



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN SISTEMAS
COMPUTACIONALES**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN
DE CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)
INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

TEMA:

**REDES DE PETRI Y SU INFLUENCIA EN LOS SISTEMAS DE
GESTIÓN ACADÉMICA: CASO SGA UNIVERSIDAD ESTATAL DE
MILAGRO**

**Autores: IZQUIERDO MENDOZA REYNALDO ALEXANDER;
NUÑEZ GRANDA RONALD NEPTALÍ**

Acompañante: ING. JORGE LUIS VINUEZA MARTÍNEZ, MGTI.

**Milagro, Mayo 2018
ECUADOR**

DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

RECTOR

Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **IZQUIERDO MENDOZA REYNALDO ALEXANDER, NÚÑEZ GRANDA RONALD NEPTALÍ** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática **REDES DE PETRI EN LA INGENIERÍA DE SOFTWARE** del Grupo de Investigación **TICS Y DESARROLLO DE SOFTWARE** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 28 días del mes de mayo del 2018

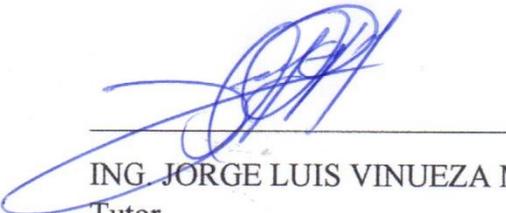
IZQUIERDO MENDOZA REYNALDO ALEXANDER
CI: 0927995191

NÚÑEZ GRANDA RONALD NEPTALÍ
C.I: 0927986679

APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, VINUEZA MARTÍNEZ JORLE LUIS en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por los estudiante IZQUIERDO MENDOZA REYNALDO ALEXANDER, NÚÑEZ GRANDA RONALD NEPTALÍ, cuyo título es REDES DE PETRI Y SU INFLUENCIA EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN ACADÉMICA: CASO SGA UNIVERSIDAD ESTATLDE MILAGRO, que aporta a la Línea de Investigación CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO DE SOFTWARE, METODOLOGÍAS Y PLATAFORMAS previo a la obtención del Grado INGENIEROS EN SISTEMAS COMPUTACIONALES; .considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 28 días del mes de mayo del 2018.



ING. JORGE LUIS VINUEZA MARTÍNEZ, MGTI.
Tutor
C.I.: 0916860588

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

ING. JORGE LUIS VINUEZA MARTINEZ

ING. DENIS DARIO MENDOZA CABRERA

ING. MIRELLA AZUCENA CORREA PERALTA

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título de INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES presentado por el señor IZQUIERDO MENDOZA REYNALDO ALEXANDER.

Con el título: REDES DE PETRI Y SU INFLUENCIA EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN ACADÉMICA: CASO SGA UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO.

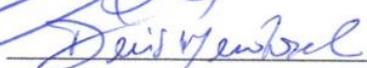
Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[80]
Defensa oral	[20]
Total	[100]

Emite el siguiente veredicto: APROBADO

Fecha: 28 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ing. Jorge Luis Vinueza Martinez	
Secretario	Ing. Denis Dario Mendoza Cabrera	
Integrante	Ing. Mirella Azucena Correa Peralta	

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

ING. JORGE LUIS VINUEZA MARTINEZ

ING. DENIS DARIO MENDOZA CABRERA

ING. MIRELLA AZUCENA CORREA PERALTA

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta practica, previo a la obtención del título de INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES presentado por el señor NÚÑEZ GRANDA RONALD NEPTALÍ.

Con el título: REDES DE PETRI Y SU INFLUENCIA EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN ACADÉMICA: CASO SGA UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO.

Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[30]
Defensa oral	[20]
Total	[100]

Emite el siguiente veredicto: APROBADO

Fecha: 28 de mayo del 2018.

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Ing. Jorge Luis Vinueza Martinez	
Secretario	Ing. Denis Dario Mendoza Cabrera	
Integrante	Ing. Mirella Azucena Correa Peralta	

DEDICATORIA

Reynaldo Alexander Izquierdo Mendoza

Dios por darme la inteligencia y la sabiduría que necesitaba y que necesito para seguir adelante y lograr con éxitos mis estudios, por bendecirme y saber que sin Él nada es posible, mi madre porque siempre tuvo una palabra de aliento y ánimo para no decaer, mi abuelita Zoila Morán que ha sido mi segunda madre, podría decir mi ayuda idónea tanto en lo moral como en lo espiritual, mi enamorada por brindarme su amor sincero e incondicional apoyándome desinteresadamente como lo buena persona que es, mi familia porque de una u otra manera ha estado allí brindándome todo su apoyo, mis amigos por formar parte de una experiencia especial e inolvidable en mi carrera estudiantil.

Ronald Neptalí Núñez Granda

Para mi familia. Por supuesto.

Sixto Núñez, Sirles Granda, Danilo Núñez Granda. Siempre a mi pendiente, apoyándome y nunca haciendo faltar un consejo. Gracias por tanto.

AGRADECIMIENTO

Reynaldo Alexander Izquierdo Mendoza

Dios, por ofrecerme la oportunidad de existir cada día, por siempre estar presente en mi mente y en mi corazón, por haber puesto en mi camino personas maravillosas que me han prestado su ayuda en algún momento en el transcurso de mi vida.

Mi madre Clara Mendoza por darme la vida, amor y creer en mí siempre, por darme su apoyo y una carrera para mi vida profesional, por ser uno de los pilares más importantes de mi vida, todo lo que soy y lo que llegue a ser te lo debo a tí, gracias mamá.

Mis abuelitos en especial a mi abuelita Zoila Morán por estar conmigo siempre, por darme todo su amor, por ser un pilar primordial en mi vida, gracias abuelita por todo.

Mi enamorada Guadalupe Cárdenas que me ha dado su amor incondicional, todo su apoyo moral, por estar siempre a mi lado en los buenos y malos momentos, gracias por ser un pilar fundamental en mi vida, gracias mi amor por todo.

Mi papá Germán Izquierdo, mi hermano Ronny Izquierdo que me han dado ánimo para seguir adelante y no decaer en mis estudios, gracias se los quiere mucho.

Mis tías por darme su apoyo moral en especial a Cecilia Mendoza que me ha brindado su cariño y consejos para ser una mejor persona cada día y ayudarme cuando más lo necesitaba, a mis demás familiares que no he alcanzado a nombrar, gracias por todo.

Mis amigos Ciro Villafuerte, Bryan Caicedo, Lissette Ronquillo, Abel Bajaña, Ronald Núñez que a pesar de las peleas y discusiones siempre nos hemos apoyados los unos a los otros, gracias por ayudarme cuando lo necesitaba, gracias muchachos.

El Ing. Jorge Vinueza que fue mi tutor y con su ayuda pude cumplir una de mis metas que me he propuesto en la vida.

Ronald Neptalí Núñez Granda

A mis parientes, amigos y docentes que han aportado de una u otra manera a que pueda llegar a esta instancia y lograr este propósito de vida.

