

Validación de un procedimiento para determinar competencias tecnológicas distintivas: aplicación de redes de Petri

Validation of a Procedure to Determine Distinctive Technological Competences: Application of Petri Nets

Mario José Mantulak

Universidad Nacional de Misiones, Garupá Argentina
mantulak@fio.unam.edu.ar

<https://orcid.org/0000-0002-7873-8270>

Silvana Sofia Nelli

Universidad Nacional de Misiones, Garupá Argentina
nelly_sofia@yahoo.com.ar

<https://orcid.org/0000-0002-6782-2856>

Julio Cesar Bresciani

Universidad Nacional de Misiones, Garupá Argentina
juliocesarbresciani@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4797-5126>

Fecha de recepción: 25 de abril de 2022

Fecha de aprobación: 22 de octubre de 2022

Fecha de publicación: 1 de noviembre de 2022

Las competencias tecnológicas distintivas se han convertido en un determinante de la competitividad empresarial. Las redes de Petri resultan muy útiles al modelar una sucesión de acciones, sus requerimientos y las restricciones que puedan presentarse en un procedimiento. El objetivo del trabajo es el modelado y análisis a partir de las redes de flujo de trabajo, derivadas de las redes de Petri clásicas, de un procedimiento para la determinación de competencias tecnológicas distintivas en empresas de manufactura. Mediante el *software* Workflow Petri net Designer se han modelado un conjunto de tareas, condiciones y recursos requeridos en el procedimiento, y se comprobó la factibilidad de su ejecución. Como resultado, se obtuvo el diseño de las etapas y los correspondientes requerimientos en cuanto a condiciones, recursos y flujos de información que componen el procedimiento, así como la comprobación de la viabilidad de aplicación de la herramienta para los fines perfilados.

Palabras clave: gestión tecnológica, competencias tecnológicas distintivas, redes de Petri, modelación y simulación, empresas de manufactura

Distinctive technological competencies have become a determinant of business competitiveness. Petri nets are very useful when modeling a sequence of actions, their requirements and the restrictions that may arise in a procedure. The objective of this work is the modeling and analysis from the workflow networks, derived from the classic Petri nets, of a procedure for the determination of distinctive technological competencies in manufacturing companies. Using the Workflow Petri net Designer software, a set of tasks, conditions and resources required in the procedure have been modeled, and the feasibility of its execution has been verified. As result, the design of the stages and the corresponding requirements in terms of conditions, resources and information flows that make up the procedure were obtained, as well as the verification of the feasibility of applying the tool for the outlined purposes.

Keywords: technological management, distinctive technological competencies, Petri nets, modeling and simulation, manufacturing companies

1. Introducción

Lo que la empresa realiza desde la perspectiva organizacional práctica implica tecnología de algún tipo, tanto en las actividades primarias como en las de apoyo (Porter, 1985). En este sentido, Morin (1985) caracteriza las tecnologías con un enfoque particular como transversales (afectan a varias actividades del proceso productivo), combinatorias (no son empleadas aisladamente) y contagiosas (se difunden a otras para mejorar sus alternativas de utilización y desempeño).

Para Drejer (2002), la mayoría de los cambios (sociales, económicos, ambientales, etc.) son originados directamente con el desarrollo, la percepción y el uso de la tecnología. White y Bruton (2011), por su parte, sentencian que el cambio es consecuencia de la tecnología, y que esta debe ser aplicada con un enfoque sistémico y pertinente para lograr los resultados deseados por una organización.

La gestión de la tecnología en una empresa se asocia al conjunto de acciones destinadas a lograr una mayor eficiencia en el manejo de la tecnología a través del perfeccionamiento en la utilización de su capital intelectual, posibilitando un mejor conocimiento de sus actividades, de la información científica y tecnológica, de políticas públicas y privadas de promoción, y de la oferta y demanda del mercado (Cetindamar *et al.*, 2009). En este sentido, Núñez de Schilling (2011) expresa que la gestión tecnológica promueve y controla el cambio tecnológico dentro de la empresa, relacionándola con su entorno, y posee un papel preponderante en la coordinación e integración de las diversas funciones directivas.

Por otra parte, con enfoque tecnológico, Prahalad y Hamel (1990) refieren el concepto de competencias esenciales o distintivas como aquellas que se encuentran en el aprendizaje colectivo de la organización, especialmente en la forma de coordinar las diversas técnicas de producción e integrar múltiples corrientes de tecnologías. Así, Bogner y Thomas (1992) utilizan el término «competencias distintivas» para identificar las habilidades específicas de las empresas orientadas a la consecución de la satisfacción de los clientes, tomando en consideración a los competidores, las mismas que se construyen de forma acumulativa a través del aprendizaje continuo y la adaptación constante a fin de lograr una ventaja competitiva.

Para Castellanos Domínguez *et al.* (2009) las competencias tecnológicas se han convertido en un determinante de la competitividad y son relevantes para el desarrollo de nuevos métodos y procesos. Asimismo, las competencias tecnológicas distintivas resultan estratégicas para el aprendizaje y la innovación organizacional y, en consecuencia, permiten mejorar el desempeño de la empresa (Real *et al.*, 2006; Bolívar-Ramos *et al.*, 2012).

