

Tipo de artículo: Artículo original
Temática: Ingeniería y Gestión de software
Recibido: 20/02/2014 | Aceptado: 11/04/2014

Directrices prácticas y métricas de calidad en la modelación de procesos de negocio: un caso de estudio

Pragmatic guidelines and quality metrics in business process modeling: a case study

Isel Moreno-Montes-de-Oca ^{1*}, Abel Rodríguez-Morffi ¹, Monique Snoeck ², Rosendo Moreno-Rodríguez ¹, Gladys Casas-Cardoso ¹, Luisa González-González ¹

¹ Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP.: 54830

² KU Leuven. Naamsestraat 3000, Leuven, Belgium

* Autor para correspondencia: isel@uclv.edu.cu; monique.snoeck@kuleuven.be
{[arm](mailto:arm@uclv.edu.cu), [rosendo](mailto:rosendo@uclv.edu.cu), [gcasas](mailto:gcasas@uclv.edu.cu), [luisagon](mailto:luisagon@uclv.edu.cu)}@uclv.edu.cu

Resumen

La modelación de procesos de negocio es uno de los primeros pasos hacia el logro de las metas organizacionales. Es por esto que la calidad de los mismos es un aspecto esencial para el desarrollo y soporte tecnológico de cualquier empresa. En la literatura se proponen directrices prácticas para la modelación y métricas de calidad que posibilitan la evaluación de los modelos. Este trabajo se enfoca en la calidad de los modelos de procesos de negocio a nivel conceptual: diseño y evaluación. En particular se utilizan directrices prácticas durante la modelación de un proceso de negocio de estudios de postgrado en las universidades cubanas. Posteriormente, se aplica un conjunto de métricas de calidad, y se comparan los resultados con los obtenidos en otro modelo sin utilizar directrices. Los resultados indican que el uso de las directrices produce una mejora en la calidad de este modelo de proceso de negocio, así como la utilidad práctica que ofrecen las métricas de calidad en la evaluación de los modelos de procesos de negocio.

Palabras clave: BPMN, directrices prácticas, métricas de calidad, modelación de procesos de negocio.

Abstract

Business process modeling is one of the first steps towards achieving organizational goals. This is why business process modeling quality is an essential aspect for the development and technical support of any company. This work focuses on the quality of business process models at a conceptual level (design and evaluation). In the literature there are works that propose practical guidelines for modeling, while others focus on quality metrics that allow the evaluation of the models. In this paper we use practical guidelines during the modeling phase of a business process for postgraduate studies. We applied a set of quality metrics and compare the results with those obtained from a similar model that did not use guidelines. The results provide support for the use of guidelines as a way for business process modeling quality improvement, and the practical utility of quality metrics in their evaluation.

Keywords: BPMN, business process modeling, pragmatic guidelines, quality metrics.

Introducción

En años recientes, la modelación de procesos de negocio ha devenido en un área de investigación cada vez más importante (Davis, Green, *et al.*, 2006) dentro de la modelación conceptual. Básicamente, sus objetivos son (Multamäki, 2002): a) mejorar la comprensión de una situación para que pueda comunicarse entre los inversionistas del negocio y b) usar el proceso como una herramienta para lograr las metas de un proyecto de desarrollo de procesos. En este trabajo se considera el ciclo de vida para un proceso de negocio, según Weske (Weske, 2007). Particularmente, se enfoca en la etapa de diseño y análisis, donde la actividad principal es la modelación del proceso y cuyo objetivo fundamental es capturar el esquema del negocio y los procedimientos generales (Cardoso, 2005). Los modelos conceptuales en esta etapa deben ser sobre todo intuitivos y fácilmente comprensibles para que faciliten la comunicación entre los inversionistas del negocio.

La modelación de procesos de negocio consiste en la descripción y visualización de los procesos por medio de un modelo que los represente de manera formal o informal o en la forma de un gráfico o diagrama. Este se considera una parte esencial para comprender y estructurar las actividades que una organización utiliza para lograr sus metas. Aunque la modelación de procesos de negocio tiene varios años de desarrollo, las investigaciones sobre los aspectos relacionados con su calidad son relativamente recientes (Mendling, Reijers, *et al.*, 2010). La calidad en la modelación de procesos de negocio puede definirse como “el cumplimiento de todas las propiedades deseables de un modelo para

satisfacer las necesidades de los usuarios del modelo” (Gable, *et al.*, 2005). Un número de criterios de calidad existen, por ejemplo comprensibilidad, aptitud para el uso, adopción, exactitud, solvencia, entre otras.

