

# Familia de Experimentos para validar medidas para Modelos de Procesos de Negocio con BPMN.

Elvira Rolón

Facultad de Ingeniería Arturo Narro Siller  
Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Centro Universitario Tampico-Madero S/N,  
89336, Tampico, Tams. México  
erolon@inf-cr.uclm.es

Félix García, Francisco Ruiz, Mario Piattini

Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información  
Centro Mixto de Investigación y Desarrollo Indra-UCLM  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real, España  
{felix.garcia, francisco.ruizg, mario.piattini}@uclm.es

## Resumen

La fase de diseño es de especial importancia en el desarrollo de un proceso de negocio. Esta fase se refiere al modelado, manipulación y rediseño de los procesos, pero cuando es necesario llevar a cabo tareas de mantenimiento esta fase puede convertirse en una de las más complicadas dentro del ciclo de vida del proceso al requerir inversión de tiempo y recursos de dos ámbitos diferentes: los desarrolladores técnicos y los analistas de negocio. Adicionalmente, considerando la calidad global del modelo, la tarea de modelado del proceso no solo debe permitir la elaboración de modelos entendibles por los usuarios, sino también la detección temprana y corrección de errores. En este sentido, proponemos un conjunto de medidas para evaluar la complejidad estructural de modelos conceptuales de procesos de negocio. El objetivo es obtener indicadores útiles para a la hora de llevar a cabo las tareas de mantenimiento en los modelos. Otra meta es hacer posible llevar a cabo una evaluación temprana de las propiedades de calidad del modelo. Con la realización de una familia de experimentos, ha sido posible descubrir un conjunto de medidas que pueden ser útiles en la evaluación de la usabilidad y la mantenibilidad de modelos conceptuales de procesos de negocio.

## 1. Introducción

Los objetivos centrales de un proceso de negocio son [14]: a) Mejorar el entendimiento de una situación y comunicarla entre los diversos stakeholders y, b) Utilizarlos como una herramienta para alcanzar las metas de un proyecto de proceso de desarrollo. No obstante,

para que los procesos de negocio puedan cumplir con su objetivo, constantemente son sometidos a cambios debido a programas de mejora continua en las organizaciones.

Modelar los procesos de negocio consiste en describir y visualizar los procesos mediante un modelo que los representa ya sea de una manera formal o informal, o mediante un diagrama o gráfico. Así mismo, la manipulación y rediseño de los procesos es llevada a cabo en la fase de diseño [20]. Por tanto, el modelado del proceso de negocio es uno de los primeros pasos en el logro de las metas organizacionales, y por ello ha adquirido gran importancia debido a que las organizaciones hoy en día cada vez están más centradas en sus procesos de negocio [1].

La importancia que representa el modelado de procesos de negocio ha sido el parte-aguas para el desarrollo de una variedad de estudios tales como el de Bandara et al. [2] en donde presentan la evidencia empírica de casos de estudio de nueve proyectos de modelado de procesos tratando de identificar medidas y factores de éxito en el modelado de procesos. Además, el modelado de procesos de negocio es de interés en diferentes campos tales como el empresarial y el de ingeniería del software. Esto es debido a que su importancia no solo radica en la descripción del proceso, sino que además generalmente representa una fase preparatoria para actividades tales como [21]: la Mejora de Procesos de Negocio, la Reingeniería de Procesos de Negocio, transferencia tecnológica y estandarización del proceso.

El modelado conceptual de alta calidad juega un importante rol particularmente al llevar a cabo la reingeniería de procesos de negocio, haciendo posible la detección y corrección de errores en fases tempranas del proceso [22]. Aunado a lo anterior, el análisis del nivel de madurez del

proceso [3; 8], también obliga a tener las bases que faciliten el modelado tanto en la fase de diseño, como en el trabajo de mantenimiento futuro del proceso.

Teniendo en mente estos factores y considerando la falta de estudios respecto a la posible dificultad que los modelos de procesos de negocio (MPNs) pueden representar en las tareas de mantenimiento, nuestro trabajo tiene como principal foco de atención la evaluación de la complejidad estructural de dichos modelos en un nivel conceptual. Nuestro objetivo es el de proporcionar soporte a la gestión de procesos de negocios, permitiendo la evaluación temprana de ciertas propiedades de calidad de los modelos, facilitando de este modo la evolución de los MPNs al proporcionar información subjetiva acerca de la mantenibilidad, especialmente en aquellas organizaciones involucradas en procesos de mejora continua.

