



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ÁREA: INGENIERÍA DE SOFTWARE

**MARCO DE REFERENCIA ARQUITECTÓNICO
EN EL DOMINIO DEL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO**

Tesis doctoral presentada por:

Prof^a. YULY ESTEVES GONZÁLEZ, M.Sc.

Para optar al título de

DOCTOR EN CIENCIAS

Mención:

CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

Tutora

Dra. FRANCISCA LOSAVIO

Caracas, Marzo de 2017



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



Comisión de Estudios
de Postgrado

VEREDICTO

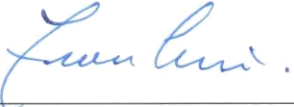
Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ciencias y el Consejo de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela, para examinar la **Tesis Doctoral** presentada por la **M. Sc. YULY ESTEVES GONZÁLEZ**, Cédula de identidad N° **V-11204758**, bajo el título "**MARCO DE REFERENCIA ARQUITECTÓNICO EN EL DOMINIO DEL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **DOCTOR EN CIENCIAS, MENCIÓN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**, dejan constancia de lo siguiente:

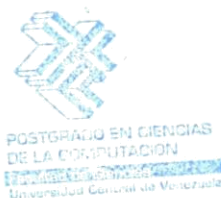
1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 23 de Marzo de 2017 a las 11:30 AM., para que la autora lo defendiera en forma pública, lo que ésta hizo en el Auditorium Manuel Bemporad de la Escuela de Computación de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado presenta un proceso original y novedoso, sistemático y repetible, de diseño de una arquitectura de referencia que se basa en considerar en fases tempranas el modelo de negocio con aspectos de calidad, e integra arquitecturas de referencia existentes en el dominio del aprendizaje electrónico. Un caso de estudio del Postgrado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador ilustra el proceso.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 23 días del mes de Marzo del año 2017, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinadora del Jurado la Dra. Francisca Losavio.

 Dr. Christian Guillén Drija. C.I. V- 10.524.455 Universidad Metropolitana Jurado designado por el Consejo de la Facultad	 Dra. Nora Montaña C.I. V-5.073.618 Universidad Central de Venezuela Jurado designado por el Consejo de la Facultad
 Dra. Dinarle Ortega C.I. V-8.611.660 Universidad de Carabobo Jurado designado por el Consejo de Estudios de Postgrado	 Dr. Ascánder Suárez C.I. V-4.435.018 Universidad Simón Bolívar Jurado designado por el Consejo de Estudios de Postgrado
 Dra. Francisca Losavio C.I. V-3.151.125 Universidad Central de Venezuela Tutora	



CG/NM//DO/AS/FL.- 23/03/2017.

DEDICATORIA

A **Dios** que me esfuerza, impulsa y sostiene.

A mis hijas **Oriana** y **Sofía** que son mi razón y mis ganas de seguir.

A mi **familia** que me apoya en cada paso que doy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a **Dios** porque sin Él en mi vida nada es posible.

A mi **familia** por ser ejemplo de perseverancia y lucha.

A mi tutora, **Dra. Francis Losavio**, fuente constante de inspiración y sabiduría inagotable. Sin su estímulo y ejemplo de ética y amor por la investigación, nada hubiera sido igual.

A mis **amigos** del IPMJMSM quienes siempre tuvieron una palabra de aliento, especialmente a **Christian Guillén** y **Lisset Camero** por sus constantes palabras de ánimo.

A las **autoridades de la UPEL** por su apoyo en cada etapa desarrollada en esta investigación.

A todos ustedes,

Gracias

ÍNDICE GENERAL

	Pp.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCION	1
1.1 Contexto de la Investigación	3
1.2 Planteamiento del Problema	5
1.3 Objetivos de la Tesis Doctoral	
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivos Específicos	12
1.4 Justificación	13
1.5 Metodología de la Investigación	14
1.5.1 Investigación Exploratoria	14
1.5.2 Investigación Descriptiva	15
1.5.3 Investigación Proyectiva, Primera Fase	15
1.5.4 Investigación Proyectiva, Segunda Fase	15
1.5.5 Validación de Resultados	16
1.6 Resultados Preliminares del Estudio	16
II. CARACTERÍSTICAS DEL DOMINIO DEL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO	21
2.1 Elementos Conceptuales de las Plataformas para el AE	21
2.2 Plataformas E-Learning	25
2.3 Estándares E-Learning	26
2.4 Arquitecturas para Plataformas E-Learning	28
2.5 Trabajos Relacionados Relevantes para esta Investigación	30
2.5.1 UKeU, E-Learning Framework	30

	Pp.
2.5.2 Modelo para Sistemas Instruccionales Basados en Web o Web-Based Instructional System (WbIS)	32
2.5.3 LTSA (Learning Technology System Architecture): IEEE P1484-1 Standard	33
2.6 Modelo de Calidad para Plataformas E-Learning	36
2.7 Características de las Plataformas E-Learning	39
III. MODELADO DEL NEGOCIO PARA EL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO	47
3.1 Modelado de Procesos de Negocio	48
3.2 Aspectos que se deben Considerar en el Modelo del Negocio Educativo	49
3.2.1 Fase de Descubrimiento	50
3.2.2 Fase de Análisis	52
IV. PROCESO DE DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA EL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO	59
4.1 Especificación del Proceso MN-AR: Modelado del Negocio, Análisis del Dominio y Diseño del Dominio, tres pasos para construir una AR	60
IV.CASO DE ESTUDIO: CURSO EN LÍNEA “COMPETENCIAS FORMALES PARA LA INVESTIGACIÓN” DEL PROGRAMA DE POSTGRADO DE LA UPEL	
5.1 Aplicación paso a paso del proceso MN-AR	67
VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS	
6.1 Conclusiones	92
6.2 Perspectivas	96
REFERENCIAS	98
APENDICES – ARTICULOS PUBLICADOS	
1. Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en el Modelo del Negocio y dirigido por la	104

	Pp.
Calidad: un Caso de Estudio	
2. Modelado del negocio dirigido por la calidad para una arquitectura de referencia en el dominio del aprendizaje electrónico	117
3. Modelado del Negocio como técnica para el Análisis del Dominio del Aprendizaje Electrónico	136
4. Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto	149
5. Análisis de Requisitos para Software Educativo	170
6. Modelo de negocio en el dominio educativo del aprendizaje electrónico para estudios de postgrado	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Pp.
1. Modelo de Calidad ISO/IEC 25010	9
2. Estructura de la Tesis	20
3. Arquitectura híbrida basada en eventos, SOA/Capas que se adapta al dominio e-learning	22
4. UKeU E-Learning Framework	30
5. Proceso para Crear la Arquitectura de un Sistema Instruccional	33
6. LTSA: IEEE P1484-1 Standard	34
7. Modelo para un Ambiente de Aprendizaje Gestionado	35
8. EL-DQM: Modelo de Calidad ISO/IEC 25010 Adaptado al Dominio E-Learning	39
9. Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio	49
10. Elementos que se Deben Considerar en la Fase de Descubrimiento para Caracterizar las Plataformas E-Learning	51
11. Elementos a Considerar en la Fase de Análisis para Caracterizar las Plataformas E-Learning	52
12. Adaptación de las Fases Propuestas por Berrocal, García y Murillo	55
13. Modelo del Negocio en BPMN: Proceso Realizar Consulta	56
14. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Modelado del Negocio	62
15. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Análisis del Dominio	65
16. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Diseño del Dominio	66
17. Contenidos y actividades de evaluación del curso CFI	73
18. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Crear Contenido	76
19. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Realizar Consulta	77
20. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Registrar Productos Académicos	78

Figuras	Pp.
21. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Registrar Calificaciones	79
22. Arquitectura Candidata (AC) en UML generada a partir de la especificación de las AR existentes	82
23. AC Completada en UML	89
24. AR en UML para el dominio e-learning	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Pp.
1. Modelo de Calidad para el Dominio E-Learning: EL-DQM	36
2. Caracterización del Software Educativo	40
3. Notación BPMN	57
4. Relación entre procesos de negocio, requisitos del sistema de 74 software de soporte y componentes arquitectónicos	
5. Componentes de la AR con sus conectores	83
6. Tabla EQM (<i>Extended Quality Model</i>)	84
7. Adecuación de AR para e-learning a LTSA	91

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE COMPUTACIÓN
DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
ÁREA: INGENIERÍA DE SOFTWARE

**MARCO DE REFERENCIA ARQUITECTÓNICO EN EL DOMINIO DEL APRENDIZAJE
ELECTRÓNICO *Tesis Doctoral***

Autora: Prof^a. Yuly Esteves, M.Sc.
Tutora: Dra. Francisca Losavio

RESUMEN

Este estudio propone un marco de referencia en el dominio del aprendizaje electrónico, también conocido en la literatura como *e-learning*, que integra una *Arquitectura de Referencia* (AR) para sistemas educativos, para lo cual se define un proceso de desarrollo de esta AR, repetible, que incorpore técnicas sistemáticas y buenas prácticas de la Ingeniería del Software, para así garantizar su calidad global y capacidad evolutiva. El proceso de diseño arquitectónico, denominado MN-AR: *Modelo del Negocio y Arquitectura de Referencia*, incluye el Modelado del Negocio educativo como paso inicial de la etapa de Análisis del Dominio lo que contribuye con una mejor generalización de la AR. Una de las debilidades más sentidas en el desarrollo de sistemas educativos, es la de no incorporar algunas de las prácticas actuales de la Ingeniería del Software, a saber: (a) desarrollo iterativo; (b) manejo de requisitos de calidad en etapas tempranas del desarrollo; (c) uso de métodos de desarrollo basado en componentes; (d) uso de arquitecturas genéricas y activos reutilizables; (e) modelado visual; (f) aseguramiento de la calidad; y (g) administración de cambios. En esta investigación se toma en cuenta que la formación mediada por tecnología no es tan sólo un sistema electrónico de comunicación para el acceso a la información y la distribución del conocimiento, sino que se configura a partir de la interacción de varias premisas entre las que se encuentran: (a) la educación como proceso constructivo personal y grupal a lo largo de la vida; (b) la tecnología a partir de la utilidad comunicativa e informativa que crea nuevos espacios de interacción y finalmente (c) la organización como constructo humano que configura la finalidad y el contexto de enseñanza y de aprendizaje. En este sentido, se definió un caso de estudio que permitió aplicar y validar el proceso MN-AR, inspirado en el trabajo de Losavio, Ordaz y Esteller (2015), el cual sigue un enfoque de diseño ascendente o bottom-up extractivo, basado en el estudio de arquitecturas de productos existentes en el mercado en un dominio dado, en nuestro caso, el dominio del aprendizaje electrónico. Entre los resultados obtenidos, se encuentra la caracterización en el marco de referencia de los elementos relacionados con el modelado de los procesos de negocio, utilizados para la especificación de la AR.

Palabras clave: Aprendizaje Electrónico; Modelo del Negocio; Arquitectura de Referencia, Análisis del Dominio; Calidad del Software; Modelo de Calidad; ISO/IEC 25010, proceso de diseño arquitectónico, MN-AR.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

En educación, establecer un modelo del negocio es algo complejo, pues los elementos involucrados en su determinación, suelen depender de las políticas educativas gubernamentales, así como de las características particulares de cada institución educativa; aun así, el uso de un modelo del negocio en el dominio educativo, es necesario a los fines de obtener resultados más satisfactorios para los involucrados en los diferentes procesos educativos (Rolón y otros, 2009).

En esta investigación, se parte de la premisa que en el modelo del negocio es donde se pueden incorporar elementos curriculares, propios del proceso educativo para el cual se selecciona una plataforma electrónica particular y se diseñan los *contenidos* o material didáctico de aprendizaje para los estudiantes. Las *plataformas de aprendizaje electrónico* pertenecen a la categoría de ambientes o entornos de desarrollo de software, que comprenden la infraestructura de hardware y software que dan soporte al desarrollo y ejecución de sistemas computarizados para realizar en forma automática o semiautomática el proceso de *Aprendizaje Electrónico (AE)*, conocido en la literatura inglesa como *e-learning*. En este contexto ambos términos *serán utilizados indistintamente*; los sistemas de software para realizar el proceso de AE también se conocen en inglés como *e-learning systems*.

En este sentido, en este trabajo, además de proponer la incorporación del modelo del negocio como entrada a un proceso de diseño de una *Arquitectura de Referencia (AR)* para el dominio del AE, se caracterizan los elementos propios del dominio educativo como aspectos fundamentales en la determinación de los procesos del negocio, integrando a éstos también aspectos relativos a la calidad exigida por las tareas o actividades realizadas. Una AR o arquitectura de software genérica e instanciable, se reutiliza como plantilla para derivar familias de

productos o de sistemas de software similares (Nakagawa y Becker, 2011) y es parte esencial de una plataforma de AE. Por otra parte hay una diferencia conceptual entre los términos Modelo o Marco de Referencia y Arquitectura de Referencia. Un *Modelo de Referencia* describe el contexto empresarial de un dominio y es un *Marco de Referencia* abstracto (también conocido en inglés como *framework*) relativo a un dominio que consiste de conceptos claramente identificados y relacionados producidos por un cuerpo de expertos para facilitar la comunicación y puede ser especificado por una ontología (Sommerville, 2011). Un *Marco de Referencia* implica un alto nivel de abstracción general y es relativo a las arquitecturas empresariales que involucran procesos organizacionales, algunos de los cuales pueden ser soportados por sistemas computacionales de apoyo. En cambio una AR definida en términos de componentes y conectores (Shaw y Garlan, 1995), implica tener componentes de software instanciables definidos a un alto nivel de abstracción y establece una correspondencia entre los elementos del dominio empresarial del Marco de Referencia (procesos, actividades, tareas, entre otros) y los componentes de software. En este contexto consideraremos una AR inmersa en el Marco de Referencia para el dominio e-learning, cuyos aspectos empresariales son contemplados en el modelado del negocio.

Por su carácter genérico, el diseño de una AR es un proceso que involucra mucha más complejidad que el diseño clásico de la arquitectura de un solo sistema, porque debe garantizar la evolución en el tiempo de la AR para su posterior reutilización en un contexto de producción industrial de software.

Para alcanzar el objetivo general de investigación, se asumen criterios de cientificidad propios de las Ciencias de la Computación, es decir se plantean premisas, el problema a resolver y una metodología sistemática y repetible para deducir la tesis a partir de las premisas. En correspondencia con este planteamiento, en este capítulo se presentan elementos para definir el problema en su contexto, especificando sus objetivos, justificación y elementos metodológicos que orientan el desarrollo del estudio, luego se enumeran algunos

resultados obtenidos durante la investigación, así como la organización de los restantes capítulos de la Tesis Doctoral.

1.1 Contexto de la Investigación

Entre las actividades consideradas por la UNESCO (1999) como relevantes para formar en el ciudadano común una cultura científica, se encuentran todas aquellas relativas a la producción de software educativo de calidad, que sea capaz de llegar al mayor número de usuarios y propiciar en ellos la adquisición de un aprendizaje adecuado para su profesionalización e incorporación como ciudadano útil para la sociedad mundial. En este sentido, la evolución y desarrollo del aprendizaje electrónico ha proporcionado una vía eficiente para el logro del aprendizaje de diferentes áreas del saber, siendo utilizado como apoyo en el proceso instruccional o como medio de comunicación entre docentes y participantes, tanto en medios académicos como empresariales.

El AE ha evolucionado al mismo paso que Internet. Se puede establecer a mediados del año 1990 el momento clave en el diseño de los modelos tecnológicos y pedagógicos para la educación basada en tecnologías a través de Internet, a partir del nacimiento y evolución de la Web; el correo electrónico, las listas de distribución, los portales, los gestores de contenidos y las plataformas tecnológicas especializadas en Internet son algunos ejemplos. Según Sánchez y Saorin (2001), la evolución del aprendizaje electrónico puede resumirse de la siguiente manera:

– **Uso y diseño de páginas Web.** Es la forma más simple de realizar formación mediada por tecnología. La complejidad es escasa, solamente requiere conocimientos básicos del lenguaje de marcas de hipertexto HTML¹, cada vez menos imprescindibles debido a las herramientas de edición Web. La sencillez sólo permite que la información tenga un sentido unidireccional, ya que suelen ser páginas estáticas.

¹*HyperText Markup Language*

– **Portal o sitio Web.** Es el “punto de entrada donde el usuario ve concentrados todos los servicios y productos que se ofrecen, de forma que le permite hacer cuanto necesita sin tener que salir de dicho sitio Web, o del inglés *website*. Es una forma de captar usuarios, ya que el objetivo de cualquier portal es conseguir que sea utilizado por los usuarios como primera opción de consulta, en definitiva, maximizar el tiempo que permanece en sus páginas, antes de saltar a otro destino en la red y asegurarse que puede volver de manera sucesiva” (Sánchez y Saorin, 2001). En el portal como interfaz usuario, al cual en general se tiene acceso mediante un localizador de recursos uniforme o URL², comienza a producirse una mayor interacción entre los actores que intervienen en el acto de aprendizaje, ya que permite un punto de partida para la fluidez comunicativa y un estado de comunicación bidireccional, si en el portal hay listas de distribución, repertorios de mensajes generados, etc.

– **Learning Management System (LMS) - Sistema de Gestión de Aprendizaje o Plataforma Virtual.** Registran a todos los actores que intervienen en el acto de aprendizaje, organizan los diferentes cursos, el seguimiento del aprendizaje incluyendo las pruebas y la evaluación de los cursos montados en la plataforma con sus contenidos, el control del tiempo en los trámites y genera informes automáticamente para tareas de gestión. Habitualmente, el LMS lo emplean las organizaciones que generan un número considerable de cursos diferentes y para ello necesitan de una herramienta tecnológica más poderosa.

– **Content Management System (CMS) o Sistema de Gestión de Contenidos.** Ofrecen soluciones para el diseño, el bosquejo, la publicación, los flujos de trabajo y el control de derechos de autor de los contenidos didácticos que se generan.

Se puede sintetizar a grandes rasgos que el LMS administra los contenidos y el CMS los edita, y una diferencia importante es que el LMS permite herramientas de comunicación para la actividad docente, mientras que el CMS no las incluye.

²*Uniform Resource Locator*

–Learning Content Management System (LCMS) o Gestor de Contenidos de Aprendizaje. Sistema de software que combina las capacidades de gestión de cursos y las facilidades de comunicación de un LMS con las capacidades de almacenamiento y creación de contenidos de un CMS. Los LCMS se acercan a la denominación de *campus virtuales*.

1.2 Planteamiento del Problema

El derecho a la Educación es universal, todos los individuos del mundo tienen derecho a una educación de calidad. Esto trae consigo la necesidad de hacer llegar a la mayor cantidad de personas, técnicas de aprendizaje abierto y a distancia. Esta modalidad de estudio tiene cada día más aceptación “estimulado, en parte, por el creciente interés de educadores y tutores en las nuevas tecnologías vinculadas a internet y otras plataformas multimedia, y en parte debido al creciente consenso sobre la necesidad de apoyar las formas tradicionales de educación, valiéndose de medios más innovadores” (UNESCO, 2002).

En este contexto, el AE proporciona la oportunidad de crear ambientes de aprendizajes interactivos, eficientes, accesibles y distribuidos para ser clasificados según los medios tecnológicos de los que hacen uso. Se han utilizado diferentes terminologías para definirlo, donde puede verse una distinción entre los enfoques tradicional, empresarial y “para entusiastas”. El AE tradicional se enfoca en la entrega de cursos y en el diseño instruccional como principal actividad. El AE inteligente en un contexto empresarial, en cambio, es integrado al marco de referencia de una empresa, en sus procesos de negocio y se enfoca en la entrega de instructivos e información que permite el trabajo colaborativo entre usuarios (Habraken, 2008; Weller, 2007; Rosenberg, 2006). También se encuentra el e-learning para los entusiastas, donde internet facilita la comunicación bilateral y anima la discusión, el diálogo y aspectos comunitarios no limitados al tiempo y espacio. El rol del educador en estos casos, es facilitar el diálogo y dar soporte a los estudiantes para entender los recursos utilizados. Habraken (2008) y Paulsen (2002) definen *e-learning* como un medio de aprendizaje interactivo en el cual el

contenido está disponible en línea y donde también se provee soporte para las actividades del estudiante. Todas estas definiciones tienen en común el hecho de considerar un entorno de red (por ejemplo internet o intranet) es utilizado como vía para proporcionar servicios de aprendizaje y que los estudiantes o personas que están aprendiendo deben ser capaces de recibir un “feedback” sobre el proceso que desarrollan. Lo que falta en estas definiciones, es considerar los aspectos de administración y de evaluación del e-learning. Por otra parte, Jochems, Merriërienboer y Koper (2004), definen e-learning como el proceso mediado por las redes para entregar, soportar, administrar y evaluar el proceso de aprendizaje.

En este trabajo definimos el *e-learning* como una forma de utilizar las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para mediar (entregar, soportar, administrar y evaluar) el proceso de aprendizaje, capaz de llegar a un gran número de personas en el mundo, sin perder la capacidad de interacción entre profesores y estudiantes.

Ahora bien, el abordaje de investigaciones relacionadas con el aprendizaje electrónico puede hacerse considerando dos enfoques principales: (a) el pedagógico, relacionado con su uso en programas formales de formación, dirigidos al autoaprendizaje, considerando la selección de contenidos educacionales que mejor se adapten a los propósitos educativos, diseño y demás elementos que garanticen la facilidad de uso, entre otros, y (b) el computacional, donde a partir del establecimiento de procesos de desarrollo de software, se buscan soluciones arquitectónicas que garanticen la calidad de los sistemas de software desarrollados que soportan o facilitan el enfoque pedagógico; sin embargo actualmente este enfoque, por su nivel de abstracción, no establece muchas diferencias entre el desarrollo de software educativos y de otros tipos. En esta investigación, convencidos de la necesidad de incorporar en etapas tempranas de desarrollo, los elementos pedagógicos relacionados con el aprendizaje electrónico y la calidad de los sistemas de software de apoyo, se

pretende dar un enfoque que concilie las dos tendencias investigativas arriba mencionadas.

En tal sentido, las dos grandes metas que se plantean son la satisfacción del usuario y la comunicación fluida entre el personal responsable del desarrollo del sistema de software. Esto puede lograrse al incorporar *estándares de calidad*, entendidos como el conjunto de lineamientos o normas diseñadas para que las aplicaciones de software puedan ser evaluadas al final del proceso y logren satisfactoriamente cada objetivo para los cuales fueron desarrolladas. Uno de los estándares más utilizados para especificar la calidad de un producto de software es la norma ISO/IEC 25010 (2011), la cual define, desde el punto de vista del desarrollador, durante el proceso de desarrollo del software:

Un *modelo de calidad del producto*, que está constituido por ocho características de calidad de alto nivel de abstracción, que se subdividen en sub-características y se refinan hasta llegar a los atributos o elementos medibles. Se refieren a propiedades *inherentes estáticas* (como usabilidad, disponibilidad, etc. y a las inherentes *dinámicas* (como eficiencia, fiabilidad, etc.) del sistema informático. También se habla de propiedades *asignadas*, que no son de calidad, como costo, tiempo de mercadeo, etc., pero influyen en las decisiones durante la construcción del software. El modelo es aplicable a los productos de software intermedios y finales obtenidos durante el desarrollo, por ejemplo la arquitectura, y en general a los sistemas informáticos, generalmente complejos, que involucran componentes de software y hardware.

y desde el punto de vista del usuario final, observando el producto de software en su ambiente de ejecución:

Un *modelo de calidad en uso*, que se compone de cuatro características: *productividad, efectividad, seguridad y satisfacción*, algunas de las cuales también se subdividen en sub-características. Se relacionan con el resultado de la interacción con los usuarios finales, cuando un sistema de software se emplea en un contexto particular de uso.

En esta investigación solo trataremos del modelo de calidad del producto, porque dentro del ciclo de vida del software estamos diseñando una arquitectura

genérica, previa al desarrollo del sistema concreto, a partir de la cual, mediante un proceso de instanciación, se podrán derivar sistemas concretos como productos individuales.

Las características y sub-características de calidad del producto (ver Figura 1) proporcionan coherencia terminológica para especificar, medir y evaluar la calidad del producto de software y sistemas informáticos (ISO/IEC 25010, 2011; Alfonzo y Mariño, 2013). El hecho de usar una terminología estándar ayuda al entendimiento entre diferentes grupos de trabajo involucrado en un proyecto de desarrollo de software y facilita la comunicación; este aspecto es señalado como una de las buenas prácticas de la Ingeniería del Software.

Aun aceptando el uso adecuado de los estándares de calidad inmersos en el proceso de desarrollo de software, existe gran cantidad de riesgos e imponderables que pueden atentar contra el desarrollo de soluciones realmente efectivas. Esto pudiera estar relacionado con problemas en el desarrollo para la medición de las propiedades de calidad de alto nivel de abstracción, cuando aún el sistema no está desarrollado, o bien con problemas al momento de realizar la determinación y análisis de requisitos y en esta fase, también puede afectar el poco conocimiento que se tenga del dominio y del negocio para el cual se está elaborando el software. En este sentido, elaborar un modelo del negocio como punto de partida para la etapa de Análisis del Dominio en el proceso de determinación y análisis de requisitos, puede contribuir a resolver estos problemas. En nuestro contexto, un *dominio* se define como el conjunto mínimo de propiedades que definen una familia de problemas para los cuales se requieren soluciones computacionales (Bérard, 1992).

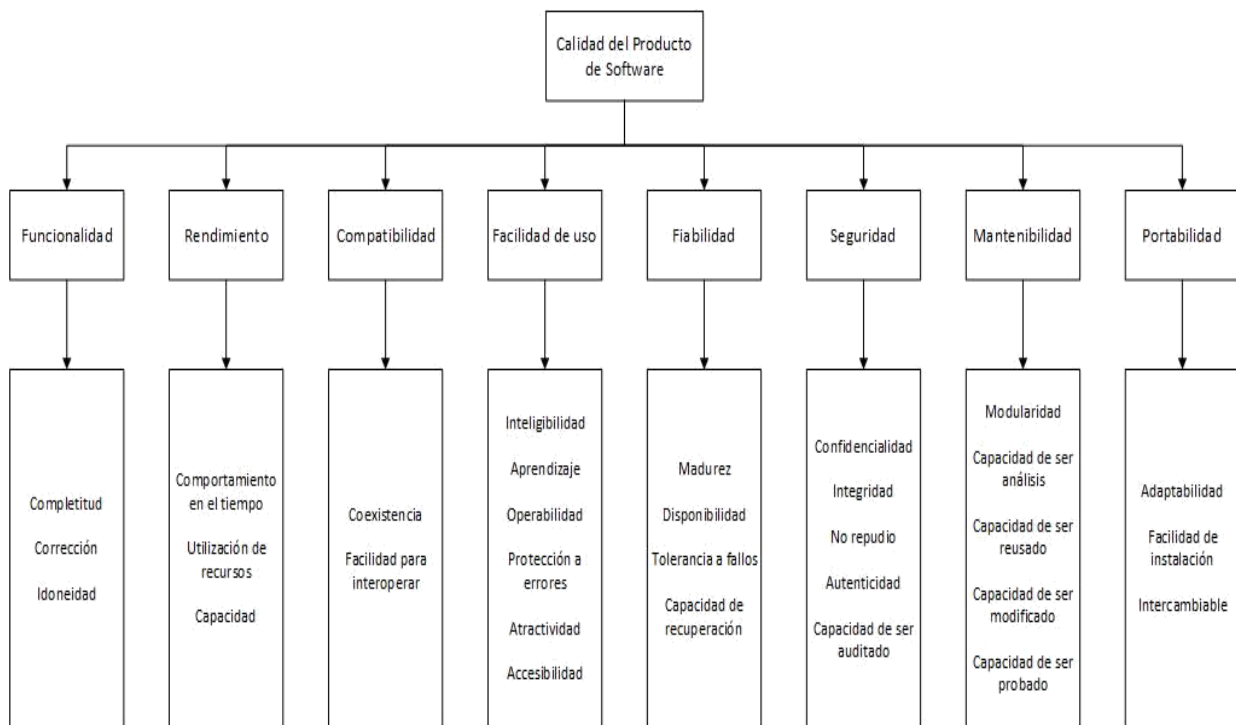


Figura 1. Modelo de Calidad ISO/IEC 25010 (2011). Traducción al castellano (Losavio y Esteves, 2015)

Un modelo de negocio describe cómo funciona el negocio, indicando las actividades involucradas y la forma cómo interactúan unas con otras. Los modelos de negocio (Paulse, 2002; Jochems, Merriërienboer y Koper, 2004) sirven, básicamente, para:

- i) Facilitar la comprensión de los mecanismos, estrategias, políticas y conceptos clave de un negocio, incluyendo restricciones y reglas involucradas; ii) servir de base para la creación de sistemas de información apropiados que den soporte al negocio, considerando la posible automatización de algunos de sus procesos; iii) mejorar la estructura y capacidad operativa actuales del negocio; iv) mostrar la estructura del negocio; v) identificar oportunidades de globalización y vi) facilitar la alineación de las tecnologías de la información y comunicación con las necesidades y estrategias del negocio.

En general, establecer un modelo del negocio es algo complejo porque exige un conocimiento experto del dominio y en particular en la educación, porque

los elementos involucrados suelen depender de restricciones (leyes, reglamentos, etc.) impuestas por las políticas educativas del Estado, así como de las características particulares de cada institución educativa; aun así, el uso del modelo del negocio en el dominio educativo es necesario a los fines de obtener resultados beneficiosos para los involucrados en los diferentes procesos educativos y en su correspondiente automatización (Reynoso, Rolón, Género, García, Ruiz y Piattini, 2009). En esta investigación, se parte de la premisa que es en el modelo del negocio donde se pueden incorporar elementos curriculares, propios del proceso educativo para el cual se diseña (o selecciona) el sistema e-learning y su plataforma asociada; se conoce como *plataforma de aprendizaje electrónico o plataforma e-learning* a la infraestructura de hardware y software que da soporte al sistema e-learning.

Se ha definido una AR como una arquitectura genérica e instanciable que se reutiliza como plantilla, para derivar productos o sistemas de software similares (Nakagawa y Becker, 2011). Recordemos que una AR es el eje central de la plataforma, sobre el cual se articula el sistema e-learning completo; en nuestro contexto, la plataforma e-learning, la cual es parte del marco de referencia, contiene la AR. Muchas investigaciones se han realizado acerca de modelos, marcos y arquitecturas de referencias para el área educacional (Habraken, 2008), lo que falta es establecer un proceso sistemático y repetible para especificar una AR evolutiva, en la cual componentes tecnológicos diseñados para el aprendizaje por diferentes proveedores en el mercado, sean integrados en una solución e-learning que pueda satisfacer a un cliente particular para derivar un sistema concreto. Una AR se utiliza en un entorno de producción industrial de software y describe la esencia de una arquitectura de software reutilizable para una familia de sistemas similares, en la cual se destacan componentes obligatorios, que siempre deben estar presentes, y otros variantes, los cuales permiten adaptarla a los requisitos específicos de un cliente. Las *variantes* son agrupadas en componentes abstractos denominados *puntos de variación*, que son instanciados para derivar un producto o sistema concreto, a partir de la AR; el conjunto de puntos de variación,

con sus variantes, se denomina *Modelo de Variabilidad* de la AR (Pohl, Bockle y Van Der Linden, 2005).

En este trabajo se definirá un proceso de diseño para una AR para aplicaciones o sistemas educativos en plataformas para el dominio e-learning, donde se definan los elementos arquitectónicos indispensables (componentes y conectores) que deben poseer los sistemas educativos en este dominio. Se toma en cuenta el modelo del negocio a través de un proceso sistemático y repetible de diseño de la AR centrado en la satisfacción de las propiedades de calidad prioritarias relativas al dominio, al cual denominaremos *Proceso MN-AR (Modelo de Negocio y Arquitectura de Referencia)* inspirado en el proceso definido en Losavio, Ordaz y Esteller (2015), en el cual se incorpora el modelado del negocio, como parte del marco de referencia del dominio e-learning, como etapa inicial del Análisis del Dominio. Debemos señalar que la etapa de Análisis del Dominio es necesaria para diseñar una AR, ya que no se trata de construir un solo producto, sino una familia de productos similares para un dominio dado. El trabajo diseña el modelo de negocio siguiendo los lineamientos del estándar BPMI (Business Process Modelling Initiative, 2011) y permite construir el Modelo del Dominio, en el cual se destacarán los principales procesos sensibles a ser automatizados del negocio *e-learning*. Las propiedades de calidad del dominio en el presente trabajo serán especificadas por el *Modelo de Calidad para E-learning, EL-DQM*, del inglés *E-Learning Domain Quality Model*, según ISO/IEC 25010 (2011) y Losavio y Esteves (2014) y se reflejan en los procesos de negocio para cada actividad o tarea desarrollada; de esta manera aspectos de calidad se incorporarán paulatinamente al diseño de la AR.

En resumen, el problema que se aborda en esta investigación es el referido al diseño/selección de plataformas para el AE realmente pertinentes para el dominio educativo y considerando los elementos propios del negocio. Para esto, se propone no sólo la incorporación del modelo de negocio como entrada a la etapa de Análisis del Dominio, sino que además se caracterizan elementos

conceptuales del marco de referencia del dominio educativo, fundamentales en la determinación de los procesos del negocio. El proceso definido en Losavio, Ordaz y Esteller (2015), sigue un enfoque ascendente extractivo o del inglés “bottom-up”, basado en el estudio de arquitecturas de productos existentes en el mercado en un dominio dado, y es también centrado en la satisfacción de la calidad que deben cumplir los sistemas de software en ese dominio; la AR es modelada por un grafo no dirigido, conexo (no se permiten componentes aislados) y utiliza el enfoque orientado a metas (Supakkul y Chung, 2004) para establecer la trazabilidad entre componentes funcionales de alto nivel y propiedades de calidad requeridas. En nuestro caso, los escenarios de soluciones arquitectónicas, proporcionados para satisfacer los requisitos de calidad exigidos por los requisitos funcionales, son derivados directamente del modelo de calidad (ISO/IEC, 2011) adaptado al dominio e-learning, EL-DQM (Losavio y Esteves, 2016a) y no se utilizará el enfoque de metas como en Losavio, Ordaz y Esteller (2015).

1.3 Objetivos de la Tesis Doctoral

1.3.1 Objetivo General

Proponer un marco de referencia para arquitecturas de plataformas educativas en el dominio del aprendizaje electrónico donde se definan los elementos arquitectónicos indispensables que deben poseer los sistemas en este dominio, tomando en cuenta el modelo del negocio.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar el dominio del AE considerando las principales arquitecturas existentes para así establecer elementos conceptuales del marco de referencia.
2. Definir el modelo del negocio para plataformas de AE como parte esencial del marco de referencia.
3. Analizar las plataformas de AE con base en los requisitos funcionales y los no funcionales obtenidos del análisis del dominio.

4. Determinar la AR apropiada al marco de referencia en el dominio del AE con base en la evaluación de las arquitecturas realizada en 1, en el modelo del negocio en 2, y en la caracterización del dominio obtenida en 3.
5. Validar la AR obtenida a través del análisis de un caso de estudio.

1. 4 Justificación

Es un hecho conocido que en el área educativa suelen desarrollarse muchas aplicaciones que no son del todo aprovechadas a pesar del esfuerzo realizado por sus desarrolladores. Esto tal vez se deba al no haber tomado en cuenta las reglas del negocio educativo u otros requisitos como el uso de estándares, en el momento de diseñar las principales funcionalidades del sistema.

El negocio educativo es tan complejo como la variedad de individuos que se relacionan con él; es decir, por la variedad de personas que intervienen en el proceso, se hace necesario por lo tanto satisfacer diversas necesidades de aprendizaje, que pueden variar de un individuo a otro. Las aplicaciones de aprendizaje electrónico, constituyen una vía útil para administrar procesos educativos que necesitan adaptarse a un gran número de usuarios. Sin embargo, el diseño de este tipo de aplicaciones aún no ha resuelto del todo el problema educativo lo que puede estar relacionado con la poca vinculación existente entre el proceso de captura de requisitos, la modelación del negocio y las funcionalidades del sistema. Por ejemplo, se diseñan aplicaciones que requieren el uso de sistemas operativos modernos, cuando la realidad de las instituciones educativas públicas nacionales de Educación Básica, Educación Media Diversificada y Profesional y muchas veces, de Educación Superior, es poseer máquinas obsoletas, las cuales al serles incorporado un nuevo sistema operativo, son afectadas en su eficiencia y funcionalidad; esto obstaculiza el uso del recurso diseñado para un aprendizaje electrónico cónsone a la realidad. Por otra parte, también se tiene el caso de que deben desecharse aplicaciones por no responder a los cambios tecnológicos recientes, como cambios en la capacidad o velocidad de transmisión de la red o responder a un contexto inalámbrico.

La investigación que se propone contribuirá con la producción de aplicaciones educativas de calidad (respecto a la satisfacción de los requisitos del negocio y a la evolución tecnológica) en el dominio del aprendizaje electrónico, con base en un marco arquitectónico que responda a las necesidades actuales del negocio educativo, tanto a nivel empresarial como académico, y evolutivo en cuanto a la flexibilidad respecto a los cambios tecnológicos.

1.5 Metodología de la Investigación

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se aplicó un proceso para la metodología de investigación, basado en Hurtado (2007), partiendo de una revisión documental, de tal manera de recopilar las posturas teóricas que permitieron sustentar la investigación (etapa de *Investigación exploratoria*); continuando con una etapa de *investigación descriptiva* y finalizando con la etapa de *Investigación proyectiva*. Según Hurtado (2007), la investigación descriptiva tiene como objetivo la descripción precisa del evento de estudio y está asociada al diagnóstico de la situación; la *investigación proyectiva* implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, más no necesariamente ejecutar la propuesta. Se ha incluido una cuarta etapa de *Validación de Resultados*, mediante la aplicación a un caso de estudio

1.5.1 Investigación Exploratoria

Investigación documental sobre las bases teóricas, para definir, limitar y consolidar el marco conceptual y el contexto del trabajo, en temas tales como: - metodología (proceso y notación) para el modelado del negocio BPM, BPMN (BPMP, 2011; Fuentes y Sánchez, 2005; y, Berrocal, García y Murillo, 2007), - diseño arquitectónico basado en aspectos de calidad (van Lamsweerde, 2003; Losavio et al., 2005; y, Losavio, Guillén y Esteves 2005), - plataformas y técnicas específicas para construcción de aplicaciones de aprendizaje electrónico (Sánchez y Saorin, 2001),- UML y la orientación a metas, del inglés “Goal-Oriented Requirements Engineering, GORE” (Supakkul, Chung, 2004; y Losavio, Matteo y

Pacilli, 2014) - estudio de principales arquitecturas de referencias utilizadas en el dominio del aprendizaje electrónico (Habraken,2008) - **Objetivo 1**

1.5.2 Investigación Descriptiva

Análisis de los principales resultados obtenidos en la etapa de Investigación Documental.

