

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Facultad Matemática, Física y Computación

Licenciatura en Ciencia de la Computación



## Trabajo de Diploma

*Estudio sobre el efecto de directrices prácticas en la calidad de modelos de procesos de negocio.*

---

**Autor:** Claudia de la Caridad Noriega Cadierno

**Tutor:** MSc. Isel Moreno Montes de Oca

Dra. Gladys Casas Cardoso

Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 2015



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas como parte de la culminación de los estudios de la especialidad de Ciencia de la Computación, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos ni publicado sin la autorización de la Universidad.

---

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

---

Firma del tutor

---

Firma del jefe del  
Laboratorio

## *Dedicatoria*

*A las personas que más amo en este mundo:*

*A mis padres por siempre estar ahí para mí, por apoyarme, comprenderme, ayudarme a cumplir todos mis sueños y ser el mejor regalo que Dios pudo darme.*

*A mi niña linda, la luz de mis ojos, mi hermana Gabriela.*

*A mi novio por su paciencia, por ser un ejemplo de superación y entrega para mí y por darme fuerzas cada día para seguir adelante.*

*A mis abuelos por cuidarme siempre.*

*A mis compañeros de aula, por ayudarme cuando más lo necesitaba.*

*A todas aquellas personas que formaron parte de mi vida durante estos años de estudio y que de una forma u otra aportaron un granito de arena para hacer de esta etapa de mi vida una experiencia inolvidable.*

## *Agradecimientos*

*A Dios por escuchar todas mis oraciones.*

*A toda mi familia, en especial a mis padres por amarme tanto.*

*A mis tutoras Isel y Gladita por su paciencia y su constante supervisión.*

## **Resumen**

Un factor importante para alcanzar el éxito y lograr un mejor rendimiento empresarial es la creación de modelos de procesos de negocio con buena calidad. Las mejoras incorporadas a estos modelos evitan la propagación de errores y deficiencias a etapas posteriores del desarrollo de un sistema de información. En este sentido, las directrices prácticas representan una guía determinante para garantizar la calidad en los modelos, pues están enfocadas como consejos prácticos dirigidos fundamentalmente a modeladores con poca experiencia. En este trabajo se formula un conjunto refinado y consistente de directrices prácticas para modelos en BPMN, donde, a partir de la aplicación de un experimento empírico basado en el Modelo de Evaluación de Métodos, se puede conocer la efectividad de las directrices y cuán importantes y útiles resultan. Para ello se proponen dos ejercicios de modelación y se evalúan a partir de métricas de calidad, un antes y un después en los modelos. Los resultados demuestran que con la aplicación de las directrices se observa una mejora en los modelos en cuanto a probabilidad de error, comprensión y capacidad de modificación. Además, como parte del material experimental se aplicó una encuesta para conocer la facilidad de uso, la utilidad percibida y la intención de uso por parte de los participantes del experimento. Los resultados revelan la relación existente entre estos factores y cómo influyen sobre las directrices reformuladas, así como las “mejores y peores directrices”.

## **Abstract**

An important factor to achieve the top and obtain a better business performance is the creation of business process models with good quality. The improvements incorporated into these models avoid the propagation of errors and deficiencies in later stages of development of an information system. In this sense, practical guidelines represent a decisive guide to guarantee the quality in models, since they are focused as practical advice fundamentally directed to modelers with little experience in the field. In this paper it's formulated a refined and consistent set of practical guidelines for models at BPMN, where from the application of an empirical experiment based on the Model Evaluation Methods, it can determine the effectiveness of the guidelines and how important and useful result. For this, two modeling exercises are proposed and evaluated based on quality metrics before and after models. The results show that with the implementation of the guidelines an improvement is observed in models regarding probability of error, understanding and ability to change. In addition as part of the experimental material one inquest it was applied to determine the ease of use, perceived usefulness and intention to use by participants of the experiment. The results show the relationship between these factors and how they influence about the reformulated guidelines, as well as the "best and worst guidelines".

# Contenido

Introducción .....	1
1.1 Proceso de negocio.....	5
1.2 Gestión de procesos de negocio .....	5
1.3 Importancia de BPM .....	6
1.4 Modelación de procesos de negocio.....	6
1.5 Lenguajes para la modelación de procesos de negocio .....	8
1.5.1 BPMN .....	8
1.5.2 Elementos gráficos de BPMN .....	9
1.6 Calidad de modelos de procesos de negocio .....	9
1.6.1 Framework .....	10
1.6.2 Métricas de calidad.....	12
1.6.3 Propuestas para mejorar la práctica de la modelación.....	14
1.7 Modelo de Evaluación de Métodos .....	14
1.8 Conclusiones parciales .....	15
2.1 Metodología .....	17
2.1.1 Clasificación de las métricas de calidad.....	18
Tamaño.....	18
Densidad.....	19
Modularidad .....	20
Conectividad .....	20
Ciclicidad y concurrencia.....	22
2.1.2 Umbrales .....	22
2.1.3 Análisis de las directrices prácticas.....	23
Tamaño.....	24
Morfología.....	35
Representación Visual.....	41
Estilo de Etiquetas.....	42
2.2 Nuevo conjunto de directrices prácticas.....	42
2.3 Conclusiones parciales .....	46

CAPÍTULO 3: PRUEBA EMPÍRICA DEL CONJUNTO DE DIRECTRICES .....	48
3.1 Evaluación del conjunto de directrices prácticas.....	48
3.1.1 Pragmatismo metodológico.....	48
3.1.2 Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) .....	48
3.1.3 Modelo de Evaluación de Métodos (MEM).....	49
3.2 Diseño del experimento.....	50
3.2.1 Participantes .....	50
3.2.2 Tratamiento experimental.....	51
3.2.3 Tareas experimentales .....	51
3.2.4 Variable dependientes .....	52
3.3 Modelo teórico .....	53
3.4 Análisis e interpretación de los datos en cuanto a efectividad .....	54
3.4.1 Presencia de problemas .....	54
3.4.2 Probabilidad de error.....	55
3.4.3 Comprensión y Capacidad de modificación.....	57
3.4.4 Comparación general de las métricas de calidad.....	58
3.4.5 Análisis cualitativo de dos directrices .....	58
3.5 Análisis e interpretación de los datos en cuanto a la Facilidad de uso percibida, la Utilidad percibida y la Intención de uso .....	59
3.5.1 Validación del instrumento de medición.....	59
3.5.2 Prueba de significación .....	60
3.5.3 Percepción de las directrices .....	60
3.5.4 Relaciones entre las variables Facilidad de uso percibida, Utilidad percibida e Intención de uso.....	63
3.6 Directrices más importantes .....	64
3.7 Conclusiones parciales .....	65
COCLUSIONES .....	66
RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	68
ANEXOS.....	71

## Lista de Figuras

Figura 1: Componentes de una técnica de modelación .....	7
Figura 2: Actividad duplicada .....	25
Figura 3: Eventos de inicio duplicados.....	26
Figura 4: Eventos de fin duplicados .....	26
Figura 5: Eventos intermedios duplicados.....	27
Figura 6: Fragmentos duplicados .....	27
Figura 7: Elementos innecesarios .....	28
Figura 8: Reducción de eventos de inicio a).....	29
Figura 9: Reducción de eventos finales .....	30
Figura 10: Inclusión de un evento de inicio .....	31
Figura 11: Inclusión de evento de fin .....	31
Figura 12: Arcos de salida .....	33
Figura 13: Ejemplo de compuerta con comportamiento de unión y división.....	34
Figura 14: Reducción del número de eventos .....	34
Figura 15: Sustitución de compuertas de inicio y fin .....	35
Figura 16: Corrección de paralelismo .....	36
Figura 17: Reglas de macheo para las compuertas.....	38
Figura 18: Patrones para la reducción de compuertas inclusivas .....	40
Figura 19: Ejemplo de modelo desorganizado .....	41
Figura 20: Modelo de Evaluación de Métodos.....	50
Figura 21: Diseño experimental .....	51
Figura 22: Modelo teórico .....	53
Figura 23: Sobrepaso del umbral para cada una de las métricas .....	56
Figura 24: Relación de las métricas de tamaño con umbrales para comprensión y capacidad de modificación	57
Figura 25: Análisis cualitativo para D3a .....	59
Figura 26: Modelo de investigación basado en TAM. ....	64

## Lista de Tablas

Tabla 1: Umbrales para probabilidad de error.....	22
Tabla 2: Umbrales para comprensión y capacidad de modificación.....	23
Tabla 3: Chequeo de errores frecuentes.....	43
Tabla 4: Directrices prácticas reformuladas.....	44
Tabla 5: Fiabilidad del instrumento para cada construcción.....	60
Tabla 6: Resultados <i>Prueba-t</i> para una muestra.....	60
Tabla 7: Promedio, moda y mediana para cada directriz.....	61
Tabla 8: Mejores y peores resultados para PUE, PU e I.....	63

## Introducción

La globalización y el incremento de la competencia son factores que en los últimos años han llevado a que las organizaciones se centren en mejorar la gestión de sus procesos de negocio, es decir, aquellos procesos que directamente generan valor para la organización con el fin de poder lograr un mejor rendimiento empresarial. En la sociedad cambiante de hoy en día, el éxito depende de cuán bien se gestione una de las principales y más importantes etapas del ciclo de vida de los procesos de negocio: la etapa de análisis de requisitos del problema. Esta fase incluye la modelación, diseño, simulación y rediseño de procesos, y también supone la definición de medidas que ayuden a los analistas de negocio a reestructurar rápidamente los procesos (Rolón-Aguilar, 2009) en respuesta a los requerimientos de la empresa.

Desde las décadas de 1970 y 1980, el modelado conceptual es un área de investigación principal en el campo de Ingeniería de Software. La motivación principal para llevar a cabo la modelación conceptual y específicamente la modelación de procesos de negocio consiste en reducir las posibilidades de desarrollar errores de requisitos en las primeras fases del desarrollo de los sistemas de información (Mendling et al., 2010).

La modelación de procesos de negocio consiste en describir y visualizar los procesos mediante un modelo que los represente ya sea de una manera formal o informal, o mediante un diagrama o gráfico<sup>1</sup> (Rolón-Aguilar et al.). Esta reporta grandes beneficios y usos en el competitivo mundo empresarial, tales como el soporte a la reingeniería de procesos, la simulación, o servir como base para el desarrollo de sistemas que automatizan dichos procesos. Todo esto proporciona altísimos ahorros en costes y reducciones importantes en el tiempo de servicios a los clientes. Adicionalmente, las mejoras incorporadas en los modelos de procesos de negocio ayudan a prevenir la propagación de errores y deficiencias a etapas posteriores. De ahí que sea de gran importancia una buena calidad en los modelos, sobre todo en grandes proyectos de modelación, donde es imprescindible que se adopten medidas eficaces de calidad, ya que varios estudios empíricos han demostrado que una de las principales causas del fracaso en el desarrollo de un sistema es la ocurrencia de errores de requisitos en etapas tempranas. Esto sugiere que sea más efectivo concentrar los esfuerzos en la etapa de análisis de requisitos para el aseguramiento de la calidad (Moody, 2005).

Para la obtención de modelos con mayor calidad, un aspecto fundamental son las directrices prácticas, las cuales en el pasado han demostrado ser un método exitoso para mejorar la legibilidad del código fuente (Eichelberger and Schmid, 2009). Con el creciente éxito de los lenguajes de especificación tales como BPMN (Notación para la Modelación de Procesos de negocio), se necesitan directrices prácticas de modelación, no sólo para minimizar la ocurrencia de errores, sino también con vistas a mejorar la comprensibilidad y legibilidad de los diagramas (Eichelberger and Schmid, 2009). Las directrices

---

<sup>1</sup> A pesar de que existen autores que diferencian los términos modelo, diagrama y gráfico, en esta tesis se utilizan indistintamente los términos modelo y diagrama para hacer referencia a la documentación gráfica explícita de un proceso de negocio.

constituyen una fuente de fácil acceso y entendimiento mediante la cual se puede incrementar la calidad del modelo desde el inicio del proceso de modelación (Pérez-Santiago, 2014).

Hasta la fecha existen varios estudios (Eichelberger and Schmid, 2009, Mendling et al., 2010, Pérez-Santiago, 2014) relacionados con la calidad en los modelos de procesos de negocio y específicamente con las directrices de modelación. En (Eichelberger and Schmid, 2009) se propone un estudio sobre la calidad de los modelos UML desde el punto de vista de la visualización, percepción y comprensión. Por otra parte, el trabajo de (Pérez-Santiago, 2014) define un nuevo conjunto de directrices prácticas para mejorar los modelos de procesos de negocio a nivel conceptual y a partir de la aplicación de un experimento controlado, los resultados sugieren reducir el conjunto a uno más refinado y consistente y mejorar aspectos como la densidad para alcanzar una mejor comprensibilidad y capacidad de modificación en los modelos.

En esta investigación, a partir de un análisis de la literatura (Moreno-Montes de Oca et al., 2014), se obtuvo un amplio conjunto de directrices prácticas. Un problema vigente es que este conjunto es muy amplio y no se encuentra formulado de acuerdo a ningún patrón. Además, este conjunto no establece prioridades entre las directrices y no se conoce cuán eficiente y efectivo para la calidad de los modelos de procesos de negocio resultan las directrices vistas como un método. Asimismo, a pesar de los beneficios potenciales de las directrices prácticas, las mismas no serán consumadas a menos que sean aceptadas en la práctica, ya que la mayoría no han sido aplicadas fuera de un entorno de investigación (Moody, 2005).

A partir de aquí se ve la necesidad de plantearse el siguiente **objetivo general**: diseñar y desarrollar un experimento empírico para recolectar conocimiento preliminar acerca del efecto de un conjunto de directrices prácticas reformulado, refinado y organizado en la modelación de procesos de negocio, usando el Modelo de Evaluación de Métodos.

Para dar cumplimiento a este objetivo, se proponen los siguientes **objetivos específicos**:

1. Desarrollar la representación visual de las directrices de modelación para su posible utilización como parte del material experimental.
2. Determinar qué directrices prácticas serán objeto de evaluación a partir de un análisis de la literatura.
3. Diseñar un experimento para la prueba empírica de las directrices, utilizando el Modelo de Evaluación de Métodos.
4. Analizar e interpretar los datos a partir de técnicas estadísticas apropiadas, en cuanto a efectividad de las directrices y adopción en la práctica.

En consecuencia con lo planteado, surgen las siguientes **preguntas de investigación**:

1. ¿Qué directrices prácticas serán objeto de validación?

2. ¿Cómo diseñar y desarrollar un experimento que sea adecuado y conveniente para validar las directrices?
3. A partir de una interpretación de los datos, ¿en qué medida las directrices contribuyen a la mejora y calidad de los modelos de procesos de negocio?

Con el resultado general de esta investigación se espera contribuir a la teoría sobre la modelación conceptual, específicamente, sobre la modelación de los procesos de negocio, reafirmando así el valor teórico de la investigación.

Además, a partir de la aplicación de un experimento empírico se podrá recolectar conocimiento preliminar, acerca de la efectividad de las directrices, y cuán importantes y útiles resultan, con el fin de guiar a los usuarios a mejorar la calidad en sus modelos de procesos de negocio, hacerlos más comprensibles para los distintos stakeholders (los analistas comerciales de proceso, los expertos de dominio, los analistas técnicos, los desarrolladores del software, entre otros) y con menos errores sintácticos. Todo esto posibilitará mejoras significativas en los modelos de procesos de negocio y un uso más efectivo y eficiente de las tecnologías de la información (TI), lo cual implican impactos económicos y sociales, y a su vez relevancia social e implicaciones prácticas. Quedando así conformada la **justificación de la investigación**.

Para ello el trabajo se encuentra estructurado de la siguiente forma:

### **Capítulo I**

En este capítulo se describen aspectos tales como: procesos de negocio, gestión de procesos de negocio, los diferentes lenguajes de modelación, en este caso la Notación para la Modelación de Procesos de Negocios y se debaten los elementos fundamentales de la misma. Por último se introducen aspectos relacionados con la calidad de los modelos de procesos de negocio, tales como: métricas de calidad, frameworks, estudios empíricos relacionados con técnicas de modelación y propuestas para mejorar la práctica de la modelación.

### **Capítulo II**

En este capítulo se determinan qué directrices prácticas serán objeto de estudio. Se analizan con profundidad las directrices y se debaten acerca de los modelos que cumplen e incumplen las mismas. Posteriormente, a partir de un chequeo de errores frecuentes cometidos en los modelos, se extrae un conjunto de directrices prácticas para su posterior estudio.

### **Capítulo III**

En este capítulo se realiza un análisis empírico, donde se obtienen conclusiones acerca de la efectividad de las directrices evaluadas, a partir de la aplicación de un experimento correspondiente a los estudiantes de la Maestría de Ciencia de la Computación y la elaboración de un cuestionario utilizando como guía el Modelo de Evaluación de Métodos (Moody, 2003).

# CAPÍTULO 1

## **CAPÍTULO 1: ASPECTOS SOBRE LA MODELACIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO Y SU CALIDAD**

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con gestión, modelación y calidad de los procesos de negocio. Para ello se introducen los conceptos de Procesos de Negocio, Gestión de Procesos de Negocio y Modelación de Procesos de Negocio. Además, se presenta el Modelo de Evaluación de Métodos que sirve de guía para el diseño del experimento en este trabajo.

### **1.1 Proceso de negocio**

Un proceso de negocio es una colección de tareas y actividades estructuradas, que se relacionan entre sí. Este tiene como objetivo producir un servicio específico para uno o varios clientes. Esto implica un fuerte énfasis en cómo se realiza el trabajo dentro de una organización: se realiza colaborativamente por un grupo de trabajadores de distintas especialidades, con frecuencia cruza las fronteras de un área funcional, e invariablemente es detonado por agentes externos o clientes de dicho proceso (Pérez-Santiago, 2014). Por lo tanto, el proceso es una secuencia específica de actividades de trabajo a través del tiempo y del espacio, con un inicio, un final y entradas y salidas claramente definidas: una estructura para la acción (Sparks and Systems, 2006).

Un proceso de negocio comienza con un objetivo a cumplir y culmina con el logro del objetivo del negocio. Puede ser descompuesto en varios sub-procesos que tienen sus propios atributos y además contribuyen a lograr el objetivo del proceso de más alto nivel (Gruhn and Laue, 2007).

En la actualidad muchas organizaciones se centran en orientar la gestión de sus procesos de negocio con el fin de gobernar y controlar esos procesos y así poder lograr un mejor rendimiento empresarial.

### **1.2 Gestión de procesos de negocio**

La Gestión de Procesos de Negocio (BPM, por sus siglas en inglés) es un conjunto de métodos, herramientas y tecnologías utilizados para diseñar, representar, analizar y controlar procesos de negocio operacionales. Este tiene como objetivo mejorar la productividad y la eficacia de la organización a través de la optimización de sus procesos de negocio. Para permitirle esto, los procesos no sólo deben ser comprendidos por los departamentos comerciales sino también por el departamento de TI.

BPM es el arte de supervisar cómo funciona el trabajo en una organización, para asegurar resultados coherentes y un mejor aprovechamiento de las oportunidades. En este contexto, el término “mejora” puede tomar varios significados a merced de los objetivos de la organización, entre ellos la reducción de costos, de tiempos de ejecución y de la tasa de error. BPM no trata las actividades individualmente, más bien opera cadenas enteras de acontecimientos, actividades y decisiones que finalmente le añaden valor a la organización y a sus clientes (Dumas et al., 2013).

### **1.3 Importancia de BPM**

La gestión eficiente de los procesos de negocio ha posibilitado adelantos muy importantes en cuanto a la velocidad y agilidad con que las organizaciones mejoran el rendimiento del negocio y el análisis de futuros escenarios empresariales. BPM mejora la flexibilidad para adaptarse a los cambios de reglas de negocio legales y/o sobre tecnología subyacente. Además, permite la automatización de toda la información y documentos que fluyen entre todos los participantes (humanos y sistemas) contribuyendo así a eliminar papel y errores humanos (Pérez-Santiago, 2014). Con BPM (Dumas et al., 2013):

- ✓ Los directores del negocio pueden de forma directa medir, controlar y responder a todos los aspectos y elementos de sus procesos operacionales.
- ✓ Los directores de las tecnologías de la información pueden aplicar sus habilidades y recursos de forma directa en las operaciones de negocio.
- ✓ La dirección y los empleados de la organización pueden alinear sus esfuerzos y mejorar la productividad y el rendimiento personal.
- ✓ La empresa, como un todo, puede responder de forma más rápida a cambios y desafíos para cumplir sus fines y objetivos.

Las soluciones de BPM proporcionan una alternativa de bajo costo y bajo riesgo. Esta metodología define una tecnología de acercamiento y soporte para automatizar, administrar y optimizar procesos de negocio en una empresa. El punto de partida para gestionar, analizar, mejorar y visualizar estos procesos consiste en la modelación de procesos. Con BPM se puede empezar con soluciones pequeñas, como puede ser uno o varios procesos, y luego extender el esfuerzo de optimización una vez que la empresa o institución obtiene los resultados dentro del ciclo de vida de BPM.

### **1.4 Modelación de procesos de negocio**

Hoy en día muchas compañías no le dan la suficiente importancia a la modelación e identificación de sus procesos de negocio como si esta etapa del desarrollo administrativo ya hubiese caído en desuso. Resulta difícil automatizar un negocio si no se entiende qué hace en detalle y si no se tienen sus procesos, datos y sistemas bajo control. De ahí que la etapa de modelación y análisis en el desarrollo de un sistema sea de gran importancia.

El concepto central en el modelado de procesos de negocio es el proceso mismo, ya que representa el medio a través del cual se muestra tanto el funcionamiento como otros aspectos relevantes del negocio (Rolón-Aguilar et al., 2006). Los modelos de procesos de negocio se crean utilizando una técnica específica de modelado. En la práctica existen varias técnicas diferentes, las cuales se deben escoger apropiadamente de acuerdo a los propósitos comerciales.

Las técnicas de modelación, se refieren a los símbolos y diagramas empleados para analizar el sistema. Estas pueden estar soportadas por una herramienta que ayude en el proceso de modelación y permita la

construcción de un repositorio de modelos. En la Figura 1 se muestran los componentes de las técnicas de modelación según (Multamäki, 2002). Cada técnica de modelación consta de dos partes fundamentales: el lenguaje y el método de modelación. El lenguaje de modelación está compuesto por una notación, una sintaxis y una semántica. La notación define símbolos gráficos que los modeladores pueden utilizar en los modelos de procesos. La sintaxis indica reglas para combinar los símbolos dentro de los modelos de procesos de negocio. La semántica, finalmente, vincula un significado para cada símbolo gráfico con el fin de aclarar su uso específico. El método de modelación define los procedimientos que se pueden aplicar para un modelo de procesos de negocio. Siguiendo estos procedimientos se asegura que los modelos resultantes se acoplen a la notación de modelación. Para la creación, aplicación y mantenimiento de los procesos de negocio, un papel importante lo desempeñan las herramientas de modelación (Schrepfer, 2010).

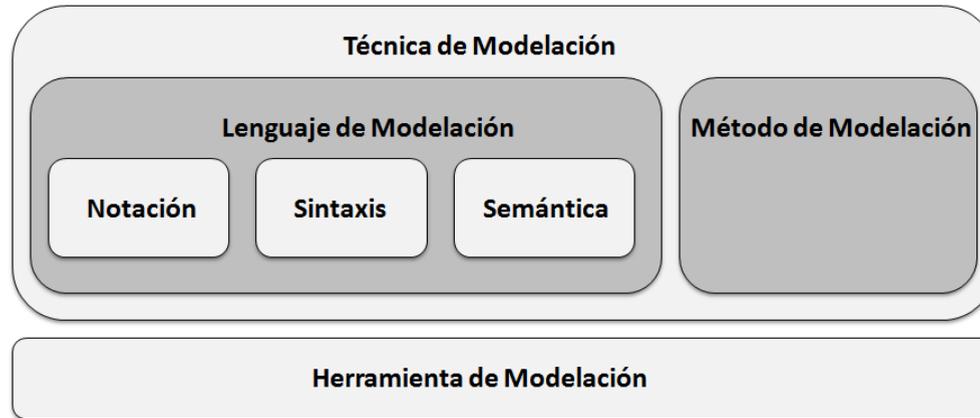


Figura 1: Componentes de una técnica de modelación (Schrepfer, 2010)

Todos estos componentes, vistos como un todo, suelen tener un alto impacto en los beneficios y costos en las organizaciones; y las mejoras incorporadas a los modelos evitan la propagación de errores o deficiencias a etapas posteriores del desarrollo del sistema. Su utilidad se aplica en diferentes campos, tanto a nivel empresarial y de sistema, como en la Ingeniería de Software. Desde el punto de vista empresarial, sus objetivos recaen en diversos aspectos, de los cuales se destacan dos categorías (Rolón-Aguilar et al., 2007): a) mejorar el rendimiento de una situación y comunicarla entre los diversos stakeholders y, b) utilizarlos como una herramienta para alcanzar las metas de un proyecto de desarrollo pues desde el punto de vista de sistemas se considera que el modelado de procesos de negocio debe ser una parte esencial de cualquier proyecto de desarrollo de software que permita al analista capturar el esquema y los procedimientos generales que rigen al negocio.

De igual modo y como complemento a los objetivos existentes, desde el punto de vista empresarial y de sistema, aparecen otros aspectos que resultan fundamentales en el modelado, tal es el caso de la etapa de mantenimiento de los procesos, relacionada con el área de la Ingeniería de Software.

Los modelos de procesos de negocio tienen un amplio rango de usos tales como el soporte a la reingeniería de procesos, la simulación o servir como base para el desarrollo de sistemas que automatizan dichos procesos. Un buen modelo de negocio contiene información sobre objetivos, entradas, salidas, recursos, actividades y eventos. Mediante la identificación, captura y documentación de esta información se puede conformar la base para especificar los requerimientos de un sistema de información (SI) que apoye al proceso para la toma de las mejores decisiones en un negocio.

### **1.5 Lenguajes para la modelación de procesos de negocio**

Un negocio es un sistema complejo. Está constituido por una organización en la cual generalmente se distinguen tanto elementos tangibles como intangibles tales como grupos de trabajo formales y las funciones de dichos grupos. Algunas de estas funciones, sin embargo, no están restringidas a un sólo departamento; cruzan horizontalmente a través de varios departamentos. El método tradicional para documentar un negocio es dibujar un mapa de la organización, que divide la empresa en un número de departamentos o secciones como por ejemplo, producción, mercadotecnia, ventas, investigación y desarrollo, entre otros. Esta técnica, pese a ser simple, no ofrece en su propia naturaleza una visión global de la organización, de manera que la documentación desarrollada con frecuencia cae en los extremos de ser redundante, contradictoria o inexistente (Oyuky-León and Asato, 2009). Debido a esto surge la necesidad de tener una forma consistente de documentar, analizar y automatizar el negocio, a través de la modelación de los mismos. Estos modelos pueden ser creados o presentados usando diversos lenguajes, los cuales son muy diferentes unos de otros. Cada uno describe los procesos de modo diferente, dependiendo del propósito para el cual fueron creados.

Existen varios lenguajes para la modelación de los procesos de negocio, entre ellos se pueden citar UML (Unified Modeling Language) (Eichelberger and Schmid, 2009), IDEF3 (Integrated Definition for Process Description Capture Method) (He et al., 2010), EPC (Event-driven Process Chain) (Becker et al., 2000), BPMN (OMG, 2011), entre otros. Este trabajo se centra en el uso de la notación BPMN.