En este trabajo se presenta la motivación de nuestra investigación en base a la importancia de evaluar los modelos conceptuales de PN de cara a su mantenibilidad. Adicionalmente, se presentan los resultados obtenidos en cinco experimentos dentro del contexto de una familia de experimentos con cuyos resultados se pretende obtener un conjunto de medidas que sirvan como indicadores útiles a la usabilidad y mantenibilidad de los MPNs, así como dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿La complejidad estructural de los modelos conceptuales de procesos de negocio afecta en la facilidad de su mantenibilidad?

## 2. Trabajos relacionados

La importancia que ha adquirido en los últimos años el tema de procesos de negocio y su modelado, también ha generado gran interés en la comunidad científica con respecto a su estudio, análisis y medición. Sin embargo, poco se puede encontrar en la literatura correspondiente en cuanto a la medición y evaluación de procesos de negocio (PN), o no al menos en un nivel conceptual que es nuestro tema de estudio.

Algunos trabajos recientes e importantes de mencionar sobre medidas de complejidad para MPNs son por ejemplo el presentado por Gruhn y Laue [9], en donde discuten la manera en que los conocimientos sobre la complejidad del software podrían ser usados para analizar la complejidad de

los modelos de procesos de negocio. O bien, el trabajo de Cardoso quien describe en [5] una medición para analizar la complejidad de los flujos de control de procesos Web y flujos de trabajo (Workflows) previa a su implementación.

Tomando en cuenta los estudios realizados en el campo de ingeniería del software, en [19], presentamos la definición de un conjunto de medidas para la evaluación de modelos conceptuales de procesos de negocio en base a la adaptación y extensión de un marco definido para el modelado y medición de los procesos software. Cardoso et al. en [6] hace una compilación similar de conocimientos en ingeniería cognitiva del software y de teoría gráfica, y discute hasta que punto las métricas análogas en estas áreas pueden ser definidas para procesos de negocios. Finalmente, en base a información obtenida en la literatura correspondiente, en [12] se compara una colección de medidas de complejidad para MPNs frente a un conjunto de criterios dados.

## 3. Medidas para modelos de procesos de negocio

Nuestro principal interés radica en evaluar la complejidad de los procesos de negocio a partir del modelo que los representa en un nivel conceptual, y para ello hemos elegido BPMN [15] como lenguaje de modelado. Una de las razones para el uso de BPMN en nuestra propuesta es porque es una de las notaciones estándar para el modelado de procesos de negocio más ampliamente reconocida y usada tanto por analistas de negocio como por analistas de sistemas.

Por otra parte, una variedad de herramientas para el modelado de procesos de negocio ya usan el metamodelo BPMN y adicionalmente en algunos estudios como en [13], se muestra como BPMN, en comparación con otras 14 especificaciones incluye casi en su totalidad los 15 conceptos de metamodelo definidos por el autor. Wohed et al. en [23] también proporciona una evaluación comprensiva de las capacidades de BPMN y sus fortalezas y debilidades al ser usado para el modelado de procesos de negocio. Estos estudios, así como otro similar presentado en [10] nos proporcionan un indicativo de la importancia de usar esta notación.

Con el objetivo de evaluar la complejidad estructural y conocer de forma objetiva cual es la mantenibilidad de los MPNs, se ha definido un conjunto de medidas siguiendo la terminología de la notación BPMN 2.0. El conjunto de medidas definidas han sido agrupadas en dos categorías:

- *Medidas base*, que consisten principalmente en contar los elementos significativos del modelo de proceso de negocio, y de las cuales se ha definido un total 46 medidas base en función de los principales elementos que componen el metamodelo BPMN (actividades, eventos, nodos de decisión, pools, participantes, objetos de datos...)
- *Medidas derivadas*, que han sido definidas a partir de las medidas base, permiten conocer las proporciones existentes entre los diferentes elementos del modelo. Este grupo esta compuesto por un total de 14 medidas.

En la Tabla 1 se muestran algunas de las medidas derivadas definidas a partir de las medidas base. Una descripción más detallada de todas las medidas propuestas se presenta en [19].

