

Estrategia de Medición, Evaluación y Mejora Continua de Calidad

Belén Rivera¹, Pablo Becker², Luis Olsina³

Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ingeniería,
General Pico, La Pampa, Argentina

¹riveramb@ing.unlpam.edu.ar, ²beckerp@ing.unlpam.edu.ar, ³olsinal@ing.unlpam.edu.ar

Resumen: La medición permite obtener datos al cuantificar atributos de un ente usando métricas. Para obtener información de estos datos la evaluación interpreta las medidas obtenidas usando indicadores. Con el fin de tomar decisiones es necesario brindar recomendaciones a partir de los resultados. Si dichas recomendaciones implican cambiar para mejorar ciertos aspectos será necesario volver a medir y evaluar para determinar si se alcanzó el nivel de satisfacción requerido. Frecuentemente las actividades involucradas en procesos de cambio y mejora no están contempladas en estrategias de medición y evaluación. En este trabajo se presenta una estrategia de evaluación que considera de manera integral a procesos de medición, evaluación, cambio y mejora. De esta manera se robustece al proceso de medición y evaluación dotándolo de características que conducen a la mejora continua.

Palabras Claves: Medición. Evaluación. Mejora. Estrategia.

Abstract: Measurement activities allow, by using metrics, data collection for attributes of an entity. To obtain information, evaluation activities are needed to interpret the data (measures) by using indicators. Consequently, for decision making, it is necessary to give recommendations from the yielded data and information. If recommendations imply improvement actions, it is also necessary to re-evaluate the new entity to determine if the required acceptability level was reached. Frequently, measurement and evaluation strategies do not consider change and improvement activities. In this work, we present a measurement and evaluation strategy which involves measurement, evaluation and improvement activities in an integrated way. Therefore, the measurement and evaluation process is strengthened, fostering continuous improvements

Keywords: Measurement. Evaluation. Improvement. Strategy.

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones dedicadas al desarrollo de software deben promover programas de medición y evaluación (ME) para gestionar la calidad de sus productos. Con el objetivo de asegurar la repetitividad y consistencia de los resultados es necesario contar con un enfoque integral de ME basado en al menos dos pilares, a saber, 1) un marco de modelado de calidad (Olsina et al., 2012) y 2) estrategias de ME (Becker et al., 2012; Olsina et al., 2008).

El marco de modelado de calidad permite estruc-

turar e instanciar modelos de calidad dirigidos a diferentes categorías de entidad tales como recurso, proceso, producto, sistema, sistema en uso, servicio y proyecto. Además es la base para la definición de los requerimientos no funcionales estructurados en la forma de características, sub-características y atributos a ser evaluados.

Respecto a las estrategias integradas de ME, éstas deben satisfacer tres principios o capacidades simultáneamente (Papa, 2012), a saber: un marco conceptual, una especificación (de las vistas) del proceso y una especificación de métodos. El marco

conceptual para el dominio de ME tiene que estar construido sobre una base conceptual terminológicamente consistente (por ej. usando ontologías) (Olsina y Martin, 2004) en donde se especifique de manera formal y explícita los componentes, conceptos, relaciones y restricciones para el dominio en cuestión.

El segundo principio es la especificación (de las vistas) del proceso, el cual describe principalmente qué hacer. Un proceso puede ser especificado desde diferentes perspectivas o vistas (Becker et al., 2012), a saber: Funcional, en la cual se describen cuáles son las actividades planificadas y programadas junto a sus entradas y salidas; de Comportamiento, que especifica la dinámica del proceso mediante secuencias, paralelismos, iteraciones, etc.; Organizacional, que muestra qué roles intervienen en la realización de qué actividades y de Información, que se centra en describir los productos de trabajo que se producen e insumen en las actividades. Un proceso de ME especificado desde diferentes vistas facilita el entendimiento y la comunicación entre los interesados y, además, asegura la repetitividad y reproducibilidad en la implementación de las actividades.

Por último la especificación de métodos (y herramientas) permite llevar a cabo y automatizar, de manera parcial o total, las descripciones de las actividades. Los métodos son asignados de una forma flexible para realizar las actividades especificadas y pueden ser automatizados por herramientas.

Una estrategia de ME conformada por un marco conceptual de ME, la especificación del proceso de ME y un soporte metodológico y tecnológico para realizar las actividades la denominamos Estrategia Integrada de ME (Olsina et al., 2008; Papa, 2012). En este sentido se han desarrollado en nuestras líneas de investigación dos estrategias integradas de ME: GOCAME (Goal-Oriented Context-Aware Measurement and Evaluation) (Olsina et al., 2008; Olsina et al., 2012) y SIQinU (Strategy for Understanding and

Improving Quality in Use) (Lew et al., 2012).

Básicamente GOCAME es una estrategia multipropósito que sigue un enfoque orientado a objetivos, es sensible al contexto y está centrada en la necesidad de información de ME en una organización. Puede ser usada para evaluar la calidad de entidades pertenecientes a diferentes categorías tales como producto, sistema, sistema en uso, recursos, etc. Sin embargo GOCAME no contempla acciones de cambio y de mejora de la entidad evaluada y/o de su contexto. Por lo tanto no puede considerarse que esta estrategia permita cambios y mejoras conducidos por medición y evaluación.

Por otra parte SIQinU es una estrategia de propósito específico que, a diferencia de GOCAME, sí permite introducir cambios a las entidades analizadas. La estrategia SIQinU se fundamenta en las relaciones existentes entre Calidad Externa y Calidad en Uso. Específicamente la Calidad Externa “influye” a la Calidad en Uso y, a su vez, la Calidad en Uso “depende de” o está determinada por la Calidad Externa (ISO/IEC 25010, 2011). Teniendo presente estas relaciones SIQinU busca mejorar, de manera incremental y continua, la Calidad en Uso de una aplicación a partir de la mejora de la Calidad Externa. Las acciones de cambio y mejora que contempla su proceso se inician a partir de los problemas detectados en la Calidad en Uso del sistema en uso. Por lo tanto tampoco puede considerarse SIQinU como una estrategia multipropósito de medición, evaluación y cambio porque no es instanciable para cualquier categoría de ente y foco de evaluación como la que ahora proponemos.

El presente trabajo tiene como objetivo definir una estrategia de ME que sea multipropósito y que esté orientada a cambio y mejora, es decir, que además de permitir comprender la situación actual de cualquier ente a través de la medición y evaluación de sus atributos y características analice los resultados de la evaluación y de recomendaciones

y que también permita continuar con un proceso de cambio que tienda a la mejora continua. La estrategia de medición, evaluación y cambio (MEC) multipropósito que proponemos se denomina GOCAME+.

En resumen, la contribución general de esta investigación consiste en: 1) definir el proceso de MEC para la nueva estrategia genérica y multipropósito GOCAME+ presentando la vista funcional y de comportamiento de dicho proceso y 2) ilustrar el proceso de MEC propuesto con fragmentos de un caso de estudio de Usabilidad de Facebook realizado recientemente (Olsina et al., 2014).

El artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección 2 se da un panorama de las estrategias GOCAME y SIQinU. Luego, en la Sección 3 se introduce el proceso de MEC para GOCAME+ que es la estrategia multipropósito orientada a cambio y mejora continua que se discute en este trabajo. En la Sección 4 se presenta una prueba de concepto usando un caso de estudio ya realizado con el fin de ilustrar el proceso de la nueva estrategia. En la Sección 5 se discuten los trabajos relacionados a estrategias de ME y a enfoques de gestión de la calidad y mejora continua. Finalmente, en la Sección 6, se esbozan las conclusiones y trabajos futuros.

PANORAMA DE LAS ESTRATEGIAS INTEGRADAS: GOCAME Y SIQINU

GOCAME es una estrategia integrada a ser empleada en proyectos de ME y contiene simultáneamente las tres capacidades previamente enunciadas, esto es, especificaciones de proceso, de método y marco conceptual.

El marco conceptual de GOCAME tiene su base terminológica definida a través de una ontología de ME (Olsina y Martin, 2004). Ésta ha sido la base para la construcción del denominado marco conceptual C-INCAMI (Contextual-Information Need, Concept Model, Attribute, Metric and Indicator) (Olsina et al.,

2008) el cual permite la especificación de un modo robusto de metadatos y datos usados en las actividades y artefactos del proceso de ME como también favorece la instanciación de métodos y herramientas asignados a las actividades del proceso.

C-INCAMI está estructurado en seis componentes, a saber:

1. de Proyecto: permite especificar la información relativa a la gestión de los proyectos de ME.

2. de Requerimientos No Funcionales: permite especificar requerimientos no funcionales de alguna entidad para un propósito y un punto de vista particular. Son representados por un modelo de concepto (por ejemplo, modelo de Calidad Externa) que incluye conceptos calculables (características), sub-conceptos y atributos. Estos últimos son las propiedades medibles de la entidad bajo análisis.

3. de Contexto: permite especificar el contexto del ente objetivo a ser evaluado mediante atributos o propiedades de contexto que sean relevantes a su situación.

4. de Medición: permite que se especifiquen las métricas que cuantifican los atributos. Como resultado de una actividad de medición se obtienen medidas base y derivadas según sea directa o indirecta la medición.

5. de Evaluación: permite que se definan los indicadores elementales y derivados para interpretar los valores de los atributos y conceptos calculables del árbol de requerimientos no funcionales.

6. de Análisis y Recomendación: permite que los datos e información obtenidos como resultado de la medición y evaluación sean analizados para dar recomendaciones.

Cabe acotar que en un trabajo reciente los términos de los componentes de Medición y de Evaluación se han enriquecido semánticamente con estereotipos derivados de la ontología genérica de proceso desarrollada en Becker et al., 2014.

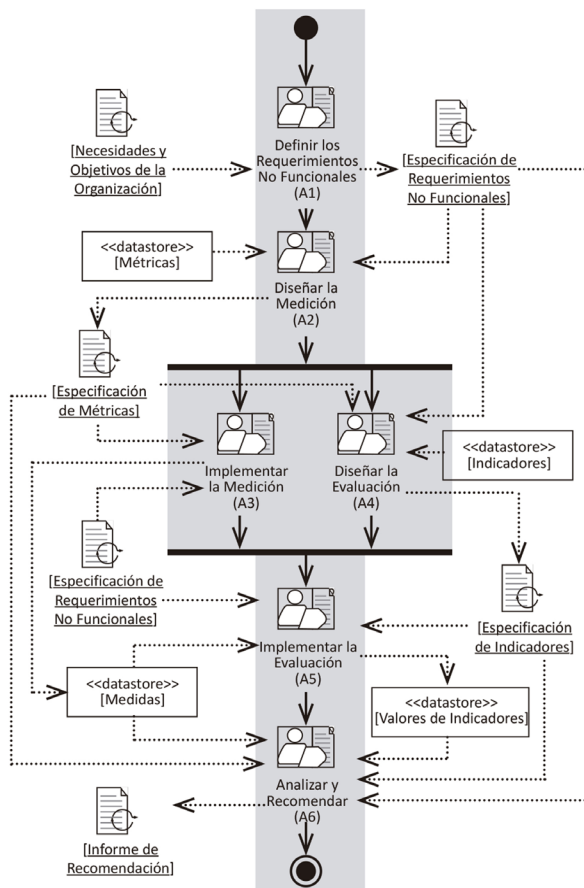


Figura 1 - Vista funcional y de comportamiento del proceso de ME en GOCAME usando el lenguaje de especificación SPEM.

Respecto a la segunda capacidad de una estrategia integrada GOCAME tiene definido su proceso de ME de manera tal de poder asegurar repetitividad en la ejecución de las actividades y consistencia en los resultados. Su proceso de ME consta de seis actividades principales, a saber:

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

La Figura 1 ilustra el proceso de GOCAME especificando mediante SPEM las vistas funcional y de comportamiento.

Por último, respecto a métodos y herramientas,

GOCAME permite por ejemplo la especificación de métricas –es decir, una métrica como la especificación del método para realizar la actividad de medición- y de indicadores –como métodos utilizados durante la evaluación elemental y derivada (ver en detalle especificaciones de métricas e indicadores en Olsina et al., 2013).

Por otra parte SIQinU es una estrategia integrada para medir y evaluar Calidad en Uso de una aplicación web. Su propósito es detectar problemas provenientes en el uso de una de ellas con usuarios reales ejecutando tareas habituales y, en base a ello, implementar acciones de mejora para solucionarlos. Los problemas encontrados usando la aplicación son vinculados con características y atributos medibles de Calidad Externa relacionados al ente evaluado. La aplicación se vuelve a medir y evaluar pero esta vez en consideración de características de Calidad Externa. Luego de la evaluación se dan recomendaciones de mejora para aquellos indicadores elementales (atributos) con un bajo nivel de aceptabilidad. A partir de estas recomendaciones y mediante distintas técnicas se llevan a cabo los cambios en la aplicación generándose así una nueva versión –mejorada- de la aplicación. Esta nueva versión se vuelve a medir y evaluar en consideración del sistema en uso para determinar si las mejoras realizadas en los atributos de Calidad Externa mejoraron la calidad del sistema en uso cuando el usuario ejecuta las mismas tareas.

El proceso de SIQinU, mostrado en la Figura 2, comprende 6 fases. Notar que en dicha figura los nombres de las fases del proceso de SIQinU se presentan en inglés tal cual aparecen en (Lew et al., 2012). Las fases son:

Fase I (Ph I en la figura): Especificar Requerimientos y Criterios de Evaluación para Calidad en Uso (Specify Requirements and Evaluation Criteria for QinU);

Fase II (Ph II): Ejecutar la Evaluación de Calidad en Uso y el Análisis (Perform QinU Evaluation and Analysis);

Fase III (Ph III): Derivar/Especificar Requerimientos y Criterios de Evaluación para Calidad Externa (Derive/Specify Requirements and Evaluation Criteria for EQ);

Fase IV (Ph IV): Ejecutar la Evaluación de Calidad Externa y el Análisis (Perform EQ Evaluation and Analysis);

Fase V (Ph V): Recomendar, Ejecutar Acciones de Mejora y Re-evaluar para Calidad Externa (Recommend and Perform Improvement Actions for EQ); y

Fase VI (Ph VI): Re-evaluar Calidad en Uso y Analizar Acciones de Mejora (Re-evaluate Quality in Use and Analyze Improvement Actions).