En el caso del dominio del AE se encontraron varias AR, por lo cual no se consideraron productos existentes de sistemas concretos, sino que se estudiaron esas AR. Evaluación de las AR en el dominio del aprendizaje electrónico (Habraken, 2008), definir una técnica de evaluación; establecer criterios de evaluación de ser el caso, de acuerdo a la técnica seleccionada (Grimán et al, 2005). Determinación de las características deseables de un marco de referencia arquitectónico para aplicaciones educativas en el dominio del AE, bajo el marco conceptual propuesto. Conclusiones del estudio (Esteves y Losavio, 2016a). -

Objetivo 1

1.5.3 Investigación Proyectiva -Primera Fase

Definición de un modelo del negocio para aplicaciones educativas en el dominio del AE. Elección o adaptación de una metodología (proceso y notación) para el modelado del negocio, entre las estudiadas en 1.5.1 (Losavio y Esteves, 2015; Esteves y Losavio, 2016a; Esteves y Losavio, 2016b) - **Objetivo 2**

1.5.4 Investigación Proyectiva - Segunda Fase

- a. Determinación de las características de calidad del dominio de las aplicaciones de aprendizaje electrónico, especificándolas mediante la adaptación del modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010 (ISO/IEC, 2011), con base en las propiedades arquitectónicas detectadas, para definir la Arquitectura de Referencia (Losavio y Esteves, 2015). -**Objetivo 3**
- b. Análisis de requisitos de una aplicación en el dominio del aprendizaje electrónico. Elaboración de la tabla EQM (del inglés *Extended Quality*

Model; Losavio, Ordaz, Esteller 2015), para definir la Arquitectura de Referencia a partir de una Arquitectura Candidata inicial (Esteves y Losavio, 2016a; Esteves y Losavio, 2016b). -**Objetivo 3**

- c. Definición de los principales procesos del negocio del AE en BPMN (2011). Algunos de éstos se definieron en Losavio y Esteves (2015). -

Objetivo 3

- d. Determinación de los escenarios de soluciones arquitectónicas, proporcionados para satisfacer los requisitos de calidad exigidos por los requisitos funcionales, derivados directamente de la tabla EQM (Esteves y Losavio, 2016b).- **Objetivo 3**
- e. Definición de un proceso de análisis del dominio, incluyendo el modelado del negocio como paso inicial, para construir la arquitectura de referencia para el dominio del aprendizaje electrónico (Esteves y Losavio, 2016b). Adaptación de RA&NF-VAR (*Reference Architecture & Non-Functional Requirements Variability*) de Esteller (2016). – **Objetivo 4**

1.5.5 Validación de Resultados

Aplicación a un caso de estudio, para análisis y evaluación del proceso propuesto, estableciendo de esta forma fortalezas y debilidades (Esteves, Losavio, 2016a; y Losavio y Esteves, 2012). – **Objetivo 5**

1.6 Resultados Preliminares del Estudio

Con relación a la consecución de los objetivos planteados, a la fecha se han obtenidos varios resultados, mencionados en las referencias anteriores respecto al cumplimiento de los objetivos específicos, reportados en los siguientes artículos de Investigación, los cuales pueden verse completos en los Apéndices, al final de este documento:

- **Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en el Modelo del Negocio y dirigido por la Calidad: un Caso de Estudio** (Objetivos 3 y 4; Esteves y Losavio,

2016a, ver Apéndice 1). En coautoría con Losavio, publicado en actas de la Conferencia Nacional de la SVC (Sociedad Venezolana de Computación), CoNCISa 2016, pp 14-25 y seleccionado como mejor trabajo para la revista electrónica ReVeCom de la SVC, publicado en el Vol. 3, N° 2, diciembre 2016, pp. 26-37. Presenta la contribución cuyo objetivo es complementar lo realizado en la Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software, RACCIS, (6)1, pp 59-76, 2016, con la definición de un breve caso de estudio y la aplicación del proceso MN-AR completo paso a paso, con el fin de ofrecer una primera validación de este proceso y mostrarlo como instrumento didáctico.

- **Modelado del negocio dirigido por la calidad para una arquitectura de referencia en el dominio del aprendizaje electrónico** (Objetivo 4; Esteves y Losavio, 2016b, ver Apéndice 2). En coautoría con Losavio, se publicó el artículo de investigación en la Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería de Software, RACCIS, (6)1, pp 59-76, 2016. El propósito de este artículo fue definir el modelo del negocio propuesto y su integración a un método de desarrollo de arquitecturas de referencias; se contempló un caso de estudio limitado a mostrar el alcance y aplicación del método propuesto en esta investigación.
- **Modelado del Negocio como técnica para el Análisis del Dominio del Aprendizaje Electrónico** (Objetivos 1, 2 y 3; Losavio y Esteves, 2016, ver Apéndice 3). En coautoría con Losavio, presentado y publicado en actas del IV Simposio Científico y Tecnológico en Computación SCTC 2016, pp 47-58, de la Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, UCV, Marzo 2016. Esta contribución tuvo como objetivo principal definir un modelo de negocio, en el cual se consideraron características específicas del dominio educativo como

elementos fundamentales del Marco de Referencia para la determinación de los procesos del negocio, que, en esta investigación, fueron considerados como entrada para procesos de desarrollo de sistemas para el aprendizaje electrónico.

- **Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto** (Objetivos1 y 2; Losavio y Esteves, 2015; ver Apéndice 4). A ser publicado en la Revista Sapiens, UPEL-IPMJMSM, en el No. 16, 2015. En este artículo se propuso agregar al Proceso Extendido de Chung (PEC), en Losavio, Matteo y Pacilli (2014) para el diseño arquitectónico centrado en metas, una primera etapa adicional de modelado del negocio, como entrada a la etapa de Análisis del Dominio, obteniendo así los elementos necesarios para completar PEC con la etapa de construcción de una arquitectura genérica que traiga inmersa las características de calidad y los estilos arquitectónicos propios del dominio del software educativo. Sin embargo, esta primera proposición fue sustituida luego por un enfoque más pragmático, para incluir el modelado del negocio en el Marco de Referencia del AE y adaptar un proceso más acorde a la construcción de arquitecturas de referencias, el RA&NF-VAR definido en (Losavio, Ordaz y Esteller, 2015; y Esteller, 2016).
- **Análisis de Requisitos para Software Educativo** (Objetivo 1; Losavio y Esteves, 2014, ver Apéndice 5). Artículo en coautoría con Losavio, presentado y publicado en las actas de la 2da. Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas/CoNCISa 2014, pp 182-186. El artículo propuso el análisis de requisitos para software educativo considerando el modelo del negocio en el área de la Enseñanza de la Física, mostrando así que es posible conciliar los aspectos pedagógicos con los tecnológicos y de contenido.

- **Modelo de negocio en el dominio educativo del aprendizaje electrónico para estudios de postgrado** (relacionado con el proyecto de Tesis; orientó las consideraciones para aplicar la propuesta a un caso de estudio, Objetivo 5; Losavio y Esteves, 2012, ver Apéndice 6). Artículo presentado y publicado en las actas del II Simposio Científico y Tecnológico en Computación SCTC 2012, pp. 203-210, conjuntamente con Losavio. En esta contribución se describieron los pasos y elementos a considerar para el análisis de los procesos del negocio educativo relativos a la UPEL (Universidad Pedagógica Experimental Libertador) y se obtuvo un modelo del negocio inicial para los estudios de postgrados de esta universidad.

Ahora bien, la Tesis Doctoral desarrollada se presenta en este documento donde se detalla el proceso de investigación llevado a cabo y los resultados obtenidos; el mismo se estructura en seis capítulos. En este **primer capítulo** se ofreció una introducción general de la investigación, el planteamiento del problema, los objetivos de la investigación, la metodología de investigación utilizada y los productos parciales obtenidos.

Un **segundo capítulo** donde se analizan los elementos conceptuales de las plataformas para el AE, se presenta el estado del arte en cuanto a las diferentes AR para el AE; se presentan las características generales para plataformas para el AE y el modelo de calidad del dominio del AE, EL-DQM, como adaptación del estándar de calidad ISO/IEC 25010.

En el **tercer capítulo** se presenta el modelado del negocio para el dominio del AE, donde se especifican los procesos de negocio y los aspectos que se deben considerar en el modelado del negocio educativo.

En el **cuarto capítulo** se muestra el proceso de desarrollo de una arquitectura de referencia para el AE donde se especifica el proceso MN-AR y los pasos y artefactos de este proceso.

En el **quinto capítulo** se presenta la aplicación paso a paso del proceso MN-AR planteado a través de un caso de estudio en el dominio del AE.

Por último, un **sexto capítulo** presenta las conclusiones, destacándose los aportes del trabajo, las limitaciones y las perspectivas, como líneas abiertas de investigación en el área. Finalmente se listan las referencias bibliográficas y los Apéndices respectivos. La Figura 2 ilustra gráficamente la organización de este documento.

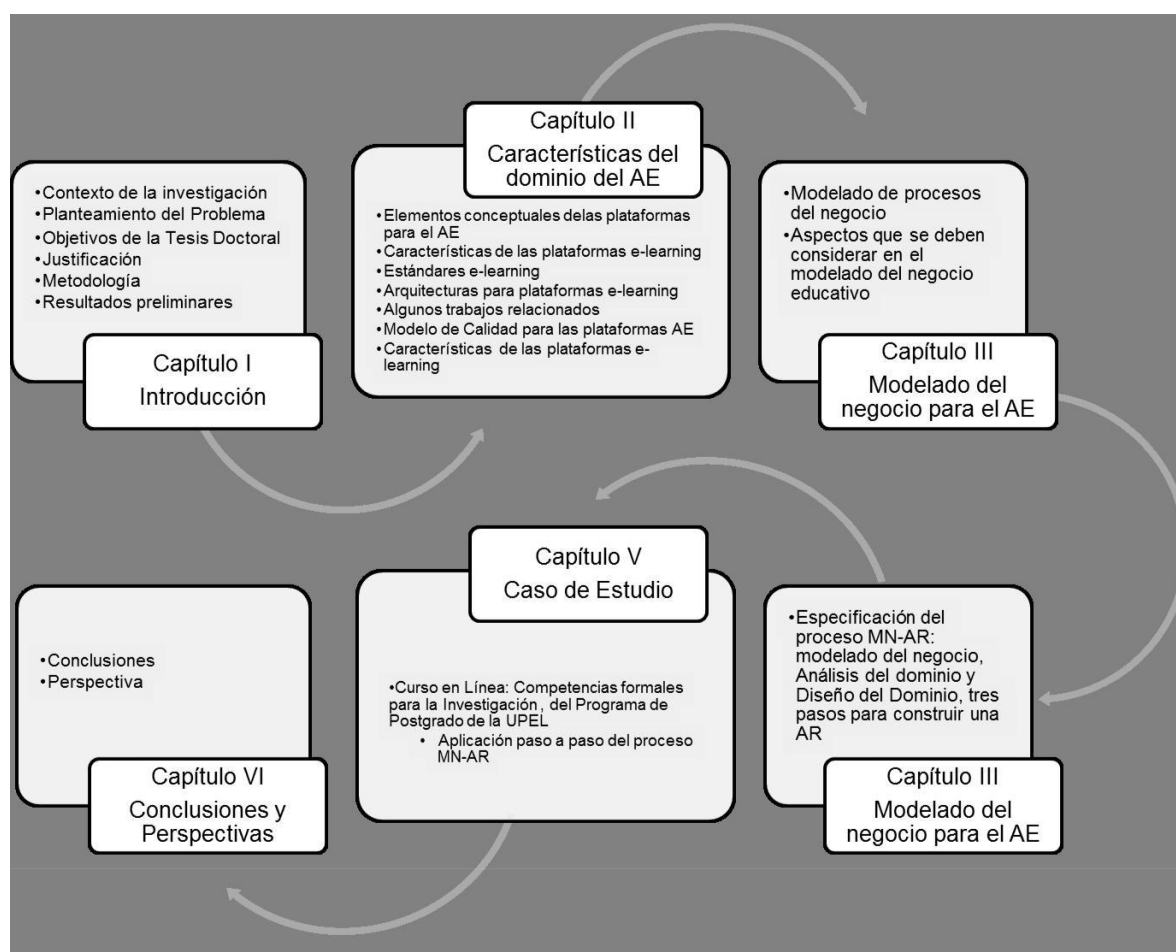


Figura 2. Estructura de la Tesis

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS DEL DOMINIO DEL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO

Desde finales del siglo XX y el comienzo de este siglo se plantea la necesidad de proporcionar acceso a una mayor cantidad de individuos a una educación de calidad, por lo que se han realizado grandes avances al aprendizaje abierto y a distancia al incorporar las TIC³ para mediar el proceso. Estos esfuerzos se han agrupado en un conjunto de teorías y fundamentos del Aprendizaje Electrónico. En este capítulo se discutirá a profundidad sobre los elementos conceptuales y las características de las plataformas para el AE; los estándares e-learning; arquitecturas para plataformas e-learning; se analizan los trabajos relevantes para esta investigación y, por último, se especifica el modelo de calidad para este tipo de plataformas.

2.1 Elementos Conceptuales de las Plataformas para el AE

En general, los sistemas e-learning, deben considerar los siguientes elementos relativos a la tecnología:

- La *comunicación* puede establecerse de manera *síncrona o asíncrona*. Los sistemas síncronos son aquellos que generan comunicación entre usuarios en tiempo real, como “chats” o videoconferencias. Los asíncronos no generan comunicación en tiempo real, pero ofrecen la posibilidad de que las aportaciones de los usuarios queden grabadas. El correo electrónico y los foros son algunas de las herramientas que usan este tipo de comunicación.
- Las *plataformas de aprendizaje electrónico, plataformas e-learning o entornos de desarrollo e-learning*; son ambientes o entornos de desarrollo de aplicaciones Web, con arquitectura tipo LAMP (Linux, Apache, MYSQL, PHP o similares), que incluyen componentes básicos de hardware/software para su funcionamiento: Sistema Operativo, Servidor Web, Base de Datos

³Tecnología de Información y Comunicación

(BD), lenguaje de programación y mecanismos y/o protocolos para la transmisión en redes; LAMP se utiliza para la creación de aplicaciones Web y es el soporte para el desarrollo de sistemas e-learning. En nuestro contexto, la AR es el eje central, incluida en la plataforma, que articula o integra los componentes de software para derivar sistemas e-learning completos, que pertenecen a familias de sistemas similares en ese dominio, utilizando estas plataformas. Por lo tanto, la mayoría de los sistemas e-learning se pueden definir como aplicaciones Web, bajo una plataforma tipo LAMP (ver Figura 3).

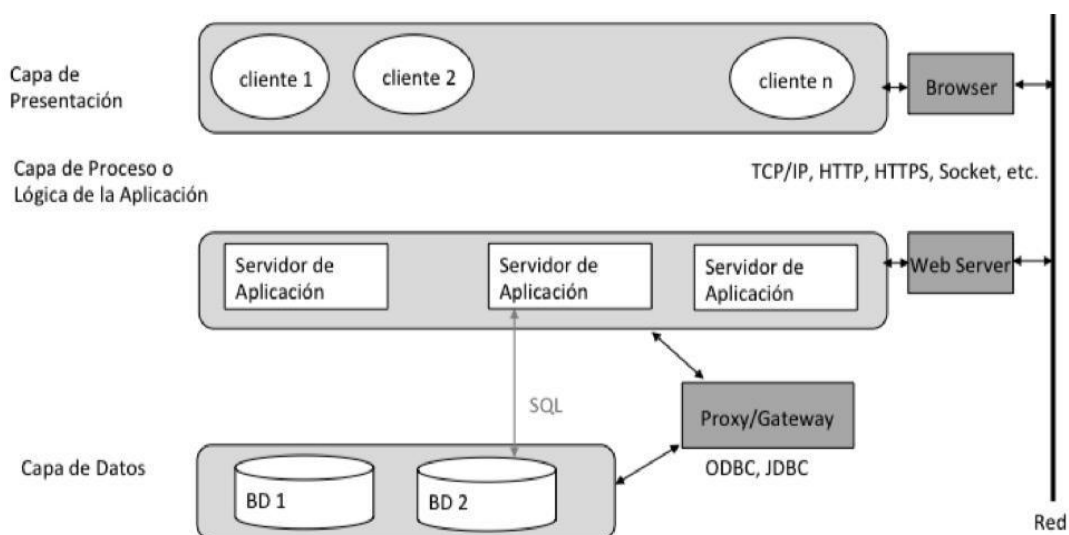


Figura 3. Arquitectura híbrida basada en eventos, SOA/Capas que se adapta al dominio e-learning (Esteves y Losavio 2016b)

- En la AR se destacan los componentes de alto nivel que “resuelven” los requisitos funcionales (RF) y los componentes de soluciones arquitecturales, que se introducen para satisfacer las propiedades de calidad o *requisitos no funcionales (RNF)* requeridas por las funcionalidades representadas por los componentes de alto nivel, como mantenibilidad, facilidad de uso, escalabilidad, interoperabilidad, etc. La arquitectura articula todos los componentes del sistema, la gestión de usuarios, cursos y

los servicios de comunicación. En la literatura se encuentra el uso indistinto de los términos plataforma, arquitectura y sistema e-learning.

Son ejemplos de plataformas e-learning: el CMS⁴ Moodle (2016), los LMS⁵: Saba (2016), SumTotal (2016) y algunos LMCS⁶, como Evolution (2016), ForceTen (2016); TEC Digital⁷ (la plataforma LMS de TEC), basada en .LRN, es una solución en código abierto que fue desarrollada en el MIT (Chacón, 2015).

Los sistemas e-learning han evolucionado en tres etapas (Boneu, 2007):

- *Primera etapa*: los sistemas CMS (*Content Management Systems* o *Course Management Systems*), son los más básicos dentro de las plataformas e-learning y permiten la generación de sitios Web dinámicos. El objetivo de estos sistemas es la creación y gestión de información en línea (textos, imágenes, gráficos, videos, sonido, etc.). También se caracterizan por ser asíncronos, es decir no poseer herramientas elaboradas de colaboración (foros, “chats”, diarios, etc.) en tiempo real.
- *Segunda etapa*: los sistemas LMS (*Learning Management Systems*) o *sistemas de gestión de aprendizaje* aparecen a partir de los CMS, son sistemas instalados en un servidor Web que se emplean para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación no presencial de una institución u organización, permitiendo el uso de herramientas que gestionan interacciones síncronas y también asíncronas entre los participantes. Las principales funciones del LMS son: gestionar usuarios, recursos, así como materiales y actividades de formación, administrar el acceso, controlar y hacer seguimiento del proceso de aprendizaje, realizar evaluaciones, generar informes, gestionar servicios de comunicación, como foros de discusión, videoconferencias, entre otros. Un LMS generalmente, no incluye posibilidades de autoría (crear sus propios contenidos), sino que

⁴Content Management System

⁵Learning Management System

⁶Learning Content Management System

⁷ Proyecto e-learning del Instituto de Tecnología de Costa Rica

se focaliza en gestionar contenidos ya creados por fuentes diferentes. Están orientados al aprendizaje y a la educación, proporcionando herramientas para la gestión de contenidos académicos, permitiendo mejorar las competencias de los usuarios de los cursos y su intercomunicación, en un entorno donde es posible adaptar la formación a los requisitos de la empresa y al propio desarrollo profesional. Disponen de herramientas que permiten la distribución de cursos, recursos, noticias y contenidos relacionados con la formación general.

- *Tercera etapa:* los sistemas LCMS (*Learning Content Management Systems*) integran las funcionalidades de los CMS (creación) y los LMS, que incorporan la gestión (manejo) de contenidos de un programa de educación, por ejemplo un curso, en un nivel específico de formación, para personalizar los recursos de cada estudiante y donde las empresas se convierten en su propia entidad editora, con autosuficiencia en la publicación del contenido de una forma sencilla, rápida y eficiente, resolviendo los inconvenientes de los anteriores sistemas. Ofrecen facilidad en la generación de los materiales, flexibilidad y adaptabilidad a los cambios, control del aprendizaje y un mantenimiento actualizado del conocimiento. Los LCMS utilizan el lenguaje XML y generalmente siguen estándares de enseñanza digital como IMS⁸ y SCORM⁹; añaden técnicas de gestión de conocimiento al modelo de los LMS en ambientes estructurados y diseñados para que las organizaciones puedan implementar mejor sus procesos y prácticas, con el apoyo de cursos, materiales y contenidos en línea. Permiten una creación muy eficiente por parte de sus desarrolladores, expertos colaboradores o instructores que participan en la creación de contenidos.

⁸IMS Global Learning Consortium (IMS GLC) es una organización internacional sin ánimo de lucro (1995); persigue fomentar a nivel global el crecimiento y el impacto de tecnologías del aprendizaje en ámbitos educativos y de formación en empresas.

⁹ SCORM (Sharable Content Object Reference Model) es un conjunto de estándares y especificaciones técnicas que permite la interoperabilidad de contenidos u objetos pedagógicos estructurados para e-learning.

2.2 Plataformas E-Learning

Concebidas como la infraestructura de software y hardware que dan soporte al AE, poseen cuatro características básicas, e imprescindibles, que cualquier plataforma e-learning *debería* tener, se destacan sus correspondencias con las características de calidad estándar del ISO/IEC 25010, ver Figura 1:

- *Interactividad*: conseguir que la persona que está usando la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación (estudiante) o de contribuir a una formación (docente). Tiene que ver con la facilidad de uso.
- *Flexibilidad*: el sistema debe adaptarse fácilmente en la organización donde se quiere implantar. Esta adaptación debe considerar la estructura de la institución, los planes de estudio de la institución y los contenidos y estilos pedagógicos de la organización. Tiene que ver con la facilidad de ser modificado (mantenibilidad).
- 1. *Escalabilidad*: debe funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios. Tiene que ver con el rendimiento en cuanto a la capacidad.
- 2. *Interoperabilidad*: la plataforma debe ser capaz de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos están disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar. Tiene que ver con la compatibilidad.

Otras características generales observables en las plataformas de e-learning son:

- *Código abierto*: para poder ver y modificar el código fuente base de la aplicación. Tiene que ver con la facilidad de ser modificado (mantenibilidad).
- *Plataforma gratuita*: el uso de la plataforma debería suponer ningún gasto adicional a la organización educativa, ni a los estudiantes. El costo es una propiedad asignada al software, no es una característica de calidad

intrínseca del software (ISO/IEC, 2011). Propiedades *asignadas*, según ISO/IEC 25010, no son propiedades de calidad; en cambio, todas las propiedades de calidad de la Figura 1 son propiedades *inherentes* al producto de software.

- *Internacionalización o arquitectura multi-idioma*: la plataforma debería estar traducida, o se debe poder traducir fácilmente, para que los usuarios se familiaricen con ella. Tiene que ver con la facilidad de uso.
- *Tecnología para la programación*: destacan en este orden los lenguajes *Open Source* para el desarrollo de aplicaciones Web, PHP, Java, Perl y Python. Se refiere a una regla o restricción impuesta generalmente por el negocio; tiene que ver con la portabilidad y la mantenibilidad.
- *Amplia comunidad de usuarios y documentación*: la plataforma debe contar con el apoyo de comunidades dinámicas de usuarios, con foros de usuarios, desarrolladores, técnicos y expertos. Tiene que ver con el rendimiento en cuanto a la capacidad.

2.3 Estándares E-Learning

Los estándares son acuerdos internacionales que contienen las especificaciones técnicas y de calidad que deben reunir todos los productos y servicios para cumplir satisfactoriamente con sus propósitos y para competir internacionalmente en condiciones de igualdad. El objetivo primordial al crear un estándar es evitar que intereses privados determinen normas y garantizar la comunicación entre los diferentes dispositivos y/o plataformas con los denominados estándares oficiales; el uso de un estándar particular por un organismo se puede considerar una regla del negocio. Los estándares permiten:

- Una base de comparación
- Una medida de la calidad, cantidad o nivel
- Un consenso de opiniones

- Un lenguaje común

Con respecto a los estándares e-learning, se ha observado la ausencia de metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas comunes y aceptadas, que garanticen los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad o evolución y reutilización de los materiales curriculares encontrados en las redes (Otón, 2006; Del Blanco, 2014).

Las principales razones que impulsan la creación de estándares en el área del e-learning están dirigidos a la protección de la inversión, portabilidad de las plataformas e interoperabilidad de los contenidos, flexibilidad de adaptación de las plataformas a la infraestructura tecnológica existente, intercambiar información a través de una amplia variedad de LMS o LCMS, accesibilidad, garantizar la reutilización de los cursos, facilitar la adaptación o personalización del sistema de aprendizaje y mejorar la productividad al incrementar la efectividad y reducir el tiempo y costo (Rehak, 2003; Hodgins, 2001).

Para estos mismos autores, los estándares en e-learning no son totalmente sólidos ni están definidos en estos momentos. El trabajo para las especificaciones de estándares e-learning debería centrarse en los siguientes temas:

- *Repositorio de Contenidos*: para tener repositorios de objetos de aprendizaje reutilizables, de tal manera que puedan ser agrupados en objetos de aprendizajes interoperables, adaptables y expedidos por cualquier plataforma e-learning; antes deberán resolverse los problemas de interoperabilidad entre los sistemas que quieran compartir sus contenidos.
- *Internacionalización y Localización*: se requiere la creación de estándares culturalmente neutrales (internacionalización) y la adaptación de los estándares a las necesidades locales.
- *Programas de certificación*: Existe un creciente énfasis en crear test de compatibilidad y programas de certificación. ADL (*Advanced Distributed Learning*) está trabajando en un programa de certificación. Actualmente

existen los programas de certificación de AICC (*Aviation Industry Computer Based Training Committee*).

- *Arquitectura*: La industria del e-learning ha estado creciendo sin tener una clara visión de los componentes del sistema y de la forma en que interactúan. La necesidad de definir una arquitectura global o de referencia es crítica para la evolución del desarrollo de estándares (Otón, 2006).

Los organismos de estandarización sobre e-learning más importantes son:

AICC, IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) con el grupo de trabajo LTSC (*Learning Technology Standards Committee*), IMS (*Instructional Management System*) Global Learning Consortium, ADL, ARIADNE (*Alliance of Remote Instructional Authoring and Distribution Networks for Europe*), ISO (*International Standards Organization*), con el subcomité SC36 denominado “*Information Technology for Learning, Education and Training*”.

Estos organismos pretenden cubrir un amplio espectro de necesidades de definición: estructura de cursos, contenidos reutilizables (interoperables), metadatos, arquitecturas de plataformas e intercambio de datos.

2.4 Arquitecturas para Plataformas E-Learning

Los sistemas e-learning deben estar soportados por una arquitectura que cumpla con las siguientes características (sintetizadas por CISCO, 2001):

- *Abierta*. Debe soportar la *interoperabilidad* entre distintos proveedores de soluciones y basada en los estándares de organizaciones como AICC, IMS, ADL e IEEE.
- *Escalable*. Sus funciones respecto a la *capacidad* deben poder ser ampliadas cuando sea necesario.
- *Global*. Debe poder ser utilizada en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento con igual facilidad. Implica la portabilidad y la compatibilidad.

- *Integrada*. Debe integrarse con distintas infraestructuras de red y otras aplicaciones de seguridad, recursos humanos, etc. Implica la portabilidad y la interoperabilidad.
- *Flexible*. Debe poder adaptarse a nuevos requisitos y procesos, nuevas tecnologías y nuevos proveedores de soluciones. Implica la mantenibilidad.
- *Adaptable*. En un mundo en constante desarrollo, debe ser de rápida y fácil implantación en organismos, empresas y entidades educativas. Implica la portabilidad.

Rosenberg (2006) considera como elementos para el diseño de arquitecturas de e-learning la necesidad de la flexibilidad y adaptabilidad de estos sistemas a los cambios del entorno, de las tecnologías y de los contenidos. Los aportes de SkillSoft (2006) apuntan a la necesidad de integrar tecnología, contenidos y servicios; y Sotelo *et al.* (2015) es indispensable la reutilización de recursos externos en los LMS para extender cantidad y calidad de los servicios educativos. Microsoft, desde finales del siglo pasado apuntaba a obtener sistemas integrados, controlables, fáciles de usar, adaptables a las nuevas tecnologías y escalables en función de las necesidades de crecimiento (Microsoft, 2000).

En este sentido, las últimas propuestas arquitecturales apuntan al diseño de aplicaciones basado en servicios o aplicaciones Web que utilizan como componentes servicios, junto con sistemas y aplicaciones clásicas no Web. Un servicio es un tipo de componente de software reutilizable que proporciona, a otros componentes o aplicaciones, un conjunto de funciones u operaciones que se invocan a través de una interfaz de programación ofrecida por el servicio. La Arquitectura Orientada a Servicios (*Service Oriented Architecture – SOA*; Canfora y Di Penta, 2006), es un modelo o marco de referencia para la integración de aplicaciones empresariales clásicas. SOA sigue una arquitectura de estilo híbrido (Shaw y Garlan, 1995): capas, eventos y un modelo cliente-servidor para la distribución; facilita el desarrollo de nuevas aplicaciones reutilizables que resuelven problemas de integración de sistemas empresariales, a través de

aplicaciones independientes y distribuidas de manera que desde la red pueda accederse a sus funcionalidades, las cuales se ofrecen como servicios.

2.5 Trabajos Relacionados Relevantes para esta Investigación

Presentamos a continuación tres trabajos relacionados con la especificación de arquitecturas de referencia existentes para el dominio e-learning (Esteves y Losavio, 2016a; Esteves y Losavio, 2016b).

2.5.1 UKeU, E-Learning Framework

UKeU es un marco de referencia basado en estándares abiertos que permite una completa separación de los diferentes componentes y las implementaciones del mercado. Permite a las empresas seleccionar soluciones para cada componente y como integrarlas en una solución e-learning (UKeU, 2002; SUN Microsystems, 2003). Los componentes de este framework, utilizan diferentes bases de datos.

UKeU es similar al framework definido en Wilsom, Oliver, Jeyes y Powell (2004) y es estructurada en 4 capas, donde cada una describe los servicios para realizar tareas específicas en un área del e-learning; las 4 capas se describen a continuación (ver Figura 4):

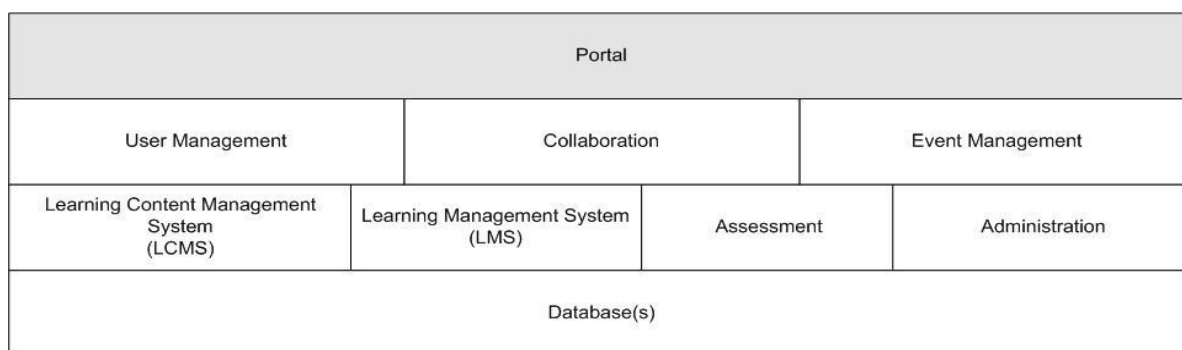


Figura 4. UKeU E-Learning Framework (UKeU, 2002)

- Capa 1: Portal

Es un “Front-End”; proporciona un solo punto de entrada para los usuarios a los diferentes servicios del framework y es responsable de la autenticación; el acceso se basa en un perfil de usuario.

- Capa 2: Servicios de Comunicación

Son servicios generales que todos necesitan, no están relacionados con ninguna función pedagógica y no deben ser integrados con elementos pedagógicos. Se distinguen tres servicios: (a) User Management (Gestión del usuario) que autoriza los usuarios, asigna privilegios y establece su único ID; (b) Collaboration (Colaboración) que proporciona interfaces asíncronas entre todos los usuarios y (c) Event Management (Gestión de Eventos) que provee funciones de calendario, planificación y recordatorio para los usuarios.

- Capa 3: Learning Services (Servicios de aprendizaje)

Provee el “core” o núcleo de funcionalidades básicas de los sistemas e-learning; se distinguen 4 servicios:

- Learning Content Management System (LCMS) permite a los autores registrar, almacenar, ensamblar manejar, empaquetar y publicar contenidos educativos.
- Learning Management System (LMS) registra usuarios, provee cursos en catálogos, registra datos de estudiantes y proporciona facilidades de búsqueda y edición de informes.
- Assessment System (Sistema de Evaluación) mide el rendimiento del estudiante contra objetivos específicos mediante diversas herramientas.
- Learning Administration System (Sistema de Administración del aprendizaje) actúa como una interfaz hacia otros sistemas como Sistemas de Recursos Humanos (HR-systems).

- Capa 4: Base (s) de Datos o Database(s)

2.5.2 Modelo para Sistemas Instruccionales basados en Web o Web-Based Instructional System (WbIS)

WbIS es un sistema instruccional que incorpora componentes organizacionales, instruccionales y tecnológicos para soporte y automatización parcial de un proceso instruccional en un área (Retails y Avgeriou, 2002). Se enfoca la perspectiva de TIC y no en la teoría del aprendizaje. Se describe un modelo en el cual el sistema se divide en cuatro subsistemas, aclarando en cada subsistema como usuarios, recursos de aprendizaje e infraestructura técnica pueden trabajar conjuntamente en el proceso instruccional; los autores incorporan en WbIS:

- la especificación de una solución en términos no técnicos; la definición de una solución no técnica a un problema instruccional se genera uniendo cinco elementos de aprendizaje interrelacionados: objetivos, eventos didácticos, syllabus (“contrato” entre miembros de una Facultad y sus estudiantes, para contestar preguntas acerca de un curso e informar lo que ocurre si no aprueban el curso), procedimiento de evaluación, prelación, precios, restricciones técnicas, etc.; esta solución define los requisitos para el WbIS que se va a construir (Solución Abstracta en la Figura 5).
- la transformación de la solución no técnica en una técnica (la arquitectura del sistema de software que conforma los 4 subsistemas en la Figura 5):
 - *Subsistema humano* que describe los roles de cada usuario involucrado en el proceso instruccional.
 - *Subsistema de recursos de aprendizaje basado en web*, que son los diferentes recursos de aprendizaje online.
 - *Subsistema de recursos de aprendizaje no web*, como textos, libros, DVD, etc.

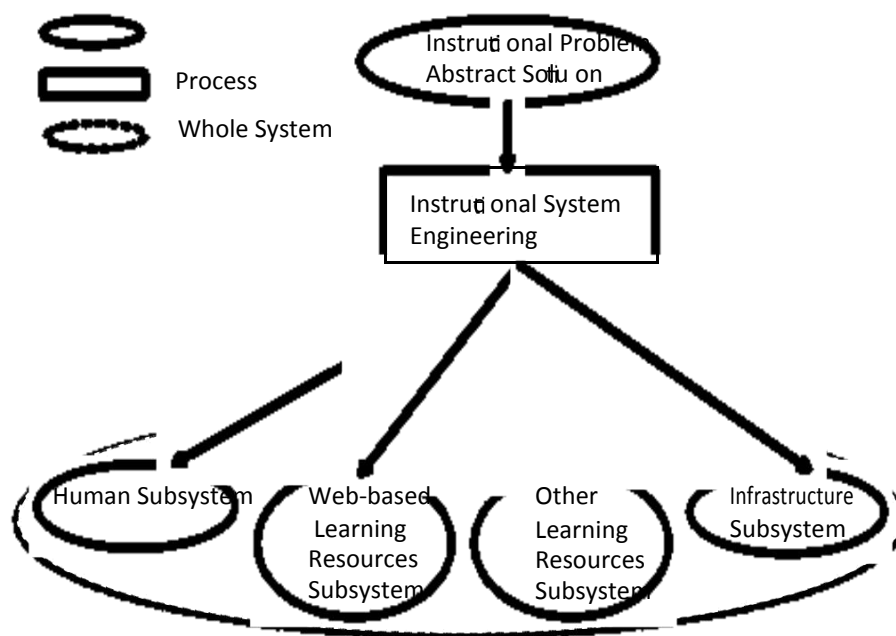


Figura 5. Proceso para Crear la Arquitectura de un Sistema Instruccional (Retails y Avgeriou, 2002)

- *Subsistema de infraestructura técnica*, que se subdivide en *infraestructura común* (sitios que soportan aprendizaje en línea para estudiantes en general, como redes, etc., y *especial*, como sistemas de conferencia multimedia, componentes específicos de hardware, LMS específicos, etc., para resolver una problema particular de enseñanza (Ford y Gibbs, 1996). Retails y Avgeriou (2002), adecúan su propuesta al framework estándar LTSA (IEEE, 2002), el cual se describe a continuación.

2.5.3 LTSA (Learning Technology System Architecture): IEEE P1484-1 Standard

LTSA describe una arquitectura en cinco capas de alto nivel para sistemas de aprendizaje tecnológicos (ver Figura 6). Describe una solución en términos de una perspectiva de información tecnológica y es por lo tanto independiente respecto a aspectos pedagógicos, de contenido, culturales y de plataforma (IEEE, 2002).

De las 5 capas, la capa 3 es obligatoria para este estándar; identifica los componentes de la arquitectura (funcionalidades principales que deben estar presentes) en cuatro procesos:

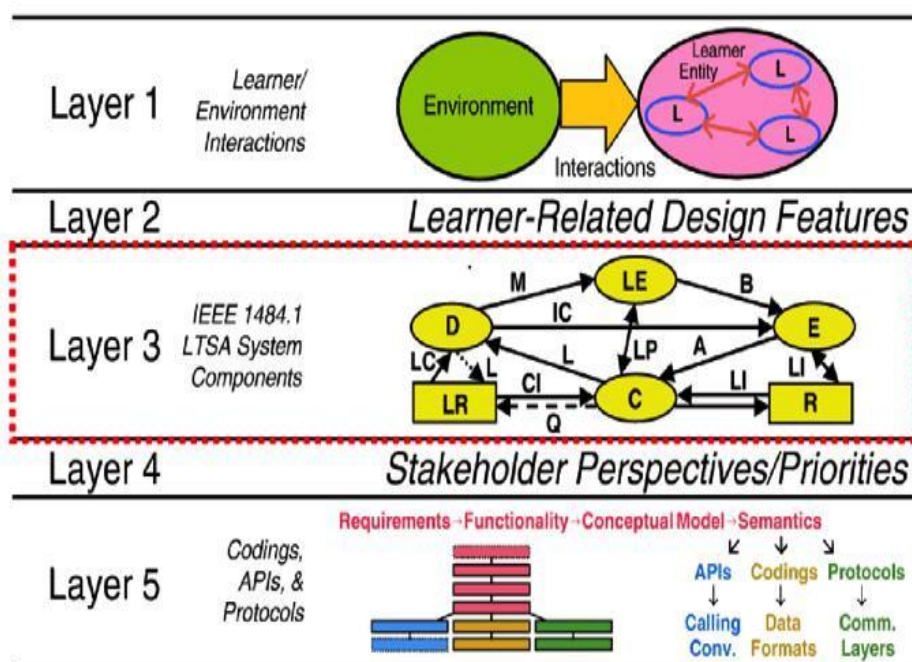


Figura 6. LTSA: IEEE P1484-1 Standard (IEEE, 2002)

D: Delivery (Entrega), LE: Learning Entity (Entidad de Aprendizaje), E: Evaluation (Evaluación) y C: Coach (Monitoreo); y dos almacenamientos de aprendizaje: Recursos y Registros.

Las relaciones son M: Multimedia, B; Behavior (Comportamiento): IC: Interaction Context (Contexto de Interacción), LP: Learning Parameters (Parámetros de Aprendizaje), L: Locator (Localizador), A: Assessment (Evaluación), LC: Learning Content (Contenidos), CI: Catalog Info (Información del Catálogo), Q: Query.

El Modelo WbIS y el framework UKeU se centran en el área de la educación superior; LTSA es un estándar ampliamente adoptado que facilita la integración con otros sistemas para la educación (IEEE, 2002). Habraken (2008), propone

combinar WbIS y UKeU, para un framework que incluya también la educación en otro tipos de organizaciones no académicas (ver Figura 7); luego también adecúan su propuesta a la conformidad con la LTSA. No presentan ningún método específico de desarrollo para el diseño arquitectónico del ambiente de aprendizaje propuesto, pero toman en cuenta las propiedades de calidad y consideran las soluciones arquitecturales.