Tabla 1. Medidas derivadas

| Métrica | Definición  | Fórmula                                 |
|---------|---|---|
| TNT     | Número Total de Tareas del Modelo   | $TNT = NT + NTL + NTMI + NTC$           |
| TNE     | Número Total de Eventos del Modelo  | $TNE = TNSE + TNIE + TNEE$              |
| TNG     | Número Total de Decisiones/Uniones del Modelo   | $TNG = NEEDB + NEDEB + NID + NCD + NPF$ |
| TNDO    | Número Total de Objetos de Datos en el Modelo   | $TNDO = NDOIn + NDOOut$                 |
| CLA     | Nivel de Conectividad entre Actividades   | $CLA = \frac{TNT}{NSF}$                 |
| CLP     | Nivel de Conectividad entre Participantes   | $CLP = \frac{NMF}{NP}$                  |
| PDOPIIn | Proporción de Objetos de Datos como productos de entrada y el total de Objetos de Datos | $PDOPIIn = \frac{NDOIn}{TNDO}$          |
| PDOPOut | Proporción de Objetos de Datos como productos de salida y el total de Objetos de Datos  | $PDOPOut = \frac{NDOOut}{TNDO}$         |
| PDOTOut | Proporción de Objetos de Datos Producto resultante de las Actividades del Modelo        | $PDOTOut = \frac{NDOOut}{TNT}$          |
| PLT     | Proporción de Participantes y/o carriles y las actividades del Modelo                   | $PLT = \frac{NL}{TNT}$                  |

Con la definición de las medidas base y derivadas, es posible evaluar la complejidad estructural de los MPNs expresados con BPMN. De este modo, al analizar la complejidad estructural del modelo nos es posible evaluar su calidad interna.

Las medidas definidas fueron validadas teóricamente de acuerdo al marco teórico de Briand et al. [4]. Como resultado de la validación fue posible agrupar las medidas en relación a diferentes propiedades de complejidad estructural referentes a la calidad interna del modelo, tales como tamaño, acoplamiento y complejidad (Fig. 1).

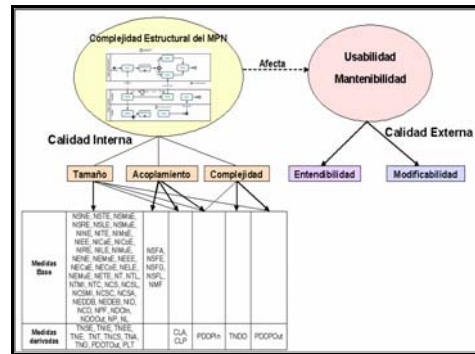


Figura 1. Relación entre la complejidad estructural y atributos de calidad

Además, en línea con nuestro objetivo, que es el de definir medidas que puedan proporcionar información útil y objetiva respecto de la calidad externa de los MPNs, nos hemos centrado en dos características de calidad externa definidas por la ISO 9126: la *Usabilidad* y la *Mantenibilidad*. Estas características serán evaluadas respectivamente mediante dos subcaracterísticas:

- *Entendibilidad*. Facilidad con la cual el modelo puede ser entendido.
- *Modificabilidad*. Facilidad con la cual el modelo puede ser modificado, ya sea por posibles errores, por la petición de una modificación específica o por nuevos requisitos.

A fin de conocer qué medidas pueden servir como indicadores útiles para evaluar la usabilidad y la mantenibilidad de los MPNs, se ha llevado a cabo una familia de experimentos la cual se describe en las siguientes secciones.

#### 4. Validación empírica-Familia de experimentos.

La familia de experimentos comprende el desarrollo de 5 experimentos que se han llevado a cabo en circunstancias similares y bajo el mismo contexto.

El diseño experimental utilizado fue el mismo en los 5 experimentos, ya que con el fin de corroborar los resultados obtenidos en el primer experimento se llevo a cabo una replica del mismo (segundo experimento), y de igual forma el cuarto experimento es una réplica del tercero. La variante de estos experimentos con respecto a los dos

primeros, consiste en algunos cambios en los MPNs del material experimental, con la intención de confirmar si las medidas no validadas en los dos primeros experimentos podrían ser útiles para evaluar la usabilidad y mantenibilidad de los MPNs. La descripción detallada del diseño experimental puede consultarse en [17].

#### 4.1. Sujetos

En todos los experimentos los sujetos participantes tenían conocimientos similares en cuanto al modelado de procesos, sin embargo a todos los grupos se les impartió una sesión de entrenamiento, sin que con ello fueran conscientes de los aspectos que intentábamos evaluar. Un resumen de los grupos participantes en cada experimento se puede ver en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupos participantes en los experimentos

| Exp. | Grupo                       | N° Suj. | Perfiles   |
|------|-----------------------------|---------|--|
| 1    | UCLM (España)               | 27      | Estudiantes, Becarios de investigación y Profesores de ingeniería en informática.  |
| 2    | UAT (México)                | 31      | Estudiantes del Master en Sistemas de Información.   |
| 3    | Universidad Sannio (Italia) | 37      | Estudiantes del master en: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnologías del Software</li> <li>• Gestión y Tecnologías del Software</li> <li>• Tecnologías de la Informática para la Gestión del Conocimiento Organizacional</li> </ul> |
| 4    | HGCR                        | 6       | Personal administrativo (empresarial).   |
| 5    | UCLM (España)               | 8       | Estudiantes de Doctorado.  |

#### 4.2. Material

El material experimental en todos los casos estuvo compuesto por diez MPNs expresados con BPMN. Con la intención de determinar la influencia de la complejidad del modelo para diferentes usuarios como pueden ser los analistas de negocios y los ingenieros de software, los MPNs del material experimental presentaban diferentes grados de complejidad entre si.

