

Tipo de artículo: Artículo de revisión
Temática: Ingeniería y gestión de software
Recibido: 20/09/19 | Aceptado: 04/01/2020 | Publicado: 06/01/2020

Directrices prácticas en el modelado de procesos de negocio: un enfoque ontológico

Practical guidelines in the modeling of business processes: an ontological approach

Olga Yarisbel Rojas Grass^{1*}, Nemury Silega Martínez², Miguel Angel Sánchez Palmero³

¹ Centro de Informatización de Entidades. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, Km 2 ½. Torrens Boyero. La Habana, Cuba. yarisbel@uci.cu

² Centro de Informatización de Entidades. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, Km 2 ½ La Lisa, La Habana, Cuba. nsilega@uci.cu

³ Departamento de Informática. Facultad 1. Universidad de las Ciencias Informáticas. Carretera a San Antonio de los Baños, Km 2 ½. Torrens Boyero. La Habana, Cuba. masanchez@uci.cu

* Autor para correspondencia: yarisbel@uci.cu

Resumen

Las organizaciones se enfrentan a procesos cada vez más grandes y complejos. Los modelos de procesos son clave para facilitar el entendimiento de los procesos en las organizaciones y en el diseño de sistemas de información. La etapa de modelado del negocio es crucial en el proceso de desarrollo de software, los errores que se producen en esta etapa pueden generar grandes consecuencias en la calidad de un sistema. Existen diversos estudios sobre la calidad del modelado de procesos de negocio y como resultado se han propuesto un conjunto de directrices, métricas y umbrales que consideran propiedades estructurales de los modelos. Estas propiedades pueden utilizarse para indicar si un modelo puede ser bien comprendido o si es potencialmente propenso a errores. La utilización de un lenguaje de modelado y la aplicación de las directrices no aseguran que los modelos que se obtienen cuenten con características de calidad deseables, sino que además es vital contar con herramientas que permitan verificarlo. El objetivo de este trabajo es proporcionar un enfoque basado en ontología para la verificación de la correcta utilización de directrices prácticas durante el modelado. La utilización de una ontología para la detección de errores en la etapa inicial del proceso de desarrollo de software contribuye a que los modelos sean corregidos y mejorados.

Palabras clave: calidad; directrices prácticas; modelado de procesos; ontología

Abstract

Organizations face increasingly larger and more complex processes. Process models are key to facilitate the understanding of processes in organizations and in the design of information systems. The stage of modeling the business is crucial in the software development process, the errors that occur in this stage can generate great consequences in the quality of a system. There are several studies on the quality of the modeling of business processes and as a result a set of guidelines, metrics and thresholds that consider the structural properties of the models have been proposed. These properties can be used to indicate whether a model can be well understood or is potentially prone to errors. The use of a modeling language and the application of the guidelines do not ensure that the models obtained have desirable quality characteristics, but it is also vital to have tools that allow verification. The objective of this paper is to provide an ontology-based approach for the verification of the correct use of practical guidelines during modeling. The use of an ontology for the detection of errors in the initial stage of the software development process helps the models to be corrected and improved.

Keywords: *quality; practical guidelines; process modeling; ontology*

Introducción

El modelado conceptual desde las décadas de 1970 y 1980 se ha convertido en un área de investigación en el campo de la Ingeniería de Software. La principal motivación para llevar a cabo la modelación conceptual y específicamente la modelación de los procesos de negocio, radica en reducir las posibilidades de desarrollar errores en la definición de los requisitos en las primeras fases del desarrollo de los sistemas de información (J. Mendling 2010). Sin embargo, los grandes proyectos de documentación de procesos dependen en gran medida de principiantes y modeladores no expertos (Rosemann 2006).

El modelado de procesos de negocio recibe cada vez más atención, fundamentalmente en las áreas de mejora de procesos y en el desarrollo de software (Silega 2014). La mejora de procesos se utiliza para que las empresas diseñen, analicen y mejoren los procesos que ejecutan (Dianelys Nogueira 2004). En el desarrollo de software es un artefacto de inicio, que es imprescindible para que el equipo de desarrollo entienda el funcionamiento del negocio y realice la especificación de los requisitos globales que el futuro sistema debe satisfacer (Jean Carlos Guzmán 2013, Isel Moreno Montes de Oca 2015, Méndez and Urrutia 2016). El modelado de procesos facilita la comprensión de los procesos de negocio en las organizaciones y en los equipos que desarrollan soluciones para apoyar a estos procesos.

