

# Determinar el Grado de Adaptabilidad de un Sistema Flexible de Manufactura para Situaciones de Incertidumbre

Xochipiltecatl Carreto Henry, Juárez David, Solís González Fernando, Torres Leal Adrián, Cabrera García Amparo y Gracios Marín Carlos

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, 21 sur 1103, Puebla, Pue. Mex Tel: (222) 2-29-94-00

## Resumen

*Un sistema de manufactura flexible requiere explotar y aprovechar las capacidades de automatización y adaptabilidad al cambio, debido a que las operaciones son sistemáticas, automáticas y complejas. El modelo propuesto permite medir el porcentaje de adaptabilidad del sistema propuesto, durante el ciclo del proceso en un tiempo transcurrido, considerando una holgura adecuada para absorber las interrupciones y paros con el fin de evitar el reprocesamiento. El método para modelar este sistema consiste en la cartografía o mapa de las unidades del sistema representados como componentes de una red de Petri, en donde los factores de distribución son representados en función de su posición, la simulación se realiza mediante el software HPSIM*

**Palabras clave:** Simulación, redes de petri, sistema de fabricación flexible, incertidumbre.

## 1. Introducción

En un clima de alta competitividad y rentabilidad, es necesaria la programación eficiente de los Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS), estos permiten realizar procesos de fabricación eficientes y un manejo eficaz de los recursos (Shang, 1995) referenciado por Fúquene [1]

Un FMS es conjunto de máquinas-herramientas de control numérico controladas por un computador, las cuales pueden procesar un grupo de trabajos. [2]

Existen algunos escenarios en la programación de las partes del FMS en donde debe haber holgura suficiente en el sistema para evitar las repercusiones de las interrupciones y la necesidad de reprogramación.

El tiempo de holgura se define como la diferencia entre el tiempo de ciclo transcurrido sobre el tiempo de procesamiento; sin embargo hay una serie de

situaciones en las cuáles la holgura afecta en el desempeño del sistema y requiere la aplicación de medidas correctivas; en éste sentido algunos autores han desarrollado esquemas de extrapolación eficiente con el fin de cuidar las interrupciones en planta y mantener el alto rendimiento del sistema.

Estos cuadros tienen por objeto asignar recursos a los distintos puestos de trabajo de manera eficaz con el fin de optimizar las tareas de ejecución del FMS. Sin embargo es necesario tomar en cuenta el fenómeno de la incertidumbre en los entornos de fabricación. Algunos autores han clasificado este fenómeno en tres categorías:

- a) Completar incógnitas
- b) Predecir el futuro
- c) Incertidumbres conocidas

Los dos primeros tipos de incertidumbre son prácticamente imposibles de tratar, la tercera categoría o incertidumbre conocida incluye información de tiempo y desglose de bloqueos que se pueden resolver en el sistema de fabricación.

Con miras a la implementación de un FMS en forma física de manera eficiente, se busca que las principales medidas de ejecución de los sistemas que acompañan a las averías de máquinas aleatorias sean consideradas en tiempo de flujo promedio y el tiempo de demora promedio. [3]

Uno de los principales objetivos es obtener un rendimiento sostenible medido en situaciones dinámicas que se ajusta a los planes de producción en la planta.

Los datos relativos a la distribución del tiempo entre averías y el tiempo de reparación de las máquinas están dispuestos en una base de información y programación generada.

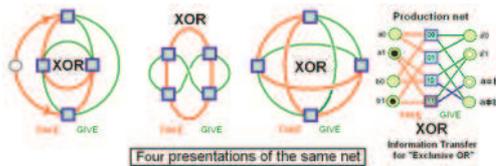
Una de las causas de la incertidumbre en los sistemas de manufactura se debe al fenómeno aleatorio, es decir una naturaleza intrínsecamente probabilística.

Esta naturaleza se da en un modelo propuesto dividido en tres partes:

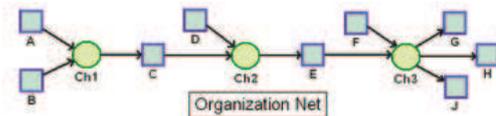
- 1.-Activación: Se define como el punto para que la actividad del sistema de ponga en marcha.
- 2.-Desarrollo: Se entiende como la zona de mayor actividad en donde los recursos son empleados para la consecución de sus fines.
- 3.-Terminación: Es la culminación de la actividad y sus objetivos, en donde valoramos el éxito o el fracaso de los fines a los cuáles fue enfocado el funcionamiento del sistema.

