

# PRACTICA N° 01: Simulación Ad Hoc

LEINER LIBARDO MENDOZA RODRIGUEZ - 160004249

September 2023

## 1 5.1. GENERACIÓN DE VALORES ALEATORIOS

Tomando las recomendaciones descritas en el punto se realizó el procedimiento de generar valores aleatorios, usando como base la plantilla de Excel, tomando valores entre 0 y 10 para Time Between Arrivals (Tiempo entre llegadas) y para Service Time (Tiempo de servicio) valores entre 1 y 6 valores enteros para ambos casos.

Customer	Time Between	Arrival Time	Service Time	Service Begins	Time Service Ends	Time in System	Idle Time	Time in Queue
1	-	0	2	0	2	2	0	0
2	4	4	2	4	6	2	2	0
3	1	5	2	6	8	3	0	1
4	1	6	5	8	13	7	0	2
5	2	8	3	13	16	8	0	5
6	2	10	4	16	20	10	0	6
7	3	13	6	20	26	13	0	7
8	5	18	1	26	27	9	0	8
9	4	22	1	27	28	6	0	5
10	7	29	2	29	31	2	1	0
11	9	38	1	38	39	1	7	0
12	9	47	5	47	52	5	8	0
13	1	48	2	52	54	6	0	4
14	3	51	2	54	56	5	0	3
15	5	56	2	56	58	2	0	0
16	10	66	3	66	69	3	8	0
17	10	76	3	76	79	3	7	0
18	2	78	5	79	84	6	0	1
19	5	83	2	84	86	3	0	1
20	2	85	1	86	87	2	0	1
				Sum	98	33	44	

Figure 1: Simulación 20 clientes

## 2 5.2. CALCULAR LAS MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Usando los datos de la anterior tabla se generaron las medidas de desempeño de acuerdo con la simulación.

Average time in system:	4.9
Percent idle time:	38%
Average waiting time per customer:	2.2
Fraction having to wait:	0.6
Average waiting time of those who waited:	3.6666666

Figure 2: Medidas de desempeño

Interpretando los resultados de las medidas de desempeño tomadas para la anterior simulación tenemos que el tiempo promedio en el sistema por cliente es de 5 minutos teniendo en cuenta que solo hay un cajero para la atención. De esta forma el tiempo de ocio del cajero corresponde al 38% del tiempo total, cada cliente en promedio tuvo que esperar 2.2 minutos y el 60% de los clientes tuvieron que esperar para ser atendidos. El tiempo de espera promedio para los clientes que esperaron fue de casi de 4 minutos.

### 3 5.3. REPETIR LAS SIMULACIONES

Con el fin de obtener una visión más amplia y exacta de la simulación se repitió el punto 5.1 y 5.2, 10 veces y de esta forma generar la siguiente tabla de resultados obtenidos.

Run	Average time in system:	Percent idle time:	Average waiting time per customer:	Fraction having to wait:	Average waiting time of those who waited:
1	5.15	36%	1.5	0.4	3.75000
2	4.1	41%	0.6	0.25	2.40000
3	6.7	13%	3.2	0.65	4.92308
4	4.35	33%	0.85	0.3	2.83333
5	4.5	27%	0.95	0.45	2.11111
6	4.05	41%	0.75	0.25	3.00000
7	4.25	42%	0.6	0.25	2.40000
8	4.85	28%	0.55	0.3	1.83333
9	4.9	38%	2.2	0.6	3.66667
10	6.05	17%	2.55	0.65	3.92308

Figure 3: Medidas de desempeño de 10 simulaciones

Como se puede apreciar en las 10 simulaciones realizadas, en el tiempo promedio de uso del sistema es de aproximadamente 4 minutos y un poco más a excepción de dos simulaciones en las cuales este valor aumenta hasta 6 minutos, lo cual podemos inferir que son relativamente cerca entre unas y otras sin tomar en cuenta las dos simulaciones de 6 minutos. Estos valores obtenidos de forma aleatoria en la simulación representan de forma aproximada el comportamiento del sistema. En el tiempo de ocio del sistema este no sobrepasa el 45% en ninguna de las simulaciones siendo 42% el valor más alto que podemos encontrar. En el tiempo promedio de espera por cliente podemos ver que 7 de las 10 simulaciones los clientes no deben esperar más de un minuto en la cola y el porcentaje de los que esperar no sobrepasa el 50%, las personas en la fila en este sistema de atención de 20 clientes esperaran por lo general de 2 a 3 minutos.