Mi amistad, respeto y agradecimientos siempre para ellos.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL¡Error! Marcador no definido.	
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	1
TITTLE: PETRI NETWORKS AND THEIR INFLUENCE ON ACADEMIC MANAGEMENT SYSTEMS: CASE SGA MILAGRO UNIVERSITY.	2
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.2. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	7
2.1. ANTECEDENTES	7
2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
2.2.1. DEFINICIÓN DE REDES DE PETRI (RDP)	8
2.2.2. DEFINICIÓN FORMAL	10
2.2.3. DEFINICIÓN GRÁFICA	10
2.3. SISTEMA DE GESTIÓN ACADÉMICA	11
2.4. LA INGENIERÍA DE SOFTWARE	12
2.5. EPISTEMOLOGÍA	13
METODOLOGÍA	14
3.1. METODOLOGÍA DOCUMENTAL.....	14
3.2. METODOLOGÍA DESCRIPTIVA.....	14
DESARROLLO DEL TEMA.....	16
CONCLUSIÓN.....	28
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Identificación de componentes en una red de Petri	10
Figura 2: Modelado del Proceso del módulo de matriculación del SGA de la Universidad Estatal de Milagro	1
Figura 3: Modelado en RdP, módulo de matriculación SGA UNEMI	19
Figura 4: Modelado en RdP, módulo de matriculación SGA UNEMI simulación de eventos	22
Figura 5: Porcentaje de eficiencia	23
Figura 6: Ruta 1 de simulación	
Figura 7: Ruta 2 de simulación	24
Figura 8: Modelado en RdP, Mejora del módulo de matriculación SGA UNEMI	25
Figura 9: Porcentaje de eficiencia (Propuesta nueva para el sistema)	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Interpretaciones para una Red de Petri	11
Tabla 2: Resultados de simulación del proceso de matriculación online por medio de la herramienta Bizagi.....	18
Tabla 3 : Descripción de los lugares (estados)	20
Tabla 4: Descripción - Transiciones (acciones)	20
Tabla 5: Resultados estadísticos de la simulación de redes de Petri (RUTA 1).....	24
Tabla 6 : Resultados estadísticos de la simulación de redes de Petri (RUTA 2).....	25
Tabla 7: Descripción de los lugares (estados) Propuesta de nuevo sistema.....	26
Tabla 8: Descripción - Transiciones (acciones) Propuesta de nuevo sistema	26
Tabla 9: Resultados estadísticos de la simulación de RdP (Propuesta nuevo sistema).....	26

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL:
REDES DE PETRI Y SU INFLUENCIA EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN
ACADÉMICA: CASO SGA UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

RESUMEN

Existen varias herramientas de modelado entre ellas los diversos diagramas UML, redes de Petri (RdP); siendo esta última la herramienta más utilizada debido a su colaboración en el modelado y simulación de sistemas concurrentes. Durante la investigación se pudo aclarar cualquier duda sobre las definiciones de Ingeniería de Software, Sistemas de Gestión Académica y Redes de Petri las cuales son la clave para resolver el problema de investigación planteado posteriormente. El objetivo de este trabajo está cimentado en el análisis del uso de RdP y su influencia en el diseño de sistemas concurrentes, centrando el estudio en el Sistema de Gestión Académica (SGA) de la Universidad Estatal de Milagro, basado en el modelado del caso de estudio del módulo de matriculación como propuesta de mejora continua; donde a través del modelado de RdP mediante la herramienta HPsim, se logró observar la transición de cada evento, los puntos donde se disparan y distribuyen las marcas a cada evento. Utilizamos la herramienta de modelado denominada Bizagi con la cual se hizo una representación gráfica del sistema en su estado base y utilizando simulaciones para comprobar cuál es el grado de eficiencia que posee pero notamos que no cumple con nuestras expectativas y mediante un análisis en general se optó por utilizar otra herramienta denominada HPsim en la cual suprimimos procesos y remodelamos el sistema obteniendo mejores resultados. Según aquellos resultados obtenidos pudimos denotar los tiempos de respuesta de simulación del sistema tanto en la herramienta Bizagi como en la herramienta HPsim y llegamos a la conclusión de replantear los procesos y crear una nueva propuesta para el modelado del sistema con el fin de mejorar su rendimiento y su tiempo de respuesta haciéndolo más eficiente para lograr su propósito que sería matricular un mayor número de estudiantes en un menor tiempo.

PALABRAS CLAVE: REDES DE PETRI, SOFTWARE, SISTEMAS DE GESTIÓN ACADÉMICA, DIAGRAMA, MODELADO.

TITLE: PETRI NETWORKS AND THEIR INFLUENCE ON ACADEMIC MANAGEMENT SYSTEMS: CASE SGA MILAGRO UNIVERSITY.

ABSTRACT

There are several modeling tools including the various UML diagrams, Petri nets (RdP). The latter being the most used tool due to its collaboration in the modeling and simulation of concurrent systems. During the investigation it was possible to clarify any doubt about the definitions of Software Engineering, Academic Management Systems and Petri Nets which are the key to solve the research problem posed later. The objective of this work is based on the analysis of the use of RdP and its influence on the design of concurrent systems, focusing the study on the Academic Management System (SGA) of the State University of Milagro, based on the modeling of the case of study of the registration module as a proposal for continuous improvement; where through the modeling of RdP using the HPsim tool, it was possible to observe the transition of each event, the points where the marks are fired and distributed to each event. We use the modeling tool called Bizagi with which a graphical representation of the system was made in its base state and using simulations to check what degree of efficiency it has but we noticed that it does not meet our expectations and through an analysis in general we opted to use another tool called HPsim in which we suppress processes and remodel the system obtaining better results. According to the results obtained, we could denote the simulation response times of the system both in the Bizagi tool and in the HPsim tool and we came to the conclusion of a rethinking of the processes and creating a new proposal for the modeling of the system in order to improve its performance and its response time making it more efficient to achieve its purpose that would enroll a greater number of students in a shorter time.

KEY WORDS: PETRI NETWORKS, SOFTWARE, ACADEMIC MANAGEMENT SYSTEMS, DIAGRAM, MODELED.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los Sistemas de Gestión Académica (SGA) son muy utilizados en el que hacer educativo de universidades que desean apalancar su misión en las nuevas tecnologías, pero en sí ¿Qué es un Sistema de Gestión Académica?; es un software el cual permite crear nuevas formas de administración y control del proceso académico-administrativo basado en la planificación, organización, dirección, control y seguimiento de actividades de los grupos de interés universitario: profesores, estudiantes, directivos, entre otros; con el propósito de optimizar y sistematizar el portafolio de productos y servicios de gestión académica en las instituciones de educación superior. Además, estos sistemas poseen funciones adicionales que permiten concentrar, integrar, controlar y evaluar resultados de aprendizaje con base en los instrumentos técnicos automatizados, tales como: programas de estudio, planes analíticos, sílabos, plan de clases entre otros instrumentos de evaluación formativa y sumativa que integra el proceso enseñanza-aprendizaje entre profesores y estudiantes en cada asignatura, de una forma más rápida, eficaz y sencilla que la forma tradicional, facilitando el trabajo de los docentes.

Por otro lado para poder desarrollar un SGA se necesita tener conocimiento significativo en el campo de la Ingeniería de Software la cual es una conducta que se compone de procedimientos, métodos, técnicas y herramientas para desarrollar software; también es necesario usar otras herramientas técnicas predictivas como las RdP que sirven de ayuda para modelar y analizar de una forma más efectiva los procesos concurrentes; el éxito de estas herramientas se basa en el sencillo mecanismo que posee para modelar y diseñar sistemas dinámicos discretos, además la representación de sistemas robustos serian menos costosos si se utilizaran un prototipo de modelado en RdP previo al desarrollo de software. Para realizar un estudio adecuado sobre las Redes de Petri en la Ingeniería de Software se planteó un esquema de investigación de 4 fases: en la primera fase, se determina el problema de estudio; la segunda, trata del marco teórico el cual fundamenta la investigación; la tercera, hace referencia a la metodología de investigación que se utilizó, en este caso de carácter documental-descriptiva; y, por último, las conclusiones de acuerdo a los objetivos específicos de estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador existen 59 instituciones de educación superior, así lo muestra el Directorio IES de 2014 elaborado por la Senescyt (SENESCYT, 2014), en las cuales la gestión del conocimiento es una práctica que involucra planificación, organización, dirección, control y seguimiento de actividades; por ello, debe estar apalancada por las tecnologías de información, contribuyendo a generar ventajas competitivas ante los procesos de innovación y productividad de las capacidades de cada uno de los usuarios administrativos, docentes y estudiantes.

Según (Araújo, Araújo, de Medeiros, y Barroso, 2014) en su trabajo de grado titulado “Modelado de un sistema de gestión en la Educación a Distancia en Brasil utilizando redes de Petri Coloridas”, afirman que:

El análisis del modelo en redes de Petri de colores ayudó a identificar y mejorar las acciones / actividades desarrolladas en ese proceso y permitió una visualización gráfica del flujo del proceso administrativo-financiero ayudando al equipo de la IES (Institución de Enseñanza Superior) en las acciones de planificación y ejecución de los recursos captados para la oferta de los cursos en la modalidad a distancia. (Araújo, Araújo, de Medeiros , y Barroso, 2014)

Por citar un caso en Ecuador, en la ciudad de Milagro provincia del Guayas, la Universidad Estatal de Milagro cuenta con un SGA implementado brindando apoyo a las actividades académicas y administrativas; sin embargo, debido a la complejidad de los procesos, alto volumen de procesamiento y reiteración de acceso de usuario genera colapso del sistema, redundancia de procesos y datos, cierre de sesión luego de inactividad en el sistema en acciones claves como: matriculación, evaluación docente, aula virtual, entre otros.

