



UNIVERSIDAD DE GRANADA

SIMULACIÓN DE SISTEMAS

Práctica 3

Alejandro Manzanares Lemus

alexmnzlbs@correo.ugr.es

22 de diciembre de 2020

Índice general

1. Mi Segundo Modelo de Simulación Discreto	2
1.1. Modelo de simulación de incremento fijo	2
1.2. Modelo de simulación de incremento variable	2
1.3. Comparación de ambos modelos	2
1.3.1. Eficiencia de los modelos	2
1.3.2. Precisión de los modelos	4
1.4. Comparación del modelo con diferentes parámetros	9
1.5. Configuración óptima del modelo	11
1.6. Modificación al modelo original	11
1.7. Configuración optima del nuevo modelo	11
2. Mi Tercer Modelo de Simulación Discreto	12
2.1. Modificaciones al sistema	12
2.2. Comparativa de las modificaciones	12
3. Análisis de Salidas y Experimentación	13
3.1. Comparación de modificaciones	13
3.1.1. Modelo A vs Modelo B	13
3.1.2. Modelo A vs Modelo C	14
3.2. Comparación mediante intervalos de cofianza	14

Apartado 1:

Mi Segundo Modelo de Simulación Discreto

1.1: Modelo de simulación de incremento fijo

El código del simulador de incremento fijo se encuentra disponible en `src/sistema_tiempo_fijo.cpp`.

1.2: Modelo de simulación de incremento variable

El código del simulador de incremento variable se encuentra disponible en `src/sistema_tiempo_variable.cpp`.

1.3: Comparación de ambos modelos

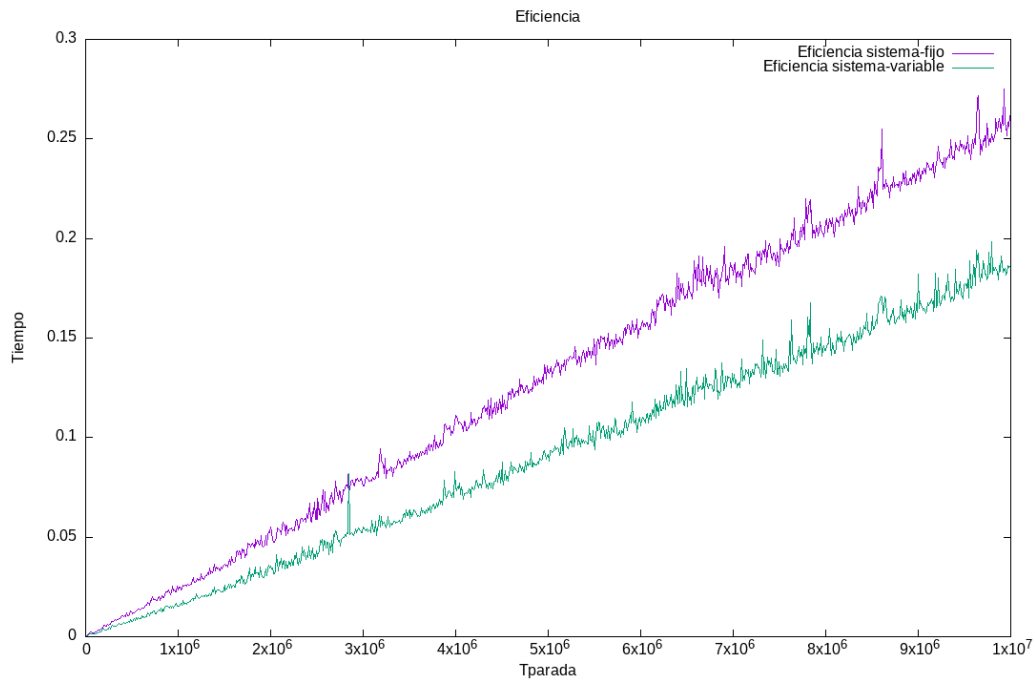
En este apartado se pide probar los modelos anteriores. Para la prueba se han elegido dos configuraciones:

- `trepas` = 2 y `tfallo` = 1. (Configuración A)
- `trepas` = 1 y `tfallo` = 2. (Configuración B)