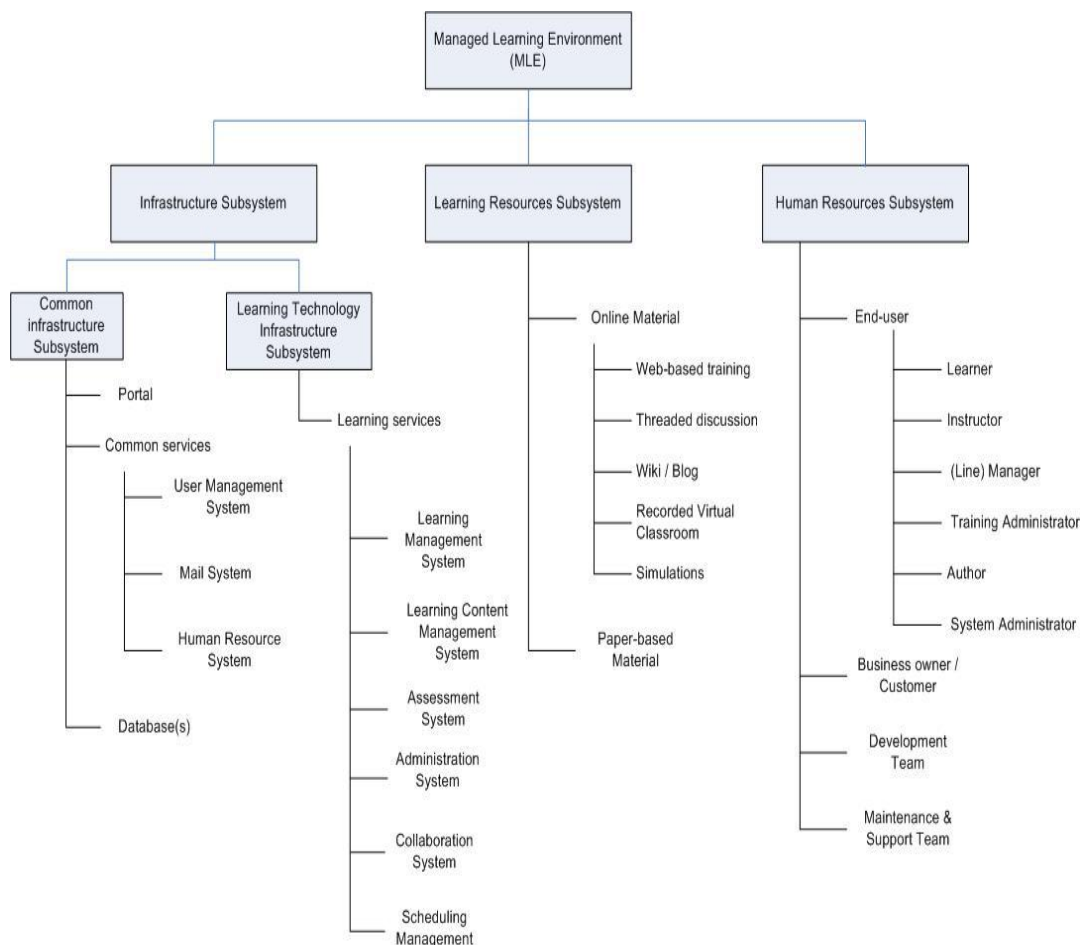


Figura 7. Modelo para un Ambiente de Aprendizaje Gestionado (del inglés: MLE: Managed Learning Environment; Habraken, 2008)

En resumen, de acuerdo con Esteves y Losavio (2016b), una Arquitectura de Referencia para e-learning debería conformarse al estándar LTSA (IEEE, 2002); sin embargo también se observa, como es común en la mayoría de los estándares y frameworks, que no se propone ninguna técnica o método de diseño

específico para llegar a la AR, como correspondería a las buenas prácticas de la Ingeniería del Software, tampoco se toman en cuenta explícitamente los requisitos de calidad exigidos en el dominio y el modelo del negocio es considerado muy ligeramente, solo en (Habraken, 2008). En nuestro trabajo, lo que se quiere resaltar justamente es un enfoque sistemático y repetible de diseño, el cual además permita asegurar la calidad y su trazabilidad desde el modelo del negocio, para construir una AR que soporte la evolución. Sin embargo, como se considera actualmente la LTSA un estándar (IEEE, 2002), una vez construida la AR, se realizará un paso adicional, para su adecuación con este estándar.

Debe notarse que ninguno de los marcos de referencias presentados anteriormente es representado en una notación estándar, lo cual dificulta el entendimiento en general.

2.6 Modelo de Calidad para Plataformas E-Learning

El modelo de calidad del producto de software, de acuerdo al estándar ISO/IEC 25010 fue presentado en la Figura 1. En el caso del e-learning, el modelo de calidad EL-DQM (del inglés E-Learning Domain Quality Model) presentado en el Cuadro1, es extraído de las características del dominio, presentadas en la sección 2.2, adecuándolos al estándar ISO/IEC 25010 y mostrando la prioridad p ($1 \leq p \leq 3$, 1 máxima prioridad).

Cuadro 1. **Modelo de Calidad para el Dominio E-Learning: EL-DQM**

<i>Característica de calidad</i>		<i>Sub-característica(s) de calidad</i>	<i>Prioridad $1 \leq p \leq 3$, 1 máxima prioridad</i>
Funcionalidad. Capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas, cuando el producto se usa en las condiciones especificadas	Capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas, cuando el producto se usa en las condiciones especificadas	- Idoneidad: Capacidad del producto software para proporcionar un conjunto apropiado de funciones para tareas y objetivos de usuario especificados	1
		- Corrección-precisión: Capacidad del producto o sistema para proveer resultados correctos con el nivel de precisión requerido.	2
Facilidad de uso.	Capacidad del	- Inteligibilidad: Capacidad del	1

Cuadro 1. Modelo de Calidad para el Dominio E-Learning: EL-DQM

<i>Característica de calidad</i>	<i>Sub-característica(s) de calidad</i>	<i>Prioridad $1 \leq p \leq 3$, 1 máxima prioridad</i>
producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones.	producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad	
	- Aprendizaje (ser fácil de aprender): Capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación	1
	- Protección de errores: Capacidad del sistema para proteger a los usuarios de hacer errores	3
Rendimiento o Eficiencia. Esta característica representa el desempeño relativo a la cantidad de recursos utilizados bajo determinadas condiciones.	- Ser atractivo: Capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario.	2
	- Rendimiento en tiempo: Los tiempos de respuesta y procesamiento y los ratios de <i>throughput</i> de un sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo condiciones determinadas en relación con un banco de pruebas (<i>benchmark</i>) establecido	2
	- Capacidad-escalabilidad: Grado en que los límites máximos de un parámetro de un producto o sistema software cumplen con los requisitos.	1
Portabilidad.Capacidad del producto o componente de ser transferido de forma efectiva y eficiente de un entorno hardware, software, operacional o de utilización a otro	- Adaptabilidad: Capacidad de un activo que permite que sea utilizado en más de un sistema software o en la construcción de otros activos	1
Fiabilidad.Capacidad de un sistema o componente para desempeñar las funciones especificadas, cuando se usa bajo unas condiciones y periodo de tiempo determinados	- Disponibilidad: Capacidad del sistema o componente de estar operativo y accesible para su uso cuando se requiere.	2

Cuadro 1. Modelo de Calidad para el Dominio E-Learning: EL-DQM

<i>Característica de calidad</i>	<i>Sub-característica(s) de calidad</i>	<i>Prioridad $1 \leq p \leq 3$, 1 máxima prioridad</i>
Compatibilidad. Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y/o llevar a cabo sus funciones requeridas cuando comparten el mismo entorno hardware o software.	-Interoperabilidad: Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.	1
Seguridad. Capacidad de protección de la información y los datos de manera que personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos	- Confiabilidad: Capacidad de protección contra el acceso de datos e información no autorizados, ya sea accidental o deliberadamente.	2
	- Autenticación: Capacidad de demostrar la identidad de un sujeto o un recurso.	1
	- Integridad: Capacidad del sistema o componente para prevenir accesos o modificaciones no autorizados a datos o programas de ordenador	2
Mantenibilidad. Esta característica representa la capacidad del producto software para ser modificado efectiva y eficientemente, debido a necesidades evolutivas, correctivas o perfectivas	- Modificabilidad: Capacidad del producto que permite que sea modificado de forma efectiva y eficiente sin introducir defectos o degradar el desempeño	2
	- Reuso: Capacidad de un activo que permite que sea utilizado en más de un sistema software o en la construcción de otros activos.	3

NOTA: las definiciones de las Características y sub-características de calidad, fueron tomadas de <http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010?limit=3&start=6> y se presentan aquí como traducción al castellano “no oficial” del estándar

Esta jerarquización de características de calidad, se resume en la Figura 8 que se muestra a continuación.

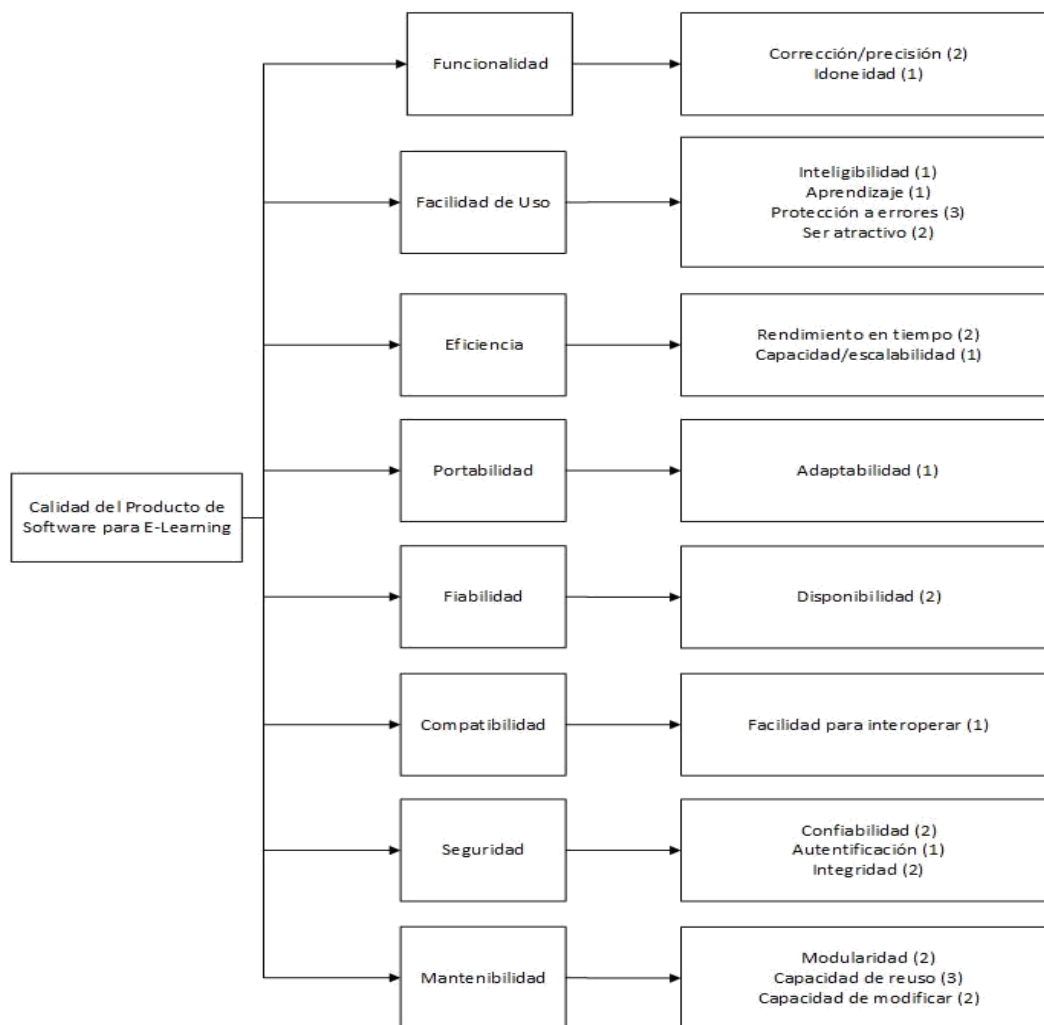


Figura 8. EL-DQM: Modelo de Calidad ISO/IEC 25010 Adaptado al Dominio E-Learning (Esteves y Losavio, 2016b).

2.7 Características de las Plataformas E-Learning

En el Cuadro 2 se presenta el análisis de algunos sistemas de Software Educativos (SE) donde se muestran las características de calidad prioritarias, de acuerdo con el tipo de sistema educativo, entre los cuales están presentes los sistemas e-learning, junto con las soluciones arquitecturales requeridas por estos sistemas; esta información, junto con las características que serán obtenidas del modelo del negocio, nos permitirá precisar un modelo de calidad para el dominio de los sistemas e-learning, y expresarlas mediante una adaptación o instanciación

del modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010 (ver Cuadro1). El modelo de calidad del dominio será utilizado en etapas posteriores, para dirigir el proceso de desarrollo completo de AR en el dominio e-learning (Losavio y Esteves, 2015).

Cuadro 2. Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias especificadas por ISO/IEC 25010</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
<i>Programas tutoriales (Programas didácticos, plataformas e-learning, entre otros)</i>	Dirigen el trabajo de los estudiantes y controlan en todo momento su actividad	Programas lineales	Son poco interactivos, se limitan a presentar una secuencia de información o ejercicios.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad	Su diseño sigue procesos menos formales. Se pueden realizar para satisfacer necesidades instruccionales particulares	Capas, MVC, sistema "stand-alone"
		Programas ramificados	Ofrecen más opciones de interacción, al ordenar el material según la complejidad (son multinivel).	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (Tiempo) - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad		Capas, MVC, sistema "stand-alone"
		Entornos virtuales	Proporcionan herramientas de búsqueda y de proceso de la información que pueden utilizarse libremente para construir las respuestas. Un ejemplo de este tipo de software, son los entornos de resolución de problemas.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Portabilidad (adaptabilidad) - Fiabilidad (Disponibilidad)	Ofrecen la posibilidad de digitalizar la realidad para compartir información y comunicarse con otros entornos	Event-driven (SOA); Web Services
		Sistemas tutoriales expertos	Tienden a reproducir un diálogo auténtico entre el programa y el estudiante; pretenden comportarse como lo haría un tutor humano: guían al estudiante paso a paso en el proceso, analizan su estilo de aprendizaje y sus errores, proporcionando respuestas en función de esa	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad - Fiabilidad (Disponibilidad)	Son los más utilizados para mediar el aprendizaje electrónico, han avanzado desde las plataformas para mediar el aprendizaje de contenidos, hasta los campus virtuales.	Event-driven (SOA); Web Services

Cuadro 2. Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias especificadas por ISO/IEC 25010</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
			interacción. Están basados en Inteligencia Artificial.			
<i>Bases de datos (Google scholar, EBSCO, entre otros)</i>	Proporcionan datos organizados, en un entorno estático, según determinados criterios; facilitan su exploración y consulta selectiva.	Bases de datos convencionales	Almacenan la información en ficheros, mapas o gráficos. El usuario la utiliza según su criterio.	- Seguridad - Fiabilidad (disponibilidad) - Mantenibilidad - Portabilidad (adaptabilidad)	Suelen utilizarse en las bibliotecas para organizar la información presentada en sus ficheros.	Repositorio
		Bases de datos tipo sistema experto	Recopilan la información existente de un tema concreto y además asesoran al usuario cuando accede buscando determinadas respuestas.	- Seguridad - Fiabilidad (disponibilidad) - Mantenibilidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo)	Los repositorios de datos, que preservan la memoria académica de las instituciones educativas, son cada vez más utilizados	Repositorio
<i>Simuladores (Physlets, realidad virtual, etc.)</i>	Presentan un modelo o entorno dinámico; facilitan la exploración y modificación de datos de situaciones difícilmente accesibles en la realidad.	Modelos físico-matemáticos	Obedecen a leyes representadas por un sistema de ecuaciones deterministas.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad - Fiabilidad (disponibilidad)	Útiles para modelar fenómenos difíciles de reproducir en un laboratorio	Event-driven (SOA); Web Services
		Entornos sociales	Presentan una realidad regidas por leyes no del todo deterministas, se incluyen juegos de estrategias, por ejemplo, que exigen acciones cambiantes.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad	Los simuladores de vuelo, así como algunos juegos colectivos, útiles para el aprendizaje de las normas deportivas.	Event-driven (SOA); Web Services
<i>Constructores (Visual basic, etc)</i>	Poseen un entorno programable que facilita elementos para construir entornos más complejos.	Constructores específicos	Ponen a disposición una serie de mecanismos de actuación que les permiten llevar a cabo operaciones de un cierto grado de complejidad mediante la construcción de determinados entornos, modelos o	- Funcionalidad - Rendimiento (tiempo) - Facilidad de uso - Mantenibilidad - Portabilidad (adaptabilidad)	Especies de plantillas utilizadas para generar recursos instruccionales	Capas, MVC, sistema "stand-alone"

Cuadro 2. Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias especificadas por ISO/IEC 25010</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
Herramientas (Office, LibreOffice, OpenOffice, etc)	Proporcionan un entorno instrumental con el cual se facilita la realización de ciertos trabajos generales de tratamiento de la información: escribir, organizar, calcular, dibujar, transmitir, captar datos, entre otros.	estructuras				
		Lenguajes de programación	Como LOGO, PASCAL, BASIC..., que ofrecen unos "laboratorios simbólicos" en los que se pueden construir un número ilimitado de entornos.	- Funcionalidad - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad (disponibilidad, madurez, tolerancia a fallas) - Portabilidad (adaptabilidad) - Rendimiento (tiempo)	Mayormente utilizados en las aulas de computación o, en general, de informática educativa o aplicada	Máquina virtual, pipe-filter (compilador)
		Procesadores de texto	Con la ayuda de una impresora, convierten el ordenador en una máquina de escribir	- Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad (disponibilidad, madurez, tolerancia a fallas)	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas, MVC, sistema "stand-alone", <i>plugins</i> .
		Gestores de base de datos	Sirven para generar potentes sistemas de archivo ya que permiten almacenar información de manera organizada y posteriormente recuperarla y modificarla.	- Facilidad de uso - Compatibilidad (interoperabilidad) - Rendimiento (tiempo)	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas con tres niveles: externo, interno y conceptual.
		Hojas de cálculo	Convierten el ordenador en una versátil y rápida calculadora programable, facilitando la realización de actividades que requieran efectuar muchos cálculos matemáticos.	- Funcionalidad (correctitud) - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad (disponibilidad, madurez, tolerancia a fallas)	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas, MVC, sistema "stand-alone"
		Editores gráficos	Se emplean desde un punto de vista instrumental para realizar dibujos,	- Funcionalidad (correctitud) - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas	Capas, MVC, sistema "stand-alone", <i>plugins</i> .

Cuadro 2. Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias especificadas por ISO/IEC 25010</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
			portadas para los trabajos, murales, anuncios, etc.	(interoperabilidad) - Fiabilidad (disponibilidad, madurez, tolerancia a fallas)	tempranas de formación	
		Programas de mensajería	Permiten que equipos lejanos (si disponen de módem) se comuniquen entre sí a través de las líneas telefónicas y puedan enviarse mensajes y gráficos, programas. Ejemplos: "chats", Facebook, wikis, entre otros.	- Seguridad - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad (disponibilidad)	Se usan de manera cotidiana, con o sin fines educativos; muy popular entre los adolescentes	SOA / Web services
		Programas de experimentación asistida	Recogen datos sobre el comportamiento o de las variables que inciden en determinados fenómenos. Permiten construir tablas y elaborar representaciones gráficas de las variables estudiadas.	- Funcionalidad - Compatibilidad (interoperabilidad) - Rendimiento (en tiempo)	Utilizadas mayormente en clases de laboratorio	SOA / Web services

Fuente: Losavio y Esteves (2015)

Como puede verse en el cuadro anterior, son muchas las propuestas referidas a SE, muchos tipos de sistemas de software son utilizados para fines educativos, aunque no hayan sido diseñados para tal fin. A continuación se presentan las correspondencias entre RF con los componentes de software y los RNF con los requisitos o propiedades de calidad según ISO/IEC 2011, que serán realizados luego, también por componentes de software, pero como "funcionalidades implícitas" (ISO/IEC 2011), es decir no percibidas directamente por el usuario. En esta investigación, centraremos nuestra atención en las

plataformas para el aprendizaje electrónico, las cuales, como se dijo anteriormente, deben garantizar los siguientes RNF:

- *Interactividad*: conseguir que la persona que está usando la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación.
 - Se traduce en el RF que corresponde al componente *Interfaz Usuario (UI)*,
 - la cual requiere el requisito de calidad exigido en general a las UI de sistemas interactivos:
 - *Facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje, protección de errores, ser atractiva)*
- *Flexibilidad*: el sistema debe adaptarse fácilmente dentro de la organización donde se quiere implantar y a las TIC utilizadas en la organización. Esta adaptación debe considerar la estructura de la institución, los planes de estudio de la institución ya sus contenidos y estilos pedagógicos y recursos tecnológicos disponibles; debe soportar la evolución.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Mantenibilidad (modificabilidad, reutilización)*
- *Escalabilidad*: debe funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Rendimiento (capacidad-escalabilidad)*
- *Estandarización*: la plataforma debe ser capaz de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos están disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Compatibilidad (interoperabilidad)*.

- *Seguridad*: debe garantizar la confidencialidad de la información, por lo que requiere la autenticación de los usuarios.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Seguridad (confiabilidad, autenticación)*
- *Escalabilidad*: se refiere al volumen de usuarios simultáneos y/o al volumen de transacciones que pueden realizarse.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Rendimiento (capacidad-escalabilidad)*

Otras características generales observables en las plataformas e-learning son:

- *Código abierto*: para poder ver y modificar el código fuente base de la aplicación.
 - Es una regla del negocio. Corresponde a una *restricción* impuesta a los sistemas e-learning que implica adaptabilidad y modificabilidad.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad *Mantenibilidad (modificabilidad, reutilización)*
- *Plataforma gratuita*: el uso de la plataforma no debería implicar ningún gasto adicional a la organización educativa, ni a los estudiantes.
 - Es una regla del negocio. Corresponde a una *restricción* impuesta a los sistemas e-learning.
 - Este RNF se traduce en el requisito de calidad asignado: *costo* (recuérdese que las propiedades asignadas, según ISO/IEC 25010, no son propiedades de calidad; en cambio, todas las propiedades de calidad de la Figura 1 son propiedades inherentes al producto de software).
- *Internacionalización o arquitectura multi-idioma*: la plataforma debería estar traducida, o se debe poder traducir fácilmente al idioma del usuario, para favorecer la inteligibilidad y la capacidad de aprendizaje

- Este RNF se traduce en el requisito de calidad *facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje)*.
- *Tecnología empleada*: en cuanto a la programación, destacan en este orden PHP, Java, Perl y Python, como lenguajes *Open-Source*.
 - Este RNF se traduce en los requisitos de calidad:
 - *Compatibilidad (interoperabilidad)*
 - *Portabilidad (adaptabilidad)*
- *Amplia comunidad de usuarios y documentación*: la plataforma debe contar con el apoyo de comunidades dinámicas de usuarios, con foros de usuarios, desarrolladores, técnicos y expertos.
 - Este RNF se traduce en los requisitos de calidad:
 - *Compatibilidad (interoperabilidad)*
 - *Portabilidad (adaptabilidad)*
 - *Rendimiento (capacidad-escalabilidad)*

Estas características generales de las plataformas e-learning, deben ser consideradas en el establecimiento de las características funcionales y no funcionales del sistema, al especificar el modelo de calidad para el dominio e-learning, adaptando el ISO/IEC 25010 (2011); estas propiedades dirigen el diseño de la arquitectura de referencia (ver Figura 8).

En el Capítulo III, se presenta el modelo del negocio para el dominio e-learning; es posible que en este análisis se reflejen otros requisitos de calidad no observados anteriormente que se agregarían al EL-DQM en caso de existir, pero en el estudio de las características de las plataformas e-learning, en el cual se trata esencialmente de aplicaciones de software, ya se consideraron varias reglas del negocio.

CAPÍTULO III

MODELADO DEL NEGOCIO PARA EL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO

El éxito de las innovaciones en el desarrollo de software, depende altamente del modelo de negocio correspondiente. En particular, en los sectores que evolucionan rápidamente, como el educativo, los modelos de negocio son un elemento clave para la difusión acelerada de las innovaciones. Por lo tanto, es necesario establecerlos como parte importante del proceso de desarrollo.

Mientras que el término modelo de negocio se utiliza ampliamente en la práctica empresarial, la definición, la naturaleza y estructura de los modelos de negocio sigue siendo objeto de debate entre los investigadores. Un modelo de negocio no es una estrategia, pero comprende un número de elementos estratégicos. De acuerdo con Morris, Schindehutte y Allen (2005), un *modelo de negocio* permite (a) conceptualizar la empresa como un conjunto interrelacionado de decisiones estratégicas; (b) buscar relaciones complementarias entre los elementos a través de combinaciones únicas; (c) desarrollar conjuntos de actividades en torno a un marco lógico; y (d) garantizar la coherencia entre los elementos de la estrategia, intenciones arquitecturales, económicas, de crecimiento y de oferta.

Aunque los modelos de negocio genéricos, también denominados modelos de referencia, describen la lógica del negocio de una manera abstracta, deben ser presentados de forma tal que respondan a las características y terminologías propias del dominio. La propuesta de un modelo de negocio para el dominio educativo pretende dar un aporte a investigadores y profesionales al momento de realizar la descripción informal del problema, y que facilite luego una especificación detallada, formal, de todos los procesos relativos al negocio; algunos de estos procesos son sensibles de ser automatizados e involucran sistemas computacionales. Una vez especificados formalmente estos procesos,

mediante una etapa de modelado de procesos, en el caso de arquitecturas empresariales orientadas a servicios bajo SOA, la tendencia a considerarlos como composición de servicios Web, con lo cual se pretende la generación automática del código correspondiente.

3.1 Modelado de Procesos de Negocios

Esta propuesta considera las fases para el modelado de procesos de negocio de una organización, propuestas por BPMI, *descubrimiento, análisis, desarrollo, monitoreo y optimización* (BPMI, 2011; Fuentes y Sánchez, 2005; Berrocal, García y Murillo, 2007). Estas fases y actividades establecen el ciclo de vida (ver Figura 9) que se debe seguir para alcanzar los objetivos y beneficios perseguidos por el modelado de procesos de negocio (las líneas segmentadas indican relaciones bidireccionales entre cada fase):

a. Descubrimiento: el principal objetivo es identificar y entender cada uno de los procesos de negocio que constituyen la organización. Especificando detalles de cada uno de los requisitos exigidos y centrándose principalmente en las funcionalidades clave del sistema que será diseñado para automatizará el/los proceso (s).

b. Análisis: en esta fase se estudian cada uno de los procesos de negocio sensibles a ser automatizados, modelándolos con nuevas características y reglas que se deben seguir para obtener una mayor productividad. Una vez identificado los procesos del negocio, en nuestro contexto desde el punto de vista pedagógico, se asocian con los RF y RNF del dominio o propios al desarrollo, en nuestro caso el EL-DQM. En el caso de los sistemas para el aprendizaje electrónico, las características consideradas en la fase de descubrimiento, serán depuradas considerando los elementos curriculares del contexto educativo donde se diseña.

c. Desarrollo: se depuran los procesos de negocio analizados y diseñados en la etapa anterior y se establecen las especificaciones para su ejecución ya sea automatizada o no.

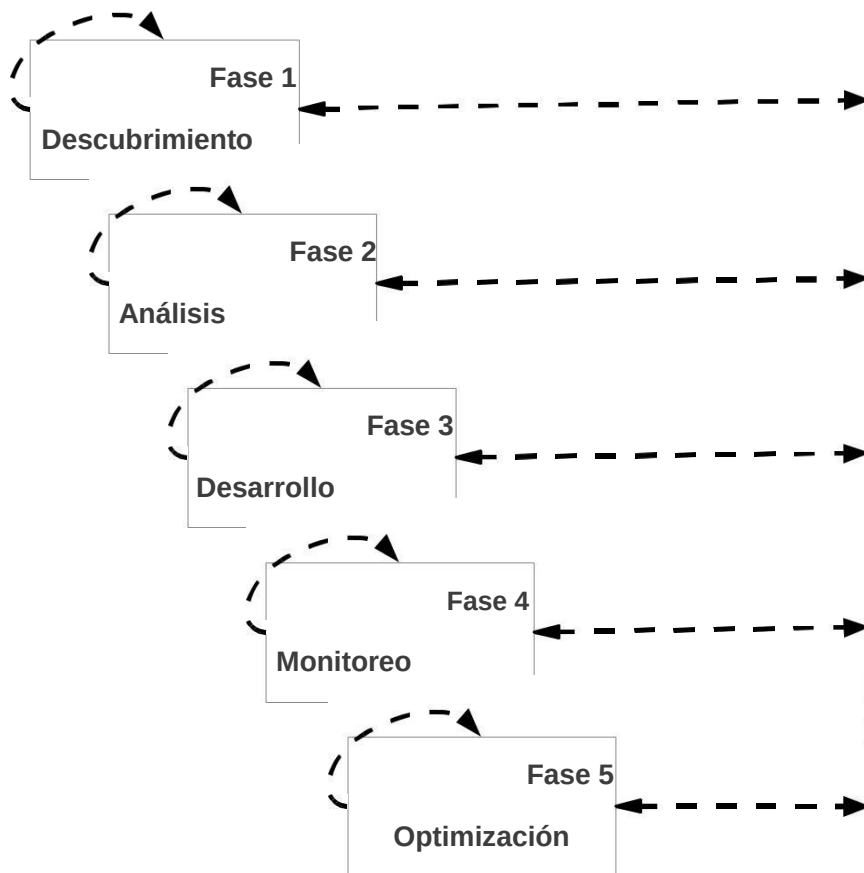


Figura 9. Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio (Berrocal, García y Murillo, 2007)

d. Monitoreo: cada proceso de negocio debe ser controlable y por lo tanto medible, para saber su grado de éxito y calidad con el que ha sido llevado a cabo; de esta forma, se pueden analizar los resultados de cada uno de los procesos para que puedan ser redefinidos y optimizados.

e. Optimización: aquellos procesos que no han cumplido las expectativas deseadas, son rediseñados para que puedan mejorar su rendimiento y así también el de la empresa.

3.2 Aspectos se deben Considerar en el Modelo del Negocio Educativo

Hablar de negocio educativo, tal vez rompa con algunas concepciones que se mantienen desde el dominio, pues, las aplicaciones de software que se

desarrollan en este contexto buscan atender particularidades de procesos y no la masificación de productos, por esta razón, no es común oír hablar de la “empresa de software educativo”, es decir el desarrollo industrial de software educativo considerado como negocio para una empresa, pero sin dudas, la incorporación de conceptos y estrategias de “empresa” (Habraken, 2008) contribuiría con el desarrollo de software bajo el precepto de optimización de recursos y maximización de ganancias, entendidas estas últimas como la satisfacción de un mayor número de usuarios a través de herramientas que sean acordes con la calidad prevista para el dominio educativo: interactivas centradas en su facilidad de uso y funcionalmente adecuadas, interoperables para diferentes organizaciones, flexibles en cuanto al mantenimiento y a la modificabilidad o capacidad de ser fácilmente modificadas, escalables respecto al volumen de información y de usuarios (ver Figura 10).

En este sentido, es importante empezar a caracterizar el modelo del negocio para el dominio del aprendizaje electrónico, especificando los elementos que deben considerarse, así como su propia terminología.

En este trabajo se adaptan las dos primeras fases propuestas por BPMI para el ciclo de vida de los procesos de negocio, tomando como referencia el trabajo realizado por Schief, Pussep y Buxmann (2012), quienes proponen un marco de referencia general para el modelado del negocio en la Industria del Software.

3.2.1 Fase de Descubrimiento

Como se mencionó anteriormente, en esta fase se estudian todos los procesos del negocio, como por ejemplo: *Realizar Consulta, Añadir Conocimiento, Validar Respuestas* (Losavio y Esteves, 2015), en el caso del e-learning, para lo cual se deben tomar como referencia las características para las plataformas electrónicas propuestas en la literatura, de esta manera se estaría contribuyendo, en un futuro, a la determinación de estándares.

Con respecto a los estándares e-learning, el mayor problema en los actuales momentos es la ausencia de metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas comunes y aceptadas, que garanticen los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad y reutilización de los materiales curriculares encontrados en las redes (Otón, 2006).

Las principales razones que impulsan la creación de estándares en el área de e-learning, están dirigidos a la protección de la inversión, interoperabilidad de los contenidos, integración de las plataformas en la infraestructura tecnológica existente, intercambio de información a través de una amplia variedad de LMS o LCMS, accesibilidad, garantizar la reutilización de los cursos, facilitar la adaptación o personalización del entorno de aprendizaje y mejorar la productividad al incrementar la efectividad (Rehak, 2003; Hosgins, 2001). Iniciativas hacia la estandarización para el intercambio de contenidos e-learning son AICC (Aviation Industry Computed Based-Training Comitee)¹⁰ y SCORM (Sharable Content Object Reference Model).

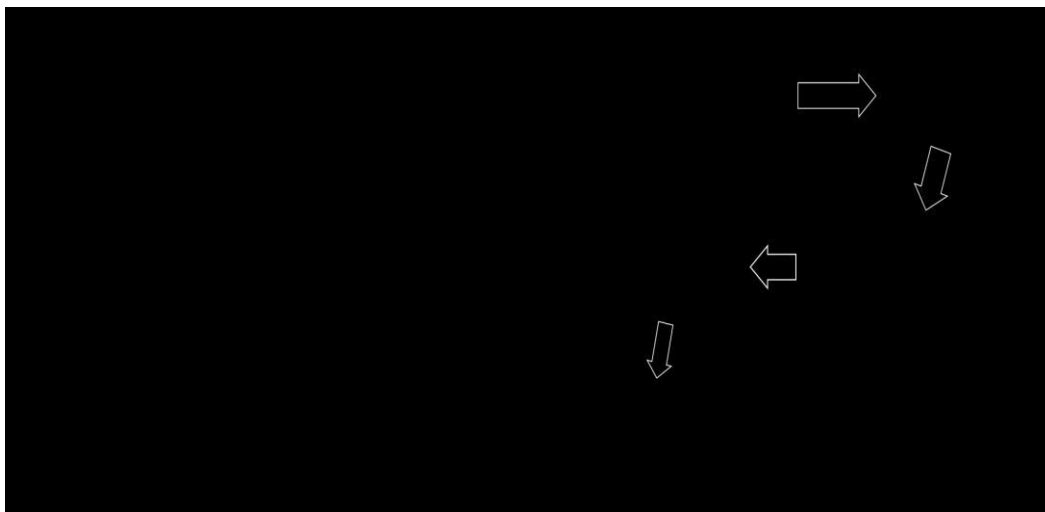


Figura 10. Elementos que se Deben Considerar en la Fase de Descubrimiento para Caracterizar las Plataformas E-Learning (Esteves y Losavio, 2016b)

¹⁰Estándares para interoperabilidad digital de material de entrenamientos utilizado en varias industrias

3.2.2 Fase de Análisis

En esta fase deben analizarse los procesos que emergen de la fase anterior, para modelarlos con las características particulares del dominio. Es aquí, precisamente, donde se tiene la oportunidad de incorporar los elementos curriculares y de administración educativa, en general, que caracterice a la instancia para la cual se desarrolla. Hablar de “Educación” conlleva la consideración de políticas, teorías y concepciones que varían de un país a otro, es más, de una institución educativa a otra, por lo que esta fase brinda la oportunidad de destacar aquellas características particulares que son importantes de considerar (ver Figura 11).

Se propone, en consecuencia, tomar en cuenta los siguientes elementos, a objeto de depurar los procesos de negocio que serán utilizados como entrada de los siguientes pasos del proceso de desarrollo.

I. Revisión curricular: se obtienen del **estudio de documentos institucionales referidos a elementos base de currículo**, de la misión y visión de la organización. Comprende, los siguientes elementos principales, que deben ser incluidos como reglas del negocio:

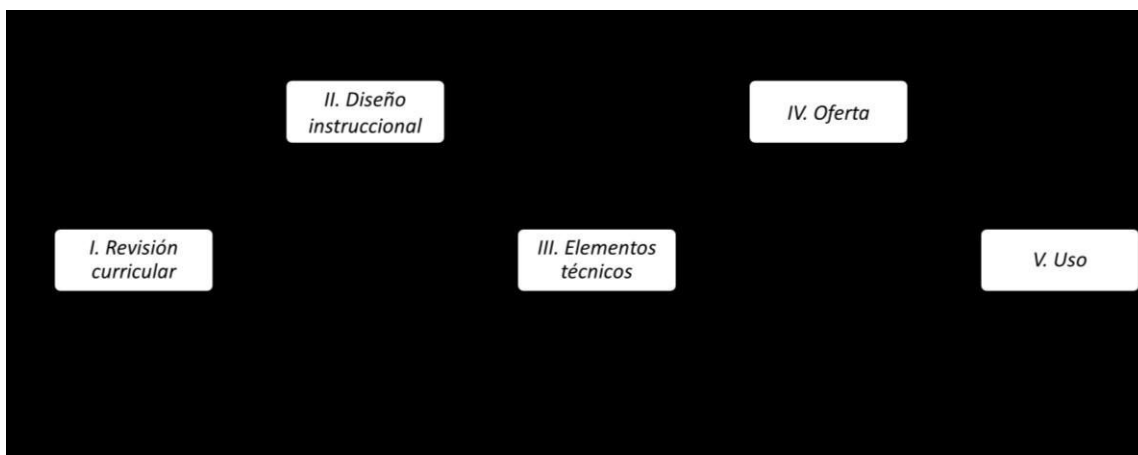


Figura 11. Elementos a Considerar en la Fase de Análisis para Caracterizar las Plataformas E-Learning

- a. *Estudio de costos*: aun cuando queda claro que la plataforma obtenida debe cumplir con la característica de gratuidad, es importante establecer en término de recursos el costo asociado con su desarrollo.
- b. *Elementos del currículo*: tales como perfil del egresado, competencias genéricas y específicas, aspectos filosóficos, pedagógicos, entre otros.
- c. *Teorías pedagógicas*: se separa del literal anterior, pues debe prestarse particular atención en el proceso de desarrollo, pues el mismo puede influenciar inclusive hasta los elementos finales del diseño.
- d. *Normas legales*: del contexto para el cual se desarrolla.

II. Diseño instruccional: son los elementos necesarios para crear un ambiente instruccional y los materiales que contribuirán con el desarrollo de las tareas (Broderick, 2001):

- a. *Elementos administrativos*: referidos a los horarios, modalidades de estudio, entre otros.
- b. *Evaluación*: debe revisarse el reglamento de la institución, o bien, a cualquier norma que al respecto puedan existir.
- c. *Características de los estudiantes*: edad, sexo, perfil específico, entre otros aspectos.
- d. *Contenidos*: naturaleza de los cursos que se impartirán a través de la plataforma, así como el tipo de contenidos: videos, imágenes, textos, lecturas, facilidades multimedia, entre otros.
- e. *Estrategias*: referidas a los métodos, técnicas y recursos empleados por el docente para la consecución de los objetivos instruccionales.

III. Elementos técnicos: relacionados con las decisiones computacionales necesarias en el desarrollo.

- a. *Plataforma*: entorno relacionado con el tipo de LAMP: lenguaje de programación dominante, SO, etc.

b. *Número de usuarios*: cuántos usuarios podrán interactuar con el sistema simultáneamente.

c. *Tipo de recursos*: recursos humanos, el tiempo, los recursos económicos con los que se cuenta, entre otros.

d. *Grado de Normalización*: se establecen las características de uso, comunes entre aplicaciones similares.

e. *Mantenimiento de la plataforma*: Tiene que ver con las revisiones que deben realizarse, así como las estrategias para la corrección de fallos.

f. *Actualizaciones*: cantidad de versiones de un producto disponibles a la vez.

