

Vista Funcional del Proceso de Medición y Evaluación

Pablo Becker, Hernán Molina y Luis Olsina

Facultad de Ingeniería, UNLPam, Gral. Pico, La Pampa, Argentina
{beckerp, hmolina, olsinal}@ing.unlpam.edu.ar

Abstract. El modelado de procesos permite especificar vistas para comprender mejor aspectos de los procesos/actividades de una línea de producción y garantizar por ejemplo repetitividad, consistencia y automatización. Entre las distintas vistas de proceso citadas en la literatura se encuentran básicamente las siguientes: funcional, informacional, organizacional y de comportamiento. Por otra parte, las áreas de medición, evaluación y análisis han ganado en importancia, tanto en la academia como en la industria, como soporte a procesos principales de Ingeniería Software/Web. En el presente artículo se especifica principalmente la vista funcional de un modelo de proceso para medición, evaluación y análisis. Además analizamos la integración de esta vista de proceso con un marco conceptual de medición y evaluación existente y su instanciación como soporte tecnológico, y discutimos asimismo nuestra contribución con respecto a trabajos relacionados.

Keywords: Medición y Evaluación, Modelo de Proceso, Vista Funcional, C-INCAMI, Calidad.

1 Introducción

Es reconocido en la literatura [5, 13, 14] que para asegurar la calidad de los productos software/web, las organizaciones deben contar por lo menos con áreas de medición, evaluación y análisis. Estas áreas dan soporte para comprender, mejorar o predecir situaciones de interés. Con el objetivo de garantizar repetitividad y consistencia en los resultados, es vital contar con procesos de medición y evaluación bien definidos. Para tal fin se debe identificar claramente cuáles son las actividades a seguir, como así también la secuencia entre ellas, interdependencias, entradas y salidas, puntos de control, roles de los agentes intervinientes, entre otros aspectos.

Dada la complejidad inherente de los procesos, en [6] se indican las siguientes vistas o perspectivas a tener en cuenta al modelar y analizar un proceso: i) *Funcional*, que describe qué actividades se deben llevar a cabo y qué flujo de entidades de información (documentos, productos, etc.) es necesario para realizar tales actividades; ii) *De comportamiento*, que especifica cuándo y cómo deben ejecutarse las actividades, lo cual incluye identificar secuencias, paralelismos, sincronización, iteraciones, etc., y bajo qué condiciones son realizadas las mismas; iii) *Organizacional*, que tiene como fin representar básicamente quiénes son los agentes que intervienen en la realización de qué actividades en cumplimiento de roles; iv) *De información*, que se centra en describir cuáles son los artefactos producidos o insumidos por las actividades, como así también su estructura.

Para modelar estas vistas existen diferentes lenguajes, por ejemplo, redes de Petri, diagramas de flujo de datos, de actividad de UML, ETVX, BPMN, y el meta-modelo SPEM, entre otros. Cada uno permite resaltar ciertos aspectos de las vistas enumeradas. En este trabajo nos centraremos en la vista funcional para especificar procesos de medición y evaluación (y también se tendrán en cuenta aspectos de la de comportamiento). Para tal fin utilizamos el diagrama de actividad de UML 2 haciendo uso del SPEM 2.0 Profile [20], justificando su elección en la Sección 4.

Por otra parte, las organizaciones de software/web que introducen estrategias y programas de medición y evaluación, además de la necesidad de establecer un conjunto de actividades y procedimientos para especificar, recolectar, almacenar y usar correctamente métricas e indicadores, también deberían asegurar que las medidas y los valores de los indicadores sean repetibles y comparables entre distintos proyectos, para contar con procesos de análisis y toma de decisión más robustos. Por lo tanto, además de los valores obtenidos es importante que se almacenen metadatos de métricas e indicadores como escala, método de medición, modelo de indicador elemental, entre otros. Para desarrollar programas de medición y evaluación con estas características, en [18] proponemos una estrategia basada en tres principios o pilares:

1. *Un proceso para medición y evaluación*, en el cual se especifican las principales actividades que deben ser planificadas y ejecutadas.
2. *Un marco conceptual*, flexible y terminológicamente consistente, que especifica los componentes necesarios.
3. *Métodos y herramientas* específicos para llevar a cabo las actividades que se deriven del proceso y marco.

Considerando el primer pilar, para garantizar repetitividad y reproducibilidad en el diseño y ejecución de las actividades y consistencia en los resultados es necesario contar con un (modelo de) proceso para medición y evaluación, el cual prescriba (o informe) un conjunto de actividades, sus entradas y salidas, roles, interdependencias, etc. La necesidad del segundo pilar, un marco conceptual de medición y evaluación que sea flexible y consistente terminológicamente, se debe a que las organizaciones, por no contar con un marco con tales características tienen que comenzar muchas veces desde cero sus programas de medición. Un marco bien establecido debería estar construido sobre una base robusta, en donde se especifique de manera formal y explícita, los componentes, conceptos, relaciones y restricciones acordadas para un dominio particular. Por último, el tercer pilar de esta estrategia son los métodos y herramientas que especifican cómo se deben realizar las actividades del proceso.

En trabajos previos hemos puesto énfasis en la definición del marco de medición y evaluación con base ontológica [17], llamado C-INCAMI (*Contextual - Information Need, Concept model, Attribute, Metric and Indicator*) [15, 18], y en la definición del método WebQEM (*Web Quality Evaluation Method*) y su herramienta asociada [18]. En el presente trabajo, nos centramos en especificar una vista del proceso de medición y evaluación, principalmente la vista funcional, utilizando el marco conceptual C-INCAMI. Por lo que la contribución principal de este trabajo reside en modelar las actividades necesarias para definir requerimientos no funcionales, especificar contexto, diseñar e implementar la medición y evaluación, analizar y recomendar.