Bajo los problemas descritos, considerando la frecuencia de ocurrencia, probabilidad y concurrencia de un alto número de usuarios, el modelado de este SGA mediante las RdP permitiría mejorar los eventos, flujos y por consiguiente la concurrencia de usuarios.

1.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera puede influir el modelado de redes de Petri en el mejoramiento del Sistema de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro?

¿Cómo influye el uso de redes de Petri en el rendimiento del Sistema de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el uso de redes de Petri y su influencia en el desarrollo de los Sistemas de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Recopilar información en fuentes científicas relacionadas al uso de redes de Petri y los Sistemas de Gestión Académica.
- ❖ Describir las características del modelo de redes de Petri y su influencia en el Sistemas de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro.
- ❖ Analizar el uso de redes de Petri en el proceso de diseño de Sistemas de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista teórico la ingeniería de software nace desde la “crisis de software”, surge como una necesidad para describir las causas de los problemas y poder definir que opciones se pueden tomar para resolverlos, gracias a la ayuda de los ingenieros en aquella época se pudo encaminar los esfuerzos que realizaron en diferentes direcciones:

- Identificar los factores claves para obtener una calidad del software excelente.
- Identificar los procesos para desarrollar y mantener un software a través del tiempo.
- Estructurar una base de conocimiento para lograr un desarrollo y mantenimiento del software

Desde el punto de vista metodológico se utilizó una investigación documental-descriptiva obteniendo información en revistas, libros, sitios web, entre otros. Para llevar a cabo el problema de investigación, la información encontrada es relevante la cual ayudará a cumplir el objetivo planteado y lograr resolver el problema.

Desde la relevancia social las Redes de Petri servirían de mucha ayuda no solo para los sistemas de gestión académica de las universidades sino también para cualquier tipo por su fácil entendimiento y aplicación en el modelado de los procesos concurrentes y sobre todo por lo menos costoso que es su representación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1. ANTECEDENTES

Conforme (Xing, Wang, Zhou, Lei, y Luo, 2018) en su trabajo “Punto muerto caracterización y control de sistemas de montaje flexibles con redes de Petri”; en el cual utilizó una investigación documental y llegó a la conclusión de que las redes de Petri se utilizan para modelar sistemas a través de su análisis de vitalidad.

Acorde al estudio realizado por (Yuan, Xu, Qin, y Jia, 2018) en su trabajo denominado “Estudio sobre el proceso de respuesta a emergencias de Metro basado en Redes estocásticas de Petri”; indica que el enfoque Stochastic Petri Nets (SPN) es utilizado para modelar el proceso de respuesta de la emergencia metropolitana con el fin de analizar el tiempo de solución de alguna emergencia de la Clínica Metropolitana.

Según (Davidrajuh, 2018) en su artículo “Un nuevo enfoque basado en redes de Petri para el modelado del sistema de fabricación discreta ”; presenta un nuevo enfoque para modelar sistemas de fabricación discretos usando redes de Petri, este enfoque se lo conoce como Redes de Petri Orientadas a la Actividad el cual proporciona modelos expresivos de redes de Petri que son lo suficientemente potentes para modelar sistemas de fabricación complejos y de gran escala, en pocas palabras también llega a la conclusión de que las redes de Petri sirven como herramientas para el modelado de los sistemas de software.

Estudios realizados por (Heinze, Amme, y Moser, 2017) titulado “Análisis estático y transformación del modelo de proceso para un desarrollo de negocio avanzado al mapeo de redes de Petri”; llegó a la conclusión de que las redes de Petri permiten el modelado natural y el análisis de aspectos tales como el paralelismo y el intercambio de mensajes, dicho modelo de proceso rara vez es completo y preciso.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. DEFINICIÓN DE REDES DE PETRI (RdP)

Las redes de Petri (RdP) son un formalismo presentado por primera vez en la tesis de Carl Adam Petri para el estudio de sistemas concurrentes. Desde su aparición hace más de cuatro décadas han aparecido numerosos trabajos que han desarrollado una estable teoría para la especificación y verificación de sistemas concurrentes mediante las redes de Petri. Factores como su representación gráfica y los numerosos resultados de divisibilidad para problemas indecidibles en otros formalismos más expresivos son sin duda parte de los motivos que han contribuido al éxito del que han gozado las redes de Petri. (Gen, Escuela, Agr y Ib, 2013)

Una RdP es un grafo orientado en el que intervienen dos clases de nodos, llamados lugares y transiciones, unidos por arcos orientados, de manera alternada. Los diferentes cambios de los estados en las Redes de Petri se las denominan como transiciones. Las transiciones modifican la configuración de algunos estados, es decir, se va a modificar el estado de algún lugar, quitando el token de un lugar y poniéndolo en uno que antes no lo tenía. Un lugar puede tener un número positivo o nulo de marcas, las redes de Petri fueron definidas en el año de 1960 por Carl Adam Petri de allí su nombre. Las RdP proporcionan una herramienta matemática y gráfica de modelado para la descripción formal de sistemas de eventos discreto, tienen un alto potencial descriptivo y permiten una representación clara de sistemas cuya dinámica se caracteriza por la concurrencia, sincronización, exclusión mutua y conflictos, facilitando con ello la descripción y la elaboración de modelos, así como la posterior implantación de sistemas. Como herramienta gráfica, las RdP son empleadas como una representación de los sistemas, utilizando marcas para simular la dinámica y las operaciones concurrentes; como herramienta matemática, las RdP permiten obtener modelos gobernados por el comportamiento del sistema. (Morales Varela, Rojas Ramírez, Hernández Gómez, Morales Gonzáles y Jiménez Reyes, 2015)

Al observar los diferentes usos de las redes de Petri se notó que también interactúan con sistemas híbridos, esta clase de sistemas es adecuada para representar sistemas biológicos, redes de información de alto tráfico, cadenas de suministros muy cargadas, etc. (Vázquez, Ramírez-Treviño y Silva, 2014)

Entre las diferentes redes de Petri que existen tenemos Las redes de Petri difusas en el tiempo (TFPN) las cuales se han utilizado ampliamente para describir las correlaciones de

transferencia entre las variables del proceso industrial; sin embargo, las asignaciones de parámetros asociados con las TFPN tradicionales se basan principalmente en el conocimiento experto humano. Además, los TFPN tradicionales tienen capacidades limitadas para lidiar con demoras de tiempo dinámicas entre variables correlacionadas. En respuesta a estos problemas, se propone un enfoque de modelado dinámico de redes de Petri difusas (DTFPN) basado en el análisis de retardo dinámico (e-DTA). En primer lugar, la estructura básica de las redes de Petri se determina aprovechando el conocimiento del proceso. Posteriormente, como una mejora, se crea un gráfico coloreado que describe las demoras de tiempo dinámicas entre las variables correlacionadas utilizando técnicas de minería de datos. Por lo tanto, se realiza un análisis de accesibilidad con restricciones temporales para rastrear la evolución del sistema de forma dinámica. El método propuesto se aplica a un caso numérico y una simulación de columna de destilación, verificando la efectividad de la contribución. (Yang y Li, 2018)

Desde su creación en 1962, las redes de Petri se han utilizado en una amplia variedad de dominios de aplicación. Aunque las redes de Petri son gráficas y fáciles de entender, tienen una semántica formal y permiten las técnicas de análisis que van desde la verificación de modelos y el análisis estructural hasta la minería de procesos y el análisis de rendimiento. Con el tiempo, las redes de Petri surgieron como una base sólida para la investigación de Business Process Management (BPM). La disciplina BPM desarrolla métodos, técnicas y herramientas para respaldar el diseño, implementación, administración y análisis de procesos operativos de negocios. Las notaciones de modelado de procesos de negocio convencionales y los sistemas de gestión de flujo de trabajo utilizan semántica basada en token tomada de redes de Petri. Además, las técnicas de análisis de BPM de última generación están utilizando redes de Petri como representación interna. Los usuarios de los métodos y herramientas BPM a menudo no son conscientes de esto. (van der Aalst y M.P., 2015)

Para (Ferreira, Neves, Silva, y Brito, 2017) en su artículo denominado “Modelo estocástico basado en la red de Petri de la durabilidad de las representaciones” las redes estocásticas de Petri se utilizan para modelar el rendimiento del ciclo de vida de las representaciones. El uso de las Redes de Petri muestra ser más preciso que un enfoque más tradicional basado en las Cadenas de Markov, pero también permite desarrollar futuras investigaciones para considerar diferentes condiciones ambientales, acciones de mantenimiento o inspecciones.

