

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Programación  
Concurrente

## Trabajo Práctico Final: Sistema de manufacturación robotizado simulado mediante Redes de Petri.

AGUERREBERRY, Matthew Mat: 93.739.112

[mtaguerreberry@gmail.com](mailto:mtaguerreberry@gmail.com)

TOMATTIS, Natasha Mat: 38.728.783

[natitomattis@gmail.com](mailto:natitomattis@gmail.com)

TROMBOTTO, Agustin Mat: 12.345.678

[sultanodetal@gmail.com](mailto:sultanodetal@gmail.com)

11 de abril de 2017

**Resumen** Las Redes de Petri conforman una herramienta gráfica y matemática que puede aplicarse a cualquier sistema, especialmente a los sistemas paralelos que requieren simulación y modelado de la concurrencia en recursos compartidos. En este trabajo, se presenta un sistema de manufactura con estas características y se modela por medio de Redes de Petri con el objeto de identificar su dinámica y hallar la secuencia óptima de funcionamiento del sistema.

**Palabras Clave:** Redes de Petri, sistema de manufactura, Concurrencia, Monitor.

### 1. Introducción

Es un elemento muy importante del paper, a través de ella el lector se nutre de la información suficiente para comprender y evaluar por qué fue necesario realizar el estudio. La introducción lleva al lector desde lo que ya sabe a lo que el investigador quiere decirle. Al terminar de leer la introducción, el lector estará persuadido de que hay un problema importante que abordar y comprenderá el contexto del mensaje principal que se le transmitió. Por lo tanto, la introducción debe concentrar, con fluidez y precisión, de manera discursiva, los principales elementos del problema y de la investigación, permitiendo al lector familiarizarse con ellos. He aquí una lista de aspectos que se deben tener en cuenta en la preparación de la introducción:

- El tema de investigación;
- El objeto de estudio;
- Las motivaciones de la investigación;

- La relevancia del tema;
- El listado de los datos que serán recolectados y/o analizados;
- La mención del o los métodos de análisis;
- Panorámica general del problema que motiva la investigación;
- Los resultados genéricos que se espera obtener;
- Los alcances espacio-temporales de la investigación.

Es de suma importancia señalar el propósito de la investigación, lo cual se logra simplemente parafraseando el objetivo general, además de utilizarse el parafraseo de los objetivos específicos para indicar como se hizo para lograr dicho propósito. También es conveniente exponer en la introducción la hipótesis de trabajo, algo así como: en este trabajo se estudió la influencia del tamaño del empaque en la caída de presión con lo cual se esperaba demostrar que esta se incrementa con la reducción del tamaño de partícula.

Otro ejemplo de hipótesis de trabajo es: se efectúa la evaluación del proceso en escala de laboratorio y los datos recabados permitirán el diseño de un equipo a escala industrial. No debe faltar en la introducción la descripción resumida de la metodología utilizada, con énfasis en el tipo de estudio, diseño de investigación, enfoque epistemológico, identificación de la población, tipo de muestreo utilizado, tamaño de la muestra, breve descripción de los instrumentos de recolección de datos que empleó, los resultados de su validación y cuantificación de su confiabilidad, una pequeña descripción de la forma como se presentan los resultados y un esbozo de las conclusiones que se obtienen.

## 2. Problema propuesto

El sistema de manufacturación consiste en tres robots R1, R2 y R3 cuatro máquinas M1, M2, M3 y M4, tres tipos diferentes de piezas a procesar A, B y C, como se observa en la figura. Las piezas provienen de tres contenedores de entrada distintos, I1, I2 e I3, de los cuales los robots las retiran, las colocan en las máquinas para su procesamiento y depositan en tres contenedores de salidas distintos, que son: O1, O2 y O3.

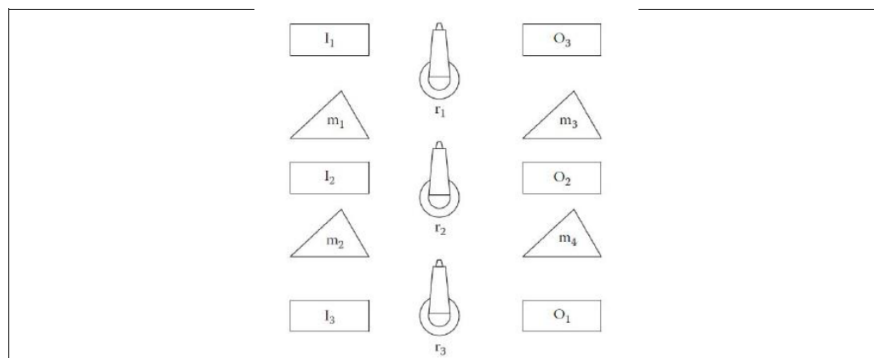


Figura 1: Esquema del sistema a implementar.