IV. *Oferta*: aspectos que deben ser considerados al momento de ofrecer el producto de software a los usuarios finales:

a. *Destino*: describe escenarios que la institución educativa puede abordar.

b. *Disponibilidad*: relacionado con los servidores donde será alojada la plataforma para el aprendizaje electrónico.

c. *Tipo de usuarios*: dependiendo del destino, pueden tenerse múltiples tipos de usuarios, clasificados según sus características cognitivas, motivacionales; el dominio de la tecnología, contexto social, entre otros.

V. *Puesta en operación*: aspectos propios del momento en el cual la plataforma está disponible para los diferentes actores.

a. *Interacción entre usuarios*: referido al cómo se establecerán las comunicaciones entre docentes y estudiantes. Referidos a la administración de cursos a distancia, mixtos o presenciales, con apoyo del computador.

Apoyo: describe las opciones de soporte específicas, así como al personal que estará a cargo de la misma.

La Figura 12 muestra la adaptación de las fases propuestas por Berrocal, García y Murillo (2007), las cuales proporcionan la descripción textual del negocio educativo que da origen a los procesos de negocio que, en esta investigación,

serán presentados como diagramas BPMN los cuales, a su vez, dan inicio al Análisis del Dominio, elementos iniciales del proceso de desarrollo propuesto.

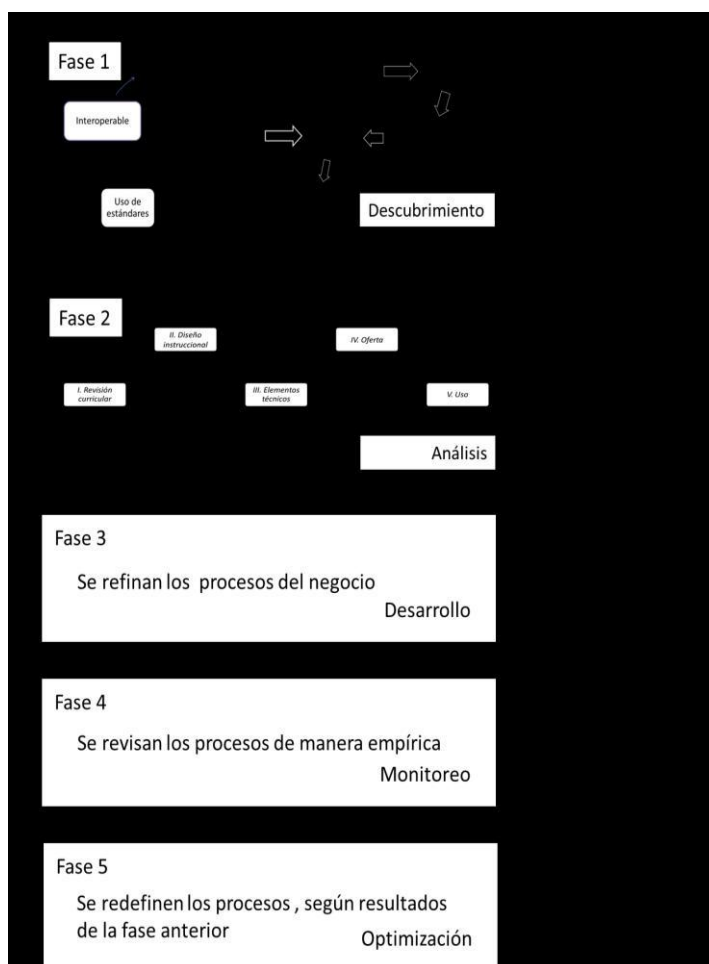


Figura 12. Adaptación de las Fases Propuestas en Berrocal, García y Murillo (2007),

Para ejemplificar lo que debe realizarse en la fase de Descubrimiento, se dará la descripción del flujo de ejecución del proceso de negocio: *Realizar Consulta* (ver Figura 13). En este proceso intervienen el estudiante con el sistema, la participación del docente se realiza en el proceso previo: *Añadir Conocimiento*, y en otro posterior, *Validar Respuestas*, los cuales no serán presentados en este trabajo, para aligerar la presentación:

Los actores a considerar son el sistema y los estudiantes.

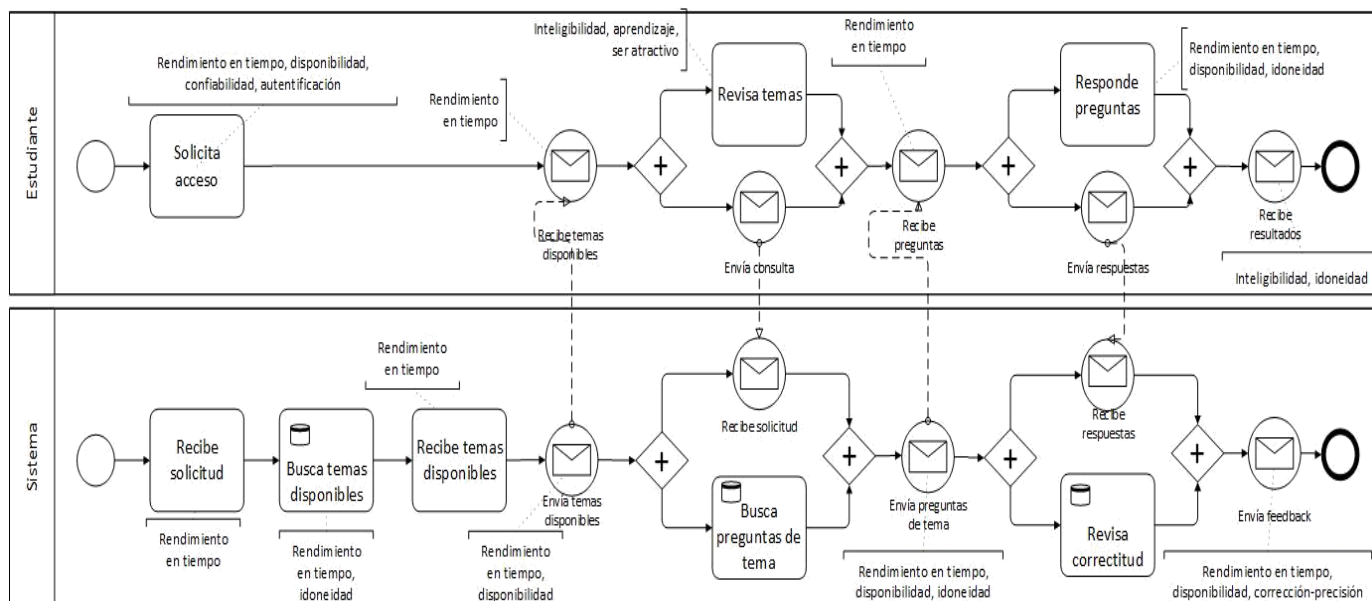


Figura 13. Modelo de Negocio en BPMN: Proceso Realizar Consulta (Esteves y Losavio, 2016a)

- El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder al software para consultar un tema en específico.
- El sistema recibe la solicitud y analiza la lista de temas.
- El sistema muestra los contenidos disponibles.
- El estudiante selecciona el contenido con el que va a trabajar
- El sistema muestra el contenido y las preguntas relacionadas.
- El estudiante responde la pregunta.
- El sistema indica si es o no correcta y presenta la opción de responder otra pregunta.
- Finaliza el proceso cuando el estudiante recibe la estadística de respuestas acertadas.

Requisitos Funcionales: Realizar Consulta

Requisitos No Funcionales o metas de calidad asociadas a las actividades del proceso: disponibilidad del sistemas, seguridad de acceso, eficiencia en tiempo, corrección-precisión respecto a las respuestas, completitud de las tareas realizadas, facilidad de uso para el estudiante

Reglas de negocio que pueden afectar al proceso Realizar Consulta: Proporcionar acceso adecuado al contenido.

Al culminar con la fase de análisis, se refinan los procesos del negocio (Fase 3), para luego revisarlos (Fase 4), y eventualmente optimizarlos (Fase 5), hasta obtener todos los procesos del negocio definitivos (ver Figura 13). En este trabajo se tratarán esencialmente las fases de Descubrimiento y Análisis.

En fase de Descubrimiento, se utiliza BPMN (OMG, 2011) para especificar los procesos (ver Figura 13), que es la notación gráfica propuesta en BPMP, para describir la lógica de los pasos, funciones y actividades de un proceso de Negocio (ver Cuadro 2); se origina para dar apoyo al enfoque BPMP. BPMN define la notación y semántica de un Diagrama de Procesos de Negocio (ver Cuadro 3). Su importancia radica en que actualmente ha sido adoptada como un estándar de modelado de procesos; por lo tanto es independiente de cualquier metodología de modelado, permitiendo así disminuir la brecha entre los procesos de negocio y la implementación de estos, facilitando la comunicación entre todas las personas de una organización.

Cuadro 3: Notación BPMN

Elemento	Descripción	Símbolo gráfico
Evento de inicio	Evento que indica el comienzo de un determinado proceso	
Evento de fin	Evento que indica la finalización de un determinado proceso	
Tareas	Actividad incluida en determinado proceso	
Compuertas de decisión	Indican un punto de división en el flujo. Dichos elementos se encuentran conectados por líneas de secuencia, que muestran cómo fluye el proceso	

Cuadro 3: Notación BPMN

Elemento	Descripción	Símbolo gráfico
Artefacto	Producto de una tarea o comentario	
Flujo de control	Paso de control de una a otra tarea haciendo avanzar el proceso hasta su fin	
Flujo de datos	Camino de transmisión de datos entre tareas	
Temporizador	Evento de temporización. Asociado a una tarea provoca que no se avance en el desarrollo del proceso hasta que no se haya cumplido el plazo establecido	
Evento de mensaje	Activa el mensaje y la línea punteada que se observa salir de él en el diagrama es una <i>línea de flujo de mensaje</i>	
Compuerta paralela	Habilita 2 caminos para su ejecución simultánea.	
Mensajes	Para realizar alguna acotación asociada con los eventos. En esta investigación se utiliza para especificar las características de calidad asociadas a los eventos del proceso de negocio.	

Fuente: Bizagi Suite (2014)

En el siguiente capítulo se describirá con detalle el Proceso MN-AR que se propone en esta investigación y cuya entrada es el Modelo del Negocio Educativo que se obtiene una vez se aplican las consideraciones realizadas en párrafos anteriores.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE DESARROLLO DE UNA ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA EL APRENDIZAJE ELECTRÓNICO

Hay enfoques para el proceso de diseño arquitectural que consideran relacionar los RF con los requisitos de calidad u objetivos de calidad a los cuales éstos deben responder, entre estos se encuentra la propuesta de Losavio, Matteo y Pacilli (2014), donde se realiza una extensión denominada PEC (Proceso Extendido de Chung) al proceso propuesto por Supakkul y Chung (2004), incluyendo estos aspectos en la etapa inicial de análisis del dominio para la reutilización del conocimiento sobre la arquitectura y la identificación de restricciones o propiedades de calidad globales sobre las familias de aplicaciones del dominio. Este análisis incluye la especificación de las propiedades de calidad derivadas de RF y RNF, es decir arquitecturales y otras restricciones derivadas de las reglas de negocio, especificadas mediante el estándar ISO/IEC 25010 (2011). Una adaptación de este proceso mediante una etapa inicial de modelado del negocio se trató en Losavio y Esteves (2015). El análisis realizado y las conclusiones extraídas a partir de ese trabajo es el punto de partida para la justificación de los requisitos globales de la aplicación o sistema a ser construido utilizando una terminología estándar de calidad; estos aspectos son tratados ampliamente en Losavio, Chirinos, Matteo y Ramdane-Cherif (2004), ISO/IEC 25010 (2011) y en Losavio, Matteo y Pacilli (2014).

En esta tesis doctoral se consideró más conveniente la adaptación del proceso definido en la propuesta de Losavio, Ordaz y Esteller (2015), basada en un proceso de refactorización de arquitecturas de productos existentes, como paso natural para obtener una AR evolutiva, que permita generar aplicaciones o sistemas concretos, para dar soporte a un aprendizaje electrónico de calidad. La idea central de nuestro enfoque es incluir el modelo del negocio como entrada al análisis del dominio (Esteves y Losavio, 2016a) y considerar AR ya definidas para

e-learning (Habraken, 2008; ForceTen, 2016; Retalis y Avgeriou, 2002; IEEE, 2002) que son estudiadas en este proceso, en lugar de sistemas concretos e-learning existentes en el mercado.

El proceso propuesto, denominado MN-AR (Modelo del Negocio y Arquitectura de Referencia), ver Figuras 9 y 10, es un proceso de diseño arquitectónico que permite obtener una AR para aplicaciones en el dominio del aprendizaje electrónico que satisfagan las características de calidad deseables en el dominio. En este sentido, la principal adaptación de la propuesta de Losavio, Ordaz y Esteller (2015), además de considerar el MN como paso inicial, viene dada por el hecho de que en vista de la gran cantidad y falta de documentación clara de arquitecturas de productos existentes en el dominio e-learning, los productos que se estudiaron y que fueron considerados en nuestro trabajo son ya arquitecturas de referencias y no sistemas concretos.

4.1 Especificación del Proceso MN-AR: Modelado del Negocio, Análisis del Dominio y Diseño del Dominio, tres pasos para construir una AR

Las etapas del proceso MN-AR, Modelado del Negocio, Análisis del Dominio y Diseño del Dominio, propuesto en esta tesis doctoral, se especifican a continuación, en notación textual:

a. *Modelado del negocio (ModN)*

Se utiliza BPMI, de acuerdo a las recomendaciones del Capítulo III, para establecer el modelo del negocio educativo
Entrada: la descripción textual del dominio.

Actividades:

a.1 *Fase de Descubrimiento:*

a.1.1 de la descripción textual del dominio, se extraen los elementos resumidos en la Figura 10; se construye el Modelo de Calidad del Dominio, respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización y sensibles de la automatización de los procesos especificados; en nuestro caso EL-DQM (del inglés E-Learning Domain Quality Model), Capítulo II, Sección 2.6 y 2.7, Cuadro 1.

a.1.2 Se identifican los principales procesos de negocio

a.2 Fase de Análisis: se describen los elementos de la Figura 11 para obtener el MN, expresándose los proceso de negocio en BPMN y asociando en cada actividad propiedades de calidad (metas no funcionales que deben ser cumplidas por la tarea) y/o restricciones, que se extraen del EL-DQM.

Estas fases fueron descritas en el Capítulo III.

a.3 Se determina (n) el (los) estilo (s) arquitectural (es) predominante (s) del dominio respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización: en nuestro caso, estilo híbrido SOA/Capas, bajo plataforma tipo LAMP

Salida: reglas del negocio, MN especificado en BPMN, representado como procesos del negocio, estilo arquitectural, EL-DQM.

La Figura 14, presenta la fase de Modelado del Negocio del proceso MN-AR, representada en un diagrama SPEM (Software & Systems Process Engineering Meta-Model; OMG, 2008); en el mismo se especifican tanto los roles involucrados, como los documentos y demás entregables generados.

La salida de esta etapa, es la entrada del proceso de Análisis del Dominio, que se describe más adelante.

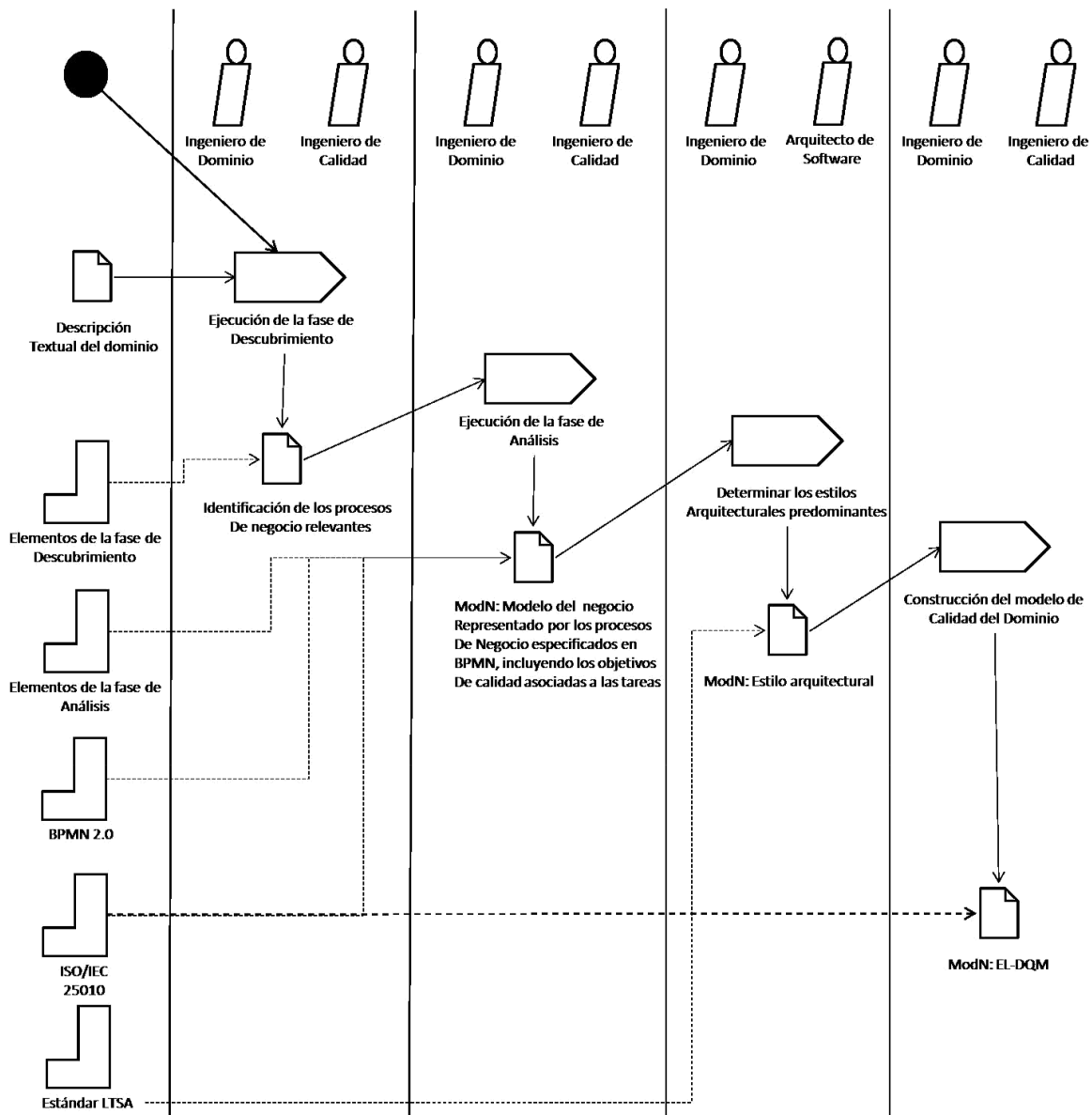


Figura 14. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Modelado del Negocio

b. Análisis del dominio (AD)

Entrada: MN, estilo arquitectural, EL-DQM

Actividades:

b.1. Convertir los procesos de negocios a procesos automatizables, en términos de los principales componentes funcionales (FR) de sistemas de software y las

correspondientes propiedades de calidad (RNF) prioritarias del dominio, dadas por el EL-DQM

b.2. Identificar características de sistemas existentes, funcionalidades básicas del dominio (RF): dadas en el Capítulo II.

b.3 Describir las arquitecturas de productos existentes: en nuestro caso los productos ya son AR, dadas por descripciones arquitecturales, generalmente informales, proveniente de la práctica industrial y/o académica: dados en el Capítulo II, Sección 2.5.

b.4 Análisis de Similitud de componentes:

- Se realiza un análisis de similitud semántica entre los componentes de las AR
- Se identifican los componentes provenientes de RF y RNF con sus conexiones para cada AR existente, estudiadas en el presente caso.

Salida: Tabla de Similitud de componentes con conectores para cada AR

b.5 Especificación de las AR en un Lenguaje de Descripción Arquitectónica (ADL: Architecture Description Language), en nuestro caso UML 2.0.

Salida: Representación UML de las AR.

b.6 Construcción automática de la Arquitectura Candidata (AC) inicial

Entrada: diagramas UML de las AR consideradas, Tabla de Similitud

- Se realiza la unión de los componentes sobre los diagramas UML, y se genera automáticamente la representación arquitectónica en UML, preservando las conexiones

Salida: AC representada como un diagrama UML

b.7 Construcción del Modelo de Calidad Extendido o "Extended Quality Model" (EQM), Tabla EQM.

Entrada: AC

- Se estudian los componentes arquitecturales de AC, analizando sus posibles metas no funcionales requeridas (propiedades o requisitos de calidad a las cuales los componentes deben responder), que podrían no estar presentes

en el EL-DQM, si son derivadas de componentes funcionales

- Se asignan soluciones arquitecturales o mecanismos computacionales, que pueden ser requeridos por cada componente funcional para satisfacer la propiedad de calidad, provenientes de la tecnología o de catálogos y se asignan prioridades de acuerdo a su importancia respecto al dominio.
- Se determinan posibles condiciones de obligatoriedad u opcionalidad de las componentes

Salida: EQM representado como una tabla

b.8 Completar CA:

- A partir de la tabla EQM, se estudian las propiedades requeridas por las funcionalidades o componentes de AC y se seleccionan las soluciones arquitecturales que las pueden satisfacer, considerando todas las alternativas posibles
- Nuevos componentes pueden ser introducidos para realizar o agrupar varias soluciones arquitecturales, las cuales se denominarán variantes o <<variantes>>

Salida: AC completada

En la Figura 15 puede verse la etapa de análisis del dominio representada en un diagrama SPEM. La salida de esta etapa, es la entrada del proceso de Diseño del Dominio, que se describe posteriormente y es también especificada en SPEM en la Figura 16.

a. Diseño del dominio (DD)

Entrada: AC completada

Actividades:

c.1 Construcción del Modelo de Variabilidad

- Se agrupan componentes que realizan tareas similares en componentes genéricos denominados puntos de variación o <<variationpoints>>; son los que serán instanciados en el momento de derivar un producto o sistema concreto a partir de la AR

c.2 Construcción de la AR

c.3 Adecuación de la AR

- Se adecúa la AR a un estándar, si lo hay; en nuestro caso es la LTSA (IEEE, 2002).

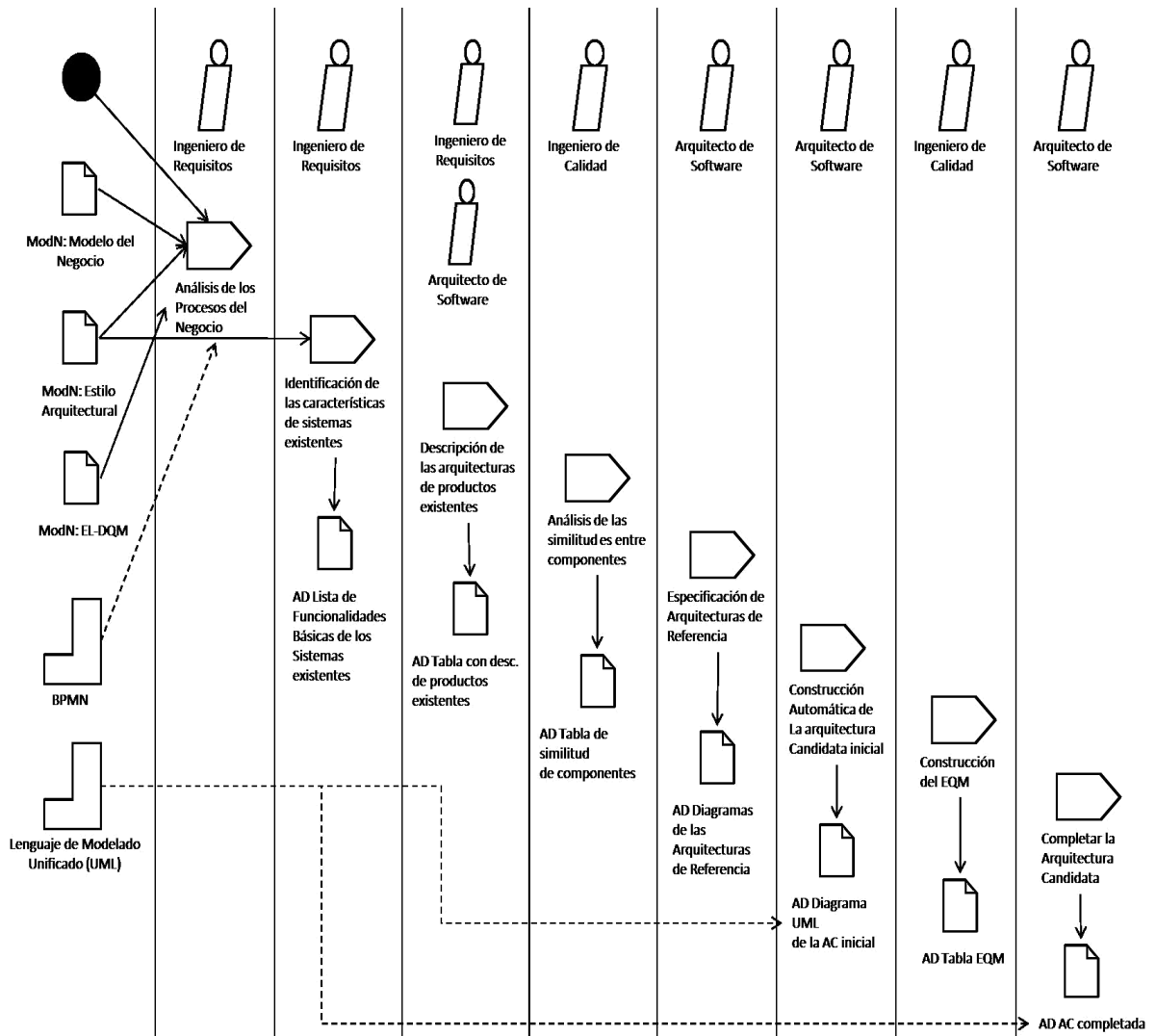


Figura 15. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Análisis del Dominio (Esteves y Losavio, 2016b)

En conclusión, el proceso MN-AR que se propone, extiende la propuesta realizada por Losavio, Ordaz y Esteller (2015), incorporando el modelo del negocio, pues se considera que es allí donde se presentan las características relevantes del dominio, se utiliza la refactorización de AR existentes y no se utiliza el enfoque de metas en Supakkul y Chung (2004) como en Losavio, Matteo y Pacilli (2014), sino un enfoque basado en escenarios, representado por la Tabla

EQM (*Extended QualityModel*), donde se satisfacen las propiedades de calidad exigidas por los componentes funcionales, por otros componentes que representan o agrupan mecanismos del mercado o soluciones arquitecturales.

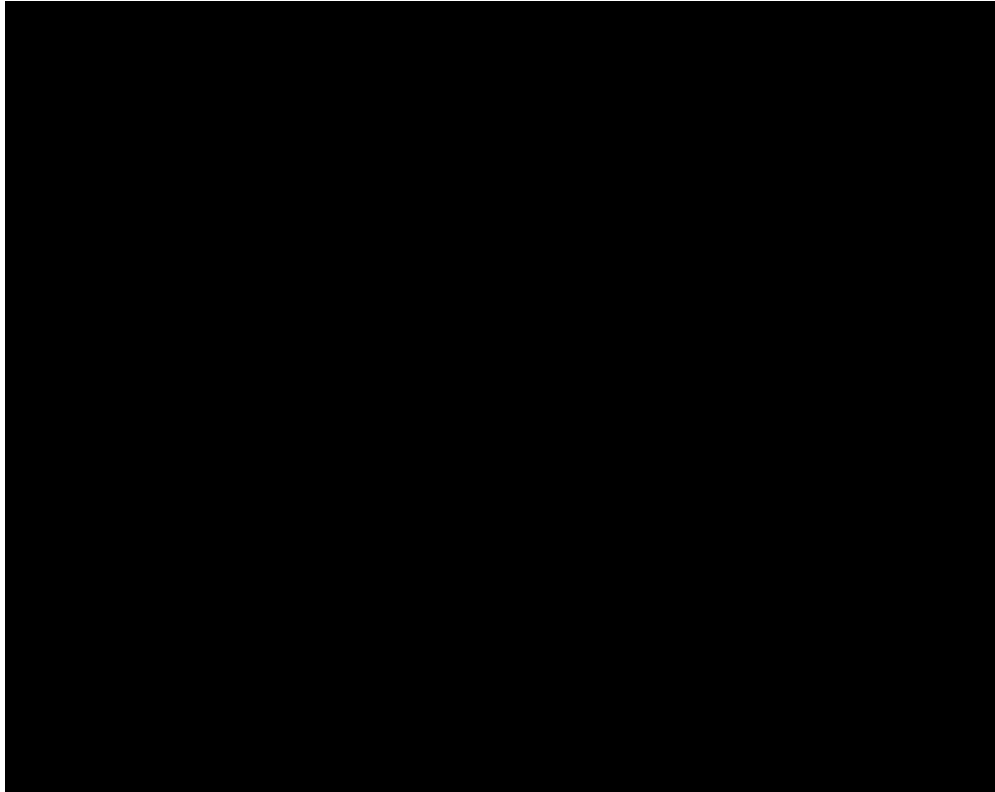


Figura 16. MN-AR expresado en SPEM – Etapa de Diseño del Dominio (Esteves y Losavio, 2016b)

En el Capítulo V que se presenta a continuación, se analizará el caso de estudio: *Curso en línea “Competencias Formales para la Investigación”, del Programa de Postgrado de la UPEL*; aquí se aplicará el proceso MN-AR, paso a paso.

CAPÍTULO V

CASO DE ESTUDIO: CURSO EN LÍNEA “COMPETENCIAS FORMALES PARA LA INVESTIGACIÓN” DEL PROGRAMA DE POSTGRADO DE LA UPEL

5.1 Aplicación paso a paso del proceso MN-AR

Con el propósito de aplicar la propuesta de esta tesis doctoral a un caso de estudio que permita el análisis y la evaluación del proceso MN-AR, estableciendo de esta forma sus fortalezas y debilidades, a continuación se presenta su aplicación en el curso “Competencias Investigativas”, perteneciente al programa de postgrado de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL).

b. *Modelado del negocio (ModN)*

Entrada: descripción textual del dominio.

Concepción Curricular de los Postgrados de la UPEL

En el *Documento Base de la UPEL* (UPEL, 2011) se parte de la concepción del currículo como espacio público, en el sentido del Vicerrectorado de Investigación y Postgrado(VIP),el currículo es concebido como un *proceso de investigación, creación y desarrollo continuo*, como un acontecer que es dinámico, participativo, crítico, creativo e investigativo, que se materializa cuando los actores del proceso, en los roles de estudiantes, docentes, e investigadores, se enfrentan a su ámbito institucional y desarrollan actividades significativas para él y para la sociedad en su conjunto.

El currículo se convierte en el marco integrador de las funciones universitarias que logra su concreción en los ambientes de aprendizaje, computarizados o no, derivados de procesos de construcción colectiva, que se realizan en función de teorías y prácticas disciplinarias, interdisciplinarias, multidisciplinarias y transdisciplinarias en los programas de Postgrado, desde una visión contextualizada en sus dimensiones históricas, socioculturales y políticas. La creación de los diseños y rediseños curriculares de postgrado es sustentada en dos vertientes: (a) la investigación como base de transferencia de conocimientos y prácticas innovadoras hacia las actividades de docencia (referidas a las actividades académicas desarrolladas en pregrado y postgrado) y extensión (concebidas como las actividades académicas, culturales y deportivas, desarrolladas con y para la comunidad) y (b) el enfoque de diseños curriculares por competencias.

La *actividad de investigación* como base del currículo la convierte en una función esencial en lo referente al avance del conocimiento en lo relativo a su aplicación y para la búsqueda de soluciones a

problemas específicos. Se concibe como una actividad integrada y en interacción permanente con las actividades de docencia y de extensión, motivada por fines tanto académicos como de servicio social. Según esta definición, la investigación debe exigir, de manera permanente, una discusión conceptual y didáctica respecto a lo enseñado y lo aprendido en los *ambientes de aprendizaje*; además, debe propiciar el debate constante sobre la significación e importancia de la circulación y aprovechamiento de los saberes-haceres que se emplean en aquellos proyectos y que serán trasladados a las materias de interés de los programas.

En consecuencia, la docencia, la extensión universitaria y la gestión de procesos (la realización de actividades gerenciales asociadas con las líneas de acción de la Universidad) en las universidades, en tanto procesos naturales de la actividad humana, deben derivar en prácticas académicas de gran contenido investigativo. Desde esta concepción se apunta hacia una docencia investigativa, productiva y extensionista que se articula, desde la producción de saberes-haceres, impulsando las transferencias didácticas del saber académico, sobre todo especializado, en el contexto de conocimiento ajustado a los perfiles profesionales de egreso por competencia. Una *competencia* es considerada como un procedimiento complejo que refleja las demostraciones inherentes a las condiciones personales y profesionales que desarrollan los participantes en el transcurso de sus estudios de postgrado y que le permiten profundizar y actualizar los conocimientos de su área de formación con calidad y pertinencia (VIP, 2011). El *enfoque profesional curricular por competencias* de los programas de postgrado se adhiere a las tendencias internacionales, que lo expresan como una opción válida y viable para la preparación y desarrollo académico de los estudios universitarios de postgrado. Las competencias pasan a ser entonces la estructura dinámica organizadora de la actividad, al permitir que la persona se adapte a un tipo de situación, a partir de su conocimiento, experiencia, actividad y práctica.

Lo anterior conlleva al establecimiento y desarrollo del currículo (referido no solamente a la estructura formal de los planes y programas de estudio, sino a todos los aspectos que implican la elección de contenidos, disposición de los mismos, necesidades de la sociedad y tecnología disponible) de los estudios de postgrado, sustentándose consistentemente en la investigación y las actividades relacionadas, con el fin de justificar y garantizar una práctica educativa universitaria cónsona con esta concepción de dichos estudios, en los cuales se articulan de forma integral las dimensiones académicas y sociales del currículo con el mundo real y contexto en el cual se vive, aspecto este de suma importancia, imponiéndose al respecto el ser pertinente, de calidad, dinámico, flexible y auto regulable. Desde aquí se infiere la necesidad de implementar un *modelo curricular* concebido como un proceso de trabajo eminentemente investigativo, basado en la búsqueda permanente de respuestas ante los hechos educativos, profesionales y sociales.

En este sentido, surgen los principios generales del Currículo de Postgrado (UPEL, 2011; VIP, 2011), éstos son: **Autonomía:** el diseño debe favorecer el autoaprendizaje; **Flexibilidad:** capacidad para

incorporar nuevos conocimientos a un curso; **Pertinencia:** correspondencia del curso con las necesidades actuales del contexto; **Calidad:** grado de satisfacción de los usuarios, con respecto a la adecuación de las competencias desarrolladas y las necesarias en el contexto de aplicación; **Autorregulación:** capacidad del diseño para procurar en el estudiante, el ajuste de sus acciones para reconducirlas y lograr así el aprendizaje; **Innovación:** capacidad para generar nuevos productos; **Integralidad:** concepción del estudiante como ser humano integral, procurando el desarrollo de sus competencias para el ser, hacer, convivir y emprender; y finalmente, **Interdisciplinariedad:** visión integrada de varias disciplinas.

Cada uno de estos principios, debe contextualizarse en función de las características propias del perfil profesional del egresado, del área de conocimiento del programa respectivo, tomándose como base lo establecido en los documentos institucionales anteriormente mencionados.

Las herramientas computacionales de soporte al desenvolvimiento y ejecución idónea de un currículo, deben respetar en alto grado los principios generales mencionados.

Actividades:

a.1 Se realiza la fase de Descubrimiento

a.1.1 se construye el Modelo de Calidad del Dominio, respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización y sensibles de la automatización de los procesos especificados; en nuestro caso EL-DQM (del inglés E-Learning Domain QualityModel), Capítulo II, Sección 2.6 y 2.7, Cuadro 1.

Con respecto a las características propias de las plataformas para el aprendizaje electrónico, que ya fueron delineadas en el Cuadro 2, éstas deben cumplir con los elementos que en el Capítulo III se establecieron como fundamentales en este tipo de plataformas (ver Figura 10):

1. Interactiva
2. Flexible
3. Escalable
4. Uso de estándares
5. Interoperable

Por lo antes expuesto, puede verse claramente que una plataforma de aprendizaje electrónico favorece los siguientes principios generales del diseño curricular antes mencionado: *autonomía, flexibilidad, pertinencia* (si el curso es diseñado por docentes-investigadores capacitados), *calidad, autorregulación* y posiblemente la *interdisciplinariedad* (si varias disciplinas son integradas adecuadamente en el diseño de un curso por docentes-investigadores especialistas en esas

disciplinas). En cambio, las plataformas no serán responsables de los principios de *innovación* e *integralidad*, los cuales son completa responsabilidad del mercado de trabajo en el cual el estudiante se encontrará inmerso al egresar del postgrado con las competencias adquiridas.

Con base en las características del domino y las particularidades descritas de los Postgrados en la UPEL, debe garantizarse como reglas del negocio, el uso de código abierto, plataformas gratuitas que garanticen la internacionalización, tomando en cuenta las tecnologías empleadas por los desarrolladores y la comunidad para quien está dirigida.

OJO debes revisar que esto concuerde con lo que se dijo en el Cap. II, Secciones 2.6 y 2.7, que es donde se elabora el EL-DQM;

Con relación a las particularidades del caso de estudio, de la revisión anterior de los lineamientos contenidos en el Documento Base de la UPEL (UPEL, 2011), surgen como otras reglas del negocio, los requisitos o características que deben estar presentes en cualquier programa de curso (documento que contiene la planificación de las distintas actividades y temas que se desarrollarán en una asignatura del postgrado), computarizado o no, administrado en esa casa de estudios universitarios:

1. Debe permitir la participación de todos los usuarios en su construcción, por lo que su automatización requerirá de *sistemas colaborativos basados por ejemplo en la Web 2.0*.
2. Debe permitir la comunicación con diferentes bases de datos relacionadas, por ejemplo la de Control de Estudios para el registro del proceso administrativo necesario para la obtención del grado que se aspira.
3. La base para dicha construcción es la investigación, por lo que se necesita la creación y continua actualización de una *base de datos de investigación* (investigadores, líneas de investigación, proyectos, artículos, entre otros), así como acceso a bases de datos existentes, como por ejemplo: el Raip-UPEL, el RNII del Estado venezolano; las bases de datos para consulta de artículos de investigación, tales como Dialnet, Redalyc, ScieLo, Ebsco Host, entre otros.

EL-DQM ya elaborado en el cap. II, sec. 2.6 y 2.7 (ver Cuadro 1), contempla las siguientes características de calidad según ISO/IEC 25010:

Funcionalidad (idoneidad funcional y corrección-precisión), facilidad de uso, rendimiento (en tiempo y capacidad), portabilidad, fiabilidad, compatibilidad (interoperabilidad), seguridad y la capacidad de ser mantenidos o mantenibilidad, siendo prioritarios la facilidad de uso, la interoperabilidad y la portabilidad.

de actividades que se especifican en la Figura 16.

- c. Características de los estudiantes: profesores, licenciados o equivalentes que desean iniciar estudios de postgrado en la UPEL
- d. Contenidos: ver Figura 17.

III. Elementos técnicos de la plataforma e-learning

- a. Lenguaje de programación: sin especificar; solo debe cumplirse con el requisito de código libre y/o abierto.
- b. Número de usuarios: aproximadamente 300 cada año.
- c. Tipo de recursos:
- d. Grado de normalización: sin especificar; es deseable que, a pesar que se diseñe para un instituto UPEL, este pueda ser utilizado en otros institutos y además que perdure en el tiempo.
- e. Mantenimiento de la plataforma: lo realiza la Unidad de Informática.
- f. Actualizaciones: bajo la responsabilidad también de la Unidad de Informática.