Al diseñar nuevas herramientas o métodos que puedan aportar a la toma de decisiones en las empresas, resulta útil poder realizar un análisis o una evaluación, antes de que se lleve a cabo su implementación, con la finalidad de verificar si las condiciones y los recursos requeridos garantizan una efectiva ejecución de lo proyectado (Vivares Vergara, 2017; Vega de la Cruz *et al.*, 2020). Esto puede ser realizado mediante una modelación y simulación *ex ante* a través de una red de flujo de trabajo en la que se especifican, con inicio y final definidos, de forma secuenciada y consecutiva, las tareas, los recursos, las

condiciones y el flujo de información necesarios para su ejecución (Lozada & Velazco, 2010; Michalus *et al.*, 2015).

Se manifiesta la preferencia por esta técnica debido a lo expresado por Medina Marín *et al.* (2013), quienes indican que los resultados obtenidos en un modelo de simulación pueden ser utilizados para realizar mejoras en el sistema modelado puesto que, a partir del mismo modelo, se pueden ejecutar diferentes escenarios con modificaciones tendientes a perfeccionar su funcionamiento y tomar decisiones sobre las modificaciones a incorporar en el sistema real. En el mismo sentido, la utilización de modelos de red de flujo de trabajo resulta adecuada para analizar y diseñar procesos organizativos de tipo estructurado, ya que permite especificarlos con un alto nivel de detalle, tanto respecto a las actividades que se deben considerar como a los flujos de información y comunicación que se deben generar (Solana González *et al.*, 2007a).

Por ello, las redes de Petri (RdP) son una herramienta muy adecuada para el modelado y análisis de procesos, dado que se pueden utilizar como lenguaje de diseño para la especificación de complejos flujos de trabajo; y, además, son una potente herramienta de análisis para verificar la corrección de los procedimientos de flujo de trabajo (Aalst, 1998).

De acuerdo con lo expuesto, se plantea como objetivo del trabajo el modelado y análisis a partir de las redes de flujo de trabajo, derivadas de las RdP clásicas, de un procedimiento para la determinación de competencias tecnológicas distintivas en empresas de manufactura.

2. Marco teórico

2.1. Gestión de la tecnología

Según Morcillo Ortega (1991), la gestión comprometida de los recursos tecnológicos robustece las ventajas competitivas de la empresa, pues conlleva a un enriquecimiento del patrimonio tecnológico a través de la implantación de una cultura y un clima organizacional que fomenta el aprovechamiento del conjunto de posibilidades tecnológicas con el propósito de generar nuevas ideas y, a la par, concretar cambios organizacionales y productivos. En este sentido, para Estrada *et al.* (2019) la gestión de la tecnología puede definirse como la manera de manejar todas aquellas actividades que habilitan a la empresa para hacer el uso más eficiente de la tecnología generada internamente y/o adquirida de terceros, y también de incorporarla a los nuevos productos y a las formas en que se producen y se entregan al mercado. Por ello, Medellín Cabrera (2010) expresa que la gestión tecnológica busca mejorar las capacidades de absorción e internalización del conocimiento, para lo cual debe auxiliarse con métodos y/o procedimientos que sustenten y fortalezcan dichas capacidades.

Para Hidalgo Nuchera (1999) lo que mejora la posición competitiva de una empresa no es la tecnología en sí misma, sino su capacidad para gestionarla e integrarla al conjunto sus funciones estratégicas en beneficio propio respecto a sus competidores, así como de la sociedad en su conjunto y del medio ambiente. Es por ello que la gestión tecnológica surge como respuesta a la necesidad de manejar el factor tecnológico con el sentido estratégico que se le ha conferido dentro de la organización (Castellanos Domínguez *et al.*, 2008).

2.2. Competencias tecnológicas distintivas

A propósito del presente trabajo, resulta necesario realizar una diferenciación conceptual entre competencia y capacidad, en relación con el contexto de las organizaciones empresariales. En este sentido, Boisot (1999) sostiene que las tecnologías, competencias y capacidades, cada una en su contexto, constituyen manifestaciones de los activos de conocimiento de una empresa que operan en diferentes niveles de la organización.

Además, autores como Teece *et al.* (1997), Boisot (1999), y Peppard y Ward (2004) destacan que las competencias son las habilidades, rutinas, técnicas y los modos de comportamiento organizacional involucrados en la obtención de un objetivo específico, en tanto que las capacidades facilitan la aplicación coordinada e integrada de manera estratégica de las competencias con el propósito de alcanzar objetivos organizacionales generales.

Las competencias distintivas deben cumplir con los requisitos de proveer potencial para ampliar los mercados, contribuir significativamente a los beneficios percibidos por el cliente y ser difíciles de imitar por los competidores (Pralhad & Hamel, 1990; Álvarez Medina, 2003). Así, sin duda, la variable tecnológica resulta estratégica como vía para el cumplimiento de dichos requisitos y, por tal motivo, la eficacia de su gestión tiene una vital importancia.

En función de lo expuesto, y en aproximación a lo propuesto por Jardón y Martos (2010), Azevedo Filho Correio *et al.* (2015) y Mantulak *et al.* (2019), es posible definir una competencia tecnológica distintiva como un conjunto integrado de recursos tecnológicos que, gestionados de manera creativa, coordinada y sistemática, permiten aprovechar las fortalezas internas y las oportunidades externas con el objeto de potenciar las capacidades de gestión y producción, de manera que fortalezcan la posición competitiva de una empresa.

La importancia de la determinación de las competencias tecnológicas distintivas radica en la necesidad, por parte de las empresas, de utilizar esquemas de producción que requieren de personal con un elevado nivel de desempeño laboral en contextos productivos marcados por los avances y la supremacía de la tecnología (Mantulak, *et al.*, 2019). Por lo tanto, en el ámbito empresarial resulta esencial que las competencias tecnológicas distintivas sean determinadas y utilizadas para posibilitar una gestión de la tecnología exitosa.