El objetivo de cualquier actividad de modelado es lograr una completa y exacta comprensibilidad del dominio dentro del marco de un problema a resolver (James Nelson 2012). El impacto de propiedades estructurales de los elementos gráficos en relación a la comprensibilidad del modelo, se relacionan directamente con la calidad y se ha referido que la consideración de propiedades estructurales, puede ser utilizada para indicar que un modelo es apropiado para ser bien comprendido o si es potencialmente propenso a errores (J. Mendling 2010). En este trabajo se propone un enfoque ontológico para la descripción y validación de procesos de negocio apoyado de un conjunto de directrices prácticas que consideran propiedades estructurales de los modelos. Las directrices prácticas que son verificadas mediante el uso de las ontologías tienen métricas y umbrales que permiten comprobar su correcta utilización durante el modelado.

El resto del trabajo se organiza según se describe a continuación. En la sección 2 se describen y analizan trabajos relacionados a la utilización de ontologías en el modelado de procesos de negocio. En la sección 3 se describe la metodología empleada y se realiza la discusión del resultado. En la sección 4 se abordan las conclusiones y trabajo futuro.

Trabajos relacionados

En el modelado de procesos de negocio existen varios lenguajes que se han utilizado para su representación, sin embargo, el estándar industrial indiscutible actual es BPMN (Allweyer 2016, Hitpass 2017). El propósito de su desarrollo fue proveer una notación fácilmente entendible por todos los usuarios, creando así un puente entre el diseño del proceso de negocio y su implementación tecnológica (Marugán Cancio 2018). La modelación de los Diagramas de Procesos de Negocio (BPD, por sus siglas en inglés) utilizando BPMN y el creciente interés en esta notación lo convierte en un significativo estándar en el modelado de procesos de negocio en el sector empresarial y en el desarrollo de software.

La utilización de un lenguaje de modelado no asegura que los modelos que se obtienen cuenten con características de calidad deseables que permitan analizar su mejora o guiar la construcción del software (Delgado and Calegari 2014). Para ello es necesario tener presente un conjunto de buenas prácticas que permitan homogeneizar los modelos y alcanzar mayores niveles de calidad.

En la literatura científica se han propuesto un conjunto de buenas prácticas a tener presente en el modelado de procesos de negocio, fundamentalmente enfocadas a lograr una mejor estructura y comprensión de los modelos para alcanzar mayores niveles de calidad (J. Mendling 2010, Moreno-Montes de Oca and Snoeck 2014, Corradini, Ferrari et al. 2017). La utilización de estas buenas prácticas durante el modelado disminuye la aparición de errores y su

aplicación a modelos creados permite mejorarlos (Grass, Yarisbel et al. 2019). Una alternativa cada vez más aceptada en el modelado de procesos de negocio es el uso de las ontologías, la transformación de los modelos de procesos de negocio descritos con BPMN a un lenguaje formal permite verificar y validar un conjunto de elementos que han sido objeto de estudio de varios investigadores.

Una definición que describe el significado de ontología y está basada en los trabajos de Gruber y otros pioneros en el tema, define que una ontología es: una descripción formal explícita de los conceptos (clases (generalmente llamado conceptos)) en un dominio de discurso, las propiedades de cada concepto que describen los rasgos y atributos del concepto (slots (generalmente conocido como propiedades o roles)) y las restricciones de los slots (facetas (generalmente conocida como restricciones de los roles)) (Noy and McGuinness 2001). Los elementos fundamentales de una ontología son: conceptos o clases, propiedades de los conceptos y las restricciones de las propiedades. El conjunto formado por las clases de una ontología y sus instancias individuales constituyen una base de conocimiento. Varios trabajos han demostrado los beneficios que provee el uso de las ontologías durante el modelado de procesos de negocio, contribuyendo en la validación semántica de los procesos de negocio, en la identificación de errores de modelado en BPD creados y además permite resolver el problema de ambigüedad durante el etiquetado de las actividades. (Silega 2014, Júnior 2016, Gassen, Mendling et al. 2017). Estos trabajos motivaron el enfoque de aplicar ontologías para la verificación de directrices prácticas en el modelado de procesos de negocios a partir de sus elementos estructurales y umbrales definidos.

El empleo de ontologías como soporte al modelado de procesos de negocio realiza verificaciones y detecta errores en los modelos de forma automatizada, siendo una alternativa cada vez más aceptada en el desarrollo de software. La transformación de los modelos de procesos de negocio descritos con BPMN a una ontología permite verificar y validar el uso correcto de un conjunto de directrices prácticas. La validación de BPD mediante una ontología para la verificación de directrices prácticas permite comprobar la calidad de los modelos y disminuye la probabilidad de futuros errores en etapas posteriores del desarrollo de software.

En la próxima sección se detalla cómo la utilización de una ontología permite detectar errores en los BPD, a partir del incumplimiento de un conjunto de directrices prácticas relacionadas a la cantidad de elementos que se deben utilizar. La creación de una forma computacional para verificar estas directrices a partir de métricas y umbrales reduce el esfuerzo que tienen que emplear los modeladores para detectarlos y permite mejorar los modelos. La transformación de los elementos BPMN utilizados en BPD a un lenguaje formal permite realizar verificaciones tanto semánticas como sintácticas.

