Eliminación de restricciones de producción para una nueva familia de productos mediante la simulación de eventos discretos.

Aldo Antonio Gómez García[1]
[1] Alumno del Posgrado en Manufactura Avanzada.
aldogomezg@gmail.com

RESUMEN.

En este artículo se presenta un ejemplo de la aplicación de la simulación de eventos discretos para determinar los efectos que puede tener la introducción de una nueva familia de productos en el sistema de producción de alta mezcla y bajo volumen de una maquiladora electrónica.

Diseñar el modelo de simulación ayudara al departamento de ingeniería a comprender como puede ser el comportamiento del sistema al integrar la producción de la nueva familia. Mediante la simulación será posible detectar las restricciones que pueden surgir en el sistema actual y se sugerirán medidas para la eliminación de estas restricciones.

Palabras Claves: Simulación de eventos discretos, optimización.

1 INTRODUCCIÓN.

En el transcurso de la presente década se han presentado una serie de factores que han afectado negativamente la competitividad exportadora de México y países que comparten un modelo exportador similar fuertemente orientado hacia Estados Unidos. El factor que ha acaparado mayor atención es la aguda competencia de los países asiáticos, en particular, China. [1]

Ante esta competencia, en el sector electrónico de la industria manufacturera electrónica de exportación se ha observado una tendencia en la región a moverse hacia esquemas de producción de alta mezcla, bajo volumen consistentes en manufacturar diversos tipos

de productos en bajo y medio volumen, en contraste con la producción en masa de un mismo tipo de producto. [1]

Debido a la creciente complejidad de los sistemas de producción de alta mezcla, la industria electrónica requiere de herramientas y personal capacitado para reaccionar rápidamente y tomar decisiones acertadas ante los requerimientos del mercado.

La simulación de sistemas de manufactura es una herramienta que se está utilizando cada vez más ampliamente en la industria, pues permite en una primera etapa conocer el sistema de manufactura que se está simulando entendiendo como se comportan sus diferentes variables al modificar sus parámetros así como la manera en que interactúan estas variables entre sí.

2 FUNDAMENTOS

El funcionamiento de las grandes empresas que existen actualmente requiere de varios procesos y subprocesos internos de un gran tamaño y complejidad.

Para planificar, organizar, evaluar y controlar los complejos procesos actuales, es preciso conocer los factores fundamentales que influyen en el funcionamiento del proceso [1].

Algunos de los factores que componen el proceso de producción de una fábrica, pueden ser observados y medidos de manera directa, por ejemplo, la cantidad de material disponible, cantidad de unidades que se deben procesar y el tiempo de ciclo de un ensamble.

La manera en que estos factores se relacionan e interactúan para producir uno o más resultados se le denomina sistema.

Parte del trabajo del ingeniero comprende en conocer el funcionamiento de los diferentes sistemas de producción que se tienen dentro de la fábrica. El ingeniero debe de ser capaz de predecir cuál será el resultado del sistema según el valor que adopten algunos factores específicos, o en su caso, debe ser capaz de identificar qué factores debe modificar para poder obtener el resultado deseado.

Para conocer el funcionamiento de un sistema es necesario conocer todos los factores relevantes que lo componen así como la forma en que estos factores interactúan entre sí. Una manera de poder entender y conocer su funcionamiento es mediante el diseño de experimentos.

El desarrollo de experimentos dentro del piso de producción no siempre es factible, pues es necesario que las máquinas o las diferentes estaciones de trabajo dejen de producir o estén disponibles para poder realizar las corridas y recabar datos; otro problema que se tiene es que es las materias primas utilizadas en el experimento pueden ser dañadas o destruidas, además, cuando la cantidad de factores e interacciones que comprenden el sistema es elevada, entender su comportamiento es una tarea bastante complicada.
Una forma más factible para realizar estos experimentos es generar un modelo que represente de manera adecuada el comportamiento que se quiere estudiar del sistema. Las interacciones que ocurren entre los diferentes factores del modelo y sus relaciones se representan de forma matemática, y si es requerido, también de forma gráfica. A la actividad de realizar experimentos en el modelo realizado se le denomina simulación.

Otras definiciones de simulación presentadas por diferentes autores son las siguientes:
Simulación, es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos de tiempo [2].

Es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema [3].

Es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de aprender el comportamiento del sistema o de evaluar diversas estrategias para el funcionamiento del sistema [4].

Simulación, es el estudio de un sistema o sus partes mediante manipulación de su representación matemática o de su modelo físico [5].

Por otro lado, un modelo es definido como la descripción matemática del proceso real [5].

3 PROCEDIMENTO

En el presente trabajo se pretende hacer un modelo de simulación de un sistema de manufactura de bajo volumen y alta mezcla de una nueva familia de productos que se desea incorporar a la producción actual.

Los productos de esta familia requieren pasar por varios procesos diferentes de producción desde que llegan al área de fabricación hasta que se empacan como producto terminado.

Existen variaciones en el volumen de producción y en el tipo y secuencia de los procesos de producción requeridos para cada producto de esta familia.

El cliente está solicitando a la dirección de la empresa el comprobar que se contará con la capacidad instalada para fabricar esta nueva familia de productos en la fecha establecida antes de otorgar el contrato.

Para realizar la simulación se seguirán los pasos sugeridos por Jerry Banks en su libro Manual de simulación ("Handbok of simulation" por su nombre en inglés) para tener un estudio de simulación sólido y preciso.

1.- Formulación del problema.
2.- Establecer objetivos y plan general del proyecto.
3.- Conceptualización del modelo.
4.- Obtención de datos.
5.- Implementación del modelo en la computadora.
6.- Verificación.
7.- Validación.
8.- Diseño experimental
9.- Ejecutar el modelo y análisis
10.- Determinar si se requiere hacer corridas adicionales o generar escenarios adicionales.
11.- Documentación y reporte.
12.- Implementación [6]

Formulación del problema.

El problema consiste en determinar si se tiene instalada la capacidad necesaria para soportar los requerimientos de producción de la nueva familia de productos o si requiere comprar máquinas o equipos adicionales.

Establecer objetivos y plan general del proyecto.

Los objetivos y plan general del proyecto consisten primero en identificar los siguientes puntos:

Cuáles son las máquinas y equipos requeridos para fabricar los nuevos productos.

Cuál es la utilización actual de las máquinas y equipos de producción requeridos para la nueva familia de productos.

La secuencia de producción (diagramas de flujo de procesos).

Los tiempos de ciclo de cada proceso.

La eficiencia de fabricación y porcentaje de defectivos en cada proceso.

Cantidad de unidades a fabricar por periodo de tiempo de cada producto.

Una vez obtenida la información anterior determinar se generará el modelo de simulación con el cuál será posible determinar la utilización de cada máquina o equipo al incluir la nueva producción.

Conceptualización del modelo.

El modelo consistirá en la representación de la línea de producción donde se fabricarán los nuevos productos.

Obtención de datos.

La utilización actual de las máquinas y equipos será proporcionada por el departamento de ingeniería.

Los diagramas de flujo de proceso, tiempos de ciclo, porcentaje de defectivos y unidades a fabricar serán proporcionados por el cliente.

En la tabla 1 se puede observar el ejemplo de una matriz de proceso que concentra los tiempos de ciclo, la secuencia de los subensambles.

Tabla 1. Ejemplo de matriz de tiempos de ciclo y unidades a fabricar.

					Tiempo de proceso (Segundos)																	
Identificacion del ensmable	**Cantidad requerida para ensamble final**	**Tipo de ensamble**	**Nivel de ensamble**	**Unidades a fabricar**	**Linea de Montado superficial**	**Ensamble manual de componentes**	**Depanalizado**	**Prensado**	**Inspeccion con rayos X**	**Prueba estructural**	**Inspeccion de calidad**	**Ensamble mecanico 1**	**Ensamble mecanico 2**	**Ensamble del chasis**	**Prueba funcional 1**	**Prueba funcional 2**	**Prueba de rigidez dieléctrica**	**Prueba funcional 3**	**Prueba funcional 4**	**Empaque**	**Inspeccion de calidad**
Producto Terminado 01	**1**	**Manufacturado**	**Ensamble final**	**670**										3527	123	115	12	1440	240	12	53
Subensamble 1	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**670**									252		47						12
Tarjeta 1	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**670**	5505	9	15	10	10	18	5	46	15								
Tarjeta 2	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**670**	4817	7.9	12	9	8	15	4										
Tarjeta 3	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**670**	3441	5.6	1	6	6	11	3										
Producto Terminado 02	**1**	**Manufacturado**	**Ensamble final**	**4,766**									92	4479	142	120	12	1440	240	12	12
Subensamble 1	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**4,766**									252								
Tarjeta 1	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**4,766**	5505	9	15	10	10	18	5	46	15								
Tarjeta 2	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**4,766**	4817	7.9	12	9	8	15	4										
Tarjeta 3	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**4,766**	3441	5.6	1	6	6	11	3										
Producto Terminado 03	**1**	**Manufacturado**	**Ensamble final**	**2,621**									64	3527	120	120	12	1440	240	12	12
Subensamble 2	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**2,621**								146	238		47						12
Tarjeta 4	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**2,621**	813	7.1	12	16	4	11	4	26									
Tarjeta 2	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**2,621**	4817	7.9	12	9	8	15	4										
Producto Terminado 14	**1**	**Manufacturado**	**Ensamble final**	**3,766**								60	56	60	240	120	12	1440	240	45	20
Subensamble 9	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**3,766**								48	64		19						36
Subensamble 10	2	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**7,532**											120	120	12	1440	240		
Tarjeta 11	2	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**3,766**		8	6	10	8	18	4	20									
Subensamble 11	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**3,766**											74	63	12	1440	240		
Tarjeta 12	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**3,766**	32	12	6	10	8	18	4	20									
Subensamble 12	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**3,766**								37			28						
Tarjeta 13	1	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**3,766**		35					15	43									
Subensamble 13	1	**Manufacturado**	**Ensamble intermedio**	**3,766**								34	56		15						
Tarjeta 14	2	**Manufacturado**	**Ensamble Circuito impreso**	**7,532**		8	2	10	8	8	4	0									
Subensamble 14	1	Comprado	**Placa Base**	**0**																	
Subensamble 15	6	Comprado	**Fuente de poder**	**0**																	

Implementación del modelo en la computadora.

El modelo se realizara mediante el programa Flexsim, donde se representara cada estación e trabajo como un objeto y cada producto a fabricar como un elemento de flujo (flow ítem por su nombre en inglés).

Los tiempos de ciclo y porcentaje de defectivos se cargaran en la ventana de parámetros de cada objeto de acuerdo a cada producto o elemento de flujo. Se puede acceder a la ventana de parámetros del objeto al seleccionar el objeto con el botón derecho y seleccionar la opción "Parámetros" del menú flotante. Finalmente se establecerán las relaciones entre los diferentes equipos o procesos según la secuencia de flujo de procesos.

Verificación.

Al estar cargando el modelo en el sistema se verifica constantemente que el modelo funciona de manera adecuada y que se encuentra libre de errores.

Validación.

Al terminar el modelo, se hacen varias corridas con datos de líneas y productos que corren actualmente en la fábrica hasta que se demuestra que los resultados obtenidos de la simulación son congruentes con los obtenidos en el sistema real.

Diseño experimental.

Se trabajará con escenarios, haciendo cinco corridas con cada uno. El primer escenario será con el volumen de producción especificado por el cliente, y el segundo con un 20% adicional del volumen de producción solicitado.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Ejecutar el modelo y análisis.

En la tabla 2 se muestran las estaciones de trabajo que se tienen actualmente en la planta, así como la cantidad de equipos requeridos con la producción actual. Al realizar la simulación incluyendo el 100% de la demanda de los nuevos productos se detectaron algunas restricciones, mismas que requieren que se tomen las siguientes acciones:

Instalar una línea de montaje superficial adicional.

Incrementar el número de estaciones de chasis de dos a nueve.

Instalar un equipo adicional de la prueba funcional 1 y otro de la prueba funcional 2. Estos equipos son proporcionados por el cliente.

Se requieren nueve equipos adicionales de la prueba funcional 3. Equipos especializados que también son proporcionados por el cliente.

Tabla 2. Comparación de requerimiento actual de equipos con el requerimiento incluyendo la nueva demanda al 100% y requerimiento con un 120% de demanda.

	Equipos Actuales	Requerimiento Actual	Requerimiento Demanda al 100%	Requerimiento Demanda al 120%
Linea de Montado superficial	3	1.2	4	4
Ensamble manual de componentes	1	0.3	1	1
Depanalizado	2	0.5	2	2
Prensado	3	2.1	3	3
Inspeccion con rayos X	1	0.4	1	1
Prueba estructural	2	0.3	2	2
Inspeccion de calidad	1	0.3	1	1
Ensamble mecanico 1	5	3.2	5	5
Ensamble mecanico 2	3	1.7	3	4
Ensamble del chasis	2	1.5	9	10
Prueba funcional 1	2	1.2	3	3
Prueba funcional 2	2	1.4	3	3
Prueba de rigidez dieléctrica	1	0.2	1	1
Prueba funcional 3	5	3.4	14	16
Prueba funcional 4	7	5.1	7	8
Empaque	1	0.6	1	1
Inspeccion de calidad	2	1.4	2	2

Al realizar la simulación con una demanda del 120% se detecta que aparte de las estaciones de trabajo listadas anteriormente se requerirán una estación de ensamble mecánico y una estación de ensamble de chasis adicionales, así como dos equipos de prueba funcional 3 y uno de prueba funcional 4, mismos que son proporcionados por el cliente.

Documentación, reporte e implementación.
Con la información obtenida se genera un reporte especificando los equipos y estaciones de trabajo que se deben instalar para cumplir con el 120% del volumen de producción necesario para garantizar el margen de seguridad solicitado por el cliente. También se incluye un diagrama de Gantt donde se especifican los movimientos internos que se deberán hacer en la planta para poder acomodar las nuevas estaciones de trabajo, así como el momento en que estarán llegando los nuevos equipos y la fecha en que la planta estará lista para recibir el nuevo volumen de producción.

El programa Flexsim permite realizar una animación del proceso de producción en tercera dimensión mediante la cual se podrá mostrar a la dirección y al cliente las modificaciones a realizar en la planta, quienes podrán verificar de manera visual la forma en que quedará la nueva distribución y el funcionamiento de la nueva línea de producción.

4 CONCLUSIÓN

La creación de un modelo de un sistema de producción capaz de representar acertadamente el comportamiento del sistema real ante determinadas circunstancias requiere de una exhaustiva recopilación inicial de los datos necesarios. Es necesario recabar información suficiente para poder determinar cuáles son los diferentes factores que influyen en las variables que se desean estudiar, y para representar de manera matemática el comportamiento de las variables al modificar estos factores.
El análisis de los datos recabados es otra tarea crítica, para la cual se requiere personal calificado con conocimientos en computación y estadística además de un amplio conocimiento del sistema y los procesos a simular.
La utilización de un programa especializado en la simulación de procesos de manufactura resulta de gran ayuda al proporcionar un entorno de programación enfocado a la simulación de procesos así como una manera fácil y rápida de representar las variables, sus parámetros e interacciones dentro del sistema.

Otra ventaja que se tiene es la posibilidad de generar reportes y gráficos con los resultados de los escenarios simulados así como realizar animaciones de los mismos para visualizar el comportamiento de los diferentes procesos.

Los costos de realizar un modelo de simulación son elevados, tanto en tiempo como en recursos requeridos, pero una vez generado el modelo este nos permitirá analizar diferentes escenarios de manera rápida, y confiable, pudiendo anticipar los posibles resultados al modificar los parámetros del sistema, obteniendo la certidumbre necesaria para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

[1] PADILLA, Ramón, et al. Evolución reciente y retos de la industria manufacturera de exportación en Centroamérica, México y República Dominicana: una perspectiva regional y sectorial, CEPAL 2008.

[2] NAYLOR, Thomas H. en Coss Bu, Raúl, Simulación Un enfoque práctico, Editorial Limusa.

[3] SHANNON, Robert E. en Coss Bu, Raúl, Simulación Un enfoque práctico, Editorial Limusa.

[4] SHANNON, Robert E. en TARIFA, Enrique Eduardo, Teoría de Modelos y Simulación, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Jujuy.

[5] HIMMELBLAU, David M. y BISCHOFF, Kenneth B., Análisis y Simulación de procesos, Editorial Reverte, 18p.

[6] BANKS, Carson, Nelso J., ed., 1998. Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice, John Wiley, New York.