### 4 5.4. CALCULAR EL INTERVALO DE CONFIANZA DE LAS MEDIDAS DE DESEMPEÑO

Tomando como referencia los valores de la figura(3) fueron calculadas las siguientes medidas de tendencia:

- La media de la muestra (sample mean)
- La desviación estándar de la muestra (sample standard deviation)
- La media anchura (half-width)
- Los intervalos de confianza (confidence intervals) para 95% y 99% de confianza.

*Tiempo promedio en el sistema*

Average time in system: 95.0% confidence $\bar{X} = 4.89$ $S = 0.8739438069909174$ $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.975} = 2.2621571627409915$ $h = 0.6251817377454346$ Intervalo de confianza : $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (4.264818262254565, 5.515181737745435)$
Average time in system: 99.0% confidence $\bar{X} = 4.89$ $S = 0.8739438069909174$ $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.995} = 3.2498355440153697$ $h = 0.8981417676270599$ Intervalo de confianza : $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (3.9918582323729397, 5.788141767627059)$

Figure 4: Tiempo promedio en el sistema

El valor de la media es de 4.89 lo que nos indica que es lo que un cliente promedio dura en el sistema aproximadamente unos 5 minutos. Con una desviación estándar de 0.873 el valor nos permite identificar que los datos no presentan mucha dispersión entre sí con respecto a la media muestral en cuanto tiempo dura un cliente a otro en el sistema. En los intervalos de confianza podemos identificar en cuanto tiempo aproximadamente tarda el siguiente cliente en el sistema para un nivel de confianza del 95% tenemos que puede oscilar entre 4.264 minutos a 5.515 aproximadamente y con un nivel de confianza del 99% tenemos una mayor certeza que el cliente en el sistema se tardará entre 3.991 minutos a 5.788 minutos aproximadamente. Se puede observar un fenómeno particular que sucederá de aquí en adelante y es que a medida que aumentamos el nivel de confianza el intervalo de confianza será mayor, esto debido a que se debe garantizar que cualquier valor entrante con un alto nivel de seguridad estará presente, por lo cual debe extender el intervalo, pero a su vez se pierde precisión.

### *Porcentaje Tiempo de ocio del servicio*

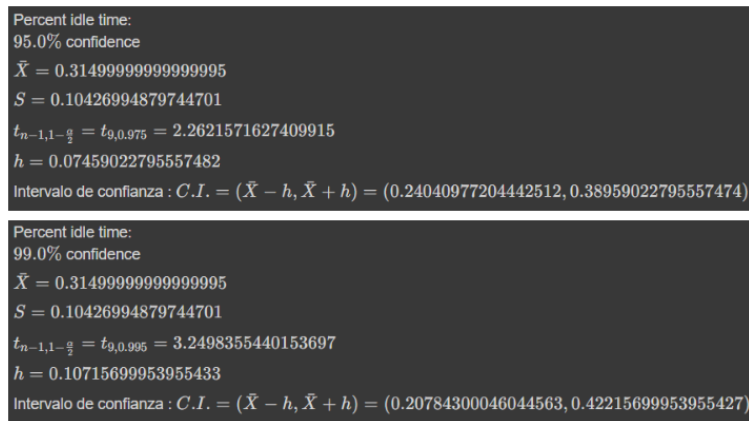


Figure 5: Porcentaje Tiempo de ocio del servicio

Para la medida de desempeño de porcentaje de ocio del sistema tenemos una media del 31% lo cual nos indica que todo el tiempo que está disponible el sistema ese porcentaje está en desuso el sistema y con una desviación estándar de 0.104 con respecto a la media muestral que nos indica que el tiempo de ocio real no está alejado de la media. En los intervalos de confianza tenemos que con un 95% de confianza el tiempo de ocio del sistema está entre el 24% al 38% y con un 99% de confianza está entre un 20% a 42% de ocio.