Metodología empleada y discusión

La construcción de la ontología se realiza teniendo en cuenta la correspondencia de la definición de las clases con los conceptos del dominio y sus relaciones, así como la correcta especificación de las propiedades y axiomas que permiten realizar inferencias a través de razonadores. La definición lógica de las clases de la ontología, se realizó teniendo en cuenta los conceptos fundamentales relacionados a los elementos BPMN y a la verificación de las directrices. Las directrices prácticas que se tuvieron en cuenta a verificar fueron las relacionadas a la Complejidad general propuestas (Oca 2015).

Dentro de los lenguajes para especificar ontologías, se destacan: Ontolingua, XML Schema, RDF (*Resource Description Framework*), RDF Schema (o RDF-S) y OWL (*Ontology Web Language*). OWL se distingue por su conjunto de operadores: intersección, unión y negación (Horridge, Jupp et al. 2009). Fue diseñado para representar conocimiento complejo acerca de cosas, sus grupos y relaciones (McGuinness and Van Harmelen 2004). Está basado en lógica computacional de modo que el conocimiento expresado en OWL puede ser razonado por programas de computadoras que además de verificar la consistencia del conocimiento, permiten que el conocimiento implícito se convierta en conocimiento explícito. Además, permite utilizar razonadores que chequean automáticamente la consistencia de los modelos representados. Estas ventajas determinaron utilizar OWL como lenguaje para la representación de ontologías, por ser un lenguaje potente con posibilidades de representar conocimiento complejo de un dominio.

En la creación de la ontología se utilizó la herramienta Protégé, el cual es un editor de código abierto desarrollado en la Universidad de Stanford, multiplataforma, usado para construir ontologías y como marco general para representar el conocimiento, posee una arquitectura flexible y extensible (Fernández Hernández 2016). Es reconocido como una de las herramientas más comúnmente utilizadas para la ingeniería ontológica, existiendo numerosos trabajos que así lo avalan (Noguera García 2009, Guerrero Proenza and García Martínez 2013, Silega 2014, López, Hidalgo et al. 2016). Las ontologías creadas en el Protégé se pueden exportar en una de las sintaxis que este brinda tales como: RDF/XML y OWL/XML. En el proceso de inferencia se utilizó el razonador Pellet.

Para alcanzar resultados satisfactorios en la definición e implementación de la ontología, se debe utilizar una metodología que guíe el proceso de construcción de la ontología. Las metodologías desarrolladas para la construcción de ontologías han estado en constante uso y evolución, así lo demuestra la metodología de Alvarado (Alvarado 2010) creada a partir de los principios y buenas prácticas de las metodologías: Methontology (Fernández-López, Gómez-Pérez et al. 1997) y Desarrollo de ontologías-101 (Noy and McGuinness 2005). En este trabajo se asume la metodología de Alvarado, que pone énfasis en la construcción de un modelo conceptual robusto y en la determinación

clara y concisa de los requerimientos de la ontología a construirse, así como su evaluación. La metodología propone cinco pasos que se describen a continuación (Alvarado 2010):

Paso 1: Determinar los requerimientos de la ontología.

La ontología tiene el objetivo de validar y verificar los DPN de gestión empresarial teniendo en cuenta los elementos del lenguaje BPMN, los conceptos relacionados al dominio y las directrices prácticas de modelado. Las preguntas de competencia definidas en el Documento de Especificación de Requisitos de la Ontología (DERO), se elaboraron en correspondencia a la verificación de las directrices prácticas, métricas y umbrales, como se muestra a continuación:

- ¿El proceso presenta problemas de tamaño según los elementos de flujo que lo conforman?
- ¿Cómo es clasificado un proceso de acuerdo con los niveles de eficiencia teniendo en cuenta las métricas y umbrales?
- ¿El proceso de negocio tiene un evento de inicio, actividades y un evento fin?
- ¿Existen compuertas con múltiples entradas y salidas?
- ¿Existen procesos con problemas de morfología?

Paso 2: Reutilizar otras ontologías existentes.

En la creación de una nueva ontología es conveniente comprobar si se pueden reutilizar conceptos de otras ya existentes, por ello la metodología de Alvarado establece como segundo paso la reutilización. En este trabajo se reutiliza OntoCIM por representar conceptos de elementos BPMN y la forma de representar los procesos en OWL (Nemury Silega 2014), además es una ontología creada en Español, que representa y valida procesos de negocio de gestión empresarial sobre todo desde el punto de vista semántico del contenido. También se revisaron los repositorios DAML Ontology Library (Disponible en: <http://www.daml.org/ontologies/>) y DBpedia (Disponible en: <http://http://mappings.dbpedia.org/server/ontology/classes/>) en los cuales aparecen publicadas ontologías de múltiples dominios.

Paso3: Elaboración del modelo conceptual.