2.3. Redes de flujo de trabajo

El diseño de redes de flujo de trabajo requiere considerar detalles que recojan una abstracción de los procesos en un modelo, el cual abarca: a) la perspectiva de proceso, que describe el control del flujo de las actividades; b) la perspectiva de información, que se refiere a los datos que son utilizados; c) la perspectiva de recursos, que detalla la estructura de la organización y los recursos, roles y grupos; y d) la perspectiva de actividades, que especifica el contenido de los pasos individuales de cada proceso (Solana González *et al.*, 2007b). Mediante estas redes es posible representar un modelo formal y abstracto de flujo de información que facilita el análisis de sistemas y/o procesos, puesto que ayudan a modelar su comportamiento y su estructura, asimilable a condiciones normales y críticas que pudieran darse en la realidad (Castellanos, 2006).

Una red de flujo de trabajo puede ser modelada a partir de las RdP como una sucesión de estados que favorece el análisis durante la ejecución de un proceso metódico y sistemático, y evalúa las condiciones requeridas por los elementos que la componen y/o sus relaciones (Hernández Pérez *et al.*, 2019). En general, el campo fundamental de aplicación de las RdP es la modelación de sistemas en los que los eventos discretos ocurren de forma independiente y concurrente, aunque bajo determinadas restricciones; y, en particular, pueden ser aplicadas al control interno, como por ejemplo la utilización de los recursos disponibles (Vega de la Cruz *et al.*, 2016).

3. Metodología

Las investigaciones científicas proponen herramientas que se sustentan mayormente en procedimientos, los cuales no se encuentran validados en la práctica en todos los casos (Vega de la Cruz & Nieves Julbe, 2015). Cuando ello es así, se aplica la validación prospectiva con el objeto de verificar el cumplimiento de las condiciones establecidas para un determinado proceso de análisis antes de que se desarrolle el instrumento, y también se la utiliza cuando se diseña un nuevo método analítico (Vega de la Cruz *et al.*, 2020).

La validación prospectiva comprende el estudio de todos los criterios y las condiciones necesarios para demostrar el buen funcionamiento de un método (Morales de la Cruz, 2004). En este sentido, se coincide con Solana González *et al.* (2007b), Vega de la Cruz y Nieves Julbe (2015), Vivares Vergara (2017) y Zanek (2019) en que una de las herramientas más efectivas para esta forma de validación de modelos son las RdP por cuanto propician la verificación de requisitos funcionales, la consistencia lógica de los flujos de información y comunicación, y la detección de la ausencia de situaciones críticas que afecten el adecuado desarrollo del proceso; y, por otra parte, porque sirven para rediseñar y optimizar procesos ya existentes, lo que favorece la efectividad y el beneficio de su futura implementación.

Por ello, se diseñó un procedimiento metodológico para determinar competencias tecnológicas distintivas que sea pertinente y aplicable en el ámbito de las empresas de manufactura. En forma paralela e interactiva con el proceso de diseño antes señalado, se ha trabajado con la utilización del *software* Workflow Petri net Designer (WoPeD). Como resultado de la conjunción de la interacción de los procesos metodológicos antes indicados, se logró modelar y ejecutar *ex ante* las condiciones de cumplimiento del procedimiento metodológico construido mediante su análisis desde el punto de vista estructural y funcional.

3.1. Modelación de procesos mediante redes de flujo de trabajo derivadas de las RdP

Las RdP proporcionan una herramienta matemática y gráfica de modelado para la descripción formal de sistemas de eventos discretos, con un alto potencial descriptivo y una representación clara de sistemas cuya dinámica se caracteriza por la concurrencia, sincronización y exclusión mutua de conflictos, lo cual facilita su posterior implantación (Flores *et al.*, 2013). Se trata de una herramienta que hace posible modelar el comportamiento y la estructura de un sistema, así como llevar el modelo a condiciones límites, aislando ciertos

eventos críticos en un sistema real que sería difícil de lograr mediante otra herramienta. Además, comparadas con otros modelos gráficos de comportamiento dinámico, las RdP ofrecen una forma confiable de expresar procesos que requieren sincronía y aportan las bases para un análisis formal del sistema modelado (Vega de la Cruz *et al.*, 2016).

Desde el punto de vista gráfico, una RdP constituye un caso particular de grafo orientado con dos tipos de nodos: los tipo lugar (P) —representados mediante circunferencias—, que pueden figurar condiciones y recursos; y los tipo transición (T) —representados por cuadrados—, que pueden figurar eventos, procesos o tareas que dependerán de las condiciones y los recursos disponibles. Los lugares y las transiciones se unen mediante arcos (A), por lo cual un arco vincula siempre lugares con transiciones y viceversa, pudiendo el arco tener determinados pesos (W), en tanto los lugares pueden presentar marcas (punto en el interior de la circunferencia), mientras que la red requiere de un marcado inicial (M_0) (Vega de la Cruz *et al.*, 2015). En este trabajo, para el modelado de redes de flujo de trabajo, se utiliza una modificación de las RdP con un peso $W = 1$ asociado a cada arco, puesto que se considera que todas las actividades tienen igual importancia. Además, los arcos dirigidos que no poseen un número asociado por convención consumen o depositan una sola marca.

La expresión (1) representa una RdP clásica.

$$\text{RdP} = (P, T, A, W, M_0) \tag{1}$$

Donde:

P: $\{P_1, P_2, P_3, \dots, P_m\}$ conjunto finito y no vacío de nodos tipo lugar (*places*).