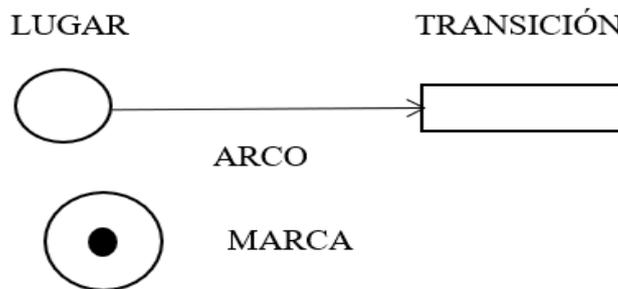
2.2.2. DEFINICIÓN FORMAL

Una red de Petri generalizada es una cuádrupla $R = \langle P, T, \alpha, \beta \rangle$ tal que: P es un conjunto finito y no vacío de lugares. T es un conjunto finito y no vacío de transiciones. $P \cap T = \Phi$; es decir, lugares y transiciones son conjuntos disjuntos. $\alpha: P \times T \rightarrow \mathbb{N}$ es la función de incidencia previa $\beta: T \times P \rightarrow \mathbb{N}$ es la función de incidencia posterior (Morales Varela et al., 2015).

2.2.3. DEFINICIÓN GRÁFICA

Una RdP se representa esquemáticamente por lugares y transiciones en una gráfica orientada. Tal como se observa en la Figura 1, los lugares se representan por circunferencias y las transiciones por barras. Existe un arco que va del lugar p_i a la transición t_j si y sólo si $\alpha(p_i, t_j) \neq 0$. Análogamente, existe un arco que va de la transición t_k al lugar p_i si y sólo si $\beta(t_k, p_i) \neq 0$. Cada arco se etiqueta con un entero natural, $\alpha(p, t)$ o $\beta(t, p)$, que se denomina ponderación del arco. Por convención, un arco no etiquetado posee una ponderación unitaria. (Morales Varela et al., 2015)

Figura 1: Identificación de componentes en una red de Petri



Fuente: (Morales Varela et al., 2015)

Las Redes de Petri son una herramienta que permiten modelar el comportamiento y la estructura de un sistema, llevar el modelo a condiciones límites, aislando ciertos eventos críticos en un sistema real, que mediante otra herramienta sería difícil de lograr o implicaría altos costos. Comparadas con otros modelos gráficos de comportamiento dinámico, estas ofrecen una forma confiable de expresar procesos que requieren sincronía y aportan las bases para un análisis formal del sistema modelado. (Orlando, Le, y Caridad, 2016)

Tabla 1: Interpretaciones para una Red de Petri

Lugares de entrada	Transiciones	Lugares de salida
Precondiciones	Eventos	Post-condiciones
Datos de entrada	Paso de cómputo	Datos de salida
Necesidad de recursos	Acciones y tareas	Recursos liberados
Condiciones	Cláusula lógica	Conclusiones

Fuente: (Orlando et al., 2016)

Una Red de Petri (RP) es un cuádruple $R = (L, T, E, S)$ donde $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ es un conjunto finito de lugares, $T = \{t_1, t_2, \dots, t_k\}$ es un conjunto finito de transiciones, $L \cap T = \emptyset$, $E : T \rightarrow L^\infty$ es una función de entrada: para cada $t \in T, E(t) \in L^\infty$ es llamado multiconjunto de lugares de entrada para t (L^∞ denota el multiconjunto con números de ocurrencias ilimitado); y $S : T \rightarrow L^\infty$ es una función de salida: para cada $t \in T, S(t) \in L^\infty$ es llamado multiconjunto de lugares de salida para t . (Ríos Bolívar, Méndez, Cardillo, y Chacón, 2015)

2.3. SISTEMA DE GESTIÓN ACADÉMICA

Es un software que permite llevar un detalle sobre el control del rendimiento del estudiante y a su vez información relativa de las distintas asignaturas, contenidos, entre otras; además poseen otras funciones que permiten preservar la información histórica, por ejemplo: los planes analítico y programas de estudio por cada asignatura, contenido de las asignaturas, cursos ejecutados y calificaciones finales, entre otros; todos estos procesos integran la planificación, ejecución, control y evaluación curricular de una forma rápida, eficiente y eficaz haciendo más eficiente la labor de los docentes.

Pero no todos los sistemas de gestión académica son excelentes porque como todo software también poseen algunos errores y desventajas, y se desarrollan bajo diferentes plataformas, por citar ejemplos, *Moodle*, *Blackboard*, entre otros. El SGA de la Universidad Estatal de Milagro que es nuestro caso de estudio por los diferentes problemas que existe en el módulo de matriculación online ya sea cuello de botella o a veces el colapso del sistema en general. (Ortegón Cortázar, 2015)

2.4. LA INGENIERÍA DE SOFTWARE

La ingeniería en software es una parte de la ingeniería que atribuye técnica y distintos métodos para desarrollar y conservar un software, este tipo de ingeniería asiste diferentes áreas de las ciencias de la computación y la informática, como por ejemplo los sistemas operativos, construcción y reconstrucción de compiladores, también aborda las fases del ciclo de vida de un software.

El Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) define a la ingeniería de software como la aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento de software y el estudio de estos principios, es decir, la aplicación de la ingeniería al software. A pesar de la simplicidad de esta definición, hay múltiples interpretaciones e inclusive detractores que mantienen que los principios de la ingeniería son demasiados rígidos, quizás rigurosos, para poder ser aplicados a todos los tipos de software. La ingeniería de software requiere un enfoque holístico y universal. El concepto de software va más allá del simple desarrollo de soluciones informáticas, más allá de escribir líneas de código acotado que se liberan al espacio cibernético para no volverse a ver. El software hoy por hoy requiere el desarrollo de procesos y procedimientos que faciliten la generación y el mantenimiento del código a lo largo de su vida útil. (Trejo Medina, 2017)

La ingeniería de software ha alcanzado el estatus de una legítima disciplina de la ingeniería y de una profesión reconocida. Lograr el consenso para esta profesión en un cuerpo básico de conocimientos es un hito clave en todas las disciplinas y ha sido identificado por la (IEEE) como crucial para elevar esta ingeniería a un nivel profesional. (Serna Montoya, 2013)

2.5. EPISTEMOLOGÍA

La Teoría de Sistemas de Niklas Luhmann es uno de los esfuerzos teóricos más ambiciosos de refundación de la sociología contemporánea; sin embargo, su penetración en el ambiente teórico latinoamericano ha sido marginal. El “alto costo” pagado por Luhmann por la abstracción de su teoría llevará a muchos académicos a negar su pertinencia para comprender nuestras sociedades. Además, a pesar de la sofisticada densidad teórica de la arquitectura lumhanniana, la Teoría de Sistemas tendría como limitación su opción por la inhibición de la intervención en la realidad, principalmente por la fuerza del concepto de “evolución” como tendencia a la especialización funcional que resolverá todos los problemas presentados por la complejidad, lo que determinaría un fuerte trazo conservador en su perspectiva. (Cortés Morales, 2014)