En la ontología se consideran términos para la representación de los procesos de negocio utilizando los elementos de BPMN y conceptos del dominio. Un modelo de procesos está compuesto por elementos (tareas, eventos, compuertas) conectados por una relación de “flujo”. En este trabajo, se considera que un modelo de proceso está compuesto por elementos y flujos de secuencia. En términos de BPMN, significa que se obvian otros elementos como anotaciones,

compartimentos, flujos de mensajes, artefactos, y grupos. Sin embargo, el análisis de los modelos se realiza con la presencia de estos elementos.

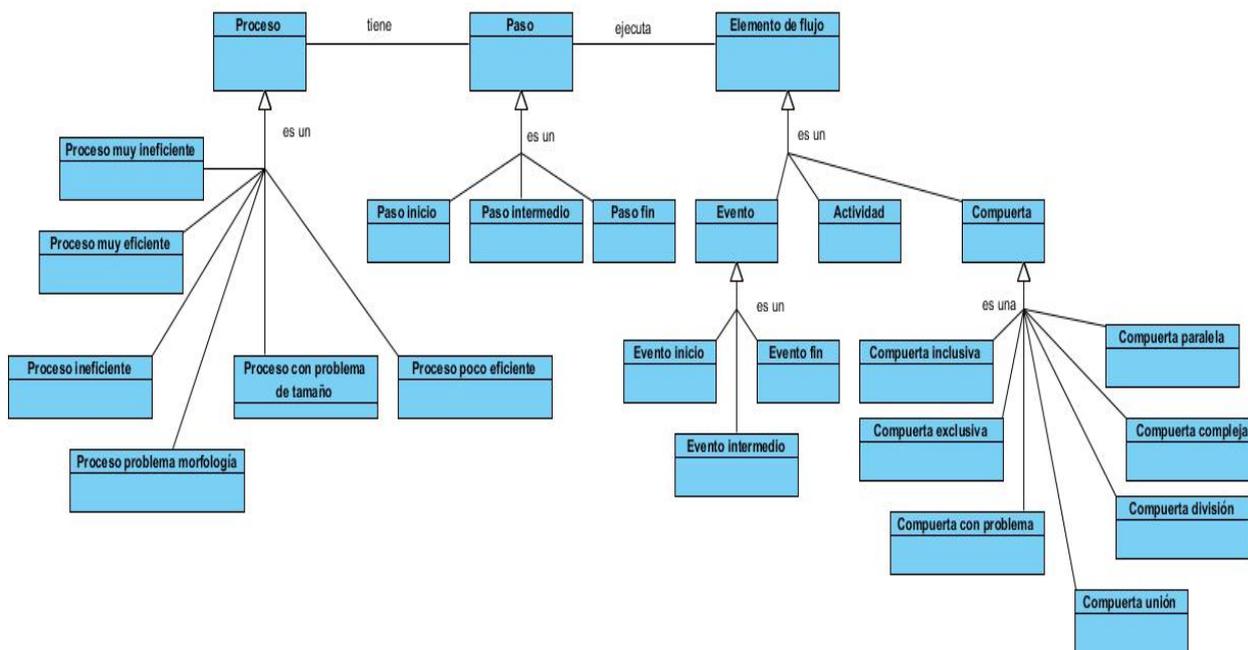


Figura. 1. Modelo conceptual. Fuente: Elaboración propia

En la mayoría de los casos, los axiomas de una ontología solo expresan relaciones de inclusión (es-un) entre predicados unarios. Los axiomas permiten, junto con la herencia de conceptos, inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente en la taxonomía de conceptos. A partir del modelo conceptual se definieron las clases, relaciones y axiomas que permitieron implementar la ontología.

Paso 4. Implementación de la ontología.

El modelo conceptual permitió definir las clases y la jerarquía de clases, definiéndose como conceptos fundamentales los relacionados a BPMN para representar los DPN en la ontología. Las clases fundamentales son: Proceso, Actividad, Evento, Compuerta. En el caso de la clase Paso y Elemento de flujo no se corresponden directamente con conceptos de BPMN, estas clases se utilizan para salvar la limitación que tiene OWL (Noguera García 2009, Silega 2014), el cual no posee constructores nativos de representación de procesos de negocio.

En la Figura 2, la clase ElementoFlujo es una clase abstracta que subsume las clases Actividad, Evento y Compuerta que se ejecutan mediante pasos. La clase Paso, se define para establecer el flujo dentro de un proceso, permite relacionar mediante propiedades los elementos de flujo con el proceso al que corresponden. El lenguaje OWL permite representar clases primitivas y clases definidas. Las clases primitivas hacen referencia a aquellas condiciones necesarias que tienen que reunir los individuos para formar parte de una clase.