### *Tiempo promedio de espera por cliente*

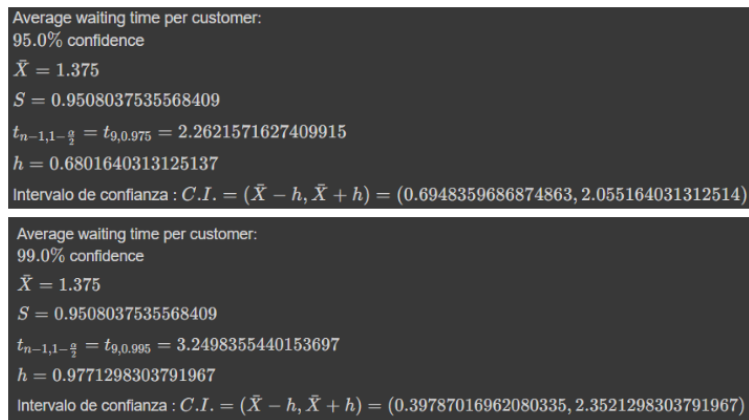


Figure 6: Tiempo promedio de espera por cliente

En el tiempo medio de espera por cliente se tiene una media de 1.375 minutos lo cual nos dice que cada cliente espera un aproximado de un minuto y medio en ser atendido y con una desviación estándar del 0.95 la cual es algo baja que indica que es baja, con un nivel de confianza del 95% se tiene que los clientes pueden

esperar entre 0.69 minutos a 2.05 minutos cada uno y con el 99% de confianza tendrían que esperar entre 0.39 minutos a 2.35 minutos aproximadamente.

### *Fracción de clientes que tuvo que esperar*

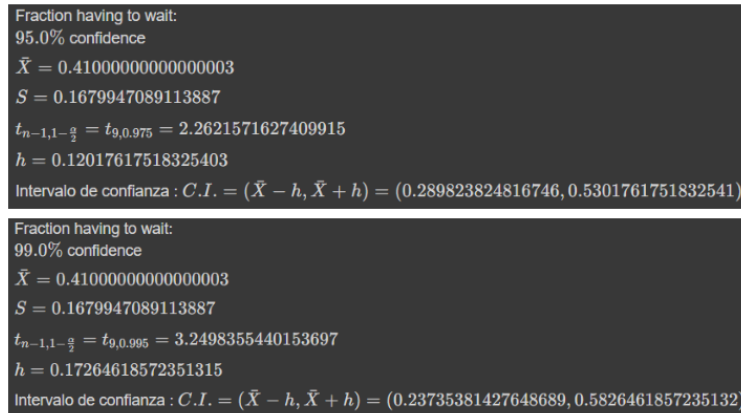


Figure 7: Fracción de clientes que tuvo que esperar

La fracción de clientes que tuvo que esperar como lo indica la media es de el 41% de todos los clientes totales y una desviación estándar del 0.16 que muy baja lo que nos indica que no está alejada de la media muestral. Con un intervalo de confianza del 95% tenemos que de todos los clientes que tuvieron que esperar están entre 28% a 53% y para un nivel de confianza del 99% es de 23% a 58% aproximadamente.

