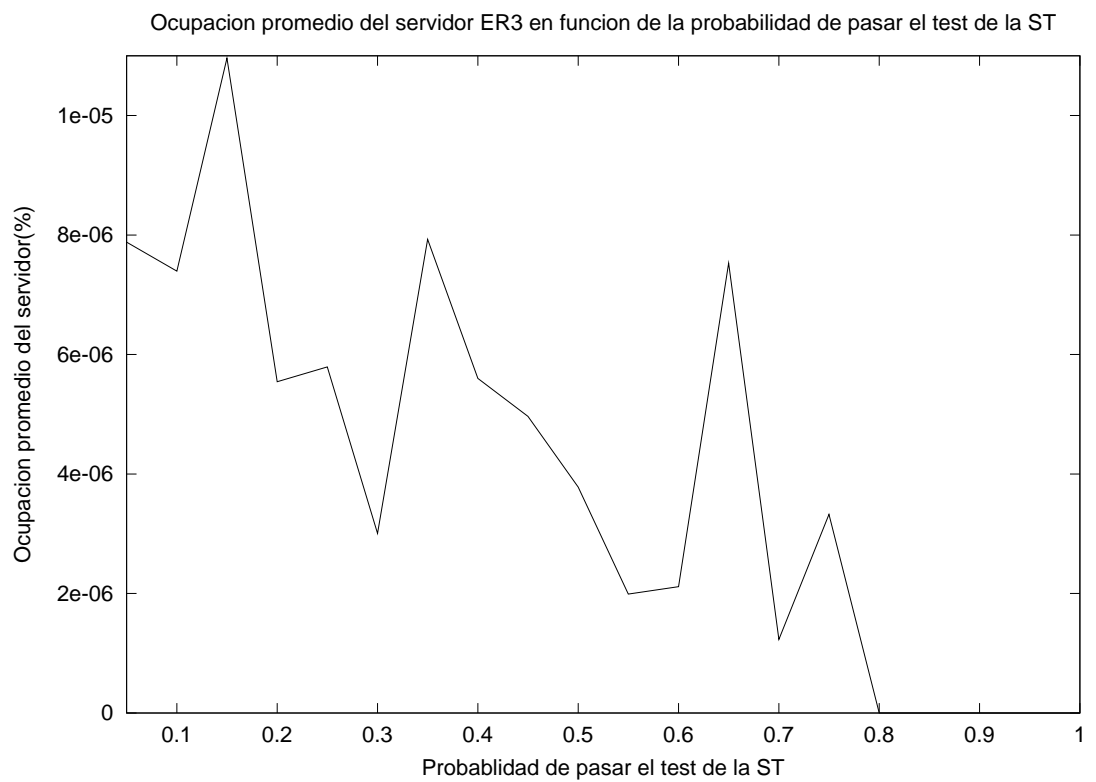


Figure 12: Ocupación promedio de la Estación de Reparación 3 en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