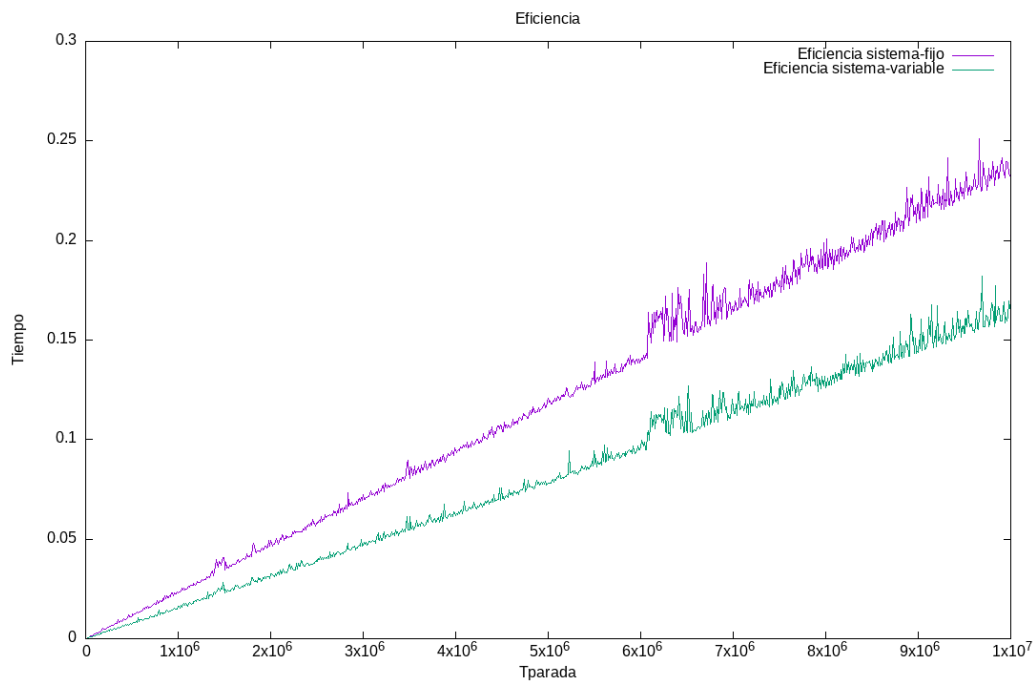
1.3.1: Eficiencia de los modelos

Para comparar la eficiencia de los modelos, se han ejecutado sin repuestos para ambas configuraciones con `tprada` = [100,10000000] y una sola ejecución interna del modelo.

En la siguiente figura podemos apreciar los resultados obtenidos:



(a) Configuración A



(b) Configuración B

Figura 1.1: Eficiencia de los modelos

Podemos apreciar que para ambas configuraciones el modelo de incremento variable es más eficiente que el de incremento fijo, cosa que tiene sentido, ya que el modelo de incremento variable realiza menos operaciones que el modelo de incremento fijo.

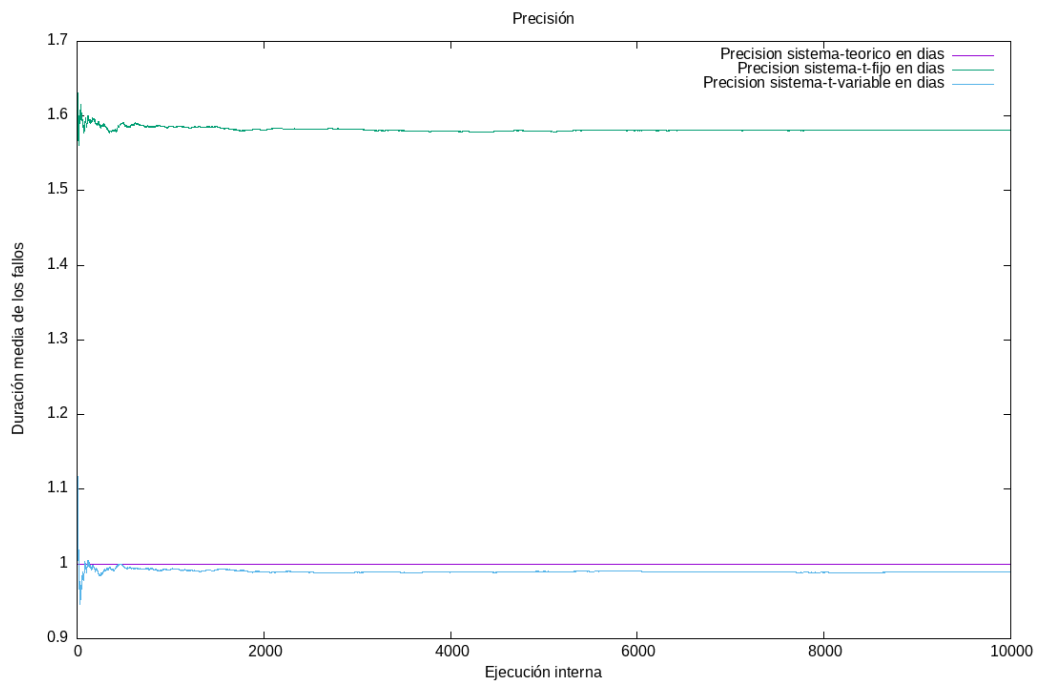
1.3.2: Precisión de los modelos

Para comparar la precisión de los modelos se ha calculado los resultados teoricos que deberían aportar ambos modelos. El cálculo se ha realizado de la siguiente manera:

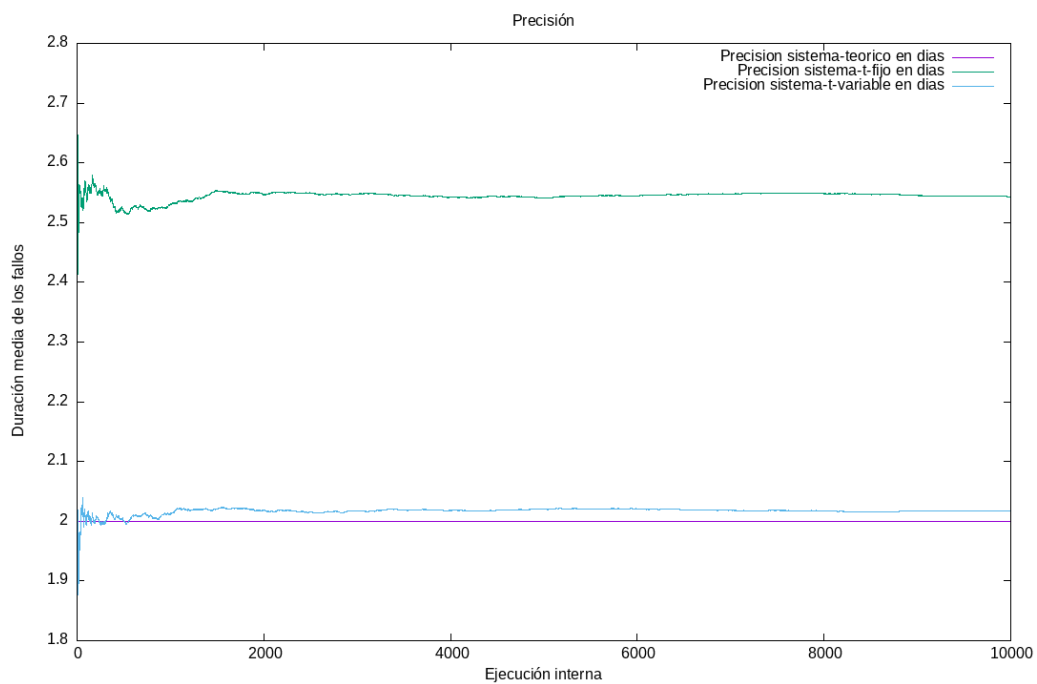
- $Dur_fallos = \frac{t_{repar}}{t_{fallo} + t_{repar}} t_{parada}$
- $Num_fallos = \frac{t_{parada}}{t_{fallo} + t_{repar}}$
- $Duración\ media\ de\ los\ fallos = \frac{Dur_fallos}{Num_fallos}$

Para obtener unos datos más fiables, se han modificado los modelos para permitir realizar mas de una ejecución interna de los mismos. El modelo devuelve los datos medios obtenidos de todas las ejecuciones internas. De esta manera podemos ver como convergen los datos obtenidos segun aumenta el número de ejecuciones realizadas.

Se ha realizado esta prueba de precisión para los modelos utilizando unidades en días, horas, minutos y segundos. Además se ha realizado la prueba para las configuraciones A y B descritas anteriormente.



