

# COMPLEJIDAD EN MODELOS CONCEPTUALES DE PROCESOS DE NEGOCIOS. PROPUESTA DE MÉTRICAS DE CALIDAD DE MODELOS CONCEPTUALES DE PROCESOS



## BUSINESS PROCESS MODEL COMPLEXITY. A PROPOSAL OF QUALITY METRICS OF CONCEPTUAL BUSINESS PROCESS MODEL

### AUTOR

RICARDO MÉNDEZ L.  
Magíster© en Ciencias de la Computación  
Universidad Católica del Maule  
ricardo.mendez@econtinuum.cl  
CHILE

### AUTOR

ANGÉLICA URRUTIA  
Doctora en Ingeniería Informática  
Universidad Católica del Maule  
\*Departamento de Computación e Informática,  
aurrutia@ucm.cl  
CHILE

### \*INSTITUCIÓN

Universidad Católica del Maule  
Talca, Chile  
Institución Universitaria  
Avenida San Miguel 3605, Talca Chile.

**INFORMACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN O DEL PROYECTO:** Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos de la investigación realizada para la tesis de magíster en ciencias de la computación, Universidad Católica del Maule, Chile.

**RECEPCIÓN:** Septiembre 27 de 2016

**ACEPTACIÓN:** Noviembre 28 de 2016

**TEMÁTICA:** Business Process Management (BPM)

**TIPO DE ARTÍCULO:** Artículo de investigación científica e innovación

**Forma de citar:** Mendez. R. (2016). Complejidad en modelos conceptuales de procesos de negocios. En R, Llamasa Villalba (Ed.). Revista Gerencia Tecnológica Informática, 15(43), 47-62. ISSN 1657-8236.

## RESUMEN ANALÍTICO

Los procesos de negocios constituyen un factor clave para el éxito las organizaciones, actualmente el interés en los procesos de negocios por parte de las organizaciones ha crecido de la mano del surgimiento de un sin número de herramientas para el modelado. Analistas, ingenieros de procesos y de software consideran el modelo conceptual de procesos como un insumo que ayuda a la visibilidad, comprensión del negocio e implementación tecnológica, sin embargo, no hay un consenso respecto de que constituye un modelo de procesos de calidad. En este trabajo tiene como propósito contribuir en el estudio de calidad de los modelos conceptuales de procesos desde la perspectiva de la complejidad, se pretende establecer que la complejidad de los modelos afecta el entendimiento de los procesos, dificulta su adaptación y posterior implementación. Actualmente, existen trabajos relacionados con el estudio de la complejidad de los modelos de procesos, En este trabajo se pretende contribuir en el desarrollo de esta dimensión de la calidad de los modelos procesos, centrado en el estudio de casos reales de modelos de procesos en notación BPMN. Se proponen algunas métricas para medir la complejidad de los modelos procesos, y como estas nuevas mediciones inciden en el entendimiento y comprensión de los mismos.

**PALABRAS CLAVES:** BPMN, modelado de procesos, complejidad, métrica, procesos de negocios

## ANALYTICAL SUMMARY

Processes are a key factor for the success of the organizations, currently the interest in the business processes by organizations has grown out of the hand of the emergence of several tools for modeling. Analysts, process engineers and software consider the conceptual model of processes such as an input that helps the visibility, understanding of the business and technological implementation, however, there is no consensus that constitutes a model of quality processes. In this Paper, has as purpose to contribute in the study of quality of the conceptual models of processes from the perspective of the complexity, we intend to establish that the complexity of the models affects the understanding of processes, hinders their adaptation and subsequent implementation. There are currently work related to the study of the complexity of the process models, this paper aims to contribute in the development of this dimension of the quality of the models processes, focused on the study of actual cases of process models in BPMN notation. It is proposed some metrics to measure the complexity of the models processes, and as these new measurements affect the understanding of the same.

**KEYWORDS:** BPMN, business process modeling, complexity, metric, business process.

## INTRODUCCIÓN

El modelado de procesos de negocios se ha transformado en una actividad esencial en las organizaciones, el creciente interés del modelado de procesos ha contribuido a la aparición de una variedad de herramientas y notaciones que han permitido a las organizaciones de distinta índole diseñar sus procesos. Entre las notaciones de modelado de procesos, BPMN se ha ido convirtiendo en el estándar de facto de la industria; la popularidad de BPMN se debe a las innumerables herramientas disponibles que implementan la notación, adicionalmente la facilidad de uso de la notación para el modelado. La expresividad de BPMN permite construir modelos con alto grado de representación de la realidad,

sin embargo, esta expresividad en algunas oportunidades produce modelos con un alto nivel de complejidad. Este aumento de la complejidad de los modelos de procesos implica dificultad para su entendimiento y mantención [1].

La complejidad en los modelos de procesos ha sido estudiada en [2, 3, 4, 5], en estos trabajos se presenta una visión respecto de la complejidad y como esta puede afectar de manera significativa la comprensión de los modelos de procesos, dificultando la mantención. Es deseable establecer las propiedades en los modelos de procesos que ayuden a los analistas, ingenieros de procesos a diseñar modelos con bajos niveles de complejidad; este trabajo pretende contribuir en el

desarrollo, aplicación y profundización de los criterios de calidad desde la perspectiva de la complejidad en los modelos de procesos.

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la sección 1 se presentan los conceptos básicos. En la sección 2 se presenta discusión bibliográfica con los diferentes trabajos relacionados con la complejidad de los modelos procesos. En la sección 3 se presenta la formulación de la investigación, las preguntas de investigación y las limitaciones de trabajo. En la sección 4 se presenta el diseño del experimento. En la sección 5 se presentan los resultados experimentales. En la sección 6 se presenta el análisis y discusión del experimento. En la sección 7 se presenta las conclusiones y trabajos futuros. En la sección 8 se presenta los agradecimientos y finalmente en la sección 9 se presentan las referencias bibliográficas utilizadas en este trabajo.

## 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1 MODELADO DE PROCESOS DE NEGOCIOS

El modelado de procesos de negocios se está transformando en un área de gran importancia y su historia nace el año 1992. Es considerada una práctica central dentro de la Gestión de Procesos de Negocios (BPM) [6].

El modelado puede ser entendido como una representación gráfica y simbólica de un asunto de interés por medio de diagramas y otros artefactos. Los Modelos son simplificaciones en orden a mantener claridad y entendimiento sobre algún aspecto de un problema donde hay complejidad, incertidumbre, cambios o suposiciones [8].

El modelado de Procesos de Negocios debe ser entendido como un proceso que tiene como finalidad la obtención de un artefacto que permita entender, visibilizar y comunicar a los distintos agentes interesados del funcionamiento del negocio. Este modelado constituye un insumo de gran utilidad para las distintas partes interesadas del negocio, Gestores de Negocios, Analistas de Procesos, Ingenieros de Procesos, Ingenieros de Software. El modelado de PN es considerado como el primer artefacto de software [6].

### 1.2 MODELOS DE CALIDAD DE PROCESOS DE NEGOCIOS

La definición clásica de Calidad en los Modelos fue propuesta en [7]. *“Define un conjunto de características y relaciones entre ellas, que proveen un marco de trabajo para especificar los requerimientos de calidad y su evaluación”.*

En el contexto del Modelo Conceptual de los Procesos de Negocios (MCPN) no se puede precisar con exactitud si un MCPN tiene un alto nivel de calidad o no, en muchas ocasiones la calidad depende del observador del modelo, para algunos analistas un MCPN puede presentar un nivel alto de calidad, sin embargo, para otros puede que ese no sea el caso. Es por esta razón que es complejo precisar el nivel de calidad de MCPN. De todas maneras los investigadores coinciden que es necesario desarrollar modelos de calidad que permitan medir y establecer los niveles de calidad MCPN. La importancia de desarrollar modelos de calidad de Procesos de Negocios son las siguientes:

- Niveles Altos de Calidad en los modelos de procesos ayudan en el entendimiento y mantención de los procesos de negocios [4].
- La Calidad de los modelos de procesos tiene una positiva influencia en la mantención del software [4].
- Mejorando la Calidad de los Modelos de Procesos puede ayudar a reducir los costos [5].
- Procesos altamente complejos son propensos a errores, dificultando su entendimiento y mantención [2].

### 1.3 COMPLEJIDAD EN LOS MODELOS DE PROCESOS

No existe consenso en la definición de la complejidad en el ámbito de los modelos de procesos de negocios, está claro que representa un gran desafío establecer claramente que constituye un modelo complejo, sin embargo, todos los trabajos relacionados con el tema coinciden que los modelos con altos niveles de complejidad dificultan el entendimiento, mantención, elevan los costos de implementación tecnológica y son propensos a errores.

Actualmente se han realizado trabajos en el área de complejidad en los modelos de procesos, todos estos estudios establecen que modelos de procesos con bajos niveles de complejidad permiten ser modificados rápidamente para adaptarse a las necesidades de los clientes, accionistas y proveedores.

Por otro lado, los analistas no están considerando la complejidad como un factor relevante al momento de modelar, incluso en algunos casos para procesos relativamente sencillos los diseños resultan intrincados y se tornan extremadamente difíciles de entender.

### 1.4 MÉTRICAS EN EL CONTEXTO DE LOS MODELOS CONCEPTUALES DE PROCESOS.

*“Si algo no puede ser medido, no puede ser mejorado”.* Las métricas ayudan a establecer de manera

cuantitativa, el estado de ciertas propiedades que son de interés de estudio, la definición de métricas en el modelado de procesos es una práctica relativamente nueva. El surgimiento de las métricas se ha nutrido principalmente de la ingeniería de software [8]. En la TABLA 1 se presentan las similitudes entre el paradigma de Programación Orientada a Objetos(OO) y Notación de Modelado de Procesos de Negocios (BPMN)

**TABLA 1.** Similitud OO y BPMN

OO	BPMN
Clases/Paquetes	Procesos/Subprocesos
Métodos	Tareas
Invocación de Métodos	Flujo de Control o Flujo de Mensaje
Variables/Constantes	Data Objects
Comentarios	Anotaciones

Estas similitudes han sido presentadas en [3, 9]

- Ambos (Procesos y Software) están centrados en el procesamiento de información, entre cada paso, una o más salidas son producidas a partir de una o más entradas.
- Tiene similitud en la composición estructural. Un software está compuesto de módulos y clases. Cada módulo cuenta un número de líneas de código y cada línea de código está formada por variables, por otro lado, los procesos están compuestos de actividades, cada actividad está compuesta de operaciones elementales (Tareas) y cada una de estas operaciones usa elementos de información para producir nueva información.
- Su ejecución dinámica se deriva de su estructura estática. Cuando se instancia un proceso o se ejecuta un software, sus elementos toman valores de acuerdo a su representación estática.

Ha quedado establecido que los procesos y el software tienen mucho en común, es por esta razón que es natural que las medidas para determinar la calidad en el software perfectamente puedan ser adaptadas para medir la calidad de los modelos de procesos.

## 2. DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA

El concepto de complejidad en el modelado de procesos ha sido introducido en [4,9]. En estos trabajos se plantea la oportunidad de emplear las métricas de ingeniería de software para medir la complejidad de los modelos de

procesos. Las métricas propuestas no han sido aplicadas y validadas con casos reales. En estos trabajos se consideran los principios básicos de diseño de software orientado a objeto y como pueden ser considerados como propiedades deseables a medir en los modelos de procesos. A continuación, se presenta una revisión de estos principios y su adaptación al área de complejidad de modelos de procesos.

**Acoplamiento:** Las medidas de acoplamiento permiten establecer el número de interconexiones a través de los módulos de un modelo. Se han identificado dos trabajos que usan esta propiedad para medir la calidad de un modelo de procesos. En [10] se denomina a las métricas que miden esta característica, métricas de complejidad, el propósito de esta métrica es medir la cantidad de conexiones entre las tareas en un modelo de procesos basado en la teoría de análisis de redes sociales. En [11] se presenta otra métrica de acoplamiento que tiene como propósito contar todos los elementos de datos por cada par de tareas. En ambos trabajos, no se considera la dificultad de las conexiones, sin embargo, en [12] se presenta una métrica de acoplamiento que considera la complejidad de las conexiones y el tipo de nodo que se conecta, denominada métrica de densidad. Esta métrica se basa en la complejidad cognitiva de la decodificación de símbolos y el espacio de estados que se produce al activar las transiciones entre las actividades.

**Cohesión:** La cohesión tiene relación con la coherencia entre las partes de un modelo [11] se presenta una métrica de cohesión que establece la coherencia entre las actividades de un modelo de proceso.

**Complejidad:** Las medidas de complejidad tienen como propósito medir la entendibilidad y sencillez de un modelo. Esta propiedad es la más investigada, existen un amplio rango de métricas definidas. En [4,13] se realiza una adaptación de McCabe's cyclometric number como métrica de complejidad.

**Modularidad:** La modularidad establece el grado de como un diseño se puede dividir en varios módulos. Esta propiedad no registra trabajos que desarrollen este concepto.

**Tamaño:** esta medida establece el tamaño de un modelo de proceso, contando la cantidad de nodos de un modelo. En [4, 13,16] se propone como medida la cantidad de actividades como una medida de complejidad, esta medida surge a partir de la métrica de LoC (line of Code) de la ingeniería de software, Los módulos con una gran cantidad de líneas de código son más difíciles de entender, costosos para mantener y propensos a errores.

## 2.1 MOTIVACIÓN

De acuerdo a lo presentado en las secciones anteriores existen numerosos trabajos que abordan el problema de complejidad en los modelos de procesos, sin embargo, en estos trabajos existen muy pocas referencias a modelos reales de procesos, y las referencias más realistas son las presentadas cuando se analizan modelos de procesos de SAP Model Reference que emplean una notación distinta (EPC) que difiere a BPMN, dominante al menos en la realidad nacional. Los modelos propuestos en el catálogo antes mencionado se consideran que están presentados a un alto nivel de abstracción y algunos casos simplifican la realidad objetiva de esos procesos. Los diseños reales consideran regiones de cancelación, manejo de excepciones, estos constructos son empleados habitualmente en el diseño de procesos. Adicionalmente estos estudios están centrados en el acoplamiento como propiedad para establecer niveles de complejidad, nosotros estimamos pertinente que se deben estudiar otras propiedades de los modelos desde la perspectiva de complejidad que son relevantes al momento de realizar una implementación tecnología de los diseños. Es por lo anterior, que la motivación de este trabajo es realizar una propuesta de estudio de la complejidad desde una perspectiva que tenga en cuenta la Modularidad y Cohesión de los modelos procesos, teniendo presente que no existe investigación relevante en esta área, creemos pertinente proponer nuevas medidas que permitan establecer la complejidad de los modelos considerando estas dos propiedades.

## 2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a lo anterior se plantean las preguntas de investigación que este trabajo pretende dar respuesta

1. ¿Cómo se puede establecer y medir la cohesión y modularidad en los modelos de procesos?
2. ¿Qué aspectos claves deben ser considerados de manera que puedan ser evaluados en modelos reales?
3. Establecido los aspectos claves y medidas ¿Cómo pueden ser traducidas en guías y plantillas para el apoyo en el diseño?

## 2.3 CONTRIBUCIÓN

La contribución principal de este trabajo, es proponer guías prácticas que permitan a los analistas e ingenieros de procesos diseñar procesos que consideren la modularidad y cohesión como elementos esenciales en los modelos, adicionalmente establecer que estas propiedades ayudan a la comprensión por parte de las distintas partes interesadas, permiten facilitar la mantención de los modelos y su posterior implementación tecnológica.

Los resultados esperados, se pretende validar empíricamente la propuesta a través del empleo de un catálogo de procesos reales. Adicionalmente se pretende construir un prototipo que incorpore las características y ayude a los analistas de procesos validar y establecer la calidad de modelos considerando estos dos atributos.

## 3. FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1 MÉTRICA DE COHESIÓN

En esta sección se presenta y describe la métrica de Cohesión.

Definición N°1: Sea  $p$  un Proceso que está compuesto por un conjunto de nodos  $(n_1, n_2, n_3, \dots, n_m)$ . Un nodo puede ser (i) Actividades, por ejemplo  $a_1, a_2 \in A$ . (ii) Gateway, por ejemplo  $g_1, g_2, \dots, g_g \in G$ . Eventos  $e_1, e_2, \dots, e_n \in E$ .

$$\forall a_i \in A \exists l / \text{dom}(l) \quad (1)$$

Donde  $\text{dom}(l)$  es el elemento dominante del Proceso  $p$ . Para el cálculo de  $\text{dom}(l)$  se presenta el algoritmo propuesto en [17]. Presentado en la Figura 1

**FIGURA 1.** Algoritmo de Extracción de Elemento Dominante

---

**Algorithm 1:** Dominating Element Extraction

---

```

1: extractDominatingElements(ProcessModel model, String type)
2: List elementCount = new List();
3: List elements = model.getElements(type);
4: for all elements elem in model do
5:   currentCount = elementCount.get(elem);
6:   elementCount.set(elem, currentCount+1);
7: maxCount = elementCount.getMax();
8: if amount of elements elem with count maxCount=1 then
9:   return elem with count = maxCount;
10: else
11:   return null;

```

---

El algoritmo de extracción de Elemento dominante tiene como propósito que, dado un Modelo de Proceso, obtener la acción dominante y el objeto dominante del modelo.

Definición N°2 Sea  $et_d$ : etiqueta dominante

$$et_d = ac_d \cup ob_d \quad (2)$$

Donde

$ac_d$ : Acción Dominante  
 $ob_d$ : Objeto Dominante

$$\text{cod}(a_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_i \in A \text{ y } et_d \text{ esta completamente contenida en } a_i \\ 0 & \text{si } a_i \in A \text{ y } et_d \text{ no esta completamente contenida} \end{cases}$$

Luego la Métrica de Cohesión de Procesos se define

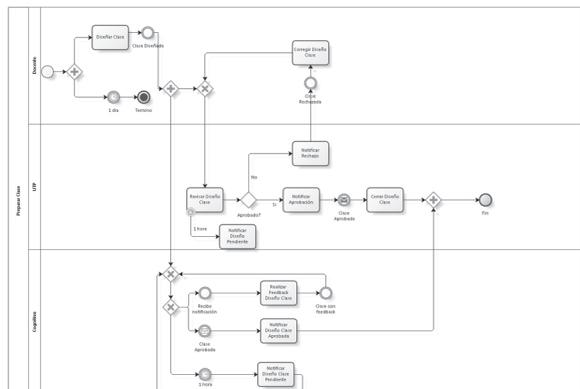
$$MC(p) = \frac{\sum_{n=1}^n \text{cod}(a_i)}{\sum_{n=1}^n a_i} \quad (3)$$

De la MCP presentada anteriormente podemos decir que un modelo de proceso es perfectamente cohesionado si  $MC(p)=1$  y para  $MC(p)=0$  perfectamente no cohesionado.

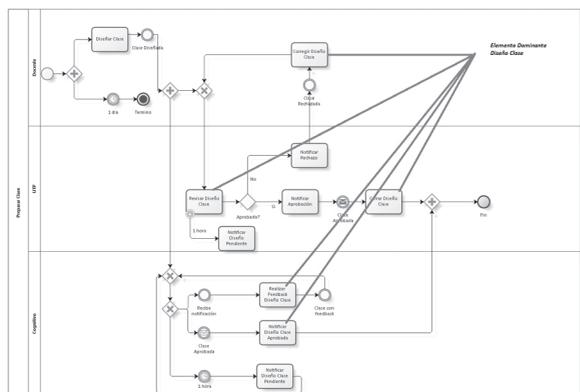
En la Figura 2 se presenta el modelo de Proceso Preparar Clase. En este proceso el docente antes de realizar la clase, debe definir la clase, el contenido y los objetivos, una vez ejecutada esta actividad, este diseño debe ser revisado y aprobado por la Unidad Técnica Pedagógica (UTP), en paralelo este diseño puede recibir feedback por parte de un asesor cognitivo. Si la UTP aprueba el diseño el proceso se termina y la clase queda lista para ser posteriormente ejecutada. A continuación, mostraremos como aplicar la métrica de cohesión de proceso presentada anteriormente.

En la Figura 3 se presenta el resultado de la ejecución del algoritmo de extracción de elemento dominante propuesto en Figura 2, el elemento dominante es Diseño Clase está presente en 7 de 10 actividades luego  $MC(p)=7/10=0.7$  es un nivel de cohesión bastante alto.

**FIGURA 2.** Modelo de Proceso Preparar Clase



**FIGURA 3.** Elemento Dominante Preparar Clase



Si consideramos otras técnicas de detección de similitudes textuales, el proceso presentado en la Figura 3 su nivel de cohesión sería más alto por ejemplo la Actividad Diseñar Clase es bastante similar al elemento dominante Diseño Clase.

Luego se podría sensibilizar la función  $cod(a_i)$  considerando un umbral de similitud.

Entonces  $sim(a_i/et_d)$  viene dado por el grado de similitud del elemento dominante  $et_d$  sobre la etiqueta de la actividad  $a_i$

$$scod(a_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } a_i \in A \text{ y } sim\left(\frac{a_i l}{et_d}\right) \geq 0.7 \\ 0 & \text{si } a_i \in A \text{ y } sim\left(\frac{a_i l}{et_d}\right) < 0.7 \end{cases} \quad (4)$$

En la Figura 2 la Actividad Diseño Clase al aplicar  $scod(a_j)=1$  donde  $a_j$  es Diseño Clase incrementando el nivel de cohesión del modelo luego  $MC(p)=0.8$ .

### 3.1.1 Validación de la métrica Propuesta

Para efectos de establecer la validez de la métrica, es necesario que cumpla un conjunto de propiedades tales como: facilidad de cálculo, Consistencia y sea objetiva. Adicionalmente en [3] se presentan las propiedades deseables de la una métrica:

- *Simplicidad:* La métrica debe ser fácil de entender por parte de los usuarios finales (Analistas, Ingenieros de Procesos).
- *Consistencia:* La métrica debe obtener el mismo valor cuando dos usuarios de manera independiente la aplican al mismo modelo.
- *Automatización:* Esta debe ser posible de implementar en un software para realizar la medición de los procesos.
- *Las medidas deben ser aditivas si dos estructuras independientes:* dos modelos son puestos en secuencia entonces el total de la complejidad de las estructuras combinadas debe ser al menos la suma de las complejidades de las estructuras independientes.
- *Las medidas deben ser interoperables:* deben ser capaces de ser implementadas en distintas notaciones de modelado de procesos, por ejemplo, EPC, BPMN, etc.

En el caso MC a simple vista cumple 4 de 5 propiedades presentadas anteriormente, la propiedad de complejidad aditiva debe ser demostrada de manera formal para afirmar que es satisfecha por MC.

Para determinar si MC constituye una buena medida de complejidad se propone utilizar Weyuker Properties. WP ha sido aplicado al estudio de métricas de complejidad en el área de ingeniería de software, respecto de investigaciones para métricas de modelos de procesos en [3] es empleada para validar la métrica CFC (Control-Flow Complexity).

Es necesario realizar las pruebas para validar la calidad de una métrica, no obstante, se puede adelantar que la métrica propuesta no cumple la propiedad 8 de la TABLA 2, debido a que la métrica propuesta realiza análisis de palabras y nombres de actividades y a partir del grado de similitud determina la medida, es decir que si una actividad varía en su nombre probablemente el resultado de la medición sea diferente. En definitiva se puede establecer a priori que la métrica propuesta no cumple con la propiedad 8

**TABLA 2.** Weyuker Properties

1	Una métrica no puede medir todos los programas con el mismo nivel de complejidad
2	Solo hay un número finito de programas con la misma complejidad
3	Cada programa puede ser complejo
4	Si dos programas resuelven el mismo problema, pueden tener diferentes complejidades
5	La complejidad de dos programas unidos es mayor a la complejidad de cada programa por separado
6	Un programa con una complejidad dada al ser unido con otro programa, no necesariamente significa que el resultado de la complejidad debe ser igual, incluso si dos programas agregados tienen la misma complejidad
7	La versión permutada de un programa puede tener distinta complejidad
8	Si un programa es renombrado por otro nombre la complejidad debe ser la misma
9	La complejidad de dos programas unidos puede ser mayor que la suma de las complejidades individuales

La métrica propuesta determina el nivel de cohesión de un proceso a partir de los nombres de actividades. Esto reviste una limitación importante, no obstante, en [18] un influyente trabajo en esta área propone 7 guías de diseño de procesos que han tenido una gran aceptación y han sido adoptadas por los analistas, ingenieros de procesos en sus modelos. En la TABLA 3 se presentan las 7 guías de diseño

**TABLA 3.** Siete Guías de Diseño de Procesos

1	El modelo debe ser lo más estructurado posible
2	El modelo debe tener menos de 50 elementos
3	Usar pocos elementos en el modelo como sea posible
4	Usar verbo-objeto en el nombre de las actividades
5	Minimice las rutas entre los elementos
6	Usar un evento de inicio y un evento de final
7	Evitar compuerta OR

El ejemplo propuesto, las etiquetas cumplen con gran parte de las guías presentadas en la TABLA 3.

Adicionalmente en [17] se presenta los diferentes tipos de estructuras gramaticales que son usualmente empleados por los analistas en los modelos de procesos. Estas estructuras han sido habituales en los modelos de procesos en el Catalogo del SAP Model Reference, donde se agrupan cerca de 2000 modelos de procesos. Dentro de los estilos de nombres utilizados existen están Verbo-Objeto, por ejemplo, Diseñar Clase, Estructuras de texto que no contienen acción y agregan conectores gramaticales y pronombres, por ejemplo: Diseño de Clase y Revisión, Acciones descriptivas incluyen al rol, por ejemplo, Docente realiza el diseño de la clase.

En [19] se presentan los diferentes estilos de etiquetas para nombrar las actividades en un proceso, esta clasificación surge del estudio del catálogo de SAP Model Reference. En la Figura 4 se presenta los estilos de etiquetas para nombres de actividades en modelos de procesos.

**FIGURA 4.** Estilos de Etiquetas de nombres en Modelos de Procesos.

Name	Structure	Example
Verb phrase		Create invoice
Noun phrase		Invoice creation
Noun phrase with of prepositional phrase		Creation of invoice
Verb phrase (gerund)		Creating invoice
Irregular	-	LIFO: Valuation: Pool level

### 3.2 Métrica de Modularidad

La definición de modularidad presentada anteriormente, proveniente de la ingeniería de software plantea que un componente es modular si es capaz de ser dividido en partes. A partir de las similitudes de la Ingeniería de Software con los modelos procesos establecida previamente, se puede suponer lo siguiente:

Un Proceso puede ser entendido como una interfaz y cada actividad de ese proceso puede ser entendida como la declaración de los métodos de esa interfaz. Una interfaz debe ser implementada por una Clase. En la Figura 5 se presenta un proceso declarado como una interfaz, La interfaz PrepararClase compuesta por los métodos realizarDisenioClase, revisarDisenioClase, corregirDisenioClase que representan las actividades del proceso Preparar Clase.

**FIGURA 4.** Proceso Preparar Clase entendido como Interfaz

```
Public Interface PrepararClase

Public DisenioClase realizarDisenioClase(oas,secu
encia,docente);

Public boolean revisarDisenioClase(DisenioClase
disenioclase);
```

A partir de los principios de diseño de orientación a objetos, en la TABLA 4 se presentan los principios SOLID (Single Responsibility, Open-Close, Sustitution Liskov, Interface segregation, Dependency inversion).

**TABLA 4.** Principios de Diseño Orientado a Objetos SOLID.

S	Principio de Única responsabilidad	Una clase tiene una sola razón por la cual cambiar
O	Principio abierto cerrado	Un software debe ser abierto para extensión y cerrado para modificación
I	Principio de sustitución de Liskov	Toda clase puede sustituida por otra que cumpla el mismo contrato
D	Principio de Segregación de interfaces	Un cliente no puede ser forzado a implementar una interfaz que no usa, o implementar un método que no usa
D	Principio de Inyección de Dependencias	Las entidades y/o clases deben depender de abstracciones y no implementaciones concretas

En el caso de los procesos, se puede decir que un modelo de proceso requiere ser dividido si el MC(p) es bajo, si MC(p) es alto es proceso auto contenido. Aplicando SOLID para S la alta cohesión implica que existe un elemento dominante y que el proceso tiene directa relación con ese elemento dominante, vale decir el proceso solo tendría pocas razones por las cuales cambiar, es decir MC (p) cumple S. En este punto se puede establecer que MC(p) es una métrica que permita medir el nivel de responsabilidades de una actividad. En el caso de O un proceso debe ser cerrado para modificación y abierto para su extensión, esta propiedad tiene directa relación con el objetivo que buscan las métricas de complejidad, es ayudar a producir modelos que puedan tener un menor costo en modificación y mantención ante los cambios del entorno, se puede establecer que Un proceso con alto nivel de cohesión permite facilitar la modificación y adaptación a nuevos requerimientos cumpliendo O.

En (5) se define la fórmula para el cálculo de la Métrica de Modularidad (MRP)

$$NRP(p) = \sum_{i=1}^n w(ai) / \sum_{i=1}^n ai \quad (5)$$

Donde NRP es la cantidad de palabras promedio que las etiquetas emplean al definir el nombre de las actividades. Se puede decir que para NRP(p) cercano a 2 se encuentra bien definidas las responsabilidades de las tareas. Este valor no es arbitrario. en [19] se establece que modelos con bajos niveles de complejidad emplean 2 palabras en las etiquetas del proceso principalmente estilo Verb Phrase. Al estar bien definidas las responsabilidades se entiende que un proceso no cuenta con más actividades que las necesarias cumpliendo con esto I. Adicionalmente para D para NRP(p) alto supone que las actividades contenidas en el proceso emplean demasiadas palabras, aumentando su nivel de especialización en consecuencia para NRP(p) cercanos a 2 las actividades no muestran detalles de implementación concreta. Luego NRP(p) bajos o cercanos a 2 cumple con D. En el caso de L, es forzado establecer que un Proceso p cumpla con esta propiedad, principalmente por el análisis semántico involucra dependencia de como se llame la actividad al resultado y su implementación en definitiva no podemos asegurar que las métricas propuestas cumplan L.

Intuitivamente se ha presentado como las métricas propuestas cumplen en mayor medida los principios esenciales de la orientación a objetos, adaptados para el caso de modelado de procesos.

### 3.3 LIMITACIONES DEL TRABAJO

En este trabajo no tiene dentro de sus alcances la definición de umbrales para clasificar en niveles la

cohesión, este trabajo constituye un primer avance en materia de la definición de la medición de complejidad en virtud de dos propiedades cohesión y modularidad. Abordar de manera sencilla la cohesión y modularidad que permita a los analistas noveles mejorar sus diseños considerando estas propiedades. En trabajos futuros se pretende establecer umbrales, para este nuevo objetivo.

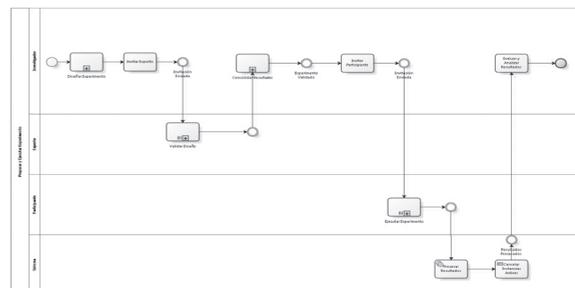
#### 4. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Se prepara un catálogo de procesos y se define una población de individuos, se considera profesionales de las Carreras Ingeniería Civil Informática, Ingeniería Civil Industrial, Ingeniería Mecánica, Estudiante de Postgrado de Magíster en Ciencias de la Computación, Expertos del Dominio e Ingenieros de Procesos con al menos dos años de experiencia usando notación BPMN.

Cada uno de estos grupos de evaluadores se solicita que respondan una encuesta la cual serán contrastados con los obtenidos a partir de la métrica. Posteriormente se emplea las métricas propuestas y se evaluará las propiedades esenciales de las mismas presentadas anteriormente. Finalmente se diseña una modificación del o los procesos y se verifica si efectivamente las métricas contribuyen a mejorar la comprensión de los modelos y disminuir la complejidad.

En la Figura 5 se presenta el proceso Preparar y Ejecutar Experimento que se utiliza para validar empíricamente las métricas propuestas. En el Subproceso Diseñar Experimento se ejecutan dos actividades: Diseñar Cuestionario y Cargar Modelo. En Diseñar Cuestionario se crea una encuesta donde los participantes se les solicita que respondan preguntas de apreciación de dificultad de entendibilidad y comprensión de un modelo en particular, adicionalmente se solicita que incorporen nuevos requerimientos al modelo. En Cargar Modelo se sube el modelo que será sujeto de estudio. Posteriormente una vez concluido este subproceso, se realiza invitación a un grupo de expertos para que validen el modelo desde la perspectiva de sintaxis y semántica, además que validen la encuesta. Luego se ejecuta el Subproceso Validar Diseño, donde cada experto invitado valida el diseño del experimento. Una vez concluido se incorporan las recomendaciones de los expertos en la encuesta y el modelo de proceso en estudio en Consolidar Resultados. En esta Fase del Proceso se realiza la invitación a los participantes que serán parte del experimento. En el Subproceso Ejecutar Experimento, en esta etapa los participantes ejecutan las actividades: Descargar, Analizar y Responder Encuesta. Una vez terminadas todas las instancias por participantes, Se ejecutan las actividades Procesar Resultados, Cancelar Instancias Activas y finalmente se ejecuta la actividad Evaluar y Analizar Resultados.

**FIGURA 5.** Modelo de Proceso Preparar y Ejecutar Experimento



#### 5. RESULTADOS DEL EXPERIMENTO

##### 5.1 CASO 1: ENCUESTA

Se crea una instancia del Proceso Preparar y Ejecutar Experimento para Modelo de Proceso Preparar y Aplicar Evaluación. En el subproceso Diseñar Experimento se diseña el cuestionario y se carga el modelo. La validación del cuestionario se envía a un Experto en Diseño de Evaluaciones. La Validación de la Semántica y Sintaxis del Modelo la realiza un profesional con conocimiento en modelado de procesos y el dominio de educación. Una vez validado el modelo y el cuestionario, se realiza la invitación a 10 participantes que responderán el cuestionario a partir del modelo propuesto.

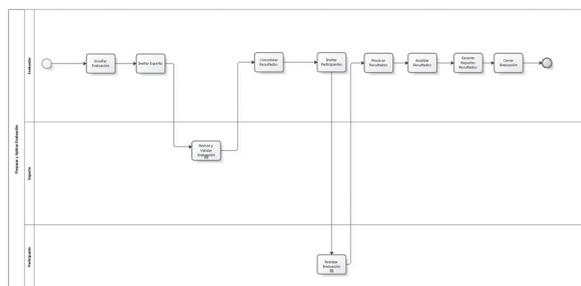
**TABLA 5.** Población Experimento

Especialidad	Experiencia	N°
Ingeniero en Computación Ingeniero Industrial	Al menos 2 años experiencia con la notación.	4
Otras carreras afines	Al menos 1 año de experiencia con la notación.	4
Otros	Menor a un año, pero con cursos de Modelado de Procesos.	2

En la Figura 6 se presenta el modelo de procesos Preparar y Aplicar Evaluación que será presentado a los invitados al experimento. Este modelo describe el proceso de evaluaciones y pruebas en una institución de educación primaria, este proceso se inicia con el diseño de una evaluación que incluye las preguntas y sus respectivas alternativas de respuestas, posteriormente el docente/evaluador envía el diseño a revisión por parte de un grupo de expertos que validan el instrumento, luego una vez recibido las sugerencias por parte de los asesores/expertos, el docente/evaluador puede incluir

las recomendaciones en el instrumento evaluativo, una vez realizada esta actividad, el evaluador debe realizar la invitación a los estudiantes/ participantes del proceso a quienes se aplicará la evaluación, entregada la invitación, los estudiantes deben realizar la evaluación. Cuando terminen de rendir las evaluaciones, se procesan los resultados y se generan los reportes de resultados terminando el proceso en la actividad de cierre de evaluación. En la Figura 7 se presenta la encuesta a aplicar, la finalidad de la encuesta es determinar la complejidad, entendibilidad y facilidad de incorporar nuevos requerimientos, si el modelo resulta entendible, la magnitud de la métrica de cohesión debería tener una magnitud considerable, además se pretende a través de las preguntas de apreciación identificar la valoración en escala Likert de las distintas dimensiones entendibilidad, facilidad de uso y adaptación a nuevos requerimientos, además se incluye una pregunta de inferencia que tiene directa relación con el nombre del proceso, en el experimento no se incluye el nombre del proceso, se solicita a los participantes que elijan un nombre a partir de 5 nombres propuestos: Diseñar Evaluación, Preparar y Aplicar Evaluación, Diseñar y Realizar Evaluación, Elaborar Evaluación, Elaborar y Aplicar Evaluación. El propósito de esta pregunta es determinar si los encuestados consideran patrones de asignación de nombres de actividades que tengan relación con lo propuesto en [17]. Además, se solicita a los participantes que incorporen un nuevo requerimiento al modelo propuesto y se solicita que valoren la dificultad para incluir el nuevo requerimiento.

**FIGURA 6.** Modelo de Procesos Preparar y Aplicar Evaluación



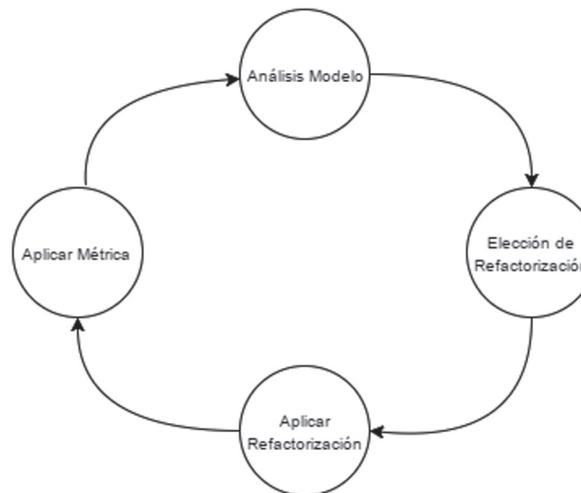
Adicionalmente, se propone un método de refactorización de modelos de procesos que incorpora guías de diseño para etiquetas de modelos de procesos, en la Figura 8 se presenta el esquema general del método de refactorización, se inicia aplicando la métrica de cohesión propuesta al modelo, luego se realiza el análisis del modelo, a través de distintos mecanismos, tales como: estilos de etiquetas, conjugación de verbos. Una vez realizado lo anterior, se elige la refactorización a aplicar al modelo a partir de catálogo de refactorizaciones, se aplica la refactorización y se calcula nuevamente la

métrica, este proceso se realiza hasta que la métrica alcance un umbral o en su defecto no queden más refactorizaciones por aplicar.

**FIGURA 7.** Encuesta Experimento

N° Pregunta	Pregunta
1	¿Qué nombre le pondría al modelo?
Alternativa 1: Diseñar evaluación Alternativa 2: Preparar y aplicar evaluación Alternativa 3: Diseñar y realizar evaluación Alternativa 4: Elaborar evaluación Alternativa 5: Elaborar y aplicar evaluación	
2	¿El modelo le resulta entendible?
Alternativa 1: Muy en desacuerdo Alternativa 2: En desacuerdo Alternativa 3: Indiferente Alternativa 4: De acuerdo Alternativa 5: Muy de acuerdo	
3	¿Le resultó fácil incorporar el nuevo requerimiento?
Alternativa 1: Muy en desacuerdo Alternativa 2: En desacuerdo Alternativa 3: Indiferente Alternativa 4: De acuerdo Alternativa 5: Muy de acuerdo	
4	¿El modelo descrito con anterioridad tiene coherencia con el BPMN presentado?
Alternativa 1: Muy en desacuerdo Alternativa 2: En desacuerdo Alternativa 3: Indiferente Alternativa 4: De acuerdo Alternativa 5: Muy de acuerdo	

**FIGURA 8.** Esquema General Proceso Refactorización de Procesos



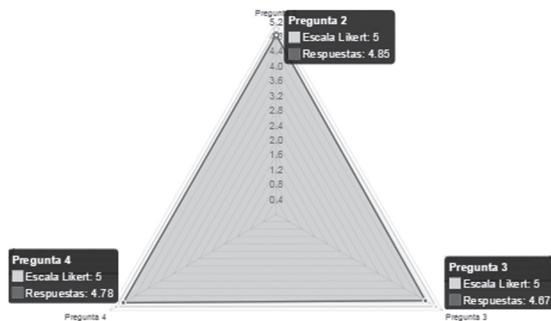
**5.1.1 Resultados Caso 1**

En la Figura 9 se presentan los resultados promedios de la encuesta, en las preguntas de apreciación de la encuesta, Pregunta 2 El modelo le resulta entendible (Entendibilidad/Comprensibilidad) arrojaron en promedio 4.85 sobre 5, donde 5 es la opción muy de acuerdo con la afirmación propuesta en la pregunta. En el caso de la pregunta 4 Le resultó fácil incorporar el Requerimiento (Modificabilidad/Adaptabilidad) en promedio entrega un valor 4.67 sobre 5. En la pregunta 5 se plantea una descripción de una situación y se pregunta Si esa descripción tiene coherencia con el BPMN presentado(Comprensibilidad) en resultado en promedio es 4.78 sobre 5. A partir de los resultados obtenidos

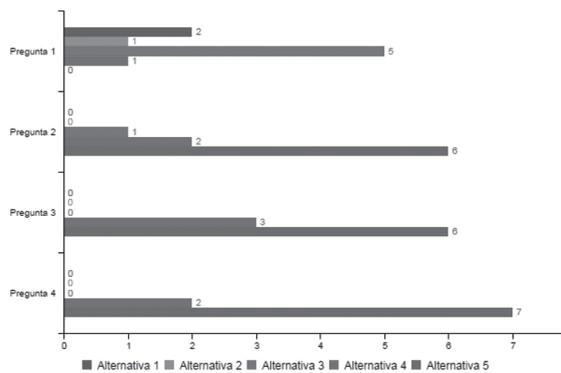
en la encuesta, los participantes calificaron el modelo como de baja complejidad debido a que los valores de las escalas de apreciación son cercanos o muy cercanos a 5 en las 3 preguntas de apreciación, el estilo de las etiquetas de las actividades del proceso pueden tener una incidencia en la entendibilidad y comprensión del modelo. En la Figura 11 se presenta análisis del estilo de etiquetas de las actividades del proceso [17][19] para el modelo propuesto en el experimento. En este caso, el total de las etiquetas presentes en el proceso tiene el estilo Verb Phrase.

En el caso de la Pregunta 1 ¿Qué nombre le pondría al modelo? 5 de los encuestados eligieron la alternativa 3 Diseñar y Realizar Evaluación, 2 escogieron la alternativa 1 Diseñar Evaluación, 1 escogieron alternativa Preparar y aplicar Evaluación y Elaborar Evaluación respectivamente. La elección mayoritaria tiene directa relación con lo propuesto en [17] donde el nombre de la actividad deriva del elemento dominante (Evaluación) y conjunción distintas actividades (Diseñar, Realizar).

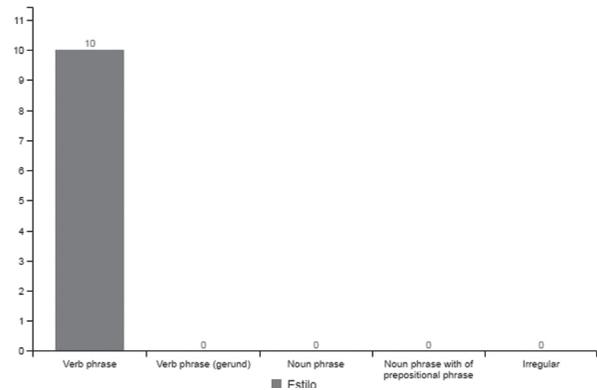
**FIGURA 9.** Resultados Promedios preguntas de apreciación, Encuesta Experimento Proceso Preparar y Aplicar Evaluación



**FIGURA 10.** Frecuencia estilos de etiquetas Proceso Preparar y Aplicar Evaluación



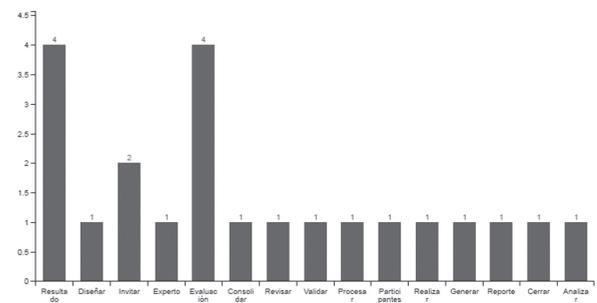
**FIGURA 11.** Frecuencia de etiquetas Proceso Preparar y Aplicar Evaluación



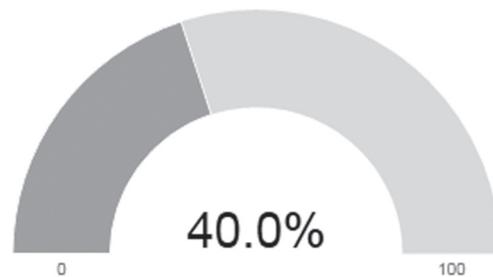
**5.1.1.1 Cálculo Métrica Cohesión**

A partir de los resultados obtenidos en la encuesta, se debe contrastar con la métrica de cohesión propuesta. En la Figura 12 se presenta el análisis de etiquetas de las actividades, entrega como resultado que existen 15 etiquetas en el modelo, las etiquetas con mayor frecuencia (elemento dominante) son Resultados y Evaluación. Luego al calcular la métrica propuesta esta arroja un valor de 40%.

**FIGURA 12.** Frecuencia de etiquetas Proceso Preparar y Aplicar Evaluación



**FIGURA 13.** Magnitud Métrica Cohesión Caso 1



### 5.1.1.2 Análisis de los resultados

En la Figura 13 se presenta el resultado obtenido al aplicar la métrica de cohesión, la magnitud de la métrica arroja un valor medio/alto, sin embargo, hay dos elementos dominantes Evaluación y Resultados. A partir de lo propuesto en [17] se realiza el análisis de conjugación de verbos que acompañan a los objetos de negocios. En la Figura 14 se presenta los resultados de la conjugación de verbos, en el caso de Evaluación los verbos que acompañan a este objeto de negocio Diseñar, Revisar, Validar, Realizar y Cerrar y para Resultados se identifican los verbos Consolidar, Procesar, Analizar. Esto puede señalar la existencia de subprocesos. Uno relacionado con el Objeto de Negocio Evaluación y otro subproceso que tenga relación con Resultados.

**FIGURA 14.** Conjugación de verbos y objetos de negocios

Business Object ⇅	BO ⇅
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Experto</li> </ul>	Experto
<b>Verb 1:</b> Invitar	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Resultados</li> </ul>	Resultados
<b>Verb 1:</b> Consolidar <b>Verb 2:</b> Procesar <b>Verb 3:</b> Analizar	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Participante</li> </ul>	Participante
<b>Verb 1:</b> Invitar	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Evaluación</li> </ul>	Evaluación
<b>Verb 1:</b> Realizar <b>Verb 2:</b> Diseñar <b>Verb 3:</b> Cerrar <b>Verb 4:</b> Revisar <b>Verb 5:</b> Validar	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▼ Reportes</li> </ul>	Reportes
<b>Verb 1:</b> Generar	

### 5.2 CASO 2: REFACTORIZACIÓN DEL MODELO PREPARAR Y APLICAR EVALUACIÓN

El resultado de la métrica de cohesión y el análisis de conjugación de verbos presentados previamente, entregan una señal de la existencia de subprocesos, A partir de lo anterior, se plantea la necesidad de refactorizar el modelo de proceso y aplicar nuevamente la métrica, para ver la evolución de la magnitud de la misma, para llevar a cabo este proceso, se emplea el catálogo clásico de refactorizaciones propuesto en [20]. En la TABLA 6 se presenta la propuesta de refactorizaciones para modelos de procesos a partir del catálogo clásico de refactorizaciones.

**TABLA 6.** Propuesta de Catálogo de Refactorización para modelos de Procesos

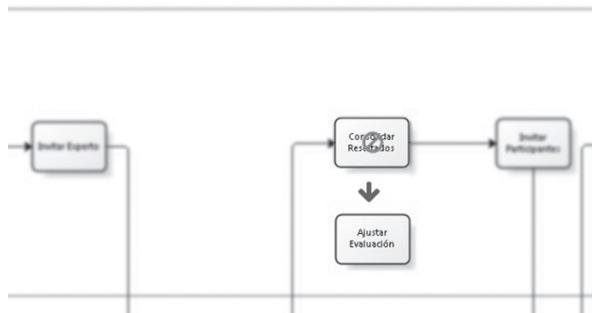
OO	Def.	Procesos	Propuesta
Renombrar Método	Cuando el nombre del método no ofrece información sobre su propósito, es conveniente renombrarlo	Renombrar Actividad	Cuando el nombre de la actividad no ofrece información sobre su propósito, es conveniente renombrarlo
Cambiar método	Si un método usa o es usado por más características de una clase distinta a la que lo incluye, puede ser conveniente cambiarlo a dicha clase	Cambiar Actividad	Si una actividad usa o es usada por más características de un Subproceso distinto a la que lo incluye, puede ser conveniente cambiarlo a dicha Subproceso
Extraer método	El fragmento de código se puede agrupar atendiendo a algún criterio, se debe definir un método que encapsule este fragmento.	Extraer Actividad	El fragmento o sección de un modelo proceso se puede agrupar atendiendo algún criterio, se debe definir un subproceso que encapsule esta sección
Encapsular campo	Si una clase incluye un campo público, debe definirse privado y proporcionar funciones de acceso	Encapsular Objeto Negocio	
Extracción de clases	Cuando una clase hace el trabajo que deberían hacer dos, crear una nueva clase y trasladar allí los campos y métodos relevantes	Extracción de Subproceso	Cuando un subproceso hace el trabajo que deberían hacer dos crear un nuevo subproceso y trasladar las actividades a ese nuevo subproceso
Promoción de métodos hacia arriba en la jerarquía	Cuando dos métodos están definidos de forma similar en dos subclases, es conveniente subir a la clase padre común.	Promoción de actividades a un subproceso padre	Dos actividades están definidas de manera similar en dos subprocesos, es conveniente subir a un proceso padre común
Colapsar jerarquías de herencia	Si una clase y su subclase no difieren, se conveniente fundirlas en una sola.	Colapsar subprocesos en el proceso padre	Si un proceso y un subproceso no difieren, es conveniente fundirlas en un proceso padre

Construcción de un patrón de método	Si dos métodos en subclases distintas realizan pasos similares en el mismo orden, pero los pasos son diferentes, cada paso se encapsula en un método con la misma signatura, de forma que los métodos originales llegan a ser idénticos. Entonces, dichos métodos pueden subir en la jerarquía.	Construcción de un Proceso Reutilizable	Si dos subprocesos distintos realizan actividades similares, se debe encapsular las actividades en subproceso reutilizable, para ser utilizadas en ambos subprocesos.
Reemplazar condicional con polimorfismo	Si una estructura condicional selecciona el comportamiento de un objeto dependiendo del tipo de objeto, cambiar cada rama del condicional a un método redefinido en cada subclase	Reemplazar condicional con nueva versión subproceso	Si la compuerta basada en datos, selecciona comportamiento dependiendo de un tipo de objeto de negocio, debe crear una nueva versión del proceso

### 5.2.1 Caso 2 Aplicar Refactorización Renombrar Actividad

En el proceso de Preparar y Aplicar Evaluación se identifica la actividad Consolidar Resultados que es candidata a aplicar la refactorización renombrar actividad, el nombre de actividad no tiene relación con su propósito, que es recibir recomendaciones de los expertos y realizar los ajustes a la evaluación. Se renombra por Ajustar Evaluación. En la Figura 15 se presenta la refactorización para la actividad Consolidar Resultados. En la Figura 16 se presenta el resultado al calcular la métrica de cohesión al aplicar la refactorización Renombrar Actividad la magnitud 50%.

**FIGURA 15.** Refactorización Renombrar Actividad

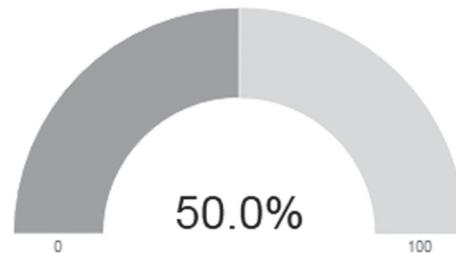


### 5.2.2 Analisis de los Resultados

El modelo resultante no difiere respecto del anterior, sin embargo, aumenta su nivel de cohesión al cambiar la etiqueta por una que representa de mejor manera el proceso. La magnitud indica que hay un elemento

dominante que está presente al menos en la mitad de las actividades del proceso, esto puede entregar una señal de la existencia de un subproceso que encapsule el elemento dominante.

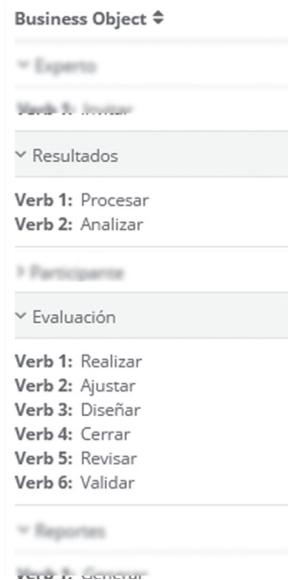
**FIGURA 16.** Resultado Métrica Cohesión al aplicar refactorización Renombrar Actividad



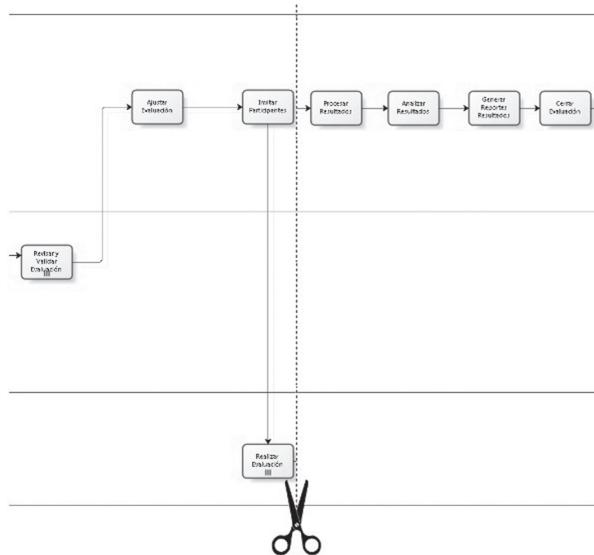
### 5.3 CASO 3 APLICAR REFACTORIZACIÓN EXTRACCIÓN DE SUBPROCESO

Una vez aplicada la refactorización, se obtiene conjugación de verbos del objeto de negocio dominante Evaluación, En la Figura 17 se presenta los verbos que conjugan a este objeto de negocio son Diseñar, Revisar, Validar, Ajustar, Realizar, Cerrar y para el objeto de negocio Resultados los verbos son Procesar, Analizar, resulta evidente que existen dos subprocesos. En la Figura 18 se presentan los resultados al aplicar la refactorización Extracción de subprocesos donde se obtienen dos subprocesos Diseñar y Realizar Evaluación y Procesar y Analizar Resultados.

**FIGURA 17.** Conjugación de verbos en el proceso Preparar y Aplicar Evaluación Refactorizado



**FIGURA 18.** Refactorización Extraer Subproceso en Proceso Preparar y Aplicar Evaluación



**5.3.1 Análisis de Resultados Caso 3**

Los modelos resultantes Diseñar y Realizar Evaluación, Procesar y Analizar Resultados tienen definidas claramente sus responsabilidades, el primero tiene relación con el objeto de negocio Evaluación y el segundo con Resultados.

En la Figura 19 se presenta el resultado al aplicar la métrica de cohesión a los modelos resultantes, la magnitud de la métrica es cercana al 67%. Esto supone un nivel de cohesión alto para cada proceso.

**FIGURA 19.** Métrica Cohesión a los procesos resultantes Diseñar y Realizar Evaluación/Procesar y Analizar Resultados

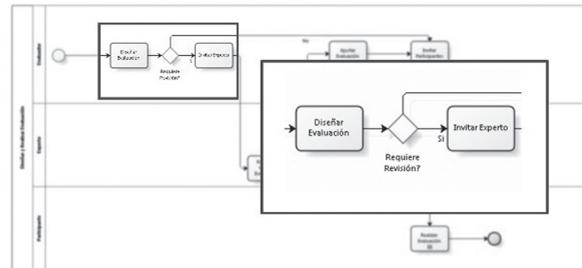


**5.4 CASO 4: INCORPORACIÓN DE NUEVO REQUERIMIENTO AL MODELO**

El dueño del proceso desea incorporar un nuevo requerimiento, que el proceso permita aplicar evaluaciones sin requerir del concurso de un experto que valide el instrumento evaluativo, esto permitirá ejecutar instancias del proceso para el desarrollo de pruebas cortas o triviales. Este requerimiento involucra modificar

el modelo de proceso e incorporar una compuerta basadas en datos, esta compuerta evalúa dependiendo del tipo de evaluación (Evaluación Convencional, Quiz, Evaluación de Nivel) si requiere ejecutar las actividades de Invitar Experto, Revisar y Validar Evaluación. En la Figura 20 se presenta el resultado del proceso al incorporar la compuerta basada de datos.

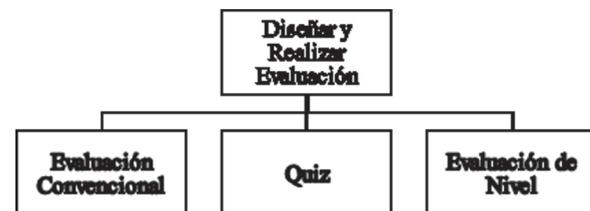
**FIGURA 20.** Incorporación de nuevo requerimiento



**5.5 CASO 5 APLICAR REFACTORIZACIÓN REEMPLAZAR CONDICIONAL CON UNA NUEVA VERSIÓN DEL PROCESO**

La incorporación del nuevo requerimiento en el modelo de proceso no modifica la magnitud de la métrica de cohesión, sin embargo, la implementación a través de una compuerta basadas en datos, aumenta la complejidad del modelo, dificultando la adaptabilidad a nuevos requerimientos en el futuro. Para disminuir la complejidad del modelo y no degradar el proceso se aplica la refactorización Reemplazar condicional con una nueva versión del proceso. Se emplea las Jerarquías de procesos propuesto en [21] para reemplazar la compuerta basada en datos y se crean tres versiones del proceso de Diseñar y Realizar Evaluación a partir del tipo de evaluación Convencional, Quiz, Nivel. En la Figura 21 se presenta el esquema de versiones de procesos que resultan al aplicar la refactorización. Este esquema permite cumplir con el principio de Open-Close cerrado para modificación y Abierto para extensión para otras versiones del proceso Diseñar y Realizar evaluación.

**FIGURA 21.** Versiones del Proceso Diseñar y Realizar Evaluación



### 5.5.1 Análisis de Resultados Caso 5

Las tres versiones de procesos que surgen al aplicar la refactorización, tiene una magnitud de la métrica de cohesión alta, en el caso de la Diseñar y Realizar Evaluación(Quiz) el modelo se encuentra perfectamente cohesionado, es decir, todas las actividades del proceso tienen relación con el elemento dominante Evaluación. Para evaluación Convencional y de Nivel, la métrica de cohesión es superior al 60%. En esta fase se detiene el proceso de refactorización. En la Figura 22 se presenta la magnitud de la métrica de cohesión resultante para las tres versiones del proceso Diseñar y Realizar Evaluación.

**FIGURA 22.** Métrica de Cohesión para las versiones del proceso Diseñar y Realizar Evaluación



## 6. DISCUSIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Las métricas presentadas en este estudio conjuntamente con el análisis de conjugación de verbos, permiten mejorar los niveles de cohesión del modelo, además dirige el proceso de refactorización de modelos de procesos. En el experimento se muestra que el método propuesto puede ser incorporado como una práctica en el proceso de levantamiento y diseño de modelos de procesos. El experimento entrega señal respecto que la incorporación de guías de diseño de procesos y el análisis de etiquetas ayuda a la comprensibilidad, entendibilidad y aumenta el valor de uso de los modelos de procesos, Los usuarios encuestados dejan en evidencia en las preguntas de apreciación, la alta valoración que realizan en dimensiones de entendibilidad, comprensibilidad y facilidad de adaptación a nuevos requerimientos. El experimento permite tener una aproximación al desarrollo de modelos con mayores niveles de cohesión, además el proceso de refactorización propuesto en este trabajo ayuda a al diseño de modelos de procesos modulares.

### 6.1 AMENAZAS PARA LA VALIDACIÓN

Este estudio no puede asegurar resultados en un modelo de procesos que no cuente con mecanismos mínimos de validación desde la perspectiva sintaxis. La muestra de individuos encuestados puede no ser representativo del fenómeno que se desea evaluar, adicionalmente el método propuesto en este estudio debe ser validado de manera más exhaustiva con más casos y distintos escenarios. Sin embargo, este estudio constituye una

primera aproximación de un método sistemático de evaluación y mejora de modelo conceptuales de procesos de negocios. El método propuesto y experimento desarrollado en este trabajo fue empleado en caso real de procesos y sirvió de base para la implementación del proceso y las distintas versiones surgidas a partir de los nuevos requerimientos solicitados por los usuarios de negocio.

En relación a los resultados obtenidos en este trabajo, a partir del experimento se encuentra cierta evidencia que las métricas propuestas en estudio en combinación con el análisis de etiquetas y la refactorización de etiquetas de procesos, permiten diseñar modelos conceptuales de procesos de negocios con menores niveles de complejidad y constituyen un buen mecanismo para mejorar los modelos, mejorar la comprensión y facilitar la incorporación de nuevos requerimientos.

## 7. CONCLUSIÓN Y TRABAJOS FUTUROS

En este estudio se presenta una propuesta de métricas de complejidad basados en el análisis de etiquetas, se propone un proceso de refactorización de modelos de procesos a partir del catálogo clásico de refactorizaciones. Adicionalmente se incluye un experimento donde se aplica en un caso real lo propuesto en este estudio. Los resultados obtenidos indican que las métricas propuestas en combinación con el proceso de refactorización ayudan al proceso de levantamiento y diseño de procesos de negocios, entregan algunas directrices que permiten a los analistas mejorar los diseños de los procesos y disminuir el esfuerzo en la incorporación de nuevos requerimientos. La simplicidad de la propuesta presentada en este estudio, ayude en el futuro a ingenieros, analistas de procesos en la adopción y uso.

En relación a la pregunta de Investigación ¿Cómo se puede establecer y medir la cohesión y modularidad en los modelos de procesos? En este estudio se establece que el análisis de etiquetas constituye un buen mecanismo para medir los niveles de cohesión, conjuntamente el catálogo de refactorizaciones para modelos de procesos entrega una visión para el diseño de modelos de procesos modulares atendiendo a la existencia de elementos dominantes, las técnicas de refactorización permiten de manera controlada y sistemática levantar y diseñar modelos más modulares.

Con respecto a la Pregunta de Investigación ¿Qué aspectos claves deben ser considerados de manera que puedan ser evaluados en modelos reales? Los aspectos identificados en este estudio que deben ser tener en cuenta al ser evaluados en modelos reales tiene relación con la entendibilidad del modelo, el esfuerzo en la

incorporación de nuevos requerimientos, la facilidad de adopción y el valor de uso de los modelos por las distintas partes interesadas de la organización.

En relación a la Pregunta de Investigación, Establecido los aspectos claves y medidas ¿Cómo pueden ser traducidas en guías y plantillas para el apoyo en el diseño? El catálogo de refactorizaciones, la conjugación de verbos y extracción de elementos dominante, se pueden considerar como un marco que apoye el levantamiento y diseño de procesos de negocios con bajos niveles de complejidad. Las guías presentadas en este estudio se espera que ayude a analistas e ingenieros de procesos más noveles en la construcción de modelos con altos niveles de cohesión que sean útiles a las organizaciones. En relación a los trabajos futuros, actualmente se está desarrollando una plataforma web que implementa lo propuesto en este estudio, esta plataforma permite además del despliegue de procesos de negocios, se incorpora los elementos de calidad de modelado que facilite y apoye la evaluación de los modelos de procesos antes de que estos sean implementados. Adicionalmente se está trabajando en el estudio de la variabilidad de modelos de procesos, a partir de este concepto se pretende facilitar la implementación y despliegue de distintas versiones de modelos de procesos. Permitiendo a las organizaciones disminuir el tiempo de ciclo de implementación de los procesos.

## 8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los requisitos de tesis de Magíster en Ciencias de la Computación, Universidad Católica del Maule, Chile

## 9. REFERENCIAS

- [1] Muketha, G.M., Ghani, A.A.A., Selamat, M.H., and Atan, R. (2010). "A Survey of Business Process Complexity Metrics. In *Information Technology Journal* 9.7, 1336-344.
- [2] Indulska Marta, Zur, Muehlen, Recker J "Measuring Method Complexity: The Case of the Business Process Modeling Notation.",2009
- [3] Cardoso J. "Control-flow Complexity Measurement of Processes and Weyuker's Properties", 2007
- [4] Cardoso J, Mendling, Neumann, and Reijers H.A. "A Discourse on Complexity of Process Models" 2006.
- [5] Figl Kathrin, Laue R. "Cognitive Complexity in Business Process Modeling" 2011.
- [6] Reijers, H.A., Mendling, J., and Recker, J. (2010). Business Process Quality Management, In *Handbook on Business Process Management*, 167-185.
- [7] ISO/IEC 25000:2005, Software Engineering Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) Guide to SQuaRE,2005
- [8] Lindsay, A., and Lunn, K. "Business processes attempts to find a definition. In *Information and Software Technology*, 45 (15), 1015-1019. (2003).
- [9] Guceglioglu, A.S., and Demiros, O. "Using Software Quality Characteristics to Measure Business Process Quality". *Proceedings of the 3rd International Conference on Business Process Management (BPM 2005)*, Lecture Notes in Computer Science 3649, pages 374-379, 2005.
- [10] Mendling, J. Testing Density as a Complexity Metric for EPCs. German EPC workshop on density of process models, 2006. <http://wi.wu.wien.ac.at/home/mendling/publications/TR06-density.pdf>
- [11] Reijers, H.A., and Vanderfeesten, I. Cohesion and Coupling Metrics for Workflow Process Design. In: Desel, J., Pernici, B., and Weske, M., editors, *Business Process Management (BPM 2004)*, Lecture Notes in Computer Science, volume 3080, pages 290-305, Springer-Verlag Berlin, 2004.
- [12] Cardoso J, Vanderfeesten I, Reijers R. "Computing coupling for business process models".
- [13] Gruhn, V., and Laue, R. "Complexity metrics for business process models". In: Witold Abramowicz and Heinrich C. Mayr, editors, 9th international conference on business information systems (BIS 2006), volume 85 of Lecture Notes in Informatics, pages 1-12, 2006.
- [14] Krzysztof Kluza, Grzegorz J. Nalepa "Proposal of Square Metrics for Measuring Business Process Model Complexity" IEEE, 2011
- [15] W. Khelif, N. Zaaboub, and H. Ben-Abdallah, "Coupling metrics for business process modeling," *International Journal of Computers*, vol. 4, no. 4, 2010.
- [16] Latva-Koivosto, A.M. "Finding a complexity measure for business process models". Helsinki University of Technology, Systems Analysis Laboratory, 2001.
- [17] Henrik Leopold, Mendling Jan, Reijers Hajo A, La Rosa Marcelo "Simplifying Process Model Abstraction: Techniques for Generating Model Names",2014
- [18] Mendling J, Reijers H. A., and van der Aalst, "Seven process modeling guidelines (7pmg)," *Information & Software Technology*, vol. 52, no. 2, pp. 127-136, Feb 2010.
- [19] Henrik Leopold, Sergey Smirnov, Jan Mendling. "Recognising Activity Labeling Styles in Business Process Models" *Enterprise Modelling and Information Systems Architectures* Vol. 6, No. 1, February 2011.
- [20] Fowler Martin, Beck Kent, Brant John, Opdyke William, Roberts Don, "Refactoring: Improving the Design of Existing Code" 1999.
- [21] Bravo C. Juan, "Gestión de Procesos con responsabilidad social", pag. 33-37. 2009