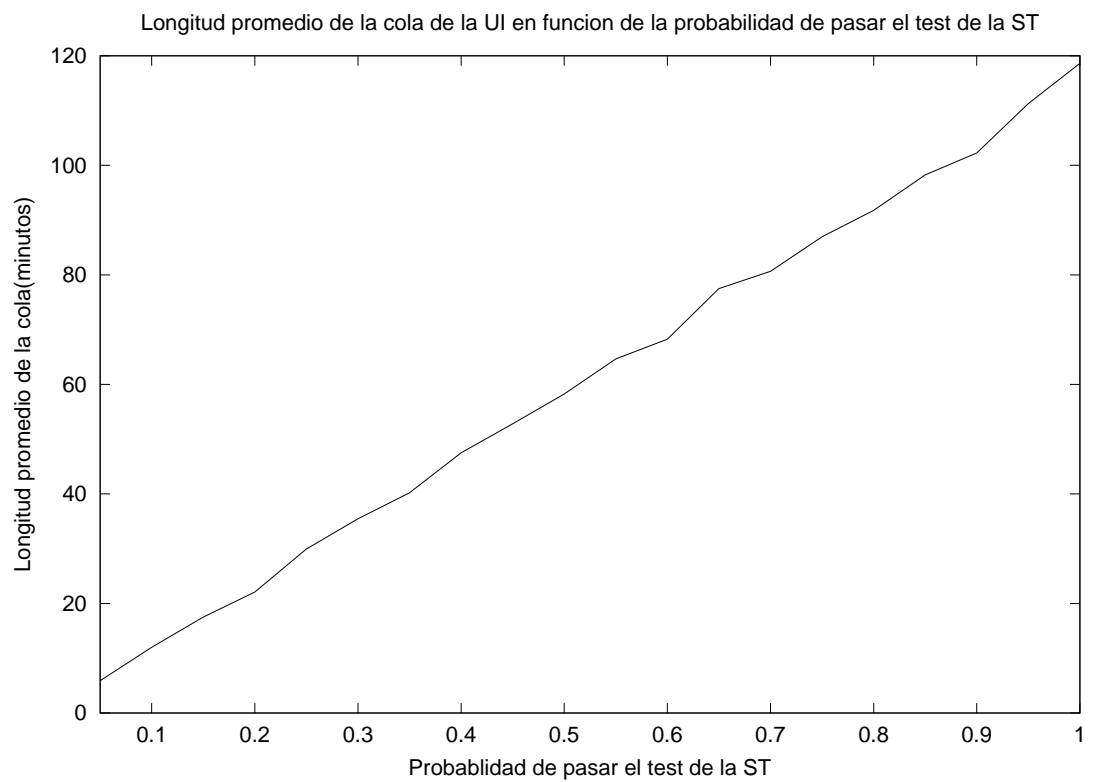


Figure 13: Longitud promedio de la cola de la Unidad de Inspección en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

