1. **(10 puntos)** Corre 10 réplicas del modelo por 10 horas. Considera como métrica del sistema real un tiempo promedio en el sistema de 34.45 minutos con una tolerancia del 10% sobre ese valor. ¿Qué puedes concluir sobre la validación del modelo?

Al ejecutar el modelo con 10 repeticiones obtenemos un tiempo promedio de la entidad en el sistema de 29.2050 minutos y un half width de 4.6084.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

El tiempo promedio de la simulación (29.205 minutos) genera un intervalo de confianza entre 33.8134 y 24.5966.

A diagram of a mathematical equation

Description automatically generated

Ya que mi intervalo de confianza contiene a μ0, pero es más amplio que la banda de tolerancia,

podemos realizar más réplicas para mejorar la precisión del modelo y mirar si con el intervalo de confianza reducido podemos aceptar o rechazar el modelo.

1. **(10 puntos)** Halla el tiempo de calentamiento adecuado para tus estadísticas. Realiza el gráfico de la evolución del tiempo en el sistema señalando en qué momento se vuelve estable. A partir de aquí, todas las corridas que hagas deben considerar este tiempo de calentamiento y un tiempo de corrida de 11 veces éste último.

NOTA: El detalle de los cálculos se encuentra en el documento Excel, en la hoja “Tiempo de arranque”.

Cortamos los datos para todas las repeticiones desde la entidad número 212 para tener el mismo número de entidades en todas las réplicas. Ya con estos datos procedemos a graficar el tiempo promedio en el sistema por entidad, lo que nos genera la grafica que se observa a continuación. Podemos ver que el sistema se empieza a estabilizar desde la entidad 191. Al inicio de la grafica el tiempo aumenta, entre las entidades 80 y 100 se observa un estabilización pero luego el tiempo vuelve a aumentar, hasta que en la entidad 191 se estabiliza.

A graph with blue lines and red circle

Description automatically generated

Para calcular el tiempo de calentamiento usamos la siguiente formula:

A black and white math equation

Description automatically generated

Donde:

E = el número de entidad en la que se llega al estado estable = 191

W = el tiempo promedio de las entidades en el sistema en estado estable = 0.4895909

WIP = la cantidad de entidades en promedio en el sistema durante el estado estable = 11.7995

Con estos valores obtenemos un tiempo de calentamiento, T0, de 7.92506987 horas.

Por la regla que menciona Banks, el tiempo total de corridade bería ser de 11 veces ese tiempo de calentamiento, por lo tanto nuestro tiempo total de corridade, Tt, es de 7.92506987 \* 11 = 87.1757686 horas.

T0 = 7.92506987 horas

Tt = 87.1757686 horas

1. **(10 puntos)** Encuentra el número de réplicas adicionales necesarias para llegar a una conclusión con respecto a la validación del modelo. Grafica los intervalos y señala qué tanto se debe reducir el intervalo de la simulación para validar el tiempo en el sistema. **Nota:** Si ya puedes obtener una conclusión aún así debes graficar los intervalos de confianza e indicar cuál es esta conclusión.

NOTA: El detalle de los cálculos se encuentra en el documento Excel, en la hoja “Replicas adicionales”.

Primero debemos evaluar cual es nuestro valor de Half Width deseado. Para este análisis consideramos los intervalos de confianza de nuestro sistema real, (37.895 min, 31.005 min), y comparamos estos intervalos contra el tiempo promedio de nuestro modelo el cual nos dio un valor de 33.4226 minutos (habiendo corrido la simulación con nuestro tiempo de calentamiento de 7.9 horas y con duración definida de 87.1 horas).

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Calculo diferencia entre promedio simulacion y limite superior IC sistema real = |33.4226 - 37.895| = 4.4724

Calculo diferencia entre promedio simulacion y limite inferior IC sistema real = |33.4226 - 31.005| = 2.4176

Con estos cálculos tomamos el menor valor, en este caso 2.4176 minutos, el cual será nuestro HalfWidth deseado. Graficamos los intervalos del sistema real y de la simulación. Desde la media de la simulación con calentamiento, 33.4226, al intervalo inferior del sistema real, 31.005, hay una diferencia de 2.4176, siendo este valor lo que esperaríamos que se redujera del intervalo de confianza.

A diagram of a graph

Description automatically generated

Para el cálculo de nuestra cota mínima de R usamos la siguiente formula, donde

A math equation with a square and a line

Description automatically generated with medium confidence

Z = 2.26215716

S = 3.94013111

E = 2.4176

R\_min = (2.26215716 \* 3.94013111 / 2.4176) ^ 2 = 10.2034875

El calculo de nuestra cota mínima será por lo tanto 11 replicas. Ahora procedemos a evaluar nuestro criterio de decisión en comparación al número de replicas. El criterio de decisión estará dado por la siguiente formula:

A math equation with a number and a line

Description automatically generated with medium confidence

Como se observa en la siguiente tabla nuestro criterio de decisión se cumple con 13 replicas. Este será nuestro R que nos va a satisfacer la precisión que necesitamos para nuestro half width deseado.

A screenshot of a table

Description automatically generated

1. **(10 puntos)** Corre el sistema con las nuevas réplicas, ¿qué puedes concluir sobre la validación del modelo?

(No es necesario si en el literal anterior obtuviste una conclusión). Es posible que a pesar de tener el número de réplicas adicionales no sea posible validar la estadística. ¿Por qué ocurre esto?

Al correr nuestro modelo con tiempo de calentamiento de 7.92 horas, con 13 replicas y con un tiempo total de 87.17 horas se obtiene un tiempo promedio en el sistema de 33.7728 minutos con un Hald Width de 2.4219.

A screenshot of a computer

Description automatically generated

A screenshot of a computer

Description automatically generated

Al graficar los intervalos de confianza de la simulación (33.7728 + 2.4219, 33.7728 - 2.4219) contra el sistema real, podemos evidenciar que ahora los intervalos de confianza de la simulación se encuentra dentro de los intervalos de confianza del sistema real.

A diagram of a number

Description automatically generated with medium confidence

Con estos resultados podemos concluir que el valor que arroja el modelo de simulación estará dentro de los rangos de tolerancia, por lo que puedo aceptar el modelo.