El costo de la teoría de Luhmann, según la visión de Habermas, sería la suposición de desintegración de las estructuras de intersubjetividad, con la eliminación de los individuos de su mundo de la vida, pues sistema social y sistema personal constituyen mundos circundantes del uno para el otro. De hecho, el mundo de la vida pasa a ser un “residuo indigesto” de carácter sub-complejo para Luhmann, perdiendo todo significado en una sociedad diferenciada funcionalmente. La lectura sistémica implicaría el fin del individuo, pero siendo heredera de la filosofía del sujeto, ya que sustituye el sujeto auto-referencial por el sistema auto-referencial. (Cortés Morales, 2014)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DOCUMENTAL

Este tipo de investigación es la que se realiza, como su nombre lo indica, apoyándose en fuentes de carácter documental, esto es, revisiones bibliográficas. Como subtipos de esta investigación encontramos, tres tipos: investigación bibliográfica, hemerográfica y archivística; la primera, basada en la consulta de libros; la segunda, en artículos o ensayos de revistas y periódicos; y, la tercera, en documentos que se encuentran en los archivos, como cartas, oficios, circulares, expedientes, etcétera. (Behar Rivero , 2008)

Para lograr los objetivos propuestos en el presente estudio se diseñó una investigación documental la cual tomó información de fuentes secundarias de una naturaleza conceptual y con fundamentación metodológica; la misma que estuvo relacionada con el objetivo de la investigación; se realizó una búsqueda exhaustiva de documentos literarios, tales como: revistas, bases de datos, artículos, libros, sitios web y repositorios digitales en las temáticas: Ingeniería de Software, Redes de Petri y de Sistemas de Gestión Académica, entre otras variables; descartando trabajos no relacionados, previa depuración y eliminación de documentos que no aporten a la investigación.

3.2. METODOLOGÍA DESCRIPTIVA

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

Para nuestro estudio aplicaremos el método de análisis, que logra caracterizar un objeto de estudio o una situación concreta, señalar sus características y propiedades. Combinada con ciertos criterios de clasificación sirve para ordenar, agrupar o sistematizar los objetos involucrados en el trabajo indagatorio. El alcance u objetivo principal de esta investigación es identificar la relación que pueda existir entre las variables dadas las cuales son: Redes de Petri, Ingeniería de Software y Sistemas de Gestión Académico. Nuestra investigación también es descriptiva porque como ya sabemos esta investigación se trata de elaborar una serie de pruebas o simulaciones con el objetivo de obtener ciertos resultados con los cuales mediante un análisis podemos llegar a una conclusión o solución al problema planteado.

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DEL TEMA

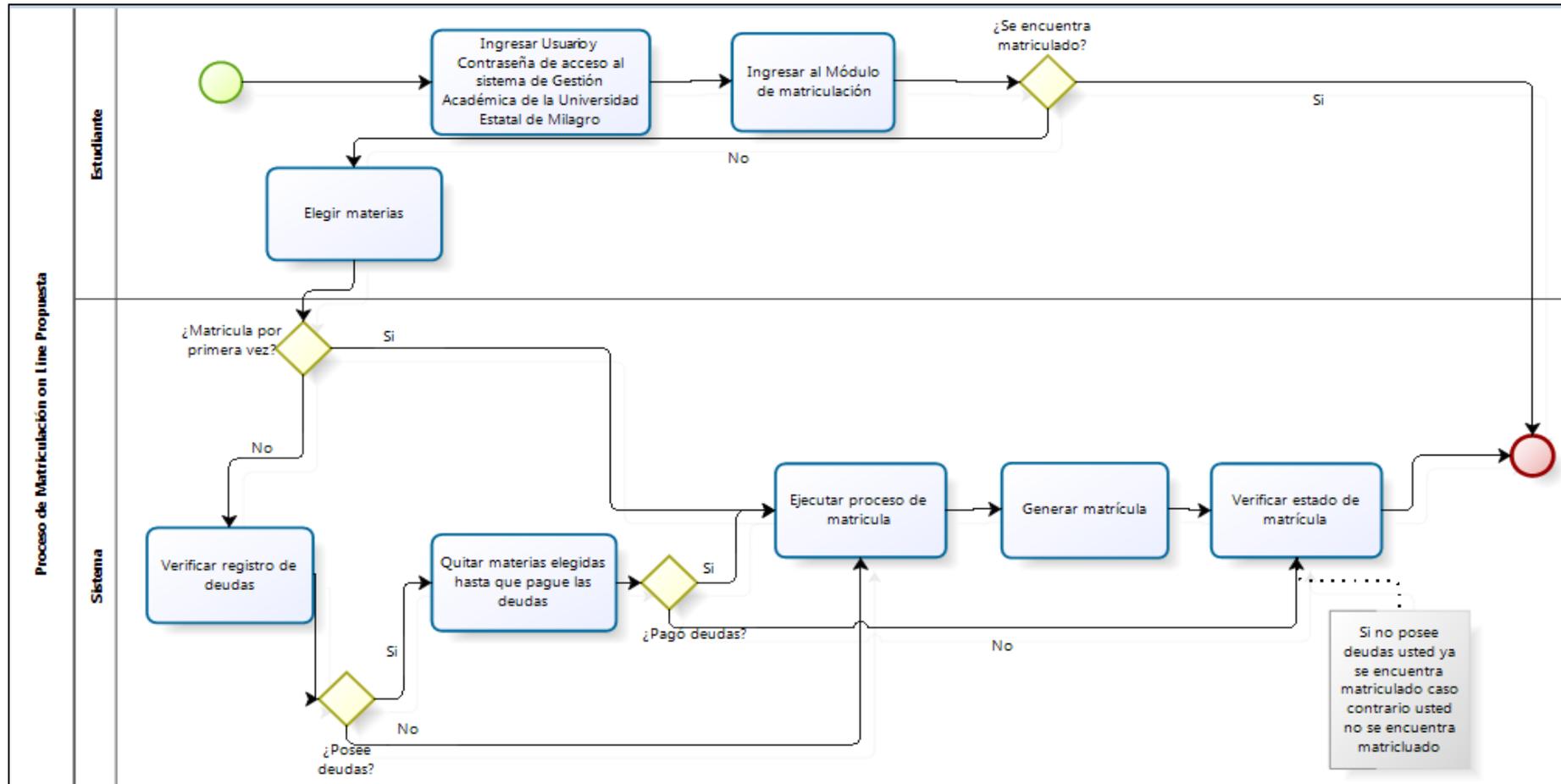
La representación gráfica es una muestra de un análisis que permite la simplificación, comprensión y solución de un determinado proceso, lo definimos como diagramación, en la cual, la información obtenida es directa permitiendo una comunicación según el cumplimiento de los eventos. La representación gráfica presenta los flujos de procesos mostrando elementos principales de los mismos, sin embargo, omiten detalles que son irrelevantes para la comprensión y ejecución del proceso.

Los modelados de procesos son diagramas abstractos que representan los procesos, su función es la de mostrar el funcionamiento de una actividad o programa en ejecución, es decir, manifiesta los procesos principales o macro procesos de un evento los cuales pueden contener subprocesos, analiza la dependencia existente entre un proceso y otro.

La relación existente entre la diagramación y el modelado de proceso va más allá que la representación de un proceso, ambos sirven de apoyo de análisis y comprensión de los procesos, lo cual, son componentes primordiales para la gestión de proceso de negocios.