IV. Oferta del curso virtual

- a. Destino: institucional, local y nacional.
- b. Disponibilidad: 24 horas al día durante 8 semanas
- c. Tipo de usuario: estudiante, coordinador del curso, administrador y docente.

V. Puesta en operación

- a. Interacción entre usuarios: síncrona y asíncrona entre docentes y estudiantes; el coordinador del curso es un usuario "docente" con algunos atributos de administrador, por lo que puede decidir interactuar con cualquier otro usuario cuando lo considere conveniente.
- b. Apoyo: técnico (funcionamiento de servidores, bases de datos, etc.) por parte de la Unidad de Informática; de la plataforma, a cargo del administrador; de los procesos académico-administrativo, por parte del coordinador del curso; y, académico, dado por el docente a los estudiantes.

De este análisis se extraen los RF y los RNF relacionados con los procesos que son automatizables, especialmente en este caso, los relacionados con los procesos académicos, mediados por la plataforma para el aprendizaje electrónico. Así, surge el Cuadro 4 donde se relacionan algunos procesos del negocio, con los requisitos y con los posibles componentes arquitectónicos involucrados.



Cronograma de Evaluación

Curso: Competencias Formales para la Investigación

Período Académico: 2015 I

Sem	Unidad/Actividades	Evaluación
1	Unidad I: La investigación y los estudios de cuarto nivel. La estructura investigativa de la UPEL. CENDIE. Búsqueda de Internet Actividad 1: Lectura y discusión grupal.	Diagnóstico. Redacción de síntesis y autodiagnóstico investigativo 15%
2	Unidad I: La investigación educativa. La investigación en la maestría y el trabajo de grado. Diferencias entre el trabajo de grado con el trabajo especial de grado y la tesis doctoral. El anteproyecto de trabajo de grado, el Proyecto de trabajo de grado y el trabajo de grado. Aspectos legales. Normas APA y Manual de la UPEL. Significado y uso de los Latinismos. Actividad 2: Lectura y discusión grupal. Taller grupal e individual	Entrega de Síntesis y autodiagnóstico investigativo Taller I: Aproximación al ATG 20%
3	Unidad II: Aproximación al Marco ontológico. El problema de investigación. Elementos. Formulación. Relevancia (Factores). Actividad: Observación y participación en Taller II	Taller II: Encontrando mi marco ontológico 10%
4	Unidad II: Objetivos de la investigación. Construcción y redacción. Vinculos temáticos como elemento para la organización del conocimiento. La justificación de la investigación. Formulación de la importancia. Factibilidad de la investigación. Actividad: Lectura y discusión. Participación en Taller III	Entrega del Primer papel de trabajo 10%. Asesoría grupal e individual. Taller III: Contrasta tus argumentos investigativos 10%
5	Unidad III: Aproximación al marco epistémico. Marco experiencial: Antecedentes de la investigación. Marco teórico: Teoría. Vinculación de la teoría con la investigación. Marco conceptual: Definición de términos. Actividad: Lectura y discusión grupal. Participación en Taller IV	Revisión de (2) trabajos de grado (2006-2010) y de fuentes primarias 15% Asesoría individual de la propuesta investigativa
6, 7 y 8	Presentación y entrega de los ATG	ATG 10% Presentación de ATG 5%. Coevaluación 5% Asesorías y discusiones grupales

Figura 17. Contenidos y actividades de evaluación del curso CFI (UPEL-IPMJMSM, 2015)

Es importante mencionar que de las fases anteriores, se extraen los procesos de negocio relevantes en el dominio y las características de calidad relevantes, deben ser asociadas en cada tarea. Para tal efecto, una vez analizado el Cuadro 4, se elaboran los procesos de negocio en BPMN colocando con la notación de "mensaje" las características de calidad relevantes, lo que llamaremos *Modelo de Negocio Extendido*.

Cuadro 4. Relación entre procesos de negocio, requisitos del sistema de software de soporte y componentes arquitectónicos

<i>Proceso</i>	<i>Descripción</i>	<i>RF</i>	<i>RNF</i>	<i>Reglas del negocio que pueden afectar el proceso</i>	<i>Componentes</i>
Crear contenido (Figura 18)	Tomando como referencia el documento base de currículo y el plan de estudio del programa de postgrado, el docente <i>accede al sistema</i> para diseñar un nuevo curso virtual	Registrar Usuario, Asignar Rol, Recibir estructura de módulos, Diseñar Módulos, Subir Recursos, Establecer Calendario de Actividades, Publicar (Creación Diseño Curso)	Rendimiento en tiempo, idoneidad, inteligibilidad, aprendizaje, ser atractivo, seguridad de acceso, disponibilidad del sistema y modularidad (ver Figura 1). En el Cuadro 1, EQM, se justifica el cumplimiento de estas propiedades relativas a los componentes de Infraestructura y Servicios para el Aprendizaje	Proporcionar contenido adecuado según programa analítico del curso. Será verificado por el Administrador en la actividad <i>Revise Curso Diseñado</i> .	- Interfaces de usuario - Base de datos de cursos - Base de datos de docentes
Realizar consulta (Figura 19)	De un conjunto de cursos ofertados por la Coordinación de Postgrado, el estudiante selecciona el que desea inscribir y envía la solicitud correspondiente	Acceder al sistema, recibir solicitud, analizar lista de temas, mostrar contenidos, mostrar preguntas, responder preguntas, indicar corrección de respuesta, recibir estadísticas de respuestas.	Disponibilidad del sistemas, seguridad de acceso (confiabilidad, autenticación), rendimiento en tiempo, corrección-precisión respecto a las respuestas, idoneidad o completitud de las tareas realizadas, corrección-precisión, inteligibilidad, aprendizaje, ser atractivo para el	Proporcionar acceso adecuado al contenido. El sistema debe garantizar seguridad y tiempo en las actividades <i>enviar solicitud de acceso y recibir petición de curso</i> .	- Interfaces de usuario - Base de datos de estudiantes

Cuadro 4. Relación entre procesos de negocio, requisitos del sistema de software de soporte y componentes arquitectónicos

<i>Proceso</i>	<i>Descripción</i>	<i>RF</i>	<i>RNF</i>	<i>Reglas del negocio que pueden afectar el proceso</i>	<i>Componentes</i>
			estudiante. También se justifican en el Cuadro 1. EQM.		
Registrar productos académicos (Figura 20)	En el transcurso del curso el docente solicitará productos al estudiante que deben ser registrados en la línea de investigación	- El sistema registrará las solicitudes del docente - El sistema permitirá registrar las acciones del estudiante, tales como: momento en el cual realizó una consulta, recibió una notificación, etc.	Respecto al registro, Disponibilidad del sistemas, seguridad de acceso (confiabilidad, autenticación), rendimiento en tiempo, idoneidad o completitud de las tareas realizadas, corrección-precisión,	Proporcionar contenido adecuado según programa analítico del curso. Será verificado por el Docente de acuerdo con su plan de evaluación.	- Base de datos de usuario -Base de datos de estudiantes -Base de datos de líneas de investigación
Registrar calificaciones (Figura 21)	Una vez culminado el proceso de evaluación, el docente envía los resultados a la Coordinación de Postgrado para que sean registrados en la sección de Control de Estudios	El sistema recibirá y registrará las calificaciones emitidas por el docente	- El sistema enviará a la sección de Control de Estudios la calificación del estudiante para su registro en la base de datos	Proporcionar las calificaciones correspondientes a los productos académicos generados por el estudiante, tomando como referencia el reglamento y el plan de evaluación.	- Base de datos de Control de Estudios

a.2 Se determina (n) el (los) estilo (s) arquitectural (es) predominante (s) del dominio respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización: en nuestro caso, del estudio realizado en Capítulos anteriores, se determinó que el estilo arquitectural predominante es el estilo híbrido SOA/Capas, bajo plataforma tipo LAMP, ya presentado en la Figura 3.

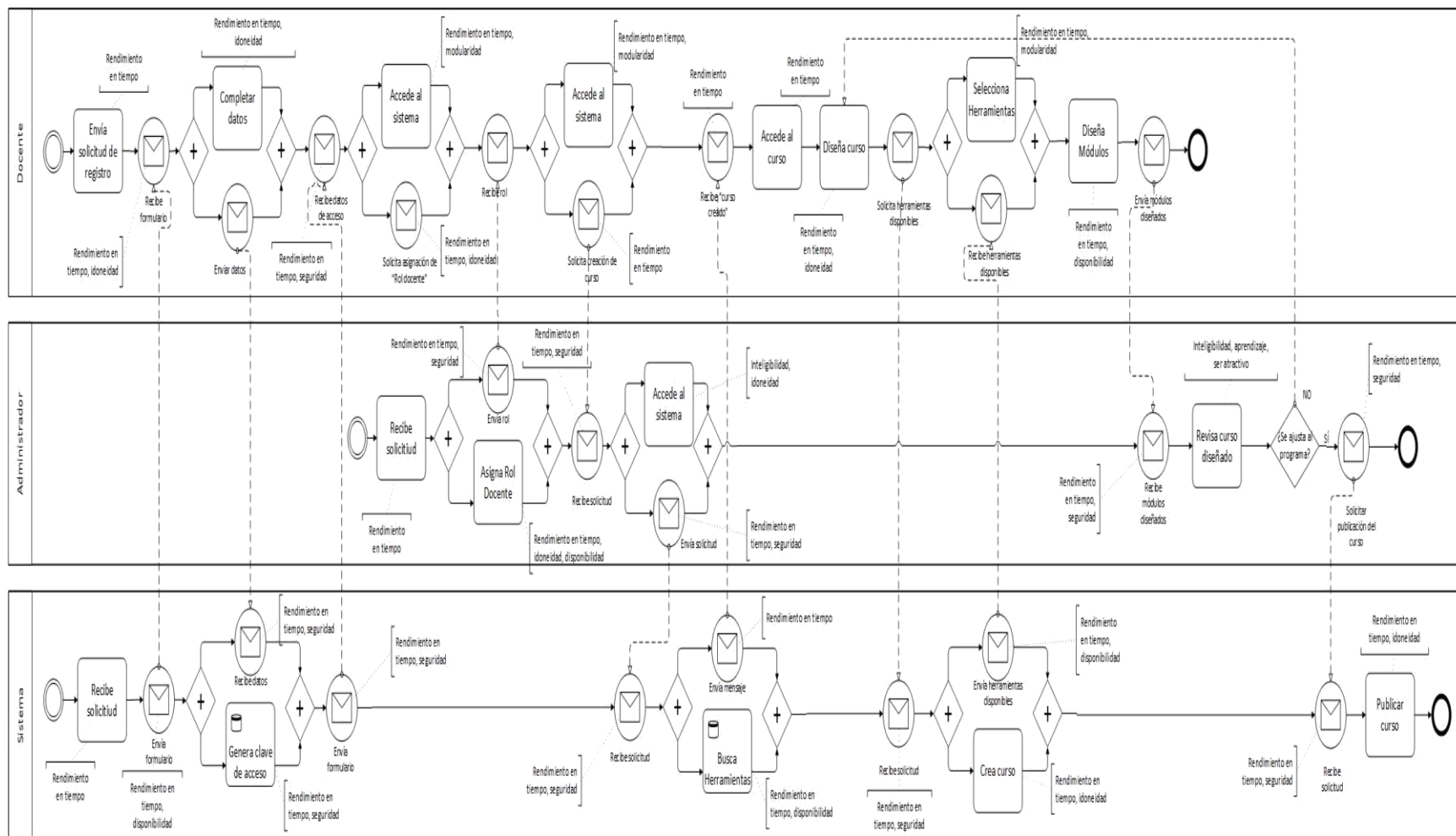


Figura 18. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Crear Contenido (Esteves y Losavio, 2016a)

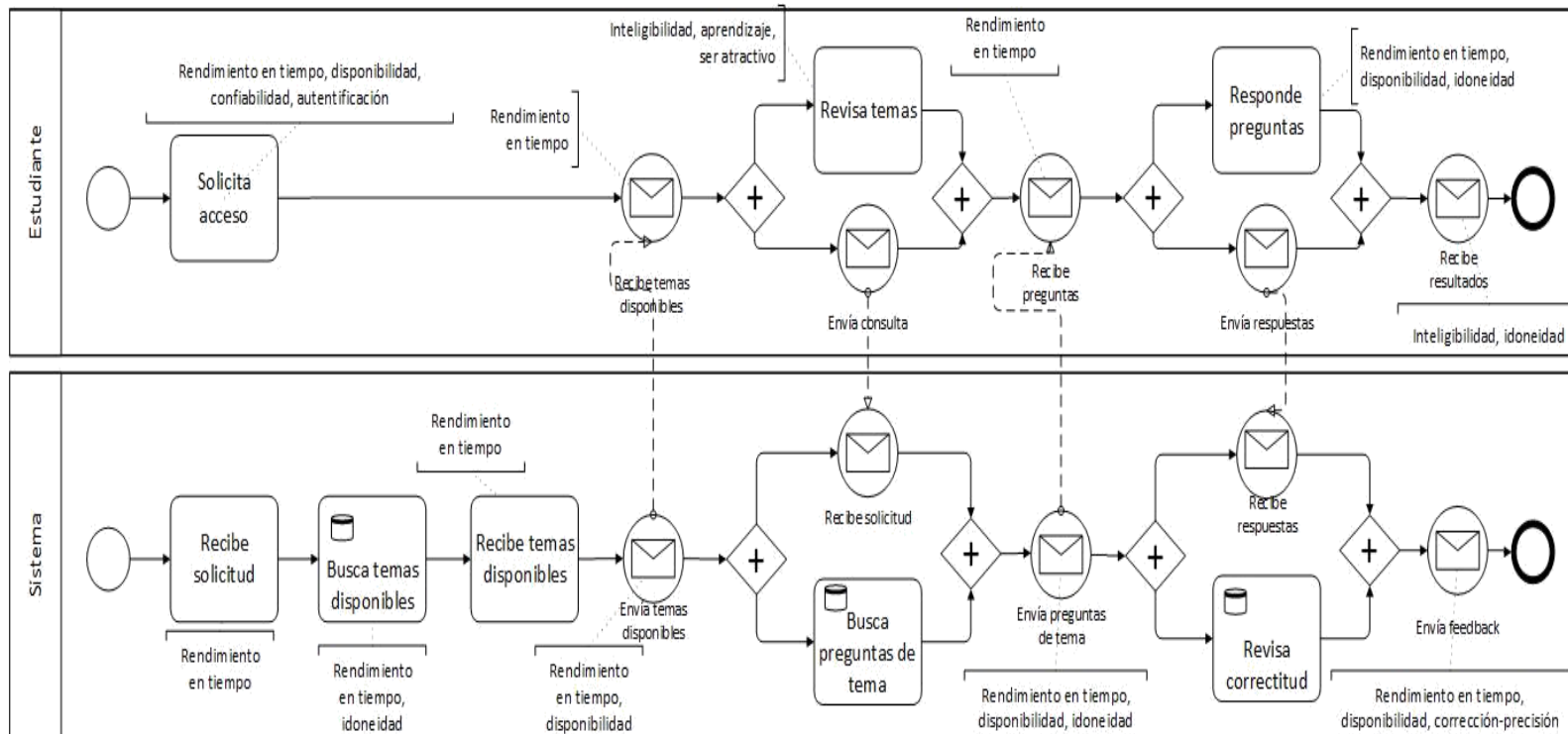


Figura 19. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Realizar Consulta (Esteves y Losavio, 2016a)

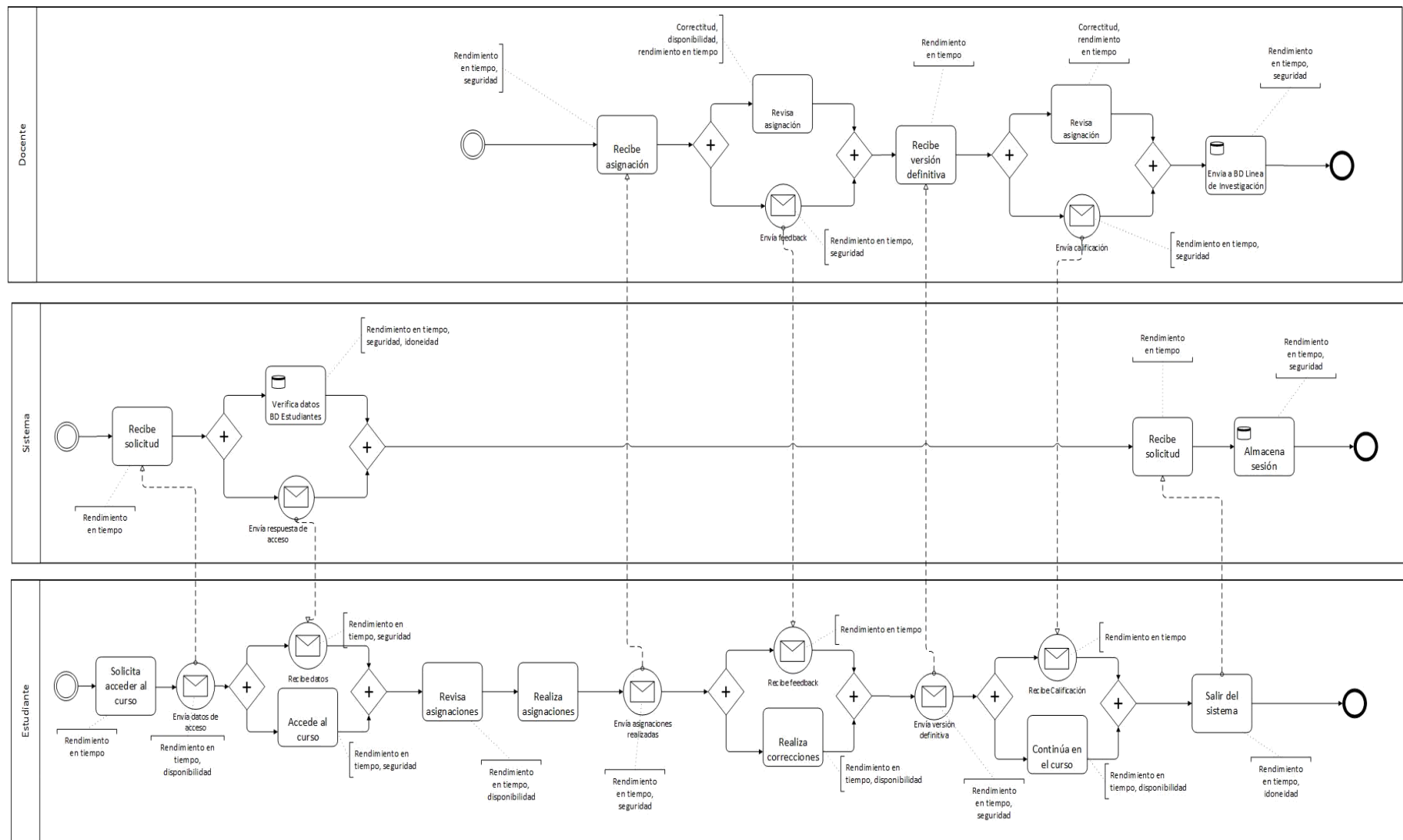


Figura 20. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Registrar Productos Académicos

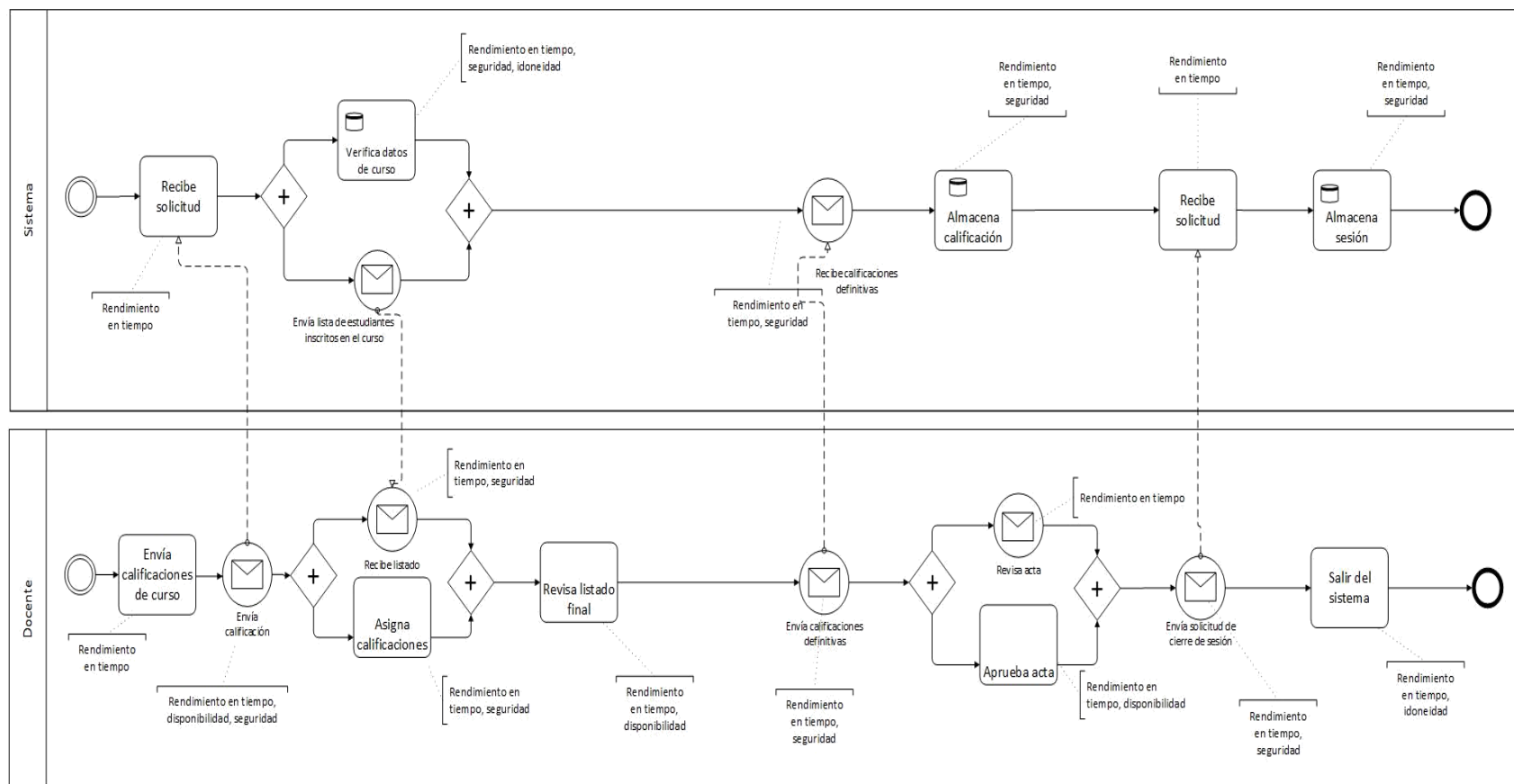


Figura 21. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Registrar Calificaciones

Salida: reglas del negocio, MN (MNE: MN Extendido con los objetivos de calidad) en BPMN, representado como procesos del negocio, estilo arquitectural, EL-DQM

b. Análisis del dominio (AD)

Entrada: MNE representado como el conjunto de procesos de negocios en BPMN (ver Figuras 18, 19, 20 y 21), estilo arquitectural: diagrama: ver Figura 3, EL-DQM: ver Cuadro 1.

Actividades:

b.1. Convertir los procesos de negocios a procesos automatizables, en términos de los principales componentes funcionales (FR) del sistema de software y las correspondientes propiedades de calidad (RNF) prioritarias del dominio, dadas por EL-DQM

Las funcionalidades básicas del dominio e-learning en la fase de análisis de MN, según la LTSA (IEEE, 2002), deben ser identificadas a partir de los procesos de negocio; para este trabajo, se identificaron los siguientes RF que dan origen a las funcionalidades básicas:

- Crear, operar y administrar actividades de aprendizaje en línea => sistemas para gestión y creación de contenidos LMS, LCMS
- Soportar la colaboración entre los usuarios => sistemas colaborativos COLLS
- Crear y proporcionar preguntas y pruebas para la evaluación del aprendizaje del estudiante => sistemas de evaluación ASSES
- Organizar recursos humanos y financieros => sistemas de recursos humanos HRS
- Administrar experiencias de aprendizaje virtual y distribuido vía Internet a estudiantes geográficamente distantes => sistemas de mails, gestión de usuarios y portales MAILLS, UMS y Portal

Por lo tanto se tienen los componentes funcionales de nuestras arquitecturas AC inicial, AC completada y AR para e-learning (ver Figuras 18, 19, 20 y 21).

b.2. Identificar características de sistemas existentes, funcionalidades básicas del dominio (RF): dadas en el Capítulo II.

b.3 Describir las arquitecturas de productos existentes.

En nuestro caso los productos ya son AR, dadas por descripciones arquitecturales, generalmente informales, proveniente de la práctica industrial y/o académica, ya presentadas en el Capítulo II, Sección 2.5.

Allí se consideró la propuesta de Habraken (2008), que integra los frameworks UKeU y WbIS (ver Figuras 4 y 5) y que además se adecúa a la LTSA mostrada en la Figura 6 (UkeU, 2007; Retalis y Avgeriou, 2002; IEEE, 2002), como nuestra

Arquitectura Candidata (AC) inicial; se consideran tres subsistemas o componentes principales:

1. Infraestructura:

- *Servicios comunes:* Portal (UI), Servicios Comunes (UMS: User Management System, MAILS: Mail, HRS: Human Resources), Base de Datos (DBMS: Data Base Management Systems)
- *Servicios para el aprendizaje:* LMS, LCMS, sistema de evaluación (ASSES: Assessment System), sistema colaborativo (COLLS: Collaborative System), sistema de planificación (no fue considerado en esta AC como sistema aislado, es incluido con frecuencia en los sistemas ASSES).

2. Recursos para el aprendizaje: material en línea, material impreso, CD, DVD; estos aspectos se manejan en los sistemas LMS y LCMS.

3. Recursos Humanos: Usuarios (estudiante, instructor, administrador de la comunicación en línea, administrador del entrenamiento, autor, administrador del sistema), empresa u organización cliente, equipo de desarrollo, equipo de mantenimiento y soporte. Estos aspectos se consideran en los sistemas UMS y HRS

Estos componentes de alto nivel, deben ser articulados de acuerdo al estilo arquitectónico considerado para el dominio e-learning en la etapa 1 del Modelado del Negocio, actividad a.2, es decir un estilo híbrido SOA/capas típico para sistemas o aplicaciones Web, siguiendo una plataforma tipo LAMP. Nótese que las arquitecturas deben ser grafos conexos, es decir sin componentes aislados. En la Figura 3 se mostró una arquitectura en tres capas, más la capa de comunicación o transmisión, constituida por las redes (Internet/intranet, satelital, etc), que entrecruza a las tres capas. Nótese que los nombres de las componentes en nuestra AC son numerados secuencialmente de acuerdo a la capa en donde están situados, P: Presentación, L: Lógica o Proceso, C: Comunicación, y D: Datos y se han mantenido los nombres en inglés para efectos de divulgación internacional (Esteves y Losavio, 2016b).

La Figura 22 muestra la AC, construida directamente tomando en cuenta la arquitectura MLE (Habraken, 2008) en la Figura 7, que engloba las dos AR, WbIS (Figura 5; Retalis y Avgeriou, 2002) y UeUK (2002) (Figura 4). El Cuadro 5 muestra la adaptación de MLE a nuestra AR, considerando estos componentes y las relaciones con sus conectores, denotados por aRb , siendo a , b componentes; las conexiones son simétricas; las arquitecturas se consideran representadas por un grafo no dirigido y conexo, (P,R) , donde P son los

componentes y *R* los conectores (Losavio, Ordaz y Esteller, 2015); esta representación permite asegurar que la configuración arquitectónica no tenga componentes aisladas (verificar la conexidad) y realizar automáticamente la generación de la AC a partir de la unión de componentes similares de las arquitecturas de productos existentes o en este caso, de las AR existentes consideradas.

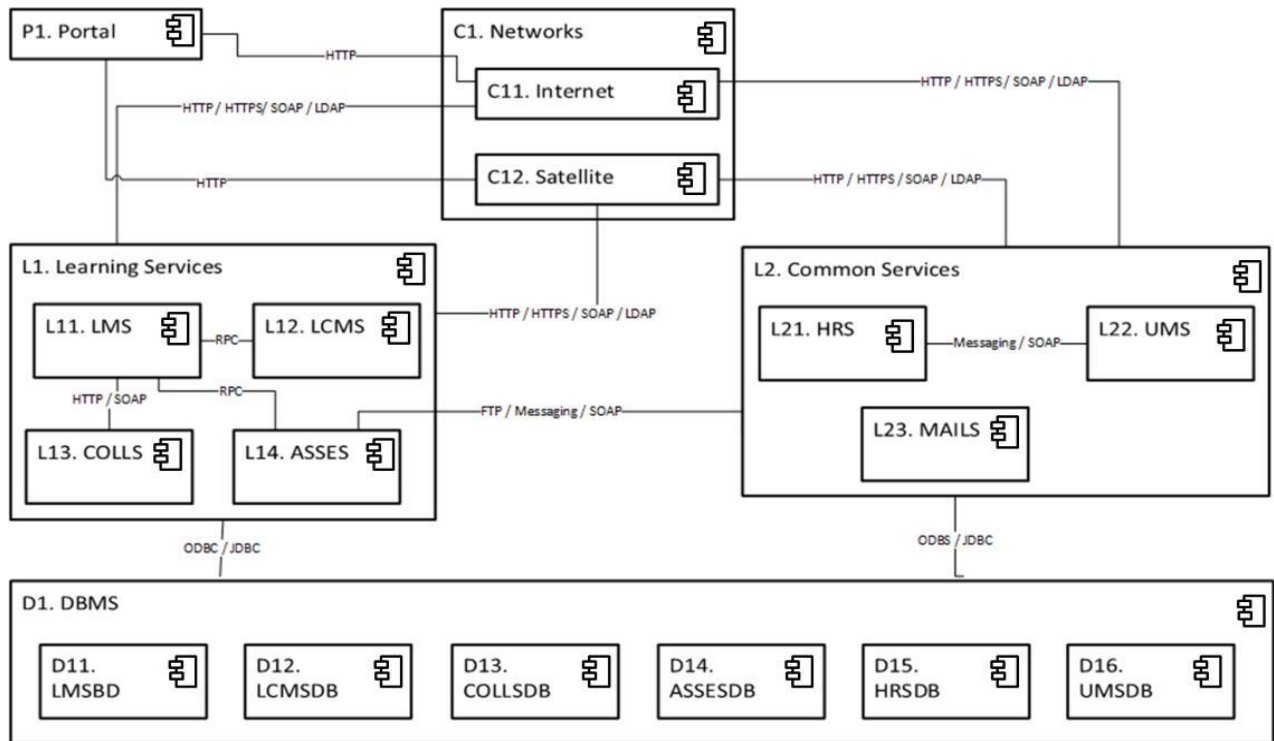


Figura 22. Arquitectura Candidata (AC) en UML generada a partir de la especificación de las AR existentes (Esteves y Losavio, 2016b)

Los nombres en la Figura 22 se han dejado en inglés en las tablas y figuras involucradas en el proceso; en castellano especificamos los nombres completos, para mayor legibilidad y evitar confusión: *L1. Learning Services* (Servicios de Aprendizaje), componente que contiene los sistemas *L11. LMS* (Sistemas de Aprendizaje), *L12. LCMS* (Sistemas de gestión de contenidos), *L13. COLLS* (Sistemas Coaborativos), *L14. ASSES* (Sistema de Evaluación). *L2. Common Services* (Servicios Comunes), componente que contiene los sistemas *L21. HRS* (Sistema de Recursos Humanos), *L2. UMS* (Sistema de Gestión de Usuarios), *L23. MAILS* (Sistema de e-mail), y *D1. DBMS* (Sistemas Manejadores de Bases de Datos, esencialmente relacionales). Es claro que los sistemas se conectan con sus

respectivas bases de datos, en la Figura 22 estas conexiones no se muestran explícitamente. P1. Portal es el sistema UI de páginas Web para acceso a las funcionalidades de todo el sistema e-learning, a partir de un navegador (o "browser") comercial.

Cuadro 5. Componentes de la AR con sus conectores

Componentes	Conectores
P1. Portal	P1RC1, P1RC2
L1. Learning Services	L1RL2, L1RC11, L1RC12
L11. LMS	L11RL1, L11RL12, L11RL13, L11RL14, L11RL1
L12. LCMS	L12RL11, L12RL1
L13. COLLS	L13RL11, L13RL1
L14. ASSES	L14RL11, L14RL1
L2. Common Services	L2RL1, L2RC11, L2RC12
L21. HRS	L21RL22, L21RL2, L21RL2
L22. UMS	L22RL21, L22RL2, L22RL2
L23. MAILS	L23RL2
D1. DBMS	D1RL1, D1RL2
C1. Networks	C1RP1, C1RC11,
C11. Internet	C1RC12 C11RP1, C11RL1, C11RL2
C12. Satellite	C12RP1, C12RL1, C12RL2

Fuente: Adaptado de Habraken (2008) (Esteves y Losavio, 2016b)

b.4 Análisis de Similitud de componentes

Este paso no es necesario ya que la AR considerada toma en cuenta ya dos AR y era conforme a la LTSA.

b.5 Especificación de las AR en un Lenguaje de Descripción Arquitectónica (ADL: Architecture Description Language), en nuestro caso UML 2.0: Ver Figura 3.

b.6 Construcción automática de la Arquitectura Candidata (AC) inicial

En este caso, la AC inicial es la AR que se produjo del estudio de la AR considerada, que es una sola que engloba dos

AR; por lo tanto, nuestra AC es la que se muestra la Figura 22. Nótese que solo las funcionalidades están presentes en esta AC inicial, porque en la AR (Habraken, 2008) no se incluyeron componentes no funcionales, derivados de las propiedades de calidad; en nuestro proceso, serán producidos en la AC completada, en el paso b.8.

b.7 Construcción del Modelo de Calidad Extendido o "Extended Quality Model" (EQM), Tabla EQM.

En el Cuadro 6 se analizan los componentes de la AR, sus variantes, descripción, las propiedades de calidad, requeridas y proporcionadas, indicando prioridad y las restricciones asociadas.

Cuadro 6. Tabla EQM (Extended Quality Model)

Componentes	Variantes	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
P1. Portal	No	Es la componente Interfaz Usuario (UI) a través de la cual setiene acceso al sistema	- inteligibilidad (1), - aprendizaje (1), - ser atractiva (2), - protección de errores (3) - confiabilidad (2), autenticación (1) - integridad (2)	P1: técnicas de diseño de páginas, no se evalúan a nivel arquitectural P11: mecanismo corrector C1: SOAP/HTTP/LDAP/HTTPS/Web service	CC: Componente Común funcional, obligatoria
P11. AutoCorrect or	Si (*)	Provee autocorrección al introducir texto	Servicio Web	Mecanismo	Opcional
L1. Learning Services	No	Agrupar sistemas que ofrecen servicios para el proceso de aprendizaje	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales opcionales u obligatorios
L11. LMS	Si (*)	Sistemas de gestión de aprendizaje: permite administrar usuarios, recursos, contenidos (importar/exportar) y actividades de formación, administrar acceso, controlar el proceso de aprendizaje,	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - rendimiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/FTP Messaging/SOAP/RP C/ Web service API ODBC/JDBC L1: LMS copy L1: AICC/SCROM	CC funcional, obligatorio variantes: SumT otal, Saba, OLAT, Sakai CLE, ATutor por ser sistema crítico

Cuadro 6. Tabla EQM (Extended Quality Model)

Componentes	Variantes	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
L12. LCMS	Si (*)	generar informes, administrar servicios de comunicación; no incluyen autoría; Sistemas de autoría: creación de contenidos; permite a los autores registrar, ensamblar, administrar y publicar/exportar contenidos para ser entregados via Web; Variantes: Evolution, ForceTen	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1) - modificabilidad (2), - reuso (3)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/Messaging/SOAP/RPC API ODBC/JDBC L1: LCMS copy L1: AICC/SCROM L1: por construcción L1: por construcción	CC funcional, obligatorio variantes: Evolution, ForceTen, Eduslide por ser sistema crítico
L13. COLLS	Si (*)	Sistema colaborativo: proporciona funcionalidades para crear y administrar sesiones colaborativas incluyendo comunicación síncrona (vide-conferencias, salón virtual) y asíncrona (blog, wiki, grupos, chats)	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad-persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	C1: protocolos HTTP/SOAP T.120/H.323 LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, variantes: Alfresco, Asana, Box.net, Clearspace, Drupal, Google Drive, Huddle
L14. ASSES	Si (*)	Sistema de evaluación: permite a los autores crear "surveys", evaluación formativa y sumativa, exportar una evaluación vía AICC o SCORM, para ser entregada vía Web	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - autenticación (1),	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/Messaging/RPC API ODBC/JDBC LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, obligatorio variantes: sistemas LMS (son los mismos LMS)

Cuadro 6. Tabla EQM (Extended Quality Model)

Componentes	Variantes	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
			- confidencialidad (2) - integridad (2)		
L15. Computation modules	Si (*)	Garantiza precisión en los sistemas que requieren cómputos	la Componente	Módulos	variantes: pueden haber muchos algoritmos Obligatorios Opcional
L16. LMS copy	Si	Garantiza disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	
L17. LCMS copy	Si	Garantiza disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	Opcional
L18. AICC	Si	Garantiza importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L19. SCROM	Si	Garantiza importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L2. Common Services	No	Agrupar sistemas que ofrecen servicios a los que todos pueden acceder	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales, obligatorios
L21. HRS	Si (*)	Sistemas de recursos humanos: permite administrar el perfil del usuario final incluyendo habilidades, competencias y tipo de trabajo; crear y mantener los registros de planes personales de desarrollo del usuario	- disponibilidad-persistencia (2), - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1), - autenticación (1), - confidencialidad (2)	C1: Messaging/SOAP/FTP/ API ODBC/JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	CC funcional, obligatorio variantes: Orange HRM, Centrifugo, Simple HRM
L22. UMS	Si (*)	Sistemas de gestión de usuarios; administra usuarios, grupos y roles a partir de todos los componentes involucrados en la solución; maneja el registro y cuenta del usuario, la autorización y la	- disponibilidad-persistencia (2), - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1), - autenticación (1), - confidencialidad (2)	C1: Messaging/SOAP/FTP API ODBC / JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	CC funcional, obligatorio variantes: Apache Syncope, OpenIAM

Cuadro 6. Tabla EQM (Extended Quality Model)

Componentes	Variantes	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
		autenticación			
L23. MAILES	Si (*)	Sistema e-mail: es responsable de enviar, recuperar y reenviar e-mails a los diferentes componentes involucrados en la solución.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad-persistencia (2), - adaptabilidad (1) - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2)	C1: SOAP/ HTTP/Messaging, /FTP/ T.120,/H.323 API ODBC/JDBC LDAP, HTTPS, Web service	CC funcional, obligatorio variantes: gmail, hotmail, yahoo, cantv.net,
C1. Networks	No	Agrupar los tipos de redes	Requeridas por cada componente:	Proporcionadas para cada componente:	CC funcionales, obligatorios
C11. Internet	Si	conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas, basadas en protocolos TCP/IP, que hacen ver las redes físicas heterogéneas que componen como una red lógica única de alcance mundial.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad-persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.1 20/H.323/Messaging (Publisher-Subscriber) LDAP/HTTPS/Web Services	CC, obligatorio variante: Internet
C12. Satellite	Si	es un método de conexión a redes de comunicación (ej. Internet) utilizando como medio de enlace un satélite.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad-persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.1 20/H.323/Messaging (Publisher-Subscriber) C2. ODBC C3. JDBC C5. Security protocols: LDAP/HTTPS/Web Services	CC funcional, opcional Messagingis implementado por un canal Publisher-Subscriber variante: Satellite
C2. ODBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C3. JDBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C4.	Si (*)	Garantizan	Protocolos	Mecanismos,	obligatorias

Cuadro 6. Tabla EQM (Extended Quality Model)

Componentes	Variantes	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
Network protocols		propiedades de la comunicación		servicios Web	variante: múltiples dependen del mercado
C5. Security protocols	Si (*)	Garantizan las propiedades para el control de acceso al sistema y la consistencia de mensajes	Protocolos	Mecanismos, servicios sistemas	Web, variante: múltiples dependen del mercado
D1. DBMS	Si (*)	Sistemas Gestores de Bases de Datos; las diferentes bases de datos utilizadas por los subsistemas son consideradas un almacenamiento persistente compartido de datos: D11. LMSDB, D12. LCMSDB, D13. CALLSDB, D14. ASSESDB, D15. HRSDB, D16. UMSDB	- capacidad-escalabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1) - integridad (2) - adaptabilidad (1)	D1. módulos, mecanismos propios de las BD C1: API ODBC/JDBC	CC funcional, obligatorias; cada base de datos es obligatoria. Solo BD relacionales son consideradas; variantes: Oracle, MySQL, PostgreSQL, Firebird
D17. DB mechanisms	Si (*)	Garantizan propiedades de los DBMS	DBMS	Componentes	variantes: específicas para cada DBMS

(*) indica varios sistemas diferentes; cada uno es una variante

b.8 Completar AC:

A partir de la Tabla EQM (Cuadro 5) se completa la AC inicial obtenida en b.6, la cual se muestra en la Figura 23; las variantes son denotadas por el estereotipo <<variant>>. Una *variante* indica una solución alternativa para un determinado componente; nótese que en la AR (Habraken, 2008) no se consideran las variantes ni los puntos de variación, donde se agrupan las variantes, los cuales son necesarios para poder derivar un producto o sistema concreto de la AR.

