

SIMULACIÓN ESTADÍSTICA DE UNA LINEA DE ENVASE DE GASEOSAS

Aranzazu Berbey-Álvarez, Tomas Bazán.
aberbey@utp.ac.pa, tbazan@ciar.utp.ac.pa

Universidad Tecnológica de Panamá

Apartado 6-2894, El Dorado, Panamá, República de Panamá

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo modelar una línea de envase de bebida gaseosa utilizando la técnica de simulación estocástica. Los registros de tiempos de proceso de las máquinas y cintas transportadoras de la línea, sirvieron de base para determinar las funciones aleatorias de entrada al modelo de simulación. Seguidamente, se construyó el modelo de simulación y se validó con datos históricos de producción, observándose un adecuado nivel de concordancia.

Palabras claves: Simulación, manufactura, líneas industriales de producción, Técnica de Simulación Montecarlo.

ABSTRACT

This study is aimed at modeling a bottling line of gaseous drinks using stochastic simulation techniques. The data for determining statistical input functions was obtained by sampling processing times of equipments and conveyors of the transportation line. Next, a simulation model was built and validated against historical production records, displaying an adequate level of agreement.

Keywords: Simulation, manufacturing, industrial production lines, Montecarlo Simulation Technique.

1 Introducción.

Este estudio se propuso la simulación estocástica de una línea automatizada de envase de gaseosas, enfocándose en los siguientes objetivos:

1. Estudiar la variabilidad estadística de los tiempos de la línea de envase.
2. Establecer relaciones entre los tiempos de manufactura y parámetros significativos de producción.

La simulación de sistemas industriales es el proceso de diseñar el modelo lógico-matemático de un sistema industrial real y experimentar con él en una computadora con el fin de conocer su funcionamiento y poder tomar decisiones eficientes de producción. Un estudio de simulación, a menudo permite ahorrar importantes recursos al minimizar el factor de riesgo y al facilitar un diseño equilibrado del sistema. [6]

Esto permite la evaluación de diseños alternativos de sistemas de manufactura, de

nuevas opciones de maquinaria, equipos, recursos tecnológicos y nuevas estrategias de producción.

Si estos cambios fueran efectuados en el sistema original resultarían muy costosos, de no resultar los más adecuados u óptimos. Por otro lado, estos no se podrían efectuar si lo que se estudia es un proyecto por realizar. La simulación facilita el estudio de la relación causa efecto a través del cambio de los parámetros que rigen al modelo, lo que permite que se pueda efectuar un proceso de retroalimentación al modelo o sistema de un modo económicamente practicable." [1]

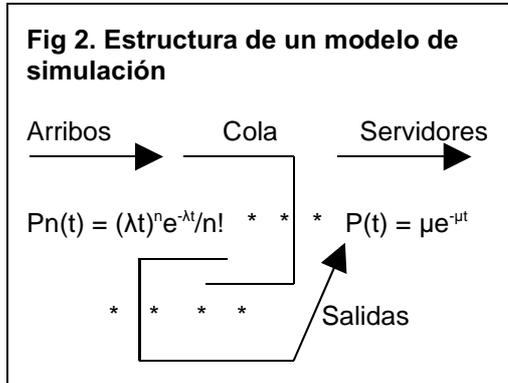
2 Descripción de la línea de envase.

La figura 1 muestra el proceso de envase, iniciando con la máquina despaletizadora (M1) de las cajas desde las tarillas o pallets.

En la desempaquetadora (M2) se separan las 24 botellas vacías por caja, por grupos de 7 cajas. De aquí, las botellas son conducidas a la lavadora de botellas (M3), mientras que

3 Diseño del modelo de simulación.

Para modelar un sistema típico de cola o espera, los programas de simulación usan los cuatro componentes básicos mostrados en la Figura 2, con las siguientes descripciones genéricas:



- ✓ **Arribos:** llegada de poblaciones de clientes, materiales, productos, partes, etc.
- ✓ **Colas:** líneas de espera, cintas transportadoras, etc.
- ✓ **Servidores:** operarios, máquinas, inspectores, centros de atención o de servicio.
- ✓ **Salidas:** partida de poblaciones, revisión. [3]

Se requiere también especificar reglas de entrada y salida para los servidores, disciplinas y capacidades de las colas, y la secuencia e interconexión entre los componentes de la línea.

Considerando el modelo más general, basado en una disciplina de cola "primero que llega, primero atendido", tiempo de atención exponencial con media (μ) y tasa de llegadas Poisson con media (λ), las ecuaciones de probabilidad para un número (n) de clientes en el sistema resultan en:

$$d/dt P_n(t) = \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t) - (\lambda + \mu) P_n(t)$$

$$d/dt P_0(t) = -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t)$$

4. Determinación de funciones estadísticas de entrada

Los tiempos de entrada, salida y transición de las botellas o cajas entre servidores se registraron mediante cuatro técnicas de identificación: cintas de colores, botellas de colores, ligas y rechazo por contenido.

Para ajustar funciones estadísticas de entrada a estos tiempos muestreados, se utilizaron las pruebas Kolmogorov-Smirnov y Ji-cuadrado

La distribución Erlang, representada en la Figura 3, resultó por su grado de complejidad la mejor ajustada a los tiempos de la máquina desempaquetadora.

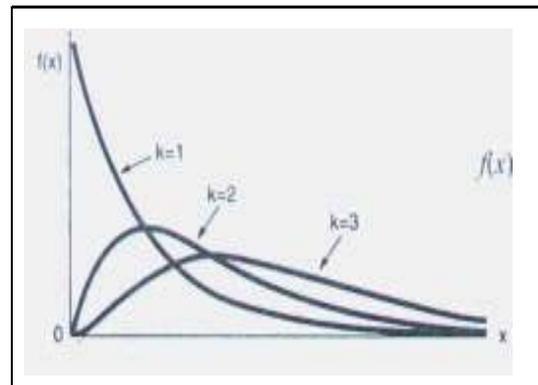


Fig. 3. Grafica de la función Erlang [5]

Para una media (β) y factor de forma (k), la función Erlang de probabilidad es expresada como:

$$F(x) = \frac{\beta^{-k} (x-a)^{k-1} e^{-(x+a)/\beta}}{(k-1)!} \text{ para } x > 0$$

La Tabla 1 resume las distribuciones estadísticas resultantes para tiempos de entrada a cada uno de los componentes de la línea de envase

Maquina	Nomenclatura	Cola Siguiete	Tiempo de transfrernica (minutos)	Distribución de tiempos de servicios	Parámetros	Error cuadratico
Customer	P	Despale- tizadora	----	NORMAL/0.993/0 .0406	Distribución / media/ desviación estándar	0.1061
Despaletiza- dora	M1	T1	1.12	NORMAL/1.05/0 81	Distribución / media/ desviación estándar	0.0293
Desempaca- dora	M2	T2	1.20	ERLANG/0.6/0.13 1/3	Distribución / media exp/ factor de forma / parámetro de colocación	.00888
Lavadora de botellas	M3	T3	1.25	CONSTANT/1	-----	-----
Inspector electrónico	I1	T4	1.05	CONSTANT/1.12	-----	-----
Codificadora	M4	T5	1.00	CONSTANT/1.12	----	-----
Llenadora/ selladora	M5	T6	1.19	CONSTANT/1.12	-----	-----
Inspector de nivel	I2	T7	1.19	CONSTANT/1	-----	-----
Empacadora	M6	T8	1.19	NORMAL/0.946/0 .214	Distribución / media/ desviación estándar	0.010462
Inspector de caja llena	I3	T9	1.19	CONSTANT/1	-----	-----
Paletizadora	M7	----	-----	NORMAL/1.23/0. 108	Distribución / media/ desviación estándar	0.0181
Lavadora de Cajas	M8			TRIANGULAR/3.5 /3.93/4.7	Distribución/ Mínimo/ modo/ máximo	0.02634

Tabla 1. Distribuciones estadísticas de la línea de envase

Se puede apreciar que las distribuciones estadísticas representativas de los tiempos de procesamiento de la línea de envase son predominantemente normales. Solo la desempacadora presenta una distribución ajustada de tipo Erlang, mientras que la lavadora de botellas, el inspector electrónico, la codificadora, la llenadora/selladora y el inspector de nivel se manejan con tiempos constantes de entre 1.00 a 1.12 minutos.