#### **1.5.1 BPMN**

Es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos de un proceso de negocio. Esta notación plasma gráficamente el diseño de los procesos y su implementación en la práctica. La meta primaria de BPMN es según (OMG, 2011) “proporcionar una notación fácilmente comprensible por todos los usuarios del negocio, desde los analistas, que son los que crean los primeros bosquejos de los procesos; (...) los desarrolladores técnicos, responsables de implementar la tecnología que caracterizará los procesos; (...) y finalmente las personas de negocios que monitorizarán y gestionarán los procesos”. Por esta razón ha ganado gran popularidad a nivel organizacional. De esta manera se espera crear una forma estandarizada y unificada para unir la brecha entre el proceso de diseño del negocio y el proceso de implementación.

BPMN es independiente de cualquier metodología de modelado de procesos y su sintaxis está basada en elementos gráficos. Tales elementos tienen una relación uno a uno con instrucciones en el Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocio (BPEL), lo cual permite generar código ejecutable a partir de un

modelo BPMN. Fue desarrollado por la organización BPM Initiative, pasando posteriormente a fundirse con los esfuerzos que en paralelo realizaba el OMG (Moody, 2005).

### 1.5.2 Elementos gráficos de BPMN

BPMN proporciona una notación gráfica para expresar procesos de negocio mediante un Diagrama de Procesos de Negocio (DPN) que está compuesto por cuatro categorías básicas de elementos con los cuales es posible desarrollar desde modelos de procesos simples hasta modelos complejos o de alto nivel.

- ✓ Objetos de Flujo (Flow Objects): eventos, actividades y compuertas
- ✓ Objetos de Conexión (Connecting Objects): flujo de secuencia, flujo de mensaje, asociación.
- ✓ Contenedores (Swimlanes): contenedor (Pool), compartimento (Lane).
- ✓ Artefactos (Artifacts): objetos de datos, grupos, anotaciones.

En el Anexo 1 se relacionan los elementos fundamentales que se incluyen en la notación gráfica de BPMN.

## 1.6 Calidad de modelos de procesos de negocio

Los modelos de procesos de negocio son de gran importancia en la actualidad y juegan un papel fundamental no solo en el campo de la gestión de los procesos de negocio, sino también en la etapa de diseño y análisis del ciclo de vida del desarrollo del software (Gruhn and Laue, 2009). A pesar de sus múltiples beneficios, esta etapa de diseño y análisis es raramente practicada, y cuando se hace, no se realiza con la calidad requerida (Dufresne and Martin, 2003). Esto hace que sea una preocupación creciente en el mundo empresarial, ya que muchas veces se confían las iniciativas de modelación a personas con escasa experiencia en el tema. Además, aunque las primeras etapas en el desarrollo del software no reporten costos significativos, con el paso del tiempo estos crecen exponencialmente, de ahí que sea imprescindible asegurar una calidad óptima en los modelos de procesos de negocio.

Si bien existen muchas definiciones de calidad en los distintos campos de investigación, no se ha encontrado una definición consensuada respecto a qué es la calidad de los modelos conceptuales. Al respecto en (Moody, 2005) se propone como definición de calidad de los modelos conceptuales “la totalidad de los rasgos y características de un modelo conceptual que influyen en su habilidad de satisfacer las necesidades implícitas o declaradas”. En este contexto, un modelo conceptual de mayor calidad dará lugar a un SI de mayor calidad. Por lo tanto, la calidad del modelo conceptual puede afectar tanto la eficiencia (tiempo, costo, esfuerzo), como la efectividad (calidad de los resultados) del desarrollo de los SI.

En la literatura se diferencian fundamentalmente cuatro flujos de trabajo relacionados con particularidades de calidad para la modelación conceptual de procesos (Mendling et al., 2010):

- ✓ **Frameworks de calidad**: Los marcos de trabajos o frameworks intentan producir orden y esclarecimiento a la representación de la calidad en los modelos conceptuales y a la calidad del

proceso de modelación conceptual (Lindland et al., 1994), definiendo los niveles de calidad que un determinado modelo debe cumplir (Pérez-Santiago, 2014).

- ✓ **Métricas de calidad:** las métricas de calidad representan un componente esencial para cuantificar de forma precisa la calidad de los diagramas, lo que a su vez es un paso importante hacia la mejora de calidad interna de los modelos de procesos de negocio (Sanchez-Gonzalez et al., 2010b).
- ✓ **Estudios empíricos relativos a las técnicas de modelación:** investigan entre otros, el uso de lenguajes de modelación como UML (Agarwal, 2003), la comprensión de los modelos de procesos en el nivel del lenguaje de modelación (Sarshar, 2005), analizan el lenguaje BPMN (Recker et al., 2007), proponen extensiones a este (Magnani and Montesi, 2007) y hacen comparaciones entre los enfoques de modelación (He et al., 2010).
- ✓ **Propuestas para mejorar la práctica de modelación:** los flujos de trabajo mencionados anteriormente poseen beneficios significativos, pero pueden resultar demasiado abstractos para ser aplicados tanto por académicos como por modeladores. Sin embargo, las directrices prácticas representan una guía determinante para la calidad de los diagramas porque están dirigidas a los modeladores y se encuentran a un bajo nivel de abstracción, lo que posibilita su adopción en la práctica.

### 1.6.1 Framework

Los framework definen los niveles de calidad que debe cumplir un determinado modelos, éstos van desde los basados en una teoría rigurosa a los contemplativos o especulativos. En esta sección se abordan algunos framework de calidad, los cuales se han concebidos con el objetivo de mejorar la calidad de la modelación conceptual así como la modelación de procesos de negocio.

Uno de los primeros frameworks para la calidad de la modelación conceptual es el framework SEQUAL, propuesto por Lindland, Sindre, y Solvberg en (Lindland et al., 1994) y abordado de igual forma por otros autores. Constituye un agregado a la teoría semiótica y define varios aspectos de calidad basados en relaciones entre un modelo, un cuerpo de conocimientos, un dominio, un lenguaje modelador, y las actividades de aprendizaje, la adopción de medidas y modelos (Mendling et al., 2009). Aunque el framework no provee una definición operacional de cómo determinar los grados diversos de calidad, ha sido de gran utilidad para el modelado de procesos de negocio (Mendling et al., 2010). En su versión inicial, el framework SEQUAL consideró solamente tres niveles de calidad (calidad sintáctica, calidad semántica y calidad pragmática).

Otro framework fue desarrollado por Wand y Weber y está basado en la teoría ontológica de Bunge (BWW) (Nelson et al., 2012). Ambos framework SEQUAL y BWW se limitan solamente a fuertes fundamentos teóricos y consideran la calidad en el modelado conceptual de dos perspectivas diferentes: SEQUAL se enfoca en el producto de la modelación conceptual y el BWW enfoca la atención en el proceso de modelado conceptual (Recker et al., 2009). Tal vez por ser uno de los primeros framework

desarrollados, se describe de una forma sumamente abstracta, nada factible para novatos o no-expertos en la práctica (Wand and Weber, 1990).

Otra propuesta de framework que resulta importante destacar es el framework SIQ, el cual tiene como principio la utilidad. Similar al SEQUAL, distingue dimensiones de calidad para los modelos de procesos en niveles sintácticos, semánticos y pragmáticos, entre otras características distintivas y enfoca su atención a la calidad del producto. SIQ está vinculado a una amplia variedad de conceptos, técnicas y herramientas existentes en el dominio de BPM; de esta forma es un acercamiento más integrador al trámite de la calidad modeladora (Recker et al., 2009).

Por otra parte, las Directrices de Modelación (**GoM**) forman parte de un framework desarrollado para asegurar la calidad de los modelos de información (calidad del producto), así como la calidad de la modelación de la información (calidad del proceso) y que comparado con el SIQ, cubre un conjunto más amplio de aspectos importantes de calidad como el diseño sistemático (Becker et al., 2000). Su motivación proviene de que más allá del cumplimiento de reglas sintácticas, muchos profesionales de estas disciplinas aprecian un conjunto común de principios compartidos que deben adquirir sus trabajos. Las directrices de modelación GoM (Becker et al., 2000) definen seis principios básicos que tienen como objetivo la estandarización y lograr la inter-subjetividad de los modelos. Los primeros tres definen precondiciones necesarias para la calidad de los modelos: correcto, relevante, y eficiencia económica. Los otros tres son opcionales: claridad, comparabilidad, y diseño sistemático.

De la unión de SEQUAL y BWW, surgió el Framework para la Calidad de la Modelación Conceptual (CMQF, por sus siglas en inglés). Es un framework de carácter teórico, sin embargo puede servir para fomentar el desarrollo de investigaciones futuras y evaluar no sólo el resultado final del proceso de modelado conceptual, sino también la calidad del proceso mismo de modelación (Nelson et al., 2012). Además, puede servir como una base para desarrollar herramientas y técnicas de valoración de calidad, pues contiene atributos de calidad de SIQ y parcialmente se solapa con GoM. Por eso es considerado como el conjunto más rico de dimensiones de calidad del producto y es el framework que se utiliza como referente de calidad en este trabajo.

En CMQF las dimensiones de calidad (semántica, sintáctica, pragmática y empírica) representan las relaciones entre dos subconjuntos de un conjunto de ocho pilares en el total. Estos pilares son: dominio físico, conocimiento del dominio, modelo físico, conocimiento del modelo, idioma físico, conocimiento del idioma, representación física y conocimiento de la representación (Nelson et al., 2012).

Las dimensiones de calidad del framework CMQF están definidas como:

- ✓ Calidad semántica: ¿cuán bien la representación corresponde a la extensión del lenguaje?
- ✓ Calidad sintáctica: ¿cuán bien la representación corresponde al dominio? La calidad semántica puede ser descompuesta en dos principios básicos: validez y completitud. La validez quiere decir que todas las declaraciones en el modelo son correctas y tienen importancia para el problema; la

completitud quiere decir que el modelo contiene todas las declaraciones pertinentes que estarían en lo correcto.

- ✓ Calidad pragmática: ¿qué tan bien un usuario comprende el contenido de ese modelo?
- ✓ Calidad empírica: es una medida de legibilidad en una representación conceptual que está en función de la representación misma. En este sentido, modelos que cuenten con un nivel de calidad empírica alto serán más sostenibles y comprensibles que una representación similar que cuenta con calidad empírica baja.

### **1.6.2 Métricas de calidad**

Un paso importante para una mejor calidad en la modelación es una cuantificación precisa de la misma (Sanchez-Gonzalez et al., 2010b). Para ello hoy en día existen varias métricas para la modelación de procesos de negocio, muchas de ellas relacionadas con la complejidad estructural del modelo de proceso, teniendo en cuenta que a menor complejidad en el modelo mayor nivel de comprensibilidad, mantenibilidad y menor probabilidad de error.

Se considera la comprensibilidad de los modelos de procesos de negocio como uno de los principales determinantes para la probabilidad del error. Esto se basa en que los modelos de procesos de negocio son construidos por modeladores humanos y su plan está sujeto a una racionalidad de errores limitada (Gruhn and Laue, 2006). Además, la comprensibilidad de un modelo por una persona está dada por una diversidad de factores, los cuales influyen en el entendimiento de dicho modelo por personas que en ocasiones no tienen un vasto conocimiento acerca del proceso. Algunos de esos factores son la complejidad, el tamaño, entre otros. Es muy importante lograr un tamaño adecuado, pues demasiada información podría terminar en falta de entendimiento; de igual forma la creación de modelos complejos y con una amplia diversidad de elementos, podría resultar complicado para ser entendido por desarrolladores.

Por otra parte la mantenibilidad se define por IEEE Diccionario Estándar de Computación como la facilidad con la cual un software puede ser modificado para corregir fallas, mejorar funciones u otros atributos o adaptarse a un ambiente de cambio.

Atendiendo a estos aspectos, varios autores han propuesto diversos trabajos relacionados con las métricas de calidad. El uso de la información obtenida a partir de estas métricas hace posible para las organizaciones aprender del pasado con el objeto de mejorar el desempeño y lograr mejores predicciones con el tiempo (Sanchez-Gonzalez et al., 2010a). Las métricas pueden aplicarse usualmente a dos aspectos en un modelo de procesos de negocio: al diseño del proceso de negocio o a los resultados que él produce luego de ser ejecutado. El diseño de métricas está relacionado con las propiedades estáticas de los procesos de negocio y se definen sobre el modelo de procesos de negocio mientras se diseña. La aplicación de métricas en la etapa de diseño puede mejorar un proceso de negocio, lo que facilita la corrección de posibles errores.

De acuerdo a un estudio realizado por Mendling en (Mendling, 2008), las métricas pueden clasificarse en:

- ✓ **Métricas de Tamaño:** las métricas de tamaño posibilitan identificar el tamaño de los modelos de procesos de negocio y son un factor primario para garantizar el éxito del desarrollo de los procesos comerciales. Algunos autores se refieren a *tamaño* como la cantidad de nodos de un modelo, lo cual está fuertemente relacionado con la comprensibilidad del mismo. Estas métricas ofrecen las cantidades de los diferentes elementos del modelo.
- ✓ **Métricas de Densidad:** en este grupo se incluyen aquellas métricas que relacionan el número de nodos con el número de arcos del modelo.
- ✓ **Métricas de Modularidad:** incluyen las métricas que cuantifican aquellos aspectos de un modelo de proceso que se refieren a la interrelación de los subcomponentes del modelo con el modelo global: pueden dar proporciones tanto del nivel de separación, de secuencialidad, estructura y profundidad del modelo.
- ✓ **Métricas de Conectividad:** estas métricas conciernen aspectos tales como los conectores y su interacción y miden cómo se comportan la desigualdad y la heterogeneidad de las compuertas en el modelo.
- ✓ **Métricas de Ciclicidad y Concurrencia:** dentro de este grupo se encuentran métricas tales como la ciclicidad que brinda la relación del número de nodos en un ciclo con respecto al número de nodos en el modelo y la concurrencia que muestra como es el acumulado del grado de salida de las compuertas.

Todas las métricas referidas anteriormente fueron definidas en (Kindler, 2006) y (Mendling and van der Aalst, 2007) para modelos de procesos de negocio en lenguaje EPC (Event-driven Process Chain), pero debido a la similitud de este lenguaje y BPMN, fue posible la adaptación de las mismas. Para ello sólo fue necesario corresponder los elementos de acuerdo a su significado semántico. De esta manera, los conectores de división AND-Split de EPC se corresponden con la compuerta paralela y la paralela basada en eventos de BPMN. Además, el conector de división OR-Split de EPC se relaciona con la compuerta inclusiva y la compuerta compleja de BPMN. Por último, el conector de división XOR-Split de EPC se corresponde con la compuerta exclusiva y la exclusiva basada en eventos de BPMN.

Las métricas ofrecen la noción de características deseables en los modelos de procesos para lograr mayor comprensibilidad de los mismos y menor probabilidad de error. Sin embargo, no son lo suficientemente prácticas para servir de guía a los modeladores.

### **Valores Umbrales**

Para lograr una mejor aplicación y estimación de las métricas, algunos trabajos de investigación han identificado valores umbrales relevantes que permiten distinguir niveles diferentes de calidad en los modelos de procesos. Estos posibilitan determinar cuándo los valores obtenidos al aplicar las métricas de calidad son aceptables o no (Pérez-Santiago, 2014). Los umbrales pueden usarse para identificar

estructuras de diseño arriesgadas, proveyendo así a los modeladores o personas implicadas en el proceso de modelación, de una herramienta para evitar posibles fracasos o distinguir distintos niveles de calidad en los modelos.

Algunos autores (Mendling et al., 2007) y (Mendling et al., 2012) presentan experimentos para determinar valores umbrales que previenen contra la probabilidad de errores en modelos de procesos de negocio. Sánchez-González et. al. (Sánchez-González et al., 2010), por otra parte, ofrecen cuatro rangos para la clasificación de la calidad de los modelos de procesos en cuanto a su comprensión y se puede encontrar una propuesta para la definición de umbrales para métricas de complejidad de compuertas, también agrupadas por rangos.

En el capítulo 2 se abordan con mayor profundidad cada una de las clasificaciones de métricas propuestas con anterioridad, así como sus umbrales asociados. Esto permitirá calcular los valores asociados a los modelos y de igual forma predecir la calidad de los mismos tomando como referentes los umbrales correspondientes.

### **1.6.3 Propuestas para mejorar la práctica de la modelación**

Desafortunadamente, los enfoques tratados anteriormente, en la mayoría de los casos sólo listan propiedades, sin dar una estructura sistemática para evaluarlas. Además carecen de adopción en la práctica ya que están a un alto nivel de abstracción (Sindre and Krogstie, 1995).

En este sentido, las directrices prácticas de modelación se caracterizan por su rápido entendimiento y su relativamente fácil aplicabilidad en la modelación de procesos de negocio. Son una guía determinante para lograr una mejor calidad en los diagramas y están enfocadas como consejos prácticos dirigidos fundamentalmente a modeladores con poca experiencia en el tema, aunque también han tenido gran aceptación por expertos en el dominio.

Las directrices ofrecen una serie de recomendaciones sobre cómo construir un modelo de proceso y sobre la mejora de los modelos de procesos existentes, lo que permite un aumento en la calidad de los modelos de procesos de negocio y un uso más eficiente y efectivo de las tecnologías de la información. Son una herramienta importante para poner a salvo integridad y consistencia en los modelos, sobre todo para las grandes iniciativas de modelación con varias personas involucradas (Mendling et al., 2010). Las mismas se refieren al logro de propiedades positivas que se desea contengan los modelos y pueden agruparse de acuerdo a tamaño, modularidad, estructuralidad, complejidad, representación gráfica y estilo de las etiquetas.

## **1.7 Modelo de Evaluación de Métodos**

A pesar de los beneficios potenciales de métodos de diseño como las directrices prácticas, los mismos no podrán materializarse a menos que se utilicen en la práctica. Factores como el uso son una importante medida pragmática para conocer el éxito de los mismos, así como su impacto en la práctica (Moody, 2003).

En esta investigación se propone un modelo teórico asociado a herramientas de medición para evaluar los métodos de diseño de los SI, en este caso específico relacionado con las directrices prácticas de modelación de procesos de negocio. El modelo se basa en dos áreas no relacionadas previamente en cuanto a teoría: Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM) y el pragmatismo metodológico (Moody, 2003).

El modelo TAM define tres construcciones primarias: facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso, las cuales serán abordadas con mayor profundidad en el capítulo 3. En comparación con otros modelos, TAM ha reportado ventajas significativas relacionadas con su fuerte base teórica y apoyo empírico. Por otra parte, el pragmatismo metodológico según Moody (Moody, 2003), define que un método no describe la realidad externa, por lo que no puede ser verdadero o falso, sólo puede ser eficaz o ineficaz. La validez de un método sólo puede ser establecida por el éxito aplicativo en la práctica. El objetivo de la validación no debe consistir en demostrar que el método es "correcto", sino que es una práctica racional para adoptar el método basado en su éxito pragmático, el cual se define como la eficiencia y eficacia con la que el método consigue sus objetivos.

El modelo teórico resultante combina dos dimensiones diferentes pero relacionadas con el éxito del método: eficacia real y adopción en la práctica (Moody, 2003).

### **1.8 Conclusiones parciales**

La globalización y el incremento de la competencia son factores que en los últimos años han forzado a las organizaciones a mejorar la gestión de sus procesos de negocio, lo cual ha producido el planteamiento de nuevas propuestas dirigidas al estudio y modelado de procesos de negocio, así como a estudios para evaluar la calidad de las técnicas de modelación. En este capítulo se abordan aspectos relacionados con la calidad de los modelos de procesos de negocio, tales como los framework de calidad, las métricas y las directrices prácticas. Estas últimas representan una herramienta importante para poner a salvo la integridad y consistencia en los modelos, sobre todo para las grandes iniciativas de modelación con varias personas involucradas. También representan una guía determinante para lograr una mejor calidad en los diagramas, pues están dirigidas a los modeladores, fundamentalmente a los modeladores con poca experiencia. Finalmente, se aborda el Modelo de Evaluación de Métodos. En este contexto pueden interpretarse las directrices prácticas como el método cuyo éxito pragmático se pretende evaluar en el presente trabajo.

# CAPÍTULO 2

## CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN DE UN CONJUNTO DE DIRECTRICES PRÁCTICAS

Las directrices prácticas representan una herramienta importante para mejorar la calidad de los modelos de procesos de negocio, sobre todo para las grandes iniciativas de modelación con varios modeladores casuales involucrados. A diferencia de los framework y las métricas de calidad, el objetivo primario de estas es su adopción en la práctica. Hoy en día existe un conjunto muy amplio de directrices que se encuentran desorganizadas en la literatura. Además este conjunto no establece prioridades entre ellas y no siguen un patrón determinado que permita una mayor unicidad y aplicabilidad. Es por ello que una de las motivaciones de este trabajo es desarrollar un conjunto refinado y consistente de directrices prácticas que ayuden en la obtención de mayor calidad en los modelos de procesos de negocio y determinar el éxito pragmático que dicho conjunto posee.

En este capítulo se determinan, a partir de un análisis de la literatura, qué directrices prácticas serán objeto de estudio. Se analizan con profundidad las directrices y se debaten acerca de modelos que cumplen e incumplen las mismas. Posteriormente, a partir de un chequeo de errores frecuentes cometidos en los modelos, se extrae un conjunto de directrices prácticas para su posterior validación.

### 2.1 Metodología

Las directrices representan una guía determinante para lograr una mejor calidad en los modelos de procesos de negocio y están enfocadas como consejos prácticos dirigidos fundamentalmente a modeladores con poca experiencia en el tema, aunque también han tenido gran aceptación por expertos en el dominio. Para el proceso de recopilación de las mismas, este trabajo se utilizan enfoques propuestos en (Moody, 2005) con el objetivo de establecer el conjunto de directrices prácticas objeto de estudio. Dichos enfoques son: con bases teóricas, analíticas y basadas en el consenso. Teniendo en cuenta el contexto de estos enfoque, la metodología utilizada se basa en la definida en (Pérez-Santiago, 2014), la cual se divide de la siguiente forma:

- ✓ **Búsqueda y revisión bibliográfica**
- ✓ **Síntesis de trabajos existentes:** en esta fase se establece la relación existente entre las directrices prácticas y las métricas de calidad encontradas en la literatura y sus respectivos umbrales. Estos aspectos son abordados en la secciones 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3 respectivamente.
- ✓ **Preparación del nuevo conjunto de directrices:** como se define en (Pérez-Santiago, 2014), esta fase establece el nuevo conjunto de directrices prácticas, que en este trabajo se define a partir de un chequeo de errores frecuentes, abordado con mayor profundidad en la sección 2.5.
- ✓ **Evaluación del nuevo conjunto de directrices:** el objetivo de la evaluación es demostrar en qué medida las directrices abarcan los aspectos de calidad de mayor relevancia para la modelación de procesos de negocio y mejoran la calidad del modelo (Pérez-Santiago, 2014). Esto se aborda en el capítulo 3.

### 2.1.1 Clasificación de las métricas de calidad

En un entorno empresarial de mejora continua, los procesos de negocio requieren de frecuentes cambios en los que se ven afectadas todas las etapas del ciclo de vida de la gestión de procesos de negocio, principalmente la etapa de modelación o diseño (Rolón-Aguilar et al., 2007). Esta etapa toma especial importancia al ser la base para que los procesos posteriormente puedan ser fáciles de comprender y mantener. En este sentido, un aspecto fundamental para medir comprensibilidad y modificación en los modelos de procesos de negocio son las métricas de calidad. De igual forma, la aplicación de métricas en la etapa de diseño puede mejorar un modelo de proceso de negocio en las primeras etapas de su ciclo de vida, lo que facilita la corrección de posibles errores.

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 mismos (Sanchez-Gonzalez et al., 2010b). El uso de la información de estas métricas hace posible, para las organizaciones aprender, del pasado con el objetivo de mejorar el desempeño y lograr mejores predicciones con el tiempo (Sanchez-Gonzalez et al., 2010a). En esta sección se propone un conjunto de métricas de calidad agrupadas en dos categorías: métricas base y métricas derivadas. Las métricas base consisten principalmente en contar los elementos significativos del modelo de proceso de negocio. A partir de las métricas base se ha definido un conjunto de medidas derivadas, las cuales permiten conocer las proporciones existentes entre los diferentes elementos del modelo. Dichas métricas son una adaptación del conjunto de métricas definidas formalmente en (Mendling, 2008, Sanchez-Gonzalez et al., 2012) a modelos en el lenguaje BPMN. De cada grupo se listan aquellas que son de interés en este trabajo.

#### Tamaño:

Varios autores definen el tamaño como la cantidad de elementos (o nodos) de un modelo y coinciden en que este es un factor importante para la comprensión y mantenimiento de los modelos de procesos de negocio. El conjunto de métricas mostradas a continuación se definen en (Mendling and Strembeck, 2008) y (Mendling, 2008) y cuantifican los diferentes elementos del modelo.

- ✓ **Número de nodos ( $S_N$ ):** esta variable se relaciona con el número de actividades, elementos de ruteo y eventos en el modelo de procesos de negocio.<sup>1</sup>

$$S_N(G) = |N|, \text{ donde } N \text{ es la cantidad de nodos del modelo.}$$

Un modelo de proceso más grande en términos de  $S_N$  implica un incremento en la probabilidad de error en comparación con un modelo más pequeño.

- ✓ **Número de eventos de inicio ( $S_{Es}$ ):** cantidad de eventos de inicio en el proceso de negocio.

$$S_{Es}(G) = |Es|, \text{ donde } E_s \text{ es la cantidad de eventos de inicio de un modelo de procesos de negocio.}$$

---

<sup>1</sup> Todas estas métricas se calculan para el más alto nivel del modelo de proceso de negocio, es decir, el proceso padre.

- ✓ **Número de eventos intermedios ( $S_{EInt}$ ):** cantidad de eventos intermedios en el modelo proceso de negocio.

$S_{EInt}(G) = |E_{Int}|$ , donde  $E_{Int}$  es la cantidad de eventos intermedios en el modelo de proceso de negocio.

- ✓ **Número de eventos de fin ( $S_{Ee}$ ):** cantidad de eventos de fin en el modelo de proceso de negocio.

$S_{Ee}(G) = |E_e|$ , donde  $E_e$  es la cantidad de eventos de fin de un modelo de procesos de negocio principal.

- ✓ **Número total de eventos ( $S_E$ ):** cantidad total de eventos en el modelo de proceso de negocio.

$$S_E = S_{Es} + S_{EInt} + S_{Ee}$$

- ✓ **Número de compuertas ( $S_C$ ):** cantidad de elementos de ruteo en el modelo de procesos de negocio.

$S_C(G) = |C|$ , donde  $C$  es la cantidad de compuertas en el modelo de proceso de negocio.

- ✓ **Número de arcos ( $S_A$ ):** cantidad de arcos en el modelo de procesos de negocio.

$S_A(G) = |A|$ , donde  $A$  es la cantidad de arcos en el modelo de proceso de negocio.

- ✓ **Diámetro ( $diam$ ):** trayectoria del camino más largo desde el nodo inicio hasta el nodo final en el modelo de procesos.

$diam = |N_{CM}|$ , donde  $N_{CM}$  es el número de nodos que componen el camino más largo desde el nodo inicial hasta el nodo final del modelo de proceso de negocio.

Entre más grande sea el diámetro de un modelo, mayor es la probabilidad de errores del mismo.