El presente artículo se organiza de la siguiente manera. En la Sección 2 analizamos la contribución de este trabajo con respecto a otros relacionados. En la

Sección 3 damos un panorama del marco C-INCAMI. En la Sección 4, detallamos la vista funcional para el proceso de medición y evaluación, e ilustramos al mismo mediante un caso. Aspectos de la herramienta implementada que soporta al proceso se comentan en la Sección 5. Finalmente, se dan las conclusiones y líneas de avance.

2 Trabajos Relacionados

Actualmente está en desarrollo el proyecto denominado SQuaRE (*Software product Quality Requirements and Evaluation*) que propone integrar y armonizar varios estándares ISO relacionados a modelos de calidad, procesos de medición y evaluación, entre otros aspectos. El documento ISO 25000 [13] provee guías para el uso de la nueva serie de estándares. Sin embargo, varios de los documentos destinados a especificar los procesos de medición y evaluación aún no han sido publicados. De manera que los estándares para procesos de medición de software (ISO 15939 [11]) y de evaluación (ISO 14598-5 [10]) son los que aún están vigentes. En [11] se especifican las cuatro actividades que guían el proceso de medición, y menciona que dos de éstas son el núcleo del proceso, a saber: *Planear el proceso de la medición* y *Ejecutar el proceso de la medición*. El otro estándar (ISO 14598-5) se basa en cinco actividades: *Establecimiento de los requerimientos de la evaluación*, *Especificación de la evaluación*, *Diseño de la evaluación*, *Ejecución de la evaluación* y *Conclusión de la evaluación*. En este documento se describen cuáles son las entradas y salidas de estas cinco actividades, como así también la secuencia y puntos de control. Sin embargo no existe un estándar ISO que integre estos dos procesos en uno sólo, lo que implicaría que algunas actividades (o sub-actividades) se deberían fusionar por tener los mismos propósitos y por ende evitar la redundancia. También cabe mencionar que no hay un claro consenso en algunos de los términos utilizados en estos estándares, lo cual lleva a confusión, tal cual se discute en [17].

Por otro lado, podemos mencionar el estándar *de facto* CMMI, donde el área de *Medición y Análisis* es de gran importancia por ser un área de soporte a las demás áreas de proceso [5]. Esta estrategia brinda a las organizaciones un marco de trabajo a la hora de alinear los objetivos y necesidades de medición con un enfoque de medición orientado a metas, basado en GQM (*Goal Question Metric*) [2], y en el proceso de medición definido en el estándar ISO 15939. Si bien define prácticas (específicas/genéricas) para poder lograr los objetivos propuestos en las áreas de proceso, no define un modelo de proceso en sí. Sólo indica prácticas (como acciones/actividades) sin exponer claramente secuencias, paralelismos, puntos de control, entre otros aspectos. Algunas prácticas específicas para el área de proceso de medición y análisis son: *Establecer los objetivos de la medición*, *Especificar las medidas*, *Obtener datos de la medición*, *Analizar datos de la medición*, entre otras. Sin embargo, no distingue claramente entre medición y evaluación, y los procesos adolecen de una base conceptual robusta, ontológica, como la que empleamos en nuestra vista del proceso a partir del marco conceptual C-INCAMI.

Finalmente, cabe resaltar que si bien existen varias propuestas en lo que respecta a marcos conceptuales para el dominio de métricas e indicadores [1, 8, 9, 14], nuestra estrategia hace uso de C-INCAMI dado que tiene base ontológica [17, 18]. Esta

ontología fue creada considerando fuentes de información como los estándares ISO citados, artículos y libros como [3, 14, 21], entre otros, siguiendo además en buen grado la base terminológica de WebQEM [18]. Si bien la ontología subyacente en nuestro marco conceptual tiene similitud respecto a la presentada en [7] y luego refinada en [8], no obstante en [17] hemos modelado algunos otros conceptos (por ej. indicador elemental, indicador global, etc.) y relaciones (por ej. entre medición y medida, entre métrica e indicador, por mencionar algunas) que difieren semánticamente de las propuestas en [8]; además hemos incluido nuevos conceptos como contexto, propiedad de contexto, etc. no consideradas en tales trabajos. En [16] se hace uso de la ontología propuesta en [7, 8] y del paradigma MDE (*Model-Driven Engineering*) y MDA para la modelización arquitectónica de la medición, pero antes que focalizarse en las vistas de proceso tal cual proponemos, se centra en las transformaciones de modelos para instanciar herramientas.

El presente trabajo contribuye respecto de los anteriores en el detalle de la especificación del proceso y sus vistas. Ahora están integrados los procesos de medición y evaluación con el marco conceptual, incluyendo nuevos componentes y actividades para contexto, y análisis y recomendación; además, a partir del proceso y marco, métodos (como WebQEM) y herramientas (como C-INCAMI Tool) se pueden instanciar. A su vez este trabajo extiende al presentado en [4].

3 Panorama del Marco C-INCAMI

En esta sección resumimos el marco conceptual C-INCAMI, el cual cubre uno de los pilares de nuestra estrategia según antes mencionado, y cuyo detalle se encuentra en [18]. C-INCAMI es un marco que define los módulos que intervienen en el área de medición y evaluación. Se basa en un enfoque *top-down* en el cual, la especificación de requerimientos, la medición y evaluación de entidades, y la posterior interpretación de los resultados están orientados a satisfacer una necesidad de información particular en un contexto específico. Está integrado por cinco componentes:

1. Definición y Especificación de Requerimientos no Funcionales
2. Especificación del Contexto
3. Diseño y Ejecución de la Medición
4. Diseño y Ejecución de la Evaluación
5. Análisis y Recomendación

Tales componentes están soportados por los términos ontológicos definidos en [17, 18]. (En lo que sigue se resaltaré el texto con *itálica* cuando se mencionen términos y atributos que forman parte de estos componentes).

