

COMPROBACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE EJECUCIÓN DE UN PROCEDIMIENTO ORGANIZATIVO MEDIANTE REDES DE WORKFLOW

CHECKING THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING AN ORGANIZATIONAL PROCESS THROUGH WORKFLOW NETS

Michalus, Juan Carlos

Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones
Misiones, Argentina
michalus@fio.unam.edu.ar

Sáez Mosquera, Inty

Universidad Central Marta Abreu de Las Villas
Villa Clara, Cuba
intysaez@gmail.com

Hernández Pérez, Gilberto

Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
Villa Clara, Cuba
ghdez@uclv.edu.cu

Sarache Castro, William Ariel

Universidad Nacional de Colombia
Colombia
wasarache@unal.edu.co

Fecha de Recepción: 18/03/2014 - Fecha de Aprobación: 02/05/2014

RESUMEN

El objetivo fundamental de este trabajo es aportar evidencia empírica a favor del empleo de Redes de Workflow derivadas de las Redes de Petri clásicas, con la finalidad de verificar la factibilidad de ejecución de un procedimiento metodológico desarrollado para generar soluciones alternativas de cooperación flexible de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs). Para ello se procedió a modelar las fases y etapas de la solución propuesta mediante redes de Workflow y comprobar su posibilidad de ejecución con los recursos previstos en su diseño, sin que se presenten situaciones que lo invaliden. El modelado y su simulación se realizaron con el apoyo del software Workflow Petri net Designer (WoPeD) v 2.5.0; además se acompañó del análisis estructural y de robustez. Los resultados obtenidos permitieron comprobar la viabilidad de aplicación de esta herramienta para estos fines, así como y en lo específico afirmar que el procedimiento diseñado garantizó las condiciones necesarias y suficientes para ejecutarse en un tiempo y con los recursos finitos planificados.

PALABRAS CLAVE: Modelado; Simulación; Redes de Petri; Redes de Workflow

ABSTRACT

The main objective of this paper is to provide empirical evidence for the use of Workflow

“Visión de Futuro” Año 12, Volumen N°19, N° 2, Julio - Diciembre 2015 – Pág. 106 - 121

URL de la Revista: <http://revistacientifica.fce.unam.edu.ar/>

URL del Documento: http://revistacientifica.fce.unam.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=395&Itemid=86

ISSN 1668 – 8708 – Versión en Línea

ISSN 1669 – 7634 – Versión Impresa

E-mail: revistacientifica@fce.unam.edu.ar

Nets derived from classical Petri Nets, in order to verify the feasibility of implementing a methodological approach, developed to generate alternative solutions to flexible cooperation among SMEs. We proceeded to model the phases and stages of the solution proposed and check the possibility of executing its design without invalidating situations that may arise. The modeling and simulation were performed with software support WoPeD v 2.5.0. In addition, structural and robustness analyses were done. The results obtained showed the feasibility of using this tool for these purposes, and the designed procedure guaranteed the conditions to carry out in time and with the finite resources which were planned.

KEY WORDS: Modeling; Simulation; Petri Nets; Workflow Nets

INTRODUCCIÓN

Cuando se procede al diseño de nuevos procesos, o ante la necesidad de introducir modificaciones a los procesos existentes (sean de producción o de gestión), resulta útil poder realizar una un examen o valoración antes que se concrete su aplicación (evaluación ex-ante), con la finalidad de verificar si los recursos proyectados permiten su efectiva puesta en marcha y ejecución (Espinoza, y Peroni,2000).

En este trabajo, se emplean Redes de Workflow derivadas de las Redes de Petri clásicas (RdP) para modelar y evaluar ex – ante un procedimiento organizativo destinado a crear redes de cooperación de PyMEs en la provincia de Misiones, Argentina.

Para ello, y en primer lugar, se expone de manera sucinta las redes de Workflow derivadas de las RdP y su aplicación al caso de un procedimiento de gestión, diseñado para generar redes de cooperación flexible de PyMEs. A continuación se describe el modelamiento del procedimiento metodológico diseñado, para avanzar luego en la simulación, análisis, discusión de los resultados obtenidos, y finalmente, realizar la presentación de las conclusiones correspondientes.

DESARROLLO

Materiales y métodos

A partir de un procedimiento metodológico disponible como resultado de una investigación anterior (Michalus, 2011), que propone un mecanismo de creación de redes de cooperación flexible de PyMEs orientadas al Desarrollo Local Sustentable (DLS) de los municipios/regiones

de menor desarrollo socio-económico de la provincia de Misiones, Argentina, se transfirieron sus etapas y pasos a un modelo formal procesable por computador mediante la utilización del software Workflow Petri net Designer (WoPeD) versión 2.5.0.

Cada etapa del procedimiento general se modeló siguiendo la estrategia de validación XP: extreme Programming) (Rodríguez y Bonilla, 2005), adaptado creativamente al caso, donde cada etapa es modelada y simulada por separado, con la finalidad de comprobar si es posible alcanzar el último paso que la compone lo que, a su vez, verifica las condiciones de activación de la etapa siguiente.

Se ejecutaron las redes de Workflow confeccionadas y se verificó ex - ante las condiciones de ejecución del procedimiento diseñado, mediante análisis desde el punto de vista estructural y funcional.