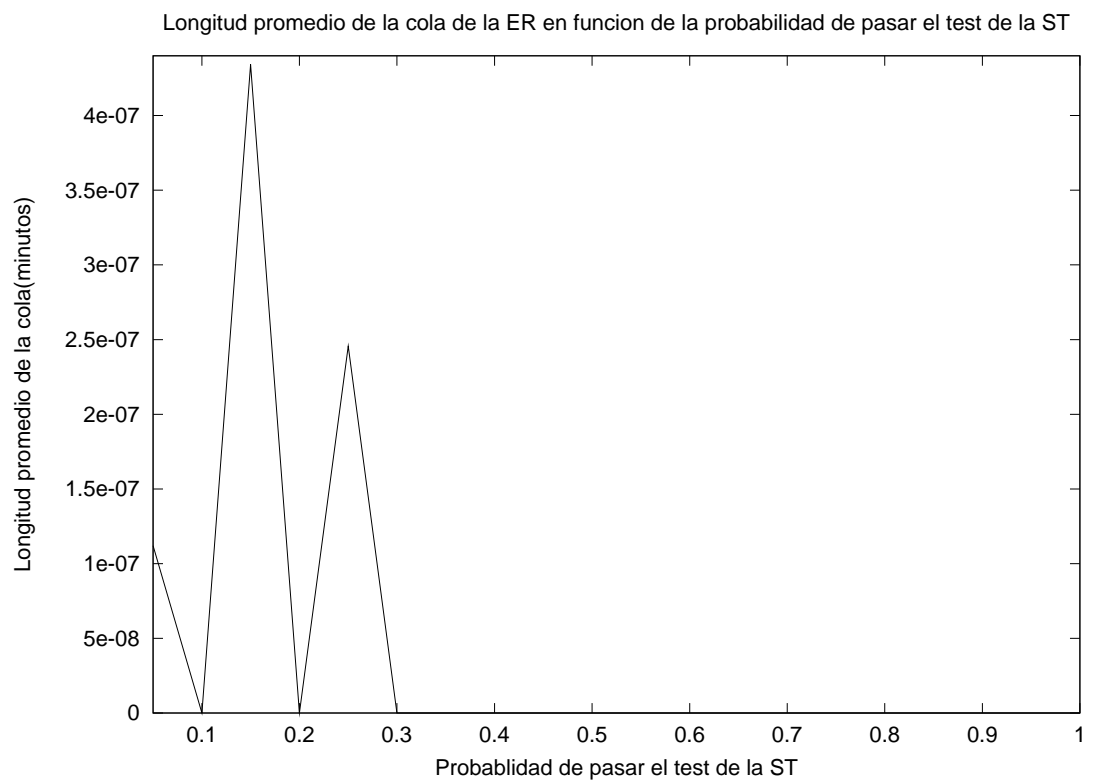


Figure 14: Longitud promedio de la cola de las Estaciones de Reparación en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.

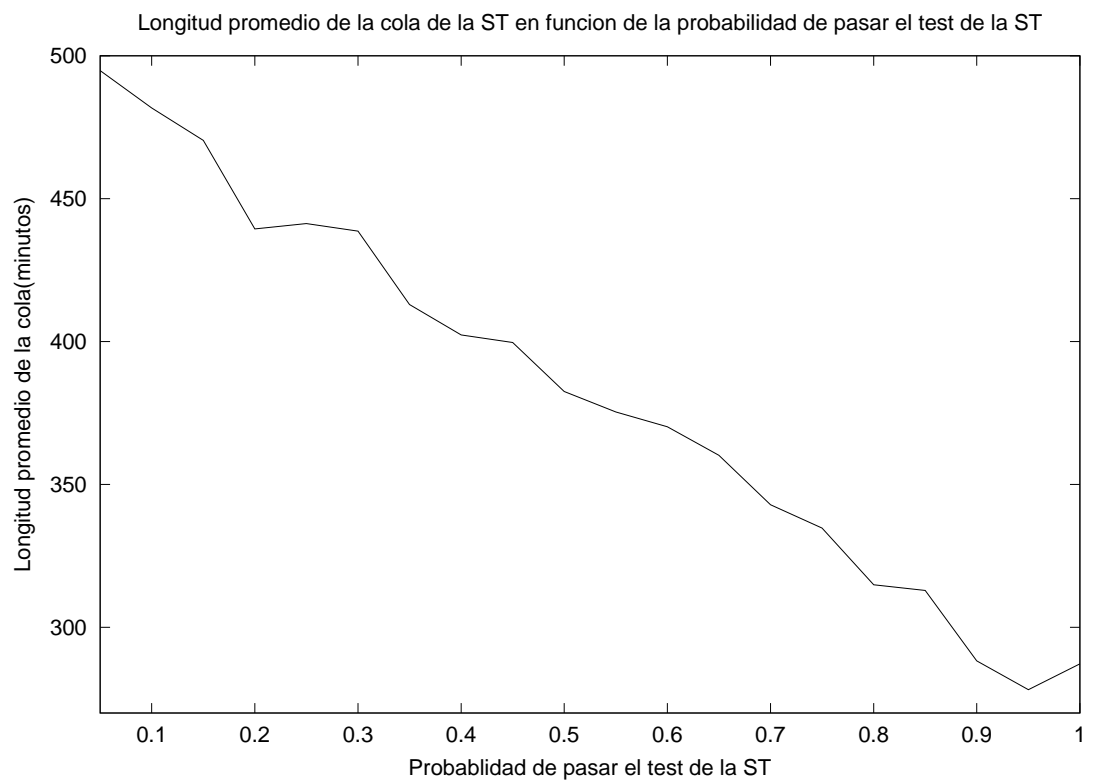


Figure 15: Longitud promedio de la cola del Sector de Testeo en función de la probabilidad de pasar el test del Sector de Testeo.