El primer componente mencionado (ver Fig. 1) permite especificar la necesidad de información (*InformationNeed*) de un proyecto de medición y evaluación. Generalmente surge de un objetivo específico a nivel de proyecto u organización. La necesidad de información describe el propósito (*purpose*) y el punto de vista (*userViewpoint*). A su vez, identifica un concepto calculable (*CalculableConcept*) y especifica la categoría de las entidades a evaluar (*EntityCategory*) –ejemplos de categorías de entidad de interés para la Ingeniería de Software/ Web son recurso,

proceso, producto, servicio y proyecto. Un concepto calculable puede ser definido como una relación abstracta entre atributos de un ente y una necesidad de información; en efecto, la calidad externa, interna, etc., son instancias de un concepto calculable. Un concepto calculable puede ser representado por un modelo (*ConceptModel*) como por ejemplo los modelos de calidad de software ISO 9126-1 [12]. En C-INCAMI la calidad es medida y evaluada mediante la cuantificación de conceptos de menor nivel de abstracción como son los atributos (*Attribute*) asociados a un ente. En la Fig. 1 se muestran los principales conceptos y relaciones de este componente (paquete *requirements*), y cómo se relaciona con el segundo (paquete *context*) y tercer (paquete *measurement*) componente.

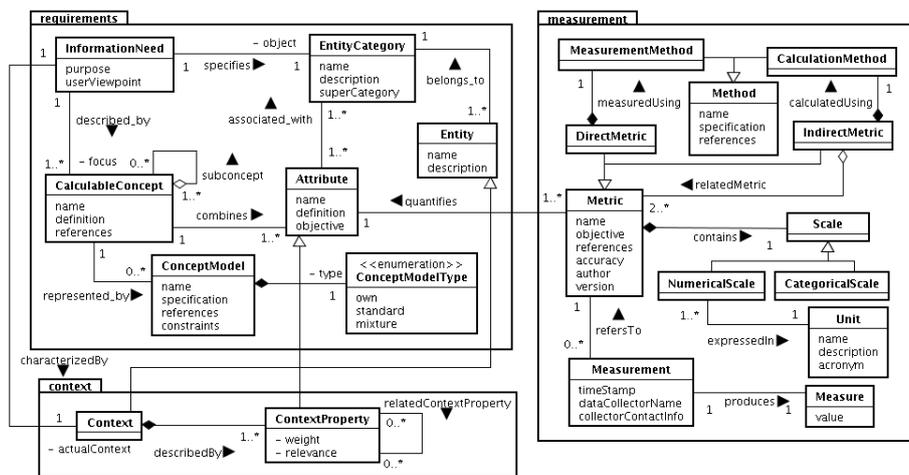


Fig. 1. Algunos conceptos y relaciones para Definición y Especificación de Requerimientos no Funcionales, Diseño y Ejecución de la Medición y Especificación del Contexto.

El segundo componente, permite describir de forma estructurada el contexto (*Context*) relevante para una necesidad de información por medio de propiedades (*ContextProperty*) –ver detalles en [15]. El tercer componente (paquete *measurement*) permite especificar las métricas utilizadas en la medición y registrar los valores medidos de los atributos de cada ente. Una métrica (*Metric*) define el método de medición o cálculo (*Measurement* o *Calculation Method*) para obtener el valor del atributo, y la escala (*Scale*) de los valores. Un método de medición se aplica a una métrica directa (*DirectMetric*) y un método de cálculo (en el cual interviene una fórmula) se aplica a una métrica indirecta (*IndirectMetric*). Una vez que las métricas fueron seleccionadas, se utiliza su definición para realizar la medición (*Measurement*) y así producir una o más medidas (*Measure*) para cada atributo.

El componente *Diseño y Ejecución de la Evaluación* permite especificar indicadores, que son la base para la interpretación de atributos y conceptos calculables. Hay dos tipos de indicadores: elementales y globales. Particularmente, definimos un indicador elemental (*ElementaryIndicator*) como un indicador que no depende de otros indicadores para evaluar o estimar un atributo. Por otro lado, un

indicador parcial o global (*GlobalIndicator*) permite evaluar un concepto de alto nivel de abstracción (como son los conceptos calculables), y su valor se deriva de otros indicadores. Los valores de los indicadores se obtienen mediante un modelo (*Elementary* o *GlobalModel*) que cuenta con criterios de decisión (*DecisionCriteria*) asociados (ver ej. en sub-sección 4.3). El valor del indicador global finalmente representa el grado de satisfacción de todos los requerimientos para dicha necesidad de información. Por último existe un componente de *Análisis y Recomendación* con el fin de soportar el análisis de datos y brindar recomendaciones para la toma de decisiones. En la siguiente sección modelaremos los procesos de medición y evaluación teniendo en cuenta estos componentes del marco C-INCAMI.

4 Modelando los Procesos de Medición y Evaluación

En general, un proceso indica qué se debe hacer antes de cómo se debe hacer. Es decir, en principio, no especifica métodos ni herramientas de cómo llevar a cabo las actividades. Por tal razón se puede decir que un proceso prescribe (o informa) un conjunto de fases y actividades, entradas y salidas, entre otros aspectos, que se deben considerar para robustecer la repetitividad y reproducibilidad. En nuestra propuesta, el proceso de medición y evaluación integra seis actividades principales (ver Fig. 2):

1. Definir lo Requerimientos no Funcionales
2. Diseñar la Medición
3. Diseñar la Evaluación
4. Implementar la Medición
5. Implementar la Evaluación
6. Analizar y Recomendar

