REVISTA INCAINGISSN 2448 9131

Aprendizaje basado en problemas para la solución de un modelo de simulación en una tienda de conveniencia.

M.Sc.A Carlos Roberto Ibáñez Juárez[1], M.I. Nancy Roxana Ruiz Chávez[2], Itzel Larissa Fernández Mijangos[3].

Profesores Investigadores 1,2; Alumnos del programa 3,
De la Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

carlos.ibanez@correo.buap.mx; nroxana.ruiz@correo.buap.mx

RESUMEN

El presente proyecto muestra un modelo de simulación basado en líneas de espera de uno y dos servidores en una tienda de conveniencia, con la finalidad de poder determinar cuál es la opción óptima para que la empresa decida si es necesario la apertura de una segunda caja registradora dentro del establecimiento tomando como base cuál es el tiempo de espera promedio y si está dentro del límite permisible de la empresa y para ello establecer el tiempo promedio del servicio a un cliente, los tiempos entre llegadas de los clientes, la comparación de la simulación de un servidory dos servidores, con los datos obtenidos decidir si con un servidor se da abasto el establecimientono rebasando los límites de tiempo de espera o es necesario dos servidores para disminuir los tiempos de espera. Este proyecto se realiza bajo la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas, donde a través de proyectos prácticos se busca que los alumnos pongan en práctica sus conocimientos en clase en una situación real y busquen diferentes soluciones para su análisis.

Palabras Claves:

Modelo de simulación de un servidor,

ABSTRACT

This project provide a simulation model based on waiting lines of one and two servers in an OXXO establishment, in order to determine which is the optimal option for the company to decide if it's necessary to open a second cash register within of the establishment based on the average waiting time and know if it's within the permissible limit time of the company and for this to establish the average time of service for a client, the times between the clients served, the comparison of the simulation of one server and two servers, with the data obtained, decide if a server is enough for the establishment without exceeding the waiting time limits or if two servers are necessary to reduce waiting times.

Keywords:

Simulation model, waiting time, servers, time between arrivals, service time.

1. INTRODUCCION

Uno de los principales factores que influyen en la decisión de un cliente al comprar en un establecimiento es el tiempo que tiene que esperar para ser atendido, esto pasa en casi todos los establecimiento y puede ser decisivo en si tiene o no clientes, la posición dentro del mercado e inclusive como una ventaja competitiva con respecto otras empresas; el presente proyecto se enfoca en una línea de espera dentro de una tienda de conveniencia para determinar si es conveniente o noabrir la segunda caja registradora con base en los límites permisibles de tiempo de espera. Es importante recalcar que para tomar una decisión como esta, se requiere de un análisis que involucran toma de tiempos, pruebas pilotos y lo más importante un modelo de simulación que nos permitirá ver un panorama de cómo es el comportamiento de una situación real, para ello la toma de datos se llevará a cabo un día en el turno que abarca las horas pico del establecimiento, dicho horario es de 7:00 A.M a 3:00 P.M. en el que se tomarán los tiempos entre llegadas de los clientes, el tiempo se servicio promedio; es importante recalcar que la toma de datos es para la construcción de nuestro modelo de simulación por lo que con base en ello se determinará el tiempo de espera de los clientes y decidir si una caja registradora es suficiente o es necesario la apertura de una segunda caja para disminuir los tiempos de espera y estar debajo del límite permisible de los criterios de la empresa.

1.1 Ubicación

El establecimiento del cual se hará el análisis es el OXXO de lomas de Angelópolis ubicado en la dirección Av. del Castillo 1, Lomas de Angelópolis, 72830 Acatepec, Puebla. Fig. 1