Se pueden apreciar que los componentes nuevos que se han introducido tienen el propósito específico de satisfacer alguna (s) propiedad (es) de calidad requerida (s) por algún componente funcional ya existente, con lo cual se garantiza la completa trazabilidad entre los RF y los RNF por construcción; también se observa que la configuración arquitectural obtenida es conexas.

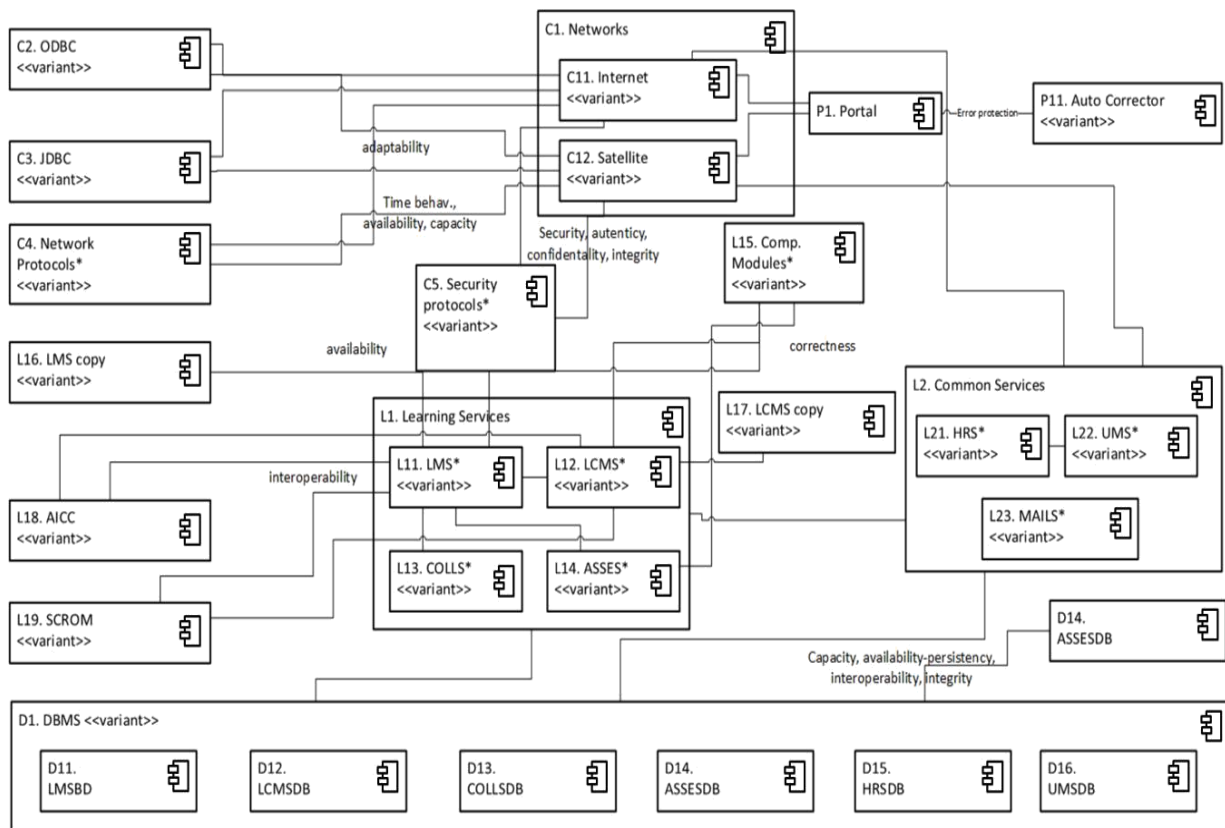


Figura 23. AC Completada en UML (Esteves y Losavio, 2016b)

c. Diseño del dominio (DD)

Actividades:

c.1 Construcción del Modelo de Variabilidad

A partir de la AC completada es fácil ver que los puntos de variación, denotados por <<vp>> como estereotipos UML, que agrupan las diferentes variantes son: <<C1>> Networks que agrupa C11, C12; <<C6>>Security Prot agrupa los mecanismos para la seguridad, <<C7>>Adaptab API agrupa los mecanismos para la portabilidad C4. JDBC y C5. ODBC, <<C8>> Net Prot agrupa otros protocolos de red para tratar tiempo de respuesta, disponibilidad y capacidad en la transmisión, y <<D18>> RDBMS que agrupa DBMS relacionales y <<D19>>DB Mechque agrupa mecanismos propios a los DBMS para satisfacer las propiedades de calidad capacidad, disponibilidad (por ejemplo bases de datos espejo o replicación), interoperabilidad e integridad; cada solución podría haberse separado, pero a efectos de legibilidad y abreviar la presentación, se dejaron agrupados en un solo <<vp>>. Todos los subsistemas de L1 y L2 son renombrados como estereotipos en <<vp>> por desempeñan las mismas tareas, <<L111>> LMS,

<<L121>> LCMS, <<L131>> COLLS, <<L141>> ASSES, <<L211>> HRS, <<L221>> UMS, <<L231>> MAILS; <<L161>> Avail agrupa L16. LMS copy y L17. LCMS copy, <<L151>> AlgorPrec agrupa algoritmos de cálculo, <<L181>> Interop agrupa L18. AICC y L19. SCROM; finally <<P111>> ErrorProt agrupa variantes de sistemas de auto corrección.

c.2 Construcción de la AR

Como se observa de la Figura 24, nuestra AR cumple con las propiedades de calidad especificadas en EL-DQM, estableciéndose claramente su trazabilidad con los componentes funcionales que las requieren e incluye el modelo de variabilidad; en cuanto a los conectores que relacionan los <<vp>>, estos son también un conjunto de variantes parte del modelo de variabilidad, y es claro que en una instancia particular de AR, debe seleccionarse el conector apropiado para un determinado sistema e-learning.

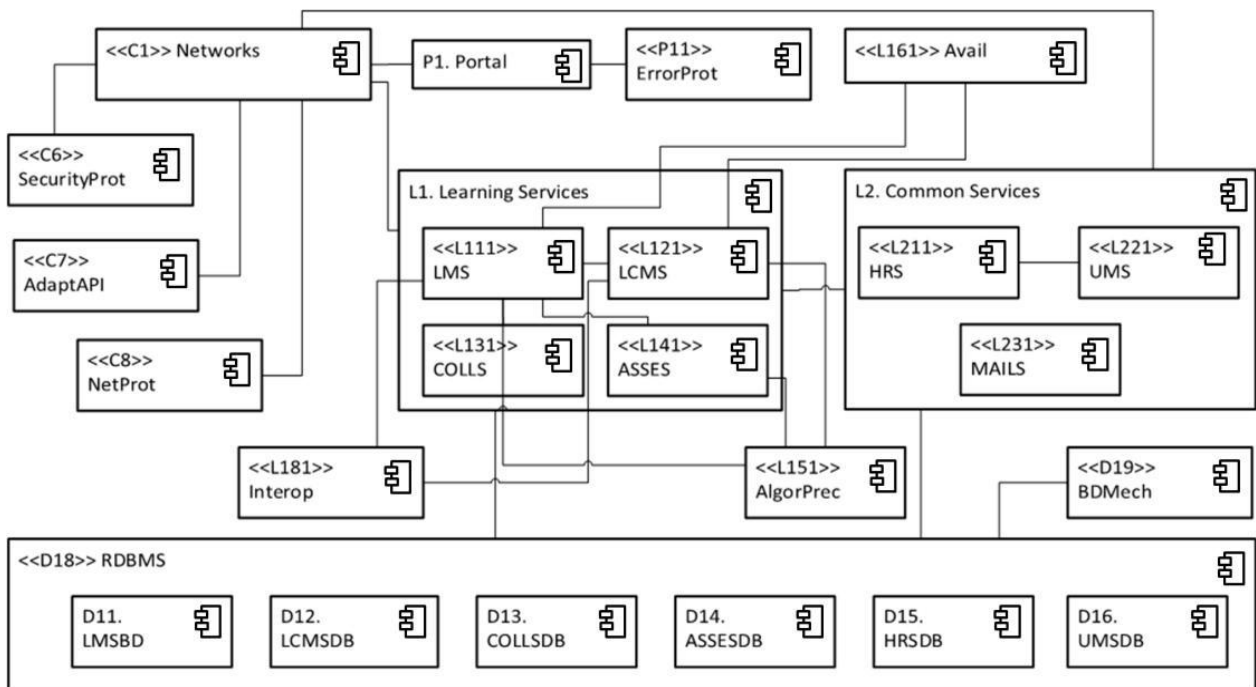


Figura 24. AR en UML para el dominio e-learning (Esteves y Losavio, 2016b)

c.3 Adecuación de la AR

El Cuadro 7 muestra la adecuación o conformidad de nuestra AR con la capa 3 obligatoria de la LTSA (IEEE, 2002), ver Figura 6.

Cuadro 7. Adecuación de AR para e-learning a LTSA

<i>AR LTSA capa 3</i>	<i>Infraestructura Técnica</i>	<i>Recursos Humanos</i>	<i>Recursos Aprendizaje</i>	<i>de</i>
L: Learning Entity	Portal, LMS, LCMS, ASSES, UMS	Estudiante	Material de aprendizaje	
D: Delivery	LMS, LCMS	Estudiante, Instructor/A utor	LMSDB, LCMSDB	
E: Evaluation	ASSES, UMS	Instructor	ASSESDB, UMSDB	
C: Coach	ASSES, COLLS, HRS, MAILS	Instructor, Supervisor	HRSDb, COLLSDB, ASSESDB	
LR: Learning Resources	DBMS	Administrad or	LMSDB, LCMSDB, COLLSDB	
R: Register	DBMS	Administrad or	UMSDB, HRSDb	

En resumen, como pudo apreciarse, del proceso MN-AR se obtuvo una AR que no solo cumple con el estándar LTSA (IEEE, 2002), sino que además considera el modelo del negocio de la institución educativa que hará uso de la plataforma e-learning; el MN, en nuestro caso el MNE, se refleja en los componentes funcionales considerados y en los componentes que satisfacen los requisitos u objetivos de calidad exigidos por las funcionalidades. En el Capítulo VI, se mostrarán las conclusiones y futuras acciones a seguir en esta línea de investigación, relacionadas con esta tesis doctoral.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

6.1. Conclusiones

Con base en los objetivos de la investigación, en la revisión bibliográfica realizada y en los resultados obtenidos de aplicar el proceso MN-AR en el caso de estudio analizado, se establecen las siguientes conclusiones:

1. Al analizar las características del dominio del aprendizaje electrónico, se obtuvieron los elementos conceptuales que caracterizan las plataformas e-learning, concebidos como ambientes de desarrollo de aplicaciones Web, con arquitecturas tipo LAMP (Linux, Apache, MYSQL, PHP o similares), que incluyen componentes básicos de hardware/software para su funcionamiento: Sistema Operativo, Servidor Web, BD, lenguaje de programación y mecanismos para la transmisión en redes.

Se determinó, por el análisis del dominio, que estas plataformas deben satisfacer cuatro características básicas, como propiedades intrínsecas o propiedades de calidad (ISO/IEC, 2011) de un software de apoyo: *interactividad, flexibilidad, escalabilidad e interoperabilidad*; sin embargo, muchos autores coinciden que en el dominio educativo debe cumplirse además con propiedades que no son consideradas de calidad, pero si asignadas al software, como son el desarrollo en código abierto, el uso de plataformas gratuitas, el uso de arquitecturas multi-idomas y de lenguajes *open source* para su desarrollo, así como concebirlas para una amplia comunidad de usuarios, ofreciendo documentación y soporte constante.

De las características deseables para las plataformas e-learning, surge el modelo de calidad del dominio, el cual se denominó EL-DQM. Del análisis realizado, se encontraron las características generales de calidad que dirigen el diseño de la arquitectura de referencia. Estas son: *funcionalidad (idoneidad funcional y corrección-precisión), facilidad de uso, rendimiento*

(en tiempo y capacidad), portabilidad, fiabilidad, compatibilidad (interoperabilidad), seguridad y la capacidad de ser mantenidos o mantenibilidad, siendo prioritarios la facilidad de uso, la interoperabilidad y la portabilidad.

A pesar de no estar completamente definidos en estos momentos, los estándares e-learning están dirigidos a la protección de la inversión, garantizar la portabilidad de las plataformas e interoperabilidad de los contenidos, así como el integrar las plataformas en la infraestructura tecnológica existente, es decir de fácil mantenimiento y flexibilidad a los cambios, todo esto garantizaría la reutilización de los cursos, la facilidad de adaptación de los sistemas de aprendizaje y a mejorar la efectividad, reduciendo tiempo y costos. En esta investigación se impulsa el uso de estándares para el desarrollo de aplicaciones en el dominio educativo.

2. Uno de los principales aportes de esta investigación es la adaptación de las dos primeras fases propuestas por BPMI para el ciclo de vida de los procesos de negocio, tomando como referencia el trabajo realizado por Schief, Pussep y Buxmann (2012), quienes proponen un marco de referencia general para el modelado del negocio en la Industria del Software. Los modelos de negocio genéricos, también denominados modelos de referencia, describen la lógica del negocio de una manera abstracta y deben ser presentados de forma tal que respondan a las características y terminologías propias del dominio. Hablar de negocio educativo, rompe con las concepciones que se mantienen desde el dominio, pues, las aplicaciones de software que se desarrollan en este contexto buscan atender particularidades de procesos y no la masificación de productos, aun así, es importante caracterizar el modelo del negocio para el dominio, especificando los elementos que deben considerarse, así como su propia terminología. De allí que el hecho de extraer las reglas del negocio, así como los principales procesos y demás restricciones, del

currículo de las instituciones educativas para el cual se desarrolla, contribuye con la obtención de sistemas realmente pertinentes a la realidad educativa donde se incorporan.

3. En esta investigación, como en otras presentadas en la literatura, se considera que las AR para e-learning deben responder al estándar LTSA (IEEE, 2002), aun cuando éste no proponga ninguna técnica o método de diseño específico para llegar a la AR, como correspondería a las buenas prácticas de la Ingeniería del Software, ni toma en cuenta explícitamente los requisitos de calidad exigidos en el dominio y el modelo del negocio es considerado muy ligeramente.

Entre las AR que se discutieron en este trabajo, se encuentran:

- a) UKeU (2002; SUN Microsystems, 2003). Marco de referencia basado en estándares abiertos que permite una completa separación de los diferentes componentes y las implementaciones del mercado. Permite a las empresas seleccionar soluciones para cada componente y como integrarlas en una solución e-learning.
- b) WbIS (Retails y Avgeriou, 2002). Es un sistema instruccional que incorpora componentes organizacionales, instruccionales y tecnológicos para soporte y automatización parcial de un proceso instruccional en un área. Se enfoca la perspectiva de TIC y no en la teoría del aprendizaje.
- c) LTSA (IEEE, 2002). Describe una arquitectura en cinco capas de alto nivel para sistemas de aprendizaje tecnológicos. Describe una solución en términos de una perspectiva de información tecnológica y es por lo tanto independiente respecto a aspectos pedagógicos, de contenido, culturales y de plataforma. La tercera capa es obligatoria para este estándar; pues identifica los componentes de la

arquitectura (funcionalidades principales que deben estar presentes) en cuatro procesos.

Por lo general, estos frameworks o modelos de referencias presentan el “qué hacer”, pero no el “cómo hacer”. Esta limitante fue superada en esta tesis doctoral, en vista de que el proceso MN-AR ha sido concebido como un enfoque sistemático y repetible de diseño, el cual presenta el “cómo hacer”, además de asegurar la calidad desde las etapas tempranas del desarrollo, mediante la trazabilidad desde el modelo del negocio, entre RF representados en la RA como componentes arquitecturales y RNF, representados también como componentes arquitecturales, pero que proporcionan soluciones a los requisitos de calidad exigidos por las funcionalidades, para construir una AR que soporte la evolución.

4. El proceso de diseño arquitectónico propuesto en esta tesis doctoral, permite obtener una AR para aplicaciones en el dominio del aprendizaje electrónico que satisfagan las características de calidad deseables en el dominio. Para determinar la AR apropiada al marco de referencia en el dominio del AE con base en la revisión de las arquitecturas existentes para el dominio, el modelo del negocio y el modelo de calidad, se propuso el proceso MN-AR. Este proceso es una adaptación de la propuesta de Losavio, Ordaz y Esteller (2015), basada en un proceso de refactorización de arquitecturas de productos existentes, como paso natural para obtener una arquitectura de referencia que permita generar aplicaciones o sistemas concretos, para dar soporte a un aprendizaje electrónico de calidad. La idea central del proceso MN-AR es incluir el modelo del negocio como entrada al análisis del dominio (Esteves y Losavio, 2016b) y considerar AR ya definidas para e-learning (Habraken, 2008; ForceTen; Retalis y Avgeriou, 2002; IEEE, 2002) que son estudiadas en este proceso, en lugar de sistemas concretos e-learning existentes en el mercado.

5. El caso de estudio analizado: “Curso de Competencias Formales para la Investigación” del Programa de Postgrado de la UPEL, permitió una primera evaluación del proceso MN-AR propuesto en esta tesis doctoral, encontrando que es posible considerar los aspectos curriculares y tecnológicos en el proceso de selección de plataformas para el AE.

En resumen, en la tesis doctoral se logra proponer una arquitectura de referencia para plataformas educativas en el dominio del aprendizaje electrónico, tomando en cuenta el modelo del negocio y las exigencias de calidad del software. En este sentido, es oportuno aclarar que se decidió trabajar con la AR y no con el Marco de Referencia como se indicó inicialmente, pues en el estudio documental se encontraron estándares que ya tenían claramente definido el Marco de Referencia que involucra la conceptualización del contexto organizacional del dominio y que la AR es parte de este marco; en este sentido, se encontró que el modelo del negocio impactaba de manera directa en la AR, cuyos componentes son definidos también a un alto nivel de abstracción para derivar sistemas concretos individuales, logrando la correspondencia entre los elementos conceptuales del dominio empresarial y los componentes de software.

6.2. Perspectivas

Con base en los resultados obtenidos en la investigación, surgen estas acciones a ser desarrolladas desde la línea de investigación, como investigaciones futuras:

- a. Analizar la pertinencia del uso de otros diagramas, preferiblemente estandarizados, para representar tanto los procesos como la arquitectura generada, con el propósito de mejorar la comunicación con los representantes del negocio.
- b. Aplicar MN-AR a plataformas de AE existentes, tales como Moodle, a través de un proceso de refactorización de arquitecturas de productos existentes, para obtener los elementos de arquitectura relevante para esa plataforma.

- c. Instanciar la AR obtenida con los elementos de algún producto de la familia e-learning, por ejemplo Moodle, para verificar que este sistema puede ser derivado a partir de la AR, como un producto concreto.
- d. Dar a conocer los resultados de la investigación en la Dirección de Informática de la UPEL, de forma tal que contribuya con el desarrollo, selección o evaluación de la plataforma utilizada para mediar el aprendizaje electrónico en la Universidad.
- e. Extraer elementos que permitan la evaluación de plataformas para el aprendizaje electrónico y determinar las métricas para tal fin.
- f. Utilizar el modelo del negocio obtenido en esta investigación como punto de partida para el desarrollo de otros Software Educativos, para obtener elementos con un mayor nivel de abstracción y así obtener un modelo del negocio genérico e instanciable para el dominio.
- g. Aplicar el proceso MN-AR en el desarrollo de otros tipos de Software Educativo, donde no existan AR predefinidas y aplicar así un proceso de refactorización de arquitecturas de productos existentes.
- h. Caracterizar el MN en otros dominios, para utilizarlo como punto de entrada en la etapa de análisis de requisitos.
- i. Aplicar el proceso MN-AR en otros dominios para continuar con la validación de la propuesta.
- j. Instanciar la AR para generar productos (sistemas) concretos *e-learning*.
- k. Diseñar herramientas computarizadas de soporte al proceso MN-AR, sobre todo en las etapas que pueden ser automatizadas, como la transformación automática de los procesos de negocios a componentes arquitecturales y la construcción automática de la AC inicial.

REFERENCIAS

- Alfonzo P. y Mariño S. (2013). Los estándares internacionales y su importancia para la industria del software. *Ciencia y Técnica Administrativa*, 12 (2), N°2
- Bérard E. (1992). Testing of object-oriented software. *Proceedings of the eighth international conference on Technology of object oriented languages and systems*. EEUU: Prentice-Hall, Inc.
- Berrocal, J., García, J. M., Murillo, J. M. (2007). *Hacia una gestión del proceso software dirigida por Procesos de Negocio*.
- Bizagi Suite (2014). BPMN 2.0
- Boneu, J. (2007). *Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos*. Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento.
- Broderick, C. (2001). *What is Instructional Design?*
- Business Process Management Initiative (BPMI) (2011). *Business Process Modeling Notation (BPMN)*.
- Canfora, G., Di Penta, M. (2006). Testing Services and Service-Centric Systems: Challenges and Opportunities. *IT Professional*, 8 (2): 10-17
- Chacón, M. (2015). *Desarrollo de una metodología para el análisis, diseño, implantación y evaluación de soluciones e-learning de software libre en instituciones de educación superior*. Tesis Doctoral de la Universidad de Alicante, España.
- Cisco (2001). *Model of an E-Learning Solution Architecture for the Enterprise*. Cisco Systems. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.cisco.com/warp/public/10/wwtraining/elearning/learn/whitepaper_docs/solution_architecture_wp.pdf.
- Del Blanco, A. (2014). *Aplicación de estándares de e-learning para la integración de videojuegos educativos en el flujo de la enseñanza*. Tesis Doctoral presentada en la Universidad Complutense de Madrid, España.
- Esteller, V. (2016). *Proceso de modelado de la variabilidad en el análisis del*

dominio que contempla requisitos funcionales y no funcionales para la construcción de una arquitectura de referencia. Tesis Doctoral, Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias, UCV, Febrero 2016.

Esteves, Y. y Losavio, F. (2016a). *Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en Modelo de Negocio y Calidad de Producto: un Caso de Estudio.* Cuarta Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas, CoNCISa. ISBN: 978-980-7683-02-9 Colegio Universitario de Caracas, Caracas, Venezuela - 26 al 28 de octubre de 2016, pp. 14-25.

Esteves, Y. y Losavio, F. (2016b) *Modelado del Negocio Dirigido por la Calidad para una Arquitectura de Referencia en el Dominio del Aprendizaje Electrónico.* Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería del Software (RACCIS) 6(1), pp. 59-76, 2016.

Evolution Java Architecture; Outstart whitepaper

ForceTen Architecture version 4.1; whitepaper from EEDO

Ford, G. y Gibbs, N. E. (1996). A Mature Profession of Software Engineering. *Technical Report CMU/SEI-96-TR-004.* Software Engineering Institute, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Fuentes L. y Sánchez, P. (2005). *Desarrollo de software con aspectos dirigido por modelos.* [Documento en línea]. Disponible en: http://www.info-ab.uclm.es/personal/enavarro/DSOA/papersCR/Sanchez_desarrollo.pdf

Grimán A., Pérez M., Mendoza L., Losavio F. (2005). *Feature Analysis for Architectural Evaluation Methods*, The Journal of Systems & Software, Vol 79/6 pp 871-888, Elsevier Science (North Holland)

Habraken J. (2008). *Reference Architecture for e-learning Solutions*, Master Thesis, Open University Faculty Computer Science, January 28.

Hodgins, W. (2001). *IEEE LTSC Learning Technology Standards Committee P 1484.* ADLNET, USA.

Definición de las Normas ISO/IEC 25010 (2016). Disponible en:

<http://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010?limit=3&start=6>

Hurtado, J. (2007). *El Proyecto de Investigación. Metodología de la investigación Holística*. Sygal- Quiron ediciones, 5ta edición ampliada. Caracas.

IEEE (2002). *Draft Standard for Learning Technology – Learning Technology Systems Architecture*, Technical Report IEEE-Std Draft-P1484-1.

ISO/IEC 25010 (2011). *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*. Systems and software quality models, ISO/IEC JTC1/SC7/WG6. Ginebra.

Jochems, W; Merriërienboer, Koper, R. (2004). *Integrated E-Learning ,implications for pedagogy, technology & organization*, Rout Ledge Falmer.

Losavio F., Levi N., Davari, P., Colonna F. (2005). *Pattern-Based Architectural Design Driven by Quality Properties: A Platform to Model Scientific Calculation*, European Workshop on Software Architecture, EWSA 2005, Proceedings LNCS 3527, pp. 94-112, Springer Verlag.

Losavio F., Esteves Y. (2016). *Modelado del Negocio como técnica para el Análisis del Dominio del Aprendizaje Electrónico*, en actas del IV Simposio Científico y Tecnológico en Computación SCTC 2016, pp 47-58, de la Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, UCV, Marzo 2016.

Losavio F., Esteves Y. (2015). *Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto*. Por aparecer en el No. 16, Revista Sapiens UPEL

Losavio F., Esteves Y. (2014). *Análisis de Requisitos para Software Educativo, 2da. Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas/CoNCISa*, en actas, pp. 182-186, ISBN 978-980-7683-00-5, 1-3 de Octubre 2014, UCAB <https://drive.google.com/file/d/0B4DfbhYB-kIVajVKcm9zb2hwaGM/view?usp=sharing>

Losavio F., Esteves Y. (2012). *Modelo de negocio en el dominio educativo del aprendizaje electrónico para estudios de postgrado*, en actas del II Simposio Científico y Tecnológico en Computación (SCTC), pp. 203-210, 7-9 mayo 2012, ISBN 978-980-12-5555-0

Losavio, F., Chirinos, L., Matteo, A. y Lévy Ramdane-Cherif (2004). *Designing Quality Architecture: Incorporating ISO Standards into the Unified Process*.

- Journal of ISYM, 21(1), 27-44. Johannes Gutenberg: Universität Mainz.
- Losavio F., Guillén C., Esteves Y. (2005) *Framework for Software Architecture Design*, Convención ASOVAC, Caracas
- Losavio F., Matteo A. y Pacilli I. (2014). *Unified Process for Domain Analysis integrating Quality, Aspects and Goals*. CLEI Electronic Journal, 17(2), paper 1, 21 pages, August
- Losavio F., Ordaz O., Esteller V. (2015). *Refactoring-Based Design of Reference Architecture*, RACCIS 5(1), pp. 32-48, 2
- Microsoft (2000). *Microsoft Accelerates Online Learning with Support for eLearning Specification*. [Documento en línea]. Disponible en:
<https://news.microsoft.com/2000/02/08/microsoft-accelerates-online-learning-with-support-for-elearning-specification/#sm.0000mxtvif50wekuq2c2bpavos6xn>
- Moodle web site at: <http://www.moodle.org>
- Morris, M.; Schindehutte, M. y Allen, J. (2005). The entrepreneur's business model: toward a unified perspective, *Journal of Business Research*, 58, 6, 726-735.
- Nakagawa E., Antonio P. y Becker M. (2011). *Reference architecture and product line architecture: a subtle but critical difference*, Crancovic V., Grhun, and M. Book (Eds.): ECSA 2011, LNCS 6903, pp. 207-211, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- OMG (2011). *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0*.
- Otón, S. (2006). *Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Servicios para la Implementación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Distribuidos*, Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá
- Paulsen, M. (2002). *Online Education Systems: Discussion and Definition of Terms*. NKI Distance Education.
- Pohl, K., Bockle, G. & Van Der Linden, F. (2005). *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles, and Techniques*. Springer
- Rehak, D. (2003). *E-Learning Standards Questions, Decisions, Actions*. Learning

Systems Architecture Lab, Carnegie Mellon University Pittsburgh

Retalis, S; Avgeriou, P. (2002). Modelling Web-based Instructional Systems, *Journal of Information Technology Education*, Volume 1 NO. 1

Reynoso, L.; Rolon, E.; Genero, M.; García, F.; Ruiz, F. y Piattini, M. (2009). *Formal Definition of Measures for BPMN Models*. A. Abram et al (Eds.): IWSM/Mensura, LNCS 5891, pp. 285-306. Berlin.

Rosenberg, S. (2006). *Beyond e-Learning*, Pfeiffer.

Saba VLE Connector API 1.0, Developers Guide, Saba whitepaper downloaded from www.saba.com

Sánchez M. V.; Saorín, T. (2001). Las comunidades virtuales y los portales como escenarios de gestión documental y difusión de información. *Anales de Documentación*, 4, 215-227. Murcia: Universidad de Murcia.

Schief, M.; Pussep, A. y Buxmann, P. (2012). Performance of Business Models: Empirical Insights from the Software Industry. En: *European Conference on Information Systems (ECIS)*, Junio 10-13, Barcelona, Spain.

Shaw, M. y Garlan, D. (1995). *Software Architecture: perspectives on an Emerging Discipline*. Prentice-Hall.

SkillSoft (2006). *SumTotal*. <http://www.skillssoft.com/>

Sommerville, I. (2011). *Ingeniería del Software*. México: Prentice-Hall

Working with the Data Synchronization Tool on TotalLMS 7.6; *SumTotal whitepaper*

Sotelo, F., Ordóñez, A., & Solarte, M. F. (2015). Marco de referencia para la integración de recursos Web como servicios de e-learning en .LRN. *Revista Tecnura*, 19(46), 79-91. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.4.a06

SUN Microsystems (2003). *E-Learning Framework*, Technical Whitepaper, SUN

Supakkul S. y Chung L. (2004). *Integrating FRs and NFRs: A Use Case and Goal Driven Approach*, 2nd ICSE, 30-37. USA: San Francisco.

- UK e-Universities Worldwide (2002). *Principles and Practice in e-Learning platform architecture*, UKeU
- UNESCO (2002). Aprendizaje Abierto y a Distancia. *Consideraciones sobre tendencias, políticas y estrategias*. Ediciones Trilce. Uruguay.
- UNESCO (1999). *Declaración de Santo Domingo. La ciencia para el siglo XXI: una nueva visión y un marco de acción*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/salactsi/santodomingo.htm>.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador, UPEL (2011). *Documento Base de Currículo*. Caracas: autor.
- UPEL-IPMJMSM, 2015. *Cronograma del curso: Competencias Formales para la Investigación*. Material mimeográfico no publicado.
- Van Lamsweerde A., (2003). *From system goals to software architecture*. Formal Methods for Software Architectures, M. Bernardo & P. Inverardi (eds.), LNCS, Springer-Verlag
- Vicerrectorado de Investigación y Postgrado, VIP (2011). *Documento base de los Estudios de Postgrado de la UPEL*. Caracas: autor.
- Weller, M (2007). *Virtual Learning Environments, Using, choosing and developing your VLE*; Rout Ledge Falmer.
- Wilson, S; Oliver, B; Jeyes, S; Powell, A. (2004). *A Technical Framework to Support e-Learning*; JISC paper.

APÉNDICE 1

Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en el Modelo del Negocio y dirigido por la Calidad: un Caso de Estudio

Esteves, Y. y Losavio, F. (2016a). *Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en Modelo de Negocio y Calidad de Producto: un Caso de Estudio*. Cuarta Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas, CoNCISa. ISBN: 978-980-7683-02-9 Colegio Universitario de Caracas, Caracas, Venezuela - 26 al 28 de octubre de 2016. Pp. 14-25.

Seleccionado para su publicación en la ReVeCom:

Esteves, Y. y Losavio, F. (2016). *Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en Modelo de Negocio y Calidad de Producto: un Caso de Estudio*. ReVeCom, Vol. 3, N° 2, pp. 26-37.
<http://www.svc.net.ve/revecom-vol3-no2/>

Diseño de una Arquitectura de Referencia para el Aprendizaje Electrónico basado en Modelo de Negocio y Calidad de Producto: un Caso de Estudio

Yuly Esteves González
Departamento de Ciencias Naturales y Matemática
UPEL-IPM/MMSM
Caracas, Venezuela
yulyestev@gmail.com

Francisca Losavio
Laboratorio MoST, Escuela de Computación
Facultad de Ciencias, UCV
Caracas, Venezuela
francislosavio@gmail.com

Resumen— Una arquitectura de referencia para el dominio del aprendizaje electrónico o e-learning debe conciliar aspectos tecnológicos y pedagógicos relevantes, lo que implica la consideración de características del negocio educativo para garantizar la satisfacción de la calidad exigida por estos sistemas. En un trabajo previo de Esteves y Losavio (2015) se define el proceso de diseño arquitectónico MN-AR (*Del Modelo del Negocio a la Arquitectura de Referencia*) basado en el modelado del negocio y dirigido por la calidad, especificada por el modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010. MN-AR se inspira en el trabajo de Losavio, Ordaz y Esteller (2015) el cual sigue un enfoque de diseño descendente extractivo, basado en el estudio de arquitecturas de productos existentes en el mercado para un dominio. El objetivo de este trabajo es presentar un caso de estudio y aplicar MN-AR paso a paso para validarlo y también con el fin de que los elementos esenciales de la propuesta sean explícitamente explicados e ilustrados.

Palabras clave—aprendizaje electrónico; calidad del software; modelado del negocio; arquitectura de referencia; IEEE-LTSA; ISO/IEC 25010

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación considera una adaptación del proceso de diseño arquitectónico para líneas de productos de software descendente o "bottom-up" extractivo, centrado en la refactorización de productos existentes, definido en [1], como paso natural para obtener una *arquitectura de referencia* (AR) que permita generar a partir de ella, aplicaciones o sistemas concretos de calidad para el dominio del aprendizaje electrónico. La AR es una arquitectura genérica e instanciable que se reutiliza como plantilla o marco de referencia, para derivar una familia de productos o sistemas de software similares en un determinado dominio [2]; es el eje central de la plataforma de aprendizaje electrónico sobre el cual se articula el sistema completo; en nuestro contexto, la *plataforma* contiene la AR. Un *dominio* se define como el conjunto mínimo de propiedades que definen una familia de problemas para los cuales se requieren soluciones computacionales [3]. En este trabajo, se analiza el conjunto de problemas, características y tendencias actuales referidas al uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) para mediar el proceso de aprendizaje, es decir, se trabaja en el contexto del *aprendizaje electrónico*, o del inglés *e-learning*; ambos términos se utilizarán indistintamente en esta investigación.

Por otra parte, en un trabajo previo de las mismas autoras [4] se define una adaptación del proceso de diseño de la AR propuesto en [1]; este nuevo proceso se denomina *MN-AR* (*Del Modelo del Negocio a la Arquitectura de Referencia*), y considera explícitamente el modelo del negocio como entrada a la etapa de Análisis del Dominio; a diferencia del proceso planteado en [1], MN-AR toma como entrada AR existentes definidas para el e-learning [5, 6, 7, 8] y no productos concretos del mercado, y se considera la refactorización de estas arquitecturas en lugar del estudio de sistemas concretos e-learning. La AR obtenida en MN-AR es luego adecuada al estándar IEEE-LTSA [8], como práctica usual realizada para "validar" AR para e-learning. MN-AR contempla la trazabilidad entre *requisitos funcionales* (RF) y *no funcionales* (RNF), garantizando de esta manera la calidad global de la AR y facilitando el cumplimiento de una de sus características prioritarias de calidad, su evolución en el tiempo; sin embargo en [4] el proceso completo no es aplicado a un caso de estudio. El objetivo principal de este trabajo es complementar lo realizado en [4] con la definición de un breve caso de estudio y aplicar MN-AR paso a paso, con el fin de ofrecer una primera validación de este proceso resaltando su carácter sistemático y repetible.

Este artículo se estructura, además de esta *Introducción* y las *Conclusiones*, en tres secciones: *Contexto*, donde se presentan trabajos previos y bases conceptuales que dan soporte al estudio; *Proceso MN-AR*, donde se especifican las etapas del proceso propuesto; y finalmente *Caso de Estudio*, donde se aplica paso a paso el proceso MN-AR.

II. CONTEXTO

A. Trabajos Relacionados

Los trabajos relacionados con el tema en estudio, van en las siguientes direcciones:

- Hay enfoques para el proceso de diseño arquitectural que consideran relacionar los RF con los requisitos de calidad u objetivos de calidad a los cuales estos deben responder, entre estos se encuentra [9], donde se realiza una extensión al proceso propuesto en [10] llamado PEC (Proceso Extendido de Chung), incluyendo estos aspectos en la etapa inicial el análisis del dominio para la reutilización del conocimiento sobre la arquitectura y

la identificación de restricciones o propiedades globales sobre las familias de aplicaciones del dominio; este análisis incluye la especificación de las propiedades de calidad derivadas de RF, y RNF, es decir arquitecturales y otras restricciones derivadas de las reglas de negocio, especificadas mediante el estándar ISO/IEC 25010 [11]; una adaptación de este proceso mediante una etapa inicial de modelado del negocio se trató en [12]. El resultado de este análisis es el punto de partida para la justificación de los requisitos globales de la aplicación o sistema a ser construido utilizando estándares [9, 11, 13].

- Plataformas e-learning: aquí se destacan los trabajos de [14, 15, 16], quienes analizan AR para el aprendizaje electrónico y resaltan la importancia de garantizar la interoperabilidad entre plataformas, entre otros aspectos de calidad.
- Por otra parte, el trabajo presentado en [5] se relaciona directamente con esta investigación; su objetivo es obtener una AR para las plataformas e-learning uniendo dos AR existentes WbIS [7] y UkeU [17]; esta AR obtenida sin aplicar ningún proceso, es adecuada al IEEE-LTSA [8]; nuestro proceso MN-AR [4] es sistemático y repetible y también llega a especificar la AR, adecuándola al estándar IEEE-LTSA [8], lo cual es una práctica común en la mayoría de los trabajos que tratan del diseño de AR para este dominio. En [5] no se presenta ningún método específico de desarrollo, pero al igual que nosotros, se consideran aspectos de calidad y soluciones arquitecturales para satisfacerlas, pero no siguen ningún estándar ni técnicas para especificar dicha calidad.
- Otra referencia importante en esta investigación es el trabajo realizado en [1], donde se propone un proceso completo de diseño arquitectónico ascendente o "bottom-up" de refactorización de productos existentes en el mercado, para obtener una AR en el dominio de los Sistemas de Información Integrados de Salud, en un contexto de producción industrial de software. De este trabajo se tomó el sub-proceso para obtener automáticamente una Arquitectura Candidata (AC), la cual, utilizando el modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010 junto con técnicas de orientación a metas para introducir también la variabilidad no funcional, permite obtener manualmente la AR a partir de la AC completada, agrupando en puntos de variación las variantes obtenidas que realizan tareas similares. El estudio en [4] incorpora a la propuesta de [1] el modelado del negocio como entrada a todo el proceso y el tratamiento de la calidad desde los procesos de negocio.

