# Propuesta de un tipo Redes de Petri Temporizadas para el Modelado de Procesos

Lic. Gustavo Ariel Gonzalez - Lic. Gabriel David Vaisman

Director: Ms. Daniel Riesco

Departamento de Computación
Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales
Universidad Nacional de Río Cuarto
Ruta 36 Km 601; Río Cuarto, Córdoba, República Argentina.

**Resumen**

Las Redes de Petri (RP) son un formalismo gráfico para la especificación de sistemas, las cuales pertenecen a la clase de modelos operacionales y son apropiadas cuando se desean describir las propiedades dinámicas de los sistemas. Ademas, la flexibilidad del modelo permite extenderlo en varias direcciones manteniendo su filosofía original. En el presenta trabajo utilizaremos como base un modelo de Red de Petri Temporizada basadas en relojes para luego extenderlo con el concepto de Subredes aumentando así el poder de abstracción. Esta técnica de temporización usada basada en relojes, surge de la teoría de sistemas híbridos[3].

El objetivo principal de ésta extensión es aplicarlo a problemas como los que se encuentran en las areas de desarrollo de sistemas, especificamente en etapas de diseño de los modelos conocidos o en descripción y análisis de procesos.

Con las caracteristicas que se describen para el modelo podemos proponer también su uso en la rama de la ingeniería de software hoy conocida como reingeniería, que utiliza actualmente modelos semi-formales para representar los sitemas existentes y realizar su posterior análisis. El uso de una herramienta basada en un modelo formal permitirá la aplicación de técnicas mas efectivas en relación a los objetivos que se ostentan.

## 1 Introducción

La construcción de "modelos conceptuales" para la representación de problemas del mundo real es de gran utilidad para la comprensión y especificación de los mismos; entendiendo por modelos conceptuales a una representación abstracta en la cual se describen tanto propiedades estáticas como dinámicas del comportamiento de una organización. En comparación con otros modelos, las características sobresalientes de las RP son las siguientes:

La posibilidad de representar los sistemas en diferentes niveles de abstracción sin tener que cambiar el lenguaje de descripción, su forma de representación hace posible la verificación de las propiedades del sistema y realizar pruebas de correctitud y que al tener una representación gráfica es posible construir simuladores que permitan realizar análisis dinámicos de una red[1].

Como metodología de temporización se propone una adaptacción de la Teoría de Grafos Temporizados. La ventaja de este método es su generalidad, ya que abarca importantes métodos de temporización como el de **Intervalo**, **Retardo** en las *transiciones* y **Retardo** en los *lugares*, entre otros.

La posterior extensión de estas redes con el concepto de subred, posibilita asociar a un evento una nueva Redes de Petri Temporizadas para la descripción del mismo, agregando claridad a las representaciones, incorporando el concepto de reusabilidad y, en general, adecuando este tipo de redes a la modelización de procesos.

# 2 Redes de Petri Temporizadas Basadas en Grafos Temporizados

A partir de la combinación de las Redes de Petri básicas y los Grafos Temporizados[2] se obtiene este modelo de Redes de Petri Temporizadas. El punto fundamental en esta fusión es que se agrega a las Red de Petri básicas la capacidad de temporización de estos grafos aumentando la cantidad de problemas posibles de modelar. Una Red de Petri de este tipo es una red donde la sincronización de los eventos es controlada mediante un conjunto finito de variables reales, llamadas relojes, cuyos valores se incrementan uniformemente con el paso del tiempo. Las restricciones temporales inherentes a las *transiciones* de la red son expresadas ligando condiciones de activación a cada una de las *transiciones*. Una *transición* está habilitada si se cumplen las restricciones de habilitación definidas anteriormente y además su condicián asociada es satisfecha por los valores corrientes de los relojes. Un reloj puede ser puesto a cero al dispararse cualquier *transición* que así lo indique. A todo instante el valor de un reloj es igual al tiempo transcurrido desde la última vez en que fue puesto a cero.

## 2.1 Definición de la Red

Se puede definir una Red de Petri de esta clase como una 9-tupla RP=$\langle$P, T, F, M, K, W, Rel, Inv, Tran$\rangle$ donde:

- P, T, F, M, K, y W se corresponden con los conceptos básicos de lugares,transiciones, arcos, marcación inicial, capacidad de los lugares y peso de los arcos respectivamente.
- **Rel** es un conjunto finito de relojes. El valor de un reloj **x** está dado por una función **v** que retorna un valor $\mathbf{v(x)} \in R^{+}$.
- Definimos la función **Tran** de la siguiente manera:

  Para cada $\mathbf{t} \in \mathbf{T}$ , $\mathbf{Tran(t)} = \mathbf{(w,\ r)}$ donde **w** es una condición y $\mathbf{r} \subseteq \mathbf{Rel}$, un conjunto de relojes que son puestos a ceros simultáneamente con la *transición*.

  Una condición **w** es una relación Booleana de átomos de la forma $\mathbf{r}\ \#\ \mathbf{C}$, donde $\mathbf{r} \in \mathbf{Rel}$ y # es una relación binaria en el conj. $(\leq, \leq, =, \geq, \geq)$ y **C** es una constante entera.