Figura. 2. Clases de la ontología. Fuente: elaboración propia

En el Protégé las clases definidas se representan como clases equivalentes, permitiendo inferir los individuos que la componen, para ellas deben expresarse condiciones necesarias y suficientes. Como ejemplo que ilustra la riqueza expresiva de OWL, a la clase definida “ProcesoProblemaDeTamaño” se le declararon los axiomas que indican que el proceso puede tener problemas de tamaño, según la cantidad de elementos de flujo que se utilizan en la representación de un proceso. A partir de este axioma toda instancia de la clase “Proceso” es inferida como instancia de la clase “ProcesoProblemaDeTamaño” siempre que se cumpla.

El otro componente relevante en una ontología son las propiedades, estas son de dos tipos: propiedad de objeto (object property) o de dato (data property) (Horridge, Jupp et al. 2009). Las propiedades de objeto establecen a los objetos de una clase, atributos cuyos valores son objetos. Como muestra la Figura 3, un proceso TieneActividad y EsEjecutadoEn un paso. Esta última propiedad establece que un paso Ejecuta un elemento de flujo, un paso intermedio es SeguidoPor otro paso. Cada propiedad de objeto posee una propiedad inversa, si una actividad EsEjecutadoEn un paso, se infiere que un paso EjecutaA una actividad.

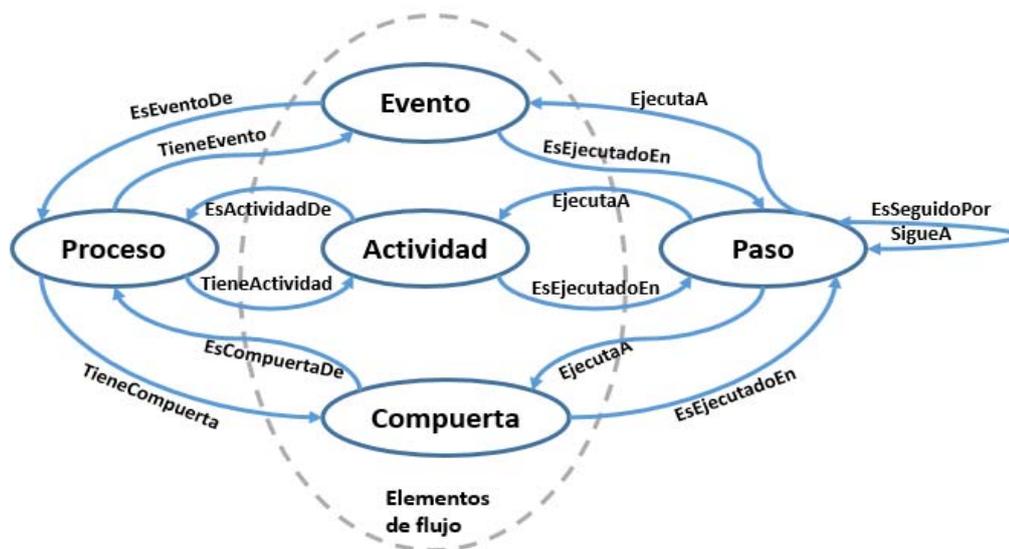


Figura. 3. Propiedades de objetos de la ontología. Fuente: elaboración propia

Una restricción, en su uso general, es un tipo de especificación que establece una frontera finita definida para un tipo de proceso o función. En las ontologías, una restricción se refiere a una limitación impuesta por la forma en que se han estructurado los conceptos. Las restricciones deberían definirse mientras se definen las relaciones entre clases,

atributos y propiedades. Por otra parte, una regla es una norma ampliamente aceptada, un concepto, verdad, definición o calificación en el dominio del discurso (Brusa, Caliusco et al. 2013). Las reglas deben ser explícitamente definidas utilizando un lenguaje formal, tal como la lógica de primer orden, apropiado para guiar en la definición de las restricciones de la ontología. Alguna de las restricciones definidas en lenguaje natural se tuvieron en cuenta en la definición del modelo ontológico como las mostradas a continuación:

- Un proceso comienza como mínimo con un evento de inicio y termina como mínimo con un evento de fin.
- Un proceso puede tener como máximo dos eventos de inicio y terminar como máximo con dos eventos de fin.
- Un proceso tiene varios pasos, un paso es seguido por otro paso.
- En cada paso se puede ejecutar una actividad, un evento o una compuerta.
- En las compuertas no pueden existir múltiples entradas y salidas.