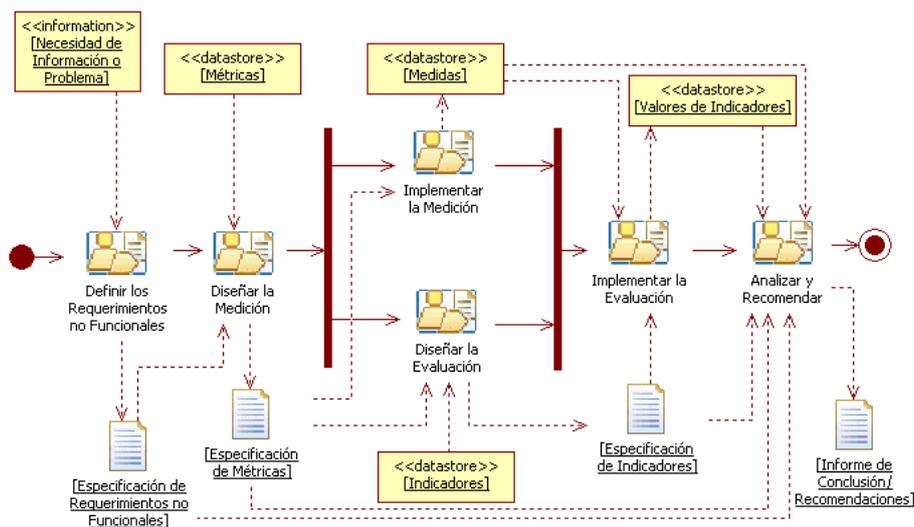


Fig. 2. Principales actividades para el proceso de Medición y Evaluación.

Con el fin de modelar estas actividades, junto con sus interdependencias, paralelismos, puntos de control, entradas y salidas hemos optado por utilizar diagramas de actividad de UML. La elección de este lenguaje se debe a que es un estándar altamente aceptado tanto por la comunidad académica como la industrial, fácil de comprender y se ajusta a nuestras necesidades de modelado. Además, con el objetivo de cubrir, en trabajos futuros, todas las vistas del proceso hacemos uso del enfoque SPEM.

A seguir se discuten las actividades implicadas en medición y evaluación. Además, con el fin de ilustrar el proceso y algunos conceptos del marco utilizamos un caso de estudio [19]. En este estudio se mostró cómo aspectos de la calidad externa, particularmente de usabilidad y contenido de un sitio de e-commerce pueden mejorarse aplicando de manera sistemática WMR (*Web Model Refactoring*) y evaluando su impacto en diferentes atributos de la entidad analizada. La entidad en cuestión fue el carrito de compras de *Cúspide.com*. Cabe mencionar que en el modelo de la Fig. 2 (y otras figuras) se hace referencia a repositorios o catálogos, los cuales son modelados mediante objetos con el estereotipo `<<datastore>>`. En estos catálogos se guardan las definiciones de los distintos elementos de información que son reusables en el proceso, por ej., atributos, modelos de concepto, métricas, etc.

4.1 Definir los Requerimientos no Funcionales

Esta es la primera actividad principal que debe realizarse una vez creado un proyecto de medición y evaluación. En la Fig. 2 se ve que tiene como entrada un objetivo o problema específico, y como salida una especificación de requerimientos no funcionales. Esta actividad consiste en (ver Fig. 3): *Establecer la Necesidad de Información*, *Especificar el Contexto* y *Seleccionar un Modelo de Concepto*.

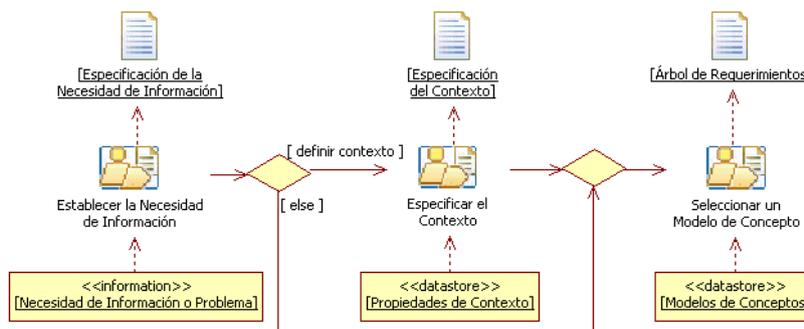


Fig. 3. Flujo de actividades al Definir los Requerimientos no Funcionales.

La actividad *Establecer la Necesidad de Información* (ver Fig. 4) implica: *Definir el propósito* (el cual es “mejorar” para nuestro ejemplo), *Definir el punto de vista de usuario* (“usuario final”), y luego *Establecer el objeto*, es decir, especificar cuál será la categoría de entidad (“aplicación web”). Seguidamente, si se desea, se puede realizar la sub-actividad *Establecer ente* para identificar una o mas entidades

concretas (para este caso “carrito de compras de Cúspide.com”). Finalmente se debe *Identificar el foco* (concepto de más alto nivel) y los subconceptos asociados que se desean evaluar. En el caso de estudio el foco fue “calidad externa” y los subconceptos asociados: “usabilidad” y “contenido”.

Una vez obtenido el documento con la especificación de los requerimientos no-funcionales se puede optar por *Especificar el Contexto*. Esta actividad consiste en *Seleccionar las Propiedades del Contexto* reusando un repositorio organizacional y luego, por cada una de ellas, se debe realizar la sub-actividad *Cuantificar Propiedad de Contexto*. A modo de ejemplo, para el caso las siguientes propiedades fueron seleccionadas: “Tipo de ciclo de vida de modificación” utilizado, cuyo valor es “Metodología Ágil”; y “Tipo de técnica” utilizada para realizar las modificaciones, cuyo valor es “WMR”. Vale mencionar que las propiedades de contexto (nombre, definición, valor, etc.) se almacenan junto al proyecto de medición y evaluación para posibles comparaciones en el futuro.