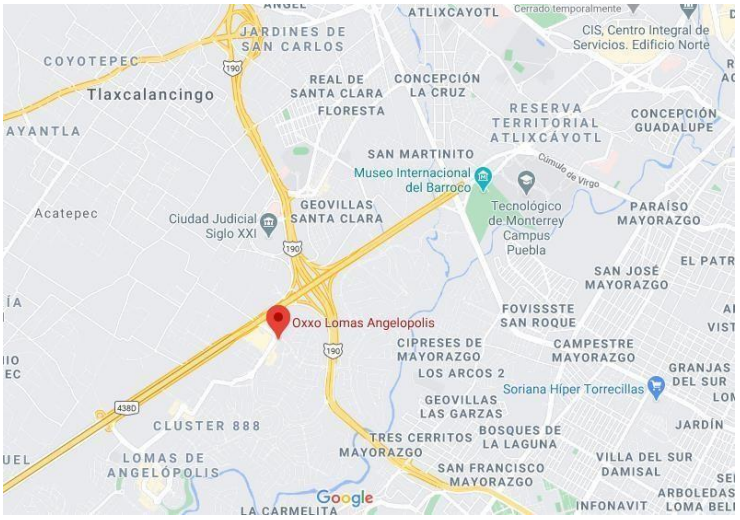


Fig. 1 Ubicación de la tienda de conveniencia

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de simulación de líneas de espera para determinar si es necesario uno o dos servidores para estar en el límite permisible de tiempo de espera de un cliente en el establecimiento OXXO de Lomas de Angelópolis.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Recolectar tiempos entre llegadas de los clientes en el establecimiento en el turno matutino.
- Tomar tiempo de servicio de clientes promedio en el establecimiento en el turno matutino.
- Crear dos modelos de simulación MM1 y MM2 de líneas de espera.

2. PROBLEMÁTICA

Una de las preocupaciones de las cadenas comerciales en especial de las cadenas de tiendas de conveniencia, es el servicio que le ofrecen a sus clientes, un servicio que se ve radicalmente marcado por el tiempo de espera en los mismos. Por esta razón cada establecimiento de esta gran cadena, determina sus tiempos de espera permisibles de acuerdo a sus necesidades.

Un establecimiento de conveniencia se encuentra ubicado en Lomas de Angelópolis que cuenta con 3 turnos, actualmente se encuentra laborando con un cajero, es decir, bajo un modelo de simulación de línea de espera con un servidor (MM1), se sabe además que, el tiempo de espera permisible establecido es de 4 minutos, mientras que el tiempo de servicio es de 2 minutos y el tiempo entre llegadas se encuentraen un rango de 0 a 4.5 minutos. Se presentan también los datos obtenidos de tiempo entre llegadasy tiempos de servicio a lo largo del primer turno, es decir de 7 a 15 horas.

Se desea saber si el modelo de simulación de línea de espera de un servidor (MM1) con el que se está trabajando actualmente es el óptimo o si es necesario adoptar un modelo de línea de espera con dos servidores (MM2), para poder cumplir con el tiempo de espera permisible ya establecido en el primer turno, que es donde se encuentra las horas pico y por ende mayor cantidad de clientes.

3. JUSTIFICACION DEL MODELO A UTILIZAR

En el presente proyecto se utilizan los modelos de línea de espera MM1 Y MM2, haciendo una comparación para ver si es necesario implementar un modelo de línea de espera con dos servidores, ya que actualmente el establecimiento se encuentra trabajando únicamente con un servidor, por este motivo primero se realiza un modelo de simulación de un solo servidor, para ver cómo está funcionando actualmente y después realizamos un modelo con 2 servidores a fin de ver qué beneficios traería a dicho establecimiento la implementación de una segunda caja.

3.1 Sistema de colas M/M/1

En este modelo, el proceso de llegada en muchas situaciones de negocios sigue una distribución de Poisson. Si, además, los tiempos de servicio se pueden modelar adecuadamente con la distribución exponencial y hay un solo empleado, se habla de un sistema de colas M/M/1. Los ejemplos de colas modeladas como sistemas M/M/1 incluyen algunos pequeños bancos, oficinas de correos rurales y tiendas de alimentos preparados.

Este modelo se basa en los siguientes supuestos:

- La llegada de cada unidad sigue una distribución de probabilidad de Poisson con tasa de llegadas λ.
- Los tiempos de servicio siguen una distribución de probabilidad exponencial, con tasa de servicios μ.
- La población de unidades que buscan ser atendidas es finita.

3.2 Sistema de colas M/M/K

Una línea de espera de múltiples canales se compone de dos o más canales de servicio que se supone son idénticos en función de capacidad de servicio. Entre los ejemplos típicos de sistemas de colas M/M/K están los bancos con varios cajeros, oficinas de correos con varias ventanillas de servicio y restaurantes de comida rápida con varias cajas.

En el sistema de múltiples canales, las unidades que llegan esperan en una sola línea y luego se dirigen al primer canal disponible para ser atendidas. En este modelo se presentan las siguientes características:

- Las llegadas siguen una distribución de probabilidad de Poisson.
- El tiempo de servicio de cada canal sigue una distribución de probabilidad exponencial.
- La tasa de servicios μ es la misma para cada canal.

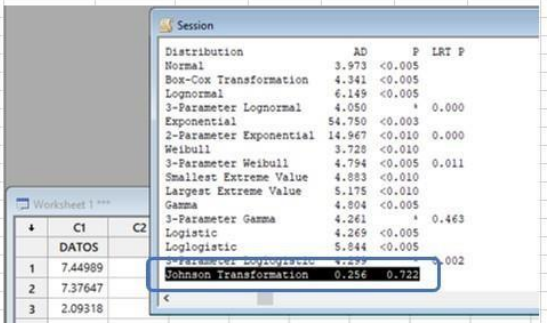
- Las llegadas esperan en una sola línea de espera y luego se dirigen al primer canal abierto para que las atiendan.

Tabla 1 Análisis de la distribución estadística

No. Clientes	TIEMPO ENTRE LLEGADAS
1	7.449890861
2	7.376473412
3	2.093180169
4	5.995433573
5	5.51713683
6	6.432548006
7	6.50664818
8	2.141427355
9	5.528895869
10	4.38680861
11	4.505179987
12	2.132593848
13	5.697386176
14	2.842976639
15	3.937222664
16	3.135499124
17	3.328757852
18	4.334181236
19	6.793466379
20	6.835446064
21	2.335165771
22	6.036955235
23	6.058995665

PROMEDIO
4.50856875

DISTRIBUCIÓN: Johnson Transformation



Justificación: Se sabe que cuando se trabaja con modelos de simulación de línea de espera, nuestros datos siguen una distribución normal. En este caso se puede observar que nuestros datos, con un tamaño de muestra de 320, presentan una distribución Johnson Transformation, ante esta situación se puede inferir que se debe a que los datos fueron obtenidos en un día atípico (lunes), es decir un día donde la demanda no es muy alta a comparación con otros días de la semana.

Tabla 2 Simulación del modelo de línea de espera MM1.

TIEMPO ESPERA		<=	1 MIN								
											REPLICA 0
										PROMEDIO	3.019026676
										DESV. EST	0.310713333
	LLEGADAS DE CLIENTES					CAPACIDAD SERVICIO AL CLIENTE					
NO. CLIENTE	ALEATORIO	T. ENTRE LLEGADAS (IAT)	T. LLEGADA (AT)	T. INICIO SERV. (TSB)	TIEMPO ESPERA (WT)	ALEATORIO 2	T SERVICIO (ST)	T. TERMINA SERV. (TSE)	T. DURACIÓN SIST. (TDS)	Tiempo Espera Promedio	
1	0.216872383	0.984025722	0.984025722	0.984025722	0	0.061583185	1.229190839	2.213216561	1.229190839	0	
2	0.869225884	3.911516477	4.895542199	4.895542199	0	0.909908418	2.670095642	7.565637841	2.670095642	0	
3	0.453728606	2.041778728	6.937320927	7.565637841	0.628316914	0.38316079	1.851346513	9.416984354	2.479663427	0.209438971	
4	0.521168968	2.345260357	9.282581284	9.416984354	0.13440307	0.343622615	1.798701848	11.2156862	1.933104918	0.190679996	
5	0.068386784	0.307740527	9.590321811	11.2156862	1.625364391	0.6959597	2.256407598	13.4720938	3.881771989	0.477616875	
6	0.420079444	1.890357496	11.48067931	13.4720938	1.991414493	0.818868116	2.457431299	15.9295251	4.448845792	0.729916478	
7	0.237610472	1.069247125	12.54992643	15.9295251	3.379598666	0.207097301	1.591732839	17.52125794	4.971331505	1.108442505	
8	0.719255173	3.236648277	15.78657471	17.52125794	1.734683228	0.979122105	3.017973242	20.53923118	4.75265647	1.186722595	
9	0.464778579	2.091536057	17.87811077	20.53923118	2.66120414	0.672954265	2.224042768	22.76327394	4.885163179	1.350544575	
10	0.353534911	1.590907097	19.46901786	22.76327394	3.294256082	0.821633507	2.460804094	25.22407804	5.755060176	1.544915726	
11	0.205342291	0.92404032	20.39305817	25.22407804	4.831019864	0.278768187	1.706747628	26.93082567	6.537767493	1.843652466	
12	0.82673165	3.720292426	24.1133506	26.93082567	2.817475067	0.367429906	1.830665975	28.76149164	4.648141042	1.924804349	
13	0.117370016	0.52816507	24.64151567	28.76149164	4.119975972	0.592943626	2.117561835	30.87905348	6.237637807	2.093663705	
14	0.834875175	3.756938286	28.39845396	30.87905348	2.480599521	0.77392878	2.375924027	33.2549775	4.856523548	2.121301977	
15	0.033782989	0.152023451	28.55047741	33.2549775	4.704500097	0.654265879	2.198431669	35.45340917	6.902931766	2.293515185	
16	0.535014956	2.4075673	30.95804471	35.45340917	4.495364466	0.441449239	1.926352057	37.37976123	6.421716522	2.431130765	
17	0.634554291	2.855494311	33.81353902	37.37976123	3.56622211	0.505014135	2.006294452	39.38604568	5.572506663	2.49790085	
18	0.271561655	1.222027449	35.03556847	39.38604568	4.350479214	0.403365872	1.877677775	41.26372346	6.228156389	2.600821671	
19	0.937800039	4.220100175	39.25566864	41.26372346	2.008056814	0.995798531	3.317717759	44.58144121	5.325774573	2.56962371	
20	0.405080849	1.822863821	41.07853046	44.58144121	3.502910752	0.698971633	2.260722555	46.84216377	5.763633307	2.616288062	
21	0.145643825	0.655397211	41.73392767	46.84216377	5.108236096	0.200151886	1.579460583	48.42162435	6.687696678	2.734952254	
22	0.194813382	0.876660217	42.61058789	48.42162435	5.811036461	0.786367071	2.396339515	50.81856387	8.207975976	2.874774263	
23	0.016216613	0.072974758	42.68356265	50.81856387	8.135001218	0.544506095	2.055896328	52.8744602	10.19089755	3.103479783	
24	0.929468751	4.179109381	46.86167203	52.8744602	6.012788165	0.632639496	2.16942644	55.04388634	8.182214309	3.224700966	
25	0.056802492	0.254711213	47.11638324	55.04388634	7.927503096	0.208250561	1.579636705	56.62352305	9.507139801	3.412813051	
26	0.59147225	2.661625124	49.77800837	56.62352305	6.845514677	0.813913501	2.446205201	59.06972825	9.291719878	3.544940036	
27	0.511002731	2.29951229	52.07752066	59.06972825	6.992207587	0.301997435	1.740667856	60.8103961	8.732875443	3.672520316	
28	0.829237909	3.731570589	55.80909125	60.8103961	5.001304855	0.562953903	2.07923136	62.88962746	7.080536214	3.719976907	

Tabla 3 Réplicas del modelo de simulación.

	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3	REPLICA 4	REPLICA 5
PROMEDIO	2.604203317	4.327730504	4.221515164	2.704806736	2.471017931
DESV. EST	0.609249486	1.029381585	1.077627808	0.813298318	0.441177405
	Tiempo Espera Promedio	Tiempo Espera Promedio	Tiempo Espera Prom	Tiempo Espera Promedio	Tiempo Espera Promedio
	0	0	0	0	0
	0.009463962	0.462572917	1.008953297	0	0
	0.006309308	0.308381944	0.672635531	0.270657149	0.597675168
	0.130011833	0.680994742	1.002492418	0.910523707	1.153328757
	0.388446786	1.159968617	1.509518632	1.187770847	1.400578139
	0.862447751	1.495138374	1.97576867	1.446588368	1.498029954
	1.159610295	1.32126688	2.450182591	1.5512029	1.284025675
	1.315235077	1.404671905	2.715412438	1.52902985	1.131947194
	1.561150969	1.248597249	2.724518562	1.424941133	1.014853594
	1.643020731	1.229687019	2.663071546	1.28244702	0.913368234
	1.605846693	1.14740982	2.737237103	1.165860927	0.830334758
	1.472026135	1.051792335	2.721788159	1.06870585	0.849074627
	1.440353428	0.970885232	2.753015696	0.986497708	0.895607628
	1.376250831	0.981320517	2.850253167	0.916033586	0.967056511
	1.284500776	0.990276274	3.102156239	0.975906034	1.173899548
	1.204219477	1.096090579	3.436826791	0.954396598	1.418439183
	1.133383037	1.138192512	3.629183813	1.018486257	1.699363029
	1.070417313	1.095462239	3.918438514	1.226786418	1.844358476
	1.01551238	1.037806332	4.077306193	1.475386517	1.877340944
	0.964736761	0.985916015	4.233853437	1.711200672	1.894271085
	0.951752609	0.938967633	4.350877521	1.872500339	1.95005943
	0.908491126	0.896287286	4.378407794	2.000798198	2.079934414
	0.874174749	0.857318274	4.323816537	2.01961589	2.103965744
	0.837750801	0.821596679	4.344661945	2.096197082	2.100906106
	0.813495439	0.788732812	4.336766882	2.189516709	2.088935844
	0.782207153	0.758396935	4.346228873	2.314907037	2.094398688
	0.753236518	0.745634959	4.291311432	2.346374338	2.132974713

Tabla 4 Resumen del modelo estadístico

No. De Clientes esperando	260
Probabilidad de Espera	10.94%
Tiempo de espera Promedio	5.308975922
Tiempo de Espera máximo	19.1809506

A través de la gráfica se puede observar que los datos no presentan estabilidad, los resultados no siguen una relación líneas, la parte aleatoria demanda que con el tiempo se estabilice para la creación de un modelo más fiable y que permita a partir de esa estabilidad tomar decisiones.

Por lo anterior es necesario realizar una prueba de normalidad para calcular un nuevo tamaño de muestra.

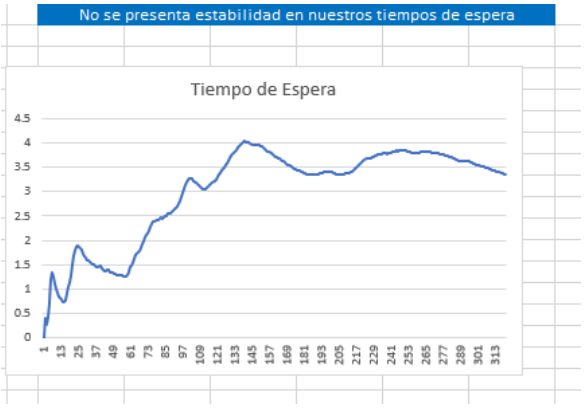


Fig. 2 Gráfica de estabilidad del tiempo de espera.

La prueba de normalidad se realiza con un nivel de confianza del 5%, para el desarrollo de una prueba de hipótesis que nos permita la verificación de los nuevos valores.

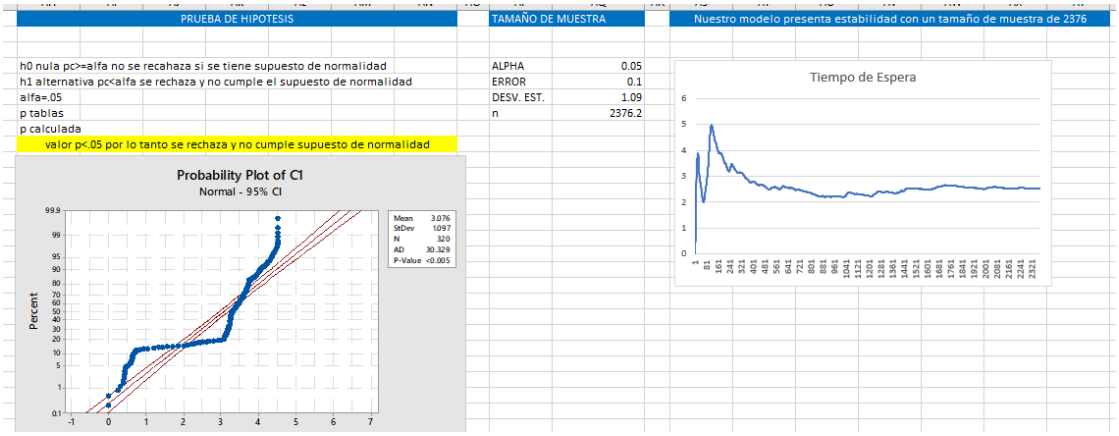


Fig. 3 Prueba de normalidad

Con esta nueva prueba de normalidad, se rechaza la Ho y aceptamos la alternativa, lo que nos permite que con la nueva corrida se considere un n= 2376.2 y que con este tamaño se cumpla la normalidad de acuerdo a la gráfica y su estabilidad, de manera que analizaremos 5 réplicas para evaluar el análisis de normalidad de una forma más profunda Fig. 4

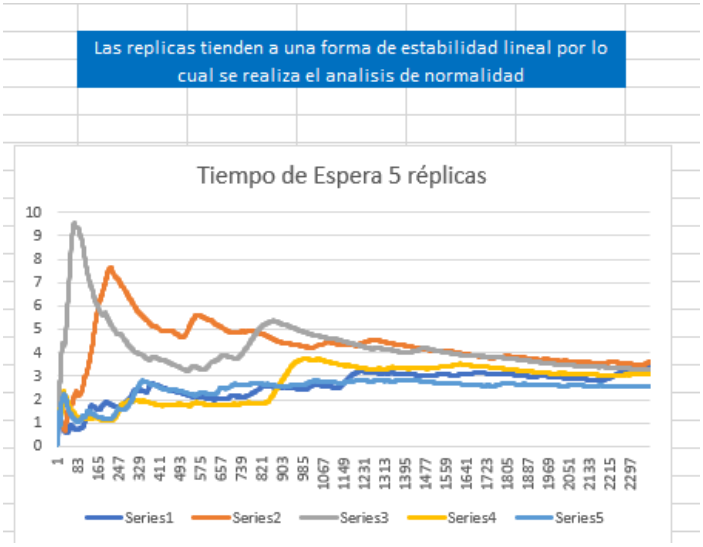


Fig. 4 Estabilidad con 5 réplicas.

Fig. 6 Modelo de estabilidad

Con el análisis de estabilidad anterior se puede realizar un modelo de estabilidad que permita determinar el comportamiento de los datos referentes a las 5 réplicas y de encontrarse en el intervalo de confianza como se aprecia, el modelo se puede validar.

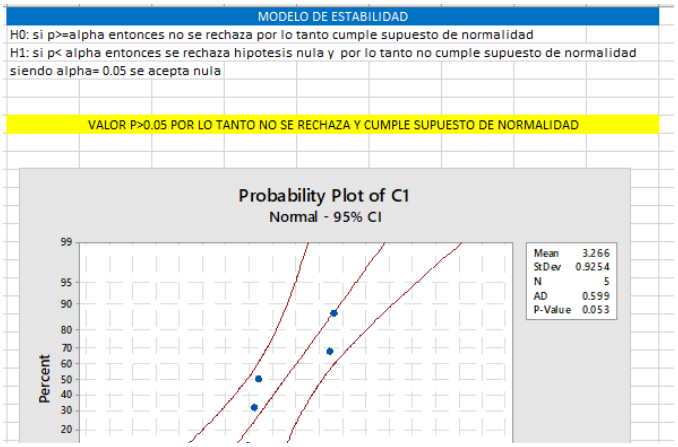


Fig. 5 Análisis de estabilidad

De acuerdo con los conceptos establecidos y la prueba de estabilidad, se llega a la conclusión que con un 95% de confianza, se puede tener un tiempo de espera para los clientes en la tienda de conveniencia en un intervalo de 2.11 a 4.41 minutos con una sola caja registradora.

INTERVALO DE CONFIANZA			
PROMEDIO	3.266		
DESV.EST	0.9254		
REPICAS	5		
ALPHA	0.05		
ALPHA/2	0.025		
T STUDENT	2.776	2.7764451	
R-1	4		
IC	2.1171483	-	4.4148517

Con un 95% de seguridad podemos decir que nuestro tiempo de espera para los clientes en el OXXO de Lomas de Angelopólis está en un intervalo de 2.11 a 4.41 minutos con una sola caja registradora.

Fig. 7 Intervalo de confianza para un servidor

En el caso de un modelo de dos servidores MM2, se realiza un análisis similar donde los tiempos por razones de espera se reducen a la mitad, para crear un efecto de menores tiempos de espera bajo la consideración que llegan los clientes de la misma forma aleatoria que el modelo anterior, dando como resultado los siguientes tiempos Fig. 8. Como justificación se conoce que, al trabajar con modelos de simulación en línea de espera, nuestros datos siguen una distribución normal. En este caso podemos observar que nuestros datos presentan una distribución de tipo "Johnson Transformation", ante esta situación se infiere en que esto se debea que los datos fueron obtenidos en un día no muy concurrido (lunes), en donde la demanda no esmuy alta en comparación con otros días de la semana.

TIPO DE DISTRIBUCION DE LOS DATOS DE TIEMPO DE SERVICIO A LO LARGO DEL PRIMER TURNO (7-15 HRS)

No. Clientes	TIEMPO DE SERVICIO
1	1.718
2	2.845
3	1.647
4	1.719
5	2.988
6	2.467
7	2.643
8	2.527
9	1.244
10	1.725
11	1.935
12	2.181
13	2.250
14	1.931
15	2.298
16	2.183
17	1.510
18	2.149
19	1.046
20	1.907
21	2.520
22	2.628
23	2.129

PROMEDIO
2.012

DISTRIBUCION	Johnson Transformation

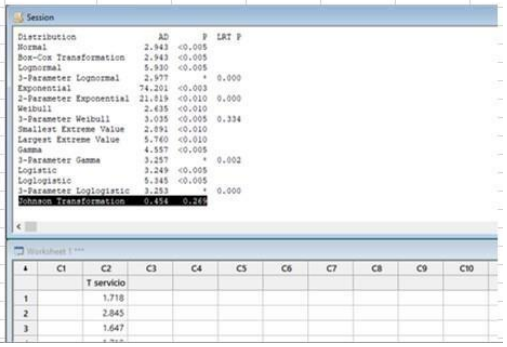


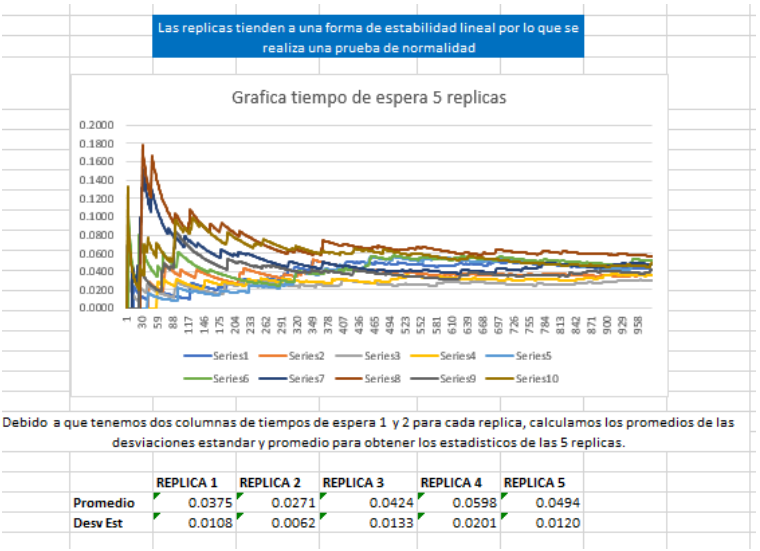
Fig. 8 Distribución de datos durante un turno con un modelo MM2.

De manera que el modelo de simulación de 2 servidores, nos muestra un tamaño pequeño y con tiempos de espera cortos por la razón del uso de dos servidores.

Tabla 5 Estadística MM2

No. De Clientes esperando	87
Probabilidad de Espera	8.82%
Tiempo de espera Promedio	0.0422
Tiempo de Espera máximo	0.3919422

A través de la gráfica de 5 réplicas, se puede observar que los datos no presentan estabilidad por lo que es necesario realizar una prueba de normalidad para calcular un nuevo tamaño de muestra.



	REPLICA 1	REPLICA 2	REPLICA 3	REPLICA 4	REPLICA 5
Promedio	0.0375	0.0271	0.0424	0.0598	0.0494
Desv Est	0.0108	0.0062	0.0133	0.0201	0.0120

Fig. 9 Estabilidad de 5 réplicas

Con el modelo de 5 réplicas, se realiza la prueba de hipótesis para determinar si cumple el supuesto de normalidad

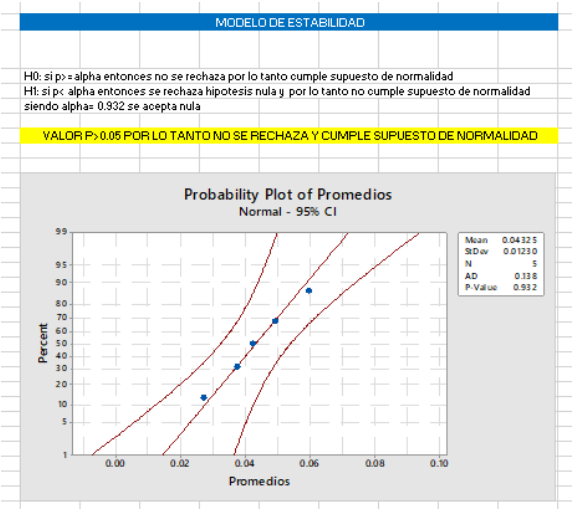


Fig. 10 Normalidad

Comprobado el supuesto de normalidad, y la prueba de hipótesis, ya se tiene el modelo validado, de manera que el intervalo de confianza determina el tiempo de espera y si es requerido que la tienda de conveniencia proponga un segundo servidor con unos tiempos de espera, de acuerdo a un alfa del 5% entre 0.02 seg y 0.05 Fig. 11. Dicho tiempo es muy pequeño casi despreciable.