Para cada modelo se elaboraron dos cuestionarios: uno relativo a la entendibilidad del modelo en el cual se pedía responder (Si ó No) a seis cuestiones, y otro relativo a la modificabilidad en el que se propuso una serie de cinco modificaciones a realizar en el modelo presentado.

Por último, se les pidió a los sujetos que hicieran una valoración subjetiva de la complejidad del modelo de acuerdo a su opinión,

para lo cual se les presentó una escala compuesta de cinco niveles lingüísticos (desde 1 = Muy simple hasta 5 = Muy complejo). El material también incluía un ejemplo resuelto en el cual se indicaba la forma en que debían realizarse los ejercicios. Un ejemplo del material utilizado se puede ver en [18].

#### 4.3. Objetivo

El objetivo planteado en todos lo experimentos y siguiendo la plantilla GQM, quedo definido como:

- *Analizar* medidas de complejidad estructural para modelos de proceso de negocio
- *Con el propósito de* evaluarlas en relación a la capacidad de ser usadas como indicadores de la entendibilidad y la modificabilidad de dichos modelos,
- *Desde el punto de vista de* los investigadores
- *En el contexto de* estudiantes, becarios de investigación y profesores de ingeniería en informática (exp. 1); estudiantes del Master en Sistemas de información (exp. 2); estudiantes de posgrado (exp. 3); personal administrativo (exp. 4) y estudiantes de doctorado (exp. 5).

#### 4.4. Variables e hipótesis

En el contexto de la familia de experimentos se han considerado las mismas variables que son:

- Independientes, las relativas a las distintas medidas base y medidas derivadas definidas.
- Dependientes, las relativas a las dos subcaracterísticas de la calidad del modelo: la entendibilidad y la modificabilidad.

Las variables dependientes fueron medidas a través de los tiempos de respuesta empleados por los sujetos para llevar a cabo las tareas requeridas, los aciertos en las cuestiones relacionadas a la entendibilidad y modificabilidad del modelo, la valoración subjetiva respecto a la complejidad de los modelos, así como de la eficiencia obtenida a partir de los aciertos en relación a los tiempos.

Las hipótesis planteadas acorde al objetivo de nuestra investigación son las siguientes:

- Hipótesis nula,  $H_{0u}$ : No hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de entendibilidad.
- Hipótesis alternativa,  $H_{1u}$ : Hay una correlación significativa entre las medidas de

complejidad estructural y el tiempo de entendibilidad.

- Hipótesis nula  $H_{0m}$ : No hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de modificabilidad.
- Hipótesis alternativa,  $H_{1m}$ : Hay una correlación significativa entre las medidas de complejidad estructural y el tiempo de modificabilidad.

## 5. Análisis de los resultados

Una vez que se llevaron a cabo los experimentos individuales, se realizó un análisis global de los resultados en el contexto de la familia de experimentos para determinar si se ha logrado el objetivo general de la validación empírica. Para ello se llevó a cabo un análisis descriptivo y un análisis estadístico con los datos recogidos en los cinco experimentos. La descripción de ambos análisis se presenta en las siguientes secciones.

### 5.1. Análisis descriptivo

Teniendo en cuenta que las variables dependientes son las relativas a la entendibilidad y modificabilidad del modelo, se realizó un resumen con los datos obtenidos a partir de los resultados de cada uno de los experimentos.

Cada variable fue medida en función de los tiempos de respuesta, los aciertos en las tareas solicitadas, la valoración subjetiva que hicieron los sujetos y la eficiencia obtenida de los aciertos en relación a los tiempos. A continuación se presentan los resultados obtenidos al analizar cada uno de estos aspectos.

En la Tabla 3 se muestra el resumen de los resultados obtenidos de los experimentos realizados, en función de los tiempos de respuesta utilizados por los sujetos (expresados en minutos) para la realización de las tareas tanto de entendibilidad como de modificabilidad.