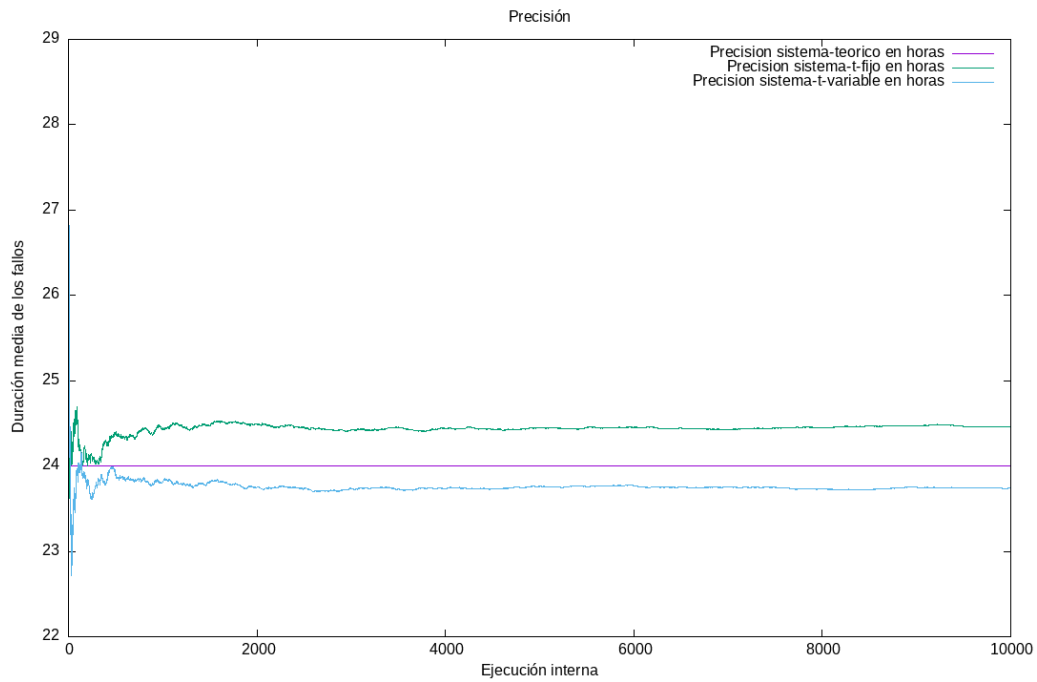
(a) Configuración A



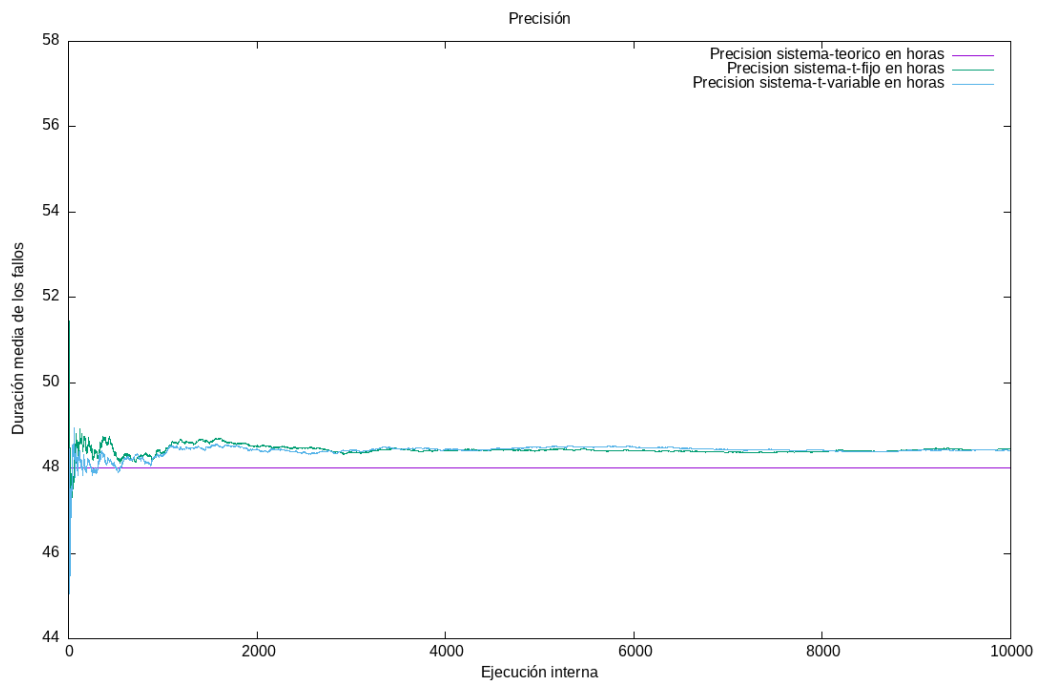
(b) Configuración B

Figura 1.2: Precisión en días

Utilizando unidades en días podemos apreciar la superioridad que presenta el modelo de incremento variable frente al de incremento fijo, ya que el modelo de incremento variable es capaz de operar con datos decimales lo que le proporciona una precisión muy superior al de incremento fijo, que no puede operar con decimales.