SIQInU es una estrategia derivada a partir de GOCAME. Por lo tanto SIQInU reutiliza el marco C-IN-CAMI, así como muchas de las actividades y métodos de GOCAME. Por ejemplo las actividades A1, A2, A4 y A6 (según Figura 1) de GOCAME están incluidas en las fases I y III de SIQInU. A su vez las actividades A3 y A5 están incluidas en las fases II y IV. Sin embargo SIQInU cuenta con actividades específicas que no están incluidas en GOCAME. Por ejemplo en la fase V hay actividades que permiten introducir cambios (mejoras) en la aplicación. Además SIQInU define un proceso diferente (comparar Figuras 1 y 2) el cual incluye ciclos de cambio y de re-evaluación para conocer el nivel de mejora introducido. De igual manera en SIQInU se utilizan métodos específicos, por ejemplo de cambio, no usados en GOCAME.

SIQInU ha sido diseñada específicamente con el propósito de “comprender” el nivel de Calidad en Uso de una aplicación web y “mejorarlo” a partir de cambios en la aplicación (no en la aplicación en uso). Por el contrario GOCAME es una estrategia multipropósito ya que se utiliza para “comprender”, “predecir”, “controlar”, etc. diferentes focos/entes, como pueden ser Calidad Interna y Externa, Calidad en Uso, Calidad de Recurso, etc. aunque no considera ciclos de cambio y mejora.

La capacidad de GOCAME de poder ser utilizada para distintos propósitos, junto a la capacidad de

SIQInU de considerar actividades de cambio como parte de su proceso de ME, son las dos características que ahora se contemplan de manera conjunta e integral para dar surgimiento a GOCAME+.

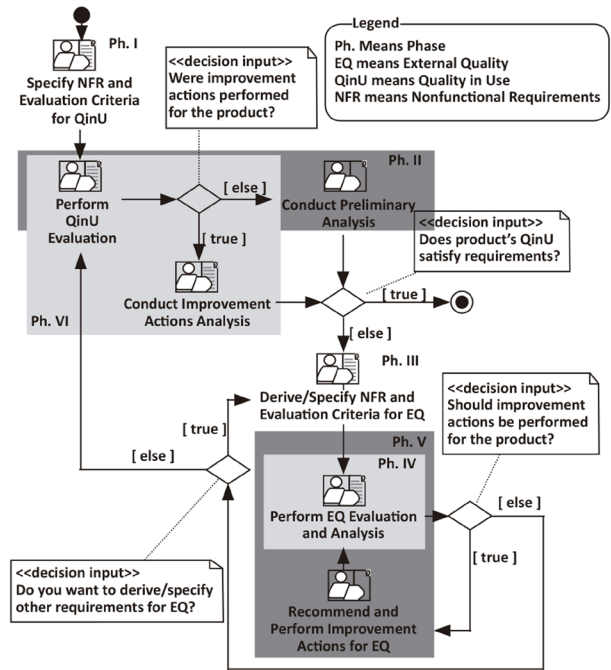


Figura 2 - Vista funcional y de comportamiento del proceso de MEC en SIQInU. Notar que una fase agrupa procesos y actividades relacionadas.

GOCAME+: ESTRATEGIA MULTIPROPÓSITO Y GENÉRICA ORIENTADA A CAMBIO Y MEJORA CONTINUA

Toda organización que desee ser exitosa debe apuntar a la mejora continua de la calidad de sus productos/servicios, procesos y recursos. Para ello es preciso no sólo contar con actividades de ME que permitan analizar y detectar debilidades y vulnerabilidades sino que también es necesario tener actividades que permitan introducir cambios orientados a la mejora.

Para este fin surge la estrategia GOCAME+, la cual es una estrategia multipropósito y genérica de MEC que considera actividades de cambio y mejora

continúa. Al igual que las estrategias GOCAME y SIQinU introducidas en la Sección anterior, GOCAME+ posee las 3 capacidades descritas previamente. Este trabajo se centra en especificar las principales actividades del proceso de la nueva estrategia mientras que la base conceptual de cambio será parte de trabajos futuros dado que se debe ampliar la actual base conceptual C-INCAMI con términos del dominio de cambio. El proceso genérico de MEC de GOCAME+ se presenta en la Figura 3 y consta de 8 actividades principales, a saber:

1. Definir los Requerimientos no Funcionales.
2. Diseñar la Medición.
3. Implementar la Medición.
4. Diseñar la Evaluación.
5. Implementar la Evaluación.
6. Analizar y Recomendar.
7. Diseñar las Acciones de Cambio.
8. Implementar las Acciones de Cambio.

GOCAME+ incluye de algún modo el ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (Plan-Do-Check-Act o PDCA) (Deming, 1986) que representa un enfoque básico para mejora continua donde se planifican acciones de mejora, se las lleva a cabo, luego se verifican (evalúan) los resultados obtenidos y por último se actúa sobre los problemas hallados, lo que puede implicar un nuevo ciclo PDCA.

La Figura 3 presenta el proceso general de GOCAME+ distinguiendo con el sombreado, por un lado, las actividades de medición y evaluación y, por otro, las de cambio y mejora. El proceso comienza con la actividad Definir los Requerimientos No Funcionales (A1). Esta actividad permite establecer la necesidad de información, es decir, definir el propósito de la evaluación, el tipo de usuario, la entidad y el concepto foco a evaluar, especificar el contexto de la evaluación y definir un árbol de requerimientos que tendrá como raíz al concepto foco, como nodos inter-

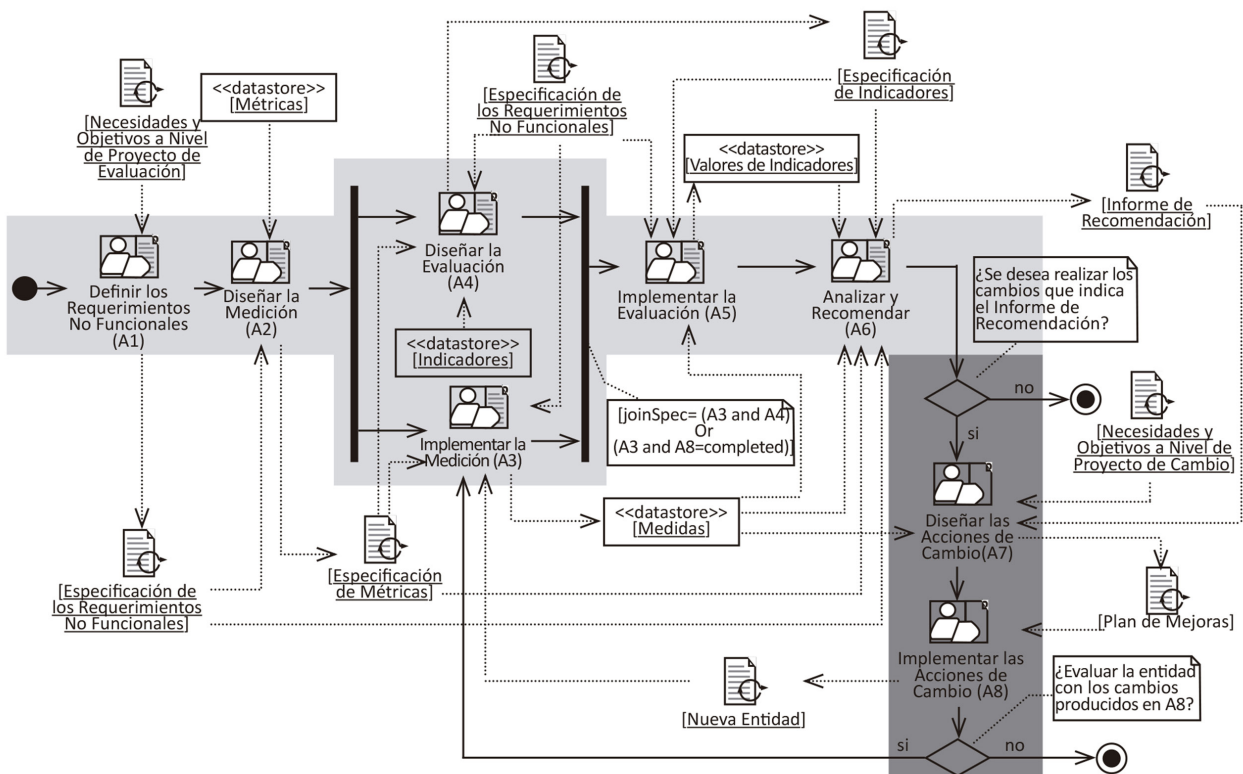


Figura 3 - Vista funcional y de comportamiento del proceso de MEC en GOCAME+.

medios las (sub) características relacionadas al foco y como nodos hojas los atributos medibles asociados a la entidad seleccionada. Como salida de A1 se produce un documento denominado Especificación de los Requerimientos no Funcionales.

Una vez definidos los requerimientos no funcionales se procede a Diseñar la Medición (A2) cuyo propósito es el de identificar las métricas que se utilizarán para cuantificar los atributos definidos en el árbol de requerimientos. Las métricas y sus metadatos asociados son recuperadas desde un repositorio (identificado en la Figura 3 con el estereotipo *datastore*) que han pasado por un proceso de discusión y consenso entre expertos (Baffini et al., 2006). La salida de esta actividad es el artefacto Especificación de Métricas. A continuación se realiza, en forma paralela o secuencial, sin importar el orden, el diseño de la evaluación y la implementación de la medición. La actividad Implementar la Medición (A3) consiste en utilizar las métricas seleccionadas en la actividad A2 para cuantificar los atributos sobre ente concreto. Si corresponde se utilizan herramientas que automatizan los procedimientos de medición o cálculo. Como resultado se obtienen los valores (medidas) asociados a cada uno de los atributos que caracterizan a las entidades bajo análisis los que se almacenan en un repositorio para su posterior análisis.

La actividad Diseñar la Evaluación (A4) implica definir, para cada atributo y concepto calculable del árbol de requerimientos, un indicador que lo evaluará. Para los atributos se definen indicadores elementales que especifican la manera de realizar el mapeo del valor medido del atributo a un valor que indique el nivel de satisfacción alcanzado. Luego se deben identificar indicadores derivados para calcular el nivel de satisfacción alcanzado por los conceptos calculables. Como resultado de A4 se obtiene el artefacto Especificación de Indicadores.

Finalizadas las actividades A3 y A4 se continúa

con la actividad Implementar la Evaluación (A5). El objetivo de ésta es obtener los valores de los indicadores definidos en la A4 con el fin de conocer el grado de satisfacción de cada uno de los requerimientos establecidos en A1 conforme a la necesidad de información. Primero se calculan los indicadores elementales para lo cual se realiza un mapeo de los valores obtenidos en la medición a un conjunto de valores, por lo general normalizados. Después se pueden calcular los indicadores derivados. Al finalizar esta actividad se obtienen los valores de los diferentes indicadores, tanto elementales como derivados, que servirán como entrada en la próxima actividad, Analizar y Recomendar (A6).

La actividad A6 permite realizar un análisis de los valores de indicadores obtenidos y en base a éstos recomendar cambios a realizar a fin de lograr mejoras en la calidad de la entidad o en su contexto. La actividad requiere como insumos todos los artefactos y resultados producidos en las actividades anteriores, a saber: especificación de requerimientos no-funcionales, especificación de métricas, especificación de indicadores, valores medidos y valores de indicador calculados. Como resultado de esta actividad se obtiene el documento Informe de Recomendación donde se detallan recomendaciones para aquellos atributos que no satisfacen cierto nivel de aceptabilidad. Las recomendaciones proporcionan sugerencias y prioridades para los atributos que deben mejorarse. En base al Informe de Recomendación se debe analizar si se desea mejorar el nivel de satisfacción de los atributos cuyo valor de indicador obtuvo un bajo nivel de aceptabilidad o desempeño. En caso afirmativo se lleva a cabo la actividad Diseñar las Acciones de Cambio (A7).

En la actividad A7, considerando el Informe de Recomendación y los objetivos de cambio, se produce el Plan de Mejoras en el cual se indican las acciones para cada recomendación y se establece cómo se realizarán dichas acciones en pos de

concretar los cambios. El cómo indica cada uno de los métodos y/o técnicas que se emplearán para hacer efectivas las acciones de cambio. Los métodos y técnicas para cambiar la entidad y/o su contexto van desde reconfiguraciones parametrizadas, reprogramación del código y refactoring de interfaz (como se hizo en Olsina et al., 2008) hasta el rediseño arquitectural. El Plan de Mejoras desde luego constituye un instrumento para el control y seguimiento de las diferentes acciones de cambio a desarrollar de manera organizada, priorizada y planificada.

Una vez culminada la actividad A7, Implementar las Acciones de Cambio (A8) es la próxima actividad. En base al documento Plan de Mejoras se ejecutan los cambios correspondientes en el ente (y/o su contexto) evaluado originando como salida una nueva versión de la entidad evaluada.

Una vez efectuados los cambios es deseable medir y evaluar la nueva versión del ente para comprender la ganancia lograda en la mejora. Por lo tanto, luego de la actividad A8, se vuelven a realizar las actividades A3, A5 y A6, tal como se muestra en la Figura 3. Notar que en esta nueva ME las actividades A1, A2 y A4 no se vuelven a realizar puesto que se miden y evalúan los atributos y conceptos calculables ya especificados utilizando las métricas e indicadores definidos inicialmente. De esta manera los resultados obtenidos en la nueva versión pueden ser comparados con la versión original. Al igual que se especificó anteriormente, al finalizar la actividad de Implementar la Evaluación, en la actividad Analizar y Recomendar se genera un nuevo documento de Informe de Recomendación, esta vez para una versión del ente en consideración de los cambios sugeridos en el documento inicial. Finalizada entonces la re-evaluación y con el nuevo Informe de Recomendación se determina cuáles atributos han aumentado su nivel de satisfacción gracias a las mejoras introducidas y cuáles no, puesto que puede suceder qué cambios

en algunos atributos se traduzcan en un detrimento del nivel de satisfacción de otros que estaban en niveles óptimos. Si los cambios realizados no satisfacen se vuelven a recomendar acciones de cambio tendientes a mejorar otros atributos a través de un nuevo documento Plan de Mejoras.

El proceso continua cíclicamente hasta lograr una versión del ente (y su contexto) evaluado donde En Olsina et al., 2014 se describe un estudio de evaluación de Usabilidad y experiencia de usuario de la aplicación Facebook para dispositivos móviles con el fin de ayudar a los diseñadores a detectar problemas de Usabilidad en la aplicación y producir mejores soluciones de diseño. En esta Sección se consideran fragmentos del caso de estudio citado para mostrar las recomendaciones y planificar acciones de cambio que surgen luego de la evaluación con el fin de ilustrar el proceso descrito para GOCAME+ instanciado para el foco Calidad de Sistema.

La actividad A1 produce el documento Especificación de los Requerimientos No Funcionales, el cual se compone de las especificaciones de la necesidad de información y del árbol de requerimientos. En la Figura 4 se presenta la especificación de la necesidad de información de ME generada y en la primera columna de la Tabla 1 se aprecia, sólo por razones de espacio, un extracto del árbol de requerimientos en el que se resaltan en *itálica* los atributos definidos para Usability, en particular para Operability de la aplicación Facebook.

ESPECIFICACIÓN DE LA NECESIDAD DE INFORMACIÓN

PROPÓSITO: COMPRENDER.
PUNTO DE VISTA DEL USUARIO: USUARIO FINAL.

CATEGORÍA DE ENTIDAD BAJO ANÁLISIS: APLICACIÓN DE RED SOCIAL.
ENTIDAD CONCRETA: APLICACIÓN MÓVIL FACEBOOK, VERSIÓN 3.8 PARA ANDROID.

FOCO DE LA EVALUACIÓN: USABILITY.
CONCEPTOS CALCULABLES (SUB-CARACTERÍSTICAS): UNDERSTANDABILITY, LEARNABILITY, OPERABILITY, USER ERROR PROTECTION, Y USER INTERFACE AESTHETICS.

Figura 4 - Especificación de la Necesidad de Información.



Figura 5 - Dos pantallas de la aplicación móvil Facebook: se señala la barra de controles principales y la inconsistencia entre la ubicación del control contextual y el de chat.

Para la actividad Diseñar la Medición (A2) se seleccionaron todas las métricas que iban a cuantificar a todos los atributos del árbol de requerimientos. Por ejemplo, el nombre de la métrica que cuantifica al atributo Permanence of main controls (Permanencia de controles principales) para la sub-característica Permanence of controls, es Porcentaje de Permanencia de Controles Principales cuyo objetivo es determinar el porcentaje de botones o controles en la barra de controles principales que se mantienen consistentemente en el conjunto apropiado de pantallas. (Olsina et al., 2014).

Luego la actividad Implementar la Medición (A3) permitió obtener los valores medidos de los atributos para la aplicación móvil Facebook. Para la métrica mencionada anteriormente el resultado de la medición obtenida fue 54.9%. Es decir, alrededor del 55% de los controles o botones principales mantienen su posición de manera consistente dentro de la barra de controles principales (ver Figura 5) para cualquier pantalla del conjunto de pantallas evaluadas de la aplicación. El registro de las mediciones (fecha, valor medido, responsable, ID de la métrica y atributo, etc.) es almacenado en un repositorio (ver objeto Medidas con estereotipo datastore en la Figura 3).

	EI	DI
1 Usability		60.5
1.1 Understandability		76.1
1.2 Learnability		59.7
1.3 Operability		80.7
1.3.1 Data Entry Ease		90
1.3.1.1 Defaults	100	
1.3.1.2 Mandatory entry	50	
1.3.1.3 Widget appropriateness	100	
1.3.2 Visibility (Optical Legibility)		81.5
1.3.2.1 Color visibility appropriateness		100
1.3.2.1.1 Brightness difference appropriateness	100	
1.3.2.1.2 Color difference appropriateness	100	
1.3.2.2 GUI object size appropriateness		63
1.3.2.2.1 Control (widget) size appropriateness	100	
1.3.2.2.2 Text size appropriateness	42.1	
1.3.3 Consistency		75.5
1.3.3.1 Permanence of controls		57.3
1.3.3.1.1 Permanence of main controls	54.9	
1.3.3.1.2 Permanence of contextual controls	67.4	
1.3.3.2 Stability of controls	95.5	
1.4 User Error Protection		8.4
1.5 UI Aesthetics		80.8

Tabla 1 - Fragmento del Árbol de Requerimientos (EI significa Indicador Elemental y DI Indicador Derivado).

En cuanto a la actividad Diseñar la Evaluación (A4), se diseñaron indicadores elementales para interpretar la medida de cada atributo así como indicadores derivados con el fin de conocer el nivel de satisfacción alcanzado por cada (sub) característica, como por ejemplo Usability, Operability, entre otros.

A partir de las medidas obtenidas en A3 y usando los indicadores producidos en A4 se llevó a cabo la actividad Implementar la Evaluación (A5) obteniendo los valores de indicadores elementales que se visualizan en la segunda columna de la Tabla 1 y de indicadores derivados en la tercera columna. En la Tabla 1 se utilizan distintos grises para identificar el grado de satisfacción alcanzado por cada atributo/sub-característica, siendo el rango de aceptabilidad considerado el siguiente: un valor de 0 a 60 representa un nivel no satisfactorio (●) e indica

que de manera urgente se deben realizar acciones de cambio, valores comprendidos en el rango de 60-80 representan un nivel marginal (●) e indican necesidad de acciones de cambio y un valor en el rango de 80-100 representa un nivel satisfactorio (●) e indica un nivel óptimo lo que no requiere recomendación de cambio.

Como se observa en la Tabla 1 tres atributos han obtenido un nivel de aceptabilidad no satisfactorio (●), a saber: Mandatory entry (1.3.1.2), Text size appropriateness (1.3.2.2.2) y Permanence of main controls (1.3.3.1.1). Por lo tanto se deben brindar recomendaciones y determinar acciones de cambio con alta prioridad para los mismos. Por otro lado el atributo Permanence of contextual controls (1.3.3.1.2) obtuvo un valor de aceptabilidad marginal (●) y, por ende, también se requeriría realizar acciones de cambio.

La Figura 5 muestra dos pantallas de la aplicación en las que se evidencian cómo la barra de controles principales no mantiene los mismos controles (botón de chat, por ejemplo) para ambas pantallas y, además, el control contextual tampoco es consistente en su ubicación. Por lo tanto el botón principal de chat permanece en la pantalla de la derecha como parte de la barra de controles principales mientras que en la de la izquierda no se observa el control (Notar que la barra de controles principales debía permanecer en 35 pantallas de la aplicación Facebook versión 3.8 conteniendo siempre a los 5 controles principales).

En la actividad Analizar y Recomendar (A6) el agente en cumplimiento del rol Recommender genera el documento Informe de Recomendación (ver Tabla 2). En este informe se especifican los atributos cuyos valores de indicadores no han alcanzado un nivel de aceptabilidad satisfactorio. Además por cada uno de estos atributos se sugieren una o más recomendaciones que permitan luego llevar a cabo acciones que aumenten el nivel de satisfacción del atributo. El informe especifica también la prio-

ridad del cambio, es decir, cuáles recomendaciones deben ser consideradas con carácter de urgente (A, acción con prioridad alta) y cuales con carácter de urgencia moderada (M, prioridad moderada, o que se debería actuar). En la tabla 2 se presentan las recomendaciones sugeridas para los atributos con un nivel de satisfacción inferior al óptimo (menos del 80%) y se señala la prioridad establecida (A ó M) para planificar y/o realizar las acciones.

En base al Informe de Recomendación el agente en cumplimiento del rol Maintenance Project Manager produce en la actividad A7 el documento Plan de Mejoras que indica para cada recomendación documentada cuáles son las acciones de cambio planificadas, las fuentes de los registros de medición que dan soporte al cambio y cómo pueden llevarse a cabo en la aplicación. El “cómo” implica que para cada acción se debe enumerar el método y/o técnica que se empleará para hacer efectiva dicha acción de cambio en la actividad Implementar las Acciones de Mejora (A8).

A fin de ilustrar el contenido de un posible Plan de Mejoras para el caso Facebook en la Tabla 3 se indican diferentes acciones de cambio (AC) a llevarse a cabo.

En base al documento Plan de Mejoras el agente en cumplimiento del rol Developer realiza los cambios correspondientes en la aplicación produciendo así una nueva versión de la misma. Las tareas involucradas en la actividad Implementar las Acciones de Cambio están relacionadas a las diferentes acciones sugeridas en el Plan de Mejoras y los métodos y/o técnicas a utilizar. Por ejemplo para el atributo Mandatory entry (1.3.1.2), según las acciones de cambio AC3.1 y AC3.2 de la Tabla 3, se deben realizar tareas relacionadas a programación y a refactoring de GUI lo cual requiere algún nivel de acceso al código fuente de la aplicación. Cabe decir, los cambios no han podido realizarse por no tener acceso al código fuente, diseños y objetos GUI de

la aplicación Facebook por tratarse de un producto propietario. Es preciso aclarar que el estudio no fue encomendado por la empresa que gestiona Facebook, por lo tanto las acciones de cambio recomendadas están sujetas sólo a los requerimientos no funcionales establecidos en el estudio.

Una vez que los cambios son ejecutados la nueva versión de la aplicación puede ser re-evaluada realizando nuevamente las actividades A3, A5 y A6 de GOCAME+ tal como especifica el flujo de actividades de la Figura 3.

La Figura 6 ilustra algunos de los resultados que se obtendrían al finalizar la actividad A8 luego de



Figura 6 - Vista de dos pantallas de la aplicación móvil Facebook luego de implementar las acciones de cambio AC1.1 y AC2.1 según Tabla 3.

ID	Recomendación (R)	Atributo	Prioridad
R1	1. Asegurar que en el conjunto de pantallas seleccionadas, el tipo de letra sea el apropiado para una correcta legibilidad. 2. Asegurar que en el conjunto de pantallas seleccionadas, el tamaño de la letra sea el apropiado para una correcta visibilidad y legibilidad.	<i>Text size appropriateness</i> (1.3.2.2.2)	A
R2	1. Asegurar que en el conjunto de pantallas seleccionadas en los controles de entrada de los formularios cuyo ingreso de datos sea obligatorio tengan el soporte o indicador adecuado.	<i>Mandatory entry</i> (1.3.1.2)	A
R3	1. Asegurar que en la barra de controles principales todos los botones (controles) principales permanezcan consistentemente, en el conjunto de pantallas seleccionadas.	<i>Permanence of main controls</i> (1.3.3.1.1)	A
R4	1. Asegurar que los controles contextuales permanezcan consistentemente en el conjunto de pantallas seleccionadas y que sean apropiadas al contexto.	<i>Permanence of contextual controls</i> (1.3.3.1.2)	M

Tabla 2 - Extracto del artefacto "Informe de Recomendación" producido en la actividad Analizar y Recomendar. (Nota: el acrónimo A significa Alta, es decir, se recomienda actuar de un modo urgente. M significa Moderada, e implica que se debería actuar).

ID	Acción de Cambio (AC)	Fuente para la AC	Atributo	Método / Técnica
AC1	1. Agregar, consistentemente, los controles principales en la barra de controles principales de las pantallas con la debilidad detectada.	El ID de cada pantalla/botón principal con la debilidad detectada consta en el registro de Medidas/Mediciones para 1.3.3.1.1.	<i>Permanence of main controls</i> (1.3.3.1.1)	Refactoring de GUI
AC2	1. Agregar, consistentemente, los controles (botones) contextuales en las pantallas con la debilidad detectada.	El ID de cada pantalla/botón contextual con la debilidad detectada consta en el registro de Medidas/Mediciones para 1.3.3.1.2.	<i>Permanence of contextual controls</i> (1.3.3.1.2)	Refactoring de GUI
AC3	1. Agregar una función que verifique la existencia de datos de entrada en los campos obligatorios en los formularios que lo requieran. 2. Agregar el indicador visual "*" en los campos de entrada obligatoria en los formularios que lo requieran.	El ID de cada formulario/ campo de entrada obligatoria consta en el registro de Medidas/Mediciones para 1.3.1.2	<i>Mandatory entry</i> (1.3.1.2)	Programación Refactoring de GUI

Tabla 3 - Extracto del artefacto "Plan de Mejoras" producido en la actividad Diseñar las Acciones de Cambio.

aplicar las acciones de cambio descritas en la Tabla 3 sobre las pantallas de la Figura 5. Los resultados de la re-evaluación permiten determinar, en relación con los resultados de la evaluación previa, cuáles atributos han aumentado su nivel de satisfacción gracias a las mejoras introducidas y cuáles no.

TRABAJOS RELACIONADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios recientes y la literatura referidos a enfoques y estrategias de medición y evaluación es variada abarcando tanto propuestas a nivel académico como a nivel industrial. Se han desarrollado en este sentido tanto enfoques estructurados de medición orientados a objetivos como a información para guiar la recolección de datos y el posterior análisis de los mismos. Existen por otra parte metodologías y estándares internacionales que se orientan a la mejora continua de los procesos intervinientes en cualquier organización.

En esta Sección se analizan de manera resumida dos estrategias de medición que el grupo de investigación considera ampliamente difundidas e implementadas analizando en ambas los tres pilares necesarios en una estrategia integrada, como también discutiremos un enfoque orientado a la mejora continua sin dejar de mencionar los estándares internacionales al respecto como CMMI y algunas normas ISO/IEC.

Uno de los enfoques de medición ampliamente aceptado en la industria que ayuda a la gestión de proyectos de desarrollo de software es Practical Software Measurement (PSM) (McGarry et al., 2001). Constituye un enfoque orientado a la información que describe un proceso de medición para software y es parte de un programa integral de gestión y administración de proyectos de desarrollo de software. Describe cómo definir e integrar requerimientos de medición, recolectar y analizar los datos obtenidos en la medición e implementar

la totalidad del proceso de medición en una organización. PSM sirvió como base para el desarrollo del estándar ISO/IEC 15939 (ISO/IEC 15939, 2007) y, tras la aparición formal de dicho documento, PSM fue actualizado conforme al estándar.

De los tres pilares mencionados en la Introducción como necesarios en una estrategia integrada de ME, PSM satisface los tres. Esto es, posee una base conceptual para relacionar los diferentes conceptos de la terminología de medición -a través de un Modelo de Información de Medición-, define un proceso de medición con actividades y tareas mediante un Modelo de Procesos de Medición- y utiliza métodos y herramientas para dar soporte del proceso. El proceso de medición que especifica contempla las siguientes actividades: Establecer y mantener el compromiso de medición (Establish & Sustain Measurement Commitment), Planificar la medición (Plan the Measurement Process), Ejecutar la Medición (Perform the Measurement Process), Evaluar la medición (Evaluate Measurement) (ISO/IEC 15939, 2007; McGarry et al., 2001). Este proceso está basado en la secuencia de gestión para la mejora continua PDCA que hemos señalado en la Sección 3.