Al analizar los tiempos empleados por los sujetos para llevar a cabo la tarea solicitada y al obtener los tiempos promedios de los 5 experimentos, se puede observar en la Tabla 3 que, para el caso de las tareas relativas a la entendibilidad del modelo los sujetos emplearon más tiempo en los modelos 5, 7 y 10, mientras que para llevar a cabo las modificaciones solicitadas emplearon más tiempo en los modelos 3, 4 y 7.

Tabla 3. Resumen de los tiempos de respuesta

| MPN | Tiempos de entendibilidad |        |        |        |        | Tiempos de Modificabilidad |        |        |        |        |
|-----|---------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|     | Exp. 1                    | Exp. 2 | Exp. 3 | Exp. 4 | Exp. 5 | Exp. 1                     | Exp. 2 | Exp. 3 | Exp. 4 | Exp. 5 |
| 1   | 121                       | 181    | 230    | 178    | 132    | 327                        | 323    | 325    | 316    | 247    |
| 2   | 166                       | 159    | 218    | 134    | 148    | 401                        | 454    | 450    | 305    | 581    |
| 3   | 185                       | 182    | 228    | 174    | 189    | 291                        | 384    | 418    | 348    | 773    |
| 4   | 149                       | 175    | 214    | 164    | 362    | 306                        | 2646   | 1509   | 420    | 272    |
| 5   | 280                       | 248    | 295    | 337    | 293    | 375                        | 438    | 384    | 519    | 407    |
| 6   | 279                       | 220    | 270    | 142    | 205    | 345                        | 409    | 383    | 196    | 540    |
| 7   | 221                       | 230    | 307    | 145    | 284    | 416                        | 473    | 419    | 463    | 405    |
| 8   | 211                       | 193    | 225    | 143    | 218    | 305                        | 392    | 416    | 284    | 379    |
| 9   | 187                       | 240    | 225    | 101    | 241    | 392                        | 362    | 343    | 306    | 527    |
| 10  | 238                       | 247    | 277    | 243    | 187    | 319                        | 454    | 461    | 319    | 364    |

Estos resultados se aprecian más claramente en la Fig. 2, en donde se muestran los mismos resultados de la Tabla 3, agrupados en este caso por los promedios de los resultados obtenidos en cada experimento para conocer los modelos en los que los sujetos emplearon mayor tiempo de respuesta tanto para la entendibilidad como la modificabilidad de los modelos.

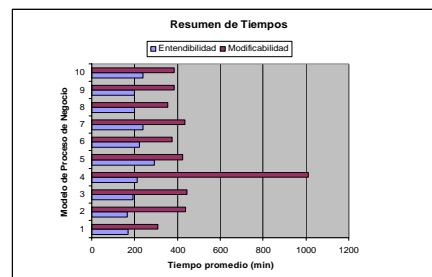


Figura 2. Gráfico del resumen de tiempos promedios

De igual forma se llevó a cabo el análisis descriptivo en relación a los aciertos, la valoración subjetiva y la eficiencia. En función de los aciertos en las tareas solicitadas, los resultados de los cinco experimentos muestran que los modelos 3, 4 y 7 fueron donde los sujetos tuvieron mayor incidencia de error en las respuestas relativas a la entendibilidad, mientras que en las tareas de modificabilidad fue en los modelos 3, 7 y 10 donde tuvieron más fallos (Fig. 3).

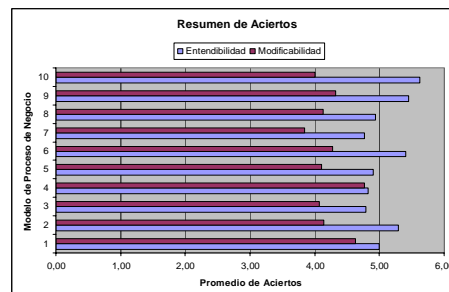


Figura 3. Gráfico del resumen de aciertos

En cuanto a la valoración subjetiva que hicieron los sujetos respecto de la complejidad de los modelos presentados, en las tareas de entendibilidad los modelos 5, 6, 9 y 10 fueron evaluados como los más complejos, mientras que en las tareas de modificabilidad les resultaron más complejos los modelos 5, 7 y 10 (Fig. 4).