### *Promedio de espera de aquellos clientes que tuvieron que esperar*

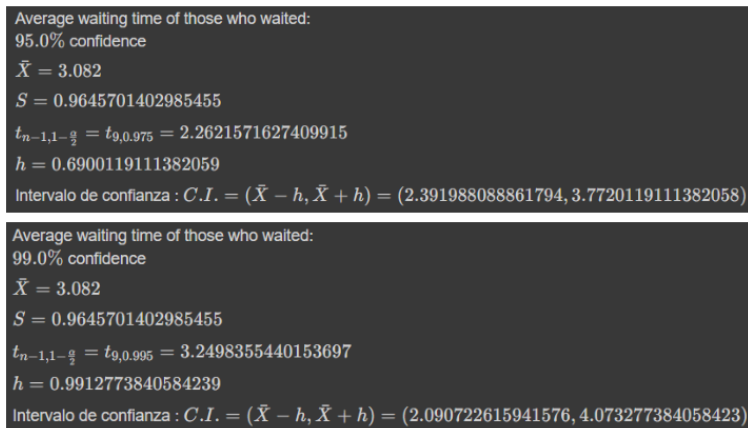


Figure 8: Promedio de espera de aquellos clientes que tuvieron que esperar

El tiempo promedio es de esperar que los clientes que tuvieron que esperar es de 3.082 minutos, con una desviación estándar de 0.96 la cual nos indica que el rango de minutos que tiene que esperar entre uno y otro cliente que tuvo que esperar va variar más. Con un nivel de confianza del 95% tenemos que seria aproximadamente entre 2.39 minutos a 3.77 minutos y con el 99% de confianza serían 2.09 minutos a 4.07 minutos aproximadamente lo que tiene que esperar los clientes que tuvieron que esperar, entre ambos intervalos de confianza no se nota una diferencia muy grande generando más exactitud.

## 5 5.5. REPETIR LOS PASOS ANTERIORES CON 200 CLIENTES

Con el fin de obtener un análisis más efectivo de los datos sea realizaron los anteriores ejercicios, pero esta vez con 200 clientes(tiradas).La cual podemos observar a continuación:

### 5.2. calcular las medidas de desempeño con 200 clientes.

Average time in system:	4.12
Percent idle time:	38%
Average waiting time per customer:	0.64
Fraction having to wait:	0.29
Average waiting time of those who waited:	2.2068965

Figure 9: Medidas de desempeño con 200 clientes

Interpretando los resultados de las medidas de desempeño tomadas para la anterior simulación tenemos que el tiempo promedio en el sistema por cliente es de 4 minutos teniendo en cuenta que solo hay un cajero para la atención para 200 clientes. De esta forma el tiempo de ocio del cajero corresponde al 38% del tiempo total, cada cliente en promedio tuvo que esperar 0.64 minutos y el 24% de los clientes tuvieron que esperar para ser atendidos. El tiempo de espera promedio para los clientes que esperaron fue de casi de 2.2 minutos.

### 5.3. repetir las simulaciones con 200 clientes.

Run	Average time in system:	Percent idle time:	Average waiting time per customer:	Fraction having to wait:	Average waiting time of those who waited:
1	4.435	37%	0.96	0.37	2.594594595
2	4.54	36%	1.05	0.335	3.134328358
3	4.35	36%	0.845	0.34	2.485294118
4	4.345	36%	0.86	0.345	2.492753623
5	4.275	36%	0.79	0.325	2.430769231
6	4.11	39%	0.605	0.295	2.050847458
7	4.03	39%	0.57	0.265	2.150943396
8	4.25	37%	0.75	0.315	2.380952381
9	4.12	38%	0.64	0.29	2.206896552
10	4.265	36%	0.765	0.32	2.390625

Figure 10: Medidas de desempeño de 10 simulaciones con 200 clientes

Como se puede apreciar en las 10 simulaciones realizadas, el tiempo promedio de uso del sistema es de aproximadamente 4 minutos y un poco más, lo cual podemos inferir que son relativamente cerca entre unas y otras. Estos valores obtenidos de forma aleatoria en la simulación representan de forma aproximada el comportamiento del sistema. En el tiempo de ocio del sistema este no sobrepasa el 40% en ninguna de las simulaciones siendo 39% el valor más alto que podemos encontrar. En el tiempo promedio de espera por cliente podemos ver que los clientes no deben esperar más de un minuto en la cola y de los que tuvieron que esperar son aproximadamente el 35% cuando más y las personas en la fila en este sistema de atención de 200 clientes esperaran por lo general de 2 a 3 minutos.

### 5.4. calcular el intervalo de confianza de las medidas de desempeño con 200 clientes

Con los nuevos datos generados se calcularon nuevamente las medidas de desempeño.

- La media de la muestra (sample mean)
- La desviación estándar de la muestra (sample standard deviation)
- La media anchura (half-width)
- Los intervalos de confianza (confidence intervals) para 95% y 99% de confianza.