### Densidad:

Incluye aquellas métricas que relacionan el número de nodos con el número de arcos del modelo. Existen varias métricas que proporcionan información acerca de esta relación (nodos y arcos); en esta sección se discuten la densidad, el coeficiente de conectividad, el grado promedio y el grado máximo de los conectores.

- ✓ **Densidad ( $\Delta$ ):** razón entre el número total de arcos en un modelo de proceso de negocio y el número máximo teóricamente de arcos, es decir, si todos los nodos estuviesen directamente conectados.

$$\Delta(G) = \frac{|S_A|}{|S_N| \cdot (|S_N| - 1)}$$

Un modelo de procesos de negocio con una alta densidad tiene mayor probabilidad de contener errores que un modelo menos denso con el mismo número de nodos.

- ✓ **Coficiente de conectividad (CNC):** razón del número total de arcos y el número total de nodos.

$CNC(G) = \frac{|S_A|}{|S_N|}$ , donde  $S_A$  es el número total de arcos y  $S_N$  el total de nodos en el modelo.

Un modelo de procesos de negocio más denso en términos de  $CNC(G)$  tiene más probabilidades de contener errores ya que el modelador tiene que percibir más conexiones entre los nodos que en un modelo que es menos denso.

- ✓ **Grado promedio de los conectores ( $\bar{d}_c$ ):** número promedio de arcos entrantes y salientes de las compuertas.

$\bar{d}_c(G) = \frac{1}{|C|} \cdot \sum_{c \in C} d_c$ , donde  $d_c$  es el grado de las compuertas y  $C$  es el número de compuertas en el modelo de proceso.

El grado promedio de los conectores  $d_c$  calcula el número de nodos a los cuales un conector está asociado como promedio. Un incremento del  $\bar{d}_c(G)$  debe implicar un incremento de la probabilidad de error.

- ✓ **Grado máximo de los conectores ( $\widehat{d}_c$ ):** suma máxima de los arcos entrantes y salientes de los conectores.

$\widehat{d}_c(G) = \max\{d(c) | c \in C\}$ , donde  $d(c)$  es el grado de las compuertas.

Un modelo de procesos de negocio con un alto grado máximo  $\widehat{d}_c(G)$  tiene mayor probabilidad de contener errores.

### 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:

En esta sección se presentan métricas relacionadas con los conectores de un modelo y su interacción. En particular, se discuten las métricas: incongruencia de las compuertas, heterogeneidad y complejidad del flujo de control.

- ✓ **Incongruencia de las compuertas (MM):** 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.

$MM(G) = MM_{or} + MM_{xor} + MM_{and}$ , donde  $MM_l = |\sum_{c \in S_l} d(c) - \sum_{c \in J_l} d(c)|$ , donde  $l$  es el tipo de compuerta.

Es decir, esta métrica calcula la suma de todas las desigualdades para cualquier tipo de compuerta, o sea entradas y salidas de los AND, OR, y XOR.

La estructuralidad del modelo implica que cada compuerta Split coincide con un correspondiente Join del mismo tipo y que, por supuesto, la falta de concordancia podría ser el origen de un error.

- ✓ **Heterogeneidad en las compuertas (GH):** define la medida en la cual se utilizan tipos diferentes de compuertas.

$GH(G) = - \sum_{l \in \{and, or, xor\}} p(l) * \log_3 p(l)$ , donde  $p(l) = \frac{|C_l|}{C}$  y  $C_l$  es la cantidad de conectores de un tipo determinado.

Esta medida oscila entre 0, para el caso en el cual solo hay conectores de un tipo, y 1 cuando hay variedad en la cantidad de compuertas de los tres tipos. La heterogeneidad del conector se calcula como la suma negativa en los tres tipos de conectores.

Un modelo de proceso con una alta heterogeneidad es probable que incluya errores ya que las compuertas pueden desajustarse con mayor facilidad. Si el modelo está estructurado es menos probable la ocurrencia de errores (Mendling, 2008).

- ✓ **Complejidad del flujo de control (CFC):** captura una suma ponderada de todos los conectores.

$CFC(G) = \sum_{c \in S_{and}} 1 + \sum_{c \in S_{xor}} |C_{xor} \bullet| + \sum_{c \in S_{or}} (2^{|C_{or} \bullet|} - 1)$ , donde  $\bullet$  es el grado de salida de la compuerta.

*AND-Split:* todos los AND-Split en el modelo adicionan 1 para la métrica CFC, ya que todas las transiciones salientes de un AND-Split deben procesarse. El diseñador sólo necesita considerar un estado como el resultado de la ejecución de un AND-Split.

*XOR-Split:* todos los XOR-Split con  $n$  transiciones de salida en el modelo; adicionan  $n$  a la métrica CFC ya que puede ejecutarse sólo una transición del Split, pero podría ser cualquiera de las posibilidades.

*OR-Split:* para cada OR-Split en el modelo con  $n$  transiciones de salida se adiciona  $2^{|C_{or} \bullet|} - 1$  a la métrica CFC.

Un aumento del CFC (G) debe implicar un aumento en la probabilidad del error del modelo en forma general.

- ✓ **Indicador de Complejidad de las Compuertas (GCI):** ofrece un indicador general de la complejidad de las compuertas usando una suma ponderada de diferentes métricas.

$$GCI(G) = 0.176 * CFC + 0.177 * MM + 0.159 * GH + 0.175 * \overline{d_c} + 0.18 * \widehat{d_c} + 0.179 * Sc$$

### Ciclicidad y concurrencia:

Estas métricas incluyen métricas relacionadas con las partes cíclicas de un modelo. Entre ellas están:

- ✓ **Ciclicidad (CYC):** brinda la relación del número de nodos en un ciclo con respecto al número total de nodos.
- ✓ **División de señal (TS):** cuantifica los caminos concurrentes que necesitan sincronizarse.

#### 2.1.2 Umbrales

Para lograr una mejor estimación y aplicación de las métricas, algunas investigaciones han identificado valores umbrales relevantes que permiten distinguir diferentes niveles de calidad en los modelos de procesos. Mientras que las métricas permiten estimar, dados dos modelos de procesos de negocio, cuál de los dos es mejor en términos relativos a la métrica en cuestión, los umbrales, por otra parte, determinan cuándo los valores obtenidos son aceptables o no. En este sentido podrían usarse como una alarma para descubrir las estructuras de buena calidad en los modelos conceptuales.

Algunos experimentos se proponen en (Mendling et al., 2007, Mendling et al., 2012) para determinar los valores de umbrales que previenen contra la probabilidad de errores en modelos de procesos de negocio. Un modelo posee mayor probabilidad de contener errores si sobrepasa los umbrales propuestos con este fin. Los valores de umbrales correspondientes con la probabilidad definidos en (Mendling et al., 2012) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Umbrales para probabilidad de error

Tamaño				Modularidad			
Nodos	31	Eventos Fin	3	Separabilidad	0.49	Secuencialidad	0.21
Eventos Inicio	3			Conectividad			
Densidad				Incongruencia Compuertas	4.5	CFC	22
Densidad	0.033	Grado Máximo Compuertas	4	Heterogeneidad Compuertas	0.4		
Coficiente Conectividad	1.021			Ciclicidad y Concurrencia			
Grado Promedio Compuertas	3.5			Ciclicidad	7.5	División Señal	7.5

Por otra parte un modelo que sobrepase los umbrales de comprensión y capacidad de modificación se dice que es más difícil de comprender y mantener. En el trabajo de Sánchez-González et al. (Sánchez-González et al., 2010) se ofrecen cinco rangos para la clasificación de la calidad de los modelos de procesos en cuanto a umbrales de este tipo. Cada valor de medida de umbral se ha asociado a etiquetas lingüísticas entre 1 y 5 para una interpretación correcta. La ayuda de las etiquetas lingüísticas está en la valoración y capacidad de procesar la información de la aplicación de las métricas a los modelos de procesos. La Tabla 2 muestra estos valores de umbrales. En aquellos casos en que existieron varias propuestas de umbrales

para evaluar la misma métrica se seleccionaron los umbrales propuestos en (Sánchez-González et al., 2010, Sanchez-Gonzalez et al., 2012).

Tabla 2: Umbrales para comprensión y capacidad de modificación

Comprensibilidad						
		Muy Alto	Alto	Medio	Bajo	Muy Bajo
<b>Tamaño</b>	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]
<b>Densidad</b>	Coefficiente Conectividad	(1.7, ∞]	(1.1,1.7]	(0.6,1.1]	(0.4,0.6]	[0,0.4]
	Grado Promedio Compuertas	(4.18, ∞]	(4.06,4.18]	(3.83,4.06]	(3.67,3.83]	[0,3.67]
	Grado Máximo Compuertas	(9, ∞]	(7,9]	(5,7]	(4,5]	[0,4]
<b>Modularidad</b>	Secuencialidad	[0,0.1]	(0.1,0.35]	(0.35,0.6]	(0.6,0.7]	(0.7, ∞]
<b>Conectividad</b>	Incongruencia Compuertas	(20, ∞]	(15,20]	(6,15]	[0,6]	-
	Heterogeneidad Compuertas	(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]
	CFC <sub>Xor-Split</sub>	(30, ∞]	(17,30]	(8,17]	(1,8]	[0,1]
	CFC <sub>Or-Split</sub>	(9, ∞]	(4,9]	(1,4]	(0,1]	[0,0]
	CFC <sub>And-Split</sub>	(4, ∞]	(2,4]	(0,2]	(0,0]	[0,0]
	GCI	(18.9, ∞]	(14.5,18.9]	(8.77,14.5]	(6.422, 8.77]	[0,6.42]
Capacidad de Modificación						
<b>Tamaño</b>	Compuertas	(18, ∞]	(16, 18]	(12,16]	[0,12]	-
<b>Densidad</b>	Densidad	(0.6, ∞]	(0.22,0.6]	(0.0013,0.22]	(0,0.0013]	[0,0]
	Grado Promedio Compuertas	(4.06, ∞]	(3.88,4.06]	(3.83,3.88]	[0,3.83]	-
	Grado Máximo Compuertas	-	(7, ∞]	(5,7]	[0,5]	-
<b>Modularidad</b>	Secuencialidad	[0,0]	(0,0.18]	(0.18,0.6]	(0.6,0.86]	(0.86, ∞]
<b>Conectividad</b>	Incongruencia Compuertas	-	(15, ∞]	(6,15]	[0,6]	-
	Heterogeneidad Compuertas	(0.92, ∞]	(0.86,0.92]	(0.79,0.86]	[0,0.79]	-
	CFC	(37, ∞]	(31,37]	(22,31]	[0,22]	-
	CFC <sub>Xor-Split</sub>	(27, ∞]	(16,8]	(8,16]	(1,8]	[0,1]
	CFC <sub>Or-Split</sub>	(9, ∞]	(4,9]	(1,4]	(0,1]	[0,0]
	CFC <sub>And-Split</sub>	(6, ∞]	(2.3,6]	(0,2.3]	(0,0]	[0,0]
	NSFG	(25, ∞]	(13,25]	(9,13]	(0,9]	[0,0]
GCI	(14.5, ∞]	(13.05,14.5]	(8.77,13.05]	[0, 8.77]	-	

### 2.1.3 Análisis de las directrices prácticas

A continuación se presenta un conjunto de directrices extraídas a partir de una revisión sistemática de la literatura, las cuales se refieren al logro de propiedades positivas que se desea contenga cada modelo de proceso de negocio, así como problemas que pueden aparecer en los mismos. Dichas directrices se

formulan incluyendo algunos aspectos que los autores consideran pertinentes aclarar para hacerlas más útiles y agrupadas en cuanto a la característica que tienen como objetivo lograr. De esta forma pueden clasificarse en cuatro diversos grupos, siguiendo la taxonomía mostrada la figura del Anexo 2:

- ✓ **Tamaño:** este grupo está relacionado con las directrices que cuentan elementos, cuyo objetivo es mejorar la legibilidad y la comprensibilidad de los modelos.
- ✓ **Morfología:** este grupo considera la morfología de un proceso en términos de complejidad, profundidad, estructuralidad, paralelismo, etc.
- ✓ **Diseño:** el tercer grupo de directrices corresponde a la representación visual del modelo y pueden ser aplicadas sin alterar la semántica del mismo. Estas directrices abarcan aspectos relacionados con el diseño de los modelos.
- ✓ **Estilo de las etiquetas:** El último grupo es el relacionado con el estilo de las etiquetas de los elementos del modelo (actividades, eventos, compuertas y pools).

En esta sección se discute el conjunto de directrices extraído de la literatura, donde para algunas fueron creadas sub-directrices que se refieren a aspectos específicos de la directriz general. Cada directriz se presenta siguiendo un patrón que incluye: la directriz, una posible acción a llevar a cabo al aplicar la misma y la(s) métrica(s) que se le asocia(n)<sup>1</sup>. La acción es una o varias posibles propuestas para dar solución a problemas que puedan presentarse en los modelos y que satisfagan las directrices. Las métricas, por otra parte están destinadas a cuantificar el efecto de las directrices en los modelos de procesos. Algunas de estas métricas indican la existencia o no de la directriz enfocada como problema.

### **Tamaño:**

El tamaño en los modelos tiene efectos negativos en cuanto a legibilidad, comprensibilidad y usabilidad. Según (Mendling et al., 2012, Weber et al., 2011, Mendling et al., 2010) los modelos grandes son más difíciles de mantener, así como aumentan las probabilidades de desarrollar errores de requisitos. En este sentido varios autores han propuesto directrices relacionadas con este tema y que deben mejorar la práctica de la modelación.

### **Número de elementos:**

**D1: Descomponga los modelos con más de 31 elementos.**

---

<sup>1</sup> Hay directrices que no tienen métricas de calidad asociadas en la literatura. En estos casos se sugieren medidas indicadas con \*\*.

**Acción:**

- ✓ Con el objetivo de usar un subproceso, se necesita primeramente identificar grupos de actividades relacionadas, es decir, aquellas actividades que juntas persiguen un objetivo particular o generan una salida particular en el modelo de proceso bajo análisis. Estas actividades, y sus compuertas, pueden encapsularse en un subproceso (Dumas et al., 2013). Con el objetivo de identificar los subprocesos candidatos, se puede usar, por ejemplo, el criterio de estructuración de bloques, como se recomienda en (Reijers and Mendling, 2008). Otro criterio a seguir al descomponer es el de “conexión”. Los enfoques que consideran la conexión parecen más atractivos a seguir según (Reijers et al., 2010). Una colección de nodos está conectada si los nodos de la colección están más fuertemente conectados por arcos entre sí que con los nodos de afuera de esta colección (Reijers et al., 2010).

**Métrica asociada:**

- ✓ Número de elementos<sup>1</sup>

**D2: Evite el uso de elementos y fragmentos duplicados.****Acción:**

- ✓ Detectar elementos duplicados por ejemplo, a través de patrones de error.  
En la Figura 2, la misma actividad C se encuentra en la posición final de todos los caminos de entrada de la compuerta de unión. En tales casos, la actividad puede moverse fuera del bloque de control. La figura muestra solo uno de los diferentes casos: la compuerta no tiene que ser necesariamente una compuerta paralela (esto es extensible a las compuertas exclusivas e inclusivas), y mover una de las dos actividades idénticas fuera del bloque es posible también si estas siguen la compuerta de división.

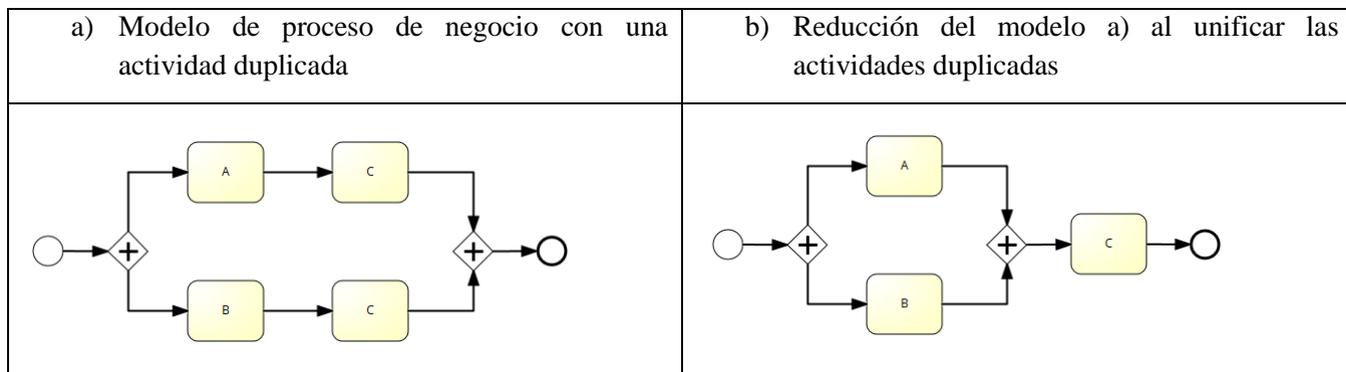


Figura 2: Actividad duplicada

<sup>1</sup> Las métricas se calculan para cada nivel del modelo de proceso de negocio

Otra posible situación que puede presentarse se muestra en la Figura 3 y su respectiva propuesta a llevar a cabo es la simplificación del modelo que contiene eventos de inicio idénticos precediendo la misma compuerta de unión (Weber et al., 2011).

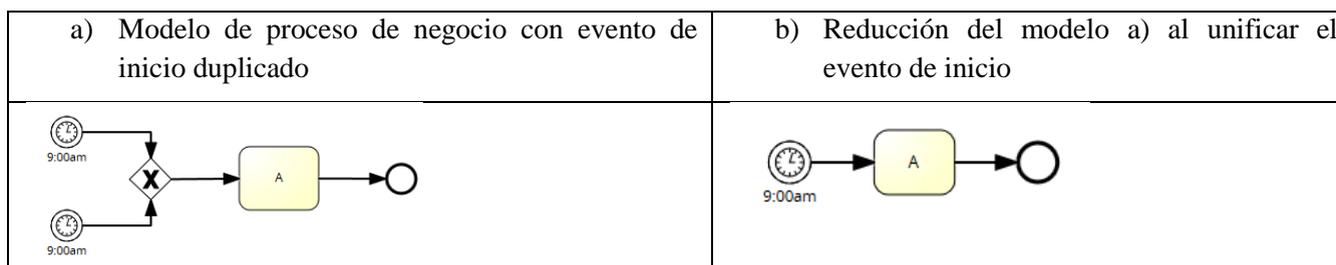


Figura 3: Eventos de inicio duplicados

De igual forma, los eventos finales pueden aparecer duplicados en los modelos. En este caso, la posible acción es la simplificación del modelo que contiene eventos de fin idénticos. Véase Figura 4.

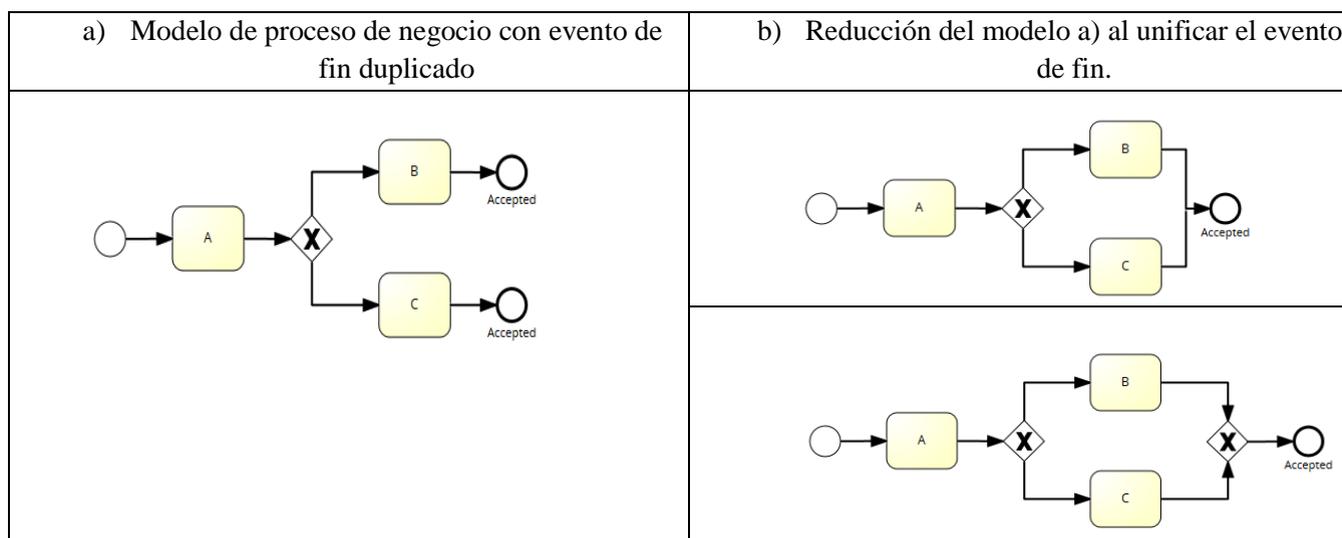


Figura 4: Eventos de fin duplicados

Por último se presenta el problema de la aparición de eventos intermedios duplicados, en este caso, dichos eventos deben fusionarse como se muestra en la Figura 5.

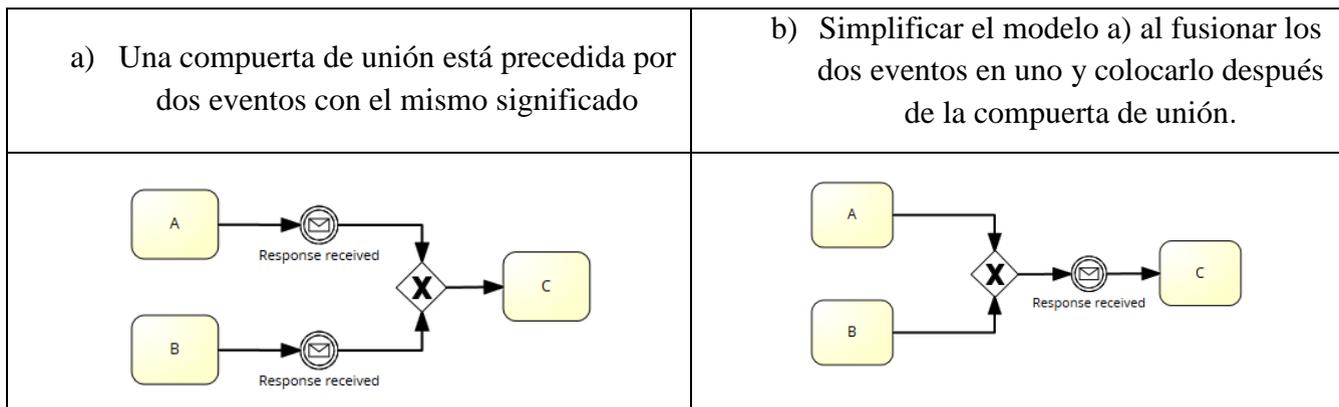


Figura 5: Eventos intermedios duplicados

- ✓ Colapsar los fragmentos repetidos dentro de subprocessos globales.

Esta acción se refiere a un subprocesso que no está contenido dentro de ningún modelo de proceso en específico, y como tal puede llamarse por otros modelos de procesos dentro de una misma colección de modelos. Este tipo de actividad se conoce como call activity en BPMN. Estas acciones se corresponden a patrones propuestos en (Weber et al., 2011). Véase Figura 6.

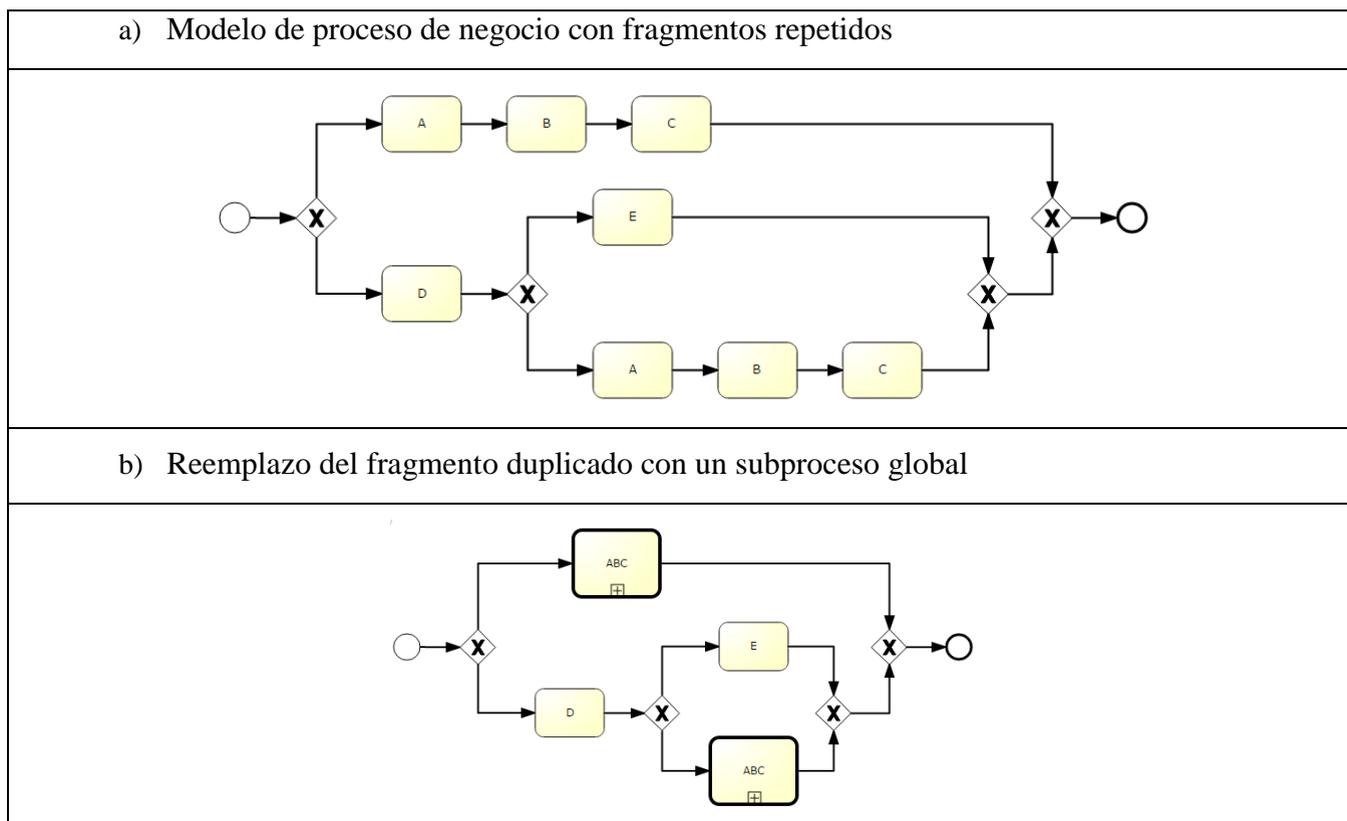


Figura 6: Fragmentos duplicados

### D3: Evite el uso de elementos innecesarios.

#### Acción:

- ✓ Según (Gruhn and Laue, 2009) una posible acción a llevar a cabo debido a la aparición de elementos redundantes es la eliminación de los mismos, por medio de reglas de transformación y/o patrones de error. Ver Figura 7.

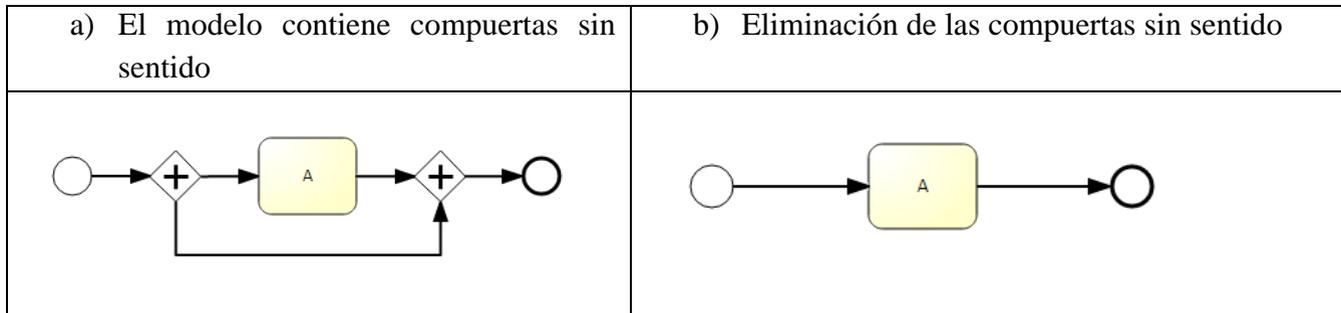


Figura 7: Elementos innecesarios

### Número de eventos:

#### D4: Evite un alto número de eventos (a lo sumo 7).

#### Acción:

- ✓ Divida el número de eventos entre el proceso y los subprocesos. Introduzca los subprocesos como se recomendó en la directriz relacionada con el número de elementos en el modelo.

#### Métrica asociada:

- ✓ Número total de eventos

#### Eventos de inicio y fin:

En (Mendling et al., 2010, Silver, 2009, Claes et al., 2012, Dijkman et al., 2008, Mendling et al., 2012) los autores recomendaron usar un único evento de inicio. Tomando como base conocimiento empírico de (Mendling et al., 2012), el uso de dos eventos de inicio es aún correcto. En (Mendling et al., 2007) los autores sugieren restringir el uso de múltiples eventos de inicio para mejorar la comprensión de los modelos. Respecto a los eventos de fin, en (Mendling et al., 2008) se afirma que un alto número de eventos de fin incrementa la probabilidad de error, aunque no muy fuertemente. En (Mendling et al., 2007, Mendling et al., 2010, Claes et al., 2012) se afirma que los modelos con un solo evento de fin tienen menor probabilidad de error y son más comprensibles. Tomando conocimiento empírico de (Mendling et al., 2012) el uso de dos eventos de fin es correcto. Usando como base la experiencia práctica (Silver, 2009) propone el uso de solo un evento de inicio en los subprocesos. El último autor, además, recomienda el uso de dos eventos de fin en los subprocesos para distinguir estados de éxito y de fracaso. Mientras que esto parece una buena práctica razonable, carece de fundamentos empíricos.

Los modelos con un solo evento de inicio/fin son más comprensibles (Mendling et al., 2010) y poseen menor probabilidad de error (Mendling et al., 2007) que los modelos con varios eventos de inicio/fin. La aplicación de las directrices mostradas a continuación implica una mejora en la calidad pragmática, sintáctica, semántica y empírica de los modelos.

**D5: No usar más de dos eventos de inicio/fin en el proceso de más alto nivel.**

**D5a: Use un solo evento de inicio en los subprocesos.**

**D5b: Use dos eventos finales para distinguir éxito de fracaso en los subprocesos.**

**Acción:**

- ✓ Reduzca el número de eventos de inicio:  
Reemplace todos los eventos de inicio por uno solo sucedido por una compuerta de división exclusiva (Claes et al., 2012). Conecte esta compuerta con cada actividad que fuera precedida por los eventos de inicio originales. Véase Figura 8.

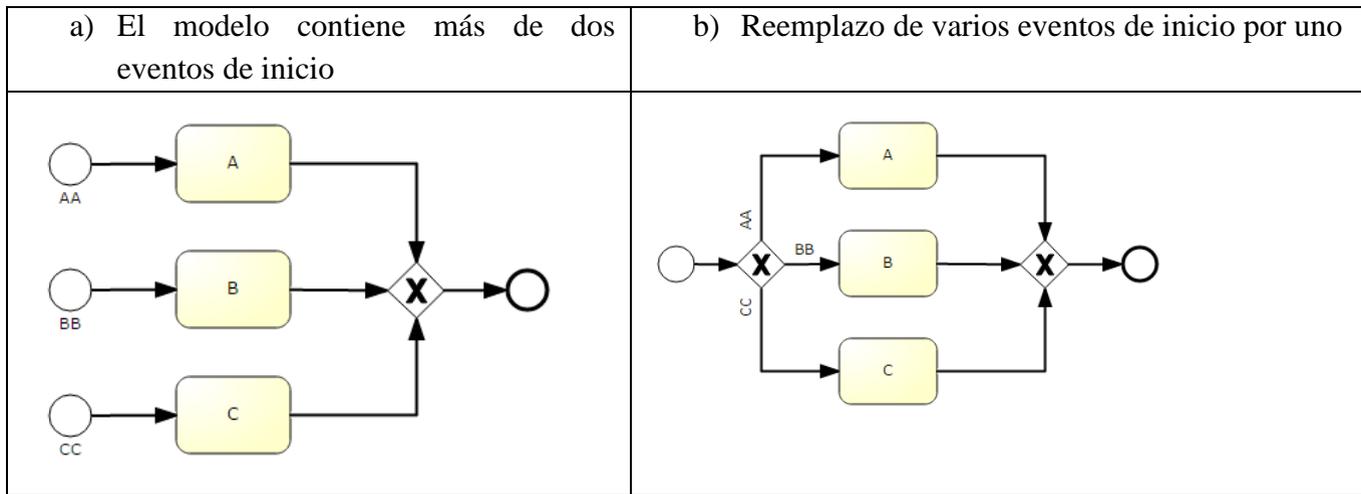


Figura 8: Reducción de eventos de inicio.

- ✓ Reduzca el número de eventos de fin:  
Reemplace todos los eventos idénticos de fin con solo un evento de fin precedido por una compuerta de unión. Conecte la compuerta a cada actividad que fuera seguida por los eventos de fin originales. Ver Figura 9.

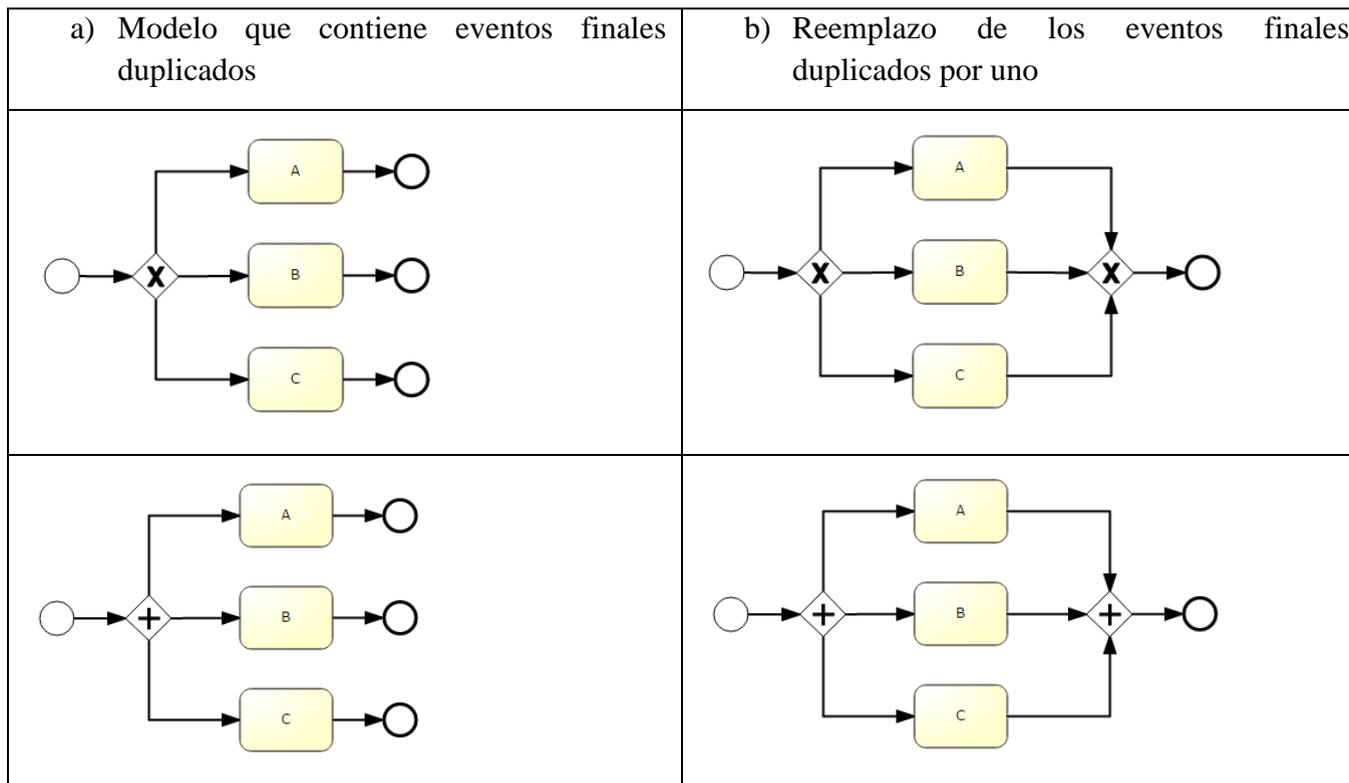


Figura 9: Reducción de eventos finales

**Métricas asociadas:**

- ✓ Número de eventos de inicio
- ✓ Número de eventos de fin

**D6: No omite eventos de inicio y fin.**

**Acción:**

- ✓ Cree eventos de inicio/fin usando la regla de transformación TR1 propuesta en (Claes et al., 2012). Preceda cada actividad que carezca de flujo de secuencia de entrada con un evento de inicio (esto es extensible a las compuertas paralelas y a las inclusivas) como se muestra en la Figura 10.

**Métricas asociadas:**

- ✓ Número de eventos de inicio
- ✓ Número de eventos de fin

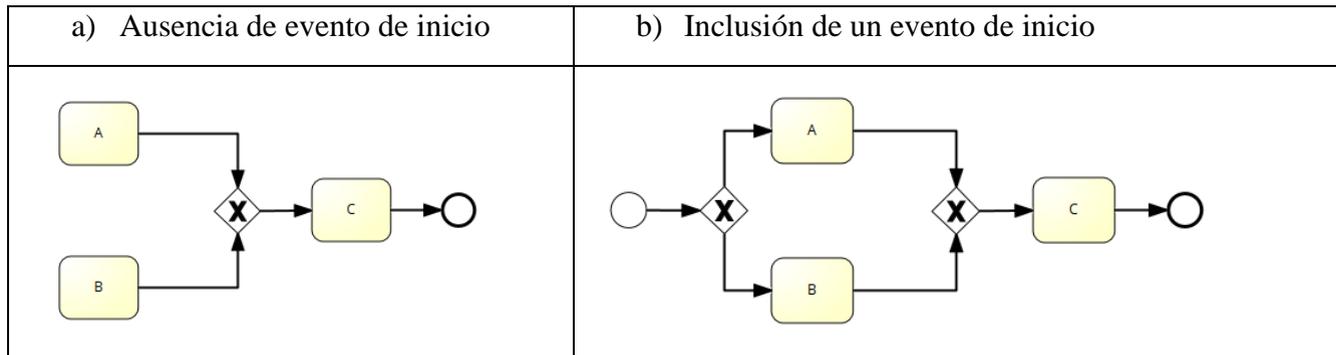


Figura 10: Inclusión de un evento de inicio

Haga que cada actividad sin flujo de secuencia de salida esté seguida por un evento de fin (extensible para las compuertas paralelas e inclusivas) (véase Figura 11).

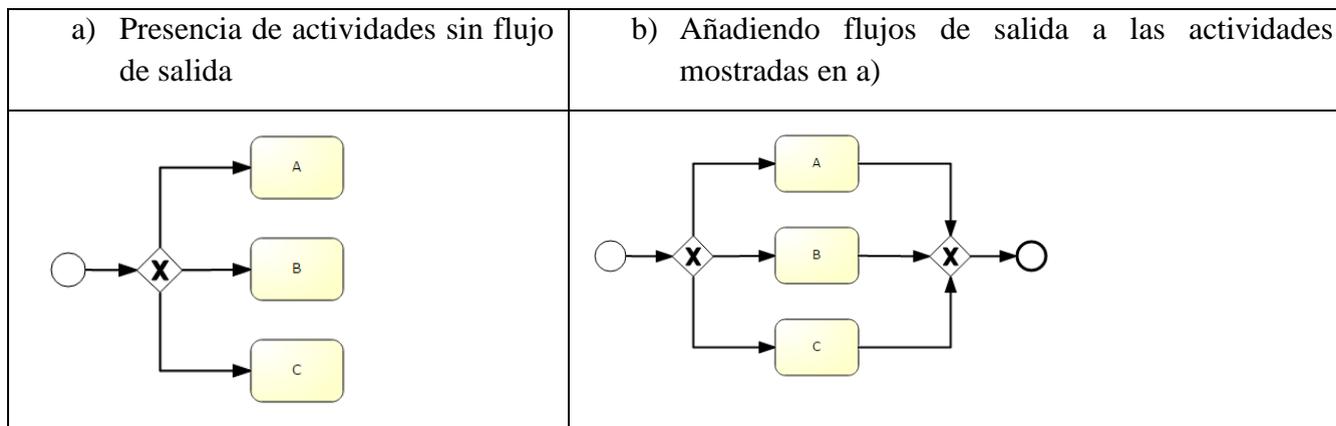


Figura 11: Inclusión de evento de fin

**Eventos intermedios:**

**D7: Evite un alto número de eventos intermedios.**

**Acción:**

- ✓ Introducir subprocesos como se recomienda en **D1** y distribuir los eventos intermedios entre el proceso y los subprocesos.
- ✓ Aplicar **D2** y **D3** para los eventos intermedios duplicados e innecesarios.

**Métrica asociada:**

- ✓ Número de eventos intermedios

**Número de arcos:**

**D8: Evite los modelos con alto número de arcos (preferentemente a lo sumo 34).**

**Acción:**

Introducir subprocesos como se recomienda en la **D1**, o, alternativamente, usar el criterio de conexión para dividir el número de arcos entre el proceso y los subprocesos como se explicó en la discusión de la directriz actual.

**Métricas asociadas:**

- ✓ Número de arcos (SA)
- ✓ Densidad
- ✓ Grado promedio de los conectores ( $\bar{d}_c$ )

**Número de compuertas:**

**D9: Evite los modelos con alto número de compuertas de control de flujo (preferentemente, a lo sumo, 12).**

**Acción:**

- ✓ Descomponga el modelo como se recomienda en **D1**.

**Métricas asociadas:**

- ✓ Número total de compuertas (TNG)
- ✓ Indicador de complejidad de compuertas (GCI)
- ✓ Complejidad de Flujo de Control (CFC)

**Número de actividades:**

**D10: Minimice el número de actividades.**

**Acción:**

- ✓ Descomponga el modelo como se propone en la **D1**.
- ✓ Elimine actividades duplicadas como se propone en la **D2**.

**Métrica asociada:**

- ✓ Número total de Actividades

### Complejidad de los elementos:

#### Complejidad de las compuertas:

**D11: No use gran cantidad de flujos de secuencias en cada compuerta (preferentemente, a lo sumo, 3).**

#### Acción:

- ✓ Reducir el número de flujos de secuencia por compuertas. Véase Figura 12.

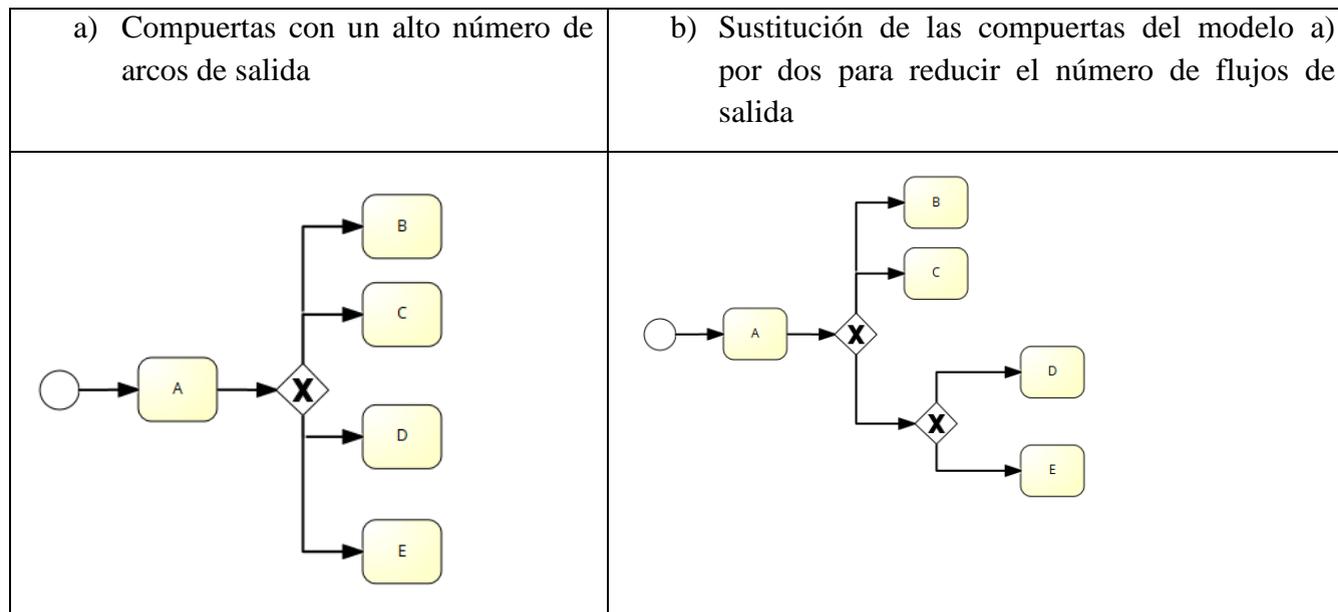


Figura 12: Arcos de salida

#### Métricas asociadas:

- ✓ Grado promedio de los conectores ( $\overline{d_c}$ )
- ✓ Grado máximo de los conectores ( $\widehat{d_c}$ )
- ✓ Complejidad de Control de Flujo (CFC)
- ✓ *CFCor split*
- ✓ *CFCxor split*

**D12: No combine múltiples entradas y salidas en una misma compuerta de control de flujo.**

#### Acción:

- ✓ Separar el comportamiento de unión del comportamiento de división al descomponer una compuerta con múltiples flujos de entrada y múltiples flujos de salida en una compuerta de unión seguida por una compuerta de división de flujo, donde la compuerta de unión tiene todos los flujos de entrada y la compuerta de división tiene todos los flujos de salida (véase Figura 13).

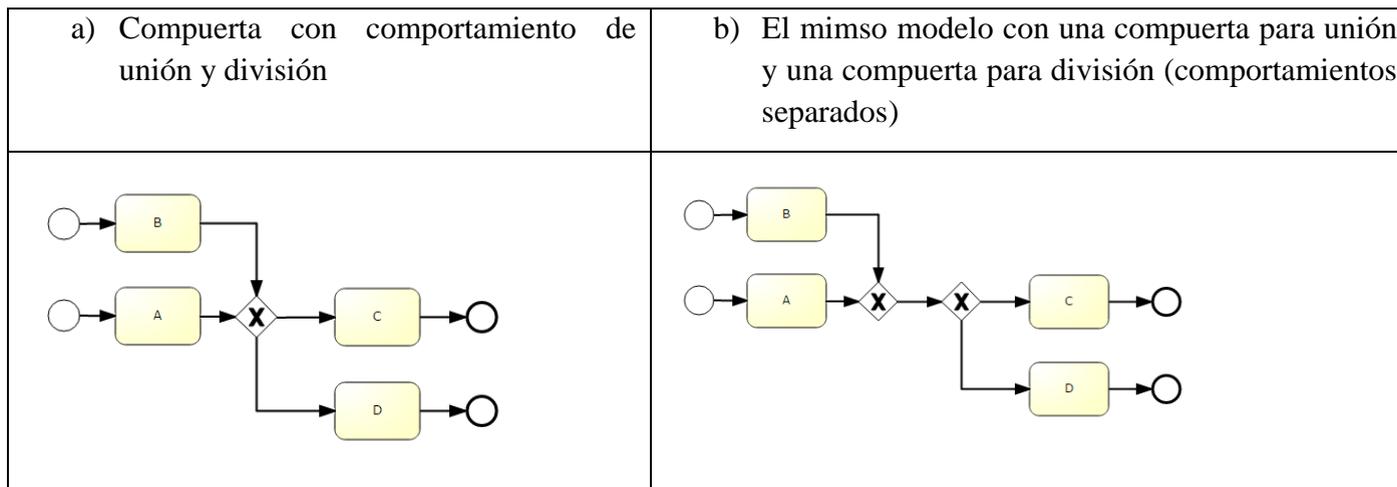


Figura 13: Ejemplo de compuerta con comportamiento de unión y división

**Complejidad de los eventos:**

**D13: No use gran cantidad de arcos de salida en los eventos (preferentemente, a lo sumo, 4).**

**Acción:**

- ✓ Reducir el número de flujos de secuencia salientes de los eventos:  
Múltiples flujos de secuencia salientes desde un evento indican paralelismo. Si este debe modelarse por existir en el dominio representado, debe usarse una compuerta para modelarlo explícitamente. El modelo resultante puede ser más complejo con un incremento del número de compuertas (véase Figura 14).

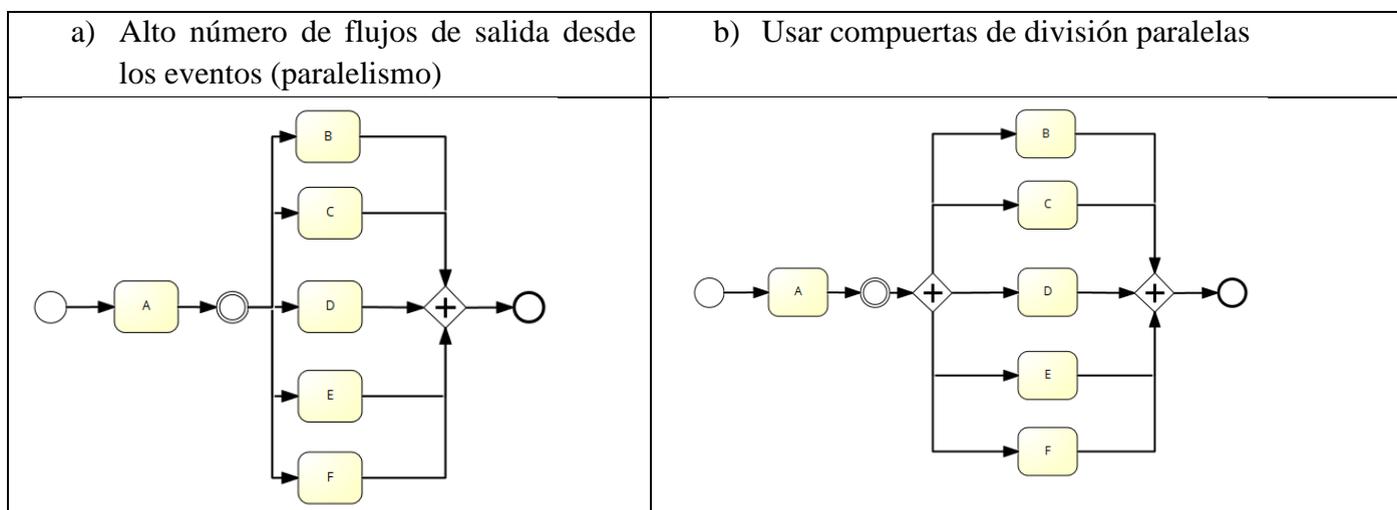


Figura 14: Reducción del número de eventos

**Métrica asociada:**

- ✓ Número total de flujos de secuencia desde los eventos (NSFE)
- ✓ \*\* Número máximo de flujos de secuencia desde los eventos

**Morfología:**

**Profundidad:**

**D14: Evitar bloques estructurados profundamente anidados.**

**Acción:**

- ✓ Introducir subprocessos para ocultar la complejidad o aplanar las compuertas de decisiones subsecuentes en uno o en un menor número de compuertas.

**Métricas asociadas:**

- ✓ Profundidad
- ✓ \*\* Profundidad máxima de anidamiento

**Ciclicidad:**

**D15: Evite modelos con múltiples ciclos.**

**Acción:**

- ✓ Una posible acción consiste en usar actividades de tipo loop para representar los ciclos estructurados, es decir, aquellos ciclos con solo un punto de salida; sin embargo, esto no reducirá los ciclos, los cuales, si existen en el dominio, deberán ser representados en el modelo.

**Métricas Asociadas:**

- ✓ Ciclicidad (CYC)
- ✓ Separabilidad
- ✓ Secuencialidad

**D16: Use una compuerta de división XOR para retornar en un ciclo, y una compuerta de unión XOR para el comienzo del ciclo.**

**Acción:**

- ✓ Sustituir las compuertas de inicio y fin de ciclo por compuertas exclusivas (véase Figura 15).

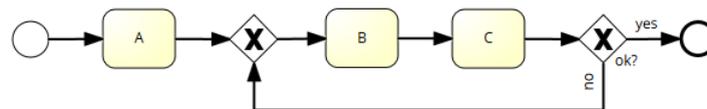


Figura 15: Sustitución de compuertas de inicio y fin

**Métrica asociada:**

- ✓ \*\* Número de ciclos que incumplen esta regla.

**Paralelismo:**

**D17: Evite un alto nivel de paralelismo en sus modelos de procesos (la suma de los grados de salida de las compuertas paralelas y de las compuertas inclusivas deberá totalizar a lo sumo 8).**

**Acción:**

- ✓ Si la división de tokens está por encima del umbral, considerar descomponer el modelo para hacerlo menos complejo.
- ✓ Eliminar paralelismo innecesario al aplicar patrones presentados en la **D3**.