Teniendo en cuenta el conocimiento a describir en la ontología para luego comprobarlo haciendo uso del razonador Pellet, se explicará a continuación qué se realiza cuando existe una compuerta con problemas por la multiplicidad de flujos de entrada y salida, y cómo es clasificado un proceso que tiene una compuerta con este problema. En este sentido se muestra en la Figura 4, un diagrama de un proceso de prueba para detectar mediante la ontología en error en este proceso:

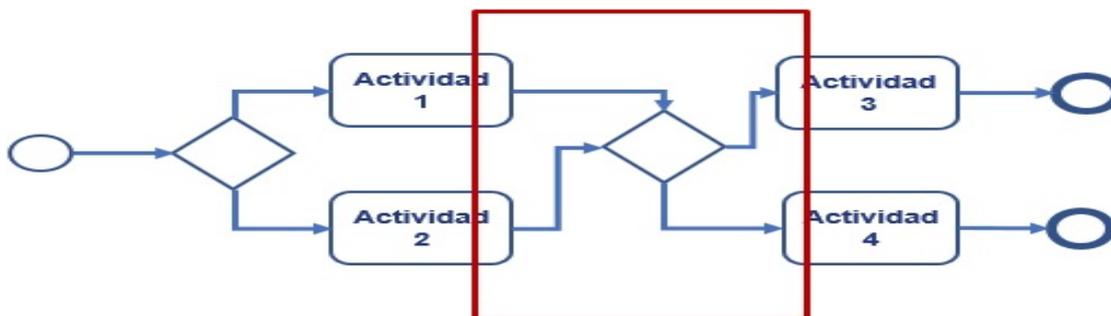


Figura. 4. Proceso de prueba con problema en la compuerta 2. Fuente: Elaboración propia

Para establecer en la ontología las restricciones y reglas que me permitan conocer que la compuerta tiene problemas debo tener en cuenta que la clase *CompuertaConProblema* en una clase definida que contiene condiciones necesarias y suficientes para clasificar un individuo de la clase compuerta si cumple estas condiciones. En la Figura 5 se muestra el axioma establecido utilizando los cuantificadores de cardinalidad para establecer las condiciones de la clase *CompuertaConProblema*.

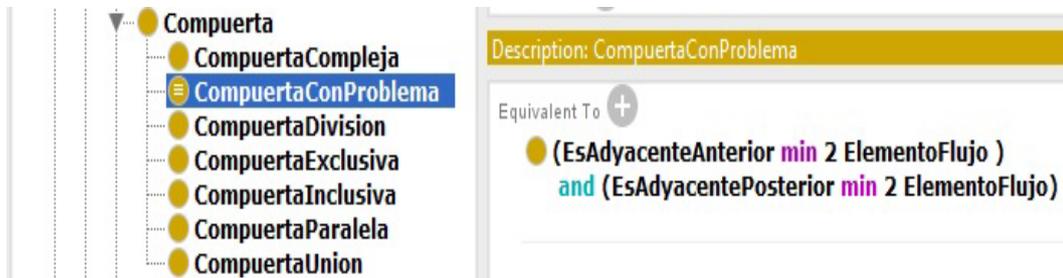


Figura. 5. Condiciones necesarias y suficientes de la clase CompuertaConProblema. Fuente: Elaboración propia

Además, para determinar que un proceso tiene problemas de morfología por presentar una compuerta con problemas se debe establecer una regla utilizando programación descriptiva para que pueda inferirse este conocimiento. En la Figura 6 se muestra la regla definida para el proceso de prueba.

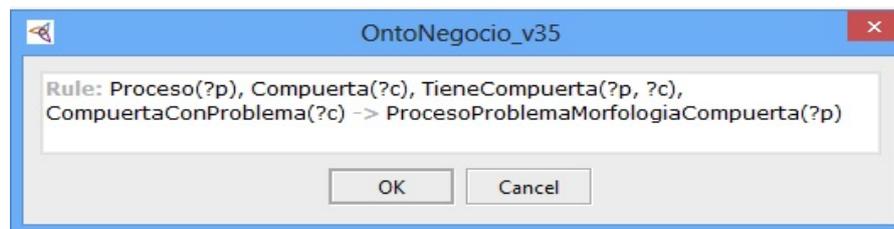


Figura. 6. Regla que establece un proceso con problema de morfología por la compuerta. Fuente: Elaboración propia

Los procesos descritos en BPMN son transformados a instancias de las ontologías, para poder realizar una comprobación sobre los mismos en relación al correcto uso de las directrices y poder detectar errores. Para realizar la evaluación del proceso de prueba luego de transformarlos a instancias de la ontología se utiliza el razonador Pellet. En la Figura 7 se muestra el resultado de la clasificación para la instancia *Compuerta2* en el Protégé, utilizando el razonador Pellet.



Figura. 7. Razonamiento para la Compuerta2 utilizando Pellet. Fuente: Elaboración propia

Además, se infiere a partir de la regla definida como condición en la que se cumple que un proceso tiene problema de morfología, si tiene compuerta con problema que el proceso de prueba tiene problema de morfología por la compuerta con problemas. En la Figura 8 se muestra la inferencia que realiza el razonador Pellet.