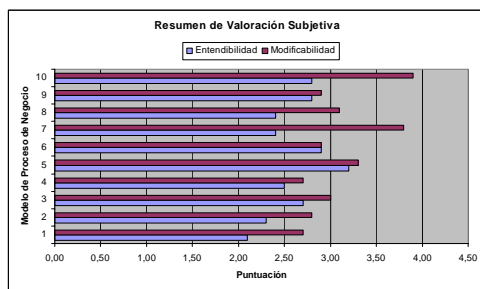


Figura 4. Gráfico de valoración subjetiva

En este caso, para ambas tareas los modelos 5 y 10 coinciden en ser los más complejos de acuerdo al criterio de los sujetos y estos resultados coinciden con los valores de las medidas de cada uno de los MPNs en donde los de mayor complejidad estructural son los modelos 7, 9 y 10.

Por último, dentro del análisis estadístico que se hizo de las variables dependientes se obtuvo la eficiencia en cuanto a los aciertos en las respuestas de las tareas en relación a los tiempos utilizados para llevarlas a cabo.

En la Fig. 5 se muestran los resultados promedio de los cinco experimentos, y como se puede ver, los modelos que tienen el nivel más bajo de eficiencia respecto a la entendibilidad fueron los modelos 5, 7 y 10, y con respecto a la modificabilidad fueron los modelos 2, 5 y 7.

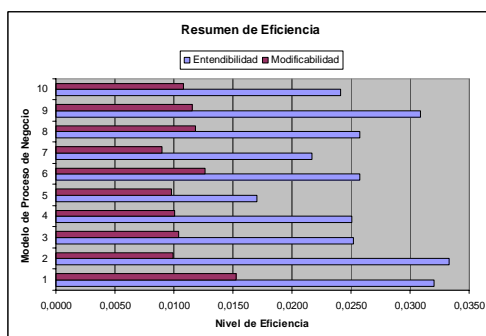


Figura 5. Gráfico de eficiencia

## 5.2. Análisis estadístico

A partir del resumen de los promedios en los tiempos, aciertos, valoración subjetiva y eficiencia tanto para las tareas de entendibilidad como de modificabilidad, así como de los valores de las medidas de los modelos de procesos de negocio, fue posible realizar un análisis estadístico.

Inicialmente se efectuó un análisis de correlación de los valores de las medidas con respecto a los tiempos de respuesta y al número de aciertos de los resultados obtenidos en los cinco experimentos, el cual se llevó a cabo siguiendo las sugerencias de Perry *et al.* [16], Wholin *et al.* [24], Juristo y Moreno [11], Ciolkowski *et al.* [7] y Briand *et al.* [4].

Para comprobar si la distribución de los datos obtenidos era normal, se aplicó el test de Kolmogorov-Smirnov. Como resultado de ello se obtuvo que la distribución era no normal, por lo que se decidió utilizar un test estadístico no paramétrico como el coeficiente de correlación de Spearman con un nivel de significación  $\alpha = 0.05$  lo cual indica la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando es cierta (error de tipo I), es decir, el nivel de confianza es del 95%.

Usando el coeficiente de correlación de Spearman cada una de las medidas fue correlacionada separadamente con las variables dependientes y en función de cada uno de los aspectos evaluados en el análisis descriptivo.

En los resultados del análisis de correlación de los cinco experimentos para los tiempos de entendibilidad y de modificabilidad, se obtuvo que las medidas que tienen correlación con los tiempos de respuesta para las tareas relativas a la entendibilidad y que fueron validadas en al menos dos de los cinco experimentos fueron: NIMSE (Num. de eventos intermedios de mensaje), NEDDB (Num. de nodos basados en datos), TNIE (Num. total de eventos intermedios del modelo), NSFE (Num. de flujos de secuencia procedentes de eventos) y TNE (Num. total de eventos del modelo). Respecto a la modificabilidad se validaron las medidas NEDEB (Num. de nodos basados en eventos) y CLA (Nivel de conectividad entre actividades) en los experimentos 2 y 3.

De igual forma se llevó a cabo el análisis de correlaciones con respecto a los aciertos, la valoración subjetiva y la eficiencia. Respecto a las

correlaciones de las medidas en función de los aciertos en las tareas solicitadas sólo la medida TNSE (Num. total de eventos de inicio del modelo) fue validada en dos de los cinco experimentos en cuanto a los aciertos en la entendibilidad. En el caso de los aciertos en las tareas de modificabilidad, de las diferentes medidas en correlación, solo se validaron en dos experimentos las medidas NDOIn (Num. de Objetos de datos-entrada en actividades) y TNEE (Num. total de eventos finales del modelo).

En el análisis de eficiencia (Tabla 4), las medidas validadas en al menos dos de los cinco experimentos con respecto a la entendibilidad son: NIMsE, NEMsE (Num. de eventos finales de mensaje), NEDDB, NSFE, TNE y NSFL. Con relación a la modificabilidad se validaron las medidas NCS (Num. de subprocesos colapsados), TNCS (Num. total de subprocesos colapsados del modelo), NEDEB y CLA.