B. Aprendizaje Electrónico

Las innovaciones desarrollada a finales del siglo XX y que han marcado el transcurso del siglo XXI, han redimensionado las estrategias de aprendizaje abierto y a distancia. Esta modalidad de estudio cada día tiene más aceptación "estimulado, en parte, por el creciente interés de educadores y tutores en las nuevas tecnologías vinculadas a internet y otras

plataformas multimedia, y en parte debido al creciente consenso sobre la necesidad de apoyar las formas tradicionales de educación, valiéndose de medios más innovadores" [18].

En este sentido, cuando se habla de educación a distancia mediada por el computador, se hace referencia al aprendizaje electrónico el cual permite crear ambientes de aprendizaje interactivos, eficientes, accesibles y distribuidos que, puede ser clasificado según los medios tecnológicos de los que hacen uso:

- El CBT (*Computer Based Training*) o CAI (*Computer Assisted Instruction*), aprendizaje basado en computador o instrucción asistida por computador, fue implantado en múltiples instituciones educativas y organizaciones. Estaba basado en la lectura e incorporaba mecanismos de realimentación pregunta-respuesta, convirtiendo al alumno en un ente más activo dentro de su propio proceso formativo.
- El IBT (*Internet Based Training*) fue el siguiente paso evolutivo de los sistemas de aprendizaje basados en computador, CBT. Con la llegada de Internet los contenidos podían llegar a sus destinatarios a través de Internet o de intranet.
- El WBT (*Web Based Training*) consiste en el aprendizaje haciendo uso de la web, a través de la que se reciben los contenidos. En este último tipo se encuentra el Campus Virtual [19].

Así pues, puede decirse que el e-learning es una forma de utilizar la tecnología para mediar el proceso de enseñanza y de aprendizaje, utilizando modalidades abiertas y a distancia, capaz de llegar a un gran número de personas en el mundo, sin perder la capacidad de interacción entre profesores y estudiantes.

C. Características de Calidad

Algunos resultados obtenidos en [5], respecto a los sistemas de software educativos en general, sirven como base para analizar las características de calidad prioritarias, de acuerdo con el tipo de sistema educativo, entre los cuales están presentes los sistemas e-learning, junto con las soluciones arquitecturales requeridas por estos sistemas y dirigirán nuestro proceso de diseño de la AR el cual será presentada en detalle en la Sección III. Esta información, junto con las características de calidad que puedan derivarse de los objetivos y reglas del negocio especificadas en el modelo del negocio, permiten precisar un modelo de calidad para el dominio de los sistemas e-learning y expresarlo mediante una adaptación o instancia del modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010 [11], descrito en la Figura 1.

Un *modelo de calidad del producto* según [11], está compuesto por ocho características de alto nivel de abstracción, que se subdividen en sub-características. Se refieren a propiedades inherentes estáticas (como usabilidad, disponibilidad, etc.) y a las inherentes dinámicas (como eficiencia, fiabilidad, etc.) del sistema informático. También se habla de propiedades asignadas, que no son de calidad, como costo, tiempo de mercado, etc., pero influyen en las decisiones durante la construcción del software. El modelo es aplicable a

los productos de software y en general a los sistemas informáticos, generalmente complejos, que también involucran componentes de software [11].

Un *modelo de calidad en uso* que se relaciona con el resultado de la interacción con los usuarios finales, cuando un sistema de software se emplea en un contexto particular de uso. Este modelo no será utilizado en este trabajo que se centra en las etapas de análisis y diseño de una AR y no de un sistema concreto ya desarrollado.

Las características de calidad definidas son relevantes para todos los productos de software y sistemas informáticos. El modelo de calidad del producto, adaptado al dominio *e-learning* (ver Figura 1), es utilizado en MN-AR para dirigir el proceso de diseño completo de la AR.

D. Modelado del Negocio para E-Learning

Para el modelado del negocio, en este estudio se asumirán las fases propuestas por [20] adaptándolas al dominio educativo (ver Figura 2), pues se considera que la incorporación de conceptos y estrategias de la “empresa” contribuiría con el desarrollo de software bajo el precepto de optimización de recursos y maximización de ganancias, entendida esta última como la satisfacción de un mayor número de usuarios a través de herramientas funcionales, fáciles de mantener, flexibles y fáciles de usar.

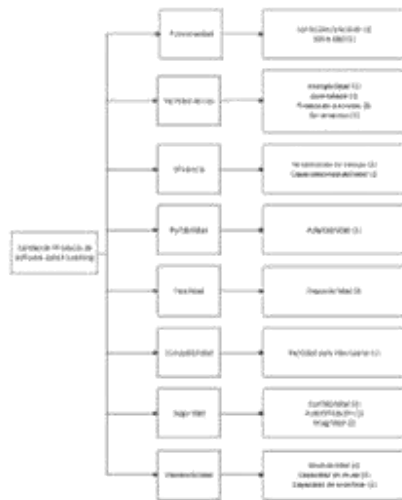


Figura 1. EL-DQM: Modelo de Calidad ISO/IEC 20110 [11] adaptado al dominio *e-learning* [3], con prioridades (1-3, 1 máxima prioridad).

Para esto, se especificarán los elementos que deben considerarse en las Fases 1 y 2 del ciclo de vida de los procesos del negocio [20], así como la terminología propia al

dominio, tomando como referencia el trabajo realizado por [21], quienes proponen un marco de referencia para el modelado del negocio en la industria del software. Las demás fases, por su nivel de abstracción, se basan en las fases 1 y 2.

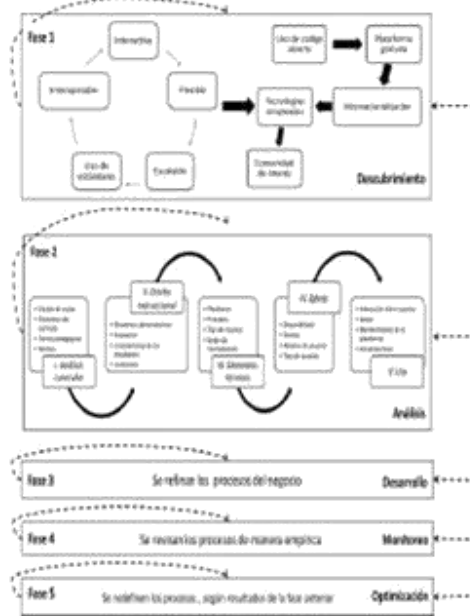


Figura 2. Adaptación de las Fases para el Establecimiento del Modelo del Negocio [4, 20]

- **Fase de Descubrimiento.** En esta fase se estudian los procesos del negocio en el caso del *e-learning*, como por ejemplo: Realizar Consulta, Añadir Conocimiento, Validar Respuestas [12], para lo cual, se deben tomar como referencia las características para las plataformas electrónicas propuestas en la literatura, de esta manera se estaría contribuyendo, en un futuro, a la determinación de estándares. Los procesos deben ser especificados utilizando BPMN [22], que es la notación gráfica propuesta en BPMI para describir la lógica de los pasos, funciones y actividades de un proceso de negocio.
- **Fase de Análisis.** En esta fase deben analizarse los procesos que emergen de la fase anterior, para modelarlos con las características particulares del dominio. Es aquí, precisamente, donde se tiene la oportunidad de incorporar los elementos curriculares y de administración educativa, en general, que caracterice a la instancia para la cual se desarrolla. Hablar de “Educación” conlleva la consideración de políticas, teorías y concepciones que varían de un

país a otro, es más, de una institución educativa a otra, por lo que esta fase brinda la oportunidad de considerar aquellas características particulares que son relevantes en el proceso [4].

Una vez realizadas las consideraciones presentadas en los párrafos precedentes, el ciclo de vida de los procesos del negocio, propuestos en [20], puede expresarse como se muestra en la Figura 2.

E. Arquitectura de Referencia para E-Learning

Una AR describe la esencia de la arquitectura de software de una familia de sistemas similares con sus aspectos más significativos y relevantes. El propósito de una arquitectura de referencia es proporcionar una guía para el desarrollo de sistemas concretos reutilizando la AR como un esquema instanciable.

Los sistemas de e-learning deben estar soportados por una arquitectura que cumpla con las siguientes características (sintetizadas en [23]):

- **Abierta.** Debe soportar la interoperabilidad entre distintos proveedores de soluciones y basada en los estándares de organizaciones como AICC, IMS, ADL e IEEE.
- **Escalable.** Sus funciones y uso de recursos deben poder ser ampliadas cuando sea necesario.
- **Global.** Debe poder ser utilizada en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento con igual facilidad.
- **Integrada.** Debe integrarse con distintas infraestructuras de red y otras aplicaciones de seguridad, recursos humanos, etc.
- **Flexible o Evolutiva.** Debe poder adaptarse a nuevos requisitos y procesos, nuevas tecnologías y nuevos proveedores de soluciones.
- **Adaptable.** En un mundo en constante desarrollo, debe ser de rápida y fácil implantación en diferentes plataformas de hardware/software, organismos, empresas y entidades educativas.

Hay autores que consideran otros elementos para el diseño de arquitecturas de e-learning. En [24] se plantea la necesidad de la flexibilidad y adaptabilidad de estos sistemas a los cambios del entorno, de las tecnologías y de los contenidos. En este sentido, las últimas propuestas arquitecturales apuntan al diseño de aplicaciones basadas en servicios. Un *servicio* es un tipo de componente de software reutilizable que proporciona a otros componentes o aplicaciones, un conjunto de funciones u operaciones que se invocan a través de una interfaz de programación. La Arquitectura Orientada a Servicios (*Service Oriented Architecture - SOA*), facilita el desarrollo de nuevas aplicaciones reutilizables que resuelven problemas de integración, a través de aplicaciones independientes y distribuidas de manera que desde la red pueda accederse a sus funcionalidades, las cuales se ofrecen como servicios.

III. PROCESO MN-AR

El proceso MN-AR propuesto en [4] es un proceso de diseño arquitectónico que permitirá obtener una AR para aplicaciones en el dominio del aprendizaje electrónico que satisfagan las características de calidad deseables en el dominio. En consecuencia, la principal adaptación de [1], además de considerar el modelo de negocio (MN) como paso inicial, viene dada por el hecho de que los productos existentes del dominio e-learning que se estudiaron son ya AR y no sistemas concretos. A continuación se especifica textualmente el proceso MN-AR:

A. Modelado del Negocio (ModN)

Se utiliza BPMI, de acuerdo a las recomendaciones de la Sección II-D, para establecer el MN educativo.

Entrada: la descripción textual del dominio.

Actividades:

- Se realizan las fases de Descubrimiento y Análisis, para obtener el MN
- Se determina (n) el (los) estilo (s) arquitectural (es) predominante (s) del dominio respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización.
- Se construye el Modelo de Calidad del Dominio, respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización y sensibles de la automatización de los procesos especificados; en nuestro caso EL-DQM (del inglés *E-Learning Domain Quality Model*), ver Figura 1.

Salida: reglas del negocio, MN en BPMN, representado como procesos del negocio, estilo arquitectural, EL-DQM.

B. Análisis del Dominio (AD)

Entrada: MN, estilo arquitectural, EL-DQM,

Actividades:

- Convertir los procesos de negocios a procesos automatizables, en términos de los principales componentes, correspondientes a RF de sistemas de software y sus propiedades de calidad o RNF prioritarias del dominio, dadas por el EL-DQM
- Identificar características de sistemas existentes, funcionalidades básicas del dominio (RF)
- Describir las arquitecturas de productos existentes: en nuestro caso los productos ya son AR, dadas por descripciones arquitecturales, generalmente informales y descritas en notaciones no estándar, proveniente de la práctica industrial y/o académica
- Análisis de Similitud de componentes: se realiza un análisis de similitud semántica entre los componentes de las AR; se identifican los componentes provenientes de RF y RNF con sus conexiones para cada AR.

Salida: Tabla de Similitud de componentes con conectores para cada AR.

C. *Especificación de las AR en un Lenguaje de Descripción Arquitectónica* (del inglés ADL: *Architecture Description Language*), en nuestro caso UML 2.0.

Salida: Representación UML de las AR.

D. *Construcción automática de la Arquitectura Candidata (AC) inicial*

Entrada: diagramas UML de las AR consideradas, Tabla de Similitud

- Se realiza la unión de los componentes sobre los diagramas UML, y se genera automáticamente la representación arquitectónica en UML, preservando las conexiones

Salida: AC representada como un diagrama UML

E. *Construcción del Modelo de Calidad Extendido o "Extended Quality Model" (EQM). Tabla EQM.*

Entrada: AC

- Se estudian los componentes arquitecturales de AC, analizando sus posibles metas no funcionales requeridas (propiedades o requisitos de calidad a las cuales los componentes deben responder), que podrían no estar presentes en el EL-DQM, si son derivadas de componentes funcionales
- Se asignan soluciones arquitecturales o mecanismos computacionales, que pueden ser requeridos por cada componente funcional para satisfacer la propiedad de calidad, provenientes de la tecnología o de catálogos y se asignan prioridades de acuerdo a su importancia respecto al dominio
- Se determinan posibles condiciones de obligatoriedad u opcionalidad de las componentes.

Salida: EQM representado como una tabla

F. *Completar AC*

- A partir de la tabla EQM, se estudian las propiedades requeridas por las funcionalidades o componentes de AC y se seleccionan las soluciones arquitecturales que las pueden satisfacer, considerando todas las alternativas posibles
- Nuevos componentes pueden ser introducidos para realizar o agrupar varias soluciones arquitecturales, las cuales se denominarán variantes o <<variantes>>

Salida: AC completada

G. *Diseño del Dominio (DD)*

Entrada: AC completada

- *Construcción del Modelo de Variabilidad.* Se agrupan componentes que realizan tareas similares en componentes genéricos denominados *picos de variación* o <<variation points>>; son los que serán instanciados en el momento de derivar un producto o sistema concreto a partir de la AR.

- *Construcción de la AR*

- *Adecuación de la AR.* Se adecua la AR a un estándar, si lo hay; en nuestro caso es la IEEE-LTSA [8].

Salida: AR representada por un diagrama UML

En resumen, el proceso MN-AR extiende la propuesta realizada en [1], incorporando el modelo del negocio, descrito en la Sección II.D, pues se considera que es allí donde se presentan las características relevantes del dominio; se utiliza la refactorización de AR existentes y no se utiliza el enfoque de metas como en [1, 10, 13], sino un enfoque basado en escenarios, representados por la Tabla EQM (del inglés *Extended Quality Model*) [4], donde se satisfacen las propiedades de calidad, exigidas por los componentes funcionales, por otros componentes que representan o agrupan mecanismos del mercado o soluciones arquitecturales.

IV. CASO DE ESTUDIO

A continuación se iniciará la aplicación de MN-AR completo a un caso de estudio, con el fin de ofrecer una primera validación del proceso. Como parte esencial del modelo de negocio se dará la descripción de los flujos de los procesos considerados relevantes para la concretización del e-learning: *Realizar Consulta* y *Crear Contenido*.

A. *Modelado del Negocio (ModN)*

Entrada: en el proceso *Crear Contenido* interviene el docente o grupo de docentes involucrados en el curso, el administrador del sistema y el sistema de software; mientras que en el proceso *Realizar Consulta* solo interactúa el estudiante con el sistema. Estos procesos no son necesariamente consecutivos, entre ellos existen otros procesos que no se discutirán en este artículo para simplificar su presentación.

Fase de Descubrimiento

- *Proceso: Crear Contenido.* Los actores a considerar son el sistema, el administrador y el docente.

El proceso inicia cuando el docente *accede al sistema* para diseñar un nuevo curso virtual => el docente *se registra* como usuario => el administrador del sistema *le asigna el rol* de docente. Paralelamente, *se crea el curso* en el sistema => el docente *recibe estructura de módulos*; *diseña los módulos* del curso y las *estrategias de comunicación* a utilizar => el docente *sube recursos* al sistema: documentos, enlaces y demás recursos para el curso => el docente establece el *calendario de actividades*.



Figura 3. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Crear Contenido (interior)

Estas actividades se integran a nivel de sistemas de software en los subsistemas o componentes de Infraestructura-Servicios Comunes y Servicios para el aprendizaje de la AR, según se plantea en [5, 8] y veremos en la sección B. Análisis del Dominio. Debido a que BPMN 2.0 no posee una notación para expresar RNF, cada actividad en la Figuras 3 y 4 están relacionadas mediante un comentario, presentado en corchetes, con las propiedades de calidad del modelo EL-DQM de la Figura 1, que deben ser cumplidas por la respectiva actividad para tener la idoneidad funcional del componente, es decir que cada tarea se cumpla a cabalidad de acuerdo a lo especificado. Ellas son descritas en la fase de análisis.

- Proceso: Realizar Consulta. Los actores a considerar son el sistema y los estudiantes.

El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder al sistema para consultar un tema en específico => el sistema recibe la solicitud y analiza la lista de temas => el sistema muestra los contenidos disponibles => el estudiante selecciona el contenido con el que va a trabajar => el sistema muestra el contenido y las preguntas relacionadas => el estudiante responde la pregunta => el sistema indica si es o no correcta y presenta la opción de responder otra pregunta => finaliza el proceso cuando el estudiante recibe la estadística de respuestas acertadas.

Al igual que en el proceso Crear Contenido, estas actividades se integran en los subsistemas o componentes de Infraestructura-Servicios Comunes y Servicios para el aprendizaje [5] y [8]; igualmente se especifican en BPMN las propiedades de calidad referentes a estas actividades que deben ser cumplidas. Pueden verse en la Figura 1.

Fase de Análisis

- Proceso: Crear Contenido.

RF: Registrar Usuario, Asignar Rol, Recibir estructura de módulos, Diseñar Módulos, Subir Recursos, Establecer Calendario de Actividades, Publicar Curso (Creación y Diseño de Curso)

RNF o metas de calidad asociadas a las actividades del proceso: rendimiento en tiempo, idoneidad, inteligibilidad, aprendizaje, ser atractivo, seguridad de acceso, disponibilidad del sistema y modularidad (ver Figura 1). En la Tabla II. EQM, se justifica el cumplimiento de estas propiedades relativas a los componentes de Infraestructura y Servicios para el Aprendizaje.

Reglas del negocio que pueden afectar el proceso: proporcionar contenido adecuado según programa analítico del curso. Será verificado por el Administrador en la actividad Revise Curso Diseñado.

- Proceso: Realizar Consulta

RF: acceder al sistema, recibir solicitud, analizar lista de temas, mostrar contenidos, mostrar preguntas, responder preguntas, indicar corrección de respuesta, recibir estadísticas de respuestas.

RNF o metas de calidad asociadas a las actividades del proceso: disponibilidad del sistemas, seguridad de acceso (confiabilidad, autenticación), rendimiento en tiempo, corrección-precisión respecto a las respuestas, idoneidad o completitud de las tareas realizadas, inteligibilidad, aprendizaje, ser atractivo para el estudiante. También se justifican en la Tabla II. EQM.

Reglas de negocio que pueden afectar al proceso: Proporcionar acceso adecuado al contenido. El sistema debe garantizar seguridad y tiempo en las actividades enviar solicitud de acceso y recibir petición de curso.

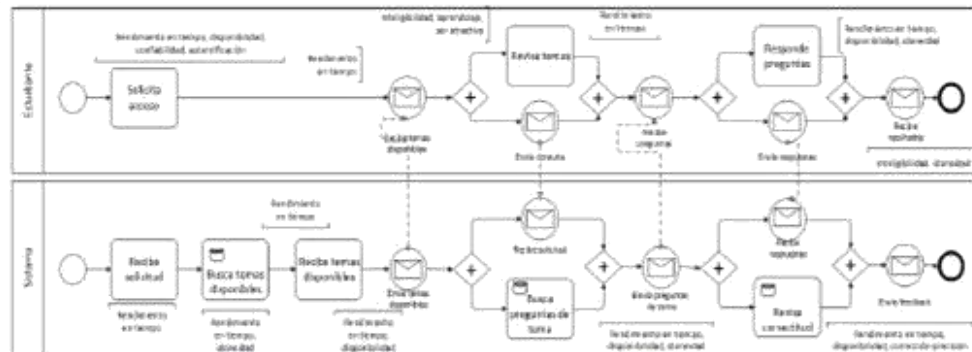


Figura 4. Modelo de Negocio Extendido: BPMN 2.0 con Características de Calidad. Proceso Xaaliar Consulta (Autoras)

Al culminar con la fase de análisis, se refinan los procesos del negocio (Fase 3), para luego revisarlos (Fase 4), y eventualmente optimizarlos (Fase 5), hasta obtener todos los procesos del negocio definitivos (ver Figuras 3 y 4). En este trabajo se muestran esencialmente las fases de Descubrimiento y Análisis.

Estilos arquitecturales del Dominio

Los estilos arquitecturales predominantes del dominio del aprendizaje electrónico son los estilos híbridos SOA/Capas, bajo plataforma tipo LAMP [4, 5] (Figura 5). Nótese que las propiedades de calidad *escalabilidad*, *adaptabilidad* e *interoperabilidad* (Ver Tabla II. EQM) se satisfacen debido al uso de estilos arquitecturales basados en servicios; estas propiedades no se reflejan de los componentes funcionales, sino que son satisfecho por el estilo arquitectural utilizado.

Modelo de Calidad del Dominio

El modelo de calidad del producto de software, en el caso del e-learning (EL-DQM) presentado en la Figura 1, es extraído de las características del dominio y adaptadas de acuerdo al estándar ISO/IEC 25010 [4, 5, 12].

Salida: reglas del negocio, MN en BPMN, representado como procesos del negocio (Figuras 3 y 4), estilo arquitectural (Figura 5) y EL-DQM (ver Figura 1).

B. Análisis del Dominio (AD)

Convertir los Procesos de Negocio

Las funcionalidades básicas del dominio e-learning en la fase de análisis de MN, según la IEEE-LTSA [8], deben ser identificadas a partir de los procesos de negocio (Figuras 3 y 4); para este trabajo, se identificaron los siguientes requisitos funcionales, comunes para ambos procesos, que dan origen a las funcionalidades básicas:

- Crear, operar y administrar actividades de aprendizaje en línea => sistemas para gestión y creación de contenidos LMS, LCMS (Componentes de Servicios de Aprendizaje)
- Soportar la colaboración entre los usuarios => sistemas colaborativos COLLS (Componentes de Servicios de Aprendizaje)
- Crear y proporcionar preguntas y pruebas para la evaluación del aprendizaje del estudiante => sistemas de evaluación ASSES (Componentes de Servicios de Aprendizaje)
- Organizar recursos humanos y financieros => sistemas de recursos humanos HRS (Componentes de Servicios Comunes)



Figura 5. Arquitectura híbrida basada en eventos, SOA/Capas que se adapta al dominio e-learning [4]

- Administrar experiencias de aprendizaje virtual y distribuido via Internet a estudiantes geográficamente distantes => sistemas de mails, gestión de usuarios y portales MAILs, UMS y Portal (Componentes de Servicios Comunes e Infraestructura)

Por lo tanto estos componentes funcionales formarán parte de muestra arquitectura AC inicial, AC completada y finalmente de la AR para e-learning como se verá en los pasos siguientes del proceso MN-AR.

TABLA II. TABLA EQM (EXTENDED QUALITY MODEL) – ADAPTADO DE [4] AL CASO DE ESTUDIO

Componentes	Variante	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en () Requiere	Proporciona	Restricciones
P1. Portal	No	Es la componente Interfaz Usuario (UI) a través de la cual se tiene acceso al sistema	- inteligibilidad (1), - aprendizaje (1), - ser atractiva (2), - protección de errores (3) - confiabilidad (2), - autenticación (1) - integridad (2)	P1: técnicas de diseño de páginas, no se evalúan a nivel arquitectural P11: mecanismo corrector C1: SOAP/HTTP/ LDAP/HTTPS/Web service	CC: Componente Común funcional, obligatoria
P11. AutoCorrector	Si (*)	Proveer autocorrección al introducir texto	Servicio Web	Mecanismo	Opcional
L1. Learning Services	No	Agrupar sistemas que ofrecen servicios para el proceso de aprendizaje	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales opcionales u obligatorias CC funcional, obligatorio
L11. LMS	Si (*)	Sistemas de gestión de aprendizaje: permite administrar usuarios, recursos, contenidos (importar/exportar) y actividades de formación, administrar acceso, controlar el proceso de aprendizaje, generar informes, administrar servicios de comunicación, no incluyen autoría;	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - rendimiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad- persistencia (2) - interoperabilidad (1)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/FTP Messaging/SOAP/RPC/ Web service API ODBC/DBC L1: LMS copy	variantes: SunTotal, Suba, OLAT, Sakai CLE, ATutor por ser sistema crítico
L12. LCMS	Si (*)	Sistemas de autoría: creación de contenidos, permite a los autores registrar, ensamblar, administrar y publicar/exportar contenidos para ser entregados vía Web; Variantes: Evolution, ForceTen	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad- persistencia (2) - interoperabilidad (1) - modificabilidad (2), - reuso (3)	L1: AJCC/SCROM L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/ Messaging/SOAP/RPC API ODBC/DBC L1: LCMS copy L1: AJCC/SCROM L1: por construcción L1: por construcción C1: protocolos HTTP/SOAP T.120/H.323	variantes: Evolution, ForceTen, Edulide por ser sistema crítico
L13. COLLS	Si (*)	Sistema colaborativo: proporciona funcionalidades para crear y administrar sesiones colaborativas incluyendo comunicación sincrónica (video-conferencias, salas virtual) y asincrónica (blog, wiki, grupos, chats)	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad- persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/ Messaging/RPC API ODBC/DBC LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, obligatorio variantes: Alfresco, Arana, Bon.net, Clearspace, Drupal, Google Drive, Huddle
L14. ASSES	Si (*)	Sistema de evaluación: permite a los autores crear "surveys", evaluación formativa y sumativa, exportar una evaluación vía AJCC o SCORM, para ser entregada vía Web	- idoneidad (1), - corrección-precisión (2), - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad- persistencia (2) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/ Messaging/RPC API ODBC/DBC LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, obligatorio variantes: sistemas LMS (con los mismos LMS)
L15. Computation modules	Si (*)	Garantiza la precisión en los sistemas que requieren cómputos	Componente	Módulos	variantes: pueden haber muchos algoritmos Obligatorio
L16. LMS copy	Si	Garantiza la disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	Opcional
L17. LCMS	Si	Garantiza la disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	Opcional
L18. AJCC	Si	Garantiza importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L19. SCROM	Si	Garantiza importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L2. Common Services	No	Agrupar sistemas que ofrecen servicios a los que todos pueden acceder	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales, obligatorias CC funcional,
L21. HRS	Si (*)	Sistemas de recursos humanos	- disponibilidad-	C1: Messaging/SOAP/FTP/	

TABLA II. TABLA EQM(EXTENDED QUALITY MODEL) – ADAPTADO DE [4] AL CASO DE ESTUDIO

Componentes	Variante	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en (f) Requisitos	Proporciones	Restricciones
		permite administrar el perfil del usuario final incluyendo habilidades, competencias y tipo de trabajo, crear y mantener los registros de planes personales de desarrollo del usuario	persistencia (2), - capacidad- escalabilidad (1) - adaptabilidad (1), - autenticación (1), - confidencialidad (2)	API ODBC/JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	obligatorio variantes: Oracle HRM, Coniflago, SimpleHRM
L22. UMS	Si (*)	Sistemas de gestión de usuarios; administra usuarios, grupos y roles a partir de todos los componentes involucrados en la solución, maneja el registro y cuenta del usuario, la autorización y la autenticación	- disponibilidad- persistencia (2), - capacidad- escalabilidad (1) - adaptabilidad (1), - autenticación (1), - confidencialidad (2)	C1. Messaging/ SOAP/FTP API ODBC / JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	CC funcional, obligatorio variantes: Apache Syncope, OpenIAM
L23. MAILS	Si (*)	Sistema e-mail: es responsable de enviar, recuperar y retirar e-mails a los diferentes componentes involucrados en la solución.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad- persistencia (2), - adaptabilidad (1) - capacidad- escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2)	C1. SOAP/ HTTP/Messaging, /FTP/ T.120/H.323 API ODBC/JDBC LDAP, HTTPS, Web service	CC funcional, obligatorio variantes: gmail, hotmail, yahoo, cantv.net,
C1. Networks	No	Agrupar los tipos de redes	Requisitos por cada componente:	Proporcionadas para cada componente:	CC funcionales, obligatorio
C11. Internet	Si	conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas, basadas en protocolos TCP/IP, que hace ver las redes físicas heterogéneas que la componen como una red lógica única de alcance mundial.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad- persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad- escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.120/H.323 /Messaging (Publisher- Subscriber) LDAP/HTTPS/Web Services	CC, obligatorio variante: Internet
C12. Satellite	Si	es un método de conexión a redes de comunicación (ej. Internet) utilizando como medio de enlace un satélite.	- comportamiento en tiempo (2), - disponibilidad- persistencia (2), - adaptabilidad (1), - capacidad- escalabilidad (1) - autenticación (1), - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.120/H.323 /Messaging (Publisher- Subscriber) C2. ODBC C3. JDBC C5. Security protocols: LDAP/HTTPS/Web Services	CC funcional, opcional Messaging is implementado por un canal Publisher- Subscriber variante: Satellite
C2. ODBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C3. JDBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C4. Network protocolo	Si (*)	Garantizan propiedades de la comunicación	Protocolos	Mecanismos, servicios Web	obligatorias variante: múltiples dependen del mercado
C5. Security protocolo	Si (*)	Garantizan las propiedades para el control de acceso al sistema y la consistencia de mensajes	Protocolos	Mecanismos, servicios Web, sistemas	obligatorias variante: múltiples dependen del mercado
D1. DBMS	Si (*)	Sistemas Gestores de Bases de Datos; las diferentes bases de datos utilizadas por los subsistemas son consideradas un almacenamiento persistente compartido de datos. D11. LMSDB, D12. LCMSDB, D13. CALLSDB, D14. ASSESDb, D15. HRSDb, D16. LMSDB	- capacidad- escalabilidad (1) - disponibilidad- persistencia (2) - interoperabilidad(3) - integridad (2) - adaptabilidad (1)	D1. módulos, mecanismos propios de las BD C1. API ODBC/JDBC	CC funcional, obligatorias; cada base de datos es obligatoria. Solo BD relacionales son consideradas; variantes: Oracle, MySQL, PostgreSQL, Firebird variantes: específicas para cada DBMS
D17. DB mecanismos	Si (*)	Garantizan propiedades de los DBMS	DBMS	Componentes	

(*) indica varios sistemas diferentes; cada uno es una variante

- *Análisis de Similitud de Componentes*. Este paso no es necesario ya que la AR considerada toma en cuenta ya dos AR y es conforme a la IEEE-LTSA.

Salida: Ver Figura 7 donde se muestra una arquitectura en tres capas, más la capa de comunicación o transmisión, constituida por las redes (Internet, intranet, satelital, etc.), que entrecruza a las tres capas. Nótese que los nombres de las componentes son numerados secuencialmente de acuerdo a la capa en donde están situados. P: Presentación, L: Lógica o Proceso, C: Comunicación, y D: Datos y se han mantenido los nombres en inglés para efectos de divulgación internacional.

Nuestra AC es la que se muestra la Figura 7. Solo las funcionalidades están presentes en esta AC inicial, pues en la AR que se tomó de [7] no se incluían componentes no funcionales, derivados de las propiedades de calidad; estas son especificadas en la Tabla EOM a continuación.

En la Tabla II se analizan los componentes de la AC, sus variantes, descripción, las propiedades de calidad requeridas y proporcionadas, indicando prioridad y restricciones asociadas.

A partir de la Tabla EQM (Tabla II) se completa la AC inicial obtenida en D, la cual se muestra en la Figura 8; las variantes son denotadas por el estereotipo <<variant>>. Los componentes se han introducido para satisfacer propiedades de calidad requerida por algún componente funcional ya existente lo que garantiza la trazabilidad entre los RF y los RNF.

- *Construcción del Modelo de Variabilidad*

A partir de la AC completada se obtienen los puntos de variación, denotados por <<vp>> <<C1>> Networks que agrupa C11, C12; <<C6>> SecurityProt agrupa los mecanismos para la seguridad; <<C7>> AdaptabAPI agrupa los mecanismos para la portabilidad C4, JDBC y C5, ODBC; <<C8>> NetProt agrupa otros protocolos de red para tratar tiempo de respuesta, disponibilidad y capacidad en la transmisión; y <<D18>> RDBMS que agrupa DBMS relacionales y <<D19>> DBMech que agrupa mecanismos propios a los DBMS para satisfacer las propiedades de calidad capacidad, disponibilidad (por ejemplo bases de datos espejo o replicación), interoperabilidad e integridad; a efectos de legibilidad y abreviar la presentación, las soluciones se dejaron agrupadas en un solo <<vp>>. Todos los subsistemas de L1 y L2 son renombrados como estereotipos por desempeñar las mismas tareas, <<L11>> LMS, <<L12>> LCMS, <<L13>> COLLS, <<L14>> ASSES, <<L21>> HRS, <<L22>> UMS, <<L23>> MAILS; <<L16>> Avail agrupa L16, LMS copy y L17, LCMS copy, <<L15>> AlgorProc agrupa algoritmos de cálculo, <<L18>> Interop agrupa L18, AICC y L19, SCROM; finally <<P11>> ErrorProt agrupa variantes de sistemas de auto corrección.

Atividade / LTPA etapa	Infraestrutura Técnica	Recursos Humanos	Recursos de Aprendizaje
A: Learning Entry	Portal, LCMS, UMS	Estudante	Materiais de aprendizagem
D: Delivery	LCMS, LCMS	Estudante, Instrutor/Aux ou Interativo	LCMSDB, LCMSDB
E: Evaluation	ASSESS, UMS		ASSESSDB, UMSDB

AR / JTSB Sub-B	Infraestrutura Técnica	Recursos Humanos	Recursos de Aprendizagem
C: Coach	ASSE, COLLEJ, HRS, MAIL, DRMS	Instituto, Superintendente Administrativo	HRSDR, ASSEDR, LMSDR, COLLEJDR
J.R: Learning Resources			
S: Registrar	DRMS	Administrador	LMSDR, HRSDR

- **Construcción de la AR.** Como se observa de la Figura 9, la AR cumple con las propiedades de calidad especificadas en EL-DQM; en cuanto a los conectores que relacionan los <<exp>>, estos pueden ser también un conjunto de variantes. La AR así obtenida se adapta perfectamente al caso de estudio aquí presentado
- **Adecuación con la IEEE-LTSA.** La Tabla III muestra la adecuación o conformidad de nuestra AR con la capa 3 obligatoria de la IEEE-LTSA [8] (ver Figura 6).

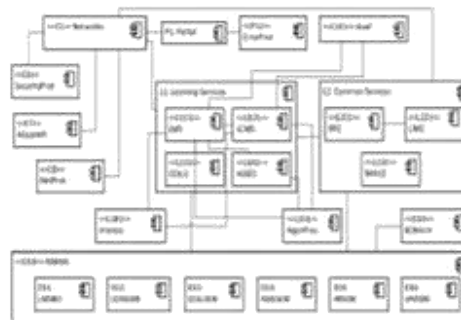


Figura 9. AR en UNE para el dominio e-learning (autores)

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha realizado, a través de un caso de estudio sencillo compuesto por dos procesos de negocio relevantes al dominio e-learning *Crear Contenido y Realizar Consulta*, la aplicación paso a paso del proceso MFA-AR [4] que permite la obtención de una AR de carácter evolutivo para el dominio e-learning considerando sus funcionalidades básicas y la trazabilidad con las propiedades de calidad que son requeridas para que estas funcionalidades se desempeñen adecuadamente. Esta propuesta sugiere, como trabajo a corto plazo, una representación más formal, como un modelo conceptual en UML, de los elementos curriculares expresados como reglas de negocio que deben estar presentes para garantizar la obtención de sistemas de aprendizaje electrónicos adecuados, así como el diseño de herramientas de soporte.

AGRADECIMIENTO

Al Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias y CDCH (Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico) de la UCV. DARGRAF PG 03-8730-2013-2.

REFERENCIAS

- [1] F. Lourio, O. Ordaz, V. Esteller, "Refactoring-Based Design of Reference Architecture", *RACSIS* 5(1), pp. 32-48, 2015

- [1] E. Nakagawa, P. Antonio y M. Becker, "Reference architecture and product line architecture: a subtle but critical difference", Crnacovic V., Gehrm, and M. Book (Eds.): EC3A 2011, LNCS 6903, pp. 207-211, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [2] E. Bernal, "Testing of object-oriented software. Proceedings of the eighth international conference on Technology of object oriented languages and systems". EEUU: Prentice-Hall, Inc. 1992.
- [3] Y. Esteve, F. Lozano, "Modelado del Negocio Dirigido por la Calidad para una Arquitectura de Referencia en el Dominio del Aprendizaje Electrónico", RACCIS 8(1), pp. 39-76, 2016.
- [4] J. Hohmann, "Reference Architecture for e-learning Solutions" Master Thesis, Open Univ. Faculty Comp. Science, Jan 28, 2008.
- [5] Force-Tech Architecture version 4.1; whitepaper from EEDO
- [6] S. Katsini, P. Argyriou, "Modelling Web-based Instructional Systems", Journal of Information Technology Education, 1(1), 2002.
- [7] IEEE, "Draft Standard for Learning Technology – Learning Technology Systems Architecture", Technical Report IEEE-Std Draft-P1484-1, 2002.
- [8] F. Lozano, A. Matos, I. Pacilli, "Unified Process for Domain Analysis Integrating Quality, Aspects and Goals", CLEI Electronic Journal, 17(2), paper 1, 21 pages, August 2014.
- [9] S. Suppakul, L. Cheng, "Integrating FRs and NFRs: A Use Case and Goal Driven Approach", 2nd ICSE, 30-37, S. Foo, USA, 2004.
- [10] ISO/IEC 25010, "Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuARE). Systems and software quality models", ISO/IEC JTC1/SC7/WG6, Geneva, 2011.
- [11] F. Lozano, Y. Esteve, "Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto". Por aparecer en el No. 16, Revista Sapientia UPPEL, 2015.
- [12] F. Lozano, I. Chirinos, A. Matos, L. Ramdani-Charif, "Designing Quality Architecture Incorporating ISO Standards into the Unified Process", Journal of ISYM, 21(1), 27-44, Johannes Gutenberg University Mainz, 2004.
- [13] S. Otero, "Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Servicios para la Implementación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Distribuidos", Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España, 2006.
- [14] C. Pagés, J. J. Martínez y R. Berchiano, "Situación Actual de Estandarización de Procesos de Aprendizaje y en Relación con la Información sobre el Alumno", White Paper: Universidad de Alcalá, España, 2004.
- [15] R. Pardo, A. Camblor, L. Ballesteros y A. Manchaca, "Arquitecturas para Sistemas de Educación basada en Web usando Programación Orientada a Componentes", Revista Dialogo Educ., Cuenca, 8(24), pp. 485-502, mayo-agosto 2008.
- [16] UK e-Universities Worldwide, "Principles and Practice in e-Learning platform architecture", UfEU, 2002.
- [17] UNESCO, "Aprendizaje Abierto y a distancia. Consideraciones sobre tendencias, políticas y estrategias", Ediciones: Trilce, Uruguay, 2002.
- [18] J. Bonet, "Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos", Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento, 2007.
- [19] J. Barrocal, J. Garcia, J. M. Murillo, "Hacia una gestión del proceso software dirigida por Procesos de Negocio", 2005.
- [20] M. Schaf, A. Puspap y P. Bummam, "Performance of Business Models: Empirical Insights from the Software Industry", En ECIS, Junio 2012, Barcelona, Spain.
- [21] OMG, "Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0", 2011.
- [22] Cisco, "Model of an E-Learning Solution Architecture for the Enterprise", Cisco Systems, 2001. http://www.cisco.com/warp/public/10/www/learning/learning/learn/whitepaper_doc/e-learning_architecture_wp.pdf
- [23] S. Rosenberg, "Beyond e-Learning", Pfeiffer, 2006.