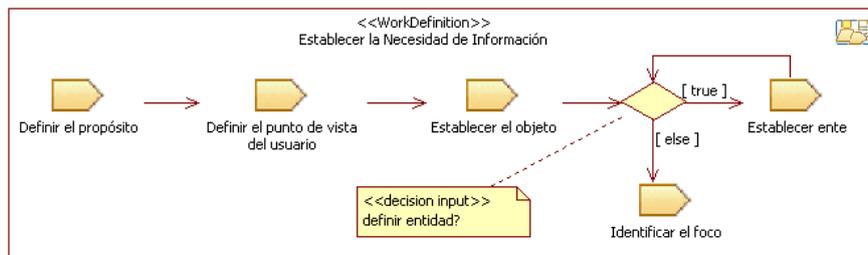


Fig. 4. Actividades implicadas al Establecer la Necesidad de Información.

La última actividad (según Fig. 3) es *Seleccionar un Modelo de Concepto*, y consiste en *Seleccionar un Modelo* y *Editar el Modelo* (si fuera necesario). De acuerdo al foco de nuestro ejemplo, el modelo seleccionado fue el “Modelo de Calidad Externa” propuesto en [12]. Debido a que dicho modelo no se ajustaba totalmente a las necesidades, se debió realizar la actividad *Editar el Modelo*, agregando y quitando subconceptos, atributos y relaciones. Un extracto del árbol de requerimientos obtenido puede verse en la primera columna de la tabla 1.

4.2 Diseñar la Medición

Esta actividad principal implica dos sub-actividades (ver Fig. 5), a saber: *Establecer Ente* y *Asignar una Métrica a cada Atributo*. La primera es opcional y permite que se establezca una o más entidades concretas. Luego, en base al documento de especificación de requerimientos no-funcionales, es posible realizar la actividad *Asignar una Métrica a cada Atributo*. Cabe aclarar, que esta actividad no consiste en diseñar las métricas en sí, sino sólo en identificar desde el repositorio y asignar las métricas más apropiadas según las necesidades y contexto.

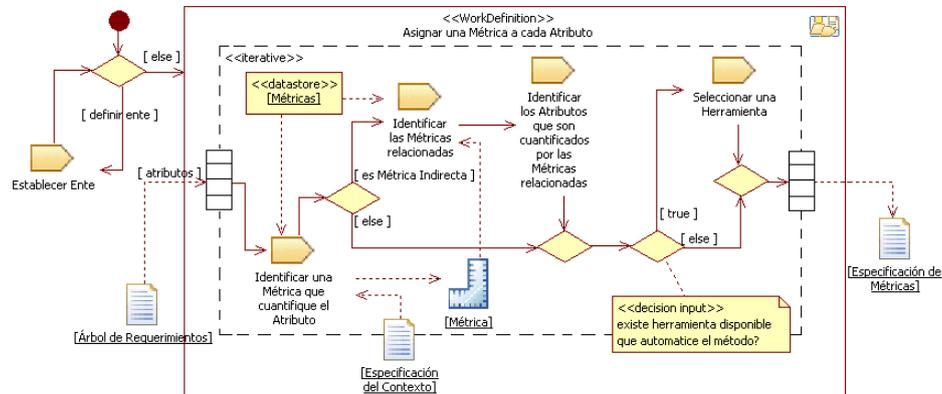


Fig. 5. Actividad Diseñar la Medición.

En la Fig. 5 también se modelan las sub-actividades involucradas al *Asignar una Métrica a cada Atributo*. Notar que todas estas sub-actividades deben realizarse de forma iterativa por cada uno de los atributos. En primer lugar se debe *Identificar una Métrica que cuantifique el Atributo*. Debido a que las métricas son recuperadas desde un catálogo de métricas (ver estereotipo `<<datastore>>` en Fig. 5), si no existiera una apropiada, se deberá agregar la nueva métrica al catálogo mediante un proceso de discusión [18], y así luego utilizarla. En el caso de que la métrica seleccionada sea indirecta, es decir, que esté relacionada a otras métricas (ver Fig. 1), es necesario *Identificar las Métricas relacionadas* e *Identificar los Atributos que son cuantificados por las Métricas relacionadas*. Estas dos sub-actividades permiten conocer todas las métricas y atributos necesarios para poder realizar el cálculo implicado en la medición. Finalmente, la actividad *Seleccionar una herramienta* permite identificar alguna herramienta que automatice el método de medición o de cálculo.

Retomando el caso de estudio, los atributos presentados en la Tabla 1 sirven de entrada a la actividad *Asignar una Métrica a cada Atributo*. Por ejemplo, para el atributo “*Line item information completeness*” del carrito de compras, mediante la sub-actividad *Identificar una Métrica que cuantifique el Atributo*, se seleccionó la métrica directa llamada “*Degree of completeness to the line item information*”, cuya escala especifica tres categorías considerándose un tipo de escala “*ordinal*”, a saber: 0 o *Incomplete*, tiene menos información que la categoría 1, o no tiene; 1 o *Partially complete*, sólo tiene título, precio, cantidad, y a veces, disponibilidad; 2 o *Totally complete*, tiene título, autor, precio, cantidad, fecha de alta, y disponibilidad. El tipo de método de medición es “*objetivo*” y la recolección de los datos puede hacerse de modo “*observacional*”, sin embargo una herramienta podría automatizarla. Como salida de estas actividades (ver Fig. 5) se obtiene un documento con la especificación de cada métrica asociada a cada uno de los atributos del árbol.

4.3 Diseñar la Evaluación

El valor de una métrica generalmente no representa el nivel de satisfacción alcanzado

por un requerimiento elemental (atributo). Por lo tanto, es necesario definir una nueva transformación que permita producir un valor de indicador elemental que represente el nivel de satisfacción logrado [18]. Además se deben definir indicadores parciales y globales para evaluar los conceptos de mayor nivel de abstracción del árbol de requerimientos. Con este fin se realiza la actividad principal *Diseñar la Evaluación*, mostrada en la Fig. 6.