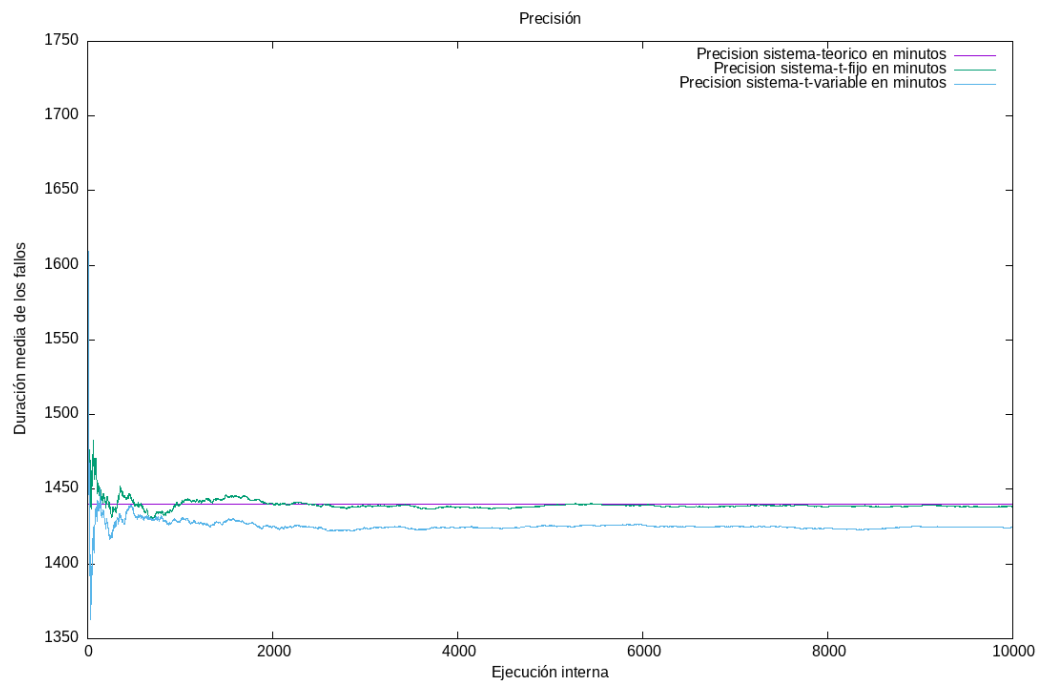
(a) Configuración A



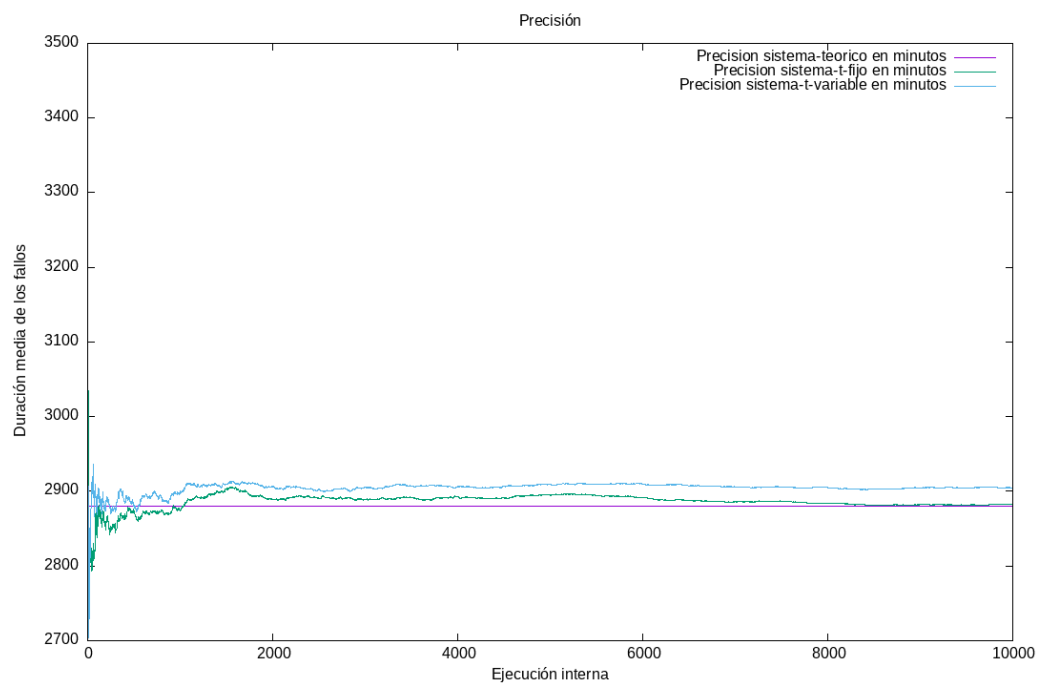
(b) Configuración B

Figura 1.3: Precisión en horas

Cuando pasamos las unidades a horas vemos como esta diferencia se reduce enormemente, llegando ambos modelos a casi solaparse para la configuración B. Sin embargo para la configuración A vemos como el modelo de incremento variable sigue siendo superior.