T: $\{T_1, T_2, T_3, \dots, T_n\}$ conjunto finito y no vacío de nodos tipo transición (*transitions*).

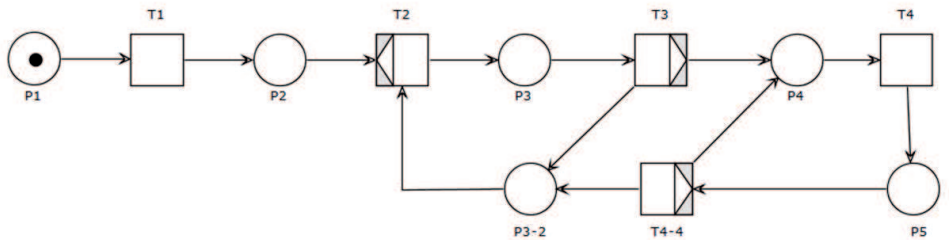
A: $\{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$ conjunto de arcos de la RdP.

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

$M_0 = M_k$: $\{1, 2, 3, \dots\}$ número de marcas (*tokens*) iniciales en nodos tipo lugar.

En la figura 1 se representa una RdP básica, en la cual se aprecian los nodos tipo lugar y tipo transición conectados a través de arcos dirigidos.

Figura 1. Representación gráfica de una RdP sencilla



Fuente: elaboración propia.

El modelado a través de RdP se puede utilizar para el análisis de las propiedades de comportamiento y evaluación del desempeño del sistema. Como herramienta gráfica,

son una ayuda visual de comunicación similar a los diagramas de flujo, los diagramas de bloques y las redes; y, además, proporcionan un medio de comunicación entre los usuarios (Hernández Rueda & Meda Campaña, 2013). Asimismo, facilitan el análisis y la verificación de un gran número de propiedades presentes en los sistemas, a la vez que la verificación de requisitos funcionales de los modelos, favoreciendo la detección de posibles errores y, por tanto, su corrección antes de pasar a la etapa de implementación (Zanek, 2019).

4. Resultados

Con el propósito de enfocar el entendimiento de los resultados obtenidos, en la tabla 1 se presenta el procedimiento metodológico para determinar competencias tecnológicas distintivas en el que se indican sus diferentes etapas y una breve descripción de cada una de ellas. De igual forma, se deja en claro que no es objeto del presente trabajo demostrar la aplicación metodológica del citado procedimiento.

Tabla 1. Etapas y breve descripción del procedimiento

Etapas del procedimiento	Breve descripción
1. Vinculación empresa-institución tutora	Por convenio, se plasma cabalmente el compromiso entre la empresa y la universidad o instituto que evalúa. La institución evaluadora capacita previamente al empresario y acuerda las condiciones para implementar el procedimiento
2. Evaluación de recursos tecnológicos	Se realiza un relevamiento de los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles) y, a partir de ello, se procede a su evaluación y valoración
3. Determinación de recursos tecnológicos estratégicos	Se verifica qué recursos tecnológicos (tangibles e intangibles) tienen una alta importancia en el funcionamiento de los procesos de producción y, a partir de ello, se determina cuáles resultan estratégicos para el mejoramiento y sostenimiento del desempeño productivo global
4. Análisis FODA-ORT	Se asocian los recursos tecnológicos estratégicos con las fortalezas y debilidades de la empresa, y con las oportunidades y amenazas del entorno desde la perspectiva tecnológica, para lo cual se utiliza una matriz FODA-ORT (orientada a los recursos tecnológicos)
5. Identificación de competencias tecnológicas	Se identifican las competencias tecnológicas a partir de las vinculaciones que indiquen la asociación de dos o más recursos tecnológicos estratégicos tangibles y/o intangibles
6. Valoración de impactos de competencias tecnológicas	Se realiza la valoración de los impactos positivos de mejora que podría generar cada una de las competencias tecnológicas en la gestión de los recursos tecnológicos de la empresa de manufactura
7. Determinación de competencias tecnológicas distintivas	Se determinan las competencias tecnológicas distintivas en las cuales la empresa de manufactura debe basar el fortalecimiento de las capacidades de gestión y de producción para que contribuya a un mejor desempeño productivo
8. Identificación de líneas tecnológicas estratégicas	Se establecen las posibles líneas tecnológicas estratégicas con el propósito de llevar adelante una gestión estratégica de los recursos tecnológicos, en concordancia con el horizonte de planeación tecnológica planteado en la estrategia general de desarrollo de la empresa de manufactura

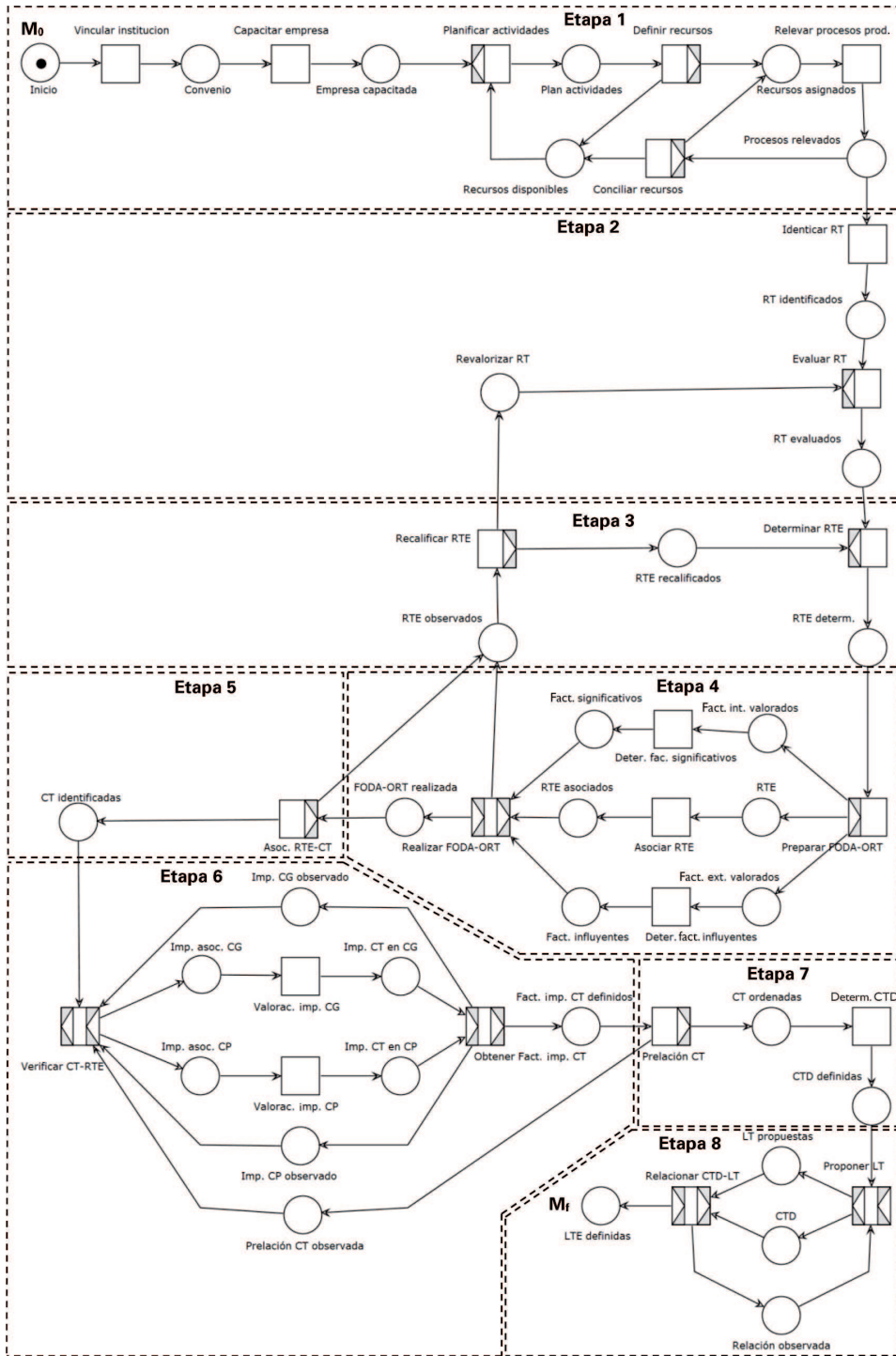
Fuente: elaboración propia con base en Mantulak (2014).

Mediante las redes de flujo de trabajo derivadas de las RdP clásicas se procede al modelado y la simulación del procedimiento con el propósito de verificar la viabilidad de ejecución con la información, las condiciones y los recursos explicitados a tal fin, factores que favorecen el debido cumplimiento de cada una de sus etapas bajo una configuración sistémica de todos los componentes que lo conforman. Además, ayudan a modelar una sucesión de estados durante la ejecución de las etapas del procedimiento, y permiten el análisis sobre la existencia de condiciones en las cuales los componentes o sus relaciones conducen a estados determinados que restringen o impiden la ejecución.

Las RdP constituyen una herramienta muy útil en el modelado de procesos organizativos y productivos, puesto que soportan una representación gráfica de la visión y comprensión general del sistema, y simultáneamente hacen posible un análisis formal de verificación y validación del modelo construido (Lozada & Velasco, 2010). Además, para Huayna D. *et al.* (2009) las RdP permiten reflejar gráficamente el conjunto de relaciones entre los eventos y las condiciones de un sistema, lo cual eleva la calidad del modelo de simulación y, en cierta forma, permite una maqueta gráfica del modelo que debe diseñarse como programa computacional de simulación de eventos discretos.

El procedimiento propuesto en varias etapas, desagregado en sus componentes o tareas y sus relaciones, debe ser posible de ejecutar en un tiempo finito y, como tal, ha de contar con el análisis de las condiciones y los recursos con los cuales la validez, aplicación y factibilidad de producir los resultados esperados puedan ser verificadas sin que se produzcan bloqueos en su ejecución. En la figura 2 se presenta el modelado del procedimiento a través de RdP, a partir de las cuales y por medio de cuya ejecución se constató el adecuado diseño de las diferentes etapas. Luego, se ejecutó la simulación y se comprobó que fuera posible alcanzar el mercado final M_f a partir del mercado inicial M_0 .

Figura 2. Red de Petri para el procedimiento de determinación de competencias tecnológicas distintivas



Fuente: elaboración propia.

Para el diseño del procedimiento propuesto se utilizó el *software* WoPeD, con el que se procede según los pasos que indicados a continuación:

- Modelado de las etapas correspondientes al procedimiento propuesto, donde se establecieron los medios y recursos (unidades pasivas) requeridos para desarrollar cada uno de ellos, los cuales fueron representados por nodos tipo lugar; asimismo, los eventos, acciones o sentencias (unidades activas) se representaron por nodos tipo transición. Los nodos tipo lugar y transición se unieron con arcos direccionados que representan la secuencia, el movimiento y la causalidad definida en las tareas diseñadas.
- Determinación de la condición inicial del procedimiento, definida por el marcado inicial M_0 .
- Ejecución de las redes de flujo de trabajo y verificación del marcado final M_f (definido por la ejecución del último paso del procedimiento propuesto como estado final).
- Ejecución de las RdP diseñadas, comprobando la factibilidad de alcanzar el marcado final M_f a partir del marcado inicial M_0 por medio de una secuencia establecida de disparos de los nodos tipo transición, que activaron los correspondientes nodos tipo lugar vinculados por los arcos direccionados.

Para comprobar el apropiado funcionamiento de las diferentes etapas del procedimiento a partir del *software* utilizado se realizó un análisis semántico de las RdP diseñadas, el cual permitió aportar evidencia respecto a la consistencia del procedimental diseñado a partir de sus componentes y las relaciones entre estos, además de verificar que no se produzcan condiciones que limiten (parcial o totalmente) su ejecución. En la tabla 2 se indican diferentes propiedades de las redes de flujo de trabajo que componen el procedimiento modelado. Se observa en el análisis estructural la inexistencia tanto de operadores de uso erróneo como de violaciones de libre elección, lo que admite la ejecución de las diferentes etapas y sus acciones sin ningún tipo de condiciones o restricciones adicionales, validando la consistencia lógica del procedimiento.

Tabla 2. Propiedades de las redes de flujo de trabajo relacionadas con el procedimiento

Propiedades	Descripción	Cantidad
Análisis estructural	Operadores usados erróneamente	0
	Violaciones de libre elección	0
	S-componentes	49
	Lugares no cubiertos por los componentes	0

Comportamiento (robustez)	Lugares de origen (M0)	1
	Lugares de final (Mf)	1
	Componentes conectados	59
	Componentes fuertemente conectados	59
	Lugares incorrectos en la marcación inicial	0
	Lugares no acotados - <i>boundedness</i>	0
	Transiciones muertas - <i>liveness</i>	0
	Transiciones no vivas - <i>liveness</i>	0
Estadísticas	Lugares/estados	40
	Transiciones	45
	Operadores	14
	Arcos	98

Fuente: elaboración propia.

La robustez del comportamiento de las redes diseñadas indica que no existen lugares no acotados, y establece que las condiciones y recursos son limitados al igual que en la práctica. Además, la no presencia de transiciones muertas y de transiciones no vivas verifica la vivacidad de las redes confeccionadas, con lo que se garantiza la inexistencia de bloqueos que impidan su ejecución.

En función de lo expuesto, en la práctica, esto implica que no existen estados que estén sujetos a condicionamientos o que, a su vez, condicionen a otros. Asimismo, se verifica el control del flujo de las tareas, los vínculos requeridos para el pasaje de un estado a otro, la estructura de la organización, sus recursos e información, lo que propicia el normal cumplimiento funcional de todas las etapas del procedimiento metodológico creado.

La utilización de RdP para el diseño del procedimiento metodológico posibilitó la detección de conflictos, estancamientos y/o bucles desarticulados durante el proceso de modelación y simulación, lo que resultó sustancial desde el punto de vista de los requisitos funcionales, la lógica de los flujos planteados, los recursos compartidos y la detección de situaciones críticas que pudieran afectar el normal funcionamiento del instrumental. Esto permitió el desarrollo de un procedimiento formal que ha sido validado a partir de las propiedades estructurales y de comportamiento de las RdP, y que garantizó el cumplimiento de un conjunto de condiciones y requerimientos preestablecidos para su adecuada funcionalidad.

5. Discusión

Las redes de flujo de trabajo, derivadas de las RdP clásicas, permitieron el modelado y la simulación del procedimiento para la determinación de competencias tecnológicas distintivas a partir de conducentes instrucciones que se ejecutaron en cada una de sus etapas de manera concatenada y sin interrupciones; asimismo, factibilizaron que este fuera validado a través de un análisis estructural y de robustez. Las RdP constituyen una herramienta pertinente para el modelado de este tipo de procesos organizativos en el

ámbito empresarial, puesto que permiten una visión y comprensión integral del sistema procedimental, a la vez que abren la puerta a un análisis formal de verificación y validación *ex ante* del modelo construido, lo que asegura en buena medida desde lo formal que el instrumental diseñado resulte funcionalmente adecuado para su implementación.

A nivel particular, el modelado y la simulación del procedimiento propuesto posibilitan la detección temprana de puntos críticos y de condiciones que pudieran invalidar su ejecución (interrupciones y/o bloqueos), así como la ausencia de determinados recursos, lo que en la práctica significa que ninguna acción invalida a otra, y así sucesivamente, en la ejecución de las diferentes etapas procedimentales. En general, la utilización de las redes de flujo de trabajo puede contribuir al diseño de diversos procedimientos que, debidamente concatenados y funcionalizados, son susceptibles de conformar un procedimiento general de tipo organizacional y en referencia a un área específica, encauzado hacia soluciones integrales que contribuyan al mejoramiento interno de la empresa.

Sin embargo, al utilizar las redes de flujo de trabajo para el modelado y la simulación de procedimientos de tipo organizacional, resulta imprescindible contar con la asistencia de recursos humanos gerenciales y/u operativos que conozcan y aporten al detalle sobre las condiciones, los recursos y las acciones requeridas, así como de los flujos de información y canales de comunicación, de forma que el procedimental diseñado se aproxime lo más posible a la realidad de la empresa, contribuyendo así a su adecuada implementación. Si bien lo anterior puede resultar un condicionante al momento de diseñar este tipo de procedimientos, un comprometido accionar de los estamentos gerenciales y operativos hará posible el adecuado empalme entre la teorización procedimental y su funcionalidad en la práctica.

6. Conclusiones

Se han modelado todas las etapas, actividades y los recursos que componen el procedimiento metodológico para determinar las competencias tecnológicas distintivas antes de proceder a su aplicación a través de la utilización de redes de flujo de trabajo derivadas de las RdP.

Asimismo, se evidenció la formalización de un procedimiento organizacional mediante redes de flujo de trabajo a partir de la funcionalidad y ejecución de las acciones que componen todas las etapas del procedimiento metodológico, con lo que se verificó su consistencia lógica y operatividad sin impedimentos funcionales y con un sólido comportamiento en la estructura de la red diseñada.

Las redes de flujo de trabajo derivadas de las RdP han sido ratificadas en este trabajo como una herramienta eficaz para el modelado y la simulación de un procedimiento organizativo en la empresa, por lo que fue posible comprobar *ex ante* su estructura y funcionalidad en cuanto a la consistencia de los flujos de información y la previsión de los recursos requeridos para su implementación.

Se espera avanzar en trabajos futuros con la utilización de RdP para modelar y simular asociaciones entre las competencias tecnológicas distintivas y las tecnologías facilitadoras de la industria 4.0 con el propósito de evaluar el impacto de las mismas en procesos productivos de empresas de manufactura.

bibliografía

- Aalst, W. M. P.**
1998 The application of Petri nets to workflow management. *The Journal of Circuits, Systems and Computers*, 8(1), 21-66.
- Álvarez Medina, M. L.**
2003 Competencias centrales y ventaja competitiva: el concepto, su evolución y su aplicabilidad. *Revista Contaduría y Administración*, (209), 5-22. <https://www.redalyc.org/pdf/395/39520902.pdf>
- Azevedo Filho Correio, E. T., Leal Rosas Correio, C. M., Pereira Paes Correio, D., Paes da Silva Correio, T. G., & Monteiro da Hora Correio, H. R.**
2015 Análise das competências tecnológicas de uma empresa de distribuição de energia elétrica. *Linkania*, 5(1), 70-90.
- Boisot, M. H.**
1999 *Knowledge assets - Securing competitive advantage in the information economy*. Nueva York: Oxford University Press.
- Bogner, W. C., & Thomas, H.**
1992 *Core competence and competitive advantage: a model and illustrative evidence from the pharmaceutical industry*. Faculty Working Paper 92-0174. College of Commerce and Business Administration, University of Illinois.
- Bolívar-Ramos, M. T., García-Morales, V. J., & García-Sánchez, E.**
2012 Technological Distinctive Competencies and Organizational Learning: Effects on Organizational Innovation to Improve Firm Performance. *Journal of Engineering and Technology Management*, 29(3), 331-357.
- Castellanos, C.**
2006 Consideraciones para el modelado de sistemas mediante Redes de Petri. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 27(2), 49-58. <http://revistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaingenieria/article/view/300/319>
- Castellanos Domínguez, O. F., Jiménez Hernández, C. N., Ramírez Martínez, D. C., Fúquene Montañez, A. M., Rojas Santoyo, F., Morales Rubiano, M. E., León López, A. M., Torres Piñeros, L. M., García Vergara, M. E., & Fonseca Rodríguez, S. L.**
2008 *Retos y nuevos enfoques en la gestión de la tecnología y del conocimiento*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/69955/Retos2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castellanos Domínguez, O. F., Jiménez Hernández, C. N., & Domínguez Martínez, K. P.**
2009 Competencias tecnológicas: bases conceptuales para el desarrollo tecnológico en Colombia. *Revista ingeniería e investigación*, 29(1), 133-139. <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v29n1/v29n1a17.pdf>
- Cetindamar, D., Phaal, R., & Probert, D.**
2009 Understanding technology management as a dynamic capability: a framework for technology management activities. *Technovation*, 29, 237-246.
- Drejer, A.**
2002 Towards a model for contingency of management of technology. *Technovation*, 22(6), 363-370.

bibliografía

- Estrada, S., Cano, K., & Aguirre, J.**
2009 ¿Cómo se gestiona la tecnología en las pymes? Diferencias y similitudes entre micro, pequeñas y medianas empresas. *Contaduría y Administración*, 64(1), Especial Innovación, 1-21. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422019000200009
- Flores, I., Figueras, J., Guasch, A., Mujica, M. A., Narciso, M., & Piera, M. A.**
2013 *Modelos de Simulación usando Simo y Redes de Petri*. México: Facultad de Ingeniería de la UNAM.
- Hernández Pérez, G. D., Mantulak, M. J., & Abreu Ledón, R.**
2019 *Aplicación de redes de flujo de trabajo para determinar activos tecnológicos estratégicos en pequeñas empresas manufactureras*. XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de gestión tecnológica, Medellín, Colombia. <https://www.altecasociacion.org/memorias-provisionales>
- Hernández Rueda, K., & Meda Campaña, M. E.**
2013 *Red de Petri simulada en NetLogo*. 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. Cancún, México.
- Hidalgo Nuchera, A.**
1999 La gestión de la tecnología como factor estratégico de la competitividad industrial. *Revista Economía Industrial*, (330), 43-54. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/330/08ahid.pdf>
- Huayna D., A. M., Cortez Vásquez, A., & Vega Huerta, H.**
2009 Aplicación de las redes de Petri a la simulación discreta de sistemas. *Revista de Ingeniería de Sistemas e Informática*, 6(2), 35-44. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/3304>
- Jardon, C. M., & Martos, M. S.**
2010 Determinación de competencias distintivas en pymes: el caso de Vigo y su área de influencia. *Visión de Futuro*, 14(2), 91-114. <https://revistacientifica.fce.unam.edu.ar/index.php/visiondefuturo/article/view/709/648>
- Lozada, M., & Velasco, J. M.**
2010 Modelado dinámico basado en redes de Petri para el modelo de integración empresarial "actor de empresa". *Scientia et Technica*, 1(44), 140-145. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1797/1203>
- Mantulak, M. J.**
2014 *Gestión estratégica de los recursos tecnológicos en pequeños aserraderos de la provincia de Misiones, Argentina* [tesis de doctorado, Universidad Central de Las Villas]. Cuba.
- Mantulak, M. J., Hernández Pérez, G. D., & Abreu Ledón, R.**
2019 *Determinación de competencias tecnológicas distintivas en pequeñas empresas de manufactura – Estudio de caso*. XVIII Congreso Latino-Iberoamericano de gestión tecnológica, Medellín, Colombia. <https://www.altecasociacion.org/memorias-provisionales>