Tabla 4. Correlaciones de eficiencia

| Measure | Eficiencia     |       |       |       |       |                 |       |       |       |       |
|---------|----------------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
|         | Entendibilidad |       |       |       |       | Modificabilidad |       |       |       |       |
|         | Exp-1          | Exp-2 | Exp-3 | Exp-4 | Exp-5 | Exp-1           | Exp-2 | Exp-3 | Exp-4 | Exp-5 |
| TNIE    | ✓              |       |       |       |       |                 |       |       |       |       |
| NIMsE   | ✓              | ✓     |       |       |       | ✓               |       |       |       |       |
| NEMsE   | ✓              | ✓     |       |       |       | ✓               |       |       |       |       |
| NEDDB   | ✓              | ✓     |       |       |       |                 |       |       |       |       |
| NSFE    | ✓              | ✓     |       |       |       |                 |       |       |       |       |
| TNE     | ✓              | ✓     |       |       |       |                 |       |       |       |       |
| TNEE    |                | ✓     |       |       |       |                 |       |       |       |       |
| TNA     |                |       | ✓     |       |       |                 |       |       |       |       |
| NSFL    |                |       |       | ✓     |       |                 |       |       |       |       |
| NPE     |                |       |       |       | ✓     |                 |       |       |       |       |
| NDOOut  |                |       |       |       | ✓     |                 |       |       |       |       |
| TNDO    |                |       |       |       | ✓     |                 |       |       |       |       |
| PDOTOut |                |       |       |       | ✓     |                 |       |       |       |       |
| NCS     |                |       |       |       |       | ✓               |       |       | ✓     |       |
| TNCS    |                |       |       |       |       | ✓               |       |       | ✓     |       |
| NSFG    |                |       |       |       |       | ✓               |       |       | ✓     |       |
| TNG     |                |       |       |       |       |                 | ✓     |       |       |       |
| NEDEB   |                |       |       |       |       |                 | ✓     |       | ✓     |       |
| CLA     |                |       |       |       |       |                 | ✓     |       | ✓     |       |
| NITE    |                |       |       |       |       |                 |       | ✓     | ✓     |       |
| PDOPIn  |                |       |       |       |       |                 |       |       |       | ✓     |
| PDOPOut |                |       |       |       |       |                 |       |       |       | ✓     |

Por último, al analizar las correlaciones en función de la valoración subjetiva que los sujetos hicieron respecto a la complejidad de los modelos, se obtuvo como resultado que solo para el caso de la modificabilidad hubo medidas que se validaron en al menos dos de los cinco experimentos. Estas medidas fueron: TNE, TNA (Num. total de actividades), NENE (Num. de evento finales simples), NT (Num de tareas), NSFL, TNEE, TNT (Num. Total de Tareas del modelo), NEDDB, NSFG (Num. de flujos de secuencia procedentes de nodos), y TNG (Num. total de nodos del modelo).

## 6. Conclusiones y trabajos futuros

En este trabajo se han presentado los resultados obtenidos a partir de la realización de una familia de experimentos, la cual se ha llevado a cabo con el objetivo de analizar y evaluar la complejidad estructural de los modelos de procesos de negocio. Este análisis se efectuó a un nivel conceptual de los modelos partiendo de un conjunto de medidas que han sido definidas en base a la notación estándar BPMN.

Como resultado de la familia de experimentos se esperaba obtener un conjunto significativo de medidas que pudieran servir como indicadores de la mantenibilidad de los modelos de procesos de negocio expresados en BPMN. Sin embargo a partir de los resultados mostrados en el apartado 5.2, se puede ver que en cada uno de los experimentos se obtuvieron distintos resultados, por lo que pocas medidas fueron validadas. Una de las principales lecciones aprendidas de esta familia de experimentos ha sido que al intentar evaluar un gran número de medidas, ha resultado muy complejo elaborar un material experimental que variara lo suficiente los valores de las distintas medidas. Por ello, la experimentación futura estará enfocada en la creación de distintos materiales experimentales cada uno de ellos centrado en evaluar un conjunto específico de medidas que consideramos relevantes a partir de los resultados obtenidos en esta primera familia de experimentos.