### *Tiempo promedio en el sistema*

```
Average time in system:
95.0% confidence
 $\bar{X} = 4.269999999999999$ 
 $S = 0.15491933384829654$ 
 $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.975} = 2.2621571627409915$ 
 $h = 0.110822615333951$ 
Intervalo de confianza :  $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (4.159177384666048, 4.380822615333949)$ 

Average time in system:
99.0% confidence
 $\bar{X} = 4.269999999999999$ 
 $S = 0.15491933384829654$ 
 $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.995} = 3.2498355440153697$ 
 $h = 0.1592087766159566$ 
Intervalo de confianza :  $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (4.110791223384042, 4.429208776615956)$ 
```

Figure 11: Tiempo promedio en el sistema

El valor de la media es de 4.26 lo que nos indica que es lo que un cliente promedio dura en el sistema aproximadamente unos 4 minutos y medio. Con una desviación estándar de 0.154 el valor nos permite identificar que los datos no presentan mucha dispersión entre sí con respecto a la media muestral en cuanto tiempo dura un cliente a otro en el sistema. En los intervalos de confianza podemos identificar en cuanto tiempo aproximadamente tarda el siguiente cliente en el sistema para un nivel de confianza del 95% tenemos que puede oscilar entre 4.159 minutos a 4.380 aproximadamente y con un nivel de confianza del 99% tenemos una mayor certeza que el cliente en el sistema se tardará entre 4.110 minutos a 4.429 minutos aproximadamente.

### *Porcentaje Tiempo de ocio del servicio*

```
Percent idle time:
95.0% confidence
 $\bar{X} = 0.37$ 
 $S = 0.012472191289246483$ 
 $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.975} = 2.2621571627409915$ 
 $h = 0.008922068171123987$ 
Intervalo de confianza :  $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (0.361077931828876, 0.378922068171124)$ 

Percent idle time:
99.0% confidence
 $\bar{X} = 0.37$ 
 $S = 0.012472191289246483$ 
 $t_{n-1, 1-\frac{\alpha}{2}} = t_{9, 0.995} = 3.2498355440153697$ 
 $h = 0.012817524240231925$ 
Intervalo de confianza :  $C.I. = (\bar{X} - h, \bar{X} + h) = (0.3571824757597681, 0.3828175242402319)$ 
```

Figure 12: Porcentaje Tiempo de ocio del servicio

Para la medida de desempeño de porcentaje de ocio del sistema tenemos una media del 37% lo cual nos indica que todo el tiempo que está disponible el sistema ese porcentaje está en desuso el sistema y con una desviación estándar de 0.012 con respecto a la media muestral que nos indica que el tiempo de ocio real no está alejado de la media. En los intervalos de confianza tenemos que con un 95% de confianza el tiempo de ocio del sistema está entre el 36% al 37% y con un 99% de confianza está entre un 35% a 38% de ocio.

### *Tiempo promedio de espera por cliente*

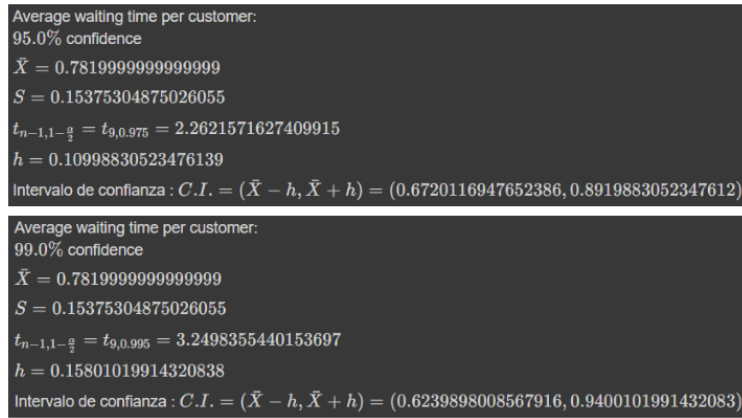


Figure 13: Tiempo promedio de espera por cliente

En el tiempo medio de espera por cliente se tiene una media de 0.781 minutos lo cual nos dice que cada cliente espera un aproximado de un minuto en ser atendido y con una desviación estándar del 0.153 la cual es algo baja que indica que es baja, con un nivel de confianza del 95% se tiene que los clientes pueden esperar entre 0.67 minutos a 0.891 minutos cada uno y con el 99% de confianza tendrían que esperar entre 0.62 minutos a 0.94 minutos aproximadamente.

#### *Fracción de clientes que tuvo que esperar*

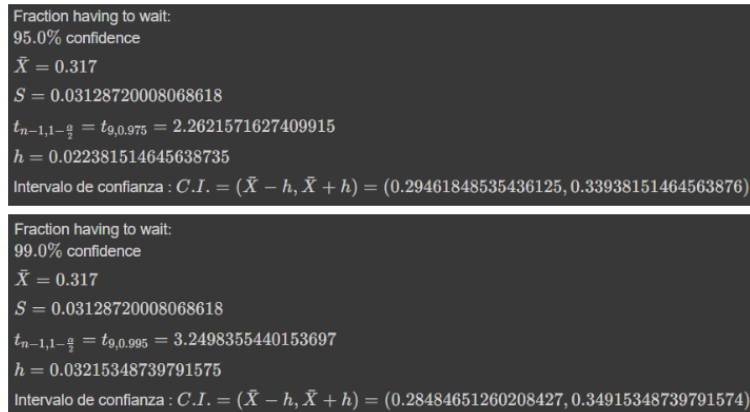


Figure 14: Fracción de clientes que tuvo que esperar

La fracción de clientes que tuvo que esperar como lo indica la media es del 31% de todos los clientes totales y una desviación estándar del 0.031 que muy baja lo que nos indica que no está alejada de la media muestral. Con un intervalo de confianza del 95% tenemos que de todos los clientes que tuvieron que esperar están entre 29% a 34% y para un nivel de confianza del 99% es de 28% a 35% aproximadamente.

### *Promedio de espera de aquellos clientes que tuvieron que esperar*

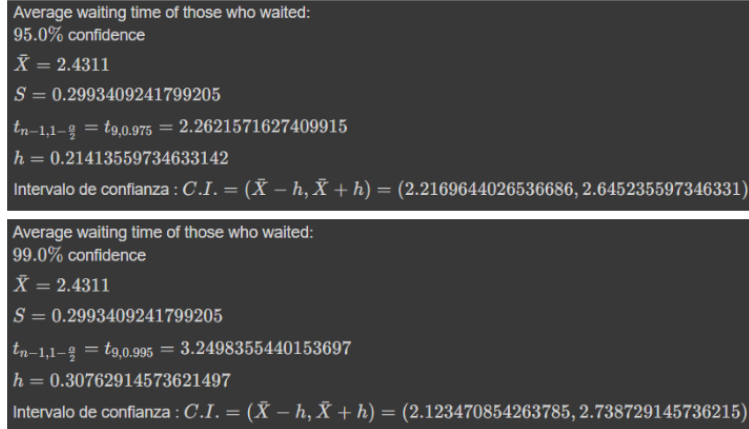


Figure 15: Promedio de espera de aquellos clientes que tuvieron que esperar

El tiempo promedio es de esperar que los clientes que tuvieron que esperar es de 2.431 minutos, con una desviación estándar de 0.299 bastante baja lo cual los datos no varían mucho. Con un nivel de confianza del 95% tenemos que sería aproximadamente entre 2.21 minutos a 2.64 minutos y con el 99% de confianza serían 2.12 minutos a 2.73 minutos aproximadamente lo que tiene que esperar los clientes que tuvieron que esperar, entre ambos intervalos de confianza no se nota una diferencia muy grande generando más exactitud.

**¿Cuál combinación de número de clientes, repeticiones y porcentaje de confianza tiene la menor desviación estándar de la muestra y el menor rango del intervalo de confianza?**

Con base en los datos obtenidos de las simulaciones anteriormente realizadas podemos decir que el sistema con 200 clientes es más preciso a la hora de predecir de mejor manera como se comporta un sistema real, ya que sus indicadores siempre cuenta con una menor desviación estándar y el menor rango del intervalo de confianza es del 95% pero tiende a un mayor margen de error.