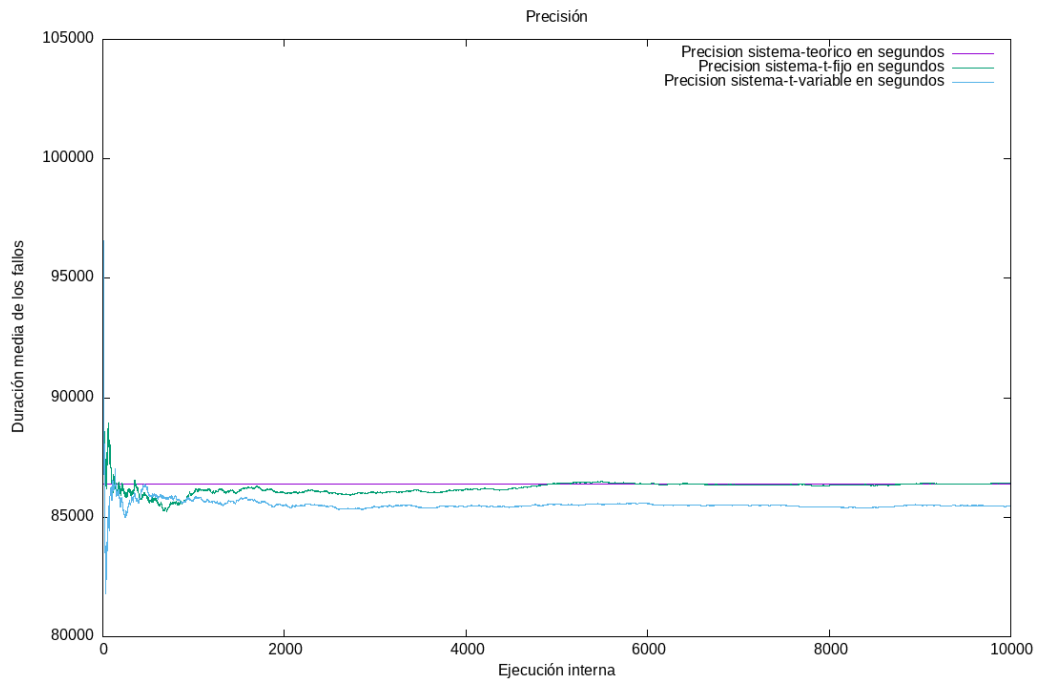
(a) Configuración A



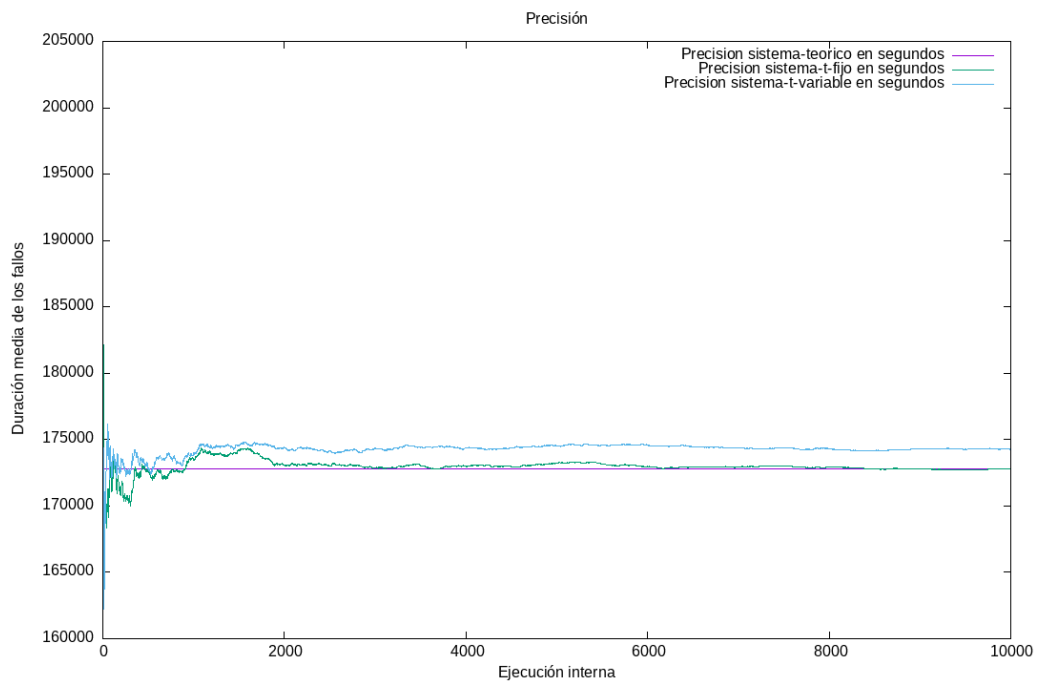
(b) Configuración B

Figura 1.4: Precisión en minutos

Convertir las unidades a minutos beneficia enormemente al modelo de incremento fijo, ya que el modelo de incremento variable no se ve afectado por el cambio de unidades. Usar unidades más pequeñas permite subsanar en gran medida los errores de precisión que comete el modelo de incremento fijo para unidades grandes, ya que le permite usar números con más cifras y superar la capacidad del modelo de incremento variable de trabajar con decimales.



(a) Configuración A



(b) Configuración B

Figura 1.5: Precisión en segundos

Para las unidades en segundo, vemos que ningún modelo gana más precisión.

Como conclusión podemos establecer que el modelo de incremento variable es independiente de las unidades, ya que no contiene un reloj interno, si no que simplemente salta entre los distintos eventos, mientras que el modelo de incremento fijo, al si contar con dicho reloj, se ve muy beneficiado cuando más grandes sean las unidades en las que se mide el reloj.

1.4: Comparación del modelo con diferentes parámetros

Este apartado pide investigar la diferencia entre:

- un sistema con m reparadores y **trepar** = x días. (Sistema A)
- un sistema con 1 reparador ($m = 1$) y **trepar** = $\frac{x}{m}$ días. (Sistema B)
- un sistema con $m = \frac{m}{2}$ reparadores y **trepar** = $\frac{x}{2}$ días. (Sistema C)

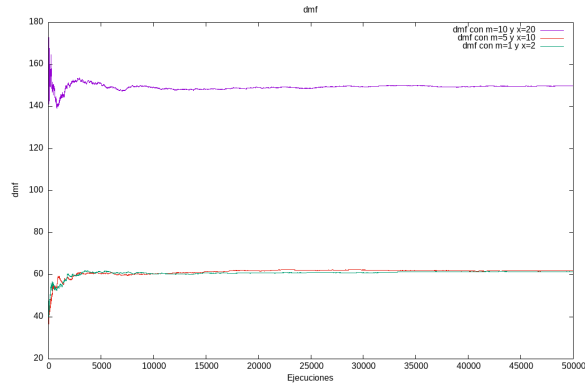
Para ello hemos ejecutado el simulador 50000 veces para cada sistema, obteniendo los valores medios de las ejecuciones. Esto puede verse en la figura 1.6 que se muestra más adelante.

Los valores elegidos para las simulaciones han sido $m = 10$, $x = 20$, totalMaq = 10, maqRepuesto = 5, **tfallo** = 10, **tparada** = 365 y 10000 ejecuciones internas de la simulación.

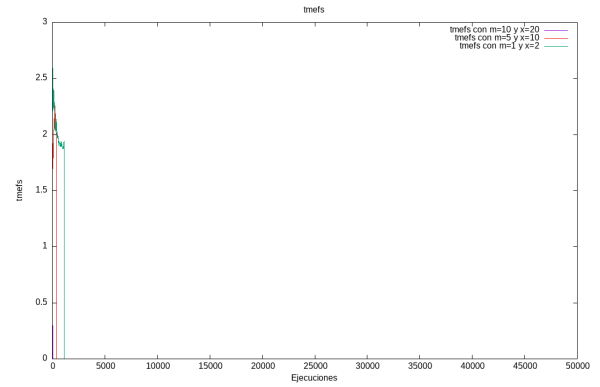
Comentaré los resultados en función de cada medida de rendimiento:

- Duración media de los fallos (**DMF**): Vemos como el sistema A tiene el doble de DMF que los sistemas B y C.
- Tiempo medio entre fallos del sistema (**TMEFS**): El TMEFS desciende hasta 0 para los tres sistemas de forma muy abrupta, por lo que no resulta una buena medida para establecer una comparación.
- Número medio de máquinas en reparación (**NMMR**): Vemos que para el NMMR no existe una gran diferencia entre los tres sistemas, aunque si podemos ver que hay una diferencia similar a la que hay para la DMF. Los sistemas B y C son bastante similares, mientras que el sistema A tiene un valor superior de NMMR.
- Porcentaje de ocio de los trabajadores (**TOR**): Mismo caso cuando se trata del TOR. El sistema A obtiene valores superiores a los del B y C mientras que estos obtienen valores cercanos entre si.
- Porcentaje de duración total de los fallos (**DTF**): No debería sorprender a nadie, que el DTF sigue la misma tendencia que las medidas de rendimiento anteriores.

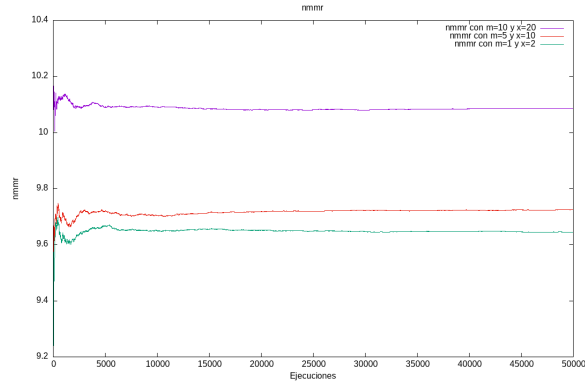
Por todo esto podemos establecer que el sistema A no es equivalente ni al sistema B ni al C, mientras que estos dos ultimos si que podrian considerarse muy similares.



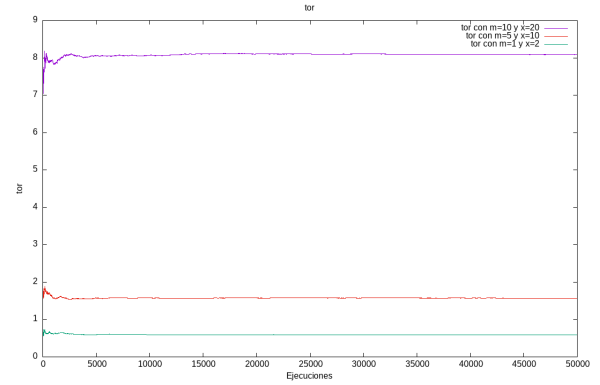
(a) Duración media de los fallos



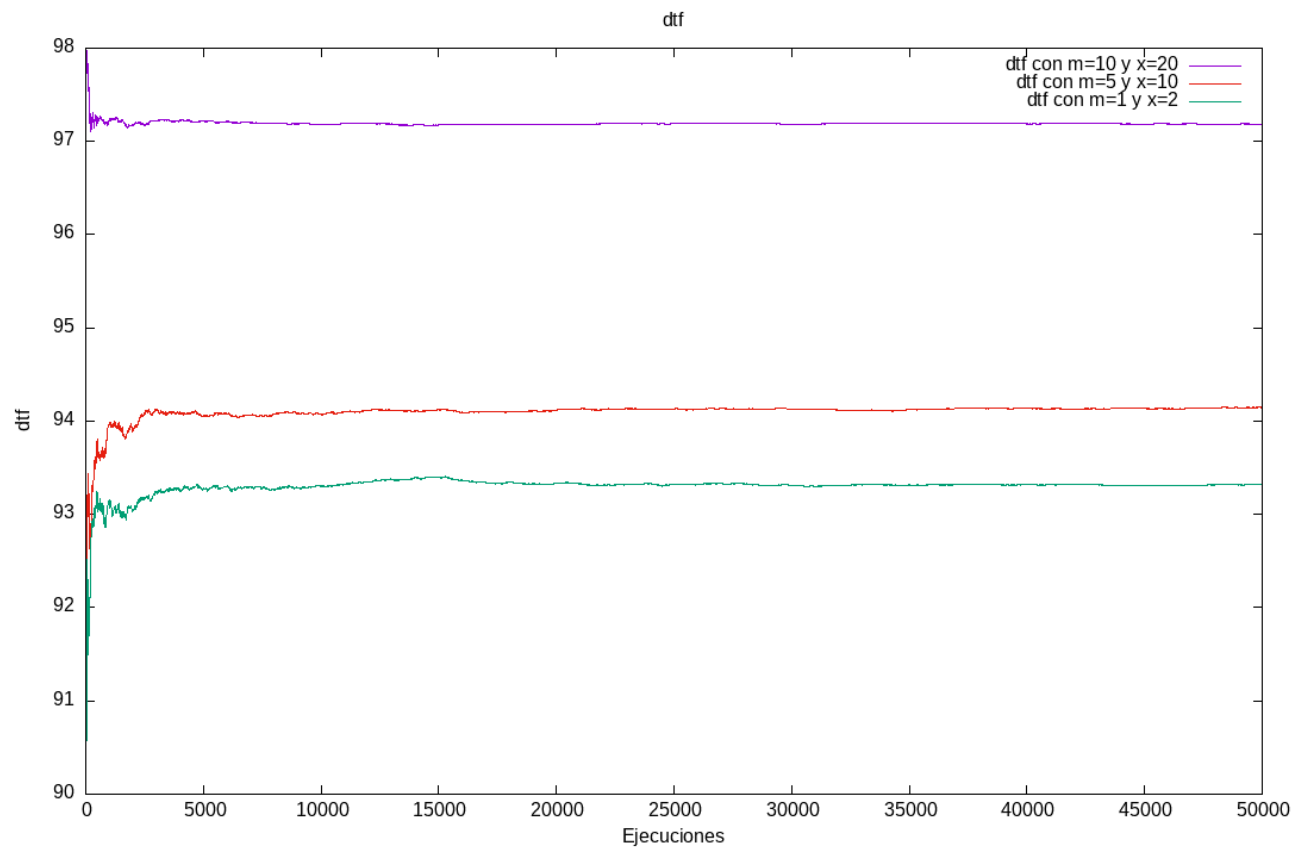
(b) Tiempo medio entre fallos del sistema