También se tiene previsto como trabajo futuro:

- Analizar dos subcaracterísticas más de la calidad del modelo como son la analizabilidad y la facilidad de aprendizaje, las cuales están relacionadas a la usabilidad y a la mantenibilidad del modelo, respectivamente.
- Llevar a cabo el desarrollo de los MPNs de una empresa del sector salud, lo que nos permitirá en estudios futuros utilizar modelos experimentales de casos reales.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos ENIGMAS (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Consejería de Educación y Ciencia, PBI-05-058), ESFINGE (Ministerio de Educación y Ciencia, Dirección General de

Investigación/Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER), TIN2006-15175-C05-05 y COMPETISOFT (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 506AC0287).

## Referencias

- [1] Andersson, B., I. Bider, et al. (2005). "Towards a Formal Definition of Goal-Oriented Business Process Patterns." *Business Process Management Journal* 11(6): 650-662.
- [2] Bandara, W., G. G. Gable, et al. (2005). "Factors and measures of business process modelling: model building through a multiple case study." *European Journal of Information Systems* 14: 347-360.
- [3] Bider, I. (2005). Choosing Approach to Business Process Modeling Practical Perspective. *Journal of Conceptual Modeling*, (34).
- [4] Briand, L., K. El Emam, et al. (1995). "Theoretical and Empirical Validation of Software Product Measures." *International Software Engineering Research Network Technical Report ISERN-95-03*.
- [5] Cardoso, J. (2005). How to Measure the Control-flow Complexity of Web Processes and Workflows. *Workflow Handbook*. WfMC. 199-212.
- [6] Cardoso, J., J. Mendling, et al. (2006). A Discourse on Complexity of Process Models. *BPM 2006 Workshops, Workshop on Business Process Design*, Vienna, Austria.
- [7] Ciolkowski, M., F. Shull, et al. (2002). A Family of Experiments to Investigate the Influence of Context on the Effect of Inspection Techniques. *6th International Conference on Empirical Assessment in Software Engineering (EASE)*, Keele (UK).
- [8] Francis, J. (2005). *Managing BPM*, BP Trends.
- [9] Gruhn, V. and R. Laue (2006). Complexity Metrics for Business Process Models. *9th Int. Conference on Business Information Systems (BIS'06)*, Klagenfurt, Austria.
- [10] Havey, M. (2005). *BPMI Standars: BPMN and BPML. Essential Business Process Modeling*. A. Odewahn and M. O'Brien. USA, O'Reilly: 143-173.
- [11] Juristo, N. and A. Moreno (2001). *Basics of Software Engineering Experimentation*, Kluwer Academic Publishers.
- [12] Latva-Koivisto, A. M. (2001). Finding a complexity measure for business process models, *Systems Analysis Laboratory*, Helsinki University of Technology.
- [13] Mendling, J., G. Neumann, et al. (2005). *A Comparison of XML Interchange Formats for Business Process Modeling. Workflow Handbook 2005*. L. Fischer. 185-198.
- [14] Multamäki, M. (2002). Objective-driven planning of business process modeling. *Department of Industrial Engineering and Management, Helsinki Univ. of Technology*.
- [15] OMG (2006). *Business Process Modeling Notation*, Object Management Group.
- [16] Perry, D., A. Porte, et al. (2000). Empirical Studies of Software Engineering: A Roadmap. *Future of Software Engineering*: 345-355.
- [17] Rolón, E., F. Garcia, et al. (2006). Métricas para la Evaluación de Modelos de Procesos de Negocio. *9º Workshop Iberoamericano de Ingeniería de Requisitos y Ambientes de Software (IDEAS'06)*, Argentina. 419-432
- [18] Rolón, E., F. Garcia, et al. (2007). Experimento Exploratorio para la Validación de Medidas para Modelos de Procesos de Negocio. *VI - JIISIC'07*, Perú. 283-292
- [19] Rolón, E., F. Ruiz, et al. (2006). Applying Software Metrics to evaluate Business Process Models. *CLEI-Electronic Journal* Vol. 9(1, Paper 5). 5-19
- [20] Smith, H. and P. Fingar (2003). *Business Process Management: The Third Wave*. USA, Meghan-Kiffer Press.
- [21] Succi, G., P. Predonzani, et al. (2000). Business Process Modeling with Objects, Costs and Human Resources. *Systems Modeling for Business Process Improvement*. Artech House: 47-60.
- [22] Wand, Y. and R. Weber (2002). "Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling - A Research Agenda." *Information Systems Research* 13(4):363-376
- [23] Wohed, P., W. M. P. van der Aalst, et al. (2006). On the Suitability of BPMN for Business Process Modelling. *Business Process Management (BPM'06)*, Austria
- [24] Wohlin, C., P. Runeson, et al. (2000). *Experimentation in Software Engineering: An Introduction*. Kluwer Academic Pub.