bibliografía

- Medellín Cabrera, E. A.**
2010 Gestión tecnológica en empresas innovadoras mexicanas. *Revista de Administração e Inovação*, 7(3), 58-78. <https://www.redalyc.org/pdf/973/97316954005.pdf>
- Medina Marín, J., Seck Tuoh Mora, J. C., & Hernández Romero, N.**
2013 Aplicación de redes de petri en la modelación de sistemas de eventos discretos. *Pädi, Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías – ICBI*, 1.
- Michalus, J. C., Sáez Mosquera, I., Hernández Pérez, G., & Sarache Castro, W. A.**
2015 Comprobación de la factibilidad de ejecución de un procedimiento organizativo mediante redes de workflow. *Visión de Futuro*, 19(2), 106-121. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-87082015000200004
- Morales de la Cruz, C.**
2004 *Desarrollo y validación prospectiva de una técnica analítica por cromatografía líquida de alta performance (HPLC) para el Enalapril 10mg tabletas recubiertas* [tesis de grado de Químico-Farmacéutico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Lima, Perú.
- Morcillo Ortega, P.**
1991 *La dimensión estratégica de la tecnología*. Barcelona: Ariel.
- Morin, J.**
1985 *L'Excellence technologique*. París: Éditions Jean Picollec, Publi Union.
- Núñez de Schilling, E.**
2011 Gestión tecnológica en la empresa: definición de sus objetivos fundamentales. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 17(1), 156-166. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/racs/article/view/25553>
- Peppard, J., & Ward, J.**
2004 Beyond strategic information systems: towards an IS capability. *The Journal of Strategic Information Systems*, 13(2), 167-194.
- Porter, M. E.**
(1995 *Ventaja competitiva*. Buenos Aires: Rei [1985]) Argentina.
- Prahalad, C. K., & Hamel, G.**
1990 The core competence of the corporation. *Harvard Business Review*, 68(3), 1-15. <https://hbr.org/1990/05/the-core-competence-of-the-corporation>
- Real, J. C., Leal, A., & Roldán, J. L.**
2006 Information Technology as a Determinant of Organizational Learning and Technological Distinctive Competencies. *Industrial Marketing Management*, 35(4), 505-521.
- Solana González, P., Alonso Martínez, M., & Pérez González, D.**
2007a Análisis y modelado con redes de workflow del proceso de tratamiento de experiencias operativas. En *XX Congreso anual de AEDEM* (vol. 1). Palma de Mallorca. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2487713>

bibliografía

- Solana González, P., Pérez González, D., & Alonso Martínez, M.**
- 2007b El proceso de evaluación y gestión de la experiencia operativa en la industria: análisis en el sector nuclear español. *Boletín de estudios económicos*, 62(191), 303-320. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/4357>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A.**
- 1997 Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509-533.
- Vega de la Cruz, L. O., Lao León, Y. O., Marrero Delgado, F., & Pérez Pravia, C. M.**
- 2015 *Redes de Petri para la validación de procedimientos*. 7ª Conferencia Científica Internacional de la Universidad de Holguín, Guardalavaca, Cuba.
- Vega de la Cruz, L. O., Lao León, Y. O., & Pérez Pravia, C. M.**
- 2016 Redes de Petri en la determinación de puntos críticos para el control interno. *Universidad y Sociedad*, 8(4), 219-226. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/535>
- Vega de la Cruz, L. O., Lao-León, Y. O., Marrero-Delgado, F., & Pérez-Pravia, M. C.**
- 2020 Redes de Petri: una herramienta para la validación de procedimientos. *Ciencias Holguín*, 26(2), 1-16. <https://www.redalyc.org/journal/1815/181563169001/html/>
- Vega de la Cruz, L. O., & Nieves Julbe, A. F.**
- 2015 Validación prospectiva de modelos académicos. *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento*, 12(3), 71-98.
- Vivares Vergara, J. A.**
- 2017 *Modelo de madurez para valorar el sistema de producción y formular la estrategia de manufactura* [tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia].
- White, M. A., & Bruton, G. D.**
- 2011 *The management of technology and innovation: a strategic approach*. Mason, Ohio: South Western - Cengage Learning.
- Zanek, F.**
- 2019 *Desarrollo de un enfoque de trabajo para el Análisis y Diseño de Sistemas Discretos y Dinámicos - Aplicación a la Simulación de la demanda eléctrica de la ciudad de Salta* [tesis de maestría, Universidad Nacional de La Plata]. Argentina.