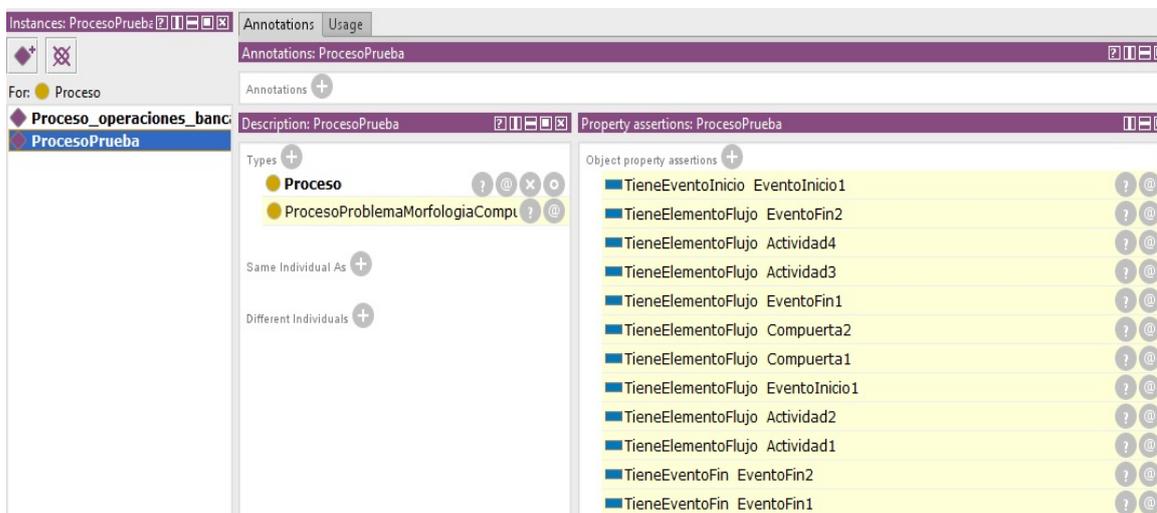


Figura. 8. Razonamiento de Pellet para el proceso de prueba. Fuente: Elaboración propia

Paso 5. Evaluación de la ontología.

En el caso de la metodología de Alvarado, incluye un apartado dedicado a la evaluación del resultado de la ontología, en ella se comprueba su consistencia, se valida la taxonomía de las clases y se verifica la inferencia de las clases. La

utilización del razonador Pellet permitió evaluar las propiedades lógico-formales de la ontología durante todo el ciclo de vida. También se aplicó una lista de chequeo que permitió evaluar el diseño de la ontología desde etapas tempranas de su elaboración, los errores detectados fueron resueltos. Además, se utilizaron casos de prueba que permitieron verificar el cumplimiento de los requerimientos de la ontología expresados en las preguntas de competencia.

La utilización de directrices prácticas en el modelado de procesos de negocio y la verificación de su correcto uso causan un efecto positivo en la calidad de los modelos. La comprobación de la correcta utilización de las directrices en los modelos creados permite detectar problemas en etapas tempranas del desarrollo de software. Evita la propagación de errores a etapas posteriores, lo que contribuye al ahorro de tiempo y recursos, ya que no identificar a tiempo estos errores produciría mayores esfuerzos para su solución. Su empleo durante la disciplina de Modelado del negocio garantiza que los BPD tengan mayor calidad, sean comprensibles y válidos estructuralmente.

Conclusiones y trabajo futuro

La creación de una ontología para la descripción y validación de procesos de negocio permite formalizar los modelos de procesos a través del lenguaje OWL y al mismo tiempo verificar los problemas asociados al incumplimiento de las directrices prácticas relacionadas a la Complejidad general. La detección de errores en los BPD en etapas tempranas del desarrollo de software trae grandes beneficios y la correcta utilización de las directrices permite una mayor comprensión entre expertos del negocio, analistas y el equipo de desarrollo.

Las verificaciones realizadas sobre la ontología demostraron que cumple con los elementos requeridos como sistema formal y satisface los requisitos para los que fue creada. La utilización de la ontología para la comprobación del correcto uso de las directrices prácticas, permite detectar los problemas que pueden tener los BPD para que estos sean corregidos y realiza una validación estructural sobre los modelos que no tienen problemas.

Una línea de trabajo que se identifica, es la integración de la verificación estructural de los modelos a la validación semántica del contenido que estos representan. A partir de los beneficios que las ontologías son capaces de brindar se pueden realizar verificaciones sintácticas y validaciones semánticas de los procesos formalizados.

Referencias

- Allweyer, T. (2016). BPMN 2.0: introduction to the standard for business process modeling, BoD–Books on Demand.
- Alvarado, R. (2010). Metodología para el desarrollo de ontologías.
- Brusa, G., M. Caliusco and O. Chiotti (2013). "Gestión del Conocimiento en el Gobierno Abierto: Ontologías de Dominio." JAIIO (Ed.) **42**: 8-22.