  *Al inicio todos los relojes son puestos en cero, es decir: $\forall\ \mathbf{r} \in \mathbf{Rel}$: $\mathbf{v(r)} = 0$.
- **Inv**: para cada $\mathbf{p} \in \mathbf{P}$, $\boldsymbol{Inv_p}$ es el invariante del lugar **p**. Donde $\boldsymbol{Inv_p}$ es una relación booleana de átomos de la forma $\mathbf{r}\ \#\ \mathbf{C}$.

## 2.2 La Evolución de la Red

Dada la definición de la RP, se describe la evolución temporal de la misma respecto de un estado compuesto por una marcación y una valuación de los relojes. Al comienzo de la ejecución se tomará como estado inicial a la marcación inicial y los relojes puestos en cero.

El paso del tiempo ocurre durante los períodos en los cuales ninguna *transición* es disparada, lo cual se puede expresar haciendo variar el estado de manera que la marcación permanezca igual y se actualicen los relojes en función del tiempo transcurrido.

El disparo de una *transición* habilitada **t** puede expresarse renovando el estado de modo que los relojes mantengan su valor excepto para aquellos que son puestos a cero por la *transición*, y la marcación que se obtiene es la marcación siguiente a la marcación del estado original.

# 3 Redes de Petri Temporizadas con Subredes

La extensión de estas redes consiste en proveer la posibilidad de asociar a un evento una nueva Redes de Petri Temporizadas para la descripción del mismo. Esto evita muchas veces la creación de grandes redes que se tornan incomprensibles y por otro lado es posible aplicar el concepto de reusabilidad asociando una misma red a distintos eventos. También acarrea la ventaja de continuidad de una especificación profundizando sobre los eventos de la misma sin tener que modificar el diseõ original. De acuerdo a las características mencionadas anteriormente, esta nueva extensión es muy adecuada para la modelación de procesos. En esta representación se exponen las características que dan gran amplitud a este concepto de subred, dejando abierta la posibilidad de agregar restricciones de distintos tipos para aplicaciones o estudios más específicos o particulares.

Para describir el funcionamiento de una red basta mencionar que cada evento podrá tener asociada una red que se comenzará a ejecutar en el momento del disparo de la *transición* a partir de su marcación inicial y durante el tiempo necesario para alcanzar su estado final. En la definición de la red general se declararán, en caso de tenerlas, las subredes correspondientes a cada *transición*, pudiendo éstas reusarse, ya que representan el concepto abstracto de la red y no una instancia de la misma. El estado final de una red es una condición sobre el estado.

## 3.1 Definición Formal

$$RP = \langle P, T, F, M, K, W, Rel, Inv, Ef \rangle, \text{donde}$$

**T** = ⟨T', Tran, SR⟩ siendo **T'** el conjunto de Transiciones, **Tran** definida anteriormente y **SR** una Red de Petri posiblemente indefinida (la representaremos con el smbolo $\perp$).

**Ef**, es el estado final de RP.

El estado estará compuesto por una terna (M, $\underline{x}$, TR), quedando los dos primeros componentes como en la definición de la sección anterior y TR modificada como sigue:

**TR**: T $\rightarrow$ (S $\cup$ $\{\tau\}$). Retorna el estado en que se encuentra la subred asociada a una transición. El estado nulo se representa con $\tau$.

## 3.2 La Evolución de la Red

La evolución de la red a través de disparos temporales o de una *transición* se describe con las reglas que se presentan a continuación:

Como condición de disparo de una *transición* o temporal, la red no debe haber alcanzado su estado final (Ef), es decir que la evolución de una red finaliza al alcanzar dicho estado.

**Disparo de una transición.** El disparo de una *transición* habilitada **t** queda definido como sigue:

Dado un estado (M, $\underline{x}$, TR) se obtiene un estado (M', $\underline{x}$', TR'):
(M, $\underline{x}$, TR) $\rightarrow_t$ (M', $\underline{x}$', TR'), donde

M'(p) = M(p) - W(p,t) sii p $\in$ *t,
M(p) + W(t,p), si S$R_t$ = $\perp$ y p $\in$ t*,
M(p) en otro caso.

TR'(t) = (Minit, $\underline{\text{x}}0_t$, TR$0_t$), si S$R_t \neq \perp$,
$\tau$, si $SR_t = \perp$.

En caso de que la *transición* disparada tenga asociada una subred no indefinida, se asigna al par TR(t) el estado inicial de la red que le corresponde a t de acuerdo a SR definido en **T**.

**Disparo temporal.** Un disparo temporal queda definido de la siguiente manera:
Dado un estado (M, $\underline{\text{x}}$, TR) se obtiene un estado (M', $\underline{\text{x}}$', TR'):
(M, $\underline{\text{x}}$, TR) $\rightarrow_{y'}$ (M', $\underline{\text{x}}$', TR'), donde

M'(p) = M(p) + W(t,p), $\forall$ t: TR(t) = EF(S$R_t$),
M(p) en otro caso.

