



Modelo de Simulación Industrial para carga y descarga de desechos ambientales basado en camiones

**Carlos Roberto Ibáñez Juárez¹, Nancy Roxana Ruiz Chávez², Laura Leticia Vélez Hernández³,
Beatriz Aguilar Romero⁴, Aranza Dehesa Cabrera⁵**

RESUMEN

Este proyecto aborda temas como los sistemas, modelos y control en materia de simulación, involucrando la generación de números aleatorios, pruebas estadísticas de aleatoriedad, etc., aplicados en una problemática real de índole empresarial e industrial, proponiendo con ayuda de los temas anteriormente mencionados, una solución que nos permita cumplir con el objetivo a conseguir. Tal situación en el presente proyecto es que la empresa promotora ambiental "PASA S.A. de C.V." encargada de la recolección de desechos de diferentes puntos en la ciudad de Puebla, conlleva salidas de camiones de carga "ROLLOFF", la organización, nos comentó que hay salidas de camiones que siguen una misma ruta y estos descargan por día en un solo punto de descarga de desechos, el inconveniente de esta situación es que siempre hay camiones en espera, lo que provoca un cierto retraso en las llegadas, es por ello que se propuso generar la inclusión de otro servidor que nos permitirá las llegadas de más camiones, es decir, otro punto de descarga en la ciudad de Puebla para los desechos, involucrando el nuevo servidor, se nos permitió a través de gráficos estadísticos observar cómo nuestro modelo de simulación se estabiliza, y genera una gestión más ágil en la organización, permitiendo un trabajo más eficiente para la promotora ambiental "PASA S.A. de C.V".

ABSTRACT

This project addresses issues such as systems, models and control in simulation, involving the generation of random numbers, statistical tests of randomness, etc., applied in a real business and industrial problem, proposing with the help of the aforementioned topics, a solution that allows us to meet the objective to be achieved. Such a situation in the present project is that the company environmental promoter "PASA S.A. de C. V" in charge of waste collection from different points in the city of Puebla, involves departures of "ROLLOFF" cargo trucks, the organization, told us that there are departures of trucks that follow the same

route and these unload per day in a single point of waste unloading, the drawback of this situation is that there are always trucks waiting, which causes a certain delay in the arrivals, That is why it was proposed to generate the inclusion of another server that will allow us the arrivals of more trucks, ie, another point of discharge in the city of Puebla for waste, involved the new server, we were allowed through statistical graphs to observe how our simulation model is stabilized, and generates a more agile management in the organization, allowing a more efficient work for the environmental promoter "PASA S. A. de C.V".

Palabras claves: Simulación Industrial, Modelos Estocásticos,

ANTECEDENTES DE LA SIMULACIÓN

El origen de la simulación se remonta a la Segunda Guerra Mundial, cuando los matemáticos J.V. Neumann y S.Ulam fueron desafiados a resolver problemas complejos, incluido el comportamiento de los neutrones. El enfoque que eligieron se basa en el uso de números aleatorios y distribuciones de probabilidad.

Durante la Guerra Fría se intensificó el uso de la simulación para resolver problemas de interés militar; trayectorias y dinámicas de satélites artificiales, guiar misiles, etc, García (2013).

Desde la década de 1960, los programas de simulación de sistemas de eventos discretos han aparecido en el mercado y se están utilizando gradualmente para resolver problemas en el sector privado. En la segunda mitad de los 80 la simulación se asentó definitivamente gracias en gran parte a la aparición de las computadoras personales y la animación Barceló (1996).

Ahora que las simulaciones son realizadas por computadoras y software específico, que son técnicas poderosas para resolver problemas del mundo real, y modelos numéricos experimentados, las características del sistema se pueden obtener a partir de los resultados de la estimación.

El problema de este proyecto es saber cómo funciona la organización de la empresa en camiones Promotora Ambiental PASA S.A. de C.V, siguiendo una misma ruta, descargando alrededor de 7 camiones por día, el problema que se quiere resolver de esta situación es que siempre hay camiones en espera, lo que provoca retraso en las llegadas, es por ello que se propuso generar la inclusión de dos servidores que nos permitirá las llegadas de más camiones, nuestro objetivo es crear un modelo de simulación que estabilice y genere una gestión más ágil en la organización, permitiendo un trabajo más eficiente.

1,2,3,4,5. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Docentes de la Facultad de Ingeniería del Departamento de Ingeniería Industrial. Mails:

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

laura.velez@correo.buap.mx, beatriz.aguilar@correo.buap.mx

Carlos Roberto Ibáñez Juárez: Ingeniero Mecánico por ESIME, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica por Université de Sherbrooke y Candidato a Doctor por el Tecnológico de Pachuca.



RECOLECCIÓN DE DESECHOS

La recogida de los residuos consiste en su recolección para efectuar posteriormente su traslado a las plantas de procesamiento y tratamiento. El proceso de recolección de basura se divide en tres fases: el depósito y la recogida, el transporte, y el tratamiento. Cada municipio ofrece a sus habitantes el servicio de recolección de basura de forma gratuita, este pasa periódicamente por las colonias para recoger los residuos de los hogares. Cabe mencionar que, en ese tipo de servicio, la recolección no es selectiva.

Además del servicio municipal, existen empresas que ofrecen un servicio especial de recolección de residuos según sus necesidades para ser tratados, porque hay algunos que serán reciclados y otros que son peligrosos. Por ello es importante conocer los tipos de residuos que existen, así como su clasificación según sus características y origen, por su composición, etc. Este saber contribuye a un buen proceso de recolección de basura y a la prevención de accidentes.

Clasificación de la basura por sus características y origen

Residuos sólidos urbanos (RSU). son generados en los hogares a partir de los desechos de las actividades domésticas, por ejemplo: los productos de consumo y sus envases. También, los residuos generados de cualquier otra actividad que se desarrolle dentro de los establecimientos o en la vía pública, siempre y cuando no manejen residuos de otro tipo de clasificación. **Residuos de manejo especial (RME).** La LGPGIR define los RME como aquellos generados en los procesos productivos que no reúnen las características para ser considerados RME o RP, o que son producidos por grandes generadores de residuos urbanos.

Residuos peligrosos (RP) Los residuos peligrosos son aquellos que poseen alguna de las características: corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o ser biológico o infeccioso; lo que les confiere peligrosidad. También los envases, embalajes y suelos que hayan sido contaminados, deben ser tratados de acuerdo al criterio de los RP. La NOM-052-SEMARNAT-2005 establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de residuos peligrosos.

La empresa mexicana Promotora Ambiental (PASA) presta servicios de recolección, manejo y disposición de residuos, reciclaje y tratamiento de aguas residuales en todo el país. También se dedica a la biotecnología, manejo de residuos derivados de la perforación de pozos petrolíferos, recolección privada, recolección doméstica, rellenos sanitarios, transferencia de residuos, centro de reciclaje PET, desmantelamiento de barcos, servicio a la industria petrolera. Es una empresa que opera principalmente en el sector Aguas y Residuos. Conecta con sus contactos clave, proyectos, accionistas, noticias relacionadas y más. Esta empresa cuenta con operaciones en México. Algunos temas relacionados a sus desarrollos son: Residuos industriales, Plantas de tratamiento de residuos, Empresa de Agua y Alcantarillado, Rellenos sanitarios, Biomasa, Gestión de residuos, Residuos, Residuos peligrosos, Remediación y Reciclaje.

Se desea simular la salida y descarga de ROLLOFF (camiones de basura) de empresa Promotora Ambiental PASA S.A. de C.V. ubicada en Puebla, para determinar el número promedio de camiones de basura que se retrasan por la ruta de servicio, por ello se realizó un modelo en donde cuenta con dos servidores.

MODELO DE SIMULACIÓN A UTILIZAR

Para este proyecto se utilizó Tchebycheff esta es una teoría utilizada en estadística que proporciona una estimación conservadora (intervalo de confianza) de la probabilidad de que una variable aleatoria de varianza finita se encuentre dentro de una cierta distancia de la media aritmética o esperada.

El teorema de Tchebycheff es una desigualdad de probabilidad, da un límite superior a la probabilidad de desviación absoluta de una variable correspondiente o aleatoria de su medición. En general, el teorema de Tchebycheff se usa para medir la dispersión de datos para cualquier distribución Burbano (2014). Y se utiliza al no cumplir la normalidad de los datos en su comportamiento estadístico. En la parte aleatoria se manejan las entradas y salidas a partir de tiempos aleatorios debido a que no muestran un comportamiento normal Shannon (1988), y se toma el modelo de 1 servidor para su simulación Fig. 1.

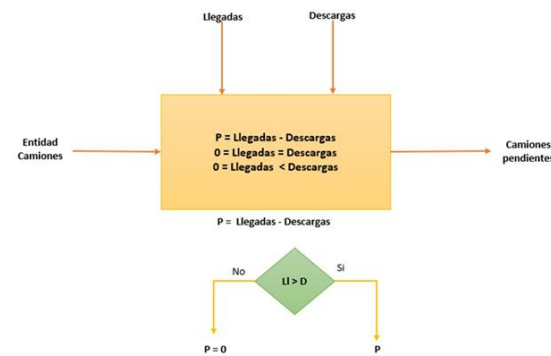
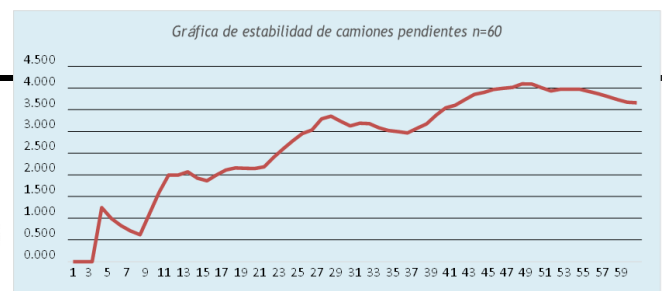


Fig. 1 Modelo matemático de carga y descarga

Se desea simular la salida y descarga de ROLLOFF (camiones de basura) de empresa Promotora Ambiental PASA S.A. de C.V. ubicada en Puebla, para determinar el número promedio de camiones de basura que se retrasan por la ruta de servicio, se observa el modelo con un servidor proporcionado por la empresa. En el cual determinaremos que tan estable se encuentran sus salidas y descargas de camiones.

Se realiza la observación de 60 muestras en las cuales se calculan las salidas, descargas y pendientes de la empresa Promotora Ambiental y así observar el comportamiento del modelo y calcular la longitud de la réplica, basados en la estabilidad del modelo de 1servidor Gráfica 1.





Gráfica 1 Estabilidad de embarques 1 servidor

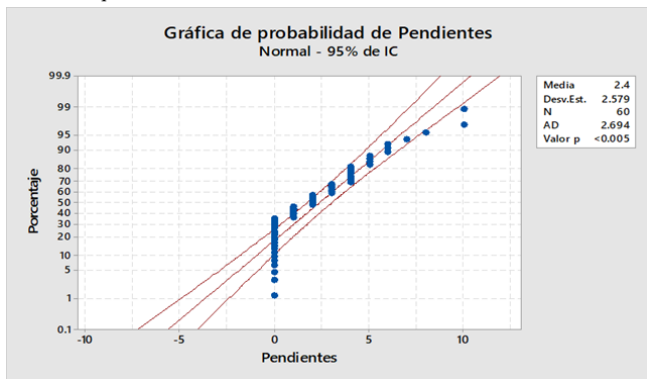
Se analizan los datos a partir de una prueba de normalidad, para realizar una gráfica de probabilidad y así poder decidir el comportamiento de los datos y obtener el número de replicas para poder estabilizar el modelo Gráfica 2.

Se plantea hipótesis:

Ho: Si los pendientes cumplen un supuesto de normalidad.

Aplicamos T; El valor de P mayor que alfa

H1: No cumple una distribución normal, aplicamos a Tchebycheff P menor que alfa.



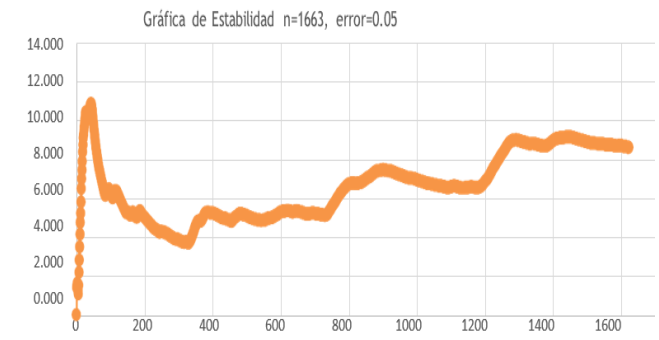
Gráfica 2 Prueba de normalidad para descarga de camiones

De acuerdo a los resultados de la gráfica se determina que se rechaza Ho si P es mayor que alfa y se aplica Tchebycheff. Conclusión: para el tamaño de la réplica es necesario utilizar a Tchebycheff. Y se procede a la realización del cálculo para la longitud de la réplica. Se ocupa un Alfa de 0.5 para estabilizar el número de replicas para el modelo. Tabla 1

Tabla 1 Valores para longitud de réplica

Alfa	0.05
Error	0.1
Desv. Std	2.579
No. Réplicas	1663

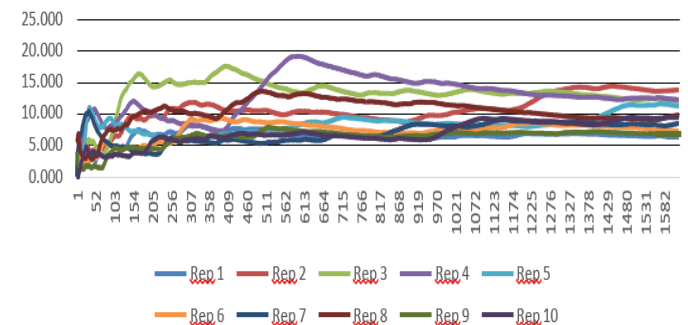
Se obtiene como resultado una longitud de 1663 réplicas para poder estabilizar el modelo. Con estos valores se procede a realizar la gráfica de estabilidad del modelo Gráfica 3. Observando la siguiente gráfica el modelo Tchebycheff para los pendientes en camiones, con $n = 1663$, se presenta de la siguiente manera:



Gráfica 3 Estabilidad del modelo

Considerando la estabilidad del modelo a 1663, se realizan 10 réplicas en la simulación, lo requerido para generar un intervalo de confianza Ross (2009) y determine la cantidad de descargas de los camiones pendientes Gráfica 4.

Gráfica de estabilidad de 10 Réplicas



Gráfica 4 Réplicas del modelo

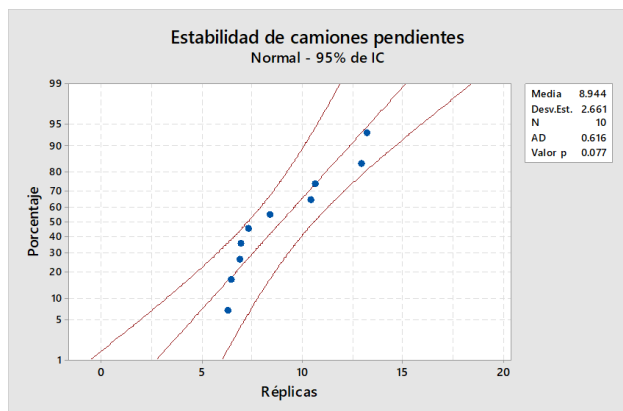


A partir de las réplicas, se realiza una prueba de hipótesis para determinar si cumplen el supuesto de normalidad los datos y a partir de ahí generar un intervalo de confianza que nos determine cuantos camiones se descargan por turno y si las instalaciones cumplen con esa capacidad como una proyección a futuro. La prueba de hipótesis a plantear es la siguiente:

Ho. Los datos cumplen un supuesto de normalidad.

H1. Se comportan como una distribución que no es la normal.

Se realiza la prueba de hipótesis con un nivel de significancia del 5%, dando como resultado la gráfica de estabilidad:



Gráfica 5 Normalidad de 10 réplicas

La Gráfica 5 nos indica que los datos cumplen un comportamiento normal, por lo que se realiza el Intervalo de confianza para determinar la capacidad de la carga y descarga, así como de los camiones pendientes por descargar, basados en los datos de la Tabla 2 se realiza el cálculo:

Tabla 2 Intervalo de confianza

Calcular nuestro intervalo de confianza	
Alfa	0.05
Desv. Std	2.6610
n	10.000
Valor de t	2.2622
Promedio	8.944
Error	1.9036
IC superior	10.8476
IC Inferior	7.0404

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Una vez aplicado nuestro modelo correspondiente (Tchebycheff), se determina que era ideal la realización e implementación de un servidor más, fue así como se propuso para ser más concretos a un punto extra de descarga, que nos permitiera no tener camiones en espera, pues resulta conveniente tal plus debido a que permite un funcionamiento más eficaz de sus operaciones, esta decisión

también conlleva un costo extra para la empresa, pero resulta útil, ya que su trabajo de moviliza y no tendría camiones detenidos o materia esperando, sin embargo es necesario un análisis de costos para determinar su viabilidad.

CONCLUSIONES

La Promotora Ambiental PASA S. A. de C. V., tiene un problema respecto a sus operaciones, porque si bien está operando, lo está haciendo de una manera poco eficiente, el siempre tener camiones pendientes ocasiona un mal flujo de actividades, retraso en los desechos, lo que genera pérdidas, ya que se les paga tiempo extra a los choferes por esperar a que descargue el camión anterior, o simplemente órdenes perdidas, ordenes que pudieron ser un ingreso más, y el hecho de que siempre tengan pendientes y no tengan la posibilidad de otra descarga hará que se pierdan clientes, ya que no le conviene a un cliente estar esperando por largos lapsos de tiempo y estar siempre retrasado.

Nuestra propuesta de añadir un nuevo punto de descarga, genera un gasto, pero es más conveniente invertir en este ya que da origen a un trabajo ideal que opera todo el tiempo sin paradas continuas, sin retrasos que generen gastos, sino que tendrán una buena y eficaz capacidad de operación, e inclusive podrán permitirse más descargas, dando origen a liberar espacios en los que se pueden añadir más clientes y por ende conseguir más utilidades

REFERENCIAS

- [1] García D. Eduardo, García R. Heriberto, Leopoldo E. Cárdenas Barrón. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Segunda edición, Pearson. México.
- [2] Barceló Jaime (1996). Simulación de sistemas discretos. Primera edición, Isdefe. España.
- [3] Burbano Pantoja Víctor Miguel A., Valdivieso Miranda Margoth A., Salcedo Plazas Luis A. (2014). Primera edición, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Colombia.
- [4] Shannon E. Robert (1988) Simulación de sistemas: Diseño, desarrollo e implantación. Primera edición, Trillas. México.
- [5] Ríos Insua David, Ríos Insua Sixto. (2009) Simulación: Métodos y aplicaciones. Segunda edición, Alfaomega. México.
- [6] Ross M. Sheldon (2009) Simulación. Segunda edición, Prentice Hall. México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Promotora Ambiental PASA S. A. de C.

V. y al Gerente de Mantenimiento Héctor Oscar Vergara Ramírez, por permitirnos el acceso a los datos de su empresa referentes a las salidas y descargas de sus camiones y conocer la estabilidad y modelos que manejan actualmente, sobre todo por permitirnos proponer una mejora a su empresa.