(c) Número medio de máquinas en reparación



(d) Porcentaje de tiempo de ocio de los trabajadores



(e) Porcentaje de duración total de los fallos

Figura 1.6: Comparación del modelo con diferentes parámetros

1.5: Configuración óptima del modelo

Para encontrar los valores óptimos de m y s he implemento una sencilla búsqueda local (BL). Esta BL parte del punto $m = 1$ y $s = 1$ y aleatoriamente aumenta el valor de m o s hasta que encuentra una configuración para la que la simulación aporte un **DTF** inferior al 10 %.

Los resultados obtenidos por esta BL son:

m	s	DTF
7	9	8.859.598
7	9	8.859.598
8	8	8.734.942
9	8	7.629.614
6	12	9.031.083
6	12	9.031.083
9	8	7.654.179
7	11	4.708.119
9	8	7.386.688
9	8	7.386.688
media	7,7	9,3

Por tanto los valores optimos son $m = 7.7$ y $s = 9.3$

1.6: Modificación al modelo original

El código que adapata el nuevo grafo de sucesos original se encuentra disponible en `src/reparadores_mantenimiento.cpp`.

1.7: Configuración optima del nuevo modelo

Igual que en el apartado anterior, para el modelo modificado se ha realizado el mismo proceso de BL.

m	s	DTF
7	8	8.890.568
7	8	8.890.568
9	7	9.921.217
9	7	9.965.062
7	9	6.038.984
10	7	9.866.929
9	7	9.664.355
9	7	9.664.355
9	7	9.970.577
8	8	6.446.058
media	8,4	7,5

Podemos ver como de media el numero de reparadores aumenta ligeramente mientras que el numero de repuestos descende, por lo que el sistema modificado mejora al sistema original en cuanto al uso de recursos.

Apartado 2:

Mi Tercer Modelo de Simulación Discreto

2.1: Modificaciones al sistema

El código que contiene las modificaciones al sistema se encuentra disponible en `src/puerto.cpp`.

2.2: Comparativa de las modificaciones

Modificación	Media	Dt
Original	1.788.112,13	32.264,37
4 puntos de ataque	1.790.571,88	32.579,02
5 puntos de ataque	1.790.525,50	32.605,38
Remolcador al que no afectan las tormentas	1.788.556,88	32.181,05
Remolcador más rapido	1.787.903,63	31.801,75

Apartado 3:

Análisis de Salidas y Experimentación

3.1: Comparación de modificaciones

3.1.1: Modelo A vs Modelo B

Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 1 simulación
El Modelo A es preferible un 13 % de veces
El Modelo B es preferible un 87 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 5 simulaciones
El Modelo A es preferible un 25 % de veces
El Modelo B es preferible un 75 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 10 simulaciones
El Modelo A es preferible un 50 % de veces
El Modelo B es preferible un 50 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 25 simulaciones
El Modelo A es preferible un 0 % de veces
El Modelo B es preferible un 100 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 50 simulaciones
El Modelo A es preferible un 0 % de veces
El Modelo B es preferible un 100 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 100 simulaciones
El Modelo A es preferible un 0 % de veces
El Modelo B es preferible un 100 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y B con 500 simulaciones
El Modelo A es preferible un 0 % de veces
El Modelo B es preferible un 100 % de veces

3.1.2: Modelo A vs Modelo C

Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 1 simulación
El Modelo A es preferible un 86 % de veces
El Modelo C es preferible un 14 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 5 simulaciones
El Modelo A es preferible un 57 % de veces
El Modelo C es preferible un 43 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 10 simulaciones
El Modelo A es preferible un 86 % de veces
El Modelo C es preferible un 14 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 25 simulaciones
El Modelo A es preferible un 40 % de veces
El Modelo C es preferible un 60 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 50 simulaciones
El Modelo A es preferible un 29 % de veces
El Modelo C es preferible un 71 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 100 simulaciones
El Modelo A es preferible un 37 % de veces
El Modelo C es preferible un 63 % de veces
Resultados de la comparacion con los Modelos A y C con 500 simulaciones
El Modelo A es preferible un 36 % de veces
El Modelo C es preferible un 64 % de veces

3.2: Comparación mediante intervalos de cofianza