A continuación, se presenta la figura 2 donde se muestra el modelado del proceso realizado en Bizagi, para el módulo de matriculación del Sistema de Gestión Académica (SGA)

Figura 2: Modelado del Proceso del módulo de matriculación del SGA de la Universidad Estatal de Milagro



Fuente: Herramienta Bizagi Modeler

La figura 2 representa al Modelado del Proceso del módulo de matriculación del SGA de la Universidad Estatal de Milagro elaborado en la herramienta Bizagi el cual se simuló para denotar cuantos estudiantes se pueden matricular en un determinado tiempo obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 2: Resultados de simulación del proceso de matriculación online por medio de la herramienta Bizagi

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (min)	Tiempo máximo (min)	Tiempo promedio (min)	Tiempo total (min)
Proceso de Matriculación on Line Propuesta NoneStart	Proceso	1000	1000	0,5	5,5	2,03	2031,83
	Evento de inicio	1000					
Ingresar Usuario y Contraseña de acceso al sistema de Gestión Académica de la Universidad Estatal de Milagro	Tarea	1000	1000	0,33	0,33	0,33	333,33
Ingresar al Módulo de matriculación	Tarea	1000	1000	0,17	0,17	0,17	166,67
¿Se encuentra matriculado?	Compuerta	1000	1000				
Elegir materias	Tarea	324	324	4	4	4	1296
Verificar registro de deudas	Tarea	105	105	0,17	0,17	0,17	17,5
Quitar materias elegidas hasta que pague las deudas	Tarea	35	35	0,17	0,17	0,17	5,83
¿Pagó deudas?	Compuerta	35	35				
Ejecutar proceso de matricula NoneEnd	Tarea	317	317	0,25	0,25	0,25	79,25
	Evento de Fin	1000					
¿Matricula por primera vez?	Compuerta	324	324				
¿Posee deudas?	Compuerta	105	105				
Generar matrícula	Tarea	317	317	0,25	0,25	0,25	79,25
Verificar estado de matrícula	Tarea	324	324	0,17	0,17	0,17	54

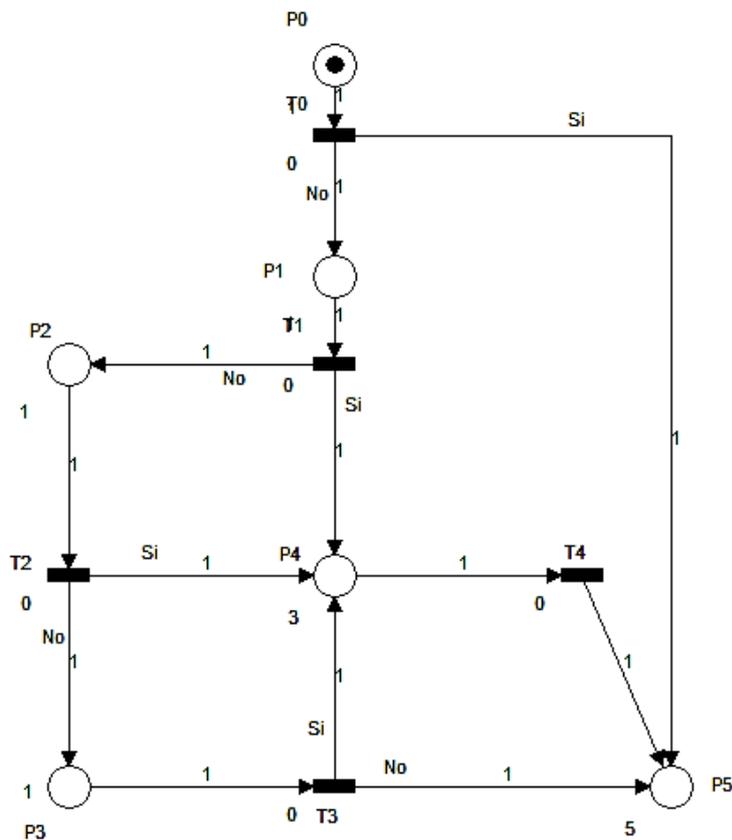
Fuente: Herramienta Bizagi

Como podemos notar en la tabla de resultados se elaboró 1000 procesos de matriculación en 2031 minutos que convirtiendo a hora con una simple regla de 3 equivale a 33 horas esto nos lleva al resultado de 30 procesos por hora o 727 procesos en 1 día.

Propuesta del Modelado en Redes de Petri

El modelo planteado fue capaz de diseñar y simular el proceso del módulo de matriculación del Sistema de Gestión Académica (SGA) con Redes de Petri. Además, permite apreciar el uso de la técnica del modelado mediante Redes de Petri para otros sistemas que operen con procesos concurrentes.

Figura 3: Modelado en RdP, módulo de matriculación SGA UNEMI



Fuente: Herramienta HPsim 1.1.0.0

Tabla 3 : *Descripción de los lugares (estados)*

	Lugares (estados)	Descripción
P0	Ingresar al módulo de matriculación del SGA de la UNEMI	Acceso a la ventana principal e ingreso al sistema (usuario y contraseña)
P1	Elegir materias	Ingresar al módulo de matriculación y elegir un máximo de 7 materias.
P2	Verificar registro de datos	Actualizar datos personales.
P3	Quitar materias elegidas	El sistema no permite matrícula mientras existan rubros pendientes.
P4	Ejecutar matriculación	Se registra las materias elegidas y la actualización de datos.
P5	Finalizar proceso de matriculación	Se genera el horario de clases.

Fuente: Elaboración propia.

Los estados describen los lugares utilizados para modelar RdP en el módulo de matriculación en el SGA UNEMI. Estas ubicaciones corresponden al término *P* en la figura 3. Las transiciones describe las acciones utilizadas para el mismo modelado de procesos, este término corresponde al término *T* en la figura 3.

Tabla 4: *Descripción - Transiciones (acciones)*

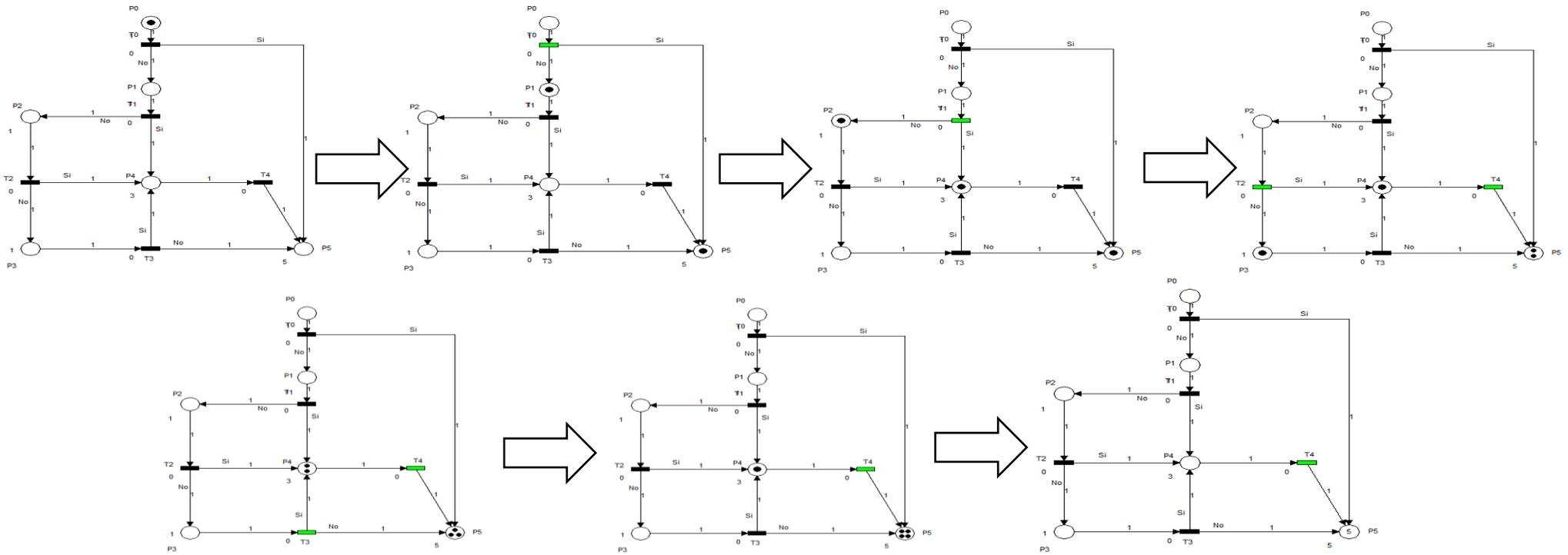
	Transiciones (acciones)	Descripción
T0	Matrícula establecida	Genera la acción de continuar con el proceso o finalizarlo.
T1	Matrícula por primera vez	Genera la acción de verificar registro de deudas o ejecutar matrícula.
T2	Rubros pendientes	Genera la acción de ejecutar matrícula o quitar materias elegidas.
T3	Pago de deuda	Genera la acción de ejecutar la matrícula o finalizar el proceso de matriculación.
T4.	Finalizar	Finaliza el proceso de matriculación y genera horario de clases.