Aproximación a la modelación de procesos mediante Redes de Workflow derivadas de las Redes de Petri clásicas

Las RdP constituyen un caso particular de grafo dirigido, ponderado y bipartito, compuesto por dos tipos de nodos: a) nodos tipo lugar (places) que representan condiciones y recursos; b) nodos tipo transición (transitions), que representan eventos, procesos o tareas que pueden ocurrir en dependencia de las condiciones. Los nodos mencionados están conectados a través de arcos orientados (Guasch et al., 2003).

En general, una RdP puede definirse matemáticamente como la quintupla (Magaña Orúe, 2005) expuesta en la expresión (1).

$$\text{RdP} = (\rho, t, a, W, M_0) \quad (1)$$

Donde:

$\rho = \{\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_m\}$ conjunto de nodos tipo lugar (places)

$t = \{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ conjunto de nodos tipo transición (transitions)

$a = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ conjunto de arcos de la RdP

$W=a_i: \{1, 2, 3, \dots\}$ peso asociado a cada arco

$M_0= \rho_i: \{1, 2, 3, \dots\}$ número de marcas iniciales (tokens) en cada nodo tipo lugar

Una RdP puede ser estudiada formalmente a través de su estructura matemática, y gráficamente a través de su representación en forma de grafo dirigido, en el cual es posible formalizar clientes, peticiones y recursos como marcas (tokens) situados en los nodos tipo lugar.

En la Figura 1 se representa una RdP, donde se puede apreciar cómo los nodos tipo lugar y tipo transición están unidos por arcos orientados, los que, en este caso, tienen un peso asociado $W = 1$ (el peso unitario no se indica expresamente en la RdP por convención).

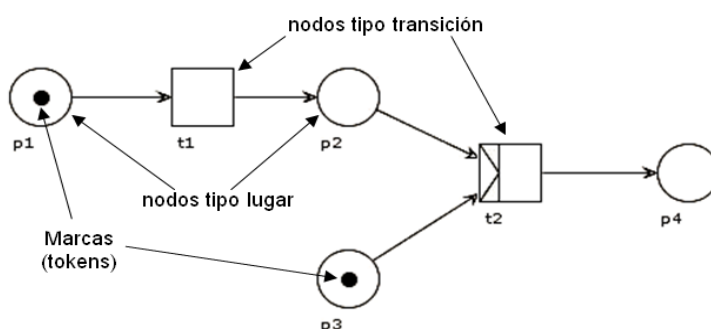


Figura N° 1: Representación gráfica de una Red de Petri sencilla
Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

El estado de una RdP depende del marcado (es decir, de la ubicación de las marcas o tokens). Una transición está habilitada para dispararse o ejecutarse cuando todos los nodos tipo lugar que la preceden poseen al menos una marca o token. Cuando una transición se dispara, se quita una marca de cada nodo o lugar de entrada, y se coloca un token en cada uno de los nodos de salida. En la Figura 1 el token ubicado en p_1 habilita para su ejecución al evento, proceso o tarea representada por la transición t_1 . Al ejecutarse t_1 , el token ubicado en el nodo p_1 pasa a ubicarse en el nodo p_2 , como muestra la Figura N° 2.

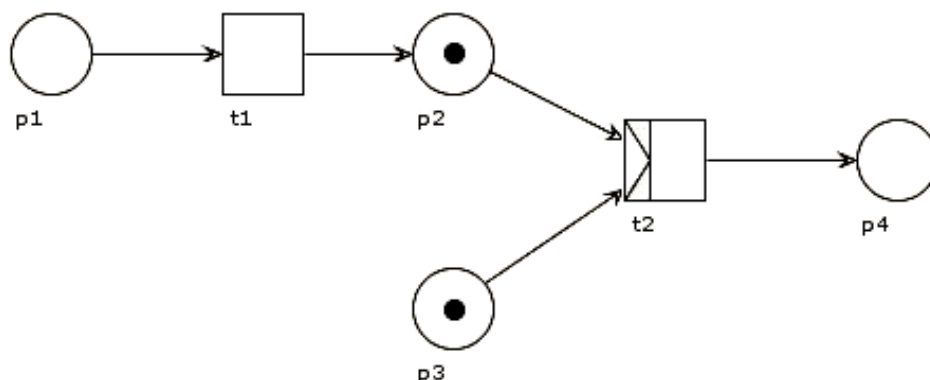


Figura N° 2: Representación de la Red de Petri de la Figura N° 1 luego de la ejecución de t_1
Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

Ahora todos los nodos que preceden a t_2 (p_2 y p_3) tienen al menos una marca cada uno, lo que habilita a ejecutar el evento, proceso o tarea t_2 .

Una descripción y análisis detallado de las RdP puede encontrarse en Guasch et al. (2003), Cohen (2001), Garrido (2005), Granada (2010), entre otros autores.