- Corradini, F., A. Ferrari, F. Fornari, S. Gnesi, A. Polini, B. Re and G. O. Spagnolo (2017). "A Guidelines framework for understandable BPMN models." Data & Knowledge Engineering **113**: 129-154.
- Delgado, A. and D. Calegari (2014). "Business Process Management (BPM): aspectos clave para la construcción de software de soporte e impacto en la mejora continua de las organizaciones." INNOTEC Gestión(6 ene-dic): 40-51.
- Dianelys Nogueira, A. M., Carlos Nogueira (2004). *Fundamentos para el Control de la Gestión Empresarial*. E. P. y. Educación. La Habana, Cuba.
- Fernández-López, M., A. Gómez-Pérez and N. Juristo (1997). "Methontology: from ontological art towards ontological engineering."
- Fernández Hernández, A. (2016). "Modelo ontológico de recuperación de información para la toma de decisiones en gestión de proyectos."
- Gassen, J. B., J. Mendling, A. Bouzeghoub, L. H. Thom and J. P. M. de Oliveira (2017). "An experiment on an ontology-based support approach for process modeling." Information and Software Technology **83**: 94-115.
- Grass, R., O. Yarisbel, N. Silega Martínez and M. A. Sánchez Palmero (2019). "Revisión sobre directrices prácticas para la calidad del modelado de procesos de negocio." Revista Cubana de Ciencias Informáticas **13**(1): 127-142.
- Guerrero Proenza, R. and A. García Martínez (2013). "Ontología para la representación de las preferencias del estudiante en la actividad de aprendizaje en entornos virtuales." Revista Cubana de Educación Superior **1**: 20-37.
- Hitpass, B. (2017). BPM: Business Process Management: Fundamentos y Conceptos de Implementación 4a Edición actualizada y ampliada, Dr. Bernhard Hitpass.
- Horridge, M., S. Jupp, G. Moulton, A. Rector, R. Stevens and C. Wroe (2009). "A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools edition1. 2." The university of Manchester **107**.
- Isel Moreno Montes de Oca, M. S., Hajo A. Reijersc, Abel Rodríguez Morffi (2015). "A systematic literature review of studies on business process modeling quality." Information and Software Technology **58**: 187-205.
- J. Mendling, H. A. R., W.M.P. van der Aalst Barjjs, Joseph (2010). "Seven process modeling guidelines (7PMG)." Information and Software Technology **52**: 127–136.
- James Nelson, G. P., Marcela Genero, Mario Piattini (2012). A conceptual modeling quality framework. Software Qual J: 201-228.
- Jean Carlos Guzmán, F. L., Alfredo Matteo (2013). Del Modelo de Negocio a la Arquitectura del Sistema considerando Metas, Aspectos y Estándares de Calidad. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software Venezuela, RACCIS. **3**: 19-37.

- Júnior, V. H. G. (2016). Utilização de Ontologias para Certificação de Boas Práticas em Modelagem de Processos de Negócio Mestre, Universidad de Federal Do Rio Grande Do Sul.
- López, Y., Y. Hidalgo and N. Silega (2016). "Método para la integración de ontologías en un sistema para la evaluación de créditos." Revista Cubana de Ciencias Informáticas **10**(4): 97-111.
- Marugán Cancio, M. (2018). "Integración de modelos de procesos de negocio en BPMN y modelos de arquitectura empresarial en Archimate."
- McGuinness, D. L. and F. Van Harmelen (2004). "OWL web ontology language overview." W3C recommendation **10**(10): 2004.
- Méndez, R. and A. Urrutia (2016). "Complejidad en modelos conceptuales de procesos de negocios. Propuesta de métricas de calidad de modelos conceptuales de procesos." Revista GTI **15**(43): 47-62.
- Moreno-Montes de Oca, I. and M. Snoeck (2014). Pragmatic guidelines for business process modeling. T. R. 2592983. KU Leuven, Faculty of Economics and Business.
- Nemury Silega, T. L., Manuel Noguera (2014). "Model-Driven and Ontology-Based Framework for Semantic Description and Validation of Business Processes." IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS **12**: 293-294.
- Noguera García, M. (2009). "Modelo y análisis de sistemas CSCW siguiendo un enfoque de ingeniería dirigida por ontologías."
- Noy, N. F. and D. L. McGuinness (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology, Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA.
- Noy, N. F. and D. L. McGuinness (2005). "Desarrollo de Ontologías-101: guía para crear tu primera ontología." traducido del inglés por: E. Antezana., http://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101-es.pdf.
- Oca, I. M. M. d. (2015). Patrón y clasificación taxonómica para directrices prácticas en modelos de procesos de negocio Doctoral, UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS.
- Rosemann, M. (2006). "Potential pitfalls of process modeling: part A." Business Process Management Journal **12**(2): 249-254.
- Silega, N. (2014). Método para la transformación automatizada de modelos de procesos de negocio a modelos de componentes para Sistemas de Gestión Empresarial Doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas.