

Metodología para la Evaluación de Soluciones Integradas de Software

Nancy Urbina¹, Christiane Metzner², Norelva Niño²
urbinane@gmail.com, christiane.metzner@ciens.ucv.ve, norelva.nino@ciens.ucv.ve

¹Centro de Análisis de Imágenes Biomédicas Computarizadas, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

²Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

Resumen: Una solución integrada de software por lo general consiste de herramientas independientes, posiblemente desarrolladas bajo diferentes plataformas y por diversos proveedores, que interoperan y pueden ser adaptadas dependiendo del objetivo de una organización. Al menos una de las herramientas ejecuta procesos de una organización en estaciones de trabajo, y otra(s) herramienta(s) incluyen aplicaciones móviles de software que puedan acceder remotamente estaciones de trabajo y/o recursos Web. Para seleccionar una solución integrada de software es altamente recomendable definir criterios de evaluación, estrategias y utilizar una metodología establecida y documentada que permita realizar la evaluación y selección con argumentos consistentes, y cuantificables. En este trabajo se presenta una metodología que permite combinar criterios diferentes para alcanzar una decisión. La metodología propuesta considera principalmente los requerimientos de una organización en relación a soluciones integradas de software, los cuales se establecen en base a la elaboración del modelo de negocio. Se utiliza el enfoque *Goal-Question-Metric* para definir un conjunto de métricas que permiten valorar si las soluciones integradas satisfacen los requerimientos. Las métricas se calculan y se utilizan para evaluar las soluciones integradas definiendo escenarios en los que se le asigna a los criterios una importancia relativa para el negocio. La solución integrada con la puntuación más alta es la solución preferida. Los beneficios al utilizar la metodología propuesta se resumen a continuación: en primer lugar se presenta un enfoque cuantitativo para evaluar y seleccionar una solución integrada de software, en segundo lugar se usa un enfoque basado en criterios y escenarios que provee información referente a las características de las herramientas bajo evaluación, y en tercer lugar presenta criterios que pueden utilizarse para comparar herramientas que forman parte de soluciones integradas de software.

Palabras Clave: Soluciones Integradas de Software; Metodología para Evaluación y Selección; Criterios de Evaluación.

Abstract: An integrated software solution usually comprises cross-platforms software tools that may have been developed by various vendors, but they interoperate and can be customized. At least one of the tools executes processes on workstations while other tools are mobile applications that can remotely access workstations and/or Web resources. When performing an analysis for selecting an integrated software solution, it is highly recommended that it should be done in a consistent, quantifiable manner to be effective. This paper presents a methodology for evaluating integrated software solutions. By using the methodology it is possible to combine different criteria to reach a decision. The justification for the selection is thus not based on intuitive or subjective factors. The proposed methodology considers primarily the requirements of an organization with respect to integrated software solutions. The requirements are captured by elaborating a business model. The *Goal-Question-Metric* approach is used to define metrics that provide quantitative data used to assess if the integrated software solutions satisfy the requirements. Various scenarios are then identified in which a weighted value is assigned to the criteria. The integrated software solution with the highest score is the preferred solution. The benefits of using the proposed methodology are summarized as follows: first, it presents a quantitative approach for evaluating and selecting an integrated software solution; second it uses an approach based on criteria and scenarios that provides information about the tools under evaluation; and third it handles a set of evaluation criteria that can be used to compare tools of integrated software solutions.

Keywords: Integrated Software Solutions; Evaluation and Selection Methodology; Evaluation Criteria.

1. INTRODUCCIÓN

Para un mismo dominio existe una gama de soluciones tecnológicas, de las cuales quienes toman decisiones requieren seleccionar una solución que integre herramientas independientes que pueden ser complementarias y adaptables a las necesidades de una organización.

La tarea de identificar y seleccionar una solución, es una tarea compleja. Es necesario definir criterios de evaluación, conocer estrategias y aplicar un proceso de evaluación, que permita a

quienes toman la decisión, seleccionar una solución integrada con argumentos concretos y desde diversas perspectivas. El reto radica en entender que una solución debe abarcar los requerimientos de la organización, la arquitectura de las herramientas, y la contribución de estas con los objetivos de la organización.

De manera amplia, una solución integrada de software se refiere a herramientas independientes, posiblemente desarrolladas bajo diferentes plataformas y por diversos

proveedores, que pueden interoperar y son adaptables dependiendo del objetivo requerido en un dominio específico.

Al menos una de las herramientas permite la automatización de los procesos básicos de una organización desde estaciones de trabajo, y otra(s) herramienta(s) permite(n) que esos procesos se ejecuten y transmitan data desde otra plataforma por ejemplo, desde un dispositivo móvil.

Aparte de esta sección de introducción y la sección de referencias, este trabajo se estructura como se describe a continuación: en la segunda sección se presentan conceptos fundamentales de teoría de la medición y el enfoque *Goal-Question-Metric (GQM)*. En la tercera sección se define la metodología para la evaluación de soluciones integradas, y a continuación se presentan las conclusiones.

2. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES INTEGRADAS

La selección y adopción de soluciones puede realizarse al menos a través de dos estrategias: la primera de tipo subjetiva y heurística, donde la selección se realiza sin utilizar criterios cuantificables. La segunda estrategia de tipo lógico deductivo, permite a través de un proceso de evaluación tomar decisiones de manera consistente y cuantificable, con argumentos sólidos y comprobables, a fin de identificar cuál de las posibles soluciones de software satisface las necesidades de una organización. En general la mayoría de las organizaciones consideraran principalmente los requerimientos, esto es, la capacidad de un producto de satisfacer las necesidades planteadas, y los costos planificados.

Ante una situación que requiera la evaluación de soluciones de software y en particular de soluciones integradas, ¿cómo pueden los involucrados especificar de manera no ambigua cuáles son sus requerimientos? Si éstos se expresan en lenguaje natural la ambigüedad intrínseca de éste lleva fácilmente a interpretaciones erróneas. Por otra parte, si se utiliza un mecanismo formal no necesariamente todos los involucrados poseen la formación y/o los conocimientos para su comprensión. En este contexto “formal” significa la existencia de un proceso establecido y documentado que permita de manera repetible realizar la evaluación y selección de un producto. Contribuye al éxito de una selección la conformación de un equipo de trabajo responsable de la evaluación.

Un “acercamiento” entre los interesados y evaluadores es deseable. Como un primer paso a este “acercamiento” se propone el modelado de negocio como base para posteriormente utilizar el enfoque *Goal-Question-Metric (GQM)* [1] en la evaluación de soluciones de software.

Una metodología es una colección de métodos relacionados. Se refiere al conjunto de prácticas – una práctica es una manera sistemática de realizar y lograr algo-, procedimientos y reglas utilizadas por quienes trabajan en una disciplina (por ejemplo, en Tecnologías de Información) así como el estudio o análisis teórico de métodos. Un método se refiere solo a una de las prácticas. Una técnica es un procedimiento sistemático con el cual realizar una tarea [2]. Un proceso puede utilizar diversos métodos, y un método a su vez puede utilizar diversas técnicas. Exactamente cuando una técnica se transforma en método es difícil de precisar. El punto importante es que estos

conceptos son necesarios. Un método describe como realizar algo. Un proceso es la simulación o ejecución de un método o colección de métodos (“haciendo algo”); se refiere a una serie de acciones, cambios de estado o funciones que obtienen un resultado. Es útil recordar que un proceso tiene lugar en el “mundo real” mientras que la descripción de un proceso es lo que se documenta [2].

Un proceso de evaluación de software guía las actividades a realizar para obtener una valoración. Sin embargo, también es cierto que el hecho de utilizar un proceso no garantiza el éxito, entendiéndose por éxito que la evaluación de las soluciones integradas, permita a un evaluador recomendar una solución. Pueden ocurrir diversas situaciones que lleven a un resultado no exitoso, por ejemplo: planteamiento de metas inadecuadas o incompletas, preguntas que no permiten responder si una meta se alcanza, la data que se utiliza para calcular las métricas no es confiable, métricas incorrectas, criterios de evaluación incompletos, escenarios no representativos, entre muchos otros errores que se pueden cometer ya sea por falta de experiencia o uso no riguroso del proceso de evaluación.

2.1 Evaluación: Definiciones, Técnicas y Herramientas

El concepto de evaluación es polisémico porque éste se impone o no en la práctica según las necesidades mismas de la evaluación y en función de las diferentes formas de concebirla. En efecto, puede significar tanto estimar y calcular como valorar o apreciar. En particular la evaluación de software enfatiza el uso de métricas para cubrir los aspectos de cuantificación relacionados con una entidad y la interpretación o el análisis de los valores obtenidos con las métricas.

Una entidad puede ser un objeto físico, un evento que ocurre en un determinado momento de tiempo o una actividad que transcurre en un determinado intervalo de tiempo. Un atributo es una característica o propiedad de una entidad, y puede ser interno o externo. Un atributo interno es medible en términos de la entidad y un atributo externo es medible sólo respecto a cómo la entidad se relaciona con el ambiente. Los atributos externos son indirectos y se deducen en función de atributos internos.

Por definición, la medición es el proceso de asignar números o símbolos a los atributos de las entidades del mundo real de que se puedan describir de acuerdo a unas reglas claramente definidas [3]. La medición puede ser directa e indirecta. La medición directa no depende de la medición de otro atributo, lo que significa que si se aplica herramientas de medición a una característica de una entidad se debe obtener un valor. La medición indirecta es aquella que depende de uno o más atributos, es decir que se aplican herramientas de medición a una o más entidades y a partir de estas mediciones se deriva otra medición.

2.2 Métricas

Una métrica de software se refiere a atributos de software cuantificables. Expresa medidas relacionadas con productos de software, con el proceso de producción de software y los recursos que se utilizan en el proceso de desarrollo de software. Es un estándar de medidas que permite evaluar de manera objetiva atributos de las entidades. Para medir un atributo se definen las relaciones correspondientes en un

sistema numérico. La medición asigna números a entidades de manera que las relaciones se preservan.