Adicionalmente se debera agregar un tiempo asociado al trabajo de las maquinas, para aproximarse a una aplicacion en tiempo real.

### 3. Solución a la red de petri

A la presentacion del problema se le adjunto una primera aproximacion a una red de Petri que representa el problema, pero esta red no funciona correctamente ya que no cumple con ciertas propiedades inherentes a la concurrencia. Estas propiedades aseguran el correcto ejecucion de las instrucciones del programa en paralelamente.

La propiedad que no se cumple en este caso es la de intrebloqueo; un problema de los sistemas concurrentes en donde todos los procesos estan esperando un evento que nunca ocurrirá. Para evistar esta situacion se utilizarán restricciones para que un solo hilo pueda acceder a la vez a secciones donde se puede producir interbloqueo.

Se realizara la verificacion de esta propiedad de la red, por medio de un software de simulacion, PIPE. El cual por medio de un modelo matematico obtiene las propiedades de la Red.

Se propone agregar tres plazas a la red para evitar el interbloqueo:

*Plaza 1:* Por medio de simulaciones de produccion de una pieza unica en todo el sistema, se comprobo que en el caso de la pieza B en su camino se bloqueaba cuando se intentaban producir dos piezas en el mismo camino. Esto se debe a que en la producción de esta pieza se emplea dos veces al mismo robot (R2), entones cuando una de las puezas se esta produciendo y entra otra que ocupa el robot la primera no podra disparar la transicion dado que el robot esta ocupado y la segunda no podra disparar su transicion siguiente porque la primera pieza esta usando la maquina que esta necesita.

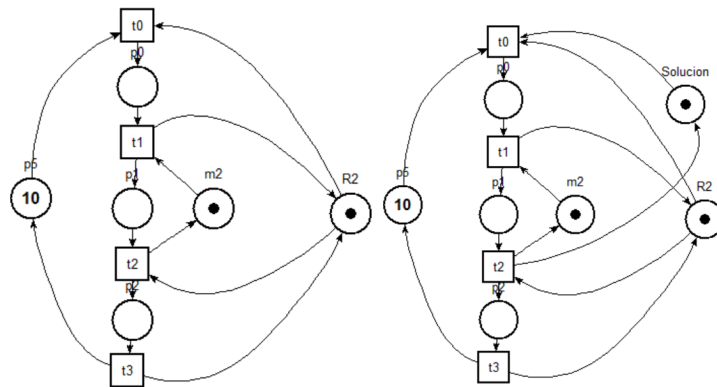


Figura 2: Esquema simplificado del primer problema de interbloqueo.

*Plaza 2:* Una vez finalizadas las simulaciones de la produccion de piezas del mismo tipo, se procedio a realizar simulaciones de a dos piezas al mismo tiempo, dividiendo la produccion de la pieza A en dos habilitando los caminos por separado. De este modo se descubrio un interbloqueo entre la linea de produccion de la pieza B y uno de los caminos de la pieza A. Siendo en este caso nuevamente el robot R2 y la maquina M2 los recursos en conflicto. En este caso tambien se agrego una restriccion para que accedan a estos recursos una linea de produccion a la vez.

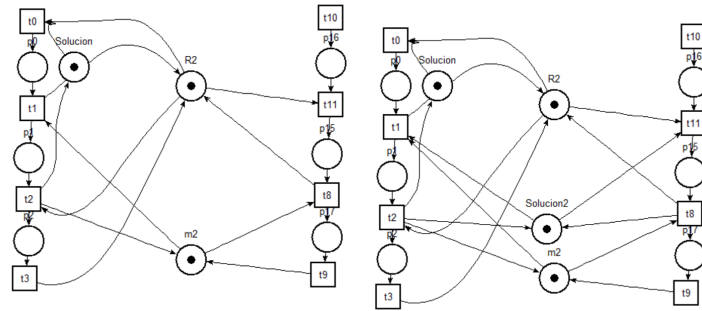


Figura 3: Esquema simplificado del segundo problema de interbloqueo.