**Métrica asociada:**

- ✓ Token split

**D18: Cada camino paralelo debe alcanzar un evento de fin o debe ser sincronizado.**

**Acción:**

- ✓ Corregir el paralelismo (véase Figura 16):

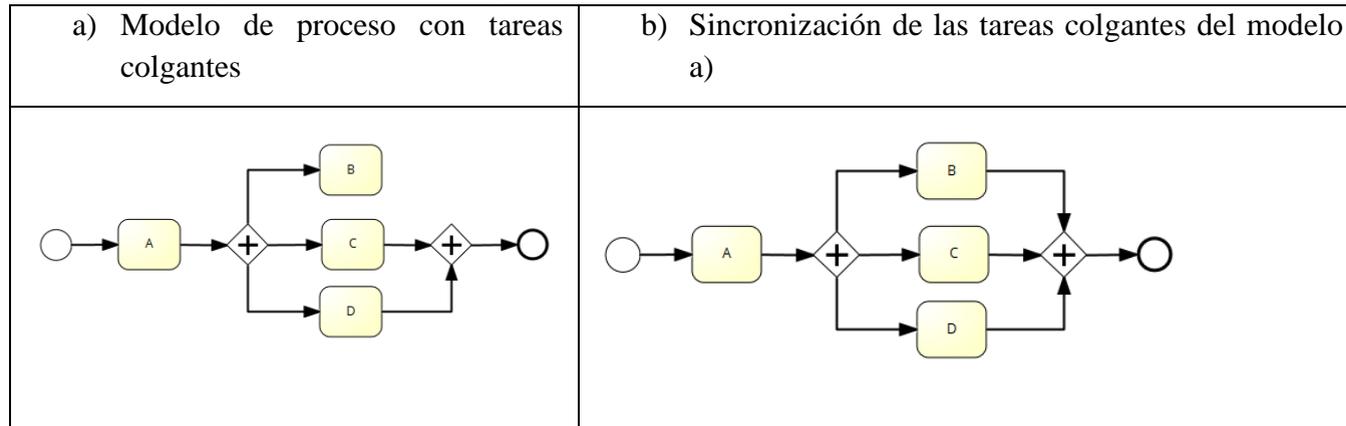


Figura 16: Corrección de paralelismo

**Métrica asociada:**

- ✓ \*\* Número de caminos no sincronizados

**Estructuralidad:**

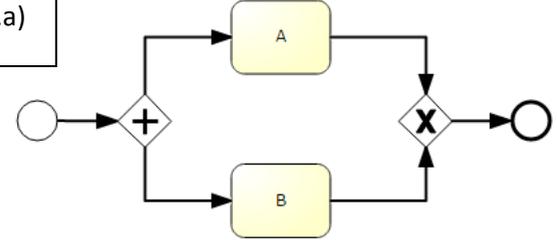
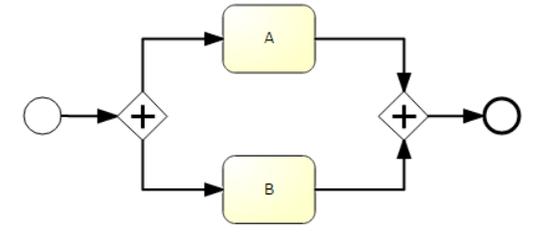
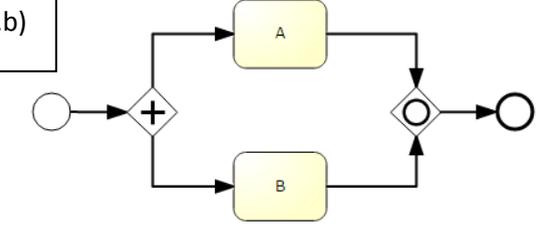
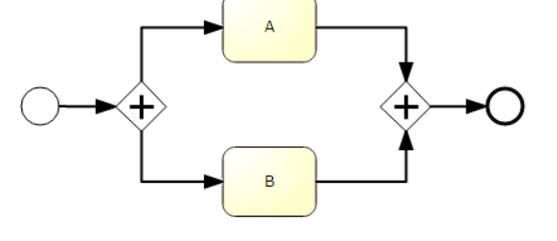
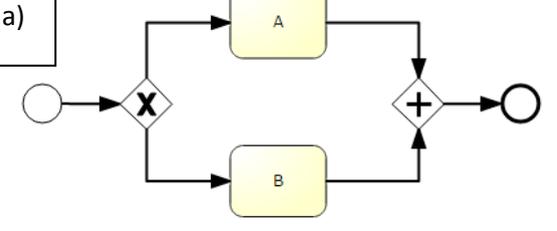
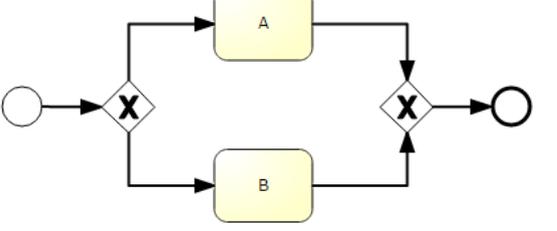
**D19: Para cada compuerta de división (SPLIT) establecer una compuerta respectiva de unión (JOIN) del mismo tipo.**

**Acción:**

Acciones pragmáticas para mejorar la estructuralidad:

- ✓ Introducir una compuerta de unión por cada compuerta de división (del mismo tipo).
- ✓ Introducir una compuerta de división por cada compuerta de unión que no concuerde (del mismo tipo).
- ✓ Evitar las uniones implícitas.

Si el modelo tiene pares que no se corresponden con las compuertas, hacerlos corresponder usando las reglas siguientes<sup>1</sup> (véase Figura 17):

a) Reemplazar fragmentos de modelos como los siguientes	b) Por estos
1.a) 	
1.b) 	
2.a) 	

<sup>1</sup> Estas reglas apuntan a la reducción de la heterogeneidad de las compuertas, de la mejora de la exactitud del modelo (eliminación de deadlocks y de la falta de sincronización) y las recomendaciones de la eliminación de las compuertas inclusivas de los modelos se tienen en cuenta (<http://academic.signavio.com/>)

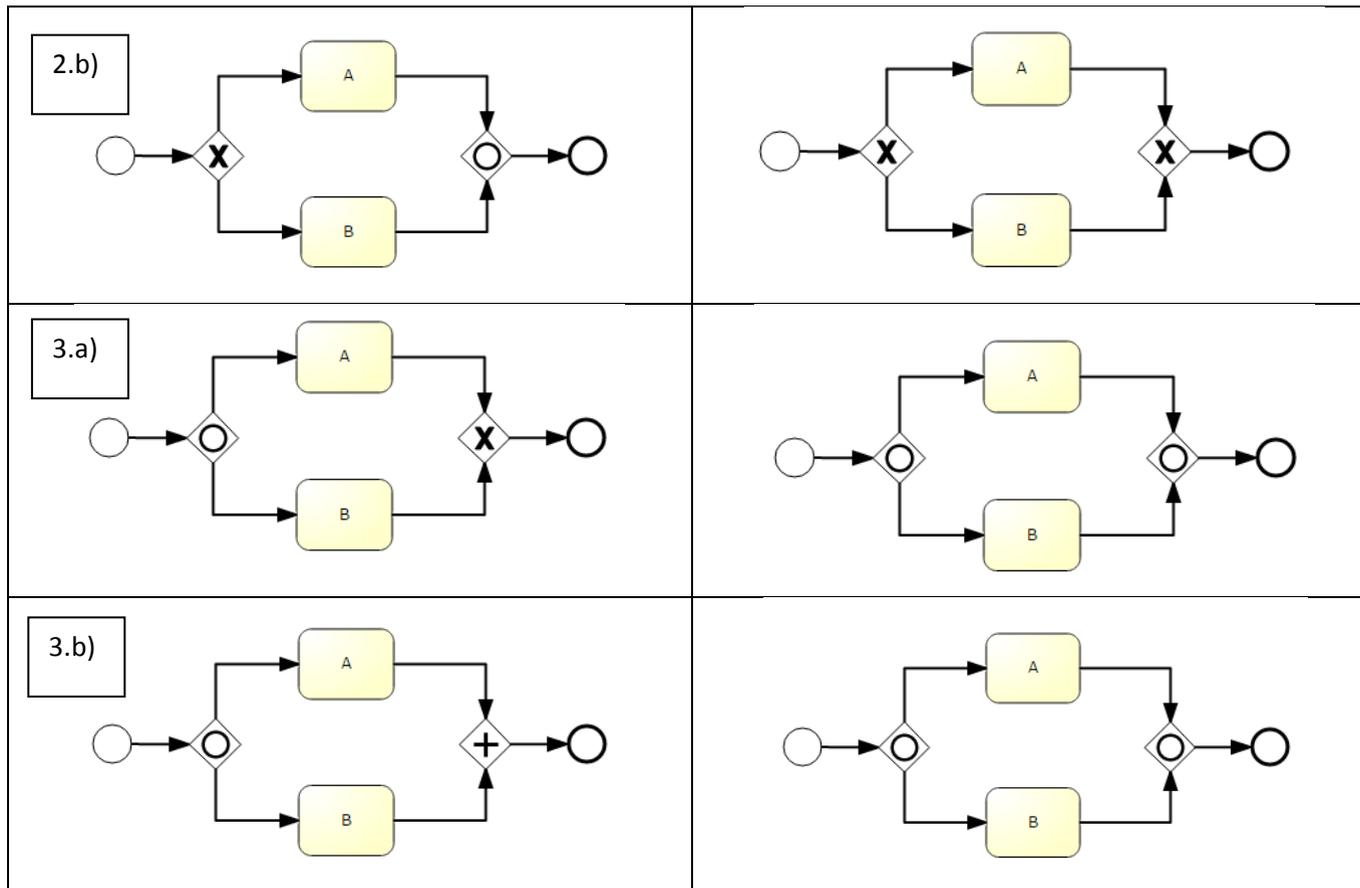


Figura 17: Reglas de correspondencia para las compuertas

**Métricas Asociadas:**

- ✓ Incongruencia de las compuertas (MM)

**Diámetro (camino más largo):**

**D20:** Mantenga el camino desde el nodo inicio hasta el final, tan corto como sea posible.

**Acción:**

- ✓ Descomponer el modelo para ocultar la complejidad.

**Métrica asociada:**

- ✓ Diámetro (diam)

## Compuertas inclusivas:

### D21: Minimice la diversidad de compuertas.

#### Acción:

- ✓ Reducir la diversidad de las compuertas si es posible. Una vía para lograrlo es a través del análisis y evaluación del modelo para eliminar uno de los tres tipos diferentes de compuertas del modelo, por ejemplo, si aparecen los casos 1.b y 2.b de la **D19**. Al mejorar la estructuralidad del modelo se disminuye el valor de heterogeneidad de las compuertas.

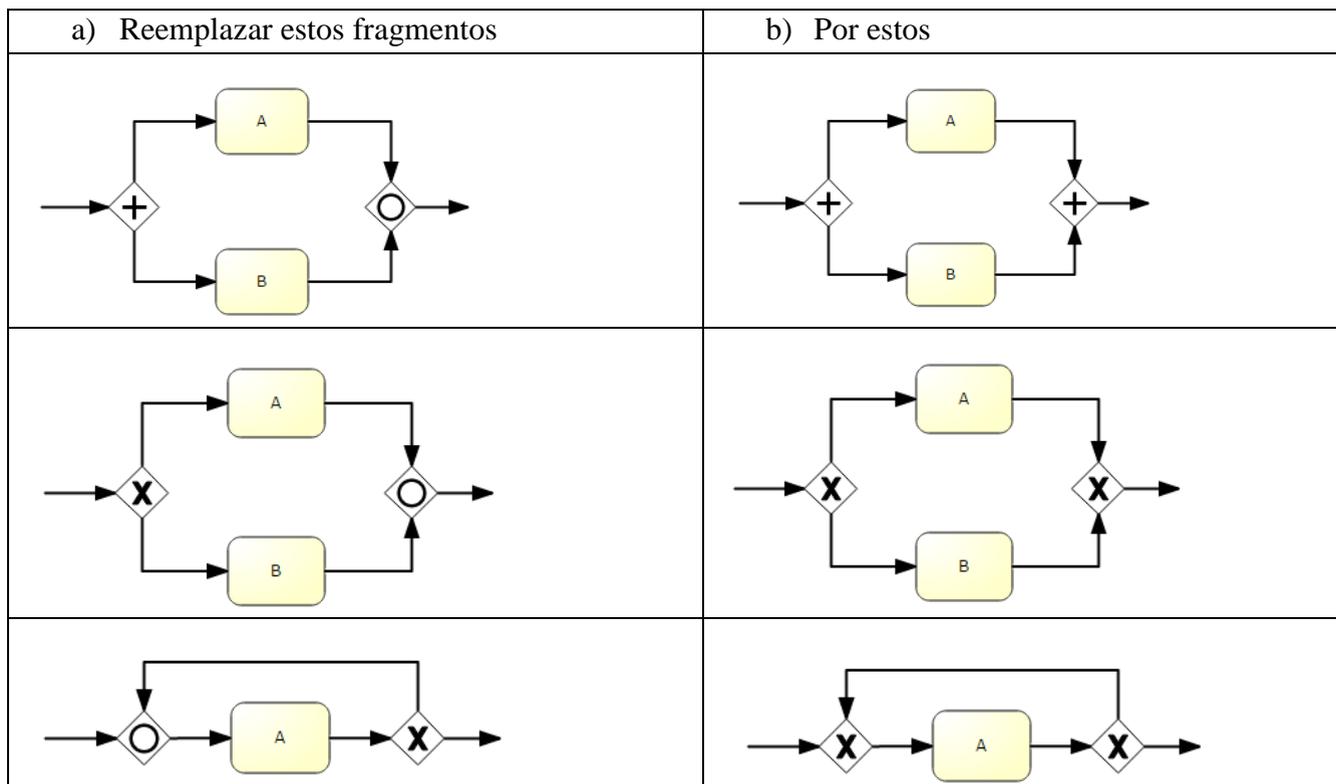
#### Métrica asociada:

- ✓ Heterogeneidad de las compuertas (GH)

### D22: Evite las compuertas inclusivas OR cuando sea posible.

#### Acción:

- ✓ Reducir el número de compuertas inclusivas siempre que sea posible reemplazándolas por los siguientes patrones (Gruhn and Laue, 2009) (véase Figura 18):



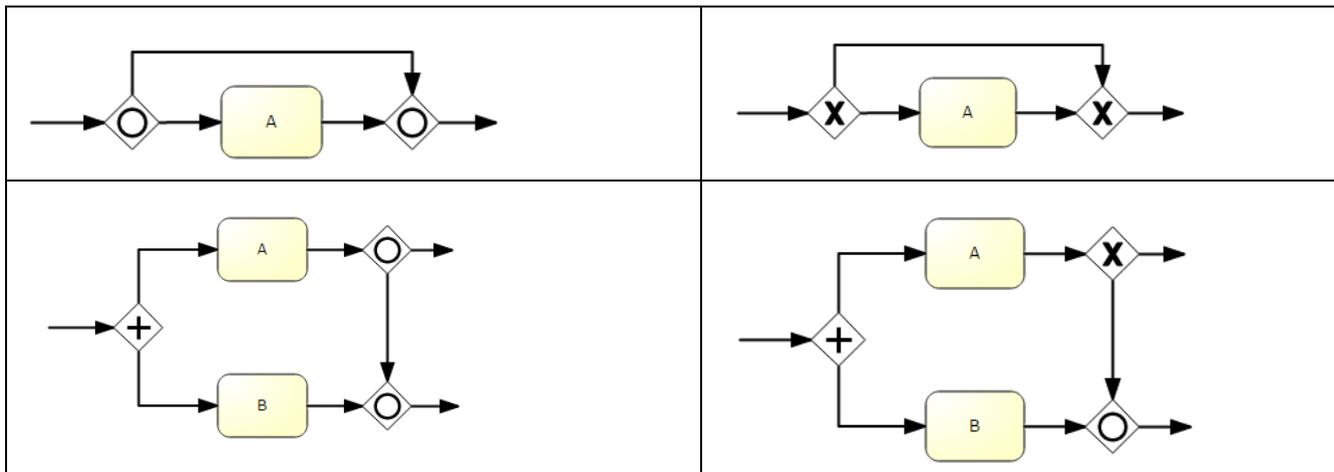


Figura 18: Patrones para la reducción de compuertas inclusivas

**Métricas Asociadas:**

- ✓ Número de compuertas inclusivas Or-Split
- ✓ Heterogeneidad de las compuertas (GH)

**Complejidad General:**

**D23: Seleccione la alternativa más sencilla al modelar.**

**Acción:**

- ✓ Reducir la complejidad general del modelo si es posible aplicando los patrones dados en todas las directrices.

**Modularidad:**

**D24: Ajuste cada nivel de proceso en una página descomponiendo modelos con más de 31 elementos (véase D1).**

**D25a: Evite descomponer en subprocessos muy pequeños con menos de 5 actividades.**

**Acción:**

- ✓ Aplicar los criterios de estructuralidad de bloques o interconexión de elementos para descomponer los modelos.
- ✓ Criterio de estructuralidad de bloque:  
Crear subprocessos de aquellos fragmentos del modelo que estén compuestos con un solo flujo de secuencia de entrada y un solo flujo de secuencia de salida.
- ✓ Criterio de interconexión de elementos:  
Crear subprocessos de aquellos fragmentos del modelo en que los elementos estén más fuertemente conectados por flujos de secuencia que los otros elementos de afuera de la colección.

**Métrica asociada:**

- ✓ Número de nodos

**Representación Visual:**

**Directrices de Diseño:**

**D26:** Mantenga el diagrama tan limpio y consistentemente organizado como sea posible siguiendo la siguiente lista de consejos:

**D27a:** Minimice los cruces de líneas.

**D28b:** Minimice el número de solapamientos en los elementos.

**D29c:** Minimice las curvas en los elementos de conexión.

**D30d:** Haga sus modelos largos y delgados, en lugar de cuadrados: maximice el número de objetos de conexión respecto a la dirección del flujo de secuencia.

**D31e:** Coloque los elementos tan simétricos como sea posible.

**D32f:** Minimice el área de dibujo.

**D33g:** Coloque los elementos relacionados lo más cerca posible.

**D34h:** Adapte el tamaño de los objetos para que todos tengan suficiente espacio.

**D35i:** Considere el uso de particiones como pools y swimlanes.

**D36j:** Especifique los tipos de tareas, especialmente los tipos humano y automático.

**D37k:** Use un estilo uniforme para el diseño del flujo.

**Acción:**

- ✓ Aplicar las directrices para alcanzar una buena representación visual del modelo, véase Figura 19:

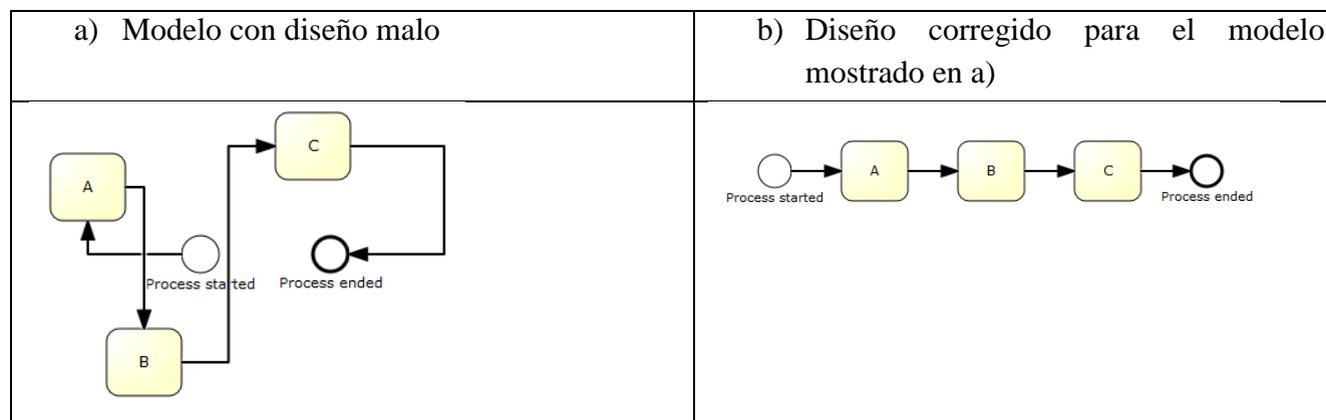


Figura 19: Ejemplo de modelo desorganizado

## Estilo de Etiquetas

*D38: Etiquetas de actividades:*

**D39a: Use etiquetas del tipo verbo-sustantivo para las actividades.**

**D40b: Use etiquetas cortas.**

**D41c: Reserve palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo.**

*D39: Etiquetas de Eventos:*

**D39a: Etiquete los eventos de Tiempo con su duración o el parámetro de fecha/hora.**

*D40: Etiquetas de Compuertas:*

**D40a: Etiquete las compuertas y todos los flujos de secuencia de salida.**

*D41: Etiquetas de los pools:*

**D41a: Etiquete los pools con el nombre del proceso.**

**D41b: Etiquete las cajas negras que no contienen procesos con el nombre de los participantes.**

### **Acción:**

Analice las etiquetas en las actividades del modelo de proceso y reemplácelas por las siguientes acciones según se necesite para lograr buena calidad empírica:

Para las actividades:

- ✓ Reemplace etiquetas según se necesite para lograr el estilo verbo-objeto. También, analice cómo acortarlas.

Para los eventos:

- ✓ Adicione la duración correspondiente o el parámetro de tiempo para cada evento de tiempo del modelo de proceso según se necesite.

Para las compuertas:

- ✓ Añádale las etiquetas a compuerta del modelo de proceso si están ausentes.

## **2.2 Nuevo conjunto de directrices prácticas**

Con el fin de establecer un nuevo y más refinado conjunto de directrices prácticas que ayuden a los modeladores a obtener una mejor calidad en sus modelos de procesos de negocio, este trabajo se basa en:

1. **Conjunto de siete directrices de modelación extraídas de (Mendling et al., 2010) y (Moreno-Montes de Oca and Snoeck, 2015).** Estas directrices proveen un conjunto de recomendaciones sobre cómo construir un modelo desde cero y para la mejora de los modelos de procesos de negocio existentes.

A pesar de las potencialidades y aplicaciones de estas directrices, se considera que es un conjunto muy reducido y que no es suficiente para ayudar en la mejora de la calidad de los modelos. Por esta razón se decide incrementar el mismo a partir de la aplicación de un:

2. **Chequeo de los errores más frecuentes:** fue realizado a un grupo de estudiantes de doctorado de la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI), el La Habana, Cuba. Para ello se le propuso realizar un ejercicio de modelación, utilizando la notación BPMN. El problema está basado en un caso de la vida real con algunas simplificaciones y enmarca el proceso de pedido y suministro de vehículos de la marca "VROOM" en Bélgica. Entre los actores involucrados en el proceso están: los clientes, Vroom Belgium, Vroom International, el comerciante, el banco, etc. Los estudiantes modelaron desde la perspectiva del cliente, del comerciante y del sistema VROOM.

El objetivo del ejercicio propuesto era extraer conclusiones, de acuerdo a los errores cometidos por los estudiantes en sus modelos, sobre cuáles directrices de las extraídas a partir del análisis de la literatura eran las más reincidentes y con mayores problemas. Para ello se realizó un análisis descriptivo de los datos y tomándose como medida la suma y la mediana. El análisis fue realizado a partir de la evaluación de cada directriz en los modelos y enfocándose en la presencia o no del problema. Partiendo de esto, los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Chequeo de errores frecuentes

Directrices	Soporte empírico	Sistema VROOM		Comerciante		Cliente		Total:
		SUM	Mediana	SUM	Mediana	SUM	Mediana	
<b>Número de elementos:</b>								
D2 Evitar el uso elementos duplicados	sí	22	0.59	26	0.7	17	0.46	65
D4 Evitar un alto número de eventos (más de 7)	sí	22	0.59	26	0.7	8	0.22	56
D91 Usar dos eventos finales para distinguir éxito de fracaso	no	19	0.51	0	0	8	0.22	27
D7 Evitar un alto número de eventos intermedios (más de 5)	sí	6	0.16	19	0.51	3	0.08	28
<b>Morfología</b>								
D20 Altos niveles de estructuralidad: Para cada compuerta de división (SPLIT) establecer una compuerta respectiva de unión (JOIN) del mismo tipo	sí	15	0.41	18	0.49	7	0.19	40
<b>Estilo de las etiquetas</b>								
D52 Etiquetar los eventos de fin	no	35	0.95	35	0.95	37	1	107
D45 Etiquetar todas las compuertas	no	25	0.68	27	0.73	10	0.27	62
<b>Diseño</b>								
D32 Colocar los elementos tan simétricos como sea posible	no	23	0.62	29	0.78	10	0.27	62
D29 Minimizar las curvas en los elementos de conexión	no	21	0.57	30	0.81	16	0.43	67
D46 Reservar palabras como Enviar/Recibir	no	20	0.54	27	0.73	15	0.41	62

para actividades y eventos de este tipo								
---	--	--	--	--	--	--	--	--

En la primera columna de la tabla se muestran las directrices que obtuvieron los valores más altos de acuerdo a la suma y la mediana desde cada perspectiva (cliente, comerciante y el sistema VROOM). De estas directrices, cuatro pertenecen al tamaño de los modelos, una a la morfología, dos al estilo de las etiquetas y las últimas tres al diseño.

Adicionalmente se muestran cuáles directrices han sido validadas empíricamente y cuáles no. Los datos revelan que gran parte de las directrices no han sido validadas, lo cual es una muestra de inmadurez en este campo de investigación. Finalmente, la última columna, muestra los totales para cada directriz; es decir, la frecuencia de aparición del problema en los modelos de manera general.

Luego con las directrices extraídas a partir del chequeo de errores frecuentes y tomando como base el conjunto de directrices de modelación propuesto por (Mendling et al., 2010) y (Moreno-Montes de Oca and Snoeck, 2015), se compone de la siguiente forma el nuevo conjunto de directrices prácticas. En este nuevo conjunto las directrices se agrupan de acuerdo a la taxonomía mostrada en la figura del Anexo 2. La columna de la derecha muestra la métrica asociada a cada una de ellas (véase Tabla 4):

Tabla 4: Directrices prácticas reformuladas

Directrices reformuladas	Métrica asociada
<b>Tamaño</b>	
1. Modularizar modelos con más de 31 elementos.	$M1: S_N$
a) Evitar el uso elementos y fragmentos duplicados.	$M2: Existencia de elementos duplicados.$ <sup>1</sup> $M3: Existencia de fragmentos duplicados.$
b) Evitar el uso de elementos innecesarios.	$M4: Existencia de elementos innecesarios.$
2. Evitar un alto número de eventos (más de 7).	$M5: S_E$
3. No usar más de dos eventos de inicio/fin en el proceso de más alto nivel.	$M6: S_{Ee}$ $M7: S_{Es}$
a) En los subprocesos: usar dos eventos finales para distinguir éxito de fracaso.	$M6: S_{Ee}$ $M7: S_{Es}$
4. No omitir los eventos de inicio/fin.	$M6: S_{Ee}$ $M7: S_{Es}$
5. No usar más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta.	$M8: Existencia de más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta.$ $M9: \overline{d_c}, M10: \widehat{d_c}, M11: CFC, M12: CFCor split,$ $M13: CFCxor split$

<sup>1</sup> Se proponen estas medidas dicotómicas para determinar si el modelo contiene el problema asociado a la directriz

a) No usar múltiples entradas y salidas en la misma compuerta.	<i>M14: Existencia de múltiples entradas y salidas en la misma compuerta.</i>
<b>Morfología</b>	
6. Para cada compuerta de división (SPLIT) establecer una compuerta respectiva de unión (JOIN) del mismo tipo.	<i>M15: MM</i>
7. Evitar las compuertas inclusivas OR-Split cuando sea posible.	<i>M16: GH</i> <i>M17: Number of inclusive OR-Splits.</i>
<b>Estilo de las etiquetas</b>	
8. Etiquetar todos los elementos del modelo (ej. Compuertas, eventos) con excepción de las compuertas AND.	<i>M18: Ausencia de etiquetas en el modelo</i>
a) Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo.	<i>M19: Ausencia de etiquetas del tipo verbo-sustantivo</i>
b) Usar etiquetas cortas.	<i>M20: Presencia Etiquetas largas</i>
c) Reservar palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo.	<i>M21: Ausencia de palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo</i>
<b>Diseño</b>	
9. Mantener los diagramas bien organizados.	<i>M22: Diagramas desorganizados</i>
a) Minimizar las curvas en los elementos de conexión.	<i>M23: Alto número de curvas</i>
b) Minimizar los cruces de líneas.	<i>M24: Alto número de cruzamiento de líneas en el modelo</i>
c) Colocar los elementos tan simétricos como sea posible.	<i>M25: Los diagramas no son simétricos</i>
10. Asegure que el flujo de secuencia no se encuentre desconectado.	<i>M26: Desconexiones en el flujo de secuencia</i>

La última directriz relacionada con la representación visual no formaba parte del conjunto extraído de la literatura y, a pesar de estar incluida como una regla sintáctica en el estándar, se decidió añadirla como un consejo práctico debido a la frecuencia de aparición de este error en los modelos de los estudiantes.

El conjunto de directrices reformulado ofrece una serie de recomendaciones sobre cómo lograr una mejor calidad en los modelos en cuanto a calidad sintáctica, semántica, pragmática y empírica y éstas, a su vez, implicarán mejoras en la comprensibilidad, la capacidad de modificación y minimizarán las probabilidades de desarrollar errores de requisitos. Las mejoras incorporadas a estos modelos evitan la propagación de errores y deficiencias a etapas posteriores del desarrollo de un sistema, un uso más eficiente y efectivo de las TI y la obtención de un mejor producto final, en este caso, el modelo de procesos de negocio.

### **2.3 Conclusiones parciales**

Las directrices prácticas representan una herramienta importante para mejorar la calidad de los modelos de procesos de negocio, sobre todo para las grandes iniciativas de modelación con varios modeladores casuales involucrados. En este capítulo se determinan, a partir de un análisis de la literatura, qué directrices prácticas serán objeto de estudio. Se analizan con profundidad las directrices y se desarrolla la representación visual de las mismas para su posible utilización como parte del material experimental. Posteriormente, a partir de un chequeo de los errores más frecuentes cometidos por los estudiantes en los modelos, se formula un nuevo conjunto de directrices prácticas con el fin de obtener modelos de procesos de negocio con mayor calidad.

# CAPÍTULO 3

## **CAPÍTULO 3: PRUEBA EMPÍRICA DEL CONJUNTO DE DIRECTRICES**

En este capítulo se lleva a cabo la evaluación de las directrices prácticas reformuladas en la sección 2.2 del capítulo anterior a partir de la aplicación de un experimento basado el Modelo de Evaluación de Métodos. Las directrices fueron reformuladas con el objetivo de ayudar a modeladores expertos e inexpertos en la obtención de modelos de procesos de negocios con mayor calidad; cada una se asoció con una posible acción a tomar para su aplicación y con un conjunto de métricas que permitirán determinar cuantitativamente el efecto de la aplicación de las directrices en los modelos. En este trabajo se define calidad de acuerdo al framework CMQF.

El objetivo de la evaluación es: primero analizar si las directrices prácticas ofrecen una fuente confiable y válida para la mejora de algunos aspectos de calidad de los modelos de procesos de negocios y, segundo, analizar si dichas directrices serán adoptadas en la práctica.

### **3.1 Evaluación del conjunto de directrices prácticas**

Para evaluar el efecto de las directrices de modelación de procesos de negocio, este trabajo se basa en un método cuyos objetivos de evaluación están encaminados a demostrar en qué medida las directrices abarcan los aspectos referidos en la taxonomía (véase figura en el Anexo 2) y mejoran la calidad de los modelos de procesos de negocio. El modelo se basa en dos áreas: el pragmatismo metodológico y el Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM).

#### **3.1.1 Pragmatismo metodológico**

El pragmatismo metodológico según Moody (Moody, 2003), define que un método no describe la realidad externa por lo que no puede ser verdadero o falso, sólo es eficaz o ineficaz. La validez de un método sólo puede ser establecida por el éxito aplicativo en la práctica. El objetivo de la validación no debe consistir en demostrar que el método es "correcto", sino que es una práctica racional para adoptar el método basado en su éxito pragmático, el cual se define como la eficiencia y eficacia con la que el método consigue sus objetivos. Todos los métodos están diseñados para mejorar el desempeño de una tarea de dos formas: mejora de la eficiencia, al reducir el esfuerzo necesario para completar la tarea y la eficacia, al mejorar la calidad del resultado.

#### **3.1.2 Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM)**

Si un SI no es aceptado para su uso práctico, independientemente de la calidad técnica o potencialidades del mismo, sus beneficios no podrán materializarse. En este sentido TAM ha sido utilizado como base teórica de muchos estudios empíricos relacionados con la aceptación de los usuarios de las TI y ha acumulado un amplio apoyo teórico.

De acuerdo a lo planteado en (Moody, 2003) existe un claro paralelismo entre la adopción de métodos en la práctica y la aceptación por parte de los usuarios de los SI. Por esta razón se argumenta que los modelos teóricos utilizados para predecir y explicar la aceptación del usuario de las TI, pueden estar adaptados para

explicar y predecir la adopción de métodos. El propósito fundamental de TAM es proveer una base para rastrear el impacto de circunstancias externas en el pensar interno, actitudes e intenciones (Amoako-Gyampah, 2007). En este sentido se considera a TAM como un modelo para predecir la adopción de las directrices.

TAM se descompone en dos construcciones primarias: facilidad de uso percibida y utilidad percibida, las cuales conducen a la intención de uso.

El modelo teórico resultante combina dos dimensiones diferentes pero relacionadas con el éxito del método: eficacia real y adopción en la práctica. Un método que mejora el rendimiento pero que no se utiliza no tendrá ningún efecto sobre las prácticas. Del mismo modo, un método que usado por los usuarios, si no reduce el rendimiento de la tarea, tendrá un efecto negativo sobre las prácticas.

### 3.1.3 Modelo de Evaluación de Métodos (MEM)

La investigación en el diseño de los SI tiende a enfatizar el desarrollo de nuevos métodos, al dirigirse a la utilización y evaluación de métodos en sólo una manera limitada (Moody, 2003). MEM es un modelo teórico asociado a herramientas de medición para evaluar los métodos de diseño de los SI, en este caso específico relacionado con las directrices prácticas de modelación de procesos de negocio. La Figura 20 resume todas las componentes del modelo y sus interrelaciones, que abarcan las construcciones de TAM y los aspectos de éxito discutidos anteriormente (eficacia actual y adopción en la práctica).

Donde:

- ✓ **Eficiencia actual:** es el esfuerzo requerido para aplicar el método.
- ✓ **Efectividad actual:** es el grado en que un método consigue sus objetivos.
- ✓ **Facilidad de uso percibida:** el grado en que una persona cree que el uso de un método en particular será libre de esfuerzo.
- ✓ **Utilidad Percibida:** el grado en que una persona cree que un método en particular será eficaz en consecuencia a los objetivos propuestos.
- ✓ **Intención de uso:** el grado en que una persona tiene la intención de usar un método en particular.
- ✓ **Uso actual:** la magnitud en que un método se utiliza en la práctica.

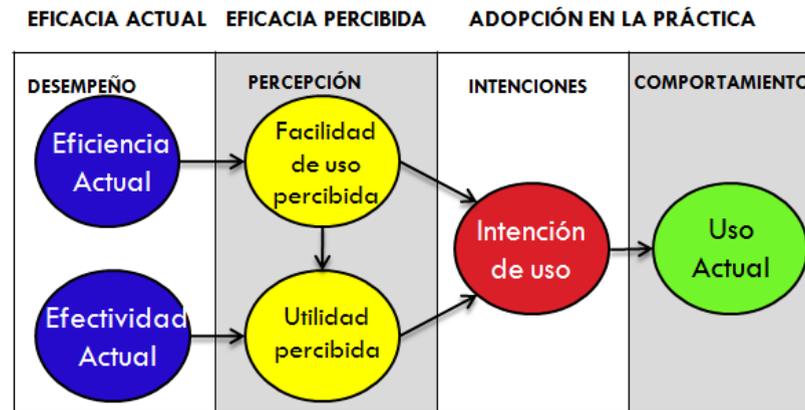


Figura 20: Modelo de Evaluación de Métodos (Moody, 2003)

Para esta investigación no se requiere que todos los factores se tomen en consideración en la encuesta. Debido al uso de las directrices en el contexto de enseñanza, algunas de las variables se mantienen constantes a través de la población completa y por eso no necesitan ser incluidas. Este es el caso del uso actual. Los participantes no fueron libres en sus decisiones para usar las directrices o no. Se les pidió que al menos intentaran aplicar cada directriz. Como resultado, solo es posible investigar intención de uso futura, y no uso actual, pues el último es el mismo para todos los participantes. Además, esto ocurre para eficiencia actual, pues el objetivo de este experimento es determinar el efecto que tendrá el uso de las directrices sobre los modelos de negocio, pero no si las directrices incrementan la velocidad de modelación y, por consiguiente, el tiempo exacto que requiere la creación del modelo no se mide como parte del experimento.

### 3.2 Diseño del experimento

El diseño del experimento se muestra resumido en la Figura 21, donde se establecen las relaciones y el orden de cada componente del mismo (participantes, tratamiento experimental, tarea experimental, materiales y variables dependientes).

#### 3.2.1 Participantes

Los participantes en este estudio fueron 26 estudiantes de la edición 12 de la Maestría de Ciencia de la Computación de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Villa Clara, Cuba.

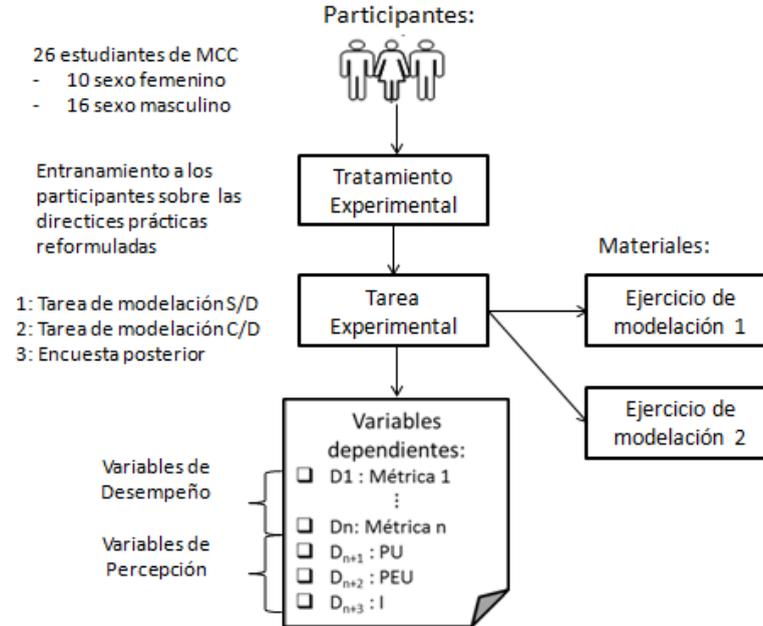


Figura 21: Diseño experimental

### 3.2.2 Tratamiento experimental

Con el objetivo de preparar a los estudiantes en la tarea de modelación, estos fueron entrenados en BPMN en un curso de aproximadamente 40 horas usando la herramienta de modelación Bonita<sup>1</sup>. Primeramente, se les pidió a los participantes que modelaran un proceso de negocio de tamaño medio que fue extraído de sistemas reales usando BPMN (3 pools cada una con alrededor de 10-15 tareas). Posteriormente, se les dio a los participantes un entrenamiento explicándoles cada una de estas directrices el cual incluía una conferencia de 90 minutos. Las directrices se presentaron clasificadas en una taxonomía y siguiendo un patrón que incluyó el problema al que se refiere la directriz, la discusión sobre aspectos relevantes de las directrices, la motivación que vincula las directrices con las dimensiones de calidad de CMQF y, finalmente, la acción que incluye una o varias posibles propuestas para dar solución a los problemas que puedan presentarse en los modelos y lograr que estos satisfagan las directrices. Se les pidió a los participantes que consideraran la posible aplicación de cada directriz a los modelos de procesos de negocio obtenidos en el paso previo del experimento.

### 3.2.3 Tareas experimentales

**Tarea de modelación sin directrices (S/D):** Para la primera tarea de modelación se preparó una descripción de un problema de la vida real con algunas simplificaciones. Cada estudiante tuvo dos días para desarrollar el modelo.

<sup>1</sup> <http://bonitasoft.com>

**Tare de modelación con directrices (C/D):** para la segunda etapa de modelación se preparó una descripción similar a la del primer ejercicio de modelación. No se utilizó la misma descripción para disminuir el aprendizaje.

**Encuesta posterior:** Se les pidió a los participantes completar una encuesta posterior a los dos ejercicios de modelación. La encuesta se elaboró tomando como base los componentes de MEM y tenía como objetivo analizar la Facilidad de uso percibida (PEU), Utilidad percibida (PU) e Intención de uso (I) de las directrices. Se dividió en nueve preguntas, de ellas cuatro corresponden a la variable PEU, cuatro a PU y una a I. Estas preguntas fueron tomadas del instrumento original desarrollado por Davis (Davis, 1989) y reformulado según el contexto de evaluar las directrices. Cada una de las preguntas fueron medidas en una escala Likert de 1 a 5 puntos que van desde Totalmente en desacuerdo (1) hasta Totalmente de acuerdo (5).

### 3.2.4 Variable dependientes

En este estudio se distinguen dos tipos de variables dependientes:

- ✓ Medidas basadas en desempeño: ¿En qué medida mejoró la modelación por parte de los participantes con ayuda de las directrices prácticas?
- ✓ Medidas basadas en percepción: ¿Cuán efectivas los participantes percibieron las directrices para la tarea de modelación?

Estos tipos de medidas representan la diferencia entra eficacia actual y eficacia percibida definidas en MEM.

**Variables basadas en desempeño:** se utilizaron 26 variables dependientes para evaluar el desempeño de la modelación con ayuda de las directrices:

- ✓ Cada una de las métricas asociadas a las directrices (véase Tabla 4).

Estas métricas o medidas se usaron para medir cuantitativamente el efecto que poseen las directrices en la modelación. Teniendo en cuenta diferentes aspectos (problemas y umbrales), se agruparon y compararon los valores entre los modelos sin aplicar las directrices (S/D) y los modelos con directrices (C/D). Es decir, luego de la aplicación del primer ejercicio de modelación, los participantes resolvieron el segundo ejercicio, aplicando las directrices reformuladas en el capítulo anterior. De esta forma se obtienen modelos C/D y modelos S/D y se pueden comparar un antes y un después en los modelos. Esta comparación se realizó a partir de la aplicación de las métricas de calidad para cada modelo.

Primeramente, se agruparon los valores en un conjunto que incluía las directrices reformuladas, enfocadas como problemas. Los valores en este conjunto eran dicotómicos, es decir, podían tomar valores de cero o uno, en dependencia de si aparecía o no el problema. Los valores tanto para los modelos S/D o modelos no guiados (NG), como para los modelos C/D o modelos guiados (G), se muestran en las tablas 6 y 7 respectivamente (véase Anexo 3).

Por otra parte, algunas de las métricas utilizadas en esta investigación tienen umbrales asociados para conocer cuán aceptables pueden ser los valores obtenidos a partir de la aplicación de las métricas. Dichos umbrales están relacionados con la probabilidad de error y la capacidad de modificación de los modelos. Los umbrales comprensibilidad y capacidad de modificación fueron clasificados en cinco categorías desde uno hasta cinco, donde uno significa muy alta dificultad para comprender el modelo y cinco que significa muy baja dificultad para comprender el modelo, por lo que una calificación de cinco implica que el modelo es fácil de comprender o mantener. Las tablas 8 y 9 (véase Anexo 3) muestran los valores de las métricas obtenidos para los modelos no guiados y los guiados, así como, cuándo estos valores sobrepasan los umbrales de probabilidad de error y capacidad de comprensión (\*).

**Variables basadas en percepción:** estas variables dependientes se usaron para medir las percepciones de los participantes sobre las directrices reformuladas: PEU, PU e I. Dichas variables son componentes del MEM y fueron evaluados en la encuesta final, donde:

- ✓ PEU: Preguntas: 3, 4, 7, 8.
- ✓ PU: Preguntas: 1, 5, 6, 9.
- ✓ I: Pregunta: 2

El orden de las preguntas se puso de forma aleatoria para evitar respuestas monótonas.

### 3.3 Modelo teórico

Las interrelaciones entre todas las variables dependientes y sus indicadores empíricos se muestran en la Figura 22. En el diagrama, los círculos indican las variables latentes y los rectángulos las variables observadas.

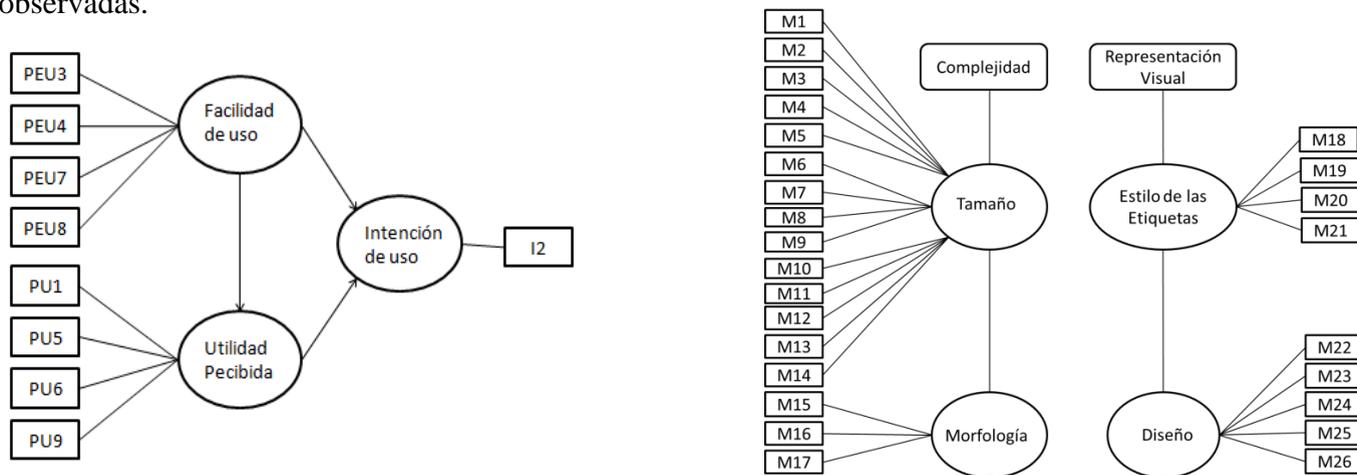


Figura 22: Modelo teórico

### 3.4 Análisis e interpretación de los datos en cuanto a efectividad

Posteriormente a la aplicación de los distintos grupos de métricas, tanto a los modelos no guiados como a los guiados, se pueden distinguir diferencias entre los valores. En esta sección se discuten, a partir de métodos estadísticos apropiados, los resultados correspondientes al conjunto de problemas presentes en los modelos de los participantes. Además, se analiza la calidad en cuanto a probabilidad de error y capacidad de modificación. En cada análisis, con la ayuda del paquete de software estadístico SPSS15.0, se aplicaron las pruebas no paramétricas McNemar y Rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras relacionadas o dependientes. Estos contrastes permiten comprobar si existen diferencias entre las distribuciones de dos poblaciones a partir de dos muestras relacionadas.

#### 3.4.1 Presencia de problemas

Primeramente se analizan los resultados en cuanto a los problemas existentes en los modelos de los participantes; de manera general para los modelos no guiados el porcentaje de problemas (42.7%) fue mayor que para los modelos guiados (5.2%), lo cual indica una mejora sustancial de los modelos donde se aplicaron las directrices prácticas. Para comprobar los resultados obtenidos y determinar si las diferencias encontradas en los modelos son estadísticamente significativas, se aplicó la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Entonces se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: M_{Guiados} = M_{NoGuiados} \quad H_1: M_{Guiados} \neq M_{NoGuiados}$$

Los resultados arrojan valores significativos para el conjunto de problemas (Sig. Exacta bilateral = 0.000), por lo que se rechaza la hipótesis fundamental de igualdad; luego existen diferencias significativas. Esto indica que, a partir de la aplicación de las directrices de modelación, la cantidad de problemas existentes en los modelos guiados es diferente de manera significativa a la cantidad de problemas existentes en los modelos no guiados. A partir de los valores obtenidos se observa que la presencia de problemas disminuyó significativamente para los modelos desarrollados con la ayuda de las directrices de modelación.

Al subdividir los valores a partir de la taxonomía de las directrices se aplicó a cada una de las clasificaciones la prueba McNemar para valores dicotómicos. Esta prueba se utiliza para decidir si puede o no aceptarse que determinado tratamiento (en este caso la aplicación de las directrices) induce un cambio en la respuesta dicotómica de los elementos sometidos al mismo. En este sentido, el método es útil para detectar cambios en las respuestas causadas por la intervención experimental en los diseños del tipo antes-después. Los resultados correspondientes a la aplicación de esta prueba fueron, de igual forma, satisfactorios y estadísticamente significativos para cada caso (**Tamaño** Sig. Asintótica bilateral = 0.000, **Morfología** Sig. Asintótica bilateral = 0.000, **Estilo de etiquetas** Sig. Asintótica bilateral = 0.000 y **Diseño** Sig. Asintótica bilateral = 0.000), confirmando así la disminución de problemas para cada categoría de la taxonomía a partir del uso de las directrices. Los mejores resultados agrupados de acuerdo a la taxonomía de directrices se muestran a continuación presentando la directriz junto con el problema asociado:

**Tamaño:**

- ✓ D1, No modulariza modelos con más de 31 elementos
- ✓ D1a, Existencia de elementos y fragmentos duplicados en el modelo
- ✓ D1b, Existencia de elementos innecesarios en el modelo
- ✓ D2, Alto número de eventos (es decir, el número de eventos está por encima de siete)
- ✓ D3, Existencia de más de dos eventos de inicio o fin en el proceso de más alto nivel

**Morfología:**

- ✓ D6, Falta de estructuralidad (es decir la suma de las incongruencias para cada tipo de compuerta está por encima de 4.5)

**Estilo de Etiquetas:**

- ✓ D8, Existencia de elementos sin etiquetar en el modelo
- ✓ D8a, Las etiquetas en el modelo no siguen el estilo verbo-sustantivo
- ✓ D8c, Ausencia de palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo

**Diseño:**

- ✓ D9, Diagramas desorganizados
- ✓ D9a, Alto número de curvas
- ✓ D9b, Alto número de cruzamiento de líneas en el modelo
- ✓ D9c, Los diagramas no son simétricos
- ✓ D10, Desconexiones en el flujo de secuencia

**3.4.2 Probabilidad de error**

En términos de probabilidad de error, los umbrales correspondientes a este tipo permiten conocer cuán aceptables son los valores obtenidos a partir de la aplicación de las métricas. De acuerdo a esto, el 47.1% de los modelos no guiados y el 12.5% de los modelos guiados poseen alta probabilidad de error. Como se muestra en la Figura 23, tanto para las métricas de tamaño, densidad, como para las de conectividad, los modelos no guiados sobrepasaron con mayor frecuencia los umbrales de probabilidad de error que en los modelos guiados. Para las métricas de tamaño, por ejemplo, el por ciento de modelos con alta probabilidad de error fue cero, por lo que las directrices relacionadas con este aspecto fueron aplicadas correctamente disminuyendo de forma notable la probabilidad de error en los modelos por parte de los participantes del experimento.

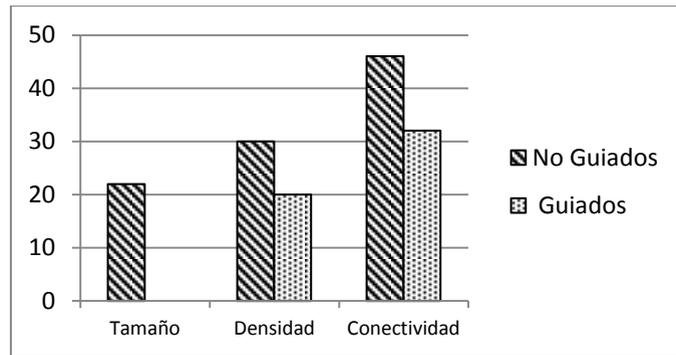


Figura 23: Sobrepasso del umbral para cada una de las métricas

Para corroborar estos resultados se aplicó la prueba de Wilcoxon de manera global, planteándose las siguientes hipótesis:

$$H_0: M_{Guiados} = M_{NoGuiados} \quad H_1: M_{Guiados} \neq M_{NoGuiados}$$

Los resultados de aplicar esta prueba revelaron valores significativos (Sig. Exacta (bilateral) .001), con lo cual se rechaza la hipótesis nula de igualdad, por lo que se puede afirmar que existen diferencias significativas y esto a su vez implica que al aplicar las directrices prácticas en los modelos guiados se disminuyó la probabilidad de error.

Al aplicar la prueba de McNemar de forma individual para cada categoría se obtuvieron valores significativos para las métricas de tamaño: *Número de nodos* y *Número de eventos de fin*, ambas con valores de Sig. Exacta = 0.002 y Sig. Exacta = 0.000, respectivamente. La métrica *Número de eventos de inicio* se mantuvo sin problemas y con el mismo comportamiento antes y después de aplicar las directrices, mientras que para las métricas de densidad solo tuvo valores significativos el *Grado máximo de los conectores* (Sig. Exacta = 0.008). Por último, en cuanto a las métricas de conectividad sólo la métrica de *Incongruencia en las compuertas* obtuvo una puntuación significativa (Sig. Exacta = 0.000). Todos estos valores indican que de una forma u otra para las tres clasificaciones de métricas, la probabilidad de error en los modelos donde se utilizaron directrices prácticas en su creación fue notablemente menor.

De esta forma los mejores resultados en cuanto a probabilidad se listan a continuación. Se presenta la directriz y la métrica asociada:

Tamaño:

- ✓ D1,  $S_N$
- ✓ D3,  $S_{Ee}$

Densidad:

- ✓ D5,  $\widehat{d}_c$

Conectividad

✓ D6, MM

### 3.4.3 Comprensión y Capacidad de modificación

En cuanto a comprensión y capacidad de modificación, se analizó la calidad de los modelos y se distinguieron cinco categorías:

1. Muy alta dificultad para comprender el modelo
2. Alta dificultad para comprender el modelo
3. Mediana dificultad para comprender el modelo
4. Baja dificultad para comprender el modelo
5. Muy baja dificultad para comprender el modelo

Las puntuaciones entre cuatro y cinco indican mayor comprensibilidad y mantenibilidad de los modelos. En este sentido los valores obtenidos en las métricas de tamaño variaron y, a pesar de no ser tan satisfactorios como los obtenidos al comparar los modelos en cuanto a la aparición de problemas antes y después, así como al compararlos respecto a la probabilidad de error, las calificaciones más elevadas se obtuvieron para los modelos guiados.

De manera general, la mayor cantidad de valores obtenidos para los modelos guiados y no guiados están entre los valores bajo y muy bajo, lo que indica altos niveles de comprensibilidad y mantenibilidad en los modelos realizados por los participantes (véase Figura 24).

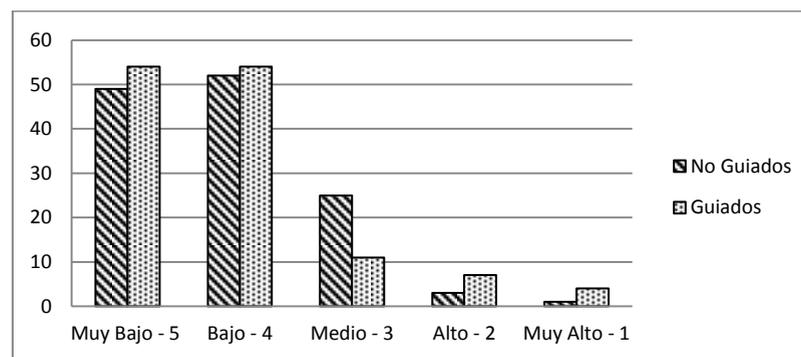


Figura 24: Relación de las métricas de tamaño con umbrales para comprensión y capacidad de modificación

Para corroborar los resultados obtenidos y determinar si las diferencias encontradas de manera global en los distintos grupos de métricas son estadísticamente significativas, se aplicó la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon para dos muestras relacionadas. Los resultados de aplicar la prueba fueron satisfactorios de manera parcial, destacándose solamente los umbrales de Capacidad de modificación (Sig. Asintótica (bilateral) .046).

Al subdividir los valores atendiendo a los distintos grupos de métricas los resultados no fueron tan alentadores en el sentido de que sólo tres variables obtuvieron valores significativos, de ellas dos pertenecientes a la comprensión y una a la modificación. De este modo los mejores valores sólo fueron para las métricas:

Comprensibilidad:

- ✓  $S_N$  con Sig. Exacta = 0.004
  - ✓  $S_E$  con Sig. Exacta = 0.001
- } Tamaño

Capacidad de Modificación:

- ✓  $\bar{d}_c$  con Sig. Exacta = 0.046
- } Densidad

#### 3.4.4 Comparación general de las métricas de calidad

Debido a que a menor valor obtenido para cada métrica de calidad utilizada en este trabajo, mayor calidad del modelo, como parte de este estudio se compararon los valores de las métricas entre sí para los modelos no guiados y los modelos guiados. Esto permitió conocer el comportamiento de los valores netos obtenidos sin tomar umbrales como referentes. De esta forma, la obtención de valores más pequeños implica mejores resultados.

Para analizar los resultados de manera independiente por cada métrica se aplicó la prueba de Wilcoxon, donde los resultados significativos se obtuvieron para las métricas de:

- ✓ Tamaño:  $S_N$  (Sig. Asintótica (bilateral) .003),  $S_E$  (Sig. Asintótica (bilateral) .001),  $S_{Ee}$  (Sig. Asintótica (bilateral) .000),  $S_A$  (Sig. Asintótica (bilateral) .037)
- ✓ Densidad:  $\widehat{d}_c$  (Sig. Asintótica (bilateral) .008)
- ✓ Conectividad:  $MM$  (Sig. Asintótica (bilateral) .000),  $CFCor Split$  (Sig. Asintótica (bilateral) .014),  $CFCxor Split$  (Sig. Asintótica (bilateral) .040), *Número inclusivo de OR-Splits* (Sig. Asintótica (bilateral) .014)

De igual modo, al aplicar la prueba de Wilcoxon, pero de manera global se obtuvieron valores significativos (Sig. Asintótica (bilateral) .003), esto indica que los valores obtenidos al aplicar las métricas de calidad en los modelos guiados fueron menores con respecto a los valores obtenidos al aplicar las métricas en los modelos no guiados.

#### 3.4.5 Análisis cualitativo de dos directrices

##### D1 – Modularizar modelos con más de 31 elementos

El 38% de los modelos guiados violaba esta directriz al contener más de 31 elementos. Luego, ningún modelo guiado incumplió la directriz, para un 100% de efectividad. De estos modelos, el 80% solucionó el

problema a través de la creación de subprocesos o modularización, tal y como se recomendó en la acción relacionada con la directriz.

### **D3a – En los subprocesos: usar dos eventos finales para distinguir éxito de fracaso**

De los modelos no guiados que tenían subprocesos, el 100% infringió esta directriz. Luego, tras la creación de los modelos guiados, solo el 11% la incumplió, para un 89% de efectividad (véase Figura 25).

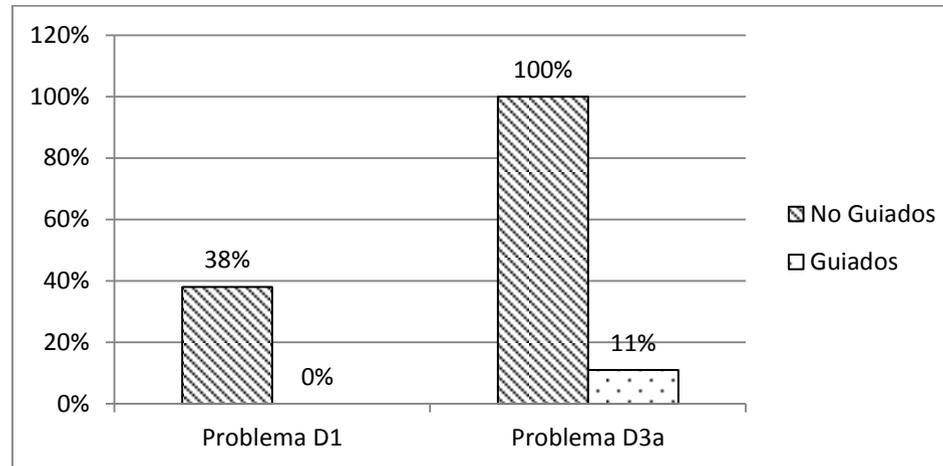


Figura 25: Análisis cualitativo para D3a

Este análisis denota cuán efectivas fueron ambas directrices. En (Moreno-Montes de Oca and Snoeck, 2014) las directrices de modularidad obtuvieron las calificaciones más bajas en cuanto a facilidad de uso, utilidad e intención de uso por parte de los modeladores. Sin embargo, como parte de la reformulación propuesta en el capítulo 2, estas directrices se incluyeron como parte de la acción a tomar asociada en D1. Este es un ejemplo que denota cómo algunos aspectos relacionados con la formulación de las directrices pueden inducir cambios sustanciales en la usabilidad de estas.

### **3.5 Análisis e interpretación de los datos en cuanto a la Facilidad de uso percibida, la Utilidad percibida y la Intención de uso**

Luego de analizar el efecto de las directrices prácticas en la calidad de los modelos de los participantes a partir de las métricas de calidad, esta investigación tiene como objetivo adicional conocer cuán importantes y necesarias resultan las directrices reformuladas para los participantes, en cuanto a su facilidad de uso, utilidad percibida e intención de uso. Para ellos se llevó a cabo la aplicación de una encuesta descrita en la sección 3.2 correspondiente al diseño del experimento.

#### **3.5.1 Validación del instrumento de medición**

Para la evaluación de los resultados en cuanto a las variables PU, PEU e I primero es necesario evaluar la fiabilidad de sus indicadores empíricos.

- ✓ *Fiabilidad del instrumento:* para evaluar la fiabilidad del instrumento utilizado en este estudio, fue realizado el análisis Cronbach's alpha. Como se muestra en la Tabla 5 los valores para cada una de las variables son mayores o iguales que el umbral (0.7) (Moody et al., 2003), lo cual se considera aceptable y confirma la confianza de los datos del experimento.

Tabla 5: Fiabilidad del instrumento para cada construcción

Variables	Cronbach's alpha
PEU	.880
PU	.937
I	.700

### 3.5.2 Prueba de significación

Con los datos extraídos de la encuesta y a partir de la aplicación de la *Prueba-t* para una muestra se puede conocer cuán alejados se encuentran los valores de tres (punto cero en la escala Likert usada). La *Prueba-t* permite evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable. Entonces se plantearon las siguientes hipótesis:

$$H_0: \mu=3 \quad H_{A1}: \mu >3 \quad \text{o} \quad H_{A2}: \mu <3$$

Como el valor de t calculado es positivo y el nivel de significación es 0.000 (< 0.05) para los tres casos (PEU, PU e I), se rechaza la hipótesis fundamental de igualdad y se acepta la hipótesis alternativa  $H_{A1}: \mu >3$ . Luego se puede afirmar que los valores obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta, están por encima de tres. De manera general, los participantes encontraron las directrices fáciles de usar, útiles, y poseen intención de usarlas en el futuro (véase Tabla 6).

Tabla 6: Resultados *Prueba-t* para una muestra

Variables	Media	Desviación estándar	Significación	Sí/no
PEU	4.74	.182	.000	Sí
PU	4.71	.258	.000	Sí
I	4.90	.116	.000	Sí

### 3.5.3 Percepción de las directrices

Con el fin de conocer con mayor profundidad cómo se sienten los participantes con las directrices, en este trabajo se calculó el promedio, la moda y la mediana para cada una. De este modo se investigó qué directrices son las más fáciles de usar, las más útiles y las que mayor intención de uso tienen (véase Tabla 7). Para la selección se tomaron los valores más elevados en cada clasificación.

Tabla 7: Promedio, moda y mediana para cada directriz

Directrices	Promedio			Moda			Mediana		
	PU	PEU	I	PU	PEU	I	PU	PEU	I
D1	3.91	3.71	4.57	4	4	5	4	4	5
D1a	4.33	4.14	4.64	5	5	5	5	4	5
D1b	4.35	3.76	4.42	5	4	5	5	4	5
D2	3.60	3.67	3.78	3	4	3	4	4	4
D3	3.73	3.85	4.35	4	5	5	4	4	5
D3a	4.01	4.25	4.35	4	4	5	4	4	4.5
D4	4.17	4.60	4.92	5	5	5	4	5	5
D5	3.66	3.75	4.21	4	4	5	4	4	4
D5a	4.12	3.91	4.21	4	4	5	4	4	4
D6	4.16	3.87	4.42	5	4	4	4	4	4
D7	3.96	3.73	4.21	4	3	5	4	4	4
D8	4.08	4.33	4.57	5	4	5	4	4	5
D8a	4.37	4.58	4.85	5	5	5	5	5	5
D8b	4.21	4.14	4.35	5	5	4	4	4	4
D8c	4.26	4.58	4.71	5	5	5	5	5	5
D9	4.28	4.30	4.42	5	5	4	4	4	4
D9a	4.10	4.37	4.42	5	5	4	4	5	4
D9b	3.94	4.10	4.35	5	5	4	4	4	4
D9c	4	4.30	4.64	5	5	5	4	5	5
D10	4.35	4.55	4.85	5	5	5	5	5	5

De acuerdo a este análisis los mejores resultados en cuanto a cada indicador se muestran a continuación:

**Facilidad de Uso (PEU):**

- ✓ D4: No omitir los eventos de inicio/fin
- ✓ D8a: Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo
- ✓ D8c: Reservar palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo
- ✓ D9a: Minimizar las curvas en los elementos de conexión
- ✓ D10: Asegurar que el flujo de secuencia no se encuentre desconectado

**Utilidad Percibida (PU):**

- ✓ D1a: Evitar el uso elementos y fragmentos duplicados
- ✓ D1b: Evitar el uso de elementos innecesarios
- ✓ D8a: Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo
- ✓ D9: Mantener los diagramas bien organizados
- ✓ D10: Asegure que el flujo de secuencia no se encuentre desconectado

**Intención de Uso (I):**

- ✓ D4: No omitir los eventos de inicio/fin
- ✓ D8a: Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo
- ✓ D8c: Reservar palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo
- ✓ D10: Asegurar que el flujo de secuencia no se encuentre desconectado

Adicionalmente, los valores más bajos (peores resultados) en cuanto al promedio, la moda y la mediana, se encontraron en las siguientes directrices:

**Facilidad de Uso (PEU):**

- ✓ D1: Modularizar modelos con más de 31 elementos
- ✓ D1b: Evitar el uso de elementos innecesarios
- ✓ D2: Evitar un alto número de eventos (más de 7)
- ✓ D5: No usar más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta
- ✓ D7: Evitar las compuertas inclusivas OR-SPLIT cuando sea posible

**Utilidad Percibida (PU):**

- ✓ D1: Modularizar modelos con más de 31 elementos
- ✓ D2: Evitar un alto número de eventos (más de 7)
- ✓ D3: No usar más de dos eventos de inicio/fin en el proceso de más alto nivel
- ✓ D5: No usar más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta
- ✓ D7: Evitar las compuertas inclusivas OR-SPLIT cuando sea posible

**Intención de Uso (I):**

- ✓ D2: Evitar un alto número de eventos (más de 7)
- ✓ D8b: Usar etiquetas cortas

- ✓ D9a: Minimizar los cruces de líneas

Los resultados analizados anteriormente se visualizan resumidos en la Tabla 8. Las directrices subrayadas fueron las más reincidentes para ambos casos (mejores y peores resultados). De acuerdo al criterio de los estudiantes las más fáciles de usar, útiles y con mayor intención de uso, fueron fundamentalmente las directrices de estilo de etiquetas y diseño, aunque de igual forma consideraron importante no omitir los eventos de inicio y fin en sus modelos correspondiente al tamaño, y evitar desconexiones en el flujo de secuencia.

Por otra parte, las menos beneficiadas y con peores resultados en este aspecto fueron las directrices de tamaño, a pesar de que en el análisis de efectividad discutido en la sección anterior fueron éstas las más efectivas, ya que cumplieron en mayor medida sus objetivos en los modelos de procesos de negocios elaborados por los estudiantes. Adicionalmente, las directrices relacionadas con la morfología de los modelos: no usar más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta (D50 y evitar las compuertas inclusivas OR-SPLIT cuando sea posible (D7), resultaron entre las más difíciles de usar y menos útiles para los participantes.

Tabla 8: Mejores y peores resultados para PUE, PU e I

	PEU	PU	I
<b>Mejores resultados</b>	<u>D4, D8a, D8c, D9a, D10</u>	D1a, D1b, <u>D8a, D9, D10</u>	<u>D4, D8a, D8c, D10</u>
<b>Peores resultados</b>	<u>D1, D1b, D2, D5, D7</u>	<u>D1, D2, D3, D5, D7</u>	<u>D2, D8b, D9a</u>

### 3.5.4 Relaciones entre las variables Facilidad de uso percibida, Utilidad percibida e Intención de uso

Como parte de un análisis general y con el objetivo de establecer relaciones entre las variables (PEU, PU e I), en esta investigación se calculó el Coeficiente de correlación de Pearson. Esta prueba permite analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. El cálculo del coeficiente se efectúa a partir de las puntuaciones obtenidas en una muestra en dos variables. Relacionando las puntuaciones recolectadas de una variable con las puntuaciones obtenidas de la otra, con los mismos participantes o casos (Hernández-Sampieri et al., 2010). En este caso se analizaron las relaciones existentes ente cada par: PEU e I, PEU y PU y entre PU e I. Los valores de los coeficientes se muestran en la Figura 26.

A partir de los resultados de la prueba de correlación de Pearson, todas las correlaciones fueron significativas para PEU e I, PEU y PU y para PU e I, con valores de Sig. Exacta = 0.000, Sig. Exacta = 0.003 y Sig. Exacta = 0.001 respectivamente. Luego, se puede afirmar que:

- ✓ Un aumento en la facilidad de uso percibida puede mejorar en gran medida las intenciones de los modeladores de usar las directrices en un futuro.

- ✓ De forma similar, un aumento en la utilidad percibida de las directrices puede producir un aumento en la intención de uso.
- ✓ Por último, un aumento en la facilidad de uso podría provocar una mayor utilidad de las directrices prácticas.

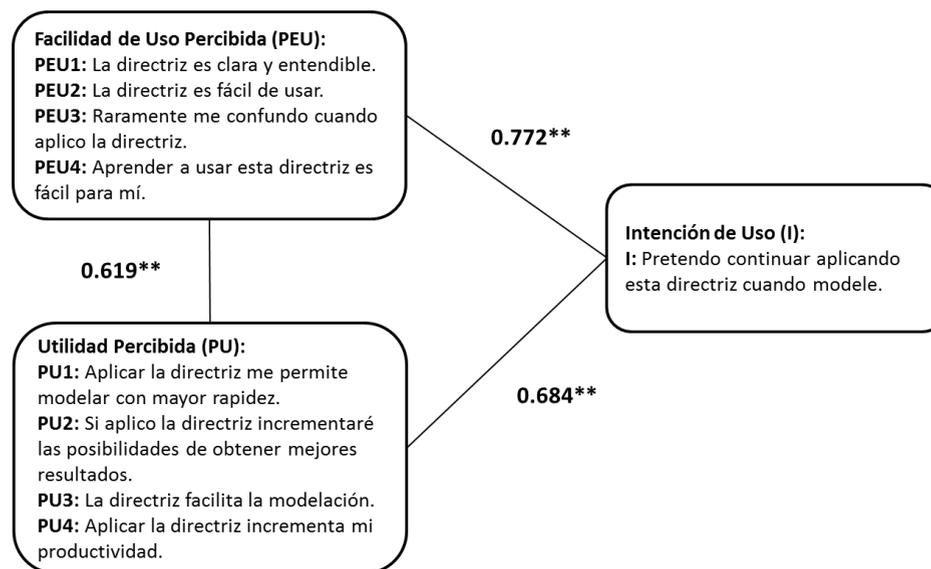


Figura 26: Modelo de investigación basado en TAM.

### 3.6 Directrices más importantes

Luego de analizar el efecto que surte la aplicación de las directrices prácticas en los modelos de los participantes, en cuanto a efectividad y adopción en la práctica, en esta sección se analizan qué directrices, de las reformuladas en el capítulo 2, son las más importantes a partir de los dos análisis discutidos. Considerando las coincidencias encontradas en cada uno de ellos, es decir, las que aparecieron con mejores resultados al menos tres veces, se puede decir que de manera general las directrices mostradas a continuación resultan ser las más importantes debido a que cumplieron en mayor medida sus objetivos y fueron percibidas de forma positiva por los participantes del experimento.

D1 - Modularizar modelos con más de 31 elementos.

D2 - Evitar el uso de elementos innecesarios.

D3 - No usar más de dos eventos de inicio/fin en el proceso de más alto nivel.

D3a - En los subprocesos: usar dos eventos finales para distinguir éxito de fracaso.

D5 - No usar más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en cada compuerta.

D6 - Para cada compuerta de división (SPLIT) establecer una compuerta respectiva de unión (JOIN) del mismo tipo.

D8a - Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo.

D8c - Reservar palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo.

D9 - Mantener los diagramas bien organizados.

D9a - Minimizar las curvas en los elementos de conexión.

D9c - Colocar los elementos tan simétricos como sea posible.

D10 - Asegurar que el flujo de secuencia no se encuentre desconectado.

### **3.7 Conclusiones parciales**

En este capítulo se llevó a cabo la evaluación de las directrices prácticas reformuladas en el capítulo 2. A partir de la aplicación de un experimento empírico se pudo recolectar conocimiento preliminar acerca del efecto de las directrices en los modelos de los estudiantes, en cuanto a efectividad y adopción en la práctica. Los resultados de este análisis revelan que las directrices relacionadas con el tamaño, el estilo de las etiquetas y diseño en los modelos son las que mayor efectividad tuvieron en la aplicación del experimento. En este sentido, la probabilidad de error y la presencia de problemas en los modelos mejoraron en un 34.6% y 37.5% respectivamente.

Los resultados de la segunda fase del experimento, de manera general, permiten afirmar que los estudiantes encontraron las directrices fáciles de usar, útiles, y con gran intención de usarlas en el futuro. Al analizar estos factores de forma independiente, los resultados revelan que las directrices más importantes de acuerdo a estas tres variables y a partir del criterio de los estudiantes fueron fundamentalmente las directrices de estilo de etiquetas y diseño, aunque de igual forma consideraron importante no omitir los eventos de inicio y fin en sus modelos correspondiente al tamaño, y evitar desconexiones en el flujo de secuencia. En este análisis pasa algo similar que en análisis relacionado con la efectividad de las directrices, ya que nuevamente las directrices de morfología no resultan entre las más beneficiadas según los estudiantes. Al presentar problemas con la comprensión de este conjunto de directrices, de igual forma les es difícil aplicarlas en los modelos, ver su utilidad y, por ende, la intención de usarlas es baja.

Posteriormente, para conocer la relación existente entre las variables, se aplicó la prueba del coeficiente de correlación de Pearson. Los resultados demuestran valores positivos y significativos, esto podría indicar que la facilidad de uso incrementa la utilidad percibida y la intención de uso; adicionalmente, la utilidad percibida aumenta la intención de uso de las directrices.

Finalmente se definió un conjunto con las directrices más importantes de acuerdo a los análisis llevados a cabo con anterioridad. De manera general, las directrices resultaron efectivas y los participantes las percibieron con intención de usarlas en la práctica.

## COCLUSIONES

Alcanzar una buena calidad en los modelos de procesos de negocio es de vital importancia para que estos no se conviertan en un factor de riesgo y para mejorar el desempeño y evolución de las organizaciones. Para ello, en este trabajo, se propone un conjunto refinado y consistente de directrices prácticas que ayudan fundamentalmente a los modeladores novatos en la difícil tarea de modelar.

Para analizar el efecto de este conjunto de directrices en cuanto a efectividad y adopción en la práctica primeramente se desarrolló la representación visual de las directrices para incluirlas como parte del material experimental durante la etapa de entrenamiento sobre las directrices. Seguidamente, debido a la amplitud del conjunto de directrices prácticas, se realizó un chequeo de errores frecuentes para, de esta manera, centrar el análisis en aquellas directrices que resultaran de mayor importancia de acuerdo a este criterio. De esta forma se obtuvieron 20 directrices para su prueba empírica.

Se diseñó y llevó a cabo un experimento empírico basado en el Modelo de Evaluación de Métodos. Los resultados revelaron que, de manera general, en cuanto a efectividad de las directrices y adopción en la práctica se mejoraron de una forma u otra todas las características de la taxonomía.

A partir de la experiencia obtenida con el desarrollo de esta investigación, se puede afirmar que el uso de las directrices prácticas estudiadas en este trabajo tuvo éxito pragmático.

## **RECOMENDACIONES**

Como trabajo futuro se propone reformular mejor las directrices relacionadas con la morfología o tal vez hacer énfasis en su explicación de manera tal que los participantes sean capaces de comprenderlas mejor y por consiguiente las encuentren más fáciles de aplicarlas en los modelos y con mayor intención de usarlas en la práctica.

Por otra parte es recomendable realizar nuevamente este experimento, pero esta vez a mayor escala con la opinión de modeladores expertos para aumentar la validez externa de los resultados en la práctica y analizar cuán importantes representan las directrices para ellos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGARWAL, R. 2003. Object-oriented modeling with UML: a study of developers' perceptions. *Communications of the ACM*, 46, 248.
2. AMOAKO-GYAMPAH, K. 2007. Perceived usefulness, user involvement and behavioral intention: an empirical study of ERP implementation. *Computers in Human Behavior*, 23, 1232-1248.
3. BECKER, J., ROSEMANN, M. & VON UTHMANN, C. 2000. Guidelines of business process modeling. In: VAN DER AALST, W. M. P., DESEL, J. & OBERWEIS, A. (eds.) *Business Process Management*. Springer Berlin / Heidelberg.
4. CLAES, J., VANDERFEESTEN, I., REIJERS, H. A., PINGGERA, J., WEIDLICH, M., ZUGAL, S., FAHLAND, D., WEBER, B., MENDLING, J. & POELS, G. 2012. Tying process model quality to the modeling process: the impact of structuring, movement, and speed. *Business Process Management Conference*.
5. DAVIS, F. D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340.
6. DIJKMAN, R. M., DUMAS, M. & OUYANG, C. 2008. Semantics and analysis of business process models in BPMN. *Information and Software Technology*, 50, 1281-1294.
7. DUFRESNE, T. & MARTIN, J. 2003. Process modeling for e-business. *INF 770 – Methods for Informations Systems Engineering: Knowledge Management and E-Business*. Fairfax, VA.: George Mason University.
8. DUMAS, M., LA ROSA, M., MENDLING, J. & REIJERS, H. A. 2013. *Fundamentals of business process management*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
9. EICHELBERGER, H. & SCHMID, K. 2009. Guidelines on the aesthetic quality of UML class diagrams. *Information and Software Technology*, 51, 1686-1698.
10. GRUHN, V. & LAUE, R. Complexity metrics for business process models. 9th International Conference on Business Information Systems (BIS 2006), 2006 Klagenfurt. Lecture notes in informatics.
11. GRUHN, V. & LAUE, R. 2007. What business process modelers can learn from programmers. *Science of Computer Programming*, 65, 4-13.
12. GRUHN, V. & LAUE, R. Reducing the Cognitive Complexity of Business Process Models. In: BACIU, G., WANG, Y. X., YAO, Y. Y., KINSNER, W., CHAN, K. & ZADEH, L. A., eds. 8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI'09), 2009. IEEE, 339-345.
13. HE, G., XUE, G., YAO, S. & WU, Z. Business Process Modeling: A Survey. In: YANG, Y. X., ed. Proceedings of Annual Conference of China Institute of Communications, 2010. 172-178.
14. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. & BAPTISTA-LUCIO, P. 2010. Metodología de la Investigación 5ta ed.
15. KINDLER, E. 2006. On the semantics of EPCs: Resolving the vicious circle. *Data & Knowledge Engineering*, 56, 23-40.
16. LINDLAND, O. I., SINDRE, G. & SOLVBERG, A. 1994. Understanding quality in conceptual modeling. *IEEE Software* 11, 42-49.
17. MAGNANI, M. & MONTESI, D. 2007. BPMN: How much does it cost? An incremental approach. In: ALONSO, G. D., P. ROSEMANN, M. (ed.) *Business Process Management, Proceedings*.
18. MENDLING, J. 2008. *Metrics for process models: empirical foundations of verification, error prediction, and guidelines for correctness*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
19. MENDLING, J., NEUMANN, G. & VAN DER AALST, W. M. P. 2007. Understanding the occurrence of errors in process models based on metrics. In: MEERSMAN, R. T. Z. (ed.) *On the Move to Meaningful Internet Systems*.

20. MENDLING, J., RECKER, J. & REIJERS, H. A. 2009. Process modeling quality: a framework and research agenda. *BPM Center Report BPM-09-02*. BPM Center Report.org.
21. MENDLING, J., REIJERS, H. A. & VAN DER AALST, W. M. P. 2010. Seven process modeling guidelines (7PMG). *Information and Software Technology*, 52, 127-136.
22. MENDLING, J., SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., GARCÍA, F. & LA ROSA, M. 2012. Thresholds for error probability measures of business process models. *Journal of Systems and Software*, 85, 1188-1197.
23. MENDLING, J. & STREMBECK, M. 2008. Influence Factors of Understanding Business Process Models Business Information Systems. In: ABRAMOWICZ, W. & FENSEL, D. (eds.). Springer Berlin Heidelberg.
24. MENDLING, J. & VAN DER AALST, W. M. P. 2007. Formalization and Verification of EPCs with OR-Joins Based on State and Context. In: KROGSTIE, J., OPDAHL, A. & SINDRE, G. (eds.) *Advanced Information Systems Engineering*. Springer Berlin Heidelberg.
25. MENDLING, J., VERBEEK, H. M. W., VAN DONGEN, B. F., VAN DER AALST, W. M. P. & NEUMANN, G. 2008. Detection and prediction of errors in EPCs of the SAP reference model. 64, 312-329.
26. MOODY, D. L. The method evaluation model: a theoretical model for validating information systems design methods. *ECIS*, 2003. 1327-1336.
27. MOODY, D. L. 2005. Theoretical and practical issues in evaluating the quality of conceptual models: current state and future directions. *Data & Knowledge Engineering*, 55, 243-276.
28. MOODY, D. L., GUTTORM, S., BRASETHVIK, T. & SØLVBERG, A. 2003. Evaluating the quality of process models: empirical testing of a quality framework conceptual modeling. In: SPACCAPIETRA, S., MARCH, S. & KAMBAYASHI, Y. (eds.) *ER 2002*. Springer Berlin/Heidelberg.
29. MORENO-MONTES DE OCA, I. & SNOECK, M. 2014. A look into business process modeling guidelines through the lens of the technology acceptance model. *Submitted to QMMQ-14 Workshop*. Atlanta, GA USA: UCLV-KULeuven.
30. MORENO-MONTES DE OCA, I. & SNOECK, M. 2015. Pragmatic guidelines for Business Process Modeling.
31. MORENO-MONTES DE OCA, I., SNOECK, M., REIJERS, H. A. & RODRÍGUEZ-MORFFI, A. 2014. A systematic literature review of studies on business process modeling quality. *Information and Software Technology* [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2014.07.011>.
32. MULTAMÄKI, M. 2002. Objective-driven planning of business process modeling. Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki University of Technology.
33. NELSON, H. J., POELS, G., GENERO, M. & PIATTINI, M. 2012. A conceptual modeling quality framework. *Software Quality Journal*, 20, 201-228.
34. OMG 2011. Business Process Model and Notation (BPMN) version 2.0. OMG.
35. OYUKY-LEÓN, M. & ASATO, J. A. 2009. La Importancia del Modelado de Procesos de Negocio como Herramienta para la Mejora e Innovación. *Revista Panorama Administrativo*.
36. PÉREZ-SANTIAGO, J. 2014. *Directrices Prácticas para la Modelación Conceptual de Procesos del Negocio*. Tesis de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
37. RECKER, J., INDULSKA, M. & GREEN, P. 2007. Extending representational analysis: BPMN user and developer perspectives. In: ALONSO, G. D., P. ROSEMANN, M. (ed.) *Business Process Management, Proceedings*.
38. RECKER, J., INDULSKA, M., ROSEMANN, M. & GREEN, P. 2009. Business Process Modeling- A Comparative Analysis. *Journal of the Association for Information Systems*, 10, 333-363.
39. REIJERS, H. A. & MENDLING, J. 2008. Modularity in Process Models: Review and Effects Business Process Management. In: DUMAS, M., REICHERT, M. & SHAN, M.-C. (eds.). Springer Berlin / Heidelberg.
40. REIJERS, H. A., MENDLING, J. & DIJKMAN, R. M. 2010. On the Usefulness of Subprocesses in Business Process Models. Eindhoven: BPM center report.

41. ROLÓN-AGUILAR, E. 2009. *Medidas para asegurar la calidad de los modelos de proceso de negocio*.
42. ROLÓN-AGUILAR, E., GARCÍA, F., RUIZ, F. & PIATTINI, M. Familia de Experimentos para validar medidas para Modelos de Procesos de Negocio con BPMN. 1-8.
43. ROLÓN-AGUILAR, E., GARCÍA, F., RUIZ, F. & PIATTINI, M. 2006. Métricas Para la Evaluación de Modelos de Proceso de Negocio.
44. ROLÓN-AGUILAR, E., GARCÍA, F., RUIZ, F. & PIATTINI, M. 2007. Experimento Exploratorio para la Validación de Medidas para Modelos de Procesos de Negocio 1-10.
45. SANCHEZ-GONZALEZ, L., GARCIA-RUBIO, F., RUIZ-GONZALEZ, F. & PIATTINI-VELTHUIS, M. 2010a. Measurement in business processes: a systematic review. *Business Process Management Journal*, 16, 114-134.
46. SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L., GARCÍA, F., MENDLING, J. & RUIZ, F. 2010. Quality Assessment of Business Process Models Based on Thresholds. *In: MEERSMAN, R., DILLON, T. & HERRERO, P. (eds.) On the Move to Meaningful Internet Systems*.
47. SANCHEZ-GONZALEZ, L., GARCIA, F., MENDLING, J., RUIZ, F. & PIATTINI, M. 2010b. Prediction of Business Process Model Quality Based on Structural Metrics. *In: PARSONS, J., SAEKI, M., SHOVAL, P., WOO, C. & WAND, Y. (eds.) Conceptual Modeling - Er 2010*.
48. SANCHEZ-GONZALEZ, L., GARCIA, F., RUIZ, F. & MENDLING, J. 2012. Quality indicators for business process models from a gateway complexity perspective. *Information and Software Technology*, 54, 1159-1174.
49. SARSHAR, K. 2005. Comparing the control-flow of epc and petri net from the end-user perspective. *Business Process Management*, 3649, 434.
50. SCHREPFER, M. 2010. *Modeling guidelines for business process models*. Master of Science, HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN.
51. SILVER, B. 2009. *BPMN: Method and Style*, Cody-Cassidy Press.
52. SINDRE, G. & KROGSTIE, J. 1995. Process Heuristics to Achieve Requirements Specifications of Feasible Quality. *Second International Workshop on Requirements Engineering: Foundations for Software Quality (REFSQ'95)*. University Press.
53. SPARKS, G. & SYSTEMS, S. 2006. Una Introducción al UML. El Modelo de Proceso de Negocio.
54. WAND, Y. & WEBER, R. 1990. An ontological model of an information system. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 16, 1282-1292.
55. WEBER, B., REICHERT, M., MENDLING, J. & REIJERS, H. A. 2011. Refactoring large process model repositories. *Computers in Industry*, 62, 467-486.

## ANEXOS

### ✓ Anexo 1

**Objetos de flujo:** Son los elementos gráficos principales para definir el comportamiento de un Proceso de Negocio. Entre ellos se encuentran (OMG, 2011):

- ✓ **Eventos (Events):** Algo que ocurre durante el curso de un proceso de negocio, afectan el flujo del proceso y usualmente tienen una causa y un resultado. Los eventos pueden estar asociados al inicio o fin de una actividad dentro de una empresa, un cambio de estado, el envío o recepción de un mensaje, etc. Existen principalmente tres tipos de eventos (inicio, intermedio y fin) (OMG, 2011):

#### *Los eventos de inicio:*

Indican como su nombre lo dice, dónde comienza un proceso. Se identifican por un círculo con un centro abierto, a fin de que los marcadores puedan ser colocados dentro del círculo para indicar variaciones del evento.

Los eventos de inicio comienzan una nueva instancia del proceso cada vez que el evento ocurre. Un evento de inicio también puede comenzar un subproceso. Los subprocesos pueden tener eventos de tipo frontera que pueden ser clasificados en interruptores y no interruptores. Esto significa que la ocurrencia del evento puede interrumpir o no el proceso que lo contiene.

#### *Los eventos intermedios:*

Los eventos intermedios esperan por la ocurrencia del evento. Esta espera comienza cuando el evento intermedio se alcanza. Una vez que ocurre, se termina. El flujo de secuencia que sale del evento se sigue de la manera usual. Los eventos intermedios también pueden encontrarse adjuntos a la frontera de una actividad, en cuyo caso se conocen como eventos intermedios de frontera de actividad y su manipulación consiste en consumir la ocurrencia del evento. Pueden ser clasificados también en interruptores y no interruptores como se muestra en la Tabla 1 de los anexos. En el primer caso, la actividad que tiene el evento adjunto se cancela (igual que todas las instancias), en caso contrario, la actividad continúa su ejecución. En ambos casos, ante la ocurrencia del evento la ejecución sigue el flujo de secuencia conectado al evento de frontera.

#### *Los eventos de fin:*

Indican donde acabará un proceso (OMG, 2011). Los eventos finales pueden tener un tipo de comportamiento asociado con el tipo de evento, como por ejemplo “se envía el mensaje asociado para un evento final de mensaje” o “se envía la señal asociada para un evento final de señal”, y así sucesivamente. Ver Tabla 1 de los anexos.

# Eventos

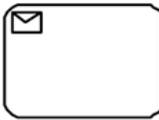
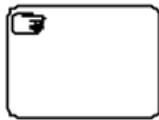
	Inicio			Intermedios			Fin	
	Alto Nivel	Evento Interruptor de Subproceso	Evento No Interruptor de Subproceso	Captura	Adjunto Interruptor	Adjunto No Interruptor	Lanzamiento	
Simple: Eventos sin especificar. Indican puntos de inicio, de fin y situaciones intermedias.								
Mensaje: Recepción y envío de mensajes.								
Temporal: Puntos en el tiempo, lapsos, límites (timeouts). Pueden ser eventos únicos o cíclicos.								
Escalable: Cambio a un nivel mas alto de responsabilidad.								
Condicional: Reacción a cambios en las condiciones de negocios o integración de reglas de negocio.								
Enlace: Conectores fuera de página. Dos conectores de enlace equivalen a un flujo de secuencia.								
Error: Captura y lanzamiento de errores conocidos con nombre.								
Cancelación: Reacción a la cancelación de una transacción/ Solicitud de cancelación.								
Cancelación: Reacción a la cancelación de una transacción/ Solicitud de cancelación.								
Compensación: Manejo/ Solicitud de compensación.								
Señal: Intercambio de señales entre procesos. Una señal puede ser capturada varias veces.								
Múltiple: Captura uno de un conjunto de eventos. Lanza todos los eventos definidos.								
Paralela Múltiple: Captura todos los eventos de un conjunto de eventos en paralelo.								
Terminación: Terminación inmediata del proceso.								

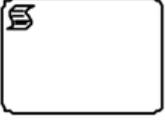
Tabla 1: Tipos de Eventos

- ✓ Actividades (Activity): una actividad es un término genérico que denota el trabajo que una compañía desarrolla en un proceso. Se identifican con rectángulo con los bordes redondeados.

Las actividades pueden ser atómicas o compuestas. Las actividades atómicas o tareas son aquellas que no pueden ser subdivididas en un nivel de detalle más fino. Las mismas pueden ser de varios tipos (simples, automáticas, manuales, de usuario, entre otras). Las compuestas o subproceso contienen su propio conjunto de actividades en una secuencia lógica, es decir pueden descomponerse. Al igual que las atómicas, las compuestas pueden ser de varios tipos (embebido, reusable, etc.) y pueden tener distintos tipos de marcadores de actividad que especifican el comportamiento particular de las actividades durante su ejecución (ver Tabla 2 en los anexos). Dichas actividades permiten crear diagramas con más profundidad sobre los procesos, suministrando más información y claridad al lector.

Tabla 2: Tipos de tareas

	<p>Tarea de Servicio</p> <p>Usa algún tipo de servicio, que puede ser un Web Service o una aplicación automatizada.</p>
	<p>Tarea Enviar</p> <p>Envía un Mensaje a un participante externo al proceso. Una vez enviado el mensaje, la tarea está completa.</p>
	<p>Tarea Recibir</p> <p>Espera por el arribo de un Mensaje desde un Participante externo al proceso. Una vez recibido el mensaje la tarea se completa.</p>
	<p>Tarea de Usuario</p> <p>Un humano desarrolla la tarea con asistencia de la aplicación de software y se programa a través de una lista administradora de tareas de algún tipo.</p>
	<p>Tarea Manual</p> <p>Se desarrolla sin la ayuda de ningún motor ejecutor de procesos de negocio o aplicación. Un ejemplo puede ser una secretaria archiva documentos físicos</p>

	<p>Regla de Negocio</p> <p>Ofrece un mecanismo al proceso para garantizar la entrada a un Motor de Reglas de Negocios y obtener la salida de los cálculos que el Motor de Reglas puede ofrecer.</p>
	<p>Tarea <u>Script</u></p> <p>Se ejecuta por el motor de proceso de negocio. El modelador o implementador define un script en un lenguaje que el motor pueda interpretar. Cuando la tarea está lista para comenzar, el motor ejecutará el script. Luego de que el script se complete, la tarea estará también finalizada.</p>

- ✓ Compuerta (Gateway): se representa con un rombo, determina diferentes decisiones y controla eficientemente la ejecución de la semántica en un flujo de trabajo. Se utiliza para controlar la divergencia y convergencia del flujo de secuencia, es decir una compuerta puede tener múltiples entradas y múltiples salidas al mismo tiempo. El tipo de la compuerta determinará el mismo comportamiento para ambos (flujo de secuencia divergente y convergente). Si un flujo de secuencia no necesita ser controlado, entonces la compuerta no es necesaria (OMG, 2011).

Las compuertas pueden definir todos los tipos de comportamientos para el flujo de secuencia en los procesos de negocio: decisión/bifurcación (exclusiva, inclusiva y compleja). Tradicionalmente las compuertas han sido utilizadas para decisiones exclusivas solamente, BPMN prolonga este comportamiento para reflejar cualquier tipo de control del flujo de secuencia.

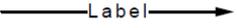
Un caso particular de creación de procesos es posible a través de las compuertas basadas en eventos, en cuyo caso el primer evento que machee crearía una nueva instancia del Proceso, y esperaría por los otros eventos originados desde las mismas paradas de decisión, siguiendo la misma semántica de la compuerta exclusiva basada en eventos. Este es el único escenario en el que una compuerta puede existir sin flujo de secuencia entrante.

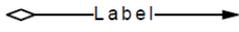
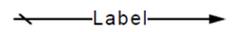
### 1.8.1 Objetos de conexión:

Son los elementos usados para conectar dos objetos del flujo dentro de un proceso de negocio. Existen 3 tipos de objetos de conexión:

- ✓ Flujos de Secuencia (Sequence Flow): Para indicar el orden en el cuál son ejecutadas las actividades del proceso de negocio. Véase Tabla 3 en los anexos.

Tabla 3: Tipos de flujos de secuencias

	<p><b>Flujo de Secuencia</b></p> <p>Define el orden de ejecución entre dos actividades.</p>
---	---

	<b>Flujo de Secuencia Condicional</b> Tiene una condición asignada que define si se activa la ruta.
	<b>Flujo de Secuencia por Defecto</b> Camino a seguir si las condiciones de los caminos alternativos evalúan a falso.

- ✓ Asociaciones (Association): Asocian artefactos, datos o textos a los Objetos de Flujo. Véase Tabla 4 en los anexos.

Tabla 4: Tipos de asociaciones

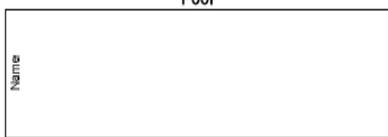
	<b>Asociación no dirigida</b> Indica manipulación de información entre actividades
	<b>Asociación Dirigida</b> Indica flujo de información. Leer un objeto de dato al iniciar una actividad o escribir un objeto de dato al finalizar una actividad.
	<b>Asociación Bidireccional</b> Indica modificación sobre el objeto de dato.

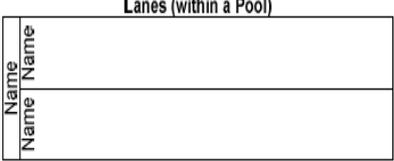
- ✓ Flujos de Mensaje (Message Flow): Muestran el flujo de mensajes entre dos procesos participantes.



- 1.8.2 Contenedores:** Son mecanismos utilizados para clasificar las actividades de manera visual para ilustrar las distintas categorías, roles o responsabilidades. Ver Tabla 5 en los anexos.

Tabla 5: Tipos de contenedores

	<b>Pools</b> Indica los participantes en el proceso. Contiene Objetos de Flujo, Objetos de Conexión y Artefactos.
---	--

	<p><b>Lane</b></p> <p>Es una sub-partición de POOL, ya sea vertical u horizontal que nos va a permitir clasificar los Objetos de Flujo, Objetos de Conexión y Artefactos con mayor precisión.</p>
---	---

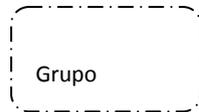
**1.8.3 Artefactos:** Los artefactos son usados para proveer información adicional sobre el proceso. Existen 3 tipos:

- ✓ **Objetos de Datos:** Para mostrar los datos que son producidos o requeridos por las actividades como documentos del negocio, e-mails, cartas, etc.

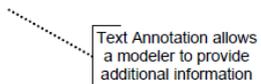


Datos

- ✓ **Grupos:** Para agrupar distintos elementos del diagrama



- ✓ **Anotaciones:** Para proporcionar información adicional al lector



✓ Anexo 2

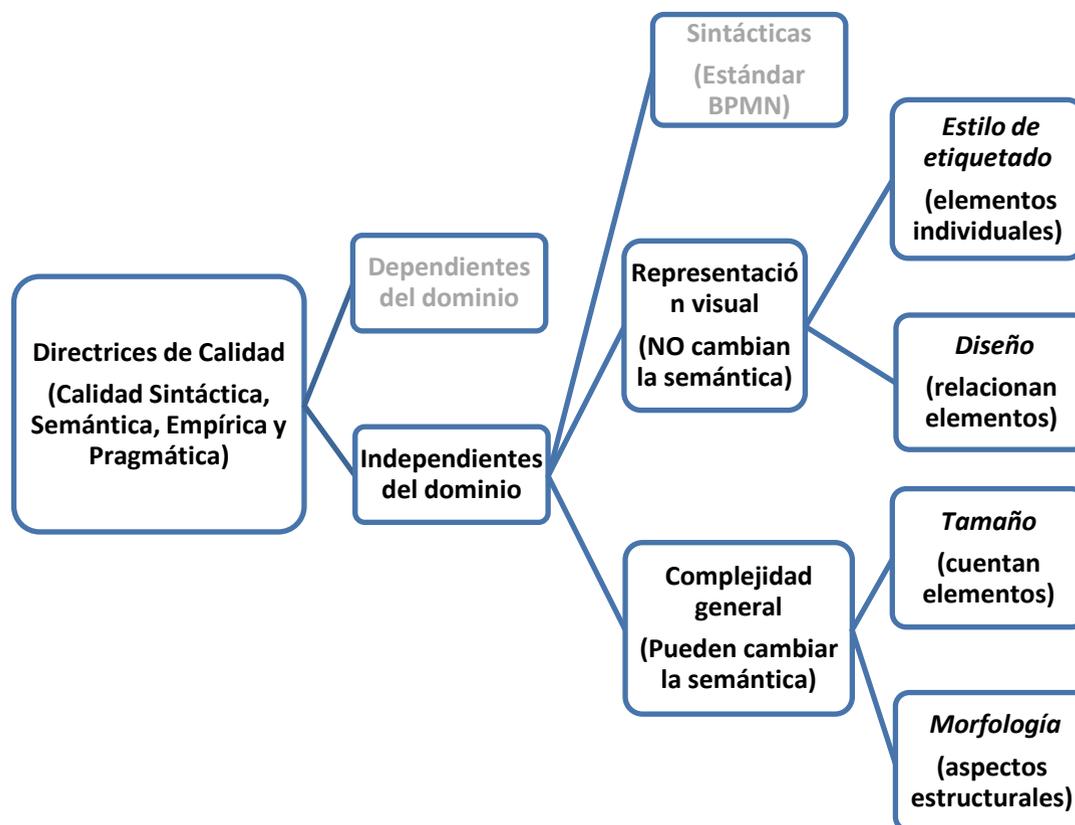


Figura 1: Taxonomía de las directrices

✓ Anexo 3

Tabla 6: Problemas en los modelos no guiados (1 existe el problema, 0 no existe)

Problemas:	NG 1	NG 2	NG 3	NG 4	NG 5	NG 6	NG 7	NG 8	NG 9	NG 10	NG 11	NG 12	NG 13	NG 14	NG 15	NG 16	NG 17	NG 18	NG 19	NG 20	NG 21	NG 22	NG 23	NG 24	NG 25	NG 26
D1: No modulariza modelos con más de 31 elementos	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
D1a: Existencia de elementos y fragmentos duplicados	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
D1b: Existencia de elementos innecesarios	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
D2: Alto número de eventos	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
D3: Existencia de más de 2 eventos de inicio o fin en el procesos de más alto nivel	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1
D4: Omisión de eventos inicio /fin	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
D5: Existencia de más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en alguna compuerta	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5a: Existencia de múltiples entradas y salidas en la misma compuerta	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
D6:Falta de estructuralidad (i.e. la suma de las incongruencias para cada tipo de compuerta está por encima de 4.5)	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
D7: Existencia de OR-Splits inclusivos	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D8: Elementos sin etiquetar	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
D8a: Problemas con etiquetas (no siguen estilo verbo-sustantivo)	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1
D8b: Etiquetas largas	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
D8c: Ausencia de palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
D9: Diagramas desorganizados	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1

D9a: Alto número de curvas	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
D9b: Alto número de cruzamiento de líneas en el modelo	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
D9c: Los diagramas no son simétricos	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
D10: Desconexiones en el flujo de secuencia	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0

Tabla 7: Problemas en los modelos guiados (1 existe el problema, 0 no existe)

Problemas:	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	G17	G18	G19	G20	G21	G22	G23	G24	G25	G26
D1: No modulariza modelos con más de 31 elementos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D1a: Existencia de elementos y fragmentos duplicados	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D1b: Existencia de elementos innecesarios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D2: Alto número de eventos	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
D3: Existencia de más de 2 eventos de inicio o fin en el procesos de más alto nivel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D4: Omisión de eventos inicio /fin	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5: Existencia de más de 4 flujos de secuencia de entrada/salida en alguna compuerta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D5a: Existencia de múltiples entradas y salidas en la misma compuerta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D6:Falta de estructuralidad (i.e. la suma de las incongruencias para cada tipo de compuerta está por encima de 4.5)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
D7: Existencia de OR-Splits inclusivos	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
D8: Elementos sin etiquetar	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D8a: Problemas con etiquetas (no siguen estilo verbo-sustantivo)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

D8b: Etiquetas largas	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
D8c: Ausencia de palabras como Enviar/Recibir para actividades y eventos de este tipo	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0
D9: Diagramas desorganizados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D9a: Alto número de curvas	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
D9b: Alto número de cruzamiento de líneas en el modelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
D9c: Los diagramas no son simétricos	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	
D10: Desconexiones en el flujo de secuencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 8: Valores de las métricas para los modelos no guiados

Métricas	NG 1	NG 2	NG 3	NG 4	NG 5	NG 6	NG 7	NG 8	NG 9	NG 10	NG 11	NG 12	NG 13	NG 14	NG 15	NG 16	NG 17	NG 18	NG 19	NG 20	NG 21	NG 22	NG 23	NG 24	NG 25	NG 26
<b>Tamaño:</b>																										
Número de nodos	38*	23	27	30	30	18	43*	19	32*	26	20	32*	38*	38*	23	27	30	30	18	43*	19	32*	26	20	32*	38*
Número de actividades	11	15	12	13	18	10	23	11	15	12	11	11	14	11	15	12	13	18	10	23	11	15	12	11	11	14
Número de eventos	22	6	12	9	8	4	11	4	11	9	6	14	16	22	6	12	9	8	4	11	4	11	9	6	14	16
Número de eventos de inicio	2	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Número de eventos de fin	5*	3	3	4*	2	2	5*	1	4*	4*	1	5*	3	5*	3	3	4*	2	2	5*	1	4*	4*	1	5*	3
Número de compuertas	5	2	3	8	4	4	9	4	6	5	3	7	8	5	2	3	8	4	4	9	4	6	5	3	7	8
Número de arcos	37	20	26	33	32	18	44	18	35	28	20	34	42	37	20	26	33	32	18	44	18	35	28	20	34	42
<b>Densidad</b>																										
Grado promedio de los conectores	3.8	3	3	3	3.2	3.2	3.1	3	3	3.2	3	3.2	3.2	3.8	3	3	3	3.2	3.2	3.1	3	3	3.2	3	3.2	3.2

	*				5*	5*	1*			*		8*	5*	*				5*	5*	1*			*		8*	5*	
Grado máximo de los conectores	5*	3	3	4*	4*	4*	4*	3	3	4*	3	4*	4*	5*	3	3	4*	4*	4*	4*	3	3	4*	3	4*	4*	
<b>Conectividad</b>																											
Estructuralidad (MM)	3	2	3	6*	5*	5*	6*	2	6*	6*	3	5*	10*	3	2	3	6*	5*	5*	6*	2	6*	6*	3	5*	10*	
Heterogeneidad de las compuertas	0.6 1*	0	0	0	0	0.5 1*	0	0	0.5 7*	0	0	0.5 7*	0.3 4	0.6 1*	0	0	0	0	0.5 1*	0	0	0.5 7*	0	0	0.5 7*	0.3 4	
CFC	8*	4	6*	13*	10*	10*	15*	6*	10*	11*	6*	3	16*	8*	4	6*	13*	10*	10*	15*	6*	10*	11*	6*	3	16*	
CFCor Split	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
CFCxor Split	7	4	6	13	10	7	15	6	8	11	6	2	15	7	4	6	13	10	7	15	6	8	11	6	2	15	
Número de OR-Splits inclusivo	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	

Tabla 9: Valores de las métricas para los modelos guiados

Métricas	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G1 0	G1 1	G1 2	G1 3	G1 4	G1 5	G1 6	G1 7	G1 8	G1 9	G2 0	G2 1	G2 2	G2 3	G2 4	G2 5	G2 6	
<b>Tamaño:</b>																											
Número de nodos	31	12	25	19	31	26	21	27	24	24	16	18	19	31	12	25	19	31	26	21	27	24	24	16	18	19	
Número de actividades	19	7	11	9	18	13	11	13	13	12	10	6	11	19	7	11	9	18	13	11	13	13	12	10	6	11	
Número de eventos	7	3	11	6	7	6	4	9	7	7	4	8	4	7	3	11	6	7	6	4	9	7	7	4	8	4	
Número de eventos de inicio	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Número de eventos de fin	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	
Número de compuertas	5	2	3	4	6	7	6	5	4	5	2	4	4	5	2	3	4	6	7	6	5	4	5	2	4	4	
Número de Sub-procesos	35	13	26	20	34	29	24	36	34	26	17	20	21	35	13	26	20	34	29	24	36	34	26	17	20	21	

Número de arcos	31	12	25	19	31	26	21	27	24	24	16	18	19	31	12	25	19	31	26	21	27	24	24	16	18	19	
<b>Densidad</b>																											
Grado promedio de los conectores	2.8	3	2.3 3	3.2 5*	2.6 6	3.1 4*	3	4.8 *	6*	3.2 *	3	3	3.2 5*	2.8	3	2.3 3	3.2 5*	2.6 6	3.1 4*	3	4.8 *	6*	3.2 *	3	3	3.2 5*	
Grado máximo de los conectores	3	3	3	4*	3	4*	3	3	3	4*	3	3	4*	3	3	3	4*	3	4*	3	3	3	4*	3	3	4*	
<b>Conectividad</b>																											
Estructuralidad (MM)	4	2	1	1	2	4	2	2	4	4	2	4	5*	4	2	1	1	2	4	2	2	4	4	2	4	5*	
Heterogeneidad de las compuertas	0.1 6	0	0	0	0.5 7*	0.9 *	0.5 7*	0.6 6*	- 0.3 5	0	0	0.3 1	0.5 1*	0.1 6	0	0	0	0.5 7*	0.9 *	0.5 7*	0.6 6*	- 0.3 5	0	0	0.3 1	0.5 1*	
CFC	8*	4	6*	6*	9*	14*	9*	14*	11*	9*	4	4	7*	8*	4	6*	6*	9*	14*	9*	14*	11*	9*	4	4	7*	
CFCand Split	0	0	0	0	0	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	3	0	0	0	0	0	
CFCor Split	8	4	6	6	8	7	6	10	8	9	4	4	6	8	4	6	6	8	7	6	10	8	9	4	4	6	
CFCxor Split	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	
Número de OR-Splits inclusivo	4	2	1	1	2	4	2	2	4	4	2	4	5	4	2	1	1	2	4	2	2	4	4	2	4	5	