Es fundamental para todas las métricas identificar la escala de medición, la cual puede ser nominal, ordinal, intervalo, tasa o absoluta [3] y se resumen a continuación:

Nominal: escala que permite la asignación de etiquetas a características o entidades. Con este tipo de escala no se pueden establecer jerarquías ni realizar ordenamientos. Las estadísticas que se pueden calcular para variables definidas en una escala nominal son no paramétricas, a saber: la frecuencia y la moda.

Ordinal: escala que permite ordenar las entidades que se están estudiando y clasificarlas estableciendo una relación de orden. Se pueden calcular la mediana, estadísticas de rango y no paramétricas.

Intervalo: se utiliza para entidades ordenadas de manera que el mismo intervalo para dos entidades en diferentes secciones de la escala tiene el mismo significado. Se pueden calcular la media, desviación estándar, estadísticas de rango, suma y resta.

Tasa: tipo de escala intervalo se le agregan las operaciones de producto y división, lo que permite decir que un atributo de una entidad "A" es n veces un atributo de una entidad "B". Hay un elemento cero que representa la ausencia de un atributo. Las escalas intervalo y tasa permiten el cálculo de desviación estándar y coeficiente de correlación. Se pueden calcular estadísticas no paramétricas y paramétricas.

Absoluta: conteo de entidades que tienen cierta característica y es la única medición posible. El atributo siempre es de la forma: "Número de ocurrencia de x en la entidad", por ejemplo, el número de líneas de código es una métrica, en escala absoluta, de líneas en un segmento de código.

La medición apoya la planificación de un proyecto, permite determinar las fortalezas y debilidades de procesos y productos, proporciona una base para la adopción o el refinamiento de las técnicas, permite evaluar la calidad de procesos y productos específicos; y contribuye, durante el desarrollo de un proyecto, a evaluar su progreso, para tomar medidas correctivas basadas en ésta evaluación, y para evaluar el impacto de tal acción.

2.3 El Enfoque GQM

Un enfoque de evaluación que puede ser utilizado a lo largo de todo el ciclo de vida de productos, procesos, y recursos es el enfoque *Goal-Question-Metric (GQM)* [1].

GQM es un enfoque descendente, dirigido por metas, que permite seleccionar métricas para un propósito específico. Es particularmente útil en la definición de requerimientos, dado que cada requerimiento debería ser medible. En el caso en que no sea medible, el requerimiento debe revisarse y redefinirse para ser considerado. *GQM* fue desarrollado como un mecanismo de medición con fines de retroalimentación y evaluación. Puede ser utilizado para determinar el costo de un producto nuevo, para evaluar fortalezas y debilidades tanto en procesos como en productos existentes, así como evaluar la calidad de procesos específicos.

De acuerdo con *GQM* [1], se asume que para que las mediciones en una organización sean útiles, la organización debe:

- Especificar sus metas y las metas de sus proyectos.
- Identificar datos.
- Proporcionar un marco para la interpretación de los datos con respecto a las metas especificadas.

Es importante identificar datos de la organización, sujetos a ser cuantificados y analizados para determinar si las metas se satisfacen. El modelo de medición de *GQM* [1] define tres niveles:

Nivel conceptual: Una meta se define para una entidad por una variedad de razones, desde varios puntos de vista, en relación con un entorno particular. Las entidades sujetas a medición son:

- Productos: Artefactos, entregables y documentos que se producen durante el ciclo de vida del desarrollo de un sistema de software.
- Procesos: Actividades relacionadas con el proceso de desarrollo del software.
- Recursos: Insumos utilizados en los procesos para obtener los productos.

Para cada meta se definen: Entidad, Cuestión y Perspectiva.

Nivel operacional: Un conjunto de preguntas caracteriza la forma en que se alcanza una meta. Las preguntas caracterizan la entidad sujeta a medición con respecto a una cuestión seleccionada y desde una cierta perspectiva.

Nivel cuantitativo: Un conjunto de datos se asocia a cada pregunta de manera que ésta pueda responderse en forma cuantitativa. Los datos pueden ser:

- Objetivos: si dependen sólo de la entidad que se está midiendo y no de la perspectiva.
- Subjetivos: si dependen tanto de la entidad que se está midiendo como de la perspectiva.

Las preguntas se plantean de acuerdo con una meta. Diversas preguntas pueden establecerse, por lo que las métricas se definen para medir el resultado de cada pregunta. Varias metas pueden tener en común preguntas y métricas, por lo que cuando se mide, debe considerarse la perspectiva correspondiente; es decir, una métrica puede tener diferentes interpretaciones dependiendo de la perspectiva [4].

Para realizar una evaluación con *GQM* se realizan los siguientes pasos:

- i. Especificar metas de la organización, de una dependencia o de un proyecto de la organización, que estén asociadas a un conjunto de medidas de productividad y calidad. Como se indicó en el nivel conceptual, una meta tiene tres coordenadas: cuestión, entidad y perspectiva [5]; además de estas tres coordenadas, la meta tiene un propósito. Se basa en tres fuentes básicas de información:
 - La política y la estrategia de la organización que utiliza el enfoque *GQM*. Después de analizar las políticas de la organización, los planes estratégicos y

- la realización de entrevistas sobre temas relevantes en la organización, se derivan la cuestión y el propósito.
 - A partir de la descripción del proceso y de los productos dentro del alcance de la medición que se quiere llevar a cabo, se deriva la coordenada entidad.
 - El modelo de la organización proporciona la coordenada perspectiva.
- ii. Definir preguntas que permitan determinar al evaluador si se alcanzan las metas.
 - iii. Identificar y definir métricas para responder cada pregunta.
 - iv. Seleccionar la técnica, las herramientas o los procedimientos de recolección de data, incluyendo mecanismos de validación y análisis.
 - v. Recolectar y validar la data para proporcionar la retroalimentación de proyectos en acciones correctivas.

3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

GQM es un enfoque que se utiliza para definir y evaluar un conjunto de metas, usando un proceso de medición. Un enfoque se define como una manera de realizar algo [6]. *GQM* puede utilizarse para analizar, valorar y evaluar algunos aspectos de una aplicación o de un grupo de aplicaciones según sus características y condiciones; proporciona una manera útil para identificar métricas tanto del negocio como de un proyecto. En esta investigación, *GQM* se utiliza para obtener métricas que permitan evaluar si una solución integrada satisface un conjunto de requerimientos del negocio.

GQM es comúnmente utilizado para evaluar metas de calidad de una entidad, por lo que al utilizarse para evaluar requerimientos de soluciones integradas, en el primer paso de la metodología se definirán los requerimientos del negocio en función de las coordenadas: cuestión, propósito, entidad y perspectiva.

Los requerimientos del negocio se pueden definir en base a un modelo de negocio en el cual se identifican eventos, entradas, recursos y salidas vinculadas con los procesos del negocio. El modelo de negocio describe las interacciones externas de la organización en términos de casos de uso del negocio, los cuales representan los servicios que el negocio ofrece a los actores del negocio, y es independiente de tecnologías. El funcionamiento interno y el flujo de la información del negocio lo describe el modelo de negocio en términos de los diagramas que conforman el modelo de análisis y diseño del negocio, a saber: diagramas de actividad, diagramas de secuencia y diagrama de clase; por lo que el modelo de negocio permite identificar los requerimientos que debe satisfacer una solución integrada para apoyar los servicios que ofrece el negocio, y en consecuencia, el cumplimiento de los objetivos organizacionales.

Para derivar las coordenadas cuestión, propósito, entidad y perspectiva a través del modelo de negocio, es necesario:

- Recopilar y analizar las políticas y las estrategias del negocio, derivando las coordenadas cuestión y propósito.

- Desarrollar y analizar los casos de uso del negocio, los cuales permiten identificar conceptos y procesos en el dominio, identificar posibles soluciones a problemas del negocio y derivar la coordenada entidad.
- Realizar y analizar el diagrama de clase del negocio, el cual modela la estructura del negocio y de la información, y permite derivar la coordenada perspectiva.

Los casos de uso con sus respectivas especificaciones, los diagramas de actividad, diagramas de secuencia y el diagrama de clase del negocio, que forman parte del modelo de negocio, se desarrollan en el segundo paso, a saber “Especificar el modelo de negocio”, de la metodología que se propone en este trabajo y que proporciona las coordenadas cuestión, propósito, entidad y perspectiva.

La realización de éste paso produce como resultado el modelo de negocio en base al cual se derivan los requerimientos del negocio.

Dado el conjunto de requerimientos del negocio, donde cada requerimiento se considera como una meta, se realizan los pasos correspondientes a *GQM* que se presentaron en la sección anterior. Debido a que el resultado que se espera obtener es sugerir la selección de una solución integrada para que posteriormente el ente responsable tome la decisión, no se prevé la realización de acciones correctivas en base a retroalimentación de información.

A continuación se presenta la metodología propuesta para evaluar soluciones integradas de software, que consiste de los siguientes pasos:

- i. Especificar metas de la organización, de una dependencia o de un proyecto de la organización
- ii. Especificar el modelo de negocio
- iii. Derivar requerimientos del negocio en relación con soluciones integradas
- iv. Obtener métricas:
 - a. Especificar metas
 - b. Definir preguntas que permitan determinar si se alcanza cada meta
 - c. Identificar y definir métricas para responder cada pregunta
- v. Seleccionar la técnica de recolección de data
- vi. Recolectar y validar la data
- vii. Calcular las métricas
- viii. Evaluar las soluciones integradas

Cada uno de los pasos que conforman la metodología se analiza en las siguientes secciones.

3.1 Especificar Metas de la Organización, de una Dependencia o de un Proyecto de la Organización

En este primer paso de la metodología, se aplican estrategias que permitan identificar las políticas y estrategias del negocio.

Por ejemplo, se analizan manuales de procedimientos, formatos, informes y diversos tipos de documentos que permitan recopilar datos sobre el negocio y/o se establecen interacciones con personas que posean conocimiento sobre aspectos como por ejemplo, antecedentes, funcionamiento, características y necesidades del negocio.

3.2 Especificar el Modelo de Negocio

El modelo de negocio se representa mediante el modelo de casos de uso, el cual consiste de diagrama de casos de uso y sus especificaciones.

El modelo de casos de uso del negocio describe las interacciones externas de la organización en términos de los casos de uso del negocio: que deben realizar tanto el negocio como los actores del negocio para llevar a buen término un servicio. Los elementos de este modelo son estables y facilitan el desarrollo de modelos subsecuentes que pueden no ser estables. Si el Negocio cambia ya sea la manera en que opera o sus productos, los modelos también cambian y/o evolucionan [2].

Un diagrama de casos de uso del negocio muestra los casos de uso del negocio, las entidades externas al negocio y las relaciones entre los casos de uso del negocio y los entes externos al negocio. Estos entes externos al negocio se definen como actores del negocio y representan roles que pueden desempeñar los usuarios que no son trabajadores del negocio, o sistemas y mecanismos que interactúan con el negocio. En el modelo de negocio los actores no son parte del negocio, sino que acceden a los servicios que éste les ofrece para adquirir algo de valor.

Los objetos del negocio representan entidades de interés para el negocio sobre las cuales se puede hacer o decir algo, particularmente a través de los procesos del negocio. Los objetos del negocio persisten en el tiempo más allá de los procesos del negocio.

Para especificar cada uno de los casos de uso del negocio se utilizan artefactos de software como por ejemplo, un diagrama de actividad o la plantilla de especificación, como la que se presenta en la Figura 1 [2], y que está constituida por siete secciones.

En base a las especificaciones de los casos de uso del negocio, se genera el modelo de análisis y diseño del negocio para comprender el funcionamiento interno y el flujo de la información del negocio.

1. Identificador y Nombre: UCN# - Nombre del Caso de Uso		
1.1. Breve Descripción: breve descripción del caso de uso indicando su propósito		
1.2. Actores: lista de actores que participan en el caso de uso		
1.3. Flujo de Eventos:		
1.3.1. Flujo Básico: describe el proceso normal		
	Entrada del actor	Respuesta del Negocio
1.-	Eventos que realiza un actor cuando interactúa con el Negocio	Secuencia de acciones o actividades que realiza el Negocio para atender un evento que genera el actor
2.- El caso de uso finaliza

1.3.2. Flujos Alternativos: describe procesos alternativos		
Alternativa 1: nombre de la alternativa. <u>Nota:</u> las pre y post condiciones se satisfacen solo para el flujo básico		
	Entrada del actor	Respuesta del Negocio
1.-		Secuencia de acciones o actividades que realiza el Negocio cuando ocurre la condición bajo la cual se realiza el flujo alternativo
1.4. Requerimientos Especiales: identifique requerimientos adicionales. Incorpore en esta sección requerimientos no funcionales		
1.5. Pre-condición: predicados que deben satisfacerse antes de realizar el caso de uso		
1.6. Post-condición: predicados que se satisfacen cuando el caso de uso finaliza exitosamente (flujo básico)		
1.7. Puntos de Extensión:		
1.7.1. Include: lista de identificador y nombre de los casos de uso con los cuales mantiene relación de inclusión		
1.7.2. Extend: lista de identificador y nombre de los casos de uso con los cuales mantiene relación de extensión		

Figura 1: Plantilla para Especificar los Casos de Uso del Negocio

El modelo de análisis y diseño consiste de diagramas de actividad, diagramas de secuencia y diagrama de clase.

El diagrama de actividad se usa principalmente para modelar el flujo de trabajo y es útil para analizar los casos de uso describiendo las acciones o actividades que necesitan realizarse, cuándo se realizan y quién es el responsable [2]. Los trabajadores y los actores del negocio se representan en las particiones del diagrama y éstas contienen las acciones o actividades. Una actividad puede consistir de una o más acciones. Los documentos y productos se denominan entidades del negocio. Las entidades del negocio son las entradas y / o salidas de las acciones o actividades. Se pueden utilizar notas para indicar que algo se genera en una acción o actividad para un actor del negocio. Se diferencian los objetos físicos de los objetos de información [7]. El estereotipo <<Information>> se utiliza para indicar que un objeto es de información y el estereotipo <<Physical>> se utiliza para indicar que un objeto representa un objeto real. No deben existir transiciones entre objetos de información.

El diagrama de secuencia representa el flujo de trabajo centrado en el intercambio de mensajes entre entidades del negocio. Los trabajadores del negocio se representan con el icono de actor y el estereotipo <<user>> e intercambian mensajes con las entidades del negocio [2].

El diagrama de clase identifica las clases del negocio y las relaciones entre ellas. Se corresponde con la estructura de la organización y de la información. Las entidades del negocio que se operan en un flujo de trabajo pueden representarse como clases del negocio. Es de destacar que en el modelado Orientado a Objetos (OO), los objetos existen y están sujetos a restricciones y acciones del sistema, poseen un ciclo de vida: se crean y se destruyen, pueden ser asignados a otros objetos y tienen un comportamiento. Los trabajadores del negocio en

principio no son clases del negocio. Pueden llegar a serlo dependiendo de las necesidades de persistencia de la data [2].

3.3 Derivar Requerimientos del Negocio en Relación con Soluciones Integradas

Se identifican las condiciones o capacidades que la solución integrada debe cumplir para la organización, con la finalidad de establecer y mantener un acuerdo formal de lo que debe hacer la solución integrada, proporcionar a los responsables de evaluar la solución integrada un conjunto de requerimientos y definir su alcance.

Un requerimiento se define como una condición, característica o factor de calidad que debe cumplir un producto o recurso; se deriva directamente de las necesidades del negocio, de los actores, los estándares, los lineamientos y otros documentos impuestos por la organización.

A partir del modelo de negocio se identifican las necesidades del negocio, y estas se trasladan a comportamientos de un sistema de software, que describen lo que la solución integrada debe hacer [2].

3.4 Obtener Métricas

Utilizando el enfoque *GQM* se genera un modelo de medición que permita evaluar soluciones integradas para un dominio específico y determinar si satisfacen los requerimientos definidos. De acuerdo con la metodología propuesta, se identifican las metas, se definen preguntas que permitan determinar si se alcanza cada meta y se identifican las métricas para responder cada pregunta, como se explica a continuación:

- i. Especificar metas: Cada meta se identifica con la letra “M” seguida de un número correlativo. Se define utilizando una adaptación del formato propuesto en [5], el cual se visualiza en la Tabla I. Este formato está conformado por cuatro filas: la primera define el propósito, las tres siguientes definen las coordenadas cuestión, entidad y perspectiva.

Tabla I: Esquema para Definir una Meta M_i

Propósito	Motivación que sustenta la definición de la meta.
Cuestión	Característica del producto o del proceso bajo estudio. Por ejemplo: Satisfacción del cliente, costos, defectos detectados, cambios, facilidad de uso.
Entidad	Producto, proceso o recurso bajo estudio.
Perspectiva	Puntos de vista para la evaluación. Por ejemplo: Desarrollador, cliente, gerente.

- ii. Definir preguntas que permitan determinar si se alcanza cada meta: Para cada meta se formula al menos una pregunta cuya respuesta permite determinar si se alcanzó la meta. Cada pregunta se identifica con la letra “Q” seguida de un número correlativo y se describe textualmente.
- iii. Identificar y definir métricas para responder cada pregunta: Para cada pregunta, se define al menos una métrica que permita responderla, utilizando el esquema que se presenta en la Tabla II.

Tabla II: Esquema para Definir una Métrica

Nombre: Nombre de la métrica.
Objetivo: Descripción del propósito o la intención de la métrica.
Detalles de derivación: Fórmula o ecuación que define la métrica.
Tipo de métrica: Se indica la escala de medición, y si la medición es directa o indirecta.
Responsable: Persona encargada de realizar la medición.

3.5 Seleccionar la Técnica de Recolección de Data

Las técnicas de recolección de data se refieren a cómo se van a obtener los datos. Existen cuatro técnicas principales: entrevista, cuestionario, observación y revisión de documentos y/o archivos (también se le conoce como técnica de fichaje) [10] y [11].

Entrevista: Conversación entre dos personas, una de las cuales se denomina entrevistador y la otra entrevistado. La entrevista tiene un propósito definido, en función del tema que se investiga.

Cuestionario: Consiste en realizar un conjunto de preguntas a un grupo de personas. Generalmente es anónimo para facilitarle a los encuestados expresar realmente sus valuaciones y opiniones.

Observación: En esta técnica el investigador percibe, sin intermediarios que deformen la percepción, los hechos de una realidad. Las dificultades para tabular, analizar e interpretar la data recolectada dependen proporcionalmente del nivel de estructuración y sistematización con el cual se realice la observación.

Revisión de documentos o archivos: Se refiere a la data que se obtiene de documentos, libros o investigaciones publicados por terceros.

Estas técnicas pueden utilizarse aisladas o pueden combinarse para obtener diferentes enfoques sobre el aspecto estudiado.

3.6 Recolectar y Validar la Data

A partir de la definición de las métricas y de la aplicación de las herramientas de medición se obtienen las mediciones. La recolección de data, incluye la definición de los procedimientos de recolección, cómo se utilizan los instrumentos para realizar la recolección y cómo las herramientas apoyan la recolección.

La recolección de data puede realizarse a través del registro de data procedente de la utilización de técnicas presentadas en la sección anterior. La data recolectada puede ser cualitativa o cuantitativa. Obtener data cualitativa requiere investigar y analizar múltiples fuentes para determinar las características de las herramientas referentes a los requerimientos del negocio en relación con soluciones integradas. En las primeras fases de la recolección de data cualitativa todo parece importante, progresivamente se convierte en un proceso selectivo porque no se puede ni se logra abarcar todo. Es importante destacar que la recolección de data cualitativa generalmente requiere más tiempo que procesar y ordenar data cuantitativa [8].

En el caso de data cuantitativa se utiliza un instrumento de recolección a través del cual se registra la data. Existen diferentes tipos de instrumentos que se basan en preguntas cerradas o abiertas. Un instrumento puede ser un formulario

que consiste de un conjunto de elementos, en los cuales se introduce data, producto de una medición realizada ya sea sobre una población o una muestra representativa de una población y cuyo significado se especifica. También puede ser un cuestionario que consiste de un conjunto de preguntas agrupadas bajo los factores que serán analizados. Una vez recopilada la data, ésta se depura con el propósito de corregir o eliminar errores, se determina la confiabilidad del cuestionario y se valida y analiza utilizando técnicas estadísticas.

3.7 Calcular las Métricas

Para la toma de decisiones es necesario contar con data confiable, calcular métricas, realizar un análisis comparativo y utilizar estrategias para presentar los resultados de manera significativa y clara. Mientras más fácil sea para el ente decisor observar y comprender las métricas, mayor será su disposición a cualquier participación en la mejora del proceso de selección.

El proceso de recolección de data permite obtener data cualitativa y/o cuantitativa que debe ser analizada para evaluar cada una de las métricas asociadas a cada una de las preguntas que se formularon. Dependiendo del tipo de data recolectada, el análisis puede ser cualitativo y/o cuantitativo.

El análisis cualitativo consiste en organizar y transformar la data a fin de establecer relaciones, interpretar, extraer significados y conclusiones. Por otra parte, un análisis cuantitativo consiste en organizar y ordenar la data aplicando métodos estadísticos y generalmente utilizando recursos tecnológicos.

Una vez analizada la data, se calculan las métricas y se presentan los resultados. Existen diferentes estrategias para presentar los resultados, a saber [12]: 1) Presentación escrita: se usa cuando las métricas involucran poca data, por lo cual se describe textualmente el comportamiento y la importancia de cada métrica. 2) Presentación tabular: presenta la data utilizando tablas; es una forma conveniente de presentar métricas. 3) Presentación gráfica: proporciona al lector facilidad de comprensión de las métricas.

3.8 Evaluar las Soluciones Integradas

Cada uno de los pasos de la metodología es clave para la toma de una decisión. En una organización el ente que toma la decisión puede ser un departamento, una persona en un cargo ejecutivo o una decisión de un equipo de trabajo cuyos miembros generalmente van a esforzarse en demostrar que la decisión a tomar es la más adecuada. Para la toma de decisiones es necesario contar con data confiable, calcular métricas, realizar un análisis comparativo y utilizar estrategias para presentar los resultados de la evaluación. Una cosa es recolectar la data necesaria para calcular las métricas, pero otra muy distinta es presentarla de manera significativa y clara al ente decisor. Para lograr esto, el mejor escenario consiste en presentar las métricas en reportes fáciles de leer.

Aun cuando el número de referencias bibliográficas y publicaciones disponibles sobre la selección propiamente dicha de soluciones de software es sumamente escasa, en general un ente evaluador define uno o más criterios a utilizar en un proceso de evaluación.

Un criterio de evaluación es una norma, regla o pauta respecto a una característica, funcionalidad o aspecto que será objeto de evaluación para emitir un juicio de valor. Dados los criterios de evaluación, se definen escenarios para evaluar las soluciones bajo los criterios definidos y variando ponderaciones que a su vez reflejan el peso que tiene un criterio en la evaluación. Sin embargo, es importante destacar que se deben definir escenarios representativos, que consideren alternativas reales para el negocio y que puedan aportar información del comportamiento de las soluciones evaluadas según varía el peso asignado a los criterios.

Una vez obtenida la evaluación de cada una de las soluciones de acuerdo con los criterios definidos y las ponderaciones asumidas en cada escenario, el evaluador asigna un valor definiendo una escala de valores, que permite establecer una relación de proporción entre métricas asociadas a cada solución y por consiguiente métricas en escalas diferentes puedan ser comparables. La asignación de valores se puede realizar aplicando transformaciones a las métricas que permitan obtener valores dentro de la escala definida. La transformación es un cambio en la escala de observación, que da una perspectiva distinta y permite detectar relaciones que no se observan en la escala original. Los cálculos asociados a las transformaciones se pueden realizar con el apoyo de programas para la automatización de cálculos numéricos y/u hojas de cálculo.

El nivel de satisfacción se define como un indicador que refleja el grado en que una solución satisface los requerimientos definidos. Debe proveer perspectiva y una base a través de la cual el carácter de los resultados pueda ser valorado rápidamente, y presentado de forma significativa y clara. Los niveles de satisfacción se pueden definir a través de criterios generalmente aceptados a partir de conocimiento práctico basado en la experiencia. Lo importante es que el nivel de satisfacción se asigna de acuerdo con la valoración que se obtiene para una solución.

El ente que toma decisiones tendrá resultados por cada escenario generándose de esta manera argumentos consistentes y cuantificables para tomar una decisión.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se define y presenta una metodología para la evaluación de soluciones de software. Es un resultado del Trabajo de Grado de Maestría [9] enmarcado en el proyecto grupal No. PFC-01-010 de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.

La metodología fue utilizada para evaluar dos soluciones integradas a ser implementadas en el área de salud. Debido a lo complejo del área y al número y extensión de los artefactos generados, su aplicación se describe en detalle en otro artículo actualmente en elaboración. También puede consultarse en [9].

La metodología se fundamenta en la elaboración del modelo de negocio, identificando en primer lugar políticas y estrategias del negocio. La especificación del modelo de negocio permite identificar los actores, los objetos del negocio, y los requerimientos que satisfacen las necesidades del Negocio (organización, institución o una dependencia específica). Esto permite identificar los casos de uso del

negocio. Cada caso de uso se especifica y se generan diagramas de actividad para modelar las acciones del flujo básico y los flujos alternativos de los casos de uso, y diagramas de secuencia para describir la interacción entre las entidades del negocio. Se representa la estructura y organización del negocio utilizando un diagrama de clase del negocio. A partir del modelo de negocio se derivan los requerimientos del negocio, funcionales y no funcionales, en relación con soluciones integradas. En base a los requerimientos del negocio se especifican las metas, las preguntas que permiten determinar si se alcanza cada meta y las métricas para responder cada pregunta. Se calculan las métricas utilizando una o más técnicas de recolección de data. Sin embargo, este conjunto de métricas no se presentan en términos de un reporte ejecutivo para el ente decisor, por lo que se establecen criterios de evaluación y escenarios para evaluar las soluciones integradas variando ponderaciones que a su vez reflejan el peso que tiene cada criterio en la evaluación. Una vez obtenida la evaluación de cada una de las soluciones integradas de acuerdo con los criterios definidos y las ponderaciones asumidas en cada escenario, se define una escala de valores. La definición de una regla a dedo para determinar el nivel de satisfacción permite establecer una interpretación concreta de los resultados de la valoración de las soluciones integradas. Bajo cada escenario y para cada solución integrada, se obtiene el nivel de satisfacción de cada solución integrada. La solución integrada con el mayor valor en el nivel de satisfacción es la solución que se recomienda.

Estos pasos que parecen ser secuenciales, en la práctica consisten de varias iteraciones en las cuales usualmente se refinan los términos, las definiciones, las interacciones de los actores así como las especificaciones de cada caso de uso, refinando clases (atributos y operaciones) y sus relaciones. Así

mismo puede ser necesario iterar para identificar y también reformular metas, preguntas y métricas.

REFERENCIAS

- [1] V. Basili, G. Caldiera and H. Rombach, *The Goal Question Metric Approach*, 1994.
- [2] Ch. Metzner and N. Niño, *El Proceso de Desarrollo RUP-GDIS*, Lecturas en Ciencias de la Computación ISSN 1316-6239, ND 2012-03, Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Septiembre 2012.
- [3] N. Fenton and S. Pfleeger, *Software Metrics: A Rigorous & Practical Approach*, PWS Publishing Company, 2nd edition, 1997.
- [4] V. Basili, *Data Collection, Validation, and Analysis*, in Tutorial on Models and Metrics for Software Management and Engineering, IEEE, catalog no. EHO-167-7, pp. 310–313, 1981.
- [5] V. Basili, G. Caldiera and H. Rombach, *Goal Question Metric Paradigm*, in Encyclopedia of Software Engineering: Marciniak, J.J. editor. vol. 1, John Wiley & Sons, 1994.
- [6] *Diccionario Manual de la Lengua Española*, Vox, Larousse Editorial, S.L., 17th edition, 2nd print, 2007.
- [7] H. Erickson and M. Penker, *UML Toolkit*, John Wiley & Sons, 1998.
- [8] L. Fernández, *¿Cómo Analizar Datos Cualitativos?*, Butlletí LaRecerca, ISSN: 1886-1946, Universitat de Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació, Octubre 2006.
- [9] N. Urbina, *Evaluación Comparativa de Soluciones Integradas para Historias Médicas Electrónicas*, Trabajo de Grado de Maestría, Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Abril 2016.
- [10] R. Hernández, C. Fernández and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, McGraw-Hill Interamericana, ISBN 970-10-5753-8, 4ta edición, Mexico, D.F., Octubre 2006.
- [11] C. Sabino, *El Proceso de Investigación*, Editorial Panapo, Caracas, Venezuela, 1992.
- [12] Naciones Unidas, *Cómo Hacer Comprensibles los Datos: Parte 2: Una Guía para Presentar Estadísticas*, Naciones Unidas, Comisión Económica para Europa, Ginebra, Suiza, 2009.