Fuente: Elaboración propia.

Las acciones nos muestran el modelado de RdP del módulo de matriculación el SGA UNEMI. Una vez concluido, se ejecutó el modelo observando el correcto funcionamiento y el paso de los token al siguiente lugar correspondiente. (Ver figura 3).

El prototipo sistema de matriculación online de la Universidad Estatal de Milagro es más fácil de entender gracias a la simplicidad y formalismo de las RdP. La red inicia con P0 un lugar que representa el ingreso de los estudiantes al módulo de matriculación online, cabe recalcar que todos los arcos en este prototipo poseen un peso de 1, un arco sale de aquel lugar y va en dirección a la transición T0 la cual es una condición que tiene la siguiente pregunta: ¿Se encuentra matriculado?, si el estudiante se encuentra matriculado legalmente entonces el arco estará dirigido de T0 hacia el lugar P5 quien da por finalizado el proceso de matriculación, caso contrario estará dirigido hacia el lugar P1 que corresponde a las materias que pueden elegir los estudiantes, luego se conecta con un arco el lugar P1 con la transición T1 teniendo ésta la condición de ¿Matrícula por primera vez? si es la primera vez que el estudiante se va a matricular entonces pasará mediante un arco al lugar P4 el cual va a ejecutar el proceso de matriculación, caso contrario se unirá al lugar P2 para verificar los registros de deudas del estudiante luego a la Transición T2 con la siguiente pregunta: ¿Se encuentra libre de deudas?, si el estudiante no tiene deudas o valores pendientes se unirá al lugar P4 en caso de tenerlo irá mediante un arco al lugar P3, en este evento se quitan las materias elegidas anteriormente por el estudiante, luego se dirige a la transición T3 que posee la siguiente pregunta: ¿Canceló deudas?, si el estudiante canceló sus deudas entonces pasará al lugar P4 de lo contrario irá al lugar P5 y finalizaría el proceso de matriculación, en el lugar P4 estarían los alumnos que no tendrían ningún inconveniente para poder ejecutar el proceso de matriculación de ahí pasaría a la transición T4 y luego al lugar P5 para finalizar por completo todo el proceso de matriculación

Figura 4: Modelado en RdP, módulo de matriculación SGA UNEMI simulación de eventos



Fuente: Elaboración propia

Hemos realizado un estudio para comprobar cuál sería el tiempo máximo y mínimo de respuesta del sistema con redes de Petri, determinando que el tiempo mínimo es de 3 segundos el cual equivale a un 100% y el tiempo máximo que es de 5 segundos que equivale a un 36% de eficiencia respectivamente, se utilizó un modelo matemático simple para calcular estos resultados el cual fue una regla de tres, dándonos los valores representados en el siguiente gráfico estadístico de eficiencia

Figura 5: *Porcentaje de eficiencia*



Fuente: Elaboración propia

Al momento de ejecutar una breve simulación de los procesos en redes de Petri notamos algo que nos llamó la atención, hemos visto que existen 2 rutas diferentes: la ruta 1 sucede cuando la transición T4 se dispara el lugar P3 posee un marcado de 1 y P4 no posee ningún marcado, como se denota en la figura 5, (Ver figura 6). Por otro lado en la ruta 2 los resultados cambian ahora P3 no posee ningún marcado y P4 posee un marcado de 2 (Ver figura 7), esto hace que los procesos tarden un poco más de lo normal, hemos hecho un análisis de cada cuántas simulaciones sucede este tipo de inconveniente y de una muestra de 10 simulaciones realizadas pudimos notar que en la ruta 1 sucede 6 veces y la ruta 2 por lo consiguiente 4 veces.

Figura 6: Ruta 1 de simulación

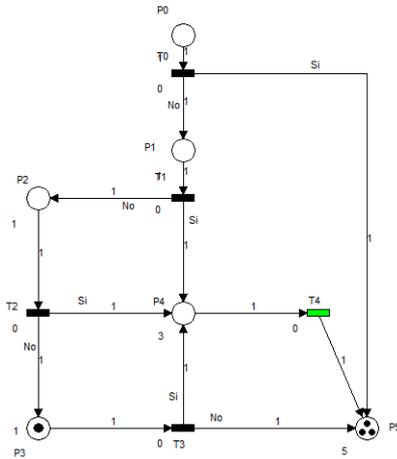
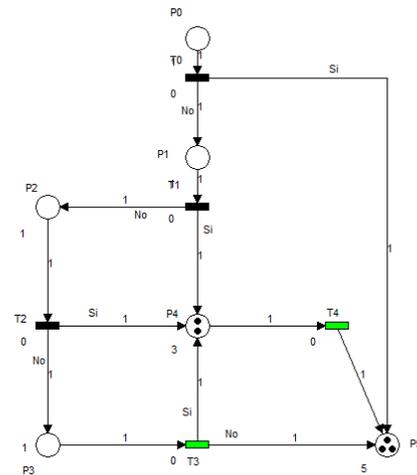


Figura 7: Ruta 2 de simulación



Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Realizando análisis de los resultados de la simulación (RUTA 1) podemos denotar cuánto tiempo se demora haciendo cada salto (el tiempo se encuentra en milisegundos) el cual lleva a un resultado total de 3140 ms lo que equivale a 3,140 segundos y obteniendo el porcentaje con una regla de 3 podemos notar que equivale a un 96% encontrándose en un rango viable de eficiencia, los resultados los podemos notar en la siguiente tabla.

Tabla 5: Resultados estadísticos de la simulación de redes de Petri (RUTA 1)

Saltos Count/Steps	Tiempo Time/ms	Marcado					
		P0	P5	P1	P4	P2	P3
1	524	0	1	1	0	0	0
2	537	0	1	0	1	1	0
3	515	0	2	0	1	0	1
4	520	0	3	0	0	0	1
5	523	0	4	0	1	0	0
6	517	0	5	0	0	0	0
7	4	0	5	0	0	0	0
Total /ms	3140 ms						
Total/seg	3,140 seg						

Fuente: Elaboración propia

En las 10 simulaciones realizadas anteriormente notamos en 6 ocasiones que se repite la ruta 1, si 3 segundos equivale a 100 % y si realizamos 6 simulaciones tendría que darnos un total de 18 segundos, pero la ruta 1 posee 3,140 segundos lo que multiplicado por 6 nos

da como resultado 18,840 segundos, con este resultado podemos comprobar que, aunque no es mucho el retraso igual el sistema no es 100% eficiente.

Tabla 6 : *Resultados estadísticos de la simulación de redes de Petri (RUTA 2)*

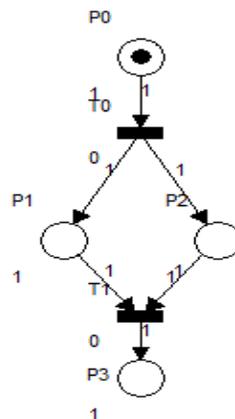
Saltos	Tiempo	Marcado					
Count/Steps	Time/ms	P0	P5	P1	P4	P2	P3
1	524	0	1	1	0	0	0
2	537	0	1	0	1	1	0
3	515	0	2	0	1	0	1
4	505	0	3	0	2	0	0
5	511	0	4	0	1	0	0
6	513	0	5	0	0	0	0
7	4	0	5	0	0	0	0
Total /ms	3109 ms						
Total/seg	3,109 seg						

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado la ruta 2 posee un tiempo total de 3,109 segundos multiplicados por las 4 simulaciones restantes de las 10 que utilizamos como prueba nos da como respuesta 12,436 segundos, con una regla de 3 se puede denotar que este valor equivale a un 97 % de eficiencia 1 porcentaje más que la ruta 1 pero aun así no llega al 100 % de viabilidad, con estos resultado nos damos cuenta que ninguna de las rutas es eficiente para el sistema.

Todos los datos y resultados obtenidos nos llevan a la conclusión de optimizar el sistema para un mejor rendimiento, eliminando procesos que tardaban en responder y dejando el sistema de una forma más simple y comprensible quedando como resultado lo siguiente.

Figura 8: *Modelado en RdP, Mejora del módulo de matriculación SGA UNEMI*



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Descripción de los lugares (estados) Propuesta de nuevo sistema

Lugares (estados)	Descripción
P0 Ingresar al módulo de matriculación del SGA de la UNEMI	Acceso a la ventana principal e ingreso al sistema (usuario y contraseña)
P1 Ejecutar matriculación	Se realiza el proceso de matriculación
P2 Cancelar proceso de matriculación	Se cancela el proceso de matriculación
P3 Salir	Salir del sistema

Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la tabla 6 podemos ver los nuevos lugares que existen notando la reducción de aquellos que hacían que el sistema no tenga una función completamente eficiente, notamos que no existe ningún conflicto con respecto a las transiciones ni a los lugares y tampoco cuello de botella.

Tabla 8: Descripción - Transiciones (acciones) Propuesta de nuevo sistema

Transiciones (acciones)	Descripción
T0 Se encuentra libre de deudas	Genera la acción de verificar registro de deudas, ejecutar o cancelar proceso de matriculación
T1. Finalizar	Finaliza el proceso de matriculación y genera horario de clases.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 7 nos muestra las únicas transiciones que quedaron después de haber realizado el estudio las cuales denotamos como las más importantes en el proceso completo.

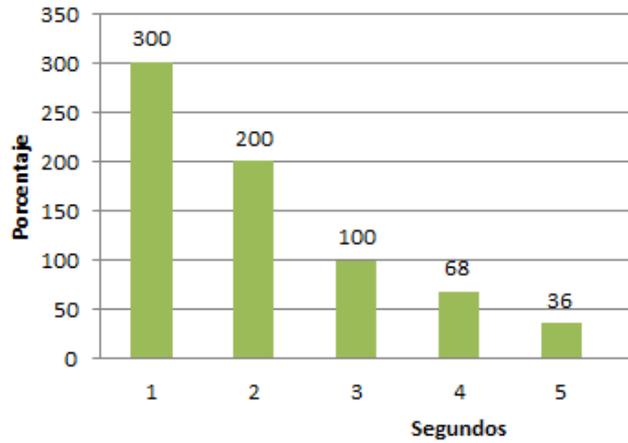
Ahora comprobemos mediante un gráfico estadístico como quedaron los resultados de la optimización

Tabla 9: Resultados estadísticos de la simulación de RdP (Propuesta nuevo sistema)

Saltos	Tiempo	Marcado			
Count/Steps	Time/ms	P0	P1	P2	P3
1	500	0	1	1	0
2	499	0	0	0	1
3	1	0	0	0	1
Total /ms	1000 ms				
Total/seg	1 seg				

Fuente: Elaboración propia

Figura 9: *Porcentaje de eficiencia (Propuesta nueva para el sistema)*



Fuente: Elaboración propia

Notamos como el sistema opera a la capacidad de 300% de eficiencia, esto quiere decir, que si antes el sistema operaba un proceso completo en 3 segundos ahora operaría el triple de lo normal que sería a un proceso por segundo, por ejemplo, si en 30 segundos se hacían 10 simulaciones ahora serían 30 simulaciones en 30 segundos.

CAPÍTULO V

CONCLUSIÓN

En la elaboración de un sistema cada fase es primordial para continuar a la siguiente; no obstante, hay fases que requieren un mayor grado de interés y de mucho estudio. Es este caso la fase de diseño es considerada trascendental, pues muestra por completo lo que se debe codificar en la etapa de desarrollo. Se puede hacer la comparativa de que un modelado para la codificación de un sistema, es como un plano arquitectónico para la construcción de un edificio.

Gracias a los resultados de la simulación que se hizo pudimos notar que el sistema básico elaborado en redes de Petri funcionaba en un 96% y 97% no llegaba al 100 % de eficiencia porque poseía 2 salidas diferentes y además tenía procesos que demoraba el tiempo de respuesta del sistema, por esta razón se llegó a la conclusión de elaborar un nuevo modelo en el cual tomando las observaciones anteriores tuvimos como resultado de simulaciones realizadas que el sistema opera a una capacidad de un 300% de eficiencia, esto quiere decir, que el cambio que se le hizo al sistema afectó tanto a los porcentajes como lo acabamos de ver en los resultados y también en representación gráfica, de esta manera se observó la mejora que se propone en el módulo de matriculación del SGA de la Universidad Estatal de Milagro, en la cual se evita los problemas presentados por los enlaces a otros módulos, que causaban redundancia de datos y creaba eventos incensarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA

- Araújo, R., Araújo, M., de Medeiros, F., y Barroso, G. (18 de 06 de 2014). Modelado de un sistema de gestión en la Educación a Distancia en Brasil utilizando redes de Petri Coloridas. Brasil.
- Behar Rivero, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Bogota: Shalom.
- Cortés Morales, A. (Enero de 2014). A partir y más allá de Luhmann. *Andamios*.
- Davidrajuh, R. (2018). Un nuevo enfoque basado en redes de Petri para el modelado del sistema de fabricación discreta. (C. Springer, Ed.) 637.
- Ferreira, C., Neves, L., Silva, A., y Brito, J. (2017). *Modelo estocástico basado en la red de Petri de la durabilidad de las representaciones*. Elsevier.
- Heinze, T., Amme, W., y Moser, S. (Septiembre de 2017). Static analysis and process model transformation for an advanced business process to Petri net mapping. *ResearchGate*, 161–195.
- SENESCYT. (2014). *SENESCYT*. Obtenido de <https://www.educacionsuperior.gob.ec/directorio-de-instituciones-de-educacion-superior/>
- Trejo Medina, D. (2017). *Introducción a la Ingeniería de Software, Planeación y Gestión de Proyectos Informáticos*. México: DanTM.
- Xing, K., Wang, F., Zhou, M. C., Lei, H., y Luo, J. (2018). Punto muerto caracterización y control de sistemas de montaje flexibles con redes de Petri. *Automatica*, 358-364.
- Yuan, J., Xu, J., Qin, Y., y Jia, L. (2018). *Estudio sobre el proceso de respuesta a emergencias de emergencia de Metro basado en redes estocásticas de Petri*. (Vol. 419). Singapur: Springer.
- Gen, M., Escuela, A., Agr, I., y Ib, T. (2013). Tesis doctoral.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación. Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Morales Varela, A., Rojas Ramírez, J. A., Hernández Gómez, L. H., Morales González, Á., y Jiménez Reyes, M. Y. (2015). Modelo de un sistema de producción esbelto con redes de Petri para apoyar la toma de decisiones. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 23(2), 182–195. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052015000200004>
- Orlando, Y., Le, L., y Caridad, M. (2016). Redes de petri en la determinación de puntos críticos para el control interno / petri's nets in the..., (March 2017).
- Ortegón Cortázar, G. (2015). Una propuesta de gestión, medición y procesamiento de datos en un entorno virtual de aprendizaje para la toma de decisiones en instituciones educativas Optimization of Systems for Academic Management . A Design for Data

Management ,.

- Ríos Bolívar, A., Méndez, A., Cardillo, J., y Chacón, E. (2015). *Control robusto por realimentación estática de la salida extendida para sistemas lineales a tiempo discreto*. *Ciencia e Ingeniería* (Vol. 36). Universidad de los Andes. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=507550628006>
- Serna Montoya, E. (2013). *Prueba funcional del software: un proceso de verificación constante*. Fondo Editorial ITM. <https://doi.org/10.22430/9789588743417>
- van der Aalst, W. M. P., y M.P., W. (2015). Business process management as the “Killer App” for Petri nets. *Software y Systems Modeling*, 14(2), 685–691. <https://doi.org/10.1007/s10270-014-0424-2>
- Vázquez, C. R., Ramírez-Treviño, A., y Silva, M. (2014). Controllability of timed continuous Petri nets with uncontrollable transitions. *International Journal of Control*, 87(3), 537–552. <https://doi.org/10.1080/00207179.2013.846480>
- Yang, B., y Li, H. (2018). A novel dynamic timed fuzzy Petri nets modeling method with applications to industrial processes. *Expert Systems with Applications*, 97, 276–289. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.12.027>