Fig. 6. Actividades para *Diseñar la Evaluación*

Para esta actividad principal, se debe contar con las siguientes entradas: conceptos, atributos y métricas definidas en las actividades anteriores. La primera actividad a realizar es *Identificar Indicadores Elementales*, la cual permite especificar un indicador para cada atributo usando como entrada la especificación de la métrica asociada. Las actividades a realizar de forma iterativa (también puede ser en paralelo) por cada atributo del árbol de requerimientos son: *Establecer el Modelo Elemental*, *Establecer el Método de Cálculo* (opcional) e *Identificar la Escala*.

Por ejemplo, para el atributo “*Line item information completeness*”, se definió el indicador elemental llamado “*Performance Level of the line item information completeness*” cuyo modelo elemental mapea los valores de la métrica de la siguiente forma: el 0 en 0%, 1 en 50%, y 2 en 100 %. En cuanto a los criterios de decisión (en términos de rangos de aceptabilidad) asociados al modelo fueron definidos como sigue: un valor entre 0-40 (rango no satisfactorio -rojo) significa que urge hacer cambios; entre 40-70 (rango marginal -amarillo) indica que debería tomarse acciones para mejorar; y un puntaje entre 70-100 indica un nivel satisfactorio -verde- de la característica. Debido a la simplicidad del modelo elemental, el método de cálculo no es necesario especificarlo.

Finalmente, la actividad *Identificar Indicadores Parciales/Globales* permite, entre otros aspectos, asociar nombres de indicadores y pesos (si son requeridos por el modelo de agregación) a los subconceptos. Para el caso de estudio se utilizó un modelo global basado en un *modelo de puntaje aditivo lineal*, cuya especificación es:

$$IP/G = (W_1 I_1 + W_2 I_2 + \dots + W_m I_m)$$

donde la escala de los indicadores (I) esta dada en porcentaje, la suma de los pesos (W_i) es 1, y m corresponde a la cantidad de sub-conceptos del mismo nivel. Los rangos de aceptabilidad son los mismos que se definieron previamente.

La salida es un documento con la especificación de todos los indicadores tal como se muestra en la Fig. 2.

4.4 Implementar la Medición / Evaluación

Implementar la Medición utiliza como entrada el conjunto de métricas obtenidas al *Diseñar la Medición*, para obtener una medida (valor) para cada uno de los atributos de una entidad concreta. Si aún no se ha establecido ninguna entidad, se debe realizar la sub-actividad *Establecer ente*. Luego se continúa con la sub-actividad *Medir los atributos* para cada una de las entidades, almacenando valores, timestamp, entre otros datos. La medición se realiza utilizando la herramienta que automatiza el método, o siguiendo la especificación dada en el método. En nuestro caso de estudio, utilizando la métrica “*Degree of completeness to the line item information*” se obtuvo el valor 1 (ver atributo 2.1.1.1 en la tabla 1). Como resultado obtendremos, para cada entidad establecida, todas las medidas asociadas a cada uno de los atributos definidos en el árbol de requerimientos.

Tabla 1. Extracto del modelo de calidad externa para el caso de estudio analizado [19]. (Leyenda: IE significa Indicador Elemental; IP/G significa Indicador Parcial/Global)

Características y Atributos (en <i>itálica</i>)	Medida	Valor de IE	Valor de IP/G
External Quality			61.97%
1 Usability			60.88%
1.1 Understandability			83%
1.1.1 <i>Icon/label ease to be recognized</i>	...	100%	
1.1.2 <i>Information grouping cohesiveness</i>	...	66%	
1.2 Learnability			51.97%
.....			
2 Content Quality			63.05%
2.1 Content Suitability			63.05%
2.1.1 Basic Information Coverage			50%
2.1.1.1 <i>Line item information completeness</i>	1	50%	
2.1.1.2 <i>Product description appropriateness</i>	1	50%	
2.1.2 Coverage of other related Information			76.89%
2.1.2.1 <i>Return policy information completeness</i>	...	33%	

Por otra parte, la actividad principal *Implementar la Evaluación* permite obtener los valores de los distintos indicadores, utilizando la especificación obtenida al *Diseñar la Evaluación* (ver Fig. 2), el árbol de requerimientos y los valores obtenidos al *Implementar la Medición*. Las actividades implicadas son: *Implementar la Evaluación Elemental* e *Implementar la Evaluación Parcial/Global* (las cuales deben repetirse por cada entidad). La primera de ellas involucra calcular todos los indicadores elementales a partir de las medidas correspondientes. Una vez obtenidos los valores de los indicadores elementales, se debe *Implementar la Evaluación Parcial/Global*, la cual haciendo uso del modelo global (ver sub-sección 4.3) calcula los valores de los indicadores parciales/globales. En la tabla 1 se muestran algunos

valores obtenidos, los que deben ser almacenados para su posterior uso en procesos de análisis y recomendación, para toma de decisiones.

4.5 Analizar y Recomendar

Finalmente, todos los datos y metadatos obtenidos en las actividades anteriores (como la necesidad de información, el contexto, las especificaciones de métricas e indicadores, valores, etc.), junto con el compromiso/meta organizacional, sirven como entrada a actividades de análisis, conclusión y recomendación (ver Fig. 2). Específicamente, tales actividades son: *Diseñar el Análisis*, *Implementar el Análisis*, *Elaborar el Informe de Conclusión* y *Realizar Recomendaciones* (opcional). El diseño y la implementación del análisis consisten en decidir qué métodos y técnicas matemáticas y estadísticas (en base al tipo de escala, propiedades de los valores, etc.), junto con herramientas de análisis y mecanismos de presentación y visualización se utilizarán; y la posterior ejecución de los procedimientos diseñados, produciendo un Informe del análisis, elaborando luego las conclusiones. Sin embargo, a menudo, quienes deben tomar decisiones no sólo necesitan un Informe de conclusiones, sino también un Informe de recomendaciones –el cual contiene por ej.: fortalezas y debilidades, cursos de acción para mejora, etc.