En este sentido el proceso de medición en PSM es un desarrollo iterativo en el cual las medidas son refinadas a la vez que las necesidades de información van variando y la organización implementa acciones de cambio. Sin embargo en PSM no se describe un proceso de evaluación que, a través de indicadores, interprete las medidas obtenidas y un proceso de cambio orientado a mejorar la entidad medida y su contexto a partir del análisis obtenido en la interpretación de la medición realizada.

Otro de los enfoques de medición más usados a nivel académico e industrial es Goal Question Metric (GQM) (Basili et al., 1994). GQM guía a las organizaciones en la definición de objetivos (goal), en la especificación de datos a recolectar por medio de métricas y su ulterior análisis e interpretación.

Usa implícitamente modelos que sirven a fines de interpretar los resultados de los datos según los objetivos definidos en el contexto específico. La evolución de GQM dio origen a otra estrategia, de los mismos autores, denominada GQM+Strategies (Basili et al., 2007), la cual constituye también un enfoque de medición pero que a diferencia de GQM permite alinear objetivos a distintos niveles de una organización. De esta manera provee un mecanismo para alinear objetivos de medición con objetivos estratégicos o de niveles superiores. Ambos enfoques satisfacen los 3 pilares que hemos enunciando para una estrategia integrada de ME: tienen una base terminológica estructurada en un glosario en la que se definen los principales términos involucrados, definen explícitamente el proceso y los métodos y herramientas para llevar a cabo las actividades del proceso.

En Papa, 2012 se presenta un estudio comparativo de estrategias integradas de ME en el cual fueron evaluadas GOCAME y GQM+Strategies. Dicho estudio permitió observar el nivel de satisfacción alcanzado por cada una de las tácticas analizadas teniendo en cuenta las tres capacidades de una estrategia integrada. Si bien ambas estrategias satisfacen en gran medida las tres capacidades no contemplan actividades de cambio tendientes a la mejora continua de un modo explícito como se observa en el caso de GOCAME+.

Otro trabajo relacionado es el Paradigma de Mejora de la Calidad, Quality Improvement Paradigm (QIP) (Basili, 1989) cuya premisa es que la mejora es un proceso continuo. Este enfoque ayuda a las organizaciones a poner en práctica un proceso de mejora continua tomando en consideración experiencias pasadas. QIP resulta beneficioso en organizaciones maduras, las cuales son conscientes de sus procesos y aprenden de experiencias pasadas. QIP utiliza GQM para la definición de metas y las métricas adecuadas que guiarán la ejecución del proceso y

una herramienta denominada Factoría de Experiencias (Experience Factory Organization) (Basili, 1985). Factoría de Experiencias es una estructura organizacional que da soporte a la reutilización de experiencias pasadas (consideradas aprendizaje) en una forma que pueda ser efectivamente entendida y modificada (a través de modelos), almacenadas en un repositorio de modelos de experiencias integradas (base de experiencias) que puedan ser accedidas/modificadas para satisfacer las necesidades del actual proyecto (reutilización). Si bien este paradigma está afianzado como un enfoque de mejora continua no guía programas de medición, evaluación y cambio de manera integrada y robusta.

Por otra parte existen normas ISO relacionadas a procesos de medición, evaluación y definición de requerimientos, entre otros. El estándar ISO 15939 (ISO/IEC 15939, 2007) define un proceso de medición que describe las actividades y tareas necesarias para definir, aplicar y mejorar la medición dentro de un proyecto en particular o dentro de la estructura de medición organizacional. El estándar ISO 15939 también provee definiciones de los términos de medición usados comúnmente dentro de la industria del software. Principalmente se enfoca en los conceptos del proceso de medición aunque también cubre algunos otros referidos a medidas y objetivos.

Otra norma ISO que es preciso mencionar es el estándar 14598 (ISO/IEC 14598-5, 2001) referido al proceso de evaluación, el cual consta de seis documentos que proporcionan un marco de trabajo para evaluar la calidad de todos los tipos de productos de software e indica los requisitos para los métodos de medición y evaluación del proceso proporcionando, además, una guía de los términos involucrados en evaluación. Por último el estándar ISO 9126 (ISO/IEC 9126-1, 2001) y su posterior actualización, el estándar 25010 (ISO/IEC 25010, 2011), están referidos a la especificación de requerimientos a través de modelos de calidad. El estándar 25010 actual-

mente es parte de otros documentos que integran al SQuaRE (System and Software Quality Requirements and Evaluation).

Estos estándares ISO arriba mencionados, si bien contemplan la especificación de procesos relacionados con la definición de requerimientos no funcionales, con medición y con evaluación y definen además los términos involucrados en cada proceso –mediante un glosario de términos–, no pueden considerarse como un enfoque general a ser usado en procesos de medición, evaluación y cambio de manera integral, sistemática e instanciable en estrategias. Por un lado, debido a que no existe una terminología común entre los estándares. Por otro, tampoco existe un proceso integrado que contemple tanto actividades de medición y evaluación como de evolución y cambio.

Finalmente una de las iniciativas referentes en el área de gestión de calidad y mejora continua es CMMI (CMMI, 2010). Este estándar de facto establece pautas para guiar la mejora de procesos en una organización. Define 22 áreas de proceso que se integran por un conjunto de prácticas que, llevadas a cabo de manera conjunta, buscan satisfacer un grupo de metas esenciales para la mejora del área. El enfoque de medición que utiliza CMMI es orientado a metas y se basa en las ideas de GQM y del proceso de medición del estándar ISO 15939. Sin embargo CMMI no define explícitamente ningún modelo de proceso. Más bien se limita a fijar metas que deben alcanzarse para cada área de proceso y prácticas para alcanzar tales metas pero sin establecer ningún proceso específico.

CMMI es ampliamente utilizado en la industria como guía que orienta a las organizaciones a la mejora continua de los procesos que en ella interviene. No obstante, no es posible considerarlo como una estrategia integrada de MEC puesto que carece de una base conceptual robusta, una representación de procesos más formalmente especi-

ficada y de métodos y herramientas para llevar a cabo las prácticas/actividades aunque este último aspecto no se contempla dado que no es objetivo en CMMI el de especificar el cómo de las prácticas específicas que enuncia para cada área de proceso.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha presentado el proceso de la estrategia denominada GOCAME+ que permite la mejora dirigida por medición y evaluación. Esta nueva estrategia basa su fundamento a partir de las oportunidades de mejora encontradas para las estrategias GOCAME y SIQinU o adaptaciones sugeridas en Papa, 2012.

La nueva estrategia se considera genérica puesto que sirve para evaluar diferentes categorías de entidad y focos, aspectos que no son posibles en SIQinU ya que es específica para mejorar la calidad de un sistema en uso. GOCAME, en consideración de este aspecto, sí es genérica dado que permite personalizar las actividades involucradas en su proceso para distintos focos y categorías de entidad según la necesidad de información establecida. En este sentido la denominación de las actividades del proceso de MEC en GOCAME+ deben ser especializadas (o personalizadas) según el foco y entidad considerados.