En la literatura se diferencian fundamentalmente cuatro flujos de trabajo relacionados con particularidades de calidad para los modelación conceptual de procesos (Mendling, Reijers, *et al.*, 2010): *frameworks* de calidad, propuestas prácticas para mejorar la modelación, métricas de calidad y experimentos empíricos relacionados con la práctica de la modelación. De estos, las directrices prácticas se inspiran y orientan hacia la mejora de la modelación de procesos de negocio en la industria. Ellas suponen su adopción tanto por académicos como por modeladores en el ejercicio diario de modelación de procesos de negocio.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del uso de directrices prácticas en la modelación del proceso de negocio “Gestión de la información para estudios de postgrado” en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) a través del uso de métricas de calidad y umbrales. El proceso de modelación ocurre de manera simultánea de dos formas diferentes. Por una parte se utilizan directrices prácticas encontradas en una revisión sistemática en la literatura y la otra modelación se lleva a cabo sin el uso de directrices prácticas y utilizando solamente el conocimiento del lenguaje de modelación BPMN (OMG, 2011) y del proceso de negocio a tratar. Posteriormente, para determinar las diferencias entre los modelos obtenidos se aplican métricas de calidad y se comparan entre sí los valores obtenidos en cada modelo. Luego, se comparan los resultados con los umbrales propuestos en (Mendling, Sánchez-González *et al.*, 2012) como referente para probabilidad de error, y con los umbrales definidos en (Sanchez-Gonzalez, Garcia *et al.*, 2010; Sánchez-González, García *et al.*, 2012) como referentes para comprensibilidad y capacidad de modificación de los modelos, sub-características de usabilidad y mantenimiento presentes en ISO 9126 (ISO/IEC, 2001).

Este artículo se encuentra estructurado de la siguiente forma. En la próxima sección se presentan las directrices prácticas, las métricas de calidad y los umbrales tomados como referentes en el desarrollo de este trabajo. A continuación, en la sección 3, se presentan los modelos obtenidos y su cuantificación a través de métricas de calidad. La sección 4 presenta el análisis y discusión de los resultados. La sección 5 concluye el artículo y plantea una continuidad en la investigación en el área enfocada.

Materiales y métodos

En esta sección se familiariza al lector con algunos conceptos fundamentales que son importantes para comprender el resto del artículo y se presenta la modelación del proceso de negocio de postgrado.

Directrices Prácticas

Se han propuesto directrices prácticas en diferentes escenarios y por diferentes autores por su usabilidad, su efectividad (Wand and Weber, 2002) y su bajo nivel de abstracción (Davies, Green *et al.*, 2006). El objetivo de estas es contribuir a una mejor calidad de los modelos de procesos de negocio. Las directrices encontradas en la literatura se refieren al logro de propiedades positivas deseables para cada modelo de proceso de negocio. De esta manera es posible agruparlas como sigue:

- Tamaño: El tamaño del modelo tiene efectos no deseados sobre la comprensión y la probabilidad de errores: mientras más grande es el modelo más difícil es su comprensión y existe una mayor probabilidad de error que en los modelos pequeños (Mendling, Reijers, *et al.*, 2010) (por ejemplo: use tan pocos elementos en el modelo como sea posible (Mendling, Reijers, *et al.*, 2010; Weber, Reichert *et al.*, 2011).
- Modularidad: La modularidad en los modelos de procesos de negocio consiste en la inclusión de subprocesos, lo cual trae consigo la disminución del tamaño del modelo que queda al más alto nivel, y el aumento de la profundidad del modelo en general. En la literatura se encuentran diversas directrices que guían al modelador en cuanto al número de elementos a partir del cual se debe introducir la modularidad en los modelos de procesos de negocio (por ejemplo: descomponga el modelo con más de 50 elementos (Mendling, Neumann *et al.*, 2007; Mendling, Reijers *et al.*, 2010), en ocasiones relacionadas con un lenguaje de modelación determinado.
- Estructuralidad: Se ha discutido como una directriz para evitar errores. Un modelo de proceso de negocio está estructurado si por cada compuerta divisoria existe una compuerta de unión respectiva del mismo tipo (Gruhn and Laue, 2007) (por ejemplo: modele tan estructurado como sea posible si ello no conlleva un incremento del número de compuertas (Dumas, La Rosa *et al.*, 2012).
- Complejidad: Uno de los desafíos relacionados con la creciente adopción de la modelación de procesos de negocio concierne al continuo aumento en la complejidad de los modelos de procesos de negocio (La Rosa, Ter Hofstede *et al.*, 2011). Según varios autores, existe una relación directa entre la complejidad de un modelo y la comprensión del mismo, y una relación inversa con la probabilidad de error (por ejemplo: haga el modelo tan simple como sea posible (Mendling, Reijers *et al.*, 2010; Weber, Reichert *et al.*, 2011)).

- Estilo de etiquetas: Una exploración de los estilos utilizados en las etiquetas en los modelos de procesos de negocio demostró la importancia que tienen en la comprensión del modelo (Ejemplo: etiqueta las actividades en la forma verbo en infinitivo seguido de sustantivo (Leopold, Smirnov *et al.*, 2010; Mendling, Reijers *et al.*, 2010; Weber, Reichert *et al.*, 2011). También se encuentran en la literatura otros aspectos relacionados con la longitud de las etiquetas y la uniformidad de las mismas (por ejemplo: use un estilo uniforme para las etiquetas (Briol, 2008).
- Representación visual: En el desafío de mejorar la comprensión de los modelos de procesos de negocio un aspecto de gran importancia es su representación visual. Varias directrices prácticas se refieren a la generalización y conceptualización de mecanismos existentes para cambiar la representación visual de un modelo de procesos (por ejemplo: diseñe su modelo con una distribución fina y extendida, en lugar de cuadrada (Davis, 2001; Reijers, Mendling *et al.*, 2011) , o mantenga los elementos de su modelo tan simétricos como sea posible (Mendling, Strembeck *et al.*, 2012).

Estas directrices se hallan dispersas en diferentes trabajos de investigación (Mendling, Reijers *et al.*, 2010) y algunas de ellas carecen de validación empírica. Sin embargo, varios autores concuerdan en que son un elemento importante para la mejora de la calidad en los modelos de procesos de negocio en la práctica de la modelación.

Métricas de Calidad

Las métricas ofrecen una cuantificación precisa considerando aspectos estructurales de un modelo de proceso de negocio, lo que a su vez es un paso importante hacia la mejora de calidad interna de los modelos de procesos de negocio (Sánchez-González, García *et al.*, 2010). La calidad interna de los modelos puede verse desde diversas aristas, y por ende, debe ser cuantificada con más de una métrica para obtener la mayor cantidad de información posible de un modelo dado. Para determinar las diferencias entre los dos modelos de procesos de negocio desarrollados como parte de este trabajo, se adaptó el conjunto de métricas definidas formalmente en (Mendling, 2008; Sánchez-González, García *et al.*, 2012) a modelos en el lenguaje BPMN. Estas métricas se encuentran clasificadas dentro de cinco grupos. De cada grupo se listan aquellas que son de interés en este trabajo.

- Métricas de tamaño: cuantifican los diferentes elementos del modelo de proceso de negocio.
 - Nodos: cantidad de elementos.
 - Eventos: cantidad de eventos.

Eventos de inicio: cantidad de eventos de inicio.

Eventos de fin: cantidad de eventos de fin.

Compuertas: cantidad de elementos de ruteo.

Arcos: cantidad de arcos.

- Densidad: incluye aquellas métricas que relacionan el número de nodos con el número de arcos del modelo.
Densidad: razón entre el número total de arcos y el número máximo teórico de arcos (es decir, si todos los nodos estuviesen directamente conectados).
Coeficiente de conectividad: razón del número total de arcos y el número total de nodos.
Grado promedio de las compuertas: número promedio de arcos entrantes y salientes de las compuertas.
Grado máximo de las compuertas: suma máxima de arcos entrantes y salientes de las compuertas.
- Modularidad: incluye las métricas que cuantifican aquellos aspectos de un modelo de proceso de negocio que conciernen a la interrelación de sus subcomponentes con el modelo global.
Separabilidad: razón del número de vértices de corte (es decir, nodos que al separarse del modelo provocan la aparición de dos modelos totalmente separados) dividido por el número total de nodos en el modelo de procesos de negocio.
Secuencialidad: grado en el cual el modelo se construye como una secuencia pura de tareas.
- Conectividad: presenta métricas relacionadas con los conectores de un modelo y su interacción.
Incongruencia de las compuertas: suma de los pares de compuertas que no concuerdan, por ejemplo cuando una compuerta de división paralela se sigue por una compuerta de unión inclusiva.
Heterogeneidad de las compuertas: define la medida en la cual se utilizan tipos diferentes de compuertas.
Complejidad de flujo de control: captura una suma ponderada de todos los conectores.
Indicador de complejidad de compuertas (GCI): ofrece un indicador general de la complejidad de las compuertas usando una suma ponderada.
- Ciclicidad y concurrencia: incluye métricas relacionadas con las partes cíclicas de un modelo.
Ciclicidad: brinda la relación del número de nodos en un ciclo con respecto al número total de nodos.
División de señal: cuantifica los caminos concurrentes que necesitan sincronizarse.

Umbrales

Con el propósito de contribuir a una mejor aplicación y estimación de las métricas, algunos autores han identificado valores de umbrales relevantes que permitan distinguir diferentes niveles de calidad en los modelos de procesos de

negocio. Estos posibilitan determinar cuándo los valores obtenidos al aplicar las métricas de calidad son aceptables o no. Es por ello que se hace necesario considerar los valores de umbrales con el objetivo de indicar para qué valor específico el valor obtenido de la métrica comienza a declinar.

En (Mendling, Neumann *et al.*, 2007; Mendling, Sánchez-González *et al.*, 2012) se hacen experimentos para determinar los valores de umbrales que previenen contra la probabilidad de errores en modelos de procesos de negocio. Se dice que un modelo posee mayor probabilidad de contener errores al sobrepasar los umbrales propuestos con este fin. En la Tabla 1 se muestran los valores de umbrales correspondientes con la probabilidad definidos en (Mendling, Sánchez-González *et al.*, 2012).

Tabla 1. Umbral para determinar la probabilidad de error en los modelos de procesos de negocio.

Tamaño				Modularidad			
Nodos	31.5	Ev. Fin	2.5	Separabilidad	0.49	Secuencialidad	0.21
Ev. Inicio	2.5			Conectividad			
Densidad				Incong. Comp.	4.5	CFC	4.5
Densidad	0.033	G. Máx. Comp.	3.5	Het. Comp.	0.4		
Coef. Conn.	1.021			Ciclicidad y Concurrencia			
G. Prom. Comp	3.5			Ciclicidad	7.5	Div. Señal	7.5

* Los valores para separabilidad y secuencialidad deben ser mayor que el umbral indicado para una menor probabilidad de error.

Por otra parte, el trabajo de Sánchez-González *et al.* (2010) ofrece cuatro rangos para la clasificación de la calidad de los modelos de procesos en cuanto a su comprensión y capacidad de modificación. Una propuesta para la definición de umbrales para métricas de complejidad de compuertas, también agrupadas por rangos, se puede encontrar en (Sánchez-González, García *et al.*, 2012). La Tabla 2 muestra estos valores de umbrales. En aquellos casos en que se superpusieron los valores de umbrales, se seleccionaron los umbrales propuestos en (Sánchez-González, García *et al.*, 2012).

Tabla 2. Umbrales para determinar la calidad de los modelos de procesos de negocio en cuanto a comprensión y capacidad de modificación.

Comprensión						
		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
Tamaño	Nodos	(65, ∞]	(50,65]	(37,50]	(31,37]	[0,31]
	Eventos	(20, ∞]	(12,20]	(7,12]	(2,7]	[0,2]
	Compuertas	(22, ∞]	(18, 22]	(12, 18]	(9,12]	[0,9]
	Arcos	(72, ∞]	(49,72]	(34,49]	(20,34]	[0,20]
Densidad	Coef. Con.	(1.7, ∞]	(1.1,1.7]	(0.6,1.1]	(0.4,0.6]	[0,0.4]
	G. Prom. Comp	(4.18, ∞]	(4.06,4.18]	(3.83,4.06]	(3.67,3.83]	[0,3.67]
	G. Máx. Comp.	(9, ∞]	(7,9]	(5,7]	(4,5]	[0,4]
Modularidad	Secuencialidad	[0,0.1]	(0.1,0.35]	(0.35,0.6]	(0.6,0.7]	(0.7, ∞]
Conectividad	Incong. Comp.	(20, ∞]	(15,20]	(6,15]	[0,6]	-
	Het. Comp.	(0.94, ∞]	(0.92,0.94]	(0.79,0.92]	(0.62,0.79]	[0,0.62]
	CFC	(51, ∞]	(37,51]	(22,37]	(13,22]	[0,13]
	GCI	(18.9, ∞]	(14.5,18.9]	(8.77,14.5]	(6.422, 8.77]	[0,6.42]
Capacidad de Modificación						
Tamaño	Compuertas	(18, ∞]	(16, 18]	(12,16]	[0,12]	-
Densidad	Densidad	(0.6, ∞]	(0.22,0.6]	(0.0013,0.22]	(0,0.0013]	[0,0]
	G. Prom. Comp	(4.06, ∞]	(3.88,4.06]	(3.83,3.88]	[0,3.83]	-
	G. Máx. Comp.	-	(7, ∞]	(5,7]	[0,5]	-
Modularidad	Secuencialidad	[0,0]	(0,0.18]	(0.18,0.6]	(0.6,0.86]	(0.86, ∞]
Conectividad	Incong. Comp.	-	(15, ∞]	(6,15]	[0,6]	-
	Het. Comp.	(0.92, ∞]	(0.86,0.92]	(0.79,0.86]	[0,0.79]	-
	CFC	(37, ∞]	(31,37]	(22,31]	[0,22]	-
	GCI	(14.5, ∞]	(13.05,14.5]	(8.77,13.05]	[0, 8.77]	-

Modelación y evaluación del Proceso de “Gestión de la información para estudios de postgrado”

El modelo de proceso de negocio de “Gestión de la información para estudios de postgrado” establece las bases para la gestación, planeación y desarrollo de las distintas modalidades de postgrado de la categoría de superación

profesional (Diplomados, Cursos y Entrenamientos). Para su modelación se tomaron en consideración las reglamentaciones, instrucciones y definiciones establecidas en el Departamento de Postgrado de la UCLV. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra un fragmento del modelo de proceso de negocio para la gestación y aprobación de programas de diplomado obtenido a través de las directrices prácticas de modelación (D1-G). La Figura 2 muestra un fragmento del correspondiente modelo creado sin ayuda de directrices prácticas de modelación (D1). Además de estos modelos, para la superación del profesional en la UCLV como resultado de este trabajo, se modelaron los procesos de negocio para la gestación y aprobación de nuevos cursos y entrenamientos con y sin directrices (D2-G y D2, respectivamente) y para la matrícula y ejecución de estudios de postgrado con y sin directrices (D3-G y D3, respectivamente).

Los modelos D1-G y D1 representan la misma lógica del negocio, sin embargo, D1-G posee una estructura fina y alargada, con poco cruzamientos de líneas, lo que beneficia la comprensión por parte de los usuarios, según (Schrepfer, Wolf *et al.*, 2009). Por otra parte, el modelo realizado sin la ayuda de directrices prácticas (D1) posee una estructura cuadrada, y las líneas se entrecruzan en mayor grado, lo que dificulta la comprensión de ese modelo. En cuanto al estilo de etiquetado, D1-G contiene etiquetas cortas y de manera uniforme se siguió el estilo de etiquetado verbo-objeto. En cambio, en D1 no hay uniformidad en las etiquetas y el largo de las mismas no es favorable para la comprensión por parte de los usuarios del negocio, según (Reggio, Leotta *et al.*, 2011). Estas diferencias entre D1-G y D1 aparecen también en los restantes modelos obtenidos como parte de este trabajo.

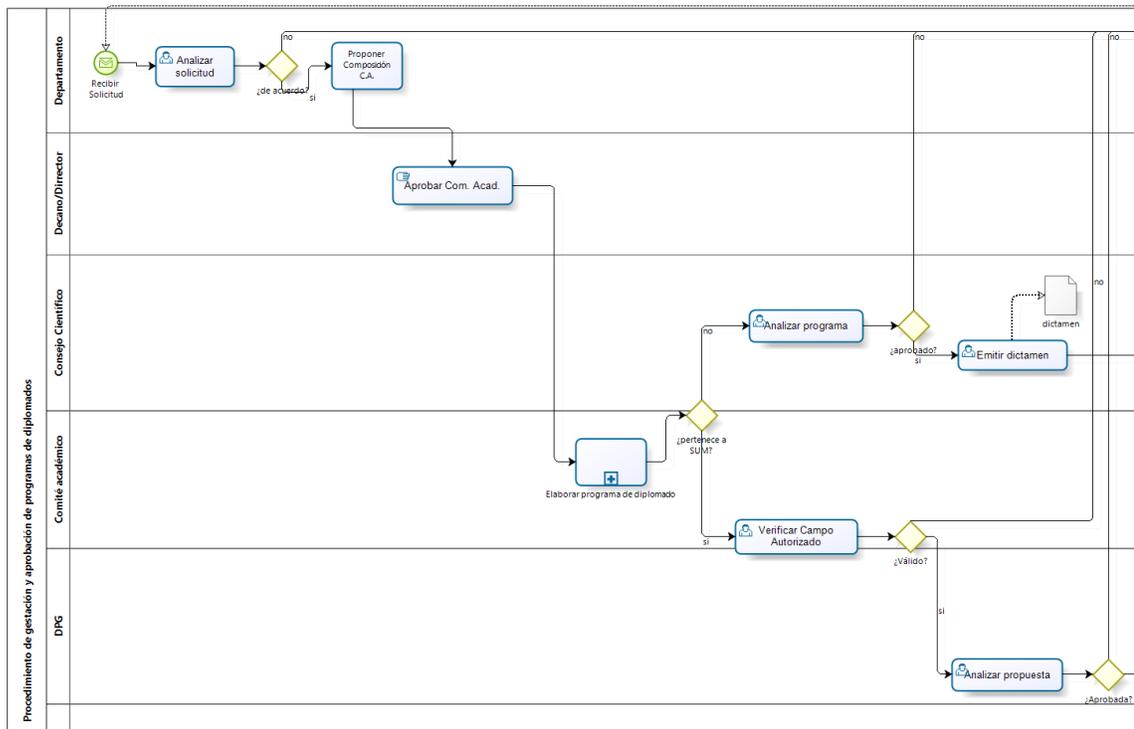


Figura 1. Fragmento del modelo para gestión y aprobación de programas de diplomados siguiendo directrices prácticas (D1-G).

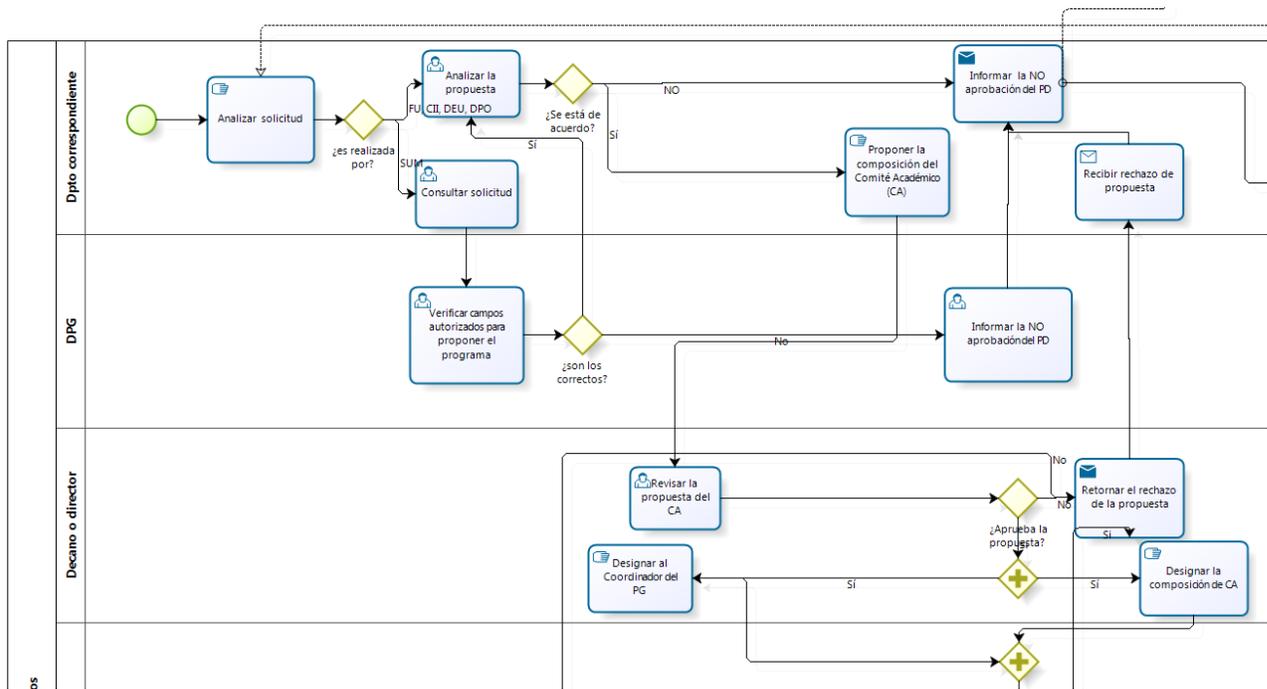


Figura 2. Fragmento del modelo para gestación y aprobación de programas de diplomados (D1).