Plaza 3: En este caso se encontro que la linea de produccion de la pieza C era la misma que una de las alternativas de la pieza A, por lo tanto la unica solucion a este conflicto es agregar una restriccion que no permita que ambas lineas produzcan al mismo tiempo.

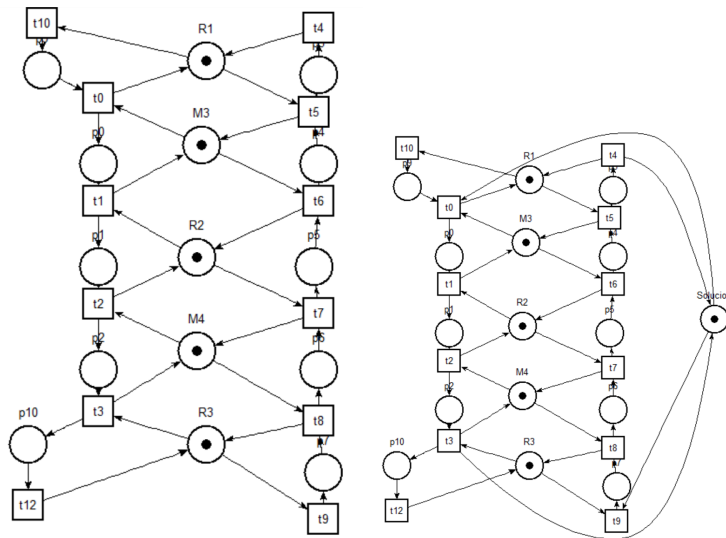


Figura 4: Esquema simplificado del tercer problema de interbloqueo.

Como resultado se obtiene la siguiente red, se puede comprobar con el software PIPE que no posee interbloqueo.



Se muestra a continuación el diagrama de clases y luego se desarrollará una breve descripción de las clases más importantes y se detallan los métodos más relevantes

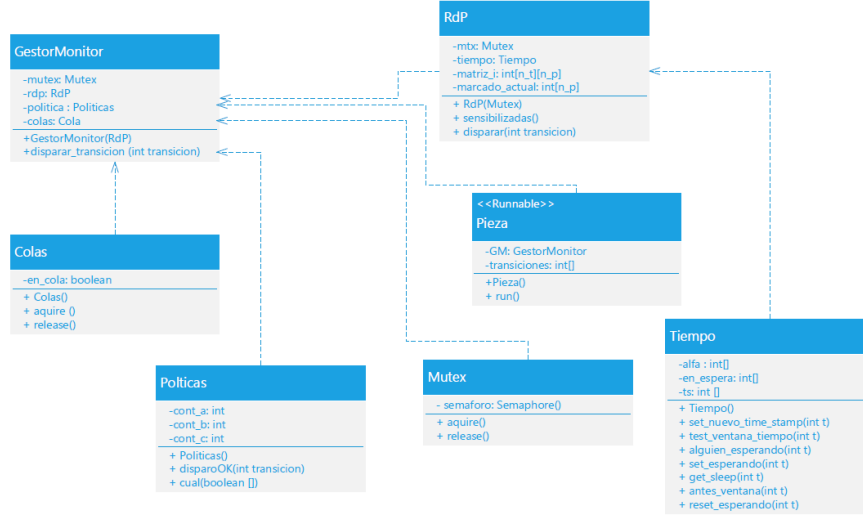


Figura 6: Diagram de clases de un monitor.

#### 4.1.1. Main

Se inicializa el gestor de monitor pasando los parametros necesarios y los 5 hilos que ejecutaran sus correspondientes transiciones.

#### 4.1.2. RdP

Contiene toda la logica del monitor, es decir controla la exclusion mutua y administra los recursos disponibles. De este modo esta clase contiene las matrices de incidencia pre y post, y el vector de marcado; estas variables combinadas representan el estado de la red en un momento determinado.