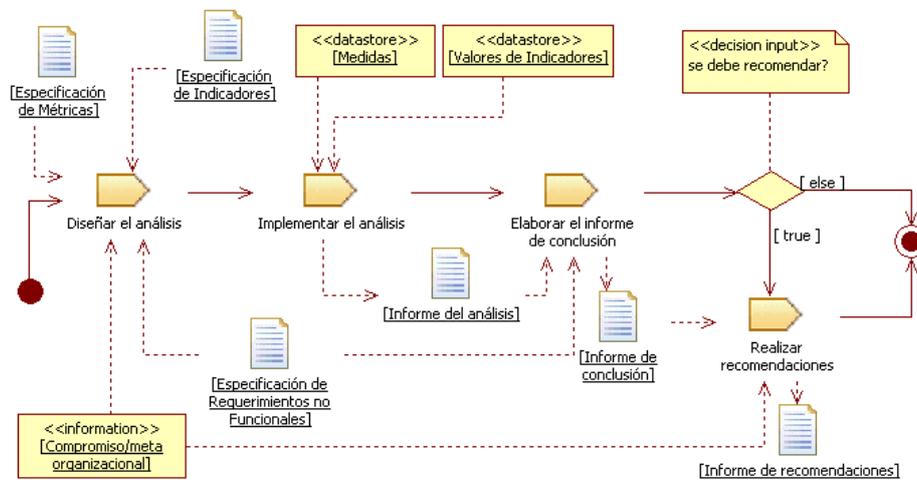


Fig. 7. Flujo de actividades para *Analizar y Recomendar*

Para el caso analizado, una recomendación -a partir de los niveles de aceptabilidad alcanzados- fue que se deberían planear cambios en la sub-característica “Basic Information Coverage” (nivel de 50%), particularmente en los atributos 2.1.1.1 y 2.1.1.2 (ver tabla 1). Como cursos de acción se recomendó aplicar los modelos de refactoring: *Add Node Attribute* y *Turn Information into Link* para mejorar dichos atributos. Como resultado del proceso de refactoring, según lo recomendado, el carrito de compras mejorado satisfizo en un 100% estos requerimientos no-

funcionales (ver detalles en [19]).

5 Herramienta de Soporte al Proceso

Con el objetivo de brindar soporte al tercer pilar mencionado en la sección 1 (*métodos y herramientas*) hemos instanciado al proceso y marco descriptos, en una aplicación web llamada *C-INCAMI Tool*. Así, se ha dado soporte tecnológico a la estrategia discutida, y a su vez, a la metodología WebQEM.

C-INCAMI Tool guía al evaluador a través de las actividades de creación y definición de proyectos, especificación de requerimientos no-funcionales, diseño e implementación de la medición y la evaluación, y la generación de informes de los resultados. Ya que la aplicación tiene en cuenta el flujo de actividades del proceso, sólo se presentan al usuario aquellas actividades que son posibles realizar en base a las actividades completadas, haciendo cumplir así las interdependencias (ver pantalla en la Fig. 8). A lo largo del proceso los diferentes artefactos producidos son almacenados, para ser consultados en las actividades que los requieran.

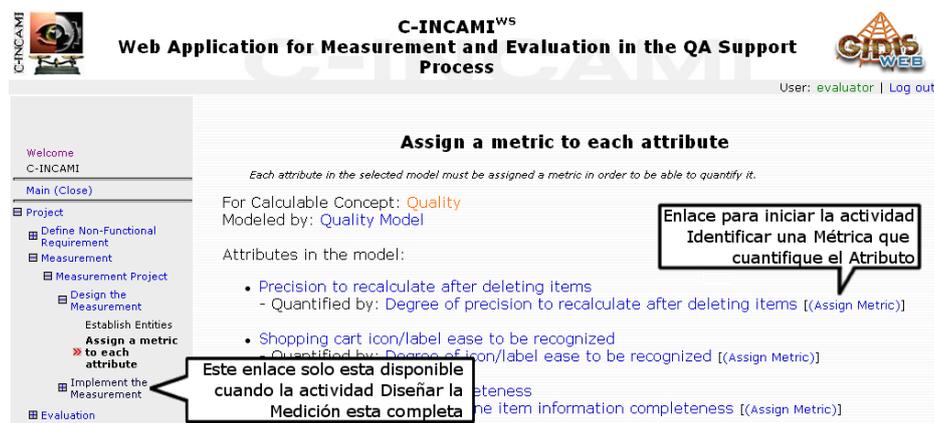


Fig. 8. Pantalla de C-INCAMI Tool instanciando la actividad Asignar una Métrica a cada Atributo

La aplicación se ha diseñado siguiendo una arquitectura multicapas. Teniendo en cuenta los principios de los entornos RIA (*Rich Internet Applications*), en la capa de presentación se ha utilizado AJAX. Para la capa de lógica de negocio, se han implementado los componentes conceptuales del marco C-INCAMI (ver Sección 3); y en cuanto a la capa de persistencia, los datos y metadatos de los proyectos son almacenados en XML, permitiendo así interoperabilidad con herramientas de análisis. Adicionalmente, la aplicación cuenta con un catálogo diseñado e implementado con tecnologías de Web Semántica, particularmente mediante SesameRDF, en el cual se almacenan definiciones de los diferentes elementos de información reusables en el

proceso, por ej.: modelos de concepto, atributos, métricas, entre otros (recordar estereotipo <<datastore>> en diagramas de la Sección 4).

6 Conclusiones

Las organizaciones que no tengan programas de medición y evaluación bien definidos están más expuestas a realizar proyectos que son menos justificables y controlables, y en consecuencia, más propensos a fracasar. Por tal razón, es de vital importancia contar con una estrategia de medición y evaluación que permita analizar, comparar y justificar resultados de un modo consistente con el fin de mejorar la toma de decisiones. Al respecto, en la primera sección introdujimos nuestra estrategia basada en tres pilares: proceso, marco conceptual, métodos y herramientas. Luego, hicimos hincapié en el primer pilar, es decir, en la definición de un proceso de medición y evaluación, el cual sirva de guía para realizar las actividades de un modo repetible y que favorezca la automatización, entre otros aspectos.