Con el fin de expresar el comportamiento del sistema propuesto emplearemos el modelado por Redes de Petri (RdP). Una RdP es un modelo matemático de sistemas distribuidos discretos, asíncronos, paralelos, concurrentes y estocásticos. [4][5]

Se observa como un gráfico bipartito dirigido, en el cual los nodos representan transiciones, lugares, y arcos dirigidos.



**Figura 1: Presentación de la misma red**  
 Fuente: “On the Physical Basics of Information Flow”, Petri, C.A.



**Figura 2: Organización de la Red**  
 Fuente: “Communication with automata”, Petri, C.A.

Las Ventajas de modelar por una RdP son: Incremento de Productividad por reducción de tiempos en la preparación de nuevos productos, mayor variedad de productos sólo con la variación de la programación y ajustes menores al sistema de manufactura.

## 2. Formulación del modelo

Se plantea una actividad cuyo comportamiento es definido en base a una operación de transformación y transición temporal que no siguen distribuciones exponenciales ni geométricas.

Para explicar los conceptos que usaremos de las redes de Petri consideramos los siguientes términos:

- En éste modelo hay nudos o uniones, lugares y transiciones representadas por círculos y barras respectivamente. Los primeros (círculos) son usados para representar el estado de un recurso. Es decir su disponibilidad, un proceso, su experimentación, o condición, su satisfacción.
- Los segundos (Barras) son usados para modelar eventos, inicios y fines de una operación. Una señal presente en una posición indica si un recurso está listo, un proceso es experimentado, o una condición es verdadera.
- Una señal o muestra es representada por un punto localizado en el círculo representando una posición.

Arcos directos nos indican los materiales, recursos, información y/o la dirección de control y flujo

- Varias señales a menudo implican o insinúan disponibilidad de recursos múltiples o la experimentación de operaciones en muchas partes.
- Cuando las condiciones para un evento llegan a ser todas verdaderas, la transición correspondiente es permitida y así puede encender o iniciar.
- El encendido permite el flujo de las señales de unas partes a otras implicando el cambio del estado del sistema.
- Para éste sistema, se determina las condiciones y eventos del sistema inicial, que pueden tomar posición, muchas condiciones y eventos intermedios, las partes finales y el reinicio de las operaciones.

- En particular en el siguiente modelo la disponibilidad de los materiales iniciales (materias primas) en la banda transportadora de entrada se identifica como una posición P1 y el robot como P3 , finalmente la banda transportadora de salida es identificada como posición P7. [6]

El modelo propuesto para su estudio es un sistema de fresado como se observa en la Figura 3.



Se adopta un algoritmo robusto competente en la exploración de búsqueda de un espacio eficiente que conduzca a una solución óptima. Esta exploración técnica inteligente es conocida como Quick Converging fast Simulated Annealing (QCSA) algorithm, que combina las características significativas de GAs y SA con algunas correcciones incorporadas a fin de aumentar la tendencia a escapar de los óptimos locales, ésta nueva técnica converge a la solución óptima, lo que requiere menos tiempo computacional.

El algoritmo QCSA combina elementos de dirección y estocásticos de búsqueda con el fin de mantener un sorprendente equilibrio entre la exploración y la explotación del espacio buscado.[3]

### 3. Estudios para determinar Parámetros de adaptabilidad

Con estos estudios se hacen inferencias a los valores de la población con proporciones.

A.1. Para considerar una proporción: debemos saber:  
 - El nivel de la confianza o de la seguridad (1-a). El nivel de confianza fijado de antemano da lugar a un coeficiente de Nivel de certidumbre (Za).  
 - Para una seguridad del 95% = 1.96, para una seguridad del 99% = 2.58. Precisión que deseamos para nuestro estudio.

La idea del valor aproximado al parámetro que queremos medir (en este caso una proporción). se puede obtener repasando la literatura, por los pruebas anteriores del estudio.

Con el primer modelo propuesto, los parámetros eran los siguientes  
 Valor p (éxito) = 0.76 (76%)

Valor q (error) = (1 - p) = 0.24 (24%).

$$n = \frac{Z_a^2 * p * q}{d^2} \quad (1)$$

donde:

Za = 1.962 (puesto que el nivel de seguridad es del 95%)  
 n = 397.632

Seguimos buscando un modelo para evadir la colisión, el error, y la posible falla y finalmente encontramos uno, mismo que se encuentra en el presente artículo.

Para conocer toda la incertidumbre se tendría que correr la simulación 10!. Pero tardaría más de un año el cálculo, así que se busca la estadística que muestra una proporción.

Corrimos el programa durante 1000 iteraciones manejando 143 piezas en busca de cualquier error sin encontrar ninguno. Un Modelo con cero errores es un objetivo de la simulación. Considerando esto tenemos: p = 1

q = 0

d = precisión (en este caso deseamos un 3%)

Si la población es finita, es decir, se conoce al total de la población y se desea saber cuántos del total tendríamos que estudiar la respuesta sería:

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_a^2 * p * q} \quad (2)$$

donde:

N = Total de población (10 en este caso)

Za = 1,962 (la seguridad es del 95%)

p = 1 (100%) considerando que la máquina va a manejar de uno en uno. q = (1 - p) = 0

d = precisión (en este caso deseamos un 3%)

Según la fórmula 2 tenemos que:

n = 0 (n tiende a cero)

Conforme crece el error, disminuye p y por lo tanto n aumenta. En este caso se hizo la inferencia suponiendo un grado de error diferente de cero y el éxito un número muy cercano al uno sin tocarlo, de lo contrario la fórmula te da 0 desde el coeficiente de la fórmula.

Considerando dichos valores podemos observar que efectivamente n=0 así que si se realizó dicha corrida por 1000 iteraciones así podemos determinar que se efectuó las veces necesarias para la fórmula.

### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran una forma rápida y eficiente para la simulación de un FMS, que permite determinar el grado de adaptabilidad del proceso apoyándose de herramientas probabilísticas y estocásticas.

El modelaje utilizando RdP permite observar la incertidumbre en un FMS, permitiendo predecir fallas o colisiones en el funcionamiento. El Trabajo a futuro es modelar las RdP utilizando redes

bayesianas, buscando siempre que sea un modelado fácil de simular.

### Referencias

- [1] C Fúquene, S Aguirre, N Bibiana Evolución de un Sistema de Manufactura Flexible (FMS) a un Sistema de Manufactura Integrado por Computador (CIM), Ingeniería y Universidad, 2007, Vol. 11 Issue 1, p57-69, 13p
- [2] Caballero Villalobos, Juan Pablo; Mejía, Gonzalo. Redes de Petri y algoritmos genéticos, una propuesta para la programación de sistemas de manufactura flexible. Ingeniería y Universidad, 2006, Vol. 10 Issue 1, p1-27, 27p;
- [3] V Kumar , S Kumar , M K Tiwari y F Chan ,Performance evaluation of flexible manufacturing systems under uncertain and dynamic situations, Int. ImechE J.Engineering Manufacture 2008 222 part B
- [4] M Salazar, N Peña, Aplicación de Redes de Petri a la evaluación de desempeño de sistemas de comunicaciones. Revista de Ingeniería, nov2001 Issue 14, p31-37, 7p
- [5] Iñaki Agirre Pérez , Sistema de planificación estocástico de proyectos : Implicaciones en la gestión de riesgos, Universidad de la Rioja , servicio de publicaciones 2007 ,ISBN 978-84-690-6192-3
- [6] MengChu Zhou, Kurapati Venkatesh , Modeling, Simulation, and Control of Flexible Manufacturing Systems . A Petri Net Approach, Series in Intelligent Control and intelligent automation vol. 6 Ed. World Scientific. ISBN 981023029X 98-45
- [7] M.A.S. Monfared , J.B. Yang , Design of an intelligent manufacturing scheduling and control system using fuzzy logic: Sensitivity analysis and parameter optimization, Int. Journal of intelligent and Fuzzy Systems 2004 15 89-104
- [8] Qingliang Zeng , Lirong Wan , Modeling and analysis for a kind of flexible manufacturing system involving time factors , Int. J Adv Manuf Techno 1 2007 34 346-352
- [9] H.-O. Günther , T. E. Lee , Scheduling and control of automated manufacturing systems , Int. OR Spectrum 2007 29 373-374
- [10] Shian-Jong Chuu , Evaluating the flexibility in a manufacturing system using fuzzy multi-attribute group decision-making with multi-granularity linguistic information, Int. J Adv Manuf Techno 1 2007 32 409-421
- [11] Zhiwu Li , Na Wei , Deadlock control of flexible manufacturing systems via invariant-controlled elementary siphons of petri nets, Int J Adv Manuf Techno 1 2007 33 24-35.