Entre sus funciones mas relevantes se encuentran:

- *Sensibilizadas()*: devuelve un arreglo de boolean que representa las transiciones sensibilizadas en un momento determinado. Este vector se calcula sumando el vector de marcado actual a la matriz de incidencia I, una vez realizada esta operacion, se controla que en la columna correspondiente a una transicion no existan elementos negativos. Si existe un valor negativo para una plaza en la columna de una transicion, esta transicion no esta sensibilizada; en el caso contrario, la transicion esta sensibilizada.
- *Disparar()*: realiza(en el caso que sea posible) el disparo de la red y devuelve un entero indicando el resultado del disparo. El disparo se realiza con la ecuacion de estado de la Red de Petri:

$$m_{n+1} = m_n + I \times d_j$$

donde  $m_{n+1}$  es el marcado en el instante n+1,  $m_n$  el marcado en el instante n,  $I$  la matriz de incidencia y  $d_j$  el vector de disparo para una transición j.

Una vez calculado el resultado del disparo de una transición se hace el cheque de tiempo, por medio de los métodos de la clase Tiempo

#### 4.1.3. GestorMonitor

En esta clase se encarga de la gestión de hilos después de un disparo, tiene un solo método que es disparar transición, en el cual el hilo debe acceder al gestor por medio de un mutex de entrada. De este modo el gestor se asegura que solo un hilo pueda disparar la red a la vez.

Una vez realizado el disparo pueden ocurrir varias alternativas, el hilo puede haber disparado la transición correctamente, entonces el gestor le da la señal al hilo para que dispare la próxima transición. Luego existen varios casos en los que no se puede disparar la transición y según la situación el hilo puede irse a una cola FIFO, dormirse o simplemente salir del monitor para nuevamente intentar disparar la misma transición. Si un hilo realiza un disparo, si hay otros hilos en las colas del gestor deberá despertarlos, si hay más de un hilo en las colas y con sus respectivas transiciones sensibilizadas se acudirá a la clase política para decidir cuál disparar.

La imagen a continuación es un diagrama de secuencias que permite explicar el funcionamiento del gestor de monitor sin tiempo:

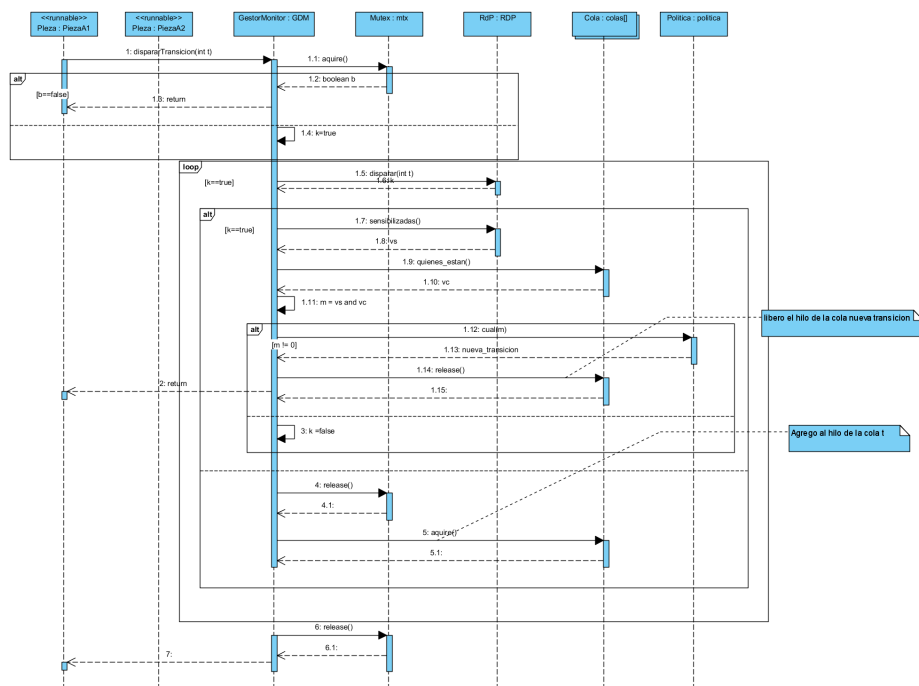


Figura 7: Diagrama de secuencia de disparo de una transición sin tiempo.