Para modelar procesos de flujo de trabajo (Workflow) se utiliza una modificación de las RdP, con un peso $W=1$ asociado a cada arco debido a que se considera que todas las actividades tienen igual importancia, y que lo sustancial es preservar el orden de ejecución; un único estado inicial (identificado por un token al inicio); un único estado final (correspondiente al último paso de la etapa final a ejecutar), y todos los componentes (nodos tipo lugar y nodos tipo transición) deben estar fuertemente conectados (configurando componentes fuertemente conexas) (Solana González et al., 2006). Gráficamente se utilizan, además, operadores necesarios para representar correctamente las condiciones de los procesos, mediante la utilización de los bloques de control siguientes:

- AND-split (un nodo tipo lugar llega a una transición, de la que salen varios)
- AND-join (varios nodos tipo lugar llegan a una transición y sale uno solo)
- XOR-split (dos o más transiciones que salen a partir de un nodo tipo lugar)
- XOR-join (un solo nodo tipo lugar que une las salidas de dos o más transiciones)

Diferentes combinaciones específicas de estos tipos de nodo para situaciones particulares de procesos, han dado lugar a los denominados patrones de Workflow (Russell, 2007) y sus combinaciones, usados para modelar rutinas secuenciales, condicionales, paralelas e iterativas (Castellanos, 2006).

Modelado y análisis de un procedimiento organizativo mediante Redes de Workflow derivadas de las RdP

En el marco de una investigación llevada a cabo en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Misiones, Argentina en cooperación con la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas (UCLV), Santa Clara, Cuba, se desarrolló un modelo con sus procedimientos asociados para generar redes de cooperación flexible de PyMEs orientado al desarrollo local sostenible (DLS), adaptado a las empresas locales, como una vía alternativa que puede contribuir al desarrollo de los municipios y micro-regiones, y a la mejora en las condiciones de operación de las empresas de la provincia de Misiones, Argentina, en un marco de pertinencia y sustentabilidad económica, social y medioambiental (Michalus, 2011). El procedimiento mencionado está constituido por las fases y etapas que se muestran en

el Tabla N° 1.

Las fases y etapas componentes del procedimiento organizativo que se presentaron en la Tabla N°1 no serán descritas en detalle en este trabajo. Se procederá al modelado y simulación de las mismas mediante Redes de Workflow derivadas de las Redes de Petri, con la finalidad de examinar la capacidad del procedimiento de completarse en un tiempo finito, y con recursos finitos explotando la generalidad de cada una de las etapas y desde una perspectiva sistémica (más allá de los detalles, interesa comprobar si cada una de las etapas puede ser completada).

Tabla N° 1: Fases y etapas del procedimiento metodológico propuesto

<p>1. Conformación de la Unidad de Gestión de Red</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la Unidad de Gestión: proceso de selección de actores locales para conformar el órgano que coordinará el programa de cooperación • Concertación de sectores prioritarios para las redes de cooperación: selección de sectores de producción y/o servicios en los que se impulsará la creación de redes de cooperación
<p>2. Configuración de Sub-Redes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Promoción e inscripción de empresas: realización de campañas de promoción e inscripción de las empresas interesadas en conformar redes de cooperación • Diagnóstico y selección de empresas participantes: evaluación de las PyMEs inscriptas, selección de aquellas que están en condiciones de de participar del programa de cooperación • Conformación de sub-redes: proceso mediante el cual se conforman grupos de PyMEs que se complementan y pueden trabajar en cooperación
<p>3. Cooperación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Concreción de actividad inicial en cooperación: selección de una actividad concreta, de corto plazo, para iniciar la cooperación entre PyMEs y reforzar la confianza entre las mismas • Fortalecimiento de la cooperación: planificación y concreción de actividades de cooperación más complejas y de mayor duración
<p>4. Desprendimiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de sub-redes maduras: proceso de evaluación y selección de sub-redes de PyMEs que se encuentran consolidadas en el trabajo en cooperación • Desprendimiento de sub-redes para funcionamiento independiente: proceso de separación de sub-redes de PyMEs, para que continúen operando fuera del programa de cooperación

Fuente: Elaboración Propia a partir de Michalus (2011)

Un procedimiento, conceptualizado como una secuencia de pasos lógicos que requieren una serie de recursos para su ejecución con un inicio y un final determinados, puede modelarse

como una red de flujo de trabajo (Workflow Net) (Solana González, 2006; González del Ángel, 2007; Amador Hernández y Sánchez León, 2009; Lozada y Velasco, 2010). En este caso particular, se ha extendido esta conceptualización al caso de las fases y etapas del procedimiento general propuesto, las que se transfirieron a una representación formal procesable por computador, mediante el uso de técnicas de análisis, modelado y definición de sistemas que comprenden la descomposición en un conjunto discreto de actividades que tienen asociadas acciones humanas o automatizadas, unidas a reglas que determinan su evolución a través de las distintas actividades, con la finalidad de comprobar ex-ante su comportamiento al ejecutarse, y verificar que no existe imposibilidad de hacerlo debido al incumplimiento de condiciones previas, o ausencia de algún recurso necesario para ello. Para llevar a cabo este análisis se siguieron los pasos que se indican a continuación:

- Construir un modelo de las fases correspondientes al procedimiento general diseñado (con sus procedimientos específicos). Para ello se utilizó el software WoPeD v 2.5.0. Se identificaron las condiciones y recursos necesarios para ejecutar cada paso y las condiciones posteriores a su disparo o ejecución (representadas por nodos tipo lugar). Los eventos, procesos o tareas se representaron por nodos tipo transición; los nodos tipo lugar y transición se unieron mediante arcos orientados, de tal manera que representen la secuencia lógica definida en el procedimiento específico considerado. Cada etapa del procedimiento general se modeló por separado, decisión que obedece a una estrategia de validación, siguiendo el paradigma de programación extrema (XP: eXtreme Programming (Rodríguez y Bonilla, 2005), donde cada etapa es modelada y simulada, incluso, en condiciones extremas, y siempre que se alcancen las pre-condiciones de activación para la etapa siguiente, se habrá comprobado la capacidad del procedimiento general de ejecutarse total y parcialmente, además de comprobar ex-ante la flexibilidad, robustez y parsimonia de los procedimientos específicos.
- Definir la condición inicial del proceso, a través del marcado inicial M_0 .
- Ejecutar las redes de flujo de trabajo y verificar si el marcado final M_f (definido por la ejecución del último paso del procedimiento general propuesto como estado final) es alcanzable desde el marcado inicial M_0 , en cada etapa, así como entre las etapas. El marcado final en cada etapa dentro de la secuencia del procedimiento general, garantiza haber alcanzado las pre-condiciones de la etapa siguiente. El marcado final de la última etapa representa la culminación de la ejecución del procedimiento general.

Para mostrar cómo se construyeron las redes de Workflow, en la Figura 3 se presenta una vista parcial del modelo elaborado, correspondiente a la conformación de sub-redes (última

etapa de la Fase 2: Configuración de sub-redes, que aparece en la Tabla N° 1), donde se aprecia que una vez designado el gestor -Designar Gestor (UG)-, este se reúne con un sub-grupo de PyMEs seleccionadas -Reuniones c/Gestor (Sub-grupo)- y luego del proceso de negociación (en el que pueden presentarse desacuerdos conducentes a nuevas negociaciones) las empresas acuerdan trabajar juntas y convienen los aspectos legales -Acordar aspectos legales-, los que son plasmados en un contrato: Contrato acordado.

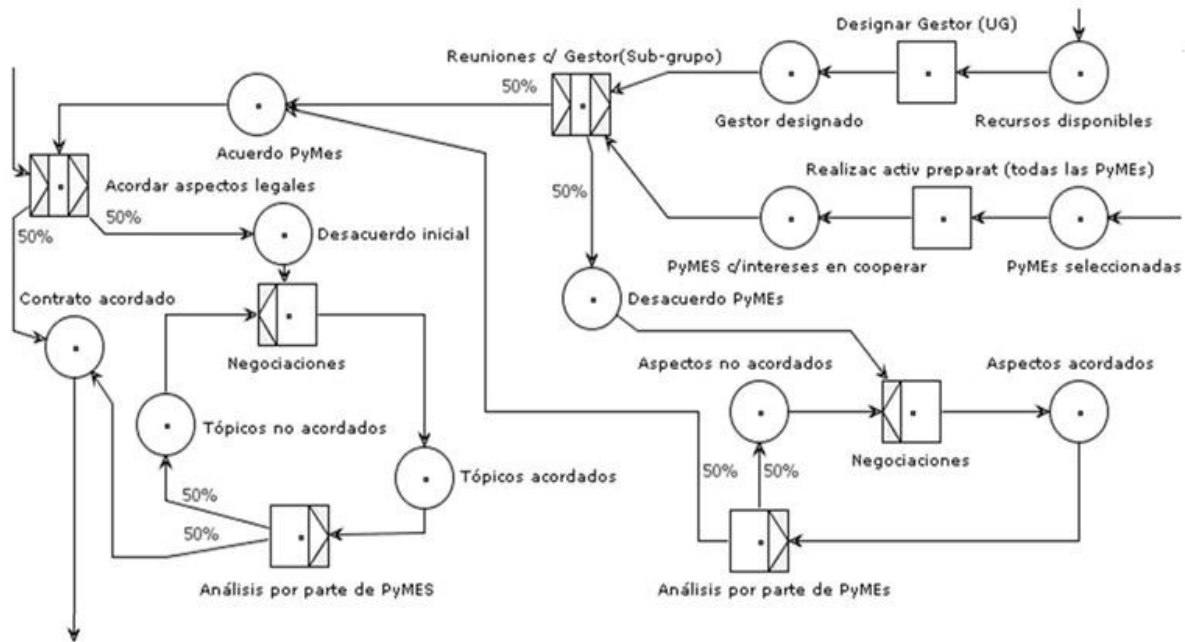


Figura N° 3: Vista parcial de la Red de Workflow correspondiente a la Etapa 2.3: conformación de sub-redes
Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

Las redes de Workflow correspondientes a cada una de las fases y etapas que figuran en la Tabla 1 se confeccionaron de manera similar a la descrita, y se presentan a continuación (ver Figuras 4, 5 y 6).

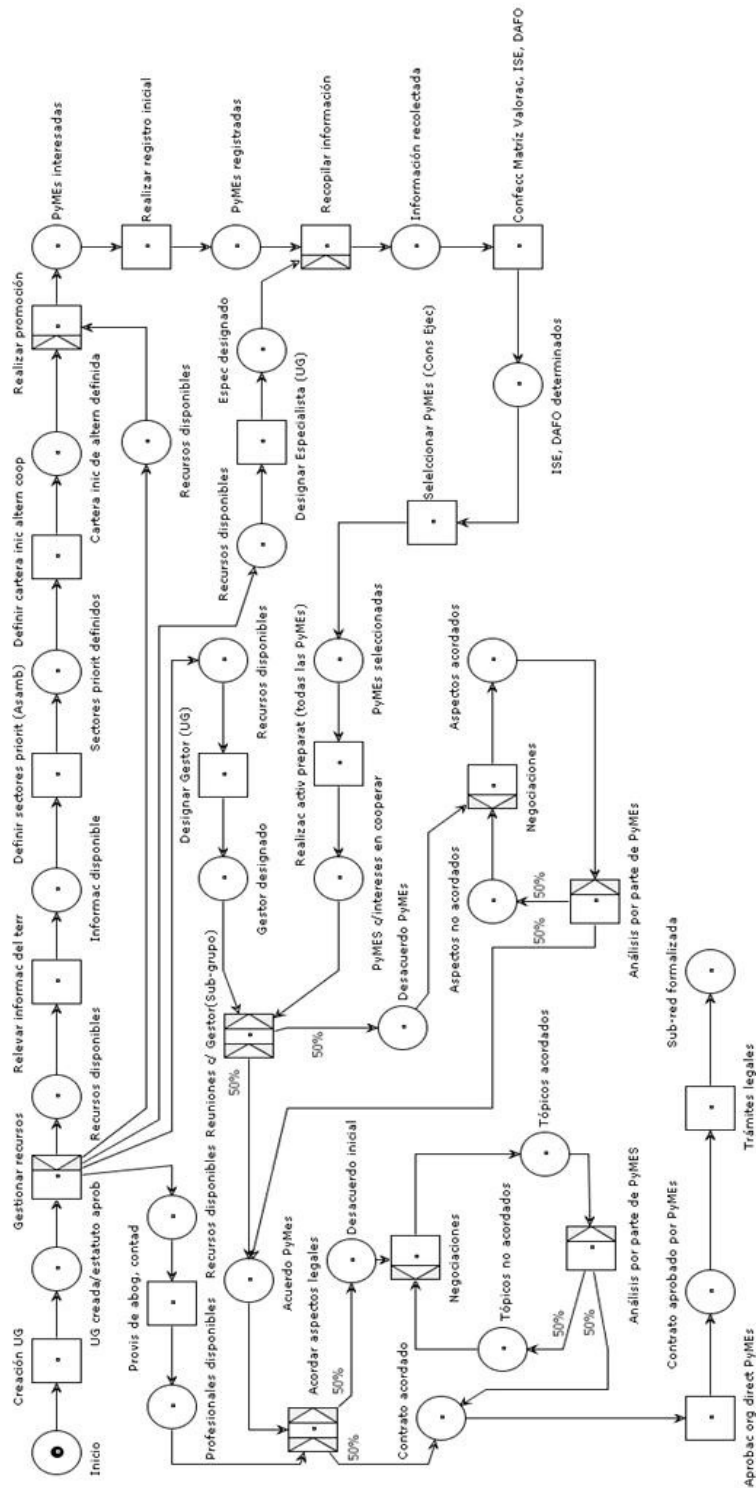


Figura N° 4: Red de Workflow correspondiente a la Fase 1: Conformación de la UG de red, y Fase 2: Configuración de sub-redes, correspondientes al Procedimiento Metodológico propuesto
Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

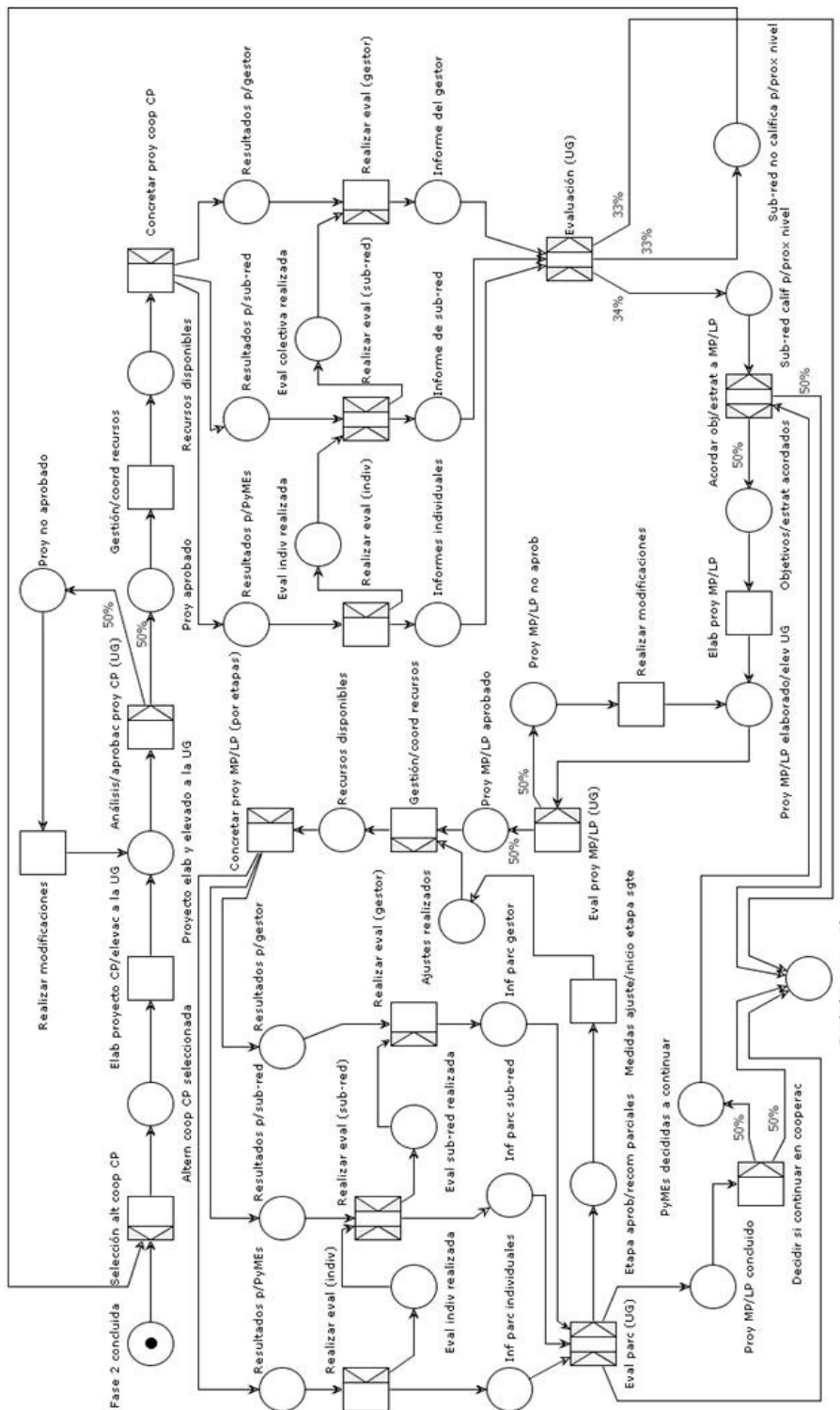


Figura N° 5: Red de Workflow correspondiente a Fase 3: Cooperación, correspondiente al Procedimiento Metodológico propuesto

Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

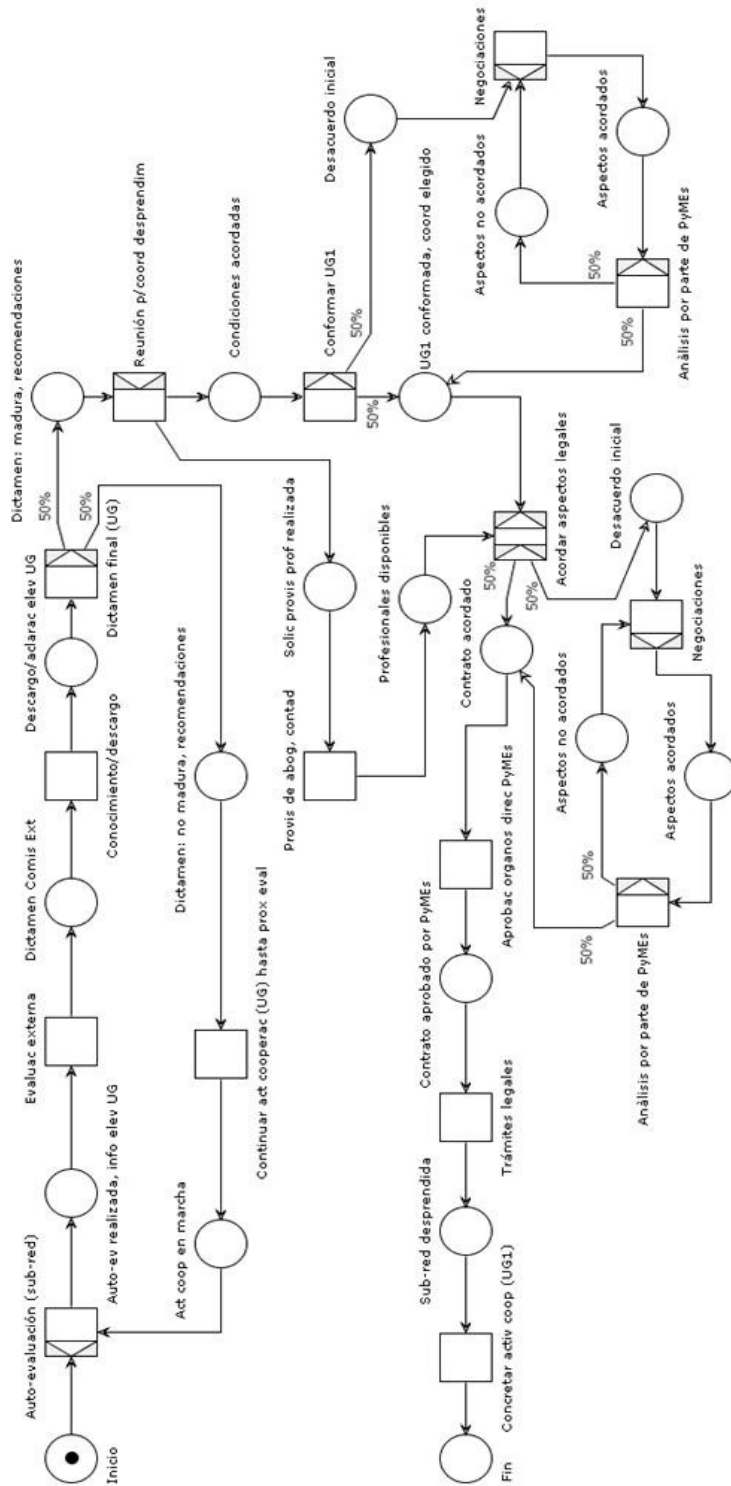


Figura N° 6: Red de Workflow correspondiente a Fase 4: Desprendimiento, correspondiente al Procedimiento Metodológico propuesto

Fuente: Elaboración Propia mediante el software WoPeD v. 2.5.0

A continuación, se verificó que el modelo elaborado se ajustaba exactamente a los pasos del procedimiento metodológico desarrollado, luego se ejecutó la simulación y se comprobó que es posible alcanzar el marcado final M_f a partir de M_0 , mediante la secuencia adecuada de disparos de los nodos tipo transición, así como las propiedades de las redes de flujo de trabajo construidas (ver Tabla N° 2).

Tabla N° 2: Propiedades de las redes de flujo de trabajo correspondientes a las fases del procedimiento metodológico propuesto

Tipo de análisis	Elementos analizados	Fases 1 y 2	Fase 3	Fase 4
Análisis estructural	Nodos tipo lugar	31	37	22
	Nodos tipo transición	30	36	25
	Operadores	09	16	09
	Arcos	68	88	52
	Operadores usados erróneamente	0	0	0
	Violaciones de libre elección	0	0	0
Robustez (soundness)	Lugar inicial	01	01	01
	Lugar final	01	01	01
	Componentes conectados	51	56	37
	Componentes fuertemente conectados	51	56	37
	Lugares no acotados (boundness)	0	0	0
	Transiciones muertas (dead-lock)	0	0	0
	Transiciones no vivas (non-live transitions)	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia a partir de la aplicación del software WoPeD v. 2.5.0

Desde el punto de vista estructural, en la Tabla N° 2 se presentan las principales métricas de cada una de las redes parciales confeccionadas (cantidad de nodos tipo lugar y tipo transición, cantidad de operadores y cantidad de arcos), así como la inexistencia de operadores de uso erróneo, ni violaciones de libre elección. Esta última comprobación garantiza que la propia dinámica de ejecución no agrega o impone condiciones o restricciones adicionales, lo cual valida la consistencia lógica del procedimiento general, así como sus procedimientos específicos.

Desde el punto de vista funcional, el análisis de robustez presenta sus características básicas (lugares inicial y final únicos, y total de componentes fuertemente conectados) y permite comprobar que las redes construidas son limitadas (inexistencia de nodos tipo lugar no acotados -boundness-), esto confirma que las condiciones y recursos están acotados dentro del modelo obtenido (como lo son en la práctica), así como la ausencia de transiciones muertas (dead-lock) y no vivas (non-live transitions), lo cual garantiza la inexistencia de bloqueos en su ejecución y permite verificar la propiedad de vivacidad de estas redes, por lo que es posible

ejecutar los eventos, actividades y/o procesos derivados del procedimiento general propuesto con los recursos programados, validando además la no existencia de condiciones de competencia de recursos limitados.

No se detectaron condiciones que invaliden su ejecución (interrupciones y/o bloqueos), teniendo en cuenta la secuencia definida por las fases y etapas del procedimiento propuesto, consumiendo los recursos disponibles asignados. En la práctica, esto significa que ningún paso invalida a otro y el procedimiento no se va a parar por falta de recursos, garantizando su ejecución.

CONCLUSIÓN

Se ha podido modelar de manera adecuada todas las fases, etapas y actividades componentes de un procedimiento metodológico, antes de proceder a su aplicación, mediante la utilización de redes de Workflow derivadas de las RdP.

Se aportó evidencia empírica a favor de la aplicación del formalismo de redes Workflow a procedimientos organizativos, donde es difícil de comprobar o calificar ex-ante la capacidad de ejecución en el tiempo de las diversas etapas (sobre todo por los posibles bucles que se presentan).

La estrategia utilizada siguiendo el paradigma de programación extrema para comprobar que cada una de las fases y etapas puede ser completada, resultó ser adecuada y pertinente a los fines perseguidos al argumentar a favor de su consistencia lógica, de la suficiencia informativa y demostrar, a su vez, la capacidad de ejecución del procedimiento organizativo en su conjunto.

Las Redes de Workflow derivadas de las RdP se revelaron como una herramienta robusta para el modelado y simulación de procedimientos metodológicos, que permite comprobar ex-ante la factibilidad desde el punto de vista estructural como funcional y verificar así el diseño con la finalidad de evitar que sea inadecuado y/o incompleto, en cuanto a la previsión de los recursos necesarios para su ejecución práctica.

REFERENCIAS

Amador Hernández, A. y Sánchez León, O.E. (2009) Modelo de memoria organizacional soportado en "Workflow" en empresas comercializadoras mixtas. XII Taller Internacional de Gestión Tecnológica e Innovación GESTEC 2009. Centro Tecnológico GAIKER, de España,

TECNOSIME y DISAIC: La Habana, Cuba. URL: <http://www.gestec.disaic.cu> Acceso: agosto 2012.

Castellanos, C. (2006) Consideraciones para el modelado de sistemas mediante Redes de Petri. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 27, N° 2: Universidad de Los Andes. Mérida, Estado Mérida, Venezuela. p. pp. 49-58.

Cohen, G. (2001) Análisis y control de sistemas de eventos discretos: de redes de Petri temporizadas al álgebra. Cuadernos del Instituto de Matematica "Beppo Levi". Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario: Rosario, Santa Fe, Argentina. UR: <http://cermics.enpc.fr/~cohen-g/documents/Cuaderno29.pdf> Acceso: noviembre de 2009.

Espinoza, A. y Peroni, A. (2000): Metodología de evaluación ex ante de Programas Sociales. Serie: Material de Apoyo a la Planificación Social. Documento de Trabajo N° 4. Departamento de Evaluación, División Social, Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile. Santiago, Chile. URL:

<http://catedras.fcp.uncu.edu.ar/claroline/backends/download.php?url=L1VOSURBRF9WL21pZGVwbGFuXzA0X2RvYzRfbWV0b2RvbG9naWFfZXZhbHVhY19leF9hbnRILnBkZg%3D%3D&cidReset=true&cidReq=PYEPS> Acceso: junio 2013.

Garrido D. S. (2005) Modelado de Workflow con redes de Petri coloreadas condicionales. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV). Instituto Politécnico Nacional: México, D.F.

González del Angel, F. (2007) Implementación de un motor de workflow basado en Redes de Petri y patrones. Tesis de Maestría. Centro de Investigación en Computación. Instituto Politécnico Nacional: México, D.F. URL:

<http://itzamna.bnct.ipn.mx:8080/dspace/bitstream/123456789/3739/1/IMPLEMENTACIONMOTOR.pdf> Acceso: julio de 2010.

Granada, M. (2010) *Redes de Petri: propiedades y métodos de análisis*. Material didáctico de asignatura: Programación Concurrente. Tesis de Master en Computación, Departamento de Electrónica y Computadores de la Universidad de Cantabria: Santander, España. URL: http://www.ctr.unican.es/asignaturas/MC_ProCon/Doc/PETRI_2.pdf Acceso: enero de 2011.

Guasch, A.; Piera, M.A.; Casanovas, J. y Figueras, J. (2003) *Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios*. Universidad Politécnica de Cataluña (UPC): Barcelona, España.

Lozada, M. y Velasco, J.M. (2010) Modelado dinámico basado en redes de Petri para el modelo de integración empresarial "actor empresa". *Scientia e Technica*, Año XVI , N° 44., Universidad

Tecnológica de Pereira: Pereira, Colombia. URL:

<http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/140-1451.pdf> Acceso: febrero de 2011.

Magaña Orúe, S. (2009) *Estudio comparativo de lenguajes de modelado de procesos de negocio para su integración en procesos de desarrollo de software dirigido por modelos*. Proyecto de fin de carrera: Ingeniería en Informática. Universidad Carlos III de Madrid: Madrid, España. URL: <http://hdl.handle.net/10016/9077> Acceso: agosto de 2010.

Michalus, J. C. (2011) Modelo cooperativo de integración flexible de PyMEs orientado al desarrollo local. Factibilidad de aplicación en municipios de la provincia de Misiones, Argentina (2011). Tesis Doctoral, Programa doctoral en Ingeniería Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas: Santa Clara, Villa Clara, Cuba. p. 163.

Rodríguez, C. A. y Bonilla, J.E. (2005) Pruebas en Programación Extrema. IV Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento. Universidad Pontificia de Salamanca (España); Fundación Pablo VI (España); Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia); Instituto Tecnológico de las Américas (ITLA, República Dominicana) y Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú): Bogotá, Colombia. URL:

<http://novella.mhhe.com/sites/dl/free/8448118952/540197/ActasVol1SISOFT2006.pdf> Acceso: junio de 2011.

Russell, N.; Hofstede, A.H.M.t.; Aalst, W.M.P.v.d. y Mulyar, N. (2007) Workflow control-flow patterns: A revised view. Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology. URL: <http://is.tm.tue.nl/staff/wvdaalst/> Acceso: enero de 2010.

Solana González, P.; Alonso Martínez, M. y Pérez González, D. (2006) Análisis y modelado con redes de workflow del proceso de tratamiento de experiencias operativas. *XX Congreso anual XX AEDEM*. Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa AEDEM: Palma de Mallorca, España. URL: http://www.aedem-virtual.com/congresos_informacion.php Acceso: enero de 2010.

RESUMEN BIOGRÁFICO

Juan Carlos Michalus

Profesor Titular Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, Oberá, Misiones, Argentina. Doctor en Ciencias Técnicas (Especialidad: Ingeniería Industrial), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Inty Sáez Mosquera

Profesor Titular Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
Doctor en Ciencias Técnicas (Especialidad: Ingeniería Industrial), Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Gilberto Hernández Pérez

Profesor Titular Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
Doctor en Ciencias Técnicas, Universidad “Otto von Guericke”, Magdeburg, Alemania, homologado por el Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.

William Ariel Sarache Castro

Profesor Asociado del Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia.
Doctor en Ciencias Técnicas (Especialidad: Ingeniería Industrial), Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.