Al aplicar las métricas de calidad presentadas en la sección anterior a los modelos del proceso de negocio de “Gestión de la información para estudios de postgrado”, se obtienen los valores que se muestran en la Tabla 3. En esta tabla se señalan los valores que sobrepasan el umbral de probabilidad de error.

Tabla 3. Valores de métricas para los modelos de superación del profesional.

	Métrica	Valores para modelos guiados				Valores para modelos no guiados			
		D1S-G Subp.	D1-G	D2-G	D3-G	D1S Subp.	D1	D2	D3
Tamaño	Nodos	13	28	13	35*	14	51*	15	50*
	Eventos	2	3	2	4	4	4	2	5
	Compuertas	4	8	2	9	4	13	1	7
	Arcos	14	33	14	39	16	63	15	57
	Eventos de Inicio	1	2	1	1	1	1	1	1
	Eventos de Fin	1	2	1	1	2	1	1	1
Densidad	Densidad	0.090*	0.044*	0.090*	0.033	0.088*	0.024	0.071*	0.023

	Coef. Con.	1.077*	1.222*	1.077*	1.114*	1.143*	1.235*	1.000	1.140*
	G. Prom. Comp	2.500	2.875	3.000	2.556	3.250*	3.000	3.000	3.143*
	G. Max. Comp	3	3	3	3	4*	4*	3	4*
Modularidad	Separabilidad	0.000*	0.320*	0.182*	0.152*	0.000*	0.041*	0.231*	0.021*
	Secuencialidad	0.214	0.333	0.571	0.410	0.375	0.429	0.800	0.632
Conectividad	Incong. Comp.	0	12*	4	2	6*	22*	2	12*
	Het. Comp.	0	0	0	0	0.329	0.329	0	0
	CFC	4	14*	4	10*	8*	23*	2	14*
	GCI	2.224	6.184	2.481	3.827	3.996	9.265	1.773	6.049
Ciclicidad y conurrencia	Ciclicidad	0	0.185*	0	0	0	0.412*	0	0.160*
	Div. Señal	1	2	0	0	1	1	0	0

* Valores que sobrepasan el umbral de probabilidad de error.

Resultados y discusión

Luego de aplicar las métricas seleccionadas a los modelos de procesos de negocio de “Gestión de la información para estudios de postgrado” se observan diferencias entre los valores obtenidos para cada modelo. Los valores de umbrales permiten distinguir diferentes niveles de calidad en los modelos de procesos. Este trabajo se enfoca en la calidad de los modelos en cuanto a la probabilidad de error, por una parte, y la calidad en cuanto a la comprensión y capacidad de modificación, por la otra. A continuación se presenta el análisis de los resultados de acuerdo a los valores de umbral.

Probabilidad de error

Primeramente se analiza la calidad de los modelos obtenidos en cuanto a la probabilidad de error. Los umbrales considerados en esta sección permiten discernir cuáles modelos poseen alta o baja probabilidad de error. De acuerdo a estos, el 51.42% de los modelos no guiados y el 41.42% de los modelos guiados poseen alta probabilidad de error.

Al subdividir los valores obtenidos dentro de las diferentes categorías es posible apreciar que para las métricas de tamaño, de densidad, de conectividad y de ciclicidad y conurrencia, se obtuvieron mejores resultados para los valores de las métricas de los modelos que utilizaron directrices prácticas durante su creación. Los modelos no guiados sobrepasaron los umbrales de probabilidad de error en mayor número de ocasiones que los modelos guiados en cada una de estas categorías. Para las métricas de modularidad, los resultados fueron similares para ambos tipos de modelos (ver Figura 3).

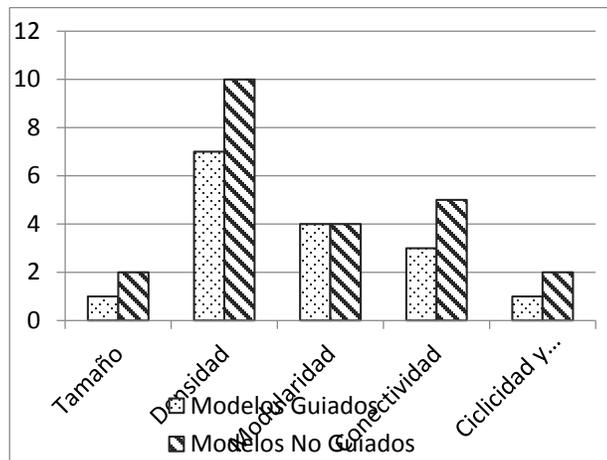


Figura 3. Sobrepasso del umbral de probabilidad de error para cada grupo de métricas.

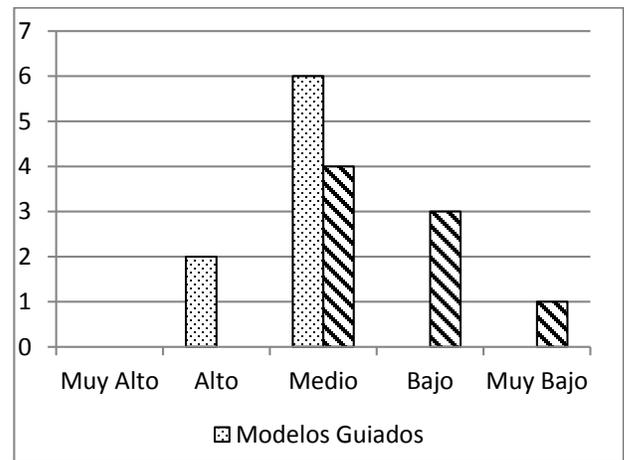
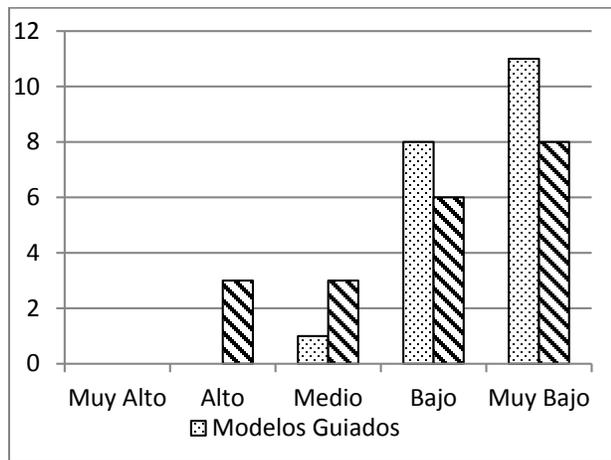
Comprensión y capacidad de modificación

Al analizar los resultados en términos de comprensión y capacidad de modificación se encontraron los siguientes resultados. Respecto a las métricas de tamaño, tres de los valores obtenidos para los modelos no guiados son altos para comprensión y capacidad de modificación, lo que indica dificultad para comprender o modificar estos modelos según (Sánchez-González, García *et al.*, 2012) (véase la Figura 4-a).

Para las métricas de densidad, no se observan diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los dos tipos de modelos. Se obtuvieron resultados poco satisfactorios para coeficiente de conectividad. Dos de los modelos guiados y tres de los no guiados resultaron con alta dificultad para comprensión y modificación de acuerdo a los umbrales. Los restantes valores para las métricas de densidad fueron similares y aceptables para ambos tipos de modelos.

De acuerdo a las métricas de modularidad, se obtuvieron resultados más desfavorables para los modelos guiados. La secuencialidad del modelo guiado D1-G y del subproceso D1S-G indican que es un modelo difícil de comprender. Por otra parte los modelos no guiados resultaron mejores en este sentido, como se muestra en la Figura 4-b.

Un resultado diferente se obtuvo para las métricas de conectividad, donde se aprecian mejores resultados para los modelos guiados. Específicamente para la métrica incongruencia de los conectores el modelo no guiado D1 es muy difícil de comprender y difícil de modificar de acuerdo a los umbrales.



a)

b)

Figura 4. Relación entre métricas de tamaño (a) y modularidad (b) con umbrales para comprensión y capacidad de modificación de los modelos de procesos de negocio.

Para comprobar los resultados obtenidos y determinar si las diferencias encontradas en los distintos grupos de métricas son significativas, se aplicó la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. Para las métricas de tamaño Sig. Exacta bilateral (p) obtuvo un valor de 0.016 por lo que se rechaza la hipótesis fundamental de igualdad, luego existen diferencias significativas. De manera similar, se encontraron diferencias significativas para las métricas de conectividad ($p=0.002$) y de modularidad ($p=0.02$). En cuanto a las métricas de densidad se corroboró la no existencia de diferencias significativas.

Conclusiones

Este trabajo tiene como objetivo contribuir al desarrollo del campo de investigación relacionado con la calidad en los modelos de procesos de negocio a nivel conceptual. Para ello, se aplicaron directrices prácticas en la modelación del proceso de negocio de “Gestión de la información para estudios de postgrado” en la UCLV. Posteriormente, se aplicaron métricas de calidad para determinar qué características del modelo se beneficiaron con la aplicación de las directrices.

Primeramente, la apariencia visual de los modelos guiados fue favorecida a partir del uso de las directrices prácticas.

A partir de la comparación de los resultados obtenidos en la aplicación de las métricas a los modelos y tomando como referencia umbrales propuestos en la literatura, es posible concluir que las directrices prácticas tuvieron una influencia positiva sobre el tamaño, la densidad, la conectividad y la ciclicidad y concurrencia de los modelos en términos de probabilidad de error. Respecto a los umbrales de probabilidad de error las métricas de modularidad no obtuvieron diferencias significativas. Por otra parte, en términos de comprensibilidad y capacidad de modificación de los modelos, se obtuvieron resultados favorables para las métricas de tamaño y conectividad en los modelos que usaron directrices durante su creación, lo que se corroboró al aplicar la prueba de Wilcoxon. Para las métricas de densidad no hubo diferencias significativas. Finalmente, la aplicación de métricas de modularidad arrojó peores resultados para los modelos guiados que para los que no lo fueron en cuanto a comprensibilidad y capacidad de modificación. De aquí que sea posible afirmar que el uso de las directrices prácticas existentes no garantiza el beneficio de todas las características de los modelos de procesos de negocio, específicamente aquellas relacionadas con la densidad y modularidad de los modelos.

Como trabajo futuro se plantea repetir el ejercicio como un experimento controlado y valorar la inclusión otras métricas de calidad que contribuyan a una mejor evaluación de los resultados obtenidos. Además, se propone como trabajo futuro la creación de un conjunto de directrices prácticas que permita la obtención de modelos de procesos de negocio de alta calidad, que contribuya a la mejora de todas las características deseables en los modelos de procesos de negocio para que la aplicación de las métricas ofrezca siempre resultados positivos en los modelos guiados.

Finalmente, una idea es continuar el trabajo que relaciona las directrices prácticas de modelación y las métricas de calidad como un paso hacia la mejora de la calidad de los modelos de procesos de negocio.

Referencias

- BANDARA, W., G. G. GABLE, *et al.* Factors and Measures of Business Process Modelling: Model Building Through a Multiple Case Study. *European Journal of Information Systems*, 2005, 14(4): 347-360.
- BRIOL, A. BPMN, The Business Process Modeling Notation Pocket Handbook. *Bpms Watch* 2008.
- CARDOSO, J. How to Measure the Control-flow Complexity of Web Processes and Workflows. *Workflow Handbook*. L. FISCHER, 2005, 199–212.

- DAVIES, I., P. GREEN, *et al.* How do Practitioners Use Conceptual Modeling in Practice? *Data Knowl. Eng.*, 2006, 58(3): 358-380.
- DAVIS, R. *Business Process Modelling with Aris: A Practical Guide.* Springer., 2001.
- DUMAS, M., M. LA ROSA, *et al.* Understanding Business Process Models: The Costs and Benefits of Structuredness. *Advanced Information Systems Engineering.*
- GRUHN, V. and R. LAUE. What Business Process Modelers Can Learn From Programmers. *Science of Computer Programming*, 2007, 65(1): 4-13.
- ISO/IEC (2001). *Software Engineering - Product Quality - Part 1: Quality Model.* 9126-1. 2001.
- J. RALYTÉ, X. FRANCH, S. BRINKKEMPER and S. WRYCZA, Springer Berlin Heidelberg, 2012, 31-46.
- LA ROSA, M., A. H. M. TER HOFSTEDÉ, *et al.* Managing Process Model Complexity Via Concrete Syntax Modifications. *Ieee Transactions on Industrial Informatics*, 2011, 7(2): 255-265.
- LEOPOLD, H., S. SMIRNOV, *et al.* Refactoring of Process Model Activity Labels. *Natural Language Processing and Information Systems.* C. J. HOPFE, Y. REZGUI, E. METAIS, A. PREECE and H. J. LI, 2010, 268-276.
- MENDLING, J. Metrics for Process Models: Empirical Foundations of Verification, Error Prediction, and Guidelines for Correctness. Place, Published, Springer, 2008. 117-128
- MENDLING, J., G. NEUMANN, *et al.* Understanding the Occurrence of Errors in Process Models Based on Metrics. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: Coopls, Doa, Odbase, Gada, and Is, Pt 1, Proceedings.* R. MEERSMAN and Z. TARI. Vilamoura, PORTUGAL, 2007, 113-130.
- MENDLING, J., H. A. REIJERS, *et al.* Activity Labeling in Process Modeling: Empirical Insights and Recommendations. *Information Systems*, 2010, 35(4): 467-482.
- MENDLING, J., H. A. REIJERS, *et al.* Seven Process Modeling Guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*, 2010, 52(2): 127-136.
- MENDLING, J., L. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, *et al.* Thresholds for Error Probability Measures of Business Process Models. *Journal of Systems and Software*, 2012, 85(5): 1188-1197.

- MENDLING, J., M. STREMBECK, *et al.* Factors of Process Model Comprehension-Findings from a Series of Experiments. *Decision Support Systems*, 2012, 53(1): 195-206.
- MULTAMÄKI, M. Objective-Driven Planning of Business Process Modeling, Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki University of Technology. 2002.
- OMG (2011). Business Process Model and Notation (BPMN) Version 2.0, OMG: 145-308.
- REGGIO, G., M. LEOTTA, *et al.* Precise is Better Than Light - A Document Analysis Study About Quality of Business Process Models. En *Proceedings de 2011 First International Workshop on Empirical Requirements Engineering*, 2011.
- REIJERS, H. A., J. MENDLING, *et al.* Human and Automatic Modularizations of Process Models to Enhance their Comprehension. *Information Systems*, 2011, 36(5): 881-897.
- SANCHEZ-GONZALEZ, L., F. GARCIA, *et al.* Quality Assessment of Business Process Models Based on Thresholds. *On the Move to Meaningful Internet Systems: Otm 2010*.
- Pt I. R. MEERSMAN, T. DILLON and P. HERRERO. Hersonissos, GREECE, 2010, 78-95.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., F. GARCÍA, *et al.* Prediction of Business Process Model Quality Based on Structural Metrics. *Proceedings 29th International Conference on Conceptual Modeling - ER 2010*, 2010.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., F. GARCÍA, *et al.* Quality Indicators for Business Process Models from a Gateway Complexity Perspective. *Information & Software Technology*, 2012, 54(11): 1159-1174.
- SCHREPFER, M., J. WOLF, *et al.* The Impact of Secondary Notation on Process Model Understanding. En *Proceedings de The Practice of Enterprise Modeling, Working Conference*, Stockholm, Sweden, 2009.
- WAND, Y. and R. WEBER. Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modelling—a Research Agenda. *Information Systems Research*, 2002, 13(4): 363–376.
- WEBER, B., M. REICHERT, *et al.* Refactoring Large Process Model Repositories. *Computers in Industry*, 2011, 62(5): 467-486.

- WESKE, M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Place, Published, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.