#### 4.1.4. Políticas

Esta clase es la que toma la decisión de qué transición disparar en el caso en que haya dos o más transiciones sensibilizadas y con hilos en sus colas. Lleva contadores que se actualizan en cada disparo, cuentan la cantidad de piezas terminadas de cada tipo

y como parametro tiene las proporciones de produccion de cada pieza. Los metodos mas relevantes son:

- Cual(): se le pasa un vector con las transiciones sensibilizadas y devuelve la transicion que se debe disparar. Se calcula multiplicando el vector por una matriz que lo ordena segun la prioridad actual de producción de piezas
- ActualizarP(): actualiza la matriz que ordena el vector segun la cantida de piezas producidas.

#### 4.1.5. Tiempo

Este objeto es el que almacena los tiempos de sensibilizacion de cada transicion y los retrasos asociados a algunas transiciones. Algunas de sus funciones son:

- TestVentanaTiempo():

El diagrama a continuación representa el calculo de un disparo con tiempo

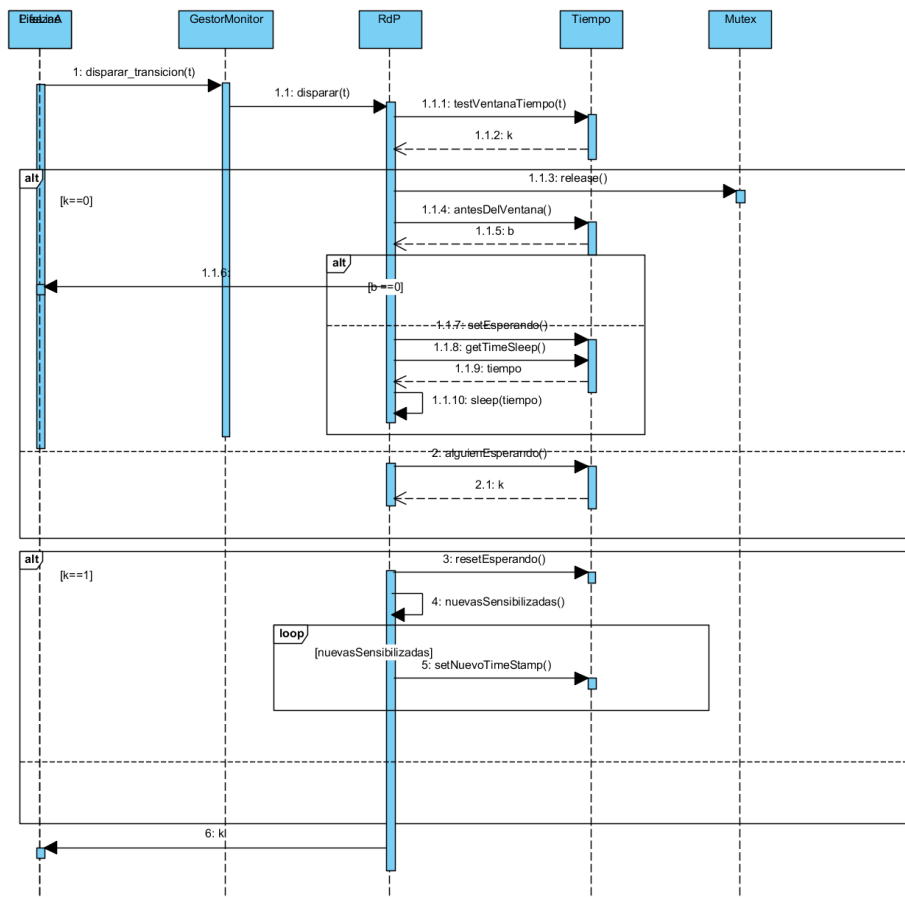


Figura 8: Diagrama de secuencia de disparo de una transición con tiempo.



## 5. Pruebas y Testing

Se generaron dos test unitarios de java para probar el metodo de disparar transicion del objeto RdP, con la finalidad de corroborar la logica del programa. En la spruebas se utilizaron dos redes de petri difernetes, una la que corresponde a nustro caso y la otra una red sencilla, en este caso se utilizo un productor/consumidor.

Para verificar que los disparos se produjeran correctamente y respetando la logica de la red, estos test se hicieron probando las p invariantes proporciondas por el software PIPE. Esta prueba garantiza que después de cada disparo el marcado de la red es coherente con la lógica que representa

## Referencias

- [1] Douglas E. Comer, "Internetworking With TCP/IP,"*Vol I: Principles, Protocols, and Arquitecture*, pp. 473-480, Sixth Edition 2014.