5. Resultados y conclusiones de la simulación

La simulación de la línea de envase se realizó mediante algoritmos computacionales, integrando las funciones estadísticas de entrada de cada componente. En la Fig. 6 se puede apreciar la adecuada concordancia de los resultados de la simulación con los rangos históricos de producción de la máquina paletizadora,

para períodos estables de producción, todos de 7 horas de duración.

La simulación arrojó resultados favorables en el modelado del circuito principal de la línea a envase, constituido por las máquinas despaletizadora, paletizadora, desempacadora y empacadora. Esto es evidente en las bajas significancias de los errores de ajuste de datos a las distribuciones estadísticas mostrados en la Tabla 1.

Similarmente, en la Tabla 2 se aprecia como la variabilidad de los tiempos de servicio del circuito principal cae dentro del rango de una desviación estándar. Esto representa un reflejo de la adaptabilidad de las distribuciones encontradas a las mediciones. En los casos de la empacadora y la paletizadora,

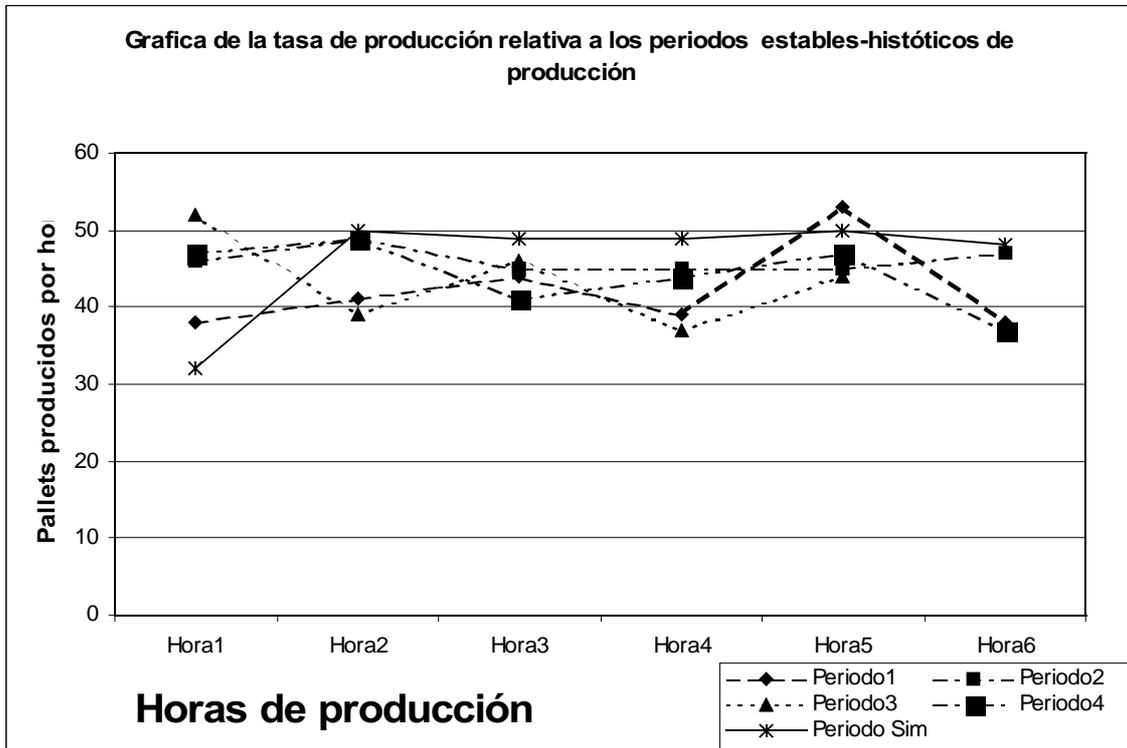


Fig 6. Comparación entre periodos simulados e históricos de producción

Maquina	Nomenclatura	Distribución estadística de tiempos de servicio (min)	Intervalos (min)		Capacidad nominal de producción (min)
			Máximo	Mínimo	
Despaletizadora	M1	NORMAL/1.05/0.081	0.969	1.131	1.15
Desempacadora	M2	ERLANG/0.6/.131/3	-----	-----	1.15
Lavadora de botellas	M3	CONSTANT/1	-----	-----	0.992
Llenadora/selladora	M5	CONSTANT/1.12	-----	-----	0.892
Codificadora	M4	CONSTANT/1.12	-----	-----	0.892
Empacadora	M6	NORMAL/0.946/0.214	0.732	1.16	1.15
Paletizadora	M7	NORMAL/1.23/0.108	1.122	1.338	1.15
Inspector electrónico	I1	CONSTANT/1.12	-----	-----	1.12
Inspector de nivel	I2	CONSTANT/1	-----	-----	1
Inspector de caja llena	I3	CONSTANT/1	-----	-----	1

Tabla 2. Tiempos de servicio de acuerdo a las distribuciones estadísticas de entrada y a capacidades nominales de producción.

podemos apreciar claramente como el valor de diseño de 1.15 minutos/pallets es “atrapado” o esta dentro de la serie de valores de las distribuciones normales en cada una de estas máquinas, de más o menos una desviación estándar. Es observable igualmente, la cercana aproximación entre las capacidades constantes muestreadas y las capacidades nominales de producción de las máquinas lavadora de botellas, llenadora/selladora, y codificadora.

6. Avances en técnicas de simulación de la producción.

En el mercado existen una gran variedad de herramientas y aplicaciones interesantes para el modelado de sistemas productivos utilizando técnicas de simulación. Una alternativa probada con éxito, y cuyos resultados tienen un alto nivel de detalle, es la utilización de forma cooperativa de algoritmos genéticos y algoritmos de flujos en redes junto con modelos de simulación, de forma que cada uno actué sobre aquellos aspectos en los que presenta una clara ventaja competitiva.[7] Otra alternativa consiste en el desarrollo de herramientas computacionales basadas en Redes de Petri Coloreadas[8], [9] consideradas como una de las técnicas más completas para el modelado de sistemas de producción.

7. Referencias:

- [1] Gasteazoro, Alex. La Simulación Como Herramienta De La Ingeniería Industrial. Universidad de Panamá.1980. Pág. 8.
- [2] Prawda, Juan. METODO Y MODELOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES VOLUMEN 2, Limusa, 1986. Pág. 324.
- [3] Yih Long Chang. Wingsb. John Wiley and sons, 1998.
- [4] Berbey-Álvarez, Aranzazu. Simulación de una línea de envase de bebida gaseosa en la Cervecería Nacional. UTP.2003.
- [5] W. Kelton, R. Sadowski, D. Sadowski, Simulation with Arena. Mc Graw Hill. Second Edition. 2002
- [6] A. Guasch, M. A. Piera,., ACTIVIDADES DE

- TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN EL AMBITO DE LA SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES. UPC/UAB. 2001
- [7] F. Quintana, A. Ortega, C. Creus del Campo. COOPERACIÓN ENTRE SIMULACIÓN, ALGORITMOS GENETICOS Y ALGORITMOS DE FLUJOS EN REDES: APLICACIÓN A UN CASO REAL DE PLANIFICACIÓN DIA A DIA. UPM/UCM. 2001
- [8] M. Farias, M. Piera i Eroles. SISTEMA AUTOMATICO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA UNA CELULA FLEXIBLE DE FABRICACIÓN. UAB. 2001
- [9] A. Zimmermann, K. Dalkowski, G. Hommel. A CASE STUDY IN MODELING AND PERFORMANCE EVALUATION OF MANUFACTURING SYSTEMS USING COLORED PETRI NETS in 8th European Simulation Symposium.1996.