Si bien para facilitar la comprensión en la prueba de concepto de la Sección 4 los nombres de las actividades genéricas de GOCAME+ no han sido especializados, el lector fácilmente entenderá que, por ejemplo, A1 (Definición de Requerimientos No Funcionales) se deberá especializar a Definición de Requerimientos No Funcionales para Calidad Externa dado que el foco era Usabilidad (característica del modelo de Calidad Externa) para la categoría de entidad Sistema (en particular, Aplicación de Red Social). De la misma manera habría que especializar los nombres genéricos de las 7 actividades restantes de GOCAME+.

La estrategia propuesta es además multipro-

pósito, es decir, sirve para comprender, predecir, mejorar, controlar, etc. distintas categorías de entes. Este aspecto está restringido en SIQinU a comprender y mejorar solamente.

Por otra parte, como se discutió en la Sección 2, la estrategia GOCAME no incluye actividades de cambio y mejora continua. En este sentido, en Trabajos Relacionados, se concluye que los enfoques de medición y evaluación más conocidos y utilizados no contemplan actividades de medición, evaluación y cambio de manera conjunta e integrada por lo que un enfoque integral que incluya medición, evaluación y cambio es necesario en cualquier organización que promueva programas que involucren dichas actividades como parte de la tarea de gestionar la calidad dentro de sus líneas de producción, mantenimiento y evolución de productos y servicios software.

De los tres pilares que incluye una estrategia de ME integrada, este trabajo se ha centrado en la especificación del proceso de MEC para GOCAME+ considerando las vistas funcional y de comportamiento. Con el fin de ejemplificar dicho proceso se utilizó un fragmento de un caso de estudio relacionado a la aplicación Facebook para teléfonos inteligentes.

Como trabajo futuro se desarrollará una base conceptual de evolución y cambio para GOCAME+. Para este fin es necesario ampliar la actual base conceptual de ME de C-INCAMI para robustecerla con términos y relaciones pertenecientes al dominio de evolución y cambio. Las ontologías de cambios propuestas en Kitchenham et al., 1999 y Ruiz et al., 2004 serán sin dudas referencias valiosas al momento de investigar este dominio específico y su enlace con el de medición y evaluación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está parcialmente soportado por el proyecto POIRE 2013-10 de la UNLPam y por el plan

plurianual 2013-2016 PROMINF/SPU, Ministerio de Educación, Argentina.

REFERENCIAS

Olsina, Lew, Dieser, Rivera, "Updating Quality Models for Evaluating New Generation Web Applications", In: *Journal of Web Engineering, Special issue: Quality in new generation Web applications*, Rinton Press, US, 11 (3), 209-246, ISSN 1540-9589, (2012).

Becker, Lew, Olsina, "Specifying Process Views for a Measurement, Evaluation, and Improvement Strategy", In: *Advances in Software Engineering Journal*, Academic Editor: Osamu Mizuno, Hindawi Publishing Corporation, Vol. 2012, 27 pg., DOI:10.1155/2012/949746, (2012).

Olsina, Papa, Molina, "How to Measure and Evaluate Web Applications in a Consistent Way", *Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications Springer HCIS*, Rossi, Pastor, Schwabe, and Olsina (Eds), Ch. 13, 385-420, (2008).

Papa, "Toward the Improvement of a Measurement and Evaluation Strategy from a Comparative Study", In *LNCS 7703, Springer: Current Trends in Web Engineering, ICWE Int'l Workshops*, M. Grossniklauss and M. Wimmer (Eds.), 189-203, ISBN 978-3-642-35622-3, (2012).

Olsina, Martín, "Ontology for Software Metrics and Indicators", *Journal of Web Engineering*, Rinton Press, US, 2(4), 262-281, ISSN 1540-9589, (2004).

Lew, Olsina, Becker, Zhang, "An Integrated Strategy to Understand and Manage Quality in Use for Web Applications", *Requirements Engineering Journal*, Springer London, (17): 4, 299-330, (2012).

ISO/IEC 25010, *Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*, System and software quality models, (2011).

Olsina, Santos, Lew, "Evaluating Mobileapp Usability: A Holistic Quality Approach", In: *14th*

Int'l Conference on Web Engineering, ICWE 2014, Toulouse, France, Springer International Publishing Switzerland, S. Casteleyn, G. Rossi, and M. Winckler (Eds.): LNCS 8541, 111-129, (2014).

Becker, Papa, Olsina, "Process Conceptual Base for Enriching a Measurement and Evaluation Ontology", In proc. of XVII Conferencia Iberoamericana en Software Engineering (CIBSE'14), Pucón, Chile, 53-66. ISBN: 978-956-236-247-4, (2014).

Olsina, Covella, Dieser, "Metrics and Indicators as Key Organizational Assets for ICT Security Assessment", Chapter 2 in Emerging Trends in ICT Security, Elsevier (Morgan Kaufmann), 1st Edition, Akhgar & Arabnia (Eds.), Print Book ISBN: 9780124114746, 25-44, (2013).

Deming, "Out of the Crisis. MIT Center for Advanced", Engineering Study, MIT Press, Cambridge, MA, (1986).

Baffini, Rivera, Olsina, "Sistema Colaborativo de Revisión de Métricas", 3th Engineering Workshop of Software Engineering and Data Bases, XII CACIC. San Luis, Argentina, (2006).

Olsina, Rossi, Garrido, Distante, Canfora, "Web applications refactoring and evaluation: a quality-oriented improvement approach", Journal of Web Engineering, 7(4), Rinton Press, 258-280, (2008).

McGarry, Card, Jones, Layman, Clark, Dean, "Practical Software Measurement: Objective Information for Decision Makers", Addison-Wesley Professional. ISBN-13: 978-0-201-71516-3, (2001).

ISO/IEC 15939, Systems and software Engineering- Measurement Process (2nd Edition), (2007).

Basili, Caldiera, Rombach, "Goal, Question, Metric Paradigm", Encyclopedia of Software Engineering, vol. 1, J.J. Marciniak, ed., John Wiley & Sons, 528-532, (1994).

Basili, Heidrich, Lindvall, Munch, Regardie, Trendowicz, "GQM+Strategies: Aligning Business Strategies with Software Measurement", Proc. 1st Int'l Symp. Empirical Software Eng. and Measurement (ESEM 07), IEEE CS Press, 488-490, (2007).

Basili, "Software Development: A Paradigm for the Future", Proceedings of the 13th Annual International Computer Software & Applications Conference (COMPSAC), Keynote Address, Orlando, FL, (1989).

Basili, "Quantitative Evaluation of Software Engineering Methodology", Proceedings of the First Pan Pacific Computer Conference, Melbourne, Australia, (1985).

ISO/IEC 14598-5, Information Technology - Software Product Evaluation - Part 5: Process for evaluators, (2001).

ISO/IEC 9126-1, Software Engineering Product Quality - Part 1: Quality Model, (2001).

CMMI (Capability Maturity Model Integration), Version.1.3. CMU/SEI-2010-TR-033, USA, (2010).

Kitchenham, Travassos, von Mayrhauser, Niesink, Schneidewind, Singer, Yang, "Towards an ontology of software maintenance", Journal of Software Maintenance, 11(6), 365-389, (1999).

Ruiz, Vizcaíno, Piattini, García, "An ontology for the management of software maintenance projects", In International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, (2004).