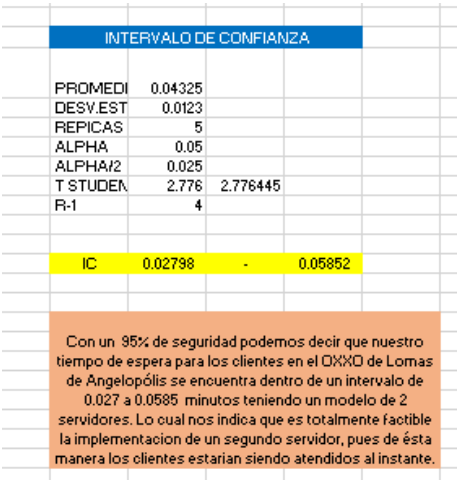


Fig. 11 Intervalo de confianza para MM2

4. CONCLUSION

Basándonos en los resultados arrojados por ambos modelos se puede concluir que el uso de una sola caja registradora no es óptimo para una correcta atención al cliente debido a que el intervalo de confianza obtenido nos indica que los clientes estarían esperando un tiempo de entre 2.11 a 4.41 minutos lo cual no cumple con el parámetro del tiempo de espera establecido por el gerente de la tienda, el cual es de 2 minutos, además con este modelo los clientes tienen una probabilidad del 10.94% en que tengan que esperar para ser atendidos. Por el contrario, al realizar el modelo de dos servidores, pudimos observar que el tiempo de espera es muy pequeño ya que se encuentra en un intervalo de entre 0.027 y 0.058 minutos, lo cual nos indica que los clientes estarían siendo atendidos inmediatamente y tendrían una probabilidad de espera de 8.8%, la cual se reduce en comparación con el modelo de un servidor, por lo antes mencionado se considera totalmente factible la implementación de una segunda caja registradora a fin de brindar el mejor servicio a los clientes de la tienda de conveniencia.

Con base a los datos analizados para los modelos este no obtuvo una distribución normal debido a que los datos recolectados no fueron tomados en día de alta o media productividad pues fueron tomados un lunes donde no se presenta una alza en las ventas, otro factor es que el turno que analizamos no abarca las mayor parte de horas pico en el que le establecimiento tiene un alza en la atención al cliente , por ultimo ese día estaba próximo a quincena por lo que se estipula no era un día de alto flujo económico.

5. REFERENCIAS

[1] Google Maps. (s.f.). *Mapa de Oxxo Lomas de Angelopolis, Puebla*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2020, de https://www.google.com/maps/place/Oxxo+Lomas+Angelopolis/@19.005799,-98.2675945,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x85cfc7802bb591bb:0xd1c3b6aa90fa5bcd!8m2!3d19.005799!4d-98.2654058

[2] Anderson, David, Sweeney, D., Camm, J., & Williams, T. (2011). *Métodos cuantitativos para los negocios* (Onceava ed.). Mexico D.F, Mexico: Cengage Learning. Recuperado el 21 de Noviembre de 2020

[3] Carro, R., & Gonzalez, D. (s.f.). *Modelos de Lineas de espera*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2020, de http://nulan.mdp.edu.ar/1622/1/17_modelos_lineas_espera.pdf

[4] Caballero, M. E. (2004). *Cadenas de Markov : un enfoque elemental*. Sociedad Matemática Mexicana.

[5] Gómez R., J. M., & Jiménez M., J. A. (2020). Selección óptima de portafolios basada en cadenas de Markov de primer y segundo orden. *Lecturas de Economia*, *92*, 33–66.

[6] Sanchez, R., & Barrera, P. (2018). Metodología basada en Cadenas de Markov para la Predicción de la Demanda y Toma de Decisiones en el corto plazo. Caso de Estudio: Empresa Eléctrica Quito. (Spanish). *Revista Técnica Energía*, *15*(1), 44–50. https://doi-org.proxydgb.buap.mx/10.37116/revistaenergia.v15.n1.2018.322

[7] Ausín, C. (n.d.). *Análisis bayesiano de sistemas de colas*.

[8] Lorente Marín, A. (n.d.). *Sistemas de colas en tiempo discreto con entradas y servicios en bloque: estudio teórico y simulaciones comparativas*.

[9] *Sistemas de colas en tiempo discreto con entradas y servicios en bloque: estudio teórico y simulaciones comparativas*. (n.d.).

[10] Amador Pacheco, J. (n.d.). *Sistemas de colas con reintentos: análisis de los eventos bloqueados y exitosos* [Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.].