Si bien existe abundante literatura en el área e incluso estándares que describen tales procesos (tal cual discutimos en la Sección 2), a menudo lo hacen como si fueran dos procesos separados o no apropiadamente integrados. Sin embargo en nuestro enfoque se encuentran claramente establecidos y relacionados, ya que generalmente no puede realizarse una evaluación sin una medición previa, y una medición sin evaluación no es más que un conjunto de datos con mínima información interpretada.

En el presente trabajo hemos integrado actividades respecto de requerimientos no funcionales, contexto, medición, evaluación y análisis y recomendación en un único proceso, definiéndolo sobre una base conceptual ontológica para el dominio de medición y evaluación. Además hemos puesto énfasis en la especificación de la vista funcional, y en menor grado en la de comportamiento, para los procesos citados. Por último hemos descripto aspectos del soporte tecnológico a partir del proceso y marco. La herramienta C-INCAMI Tool permite guiar ordenadamente la ejecución siguiendo el flujo de actividades definidas, y permite registrar no sólo datos y metadatos de mediciones y evaluaciones de un proyecto, sino también los datos y metadatos del contexto específico. Como líneas de avance futuro nos proponemos modelar otras vistas del proceso con el fin de robustecer el soporte metodológico y tecnológico, e integrar aspectos de gestión de conocimiento mediante memoria organizacional al marco C-INCAMI y al proceso.

Reconocimientos. Esta investigación está soportada parcialmente por los proyectos PAE-PICT 2188 de la Agencia de Ciencia y Tecnología, Argentina, y 09/F052 por la Facultad de Ingeniería de la UNLPam.

Referencias

1. Abran, A., Sellami, A.: Inital modelling of the measurement concepts in the ISO vocabulary of terms in metrology. In Proceed. of IWSM2002, Germany, pp. 9-20 (2002)

2. Basili, V., Rombach, H.D.: The TAME Project: Towards Improvement-Oriented Software Environments, *IEEE Transactions on Software Engineering*, 14(6), pp. 758-773 (1989)
3. Briand, L., Morasca, S., Basili, V.: An Operational Process for Goal-driven Definition of Measures. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(12), pp. 1106-1125 (2002)
4. Becker, P., Molina, H., Olsina, L.: Integrando Proceso y Marco de Medición y Evaluación. *CIBSE'09*. Medellín, Colombia. ISBN 978-958-44-5028-9. pp. 261-266 (2009)
5. CMMI: Capability Maturity Model Integration, Version 1.2 CMMI for Development, CMU/SEI-2006-TR-008 ESC-TR-2006-008, SEI Carnegie-Mellon University (2006)
6. Curtis, B., Kellner, M., Over, J.: Process Modelling, *Comm. ACM*. 35(9); pp. 75-90 (1992)
7. García, F., Ruiz, F., Bertoa, M.F., Calero, C., Genero, M., Olsina, L., Martín, M., Quer, C., Condori, N., Abrahao, S., Vallecillo, A., Piattini, M.: An ontology for software measurement. Computer Science Department; University of Castilla-La Mancha, Spain, Technical Report UCLM DIAB-04-02-2 (2004)
8. García, F., Bertoa, M.F., Calero, C., Vallecillo, A., Ruiz, F., Piattini, M., Genero, M.: Towards a consistent terminology for software measurement, *Information & Software Technology*, 48(8):631–644 (2006)
9. Goethert, W., Fisher, M.: Deriving Enterprise-Based Measures Using the Balanced Scorecard and Goal-Driven Measurement Techniques, *Software Engineering Measurement and Analysis Initiative*, CMU/SEI-2003-TN-024 (2003)
10. ISO/IEC 14598-5. International Standard, Information technology - Software product evaluation - Part 5: Process for evaluators. (1999)
11. ISO/IEC 15939. Software Engineering: Software Measurement Process. (2002)
12. ISO/IEC 9126-1. Software Engineering Product Quality - Part 1: Quality Model. (2001)
13. ISO/IEC 25000. Software Engineering - Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - Guide to SquaRE. (2005)
14. Kitchenham, B.A., Hughes, R.T., Linkman, S.G.: Modeling Software Measurement Data. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 27(9), pp. 788-804 (2001)
15. Molina, H., Olsina, L.: Assessing Web Applications Consistently: A Context Information Approach. In *proceed. of IEEE Computer Society, 8th Int'l Congress on Web Engineering (ICWE08)*, NY, USA, pp. 224-230, ISBN 978-0-7695-3261-5 (2008)
16. Mora, B., García, F., Ruiz, F., Piattini, M., Boronat, A., Gómez, A., Carsí, J. Á., Ramos, I.: Software generic measurement framework based on MDA. *IEEE Latin America Transactions*, 6 (4), pp. 363-370 (2008)
17. Olsina, L., Martín, M.: Ontology for Software Metrics and Indicators. *Journal of Web Engineering*, Rinton Press, US, 2(4), pp. 262-281, ISSN 1540-9589 (2004)
18. Olsina, L., Papa, F., Molina, H.: How to Measure and Evaluate Web Applications in a Consistent Way. *Web Engineering: Modeling and Implementing Web Applications Springer HCIS*, Rossi, Pastor, Schwabe, and Olsina (Eds), Ch. 13 pp. 385–420 (2007)
19. Olsina, L., Rossi, G., Garrido, A., Distante, D., Canfora, G.: Web Applications Refactoring and Evaluation: A Quality-Oriented Improvement Approach, *Journal of Web Engineering*, Rinton Press, US, (7) 4: 258-280, (2008)
20. SPEM. Software Process Engineering Metamodel Specification. Doc./02-11-14., Ver.1.0. (2002)
21. Zuse, H.: A Framework of Software Measurement. Walter de Gruyter, Berlin-NY. (1998)