$\underline{\text{x}}$'=$\underline{\text{x}}$+y'

$\forall$ t $\in$ T: TR(t) $\neq$ EF(S$R_t$), TR'(t) = s' tal que TR(t) $\Rightarrow_{y'}$ s', si TR(t) $\neq$ EF(S$R_t$),
=$\tau$ $\wedge$ $\underline{\text{x}}$'=$\alpha$(t,$\underline{\text{x}}$'), si TR(t) = EF(S$R_t$), en el orden establecido.

Notar que un disparo temporal afecta a todas las subredes en ejecución

# 4 Modelo de la Metodología de Yourdon usando RPT

En el ejemplo que se desarrolla a continuación, se muestra la representacin gráfica del modelo de Redes de Petri Temporizadas con Subredes, una metodología de desarrollo de software basado en el método de Análisis Estructurado propuesto por Yourdon[4].

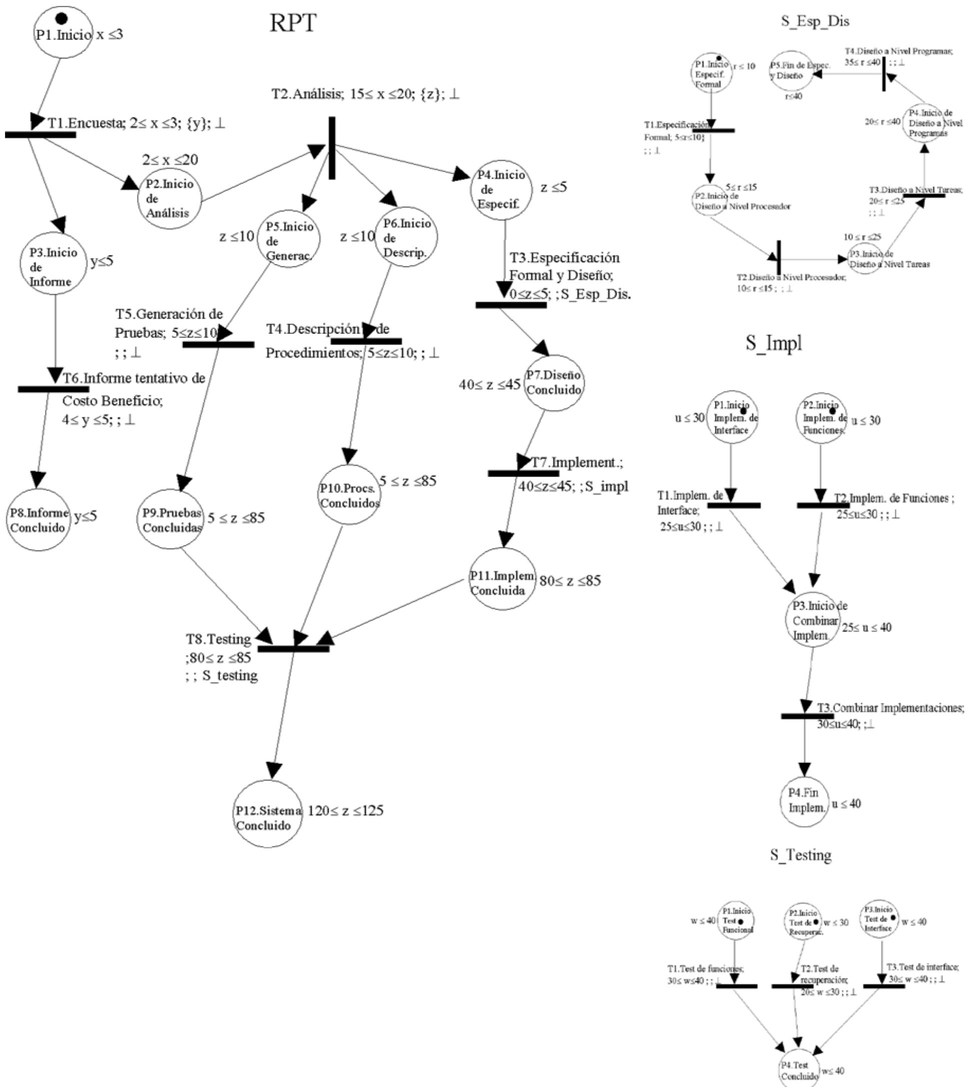


Figura 1: Análisis Estructurado

# Referencias


[1] Ghezzi, Jazayeri, and Mandrioli. *Software Specification*. Prentice Hall, 1991.

[2] Alfredo Olivero. *Modélisation et analyse de systémes temporisés et hybrides*. PhD thesis, Intitut National Politechnique de Grenoble, France, September 1994.

[3] R.Alur, C.Courucoubetis, N.Halbwachs, and T.A.Henzinger. The algorithmic analysis of hybrid systems. Theoretical Computer Science, 1997.

[4] Edward Yourdon. *Análisis Estructurado Moderno*. Prentice Hall, 1989.