APÉNDICE 2

Modelado del negocio dirigido por la calidad para una arquitectura de referencia
en el dominio del aprendizaje electrónico

Esteves, Y. y Losavio, F. (2016b) *Modelado del Negocio Dirigido por la Calidad para una Arquitectura de Referencia en el Dominio del Aprendizaje Electrónico*. Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería del Software (RACCIS) 6(1), pp. 59-76, 2016.



Quality-driven business modelling to design a reference architecture for the e-learning domain

Modelado del negocio dirigido por la calidad para una arquitectura de referencia en el dominio del aprendizaje electrónico

Yuly Esteves¹, Francisca Losavio²

¹ Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela, [yulvesteves\(AT\)gmail.com](mailto:yulvesteves(AT)gmail.com)

² Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela, [francislosavio\(AT\)gmail.com](mailto:francislosavio(AT)gmail.com)

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Artículo de Investigación

Recibido: 04-04-2016

Correcciones: 13-06-2016

Aceptado: 18-06-2016

Keywords

Business model, e-learning, domain analysis, reference architecture, software quality, ISO/IEC 25010, software design.

Palabras clave

Modelo del negocio, aprendizaje electrónico, análisis del dominio, arquitectura de referencia, calidad del software, ISO/IEC 25010, diseño de software.

ABSTRACT

The Reference Architectures (RA) is a generic and instanciable architecture, which is reused as a framework to derive similar software systems or products. E-learning platforms are conformed by the software and hardware infrastructure supporting the development and execution of e-learning systems; RA is the backbone of the platform, over which these systems are articulated. RA for the e-learning domain must reconcile relevant technological and educational aspects, which means to take into account the main characteristics of the educational business, to meet the needs of the e-learning domain quality requirements for these systems, specified by a quality model by the ISO/IEC 25010 standard. The main goal of this work is to model e-learning as an academic and/or enterprise business, and to include it as the initial step of a quality-driven architectural design process to construct RA, inspired in the work of Losavio, Ordaz and Esteller, which follows an extractive design approach, based on the study of architectures of existing market products in a domain. The integration of the e-learning business model obeys to current tendencies in software design to establish a clear traceability between business and software systems functional and nonfunctional or quality goals, in order to get an evolutionary RA, priority requirement of these frameworks. The characterization of the elements related to business processes in the e-learning domain, which can be used for the RA design, is one of the main results.

RESUMEN

Una Arquitectura de Referencia (AR) es una arquitectura genérica e instanciable, que se reutiliza como plantilla o marco de referencia, para derivar productos o sistemas de software similares. Las plataformas de aprendizaje electrónico comprenden la infraestructura de hardware y software que dan soporte al desarrollo y ejecución de los sistemas de aprendizaje electrónico, conocidos en inglés como e-learning systems; la AR constituye un eje central de la plataforma, sobre el cual se articulan estos sistemas. Una AR para el dominio e-learning, debe conciliar aspectos tecnológicos y pedagógicos relevantes, lo que implica la consideración de características del negocio educativo para garantizar la satisfacción de la calidad exigida por estos sistemas, la cual es especificado por el modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010. El principal objetivo de este trabajo es modelar el aprendizaje electrónico como negocio académico y/o empresarial, e incluirlo como paso inicial de un proceso de diseño arquitectónico, dirigido por la calidad, inspirado en el trabajo de Losavio, Ordaz y Esteller, el cual sigue un enfoque de diseño extractivo, basado en el estudio de arquitecturas de productos existentes en el mercado en un dominio, que culmina con la obtención de una AR. La incorporación del modelo del negocio educativo obedece a las tendencias actuales en diseño de software, de establecer una clara trazabilidad entre los objetivos del negocio y los requisitos del sistema de software, considerando tanto aspectos funcionales como no funcionales o de calidad, para que la AR tenga un carácter evolutivo, exigencia prioritaria de estos marcos de referencias. Entre los resultados obtenidos, se encuentra la caracterización de los elementos relacionados con el modelado de los procesos de negocio, utilizados para la especificación de la AR.

© 2016 IAI. All rights reserved.

6. Introducción

El derecho a la Educación es universal y todos los individuos del mundo tienen derecho a una educación de calidad. Esto trae consigo la necesidad de hacer llegar, a la

mayor cantidad de personas, técnicas de aprendizaje abierto y a distancia. Esta modalidad de estudio tiene cada día más aceptación estimulado, en parte, por el creciente interés de educadores y tutores en las nuevas tecnologías

vinculadas a internet y otras plataformas multimedia, y debido al creciente consenso sobre la necesidad de apoyar las formas tradicionales de educación, valiéndose de medios más innovadores [1].

En este contexto, el aprendizaje electrónico (e-learning), proporciona la oportunidad de crear ambientes de aprendizajes interactivos, eficientes, accesibles y distribuidos, que pueden ser clasificados según los medios tecnológicos de los que hacen uso. Se han utilizado diferentes terminologías para definirlo, en las que se puede observar una distinción entre el enfoque tradicional y el enfoque empresarial. El tradicional se orienta a la entrega de cursos y el diseño instruccional como principal actividad. Mientras que el e-learning se integra en los procesos de negocio de la empresa, y se enfoca en la entrega de instructivos e información que permiten el trabajo colaborativo entre usuarios [2-4].

También se encuentra el e-learning para entusiastas, donde internet facilita la comunicación bilateral y anima la discusión, el diálogo y posee aspectos comunitarios no limitados al tiempo y espacio. En estos casos, el rol del educador es facilitar el diálogo y dar soporte a los estudiantes para entender los recursos que se manejan. En [2] y [5] se define e-learning como un medio de aprendizaje interactivo, en el que el contenido está disponible en línea y donde se provee soporte para las actividades del estudiante. Todas estas definiciones tienen en común el hecho de que se utiliza un entorno de red (por ejemplo, internet o intranet) como vía para proporcionar servicios de aprendizaje, y que los estudiantes o personas que están aprendiendo deben ser capaces de recibir un feedback sobre el proceso que desarrollan.

Lo que estas definiciones no consideran son los aspectos de administración y de evaluación del e-learning. Por otra parte, en [6] se define como el proceso mediado por las redes para entregar, soportar, administrar y evaluar un proceso de aprendizaje. En este trabajo se define e-learning como una forma de utilizar las TIC para mediar (entregar, soportar, administrar y evaluar) el proceso de aprendizaje, capaz de llegar a un amplio número de personas en el mundo, sin perder la capacidad de interacción entre profesores y estudiantes.

Ahora bien, el abordaje de investigaciones relacionadas con el aprendizaje electrónico se puede hacer considerando dos enfoques principales: 1) el pedagógico, relacionado con su uso en programas formales de formación, dirigidos al auto-aprendizaje, considerando la selección de contenidos educacionales que mejor se adapten a los propósitos educativos, diseño y demás elementos que garantizan la facilidad de uso, entre otros, y 2) el computacional, donde a partir del establecimiento de procesos de desarrollo de software, se buscan soluciones arquitectónicas que garanticen la calidad de los sistemas software desarrollados. Este enfoque, por su nivel de abstracción, no establece muchas diferencias entre el desarrollo de software educativo y otros tipos. En este estudio, convencidos de la necesidad de incorporar en etapas tempranas de desarrollo los elementos pedagógicos relacionados con el aprendizaje electrónico, se presenta un enfoque conciliador entre ambas tendencias.

En este sentido, las metas que se plantean son la satisfacción del usuario y la comunicación fluida entre el personal responsable del desarrollo del sistema. Esto puede lograrse al incorporar estándares de calidad, entendidos como el conjunto de lineamientos o normas diseñadas para que las aplicaciones de software puedan ser evaluadas al final del proceso, para que logren satisfactoriamente los objetivos para los que fueron desarrolladas. Uno de los estándares más utilizados para evaluar la calidad de un producto software es la norma ISO/IEC 25010 [7], que desde el punto de vista del desarrollador y durante el proceso de desarrollo del software, define:

1. Un *modelo de calidad del producto*, que se compone de ocho características de alto nivel de abstracción, que se subdividen en sub-características y se refinan hasta llegar a los atributos o elementos medibles. Se refieren a propiedades inherentes estáticas tales como usabilidad y disponibilidad, y a las inherentes dinámicas tales como eficiencia y fiabilidad del sistema informático. También se habla de propiedades asignadas, que no son de calidad, tales como costo y tiempo de mercadeo, pero influyen en las decisiones durante el desarrollo del software. El modelo es aplicable a los productos software y en general a los sistemas informáticos, generalmente complejos, que también involucran componentes software.

Y desde el punto de vista del usuario final, observando el producto de software en su ambiente de ejecución:

2. Un *modelo de calidad en uso*, que se compone de cuatro características: productividad, efectividad, seguridad y satisfacción, algunas de las cuales también se subdividen en sub-características. Se relacionan con el resultado de la interacción con los usuarios finales, cuando un sistema de software se emplea en un contexto particular de uso.

Las características y sub-características de calidad del producto (ver Figura 1) proporcionan coherencia terminológica para especificar, medir y evaluar la calidad del producto software y de sistemas informáticos [7, 8]. El hecho de usar una terminología estándar, ayuda al entendimiento entre diferentes grupos de trabajo involucrados en un proyecto de desarrollo y facilita la comunicación; este aspecto es una de las buenas prácticas de la Ingeniería del Software.



Figura 1. Modelo de Calidad ISO/IEC 25010 [7, 9]

Aún con el uso adecuado de los estándares de calidad en el proceso de desarrollo de software, existen diversos riesgos imponderables que pueden atentar contra el desarrollo de

soluciones realmente efectivas. Esto pudiera estar relacionado con problemas en el desarrollo para la medición de las propiedades de calidad, o bien, con problemas al momento de realizar la determinación y análisis de requisitos. En esta fase también pueden afectar el poco conocimiento que se tenga del negocio para el cual se está elaborando el software. En este sentido, elaborar un modelo del negocio como punto de partida, en el proceso de determinación y análisis de requisitos, puede contribuir a resolver estos problemas.

Un modelo de negocio describe cómo funciona el negocio, indicando las actividades involucradas y la forma cómo interactúan unas con otras. Los modelos de negocio [5, 6] sirven básicamente para:

1. Facilitar la comprensión de los mecanismos, estrategias, políticas y conceptos clave de un negocio, incluyendo restricciones y reglas involucradas.
2. Servir de base para la creación de sistemas de información apropiados, que den soporte al negocio considerando la posible automatización de algunos de sus procesos.
3. Mejorar la estructura y capacidad operativa actuales del negocio.
4. Mostrar la estructura del negocio.
5. Identificar oportunidades de globalización
6. Facilitar la alineación de las TIC con las necesidades y estrategias del negocio.

En general, establecer un modelo del negocio es algo complejo, particularmente en la educación, porque los elementos involucrados suelen depender de las políticas educativas del Estado, así como de las características particulares de cada institución educativa. Aun así, el uso de un modelo en el dominio educativo es necesario, a fin de obtener resultados beneficiosos para los involucrados en los diferentes procesos educativos y en su correspondiente automatización [10]. Un *dominio* se define como el conjunto mínimo de propiedades que definen una familia de problemas, para los cuales se requieren soluciones computacionales [11].

En esta investigación se parte de la premisa de que es en el modelo del negocio donde se pueden incorporar elementos curriculares, propios del proceso educativo para el cual se diseña (o selecciona) el sistema *e-learning* y su plataforma. Se define como *plataforma de aprendizaje electrónico*, o *plataforma e-learning*, a la infraestructura hardware y software que da soporte al sistema. Una *Arquitectura de Referencia* (AR) es una arquitectura genérica e instanciable que se reutiliza como plantilla, o marco de referencia, para derivar productos o sistemas software similares [12]. Una AR es el eje central de la plataforma sobre la que se articula el sistema completo. En el contexto de esta investigación, la plataforma *e-learning* contiene la AR. Se han realizado diversas investigaciones acerca de modelos y marcos de referencias para el área educacional [2], lo que falta es establecer un proceso sistemático y repetible para especificar una AR evolutiva, en la que los componentes tecnológicos, diseñados para el aprendizaje por diferentes proveedores en el mercado, se

integren en una solución *e-learning* que pueda satisfacer al cliente. Una AR describe la esencia de una arquitectura de software reutilizable para una familia de sistemas similares, en la cual se destacan componentes obligatorios que siempre deben estar presentes, y otras variantes que permiten adaptarla a los requisitos específicos de un cliente. Las variantes se agrupan en *puntos de variación*, que son instanciados para derivar un producto o sistema concreto a partir de la AR; el conjunto de puntos de variación, con sus variantes, se denomina *Modelo de Variabilidad de la AR* [13].

El objetivo de este trabajo es proponer un proceso sistemático y repetible de diseño de una AR, denominado *Modelo de Negocio y Arquitectura de Referencia MN-AR*. Se inspira en el proceso definido en [14], al que se incorpora el modelado del negocio como etapa inicial del *Análisis del Dominio*. El trabajo diseña el modelo de negocio siguiendo los lineamientos del estándar *Business Process Modelling Initiative BPMI* [15] que permitirá construir el *Modelo del Dominio*, en el que se destacan los principales procesos del negocio *e-learning* sensibles a ser automatizados. Las propiedades de calidad del dominio se especifican en *E-Learning Domain Quality Model EL-DQM* [7, 16].

No sólo la incorporación del modelo de negocio se plantea como entrada a la etapa de *Análisis del Dominio*, sino que además se proponen elementos conceptuales característicos del dominio educativo, fundamentales en la determinación de los procesos del negocio. El proceso definido en [14] sigue un enfoque extractivo o *bottom-up*, basado en el estudio de arquitecturas de productos existentes en el mercado en un dominio dado, y también se centra en la satisfacción de la calidad que deben cumplir los sistemas software en ese dominio. La AR se modela mediante un grafo no-dirigido, conexo y utiliza el enfoque orientado a metas [17]. En este caso, los escenarios de soluciones arquitectónicas, proporcionados para satisfacer los requisitos de calidad exigidos por los requisitos funcionales, no se derivan del enfoque de metas sino directamente de EL-DQM.

El resto del artículo se estructura en cinco secciones principales: la sección 2 presenta nociones básicas sobre el aprendizaje electrónico y algunos trabajos relacionados sobre el diseño de arquitecturas de referencias en este dominio; también presenta el modelo de calidad para el dominio considerado; en la sección 3 se describen los principales elementos involucrados en el modelado del negocio del aprendizaje electrónico; la sección 4 presenta el proceso propuesto MN-AR, que incluye el modelado del negocio como etapa inicial del *Análisis del Dominio*; y en la sección 5 se aplica el MN-AR paso a paso.

7. Aprendizaje electrónico

El aprendizaje electrónico evoluciona al mismo ritmo que Internet y se puede establecer a mediados del año 1990 como el momento clave en el diseño de los modelos tecnológicos y pedagógicos para la educación basada en TIC, a partir del nacimiento y evolución de la Web. Se pueden citar ejemplos como correo electrónico, listas de distribución, portales, gestores de contenidos, plataformas tecnológicas especializadas en Internet y las redes sociales.

7.1 Elementos conceptuales de sistemas e-learning

En general, los sistemas e-learning deben considerar los siguientes elementos:

- La comunicación puede establecerse de manera síncrona o asíncrona. Los sistemas síncronos son aquellos que generan comunicación entre usuarios en tiempo real, tales como chats o videoconferencias. Los asíncronos no generan comunicación en tiempo real, pero ofrecen la posibilidad de que las aportaciones de los usuarios queden grabadas. El correo electrónico y los foros también usan este tipo de comunicación.
- Las plataformas de aprendizaje electrónico, plataformas e-learning o entornos de desarrollo e-learning, son ambientes o entornos de desarrollo de aplicaciones Web tipo LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP o similares), que incluyen componentes básicos de hardware/software para su funcionamiento: Sistema Operativo, Servidor Web, BD, lenguaje de programación y mecanismos para la transmisión en redes. LAMP se utiliza para la creación de aplicaciones Web y es el soporte para el desarrollo de sistemas e-learning; en este contexto, la AR es el eje central que articula o integra los componentes software para derivar sistemas e-learning completos, utilizando estas plataformas. Por lo tanto, la mayoría de estos sistemas se pueden definir como aplicaciones Web, bajo una plataforma tipo LAMP. En la AR se destacan como componentes de alto nivel los requisitos funcionales (RF) y los componentes de soluciones arquitecturales, que se introducen para satisfacer las propiedades de calidad o requisitos no-funcionales (RNF) que requieren las funcionalidades, tales como usabilidad, mantenibilidad, escalabilidad e interoperabilidad. La arquitectura articula los componentes del sistema, la gestión de usuarios, los cursos y los servicios de comunicación. En la literatura se encuentra el uso indistinto de los términos plataforma, arquitectura y sistema e-learning.

Estos sistemas han evolucionado en tres etapas [18]:

1. Los sistemas Content Management Systems o Course Management Systems CMS, son los más básicos y permiten la generación de sitios Web dinámicos. Su objetivo es crear y gestionar información en línea (textos, imágenes, gráficos, videos, sonido, etc.). También se caracterizan por no poseer herramientas elaboradas de colaboración (foros, chats, diarios, etc.), en tiempo real.
2. Los sistemas Learning Management Systems LMS surgen a partir de los CMS. Son sistemas instalados en un servidor web que se emplean para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación no-presencial, permitiendo un trabajo de forma asíncrona entre los participantes. Las principales funciones del LMS son: gestionar usuarios y recursos, así como materiales y actividades de formación, administrar el acceso, controlar y hacer seguimiento del proceso de aprendizaje, realizar evaluaciones, generar informes y gestionar servicios de comunicación tales como foros de discusión y videoconferencias, entre otros. Generalmente, los LMS no incluyen posibilidades de

autoría (crear sus propios contenidos), sino que se focaliza en gestionar contenidos ya creados por fuentes diferentes. Están orientados al aprendizaje y la educación, proporcionando herramientas para la gestión de contenidos académicos, permitiendo mejorar las competencias de los usuarios de los cursos y su intercomunicación, en un entorno donde es posible adaptar la formación a los requisitos de la empresa y al propio desarrollo profesional. Disponen de herramientas que permiten la distribución de cursos, recursos, noticias y contenidos relacionados con la formación general.

3. Los sistemas Learning Content Management Systems LCMS integran las funcionalidades de los CMS (creación) y los LMS (manejo) para la gestión de contenidos de un programa de educación. Por ejemplo, un curso en un nivel específico de formación, para personalizar los recursos de cada estudiante y donde las empresas se convierten en su propia entidad editora, con auto-suficiencia en la publicación del contenido de manera sencilla, rápida y eficiente, resolviendo los inconvenientes de los anteriores sistemas. Ofrecen facilidad en la generación de los materiales, flexibilidad y adaptabilidad a los cambios, control del aprendizaje y un mantenimiento actualizado del conocimiento. Los LCMS utilizan el lenguaje XML y generalmente siguen estándares de enseñanza digital, tales como IMS Global Learning Consortium y Sharable Content Object Reference Model SCORM; añaden técnicas de gestión de conocimiento al modelo de los LMS en ambientes estructurados y diseñados para que las organizaciones puedan implementar mejor sus procesos y prácticas, con el apoyo de cursos, materiales y contenidos en línea. Permiten la creación eficiente por parte de los desarrolladores, especialistas colaboradores o instructores que participan en la creación de contenidos.

Moodle [19] es un ejemplo de plataformas e-learning CMS, Saba [20] y SumTotal [21] son LMS y Evolution [22] y ForceTen [23] son LCMS.

7.2 Trabajos Relacionados: Arquitecturas de referencia para sistemas e-learning

A continuación, se presentan tres trabajos relacionados con la especificación de arquitecturas de referencia existentes para el dominio e-learning.

UKeU e-Learning framework

Es un framework basado en estándares abiertos que permite una separación completa de los diferentes componentes y las implementaciones del mercado, y las empresas pueden seleccionar soluciones para cada componente e integrarlas en una solución e-learning [24, 25]. Sus componentes utilizan diferentes bases de datos. UKeU es similar al framework en [26] y está construido en cuatro capas (Ver Figura 2) que describen los servicios para realizar tareas específicas en un área del e-learning.

- Capa 1: Portal. Proporciona sólo un punto de entrada para los usuarios a los diferentes servicios del framework y es responsable de la autenticación; el acceso se basa en un perfil de usuario.

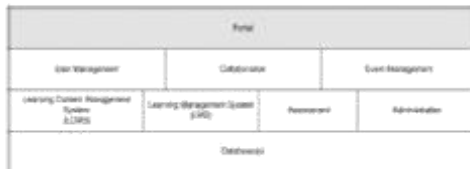


Figura 2. UKeU e-Learning framework [24]

- Capa 2: Servicios de Comunicación. Son servicios generales que todos necesitan, no están relacionados con ninguna función pedagógica y no deben ser integrados con elementos pedagógicos. Se distinguen tres servicios: 1) *User Management*, que autoriza los usuarios, asigna privilegios y establece su único ID; 2) *Collaboration*, que proporciona interfaces asincrónicas entre todos los usuarios; y 3) *Event Management*, que provee funciones de calendario, planificación y recordatorio para los usuarios.
- Capa 3: Servicios de Aprendizaje. Provee el núcleo de funcionalidades básicas de los sistemas e-learning. Ofrece cuatro servicios: 1) *Learning Content Management System (LCMS)*, que les permite a los autores registrar, almacenar, ensamblar, manejar, empaquetar y publicar contenidos educativos; 2) *Learning Management System (LMS)*, que registra usuarios, provee cursos en catálogos, registra datos de estudiantes y proporciona facilidades de búsqueda y edición de informes; 3) *Assessment System (Sistema de Evaluación)*, que sigue el rendimiento del estudiante contra objetivos específicos mediante diversas herramientas; 4) *Learning Administration System*, que actúa como una interfaz hacia sistemas como Sistemas de Recursos Humanos (HR-systems).
- Capa 4: Bases de Datos.

Web-Based Instructional System WbIS

Es un sistema instruccional que incorpora componentes organizacionales, instruccionales y tecnológicos para soporte y automatización parcial de un proceso instruccional [27]. Se enfoca en la perspectiva TIC y no en la teoría del aprendizaje. Se describe un modelo en el cual el sistema se divide en cuatro subsistemas, aclarando en cada subsistema, cómo usuarios, recursos de aprendizaje e infraestructura técnica pueden trabajar conjuntamente en el proceso instruccional. Los autores incorporan en WbIS:

- La especificación de una solución en términos no-técnicos. La definición de una solución no-técnica a un problema instruccional se genera uniendo cinco elementos de aprendizaje interrelacionados: objetivos, eventos didácticos, *syllabus* (contrato entre miembros de una Facultad y sus estudiantes, para responder preguntas acerca de un curso e informar lo que ocurre si no aprueban), procedimientos de evaluación, relaciones, precios, restricciones técnicas, etc.; esta solución define los requisitos para el WbIS que se va a construir.
- La transformación de la solución no-técnica en una técnica, mediante la arquitectura del sistema software que se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Proceso para crear la arquitectura de un Sistema Instruccional [27]

- Subsistema humano, que describe los roles de cada usuario involucrado en el proceso instruccional.
- Subsistema de recursos de aprendizaje basado en web, que son los diferentes recursos de aprendizaje online.
- Subsistema de recursos de aprendizaje no-web, tales como textos, libros, DVD, etc.
- Subsistema de infraestructura técnica, que se sub-divide en infraestructura común (sitios que soportan aprendizaje en línea para estudiantes en general, tales como redes, etc.) y especial, tales como sistemas de conferencia multimedia, componentes específicos de hardware, LMS específicos, etc., para resolver un problema particular de enseñanza [28]. En [27], los autores adecúan su propuesta al framework estándar LTSA [29], que se describe a continuación.

Learning Technology System Architecture LTSA (IEEE P1484-1 Standard)

LTSA describe una arquitectura en cinco capas de alto nivel para sistemas de aprendizaje tecnológicos, tal como se muestra en la Figura 4. Describe una solución en términos de una perspectiva de información tecnológica y por lo tanto es independiente respecto a aspectos pedagógicos, de contenido, culturales y de plataforma [29].

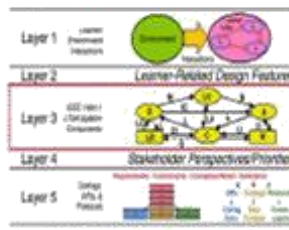


Figura 4. LTSA: IEEE P1484-1 Standard [29]

De las cinco capas, la capa 3 es obligatoria para este estándar e identifica los componentes de la arquitectura (funcionalidades principales que deben estar presentes) en cuatro procesos: D: Delivery, LE: Learning Entity, E: Evaluation y C: Coach; y dos almacenamientos de aprendizaje: Recursos y Registros. Las relaciones presentes son M: Multimedia, B: Behavior; IC: Interaction Context, LP: Learning Parameters, L: Locator, A: Assessment, LC: Learning Content, CI: Catalog Info y Q: Query.

El Modelo WbIS y el framework UKeU se centran en el área de la educación superior y LTSA es un estándar ampliamente adoptado que facilita la integración con otros sistemas para la educación [29]. En [2] se propone combinar WbIS y UKeU para un framework que incluya también la educación en organizaciones no-académicas (Ver Figura 5) y también adecúan su propuesta a la conformidad LTSA. No presentan ningún método específico de desarrollo para el diseño arquitectónico del ambiente de aprendizaje propuesto, pero toman en cuenta las propiedades de calidad y consideran las soluciones arquitecturales.



Figura 5. Modelo Managed Learning Environment MLE [2]

En resumen, para los autores de este trabajo una Arquitectura de Referencia para *e-learning* debería respetar el estándar LTSA [29]. Sin embargo, también se observa que no se propone ninguna técnica o método de diseño específico para llegar a la AR, como correspondería a las buenas prácticas de la Ingeniería del Software; no se toman en cuenta explícitamente los requisitos de calidad exigidos en el dominio y el modelo del negocio solamente se considera ligeramente en [2]. En este trabajo, justamente lo que se quiere resaltar es un enfoque sistemático y repetible de diseño, que permita asegurar la calidad y su trazabilidad desde el modelo del negocio, para construir una AR que soporte la evolución. Pero, como LTSA se considera actualmente un estándar [29], una vez construida la AR se realizará un paso adicional para adecuarlo a él.

2.3 Características de las plataformas *e-learning*

Algunos resultados obtenidos en [9], acerca de los sistemas educativos en general, se presentan en la Tabla 1, donde se muestran las características de calidad prioritarias de acuerdo con el tipo de sistema educativo entre los que están los *e-learning*, junto con las soluciones arquitecturales requeridas. Esta información, junto con las características que se obtienen del modelo del negocio, permitirán precisar un modelo de calidad para el dominio de los sistemas *e-learning*, y se podrán expresar mediante una adaptación o instancia del modelo de calidad ISO/IEC 25010 (Ver Tabla 2). El modelo de calidad del dominio será utilizado en etapas posteriores para dirigir el proceso de desarrollo completo del AR en el dominio *e-learning*.

En general, puede decirse que las plataformas *e-learning* deben garantizar:

1. **Interactividad:** conseguir que la persona que utilice la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación. Esto se traduce en el Requisito Funcional que corresponde al componente *Interfaz Usuario (UI)*, que a su vez requiere el Requisito No-Funcional exigido en general a las UI de sistemas interactivos: *Facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje) y protección de errores (ser atractiva)*.
2. **Flexibilidad:** el sistema debe adaptarse fácilmente dentro de la organización donde se quiere implementar. Esta adaptación debe considerar la estructura de la institución, los planes de estudio, los contenidos, los estilos pedagógicos y soportar la evolución. Esto se traduce en el RNF *Mantenibilidad (modificabilidad, reuso)*.
3. **Escalabilidad:** debe funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios. Lo que se traduce en el RNF *Rendimiento (capacidad)*.
4. **Estandarización:** la plataforma debe ser capaz de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos estarán disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar. Esto se traduce en el RNF *Compatibilidad (interoperabilidad)*.
5. **Seguridad:** debe garantizar la confidencialidad de la información, por lo que requiere la autenticación de los usuarios. Lo que se traduce en el RNF *Seguridad (confiabilidad, autenticación)*.
6. **Escalabilidad:** se refiere al volumen de usuarios simultáneos y/o al volumen de transacciones que pueden realizarse y se traduce en el RNF *Rendimiento (capacidad-escalabilidad)*.

Otras características generales observables en las plataformas *e-learning* son:

1. **Código abierto:** para ver y modificar el código fuente de la aplicación. Es una regla del negocio y corresponde a una restricción impuesta a los sistemas *e-learning*. Se traduce en el RNF: *Mantenibilidad (modificabilidad, reuso)*.
2. **Plataforma gratuita:** el uso de la plataforma no debería implicar ningún gasto adicional a la organización ni a los estudiantes. Es una regla del negocio y corresponde a una restricción impuesta a los sistemas *e-learning*. Se traducen en el RNF asignado: *costo* (recuérdese que las propiedades asignadas, según ISO/IEC 25010, no son propiedades de calidad; en cambio, todas las propiedades de calidad de la Figura 1 son propiedades inherentes al producto de software).
3. **Internacionalización o arquitectura multi-idioma:** la plataforma debería estar traducida, o se debería poder traducir fácilmente al idioma del usuario, para favorecer la inteligibilidad y la capacidad de aprendizaje. Se traduce en el RNF *facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje)*.

Tabla 1. Características generales y arquitecturas de Sistemas Educativos [9]

Características	Clasificación	Descripción	Características de calidad prioritarias	Comentarios	Estilo/Solución arquitectónica
Dirigen el trabajo de los estudiantes y controlan en todo momento su actividad	Programas lineales	Son poco interactivos, se limitan a presentar una secuencia de información o ejercicios.	- Funcionalidad (Idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad (modificabilidad)	Su diseño sigue procesos menos formales. Se pueden realizar para satisfacer necesidades instruccionales particulares	Capas, MVC, sistemas "stand-alone"
	Programas ramificados	Ofrecen más opciones de interacción, al ordenar el material según la complejidad (son multinivel).	- Funcionalidad (Idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (Rendimiento en Tiempo) - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad (modificabilidad)		Capas, MVC, sistemas "stand-alone"
	Entornos virtuales	Proporcionan herramientas de búsqueda y de proceso de la información que pueden utilizarse libremente para construir las respuestas. Un ejemplo de este tipo de software, son los entornos de resolución de problemas.	- Funcionalidad (Idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (Rendimiento en tiempo, capacidad) - Portabilidad (adaptabilidad) - Fiabilidad (Disponibilidad) - Compatibilidad (Interoperabilidad)	Ofrecen la posibilidad (ende digitalizar la realidad para compartir información y comunicarse con otros entornos	Event-driven (SOA)+capas; Aplicaciones Web, uso de Web Services
	Sistemas tutoriales expertos	Tienden a reproducir un diálogo auténtico entre el programa y el estudiante; pretenden comportarse como lo haría un tutor humano; guían al estudiante paso a paso en el proceso, analizan su estilo de aprendizaje y sus errores, proporcionando respuestas en función de esa interacción. Están basados en Inteligencia Artificial.	- Funcionalidad (Idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (Rendimiento en tiempo, capacidad) - Compatibilidad (Interoperabilidad) - Seguridad - Fiabilidad (Disponibilidad)	Son los más utilizados para mediar el aprendizaje electrónico (e-learning), han avanzado desde las plataformas para mediar el aprendizaje de contenidos, hasta los campus virtuales.	Event-driven (SOA)+capas; Aplicaciones Web, uso de Web Services

4. **Tecnología empleada:** en cuanto a la programación, destacan en este orden PHP, Java, Perl y Python como lenguajes Open-Source. Se traduce en los RNF *Compatibilidad (interoperabilidad)* y *Portabilidad (adaptabilidad)*.

5. **Amplia comunidad de usuarios y documentación:** la plataforma debe contar con el apoyo de comunidades dinámicas de usuarios, con foros de usuarios, desarrolladores, técnicos y expertos. Se traduce en los RNF *Compatibilidad (interoperabilidad)*, *Portabilidad (adaptabilidad)* y *Rendimiento (capacidad)*.

Estas características generales deben ser consideradas en el establecimiento de las características funcionales y no-funcionales del sistema, y al especificar el modelo de calidad para el dominio e-learning adaptando el ISO/IEC 25010; estas propiedades dirigen el diseño de la arquitectura de referencia.

Modelo de calidad de sistemas e-learning

De acuerdo con el estándar ISO/IEC 25010, el modelo de calidad del producto software se presenta en la Figura 1. En el caso del e-learning, el modelo de calidad EL-DQM, presentado en la Tabla 2, se extrae de las características del dominio mencionadas en la sección 2.3, adecuándolo al estándar ISO/IEC 25010. Es posible que en este análisis se reflejen otros requisitos de calidad no observados previamente y que se agregarían al EL-DQM en caso de

existir, pero en el estudio de las características de las plataformas e-learning ya se consideraron varias reglas del negocio.

Tabla 2. Modelo de calidad para el dominio e-learning EL-DQM

Característica de calidad	Sub-característica(s) de calidad	Prioridad 1 a 3, 1 máxima
Funcionalidad	- idoneidad	1
	- corrección-precisión	2
Facilidad de uso	- inteligibilidad	1
	- aprendizaje	1
	- protección de errores	3
Eficiencia	- ser atractivo	2
	- rendimiento en tiempo	2
Portabilidad	- capacidad-escalabilidad	1
	- adaptabilidad	1
Fiabilidad	- disponibilidad	2
Compatibilidad	- interoperabilidad	1
Seguridad	- confiabilidad	2
	- autenticación	1
	- integridad	2
Mantenibilidad	- modificabilidad	2
	- riesgo	3

8. Modelado del negocio

El éxito de las innovaciones en el desarrollo de software depende altamente del modelo de negocio correspondiente. En particular, en los sectores que evolucionan rápidamente, como el educativo, los modelos de negocio son un elemento clave para la difusión

acelerada de las innovaciones. Por lo tanto, es necesario establecerlos como parte importante del proceso de desarrollo.

Mientras que el término modelo de negocio se utiliza ampliamente en la práctica empresarial, la definición, su naturaleza y estructura todavía es objeto de debate entre los investigadores. Un modelo de negocio no es una estrategia, pero comprende un número de elementos estratégicos. De acuerdo con [30], un *modelo de negocio* permite: 1) conceptualizar la empresa como un conjunto interrelacionado de decisiones estratégicas; 2) buscar relaciones complementarias entre los elementos a través de combinaciones únicas; 3) desarrollar conjuntos de actividades en torno a un marco lógico; y 4) garantizar la coherencia entre los elementos de la estrategia y las intenciones arquitecturales, económicas, de crecimiento y de oferta.

Aunque los modelos de negocio genéricos describen la lógica del negocio de manera abstracta, deben presentarse de forma tal que respondan a las características y terminologías propias del dominio. La propuesta de un modelo de negocio para el dominio educativo pretende dar un aporte a investigadores y profesionales, al momento de realizar la descripción informal del problema. Además, debe permitir luego una especificación detallada y formal de todos los procesos relativos al negocio; algunos de estos procesos son sensibles de ser automatizados e involucran sistemas computacionales. Una vez especificados formalmente, mediante una etapa de modelado de procesos, se tiene la tendencia a considerarlos como composición de servicios Web, con lo que se pretende generar automáticamente el código correspondiente.

8.1 Modelado de procesos de negocios

La propuesta presentada en este artículo considera las fases para el modelado de procesos de negocio de una organización propuestas por BPMI [15, 31, 32]: descubrimiento, análisis, desarrollo, monitoreo y optimización. Estas fases y actividades establecen el ciclo de vida, como se observa en la Figura 5, que se debe seguir para alcanzar los objetivos y beneficios perseguidos por el modelado de procesos de negocio (las líneas segmentadas indican relaciones bidireccionales entre cada fase).



Figura 5. Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio [32]

- **Descubrimiento:** el objetivo es identificar y entender cada uno de los procesos de negocio que constituyen la organización. Especificando detalles de cada uno de los requisitos exigidos y centrándose principalmente en las funcionalidades clave del sistema que será diseñado para automatizar el/los proceso(s).

- **Análisis:** en esta fase se estudian cada uno de los procesos de negocio sensibles a ser automatizados, modelándolos con nuevas características y reglas que se deben seguir para obtener una mayor productividad. Una vez identificado los procesos del negocio, en el contexto que aquí se describe desde el punto de vista pedagógico, se asocian con los RF y RNF del dominio o propios al desarrollo, en este caso el EL-DQM. En los sistemas para el aprendizaje electrónico, las características consideradas en la fase de descubrimiento se depuran considerando los elementos curriculares del contexto educativo donde se diseña.
- **Desarrollo:** se depuran los procesos de negocio analizados y diseñados en la etapa anterior, y se establecen las especificaciones para su ejecución, ya sea automatizada o no.
- **Monitoreo:** cada proceso de negocio debe ser controlable y, por lo tanto, medible, para saber su grado de éxito y calidad con el que ha sido llevado a cabo; de esta forma se pueden analizar los resultados de cada uno de los procesos para que puedan ser redefinidos y optimizados.
- **Optimización:** aquellos procesos que no cumplen las expectativas deseadas, son rediseñados para que puedan mejorar su rendimiento y así también el de la empresa.

8.2 Aspectos a considerar en el modelo del negocio educativo

Hablar de negocio educativo tal vez rompa con algunas concepciones que desde el dominio se mantienen, porque las aplicaciones software que se desarrollan en este contexto buscan atender particularidades de procesos y no la masificación de productos. Por esta razón, no es común oír hablar de la empresa de software educativo, pero sin duda la incorporación de conceptos y estrategias de empresa [2] contribuiría con el desarrollo de software bajo el precepto de optimización de recursos y maximización de ganancias. Entendidas estas últimas como la satisfacción de un mayor número de usuarios a través de herramientas que sean interactivas, centradas en la facilidad de uso y funcionalmente adecuadas, interoperables para diferentes organizaciones, flexibles en cuanto al mantenimiento y a la modificabilidad y escalables respecto al volumen de información y usuarios manejados, tal como se observa en la Figura 6.



Figura 6. Elementos de la Fase de Descubrimiento

En este sentido, es importante caracterizar el modelo de negocio para el dominio del aprendizaje electrónico, especificando los elementos que se deben considerar, lo

mismo que su propia terminología. En este trabajo se adaptan las dos primeras fases propuestas por BPMI para el ciclo de vida de los procesos de negocio, tomando como referencia el trabajo realizado por [33], donde se propone un marco de referencia general para el modelado del negocio en la Industria del Software.

1. Fase de Descubrimiento

En esta fase se estudian todos los procesos del negocio, como, por ejemplo, *Realizar Consulta*, *Añadir Conocimiento* y *Validar Respuestas* [9]. En el caso del *e-learning* se deben tomar como referencia las características para las plataformas electrónicas propuestas en la literatura (Figura 6), de esta manera se contribuye a la determinación de estándares.

Con respecto a los estándares *e-learning*, el mayor problema es la ausencia de metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas comunes y aceptadas, que garanticen los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, durabilidad y reutilización de los materiales curriculares encontrados en las redes [34].

Las principales razones que impulsan la creación de estándares en el área *e-learning* están dirigidos a la

protección de la inversión, interoperabilidad de los contenidos, integración de las plataformas en la infraestructura tecnológica existente, intercambio de información a través de una amplia variedad de LMS o LCMS, accesibilidad, garantizar la reutilización de los cursos, facilitar la adaptación o personalización del entorno de aprendizaje y mejorar la productividad al incrementar la efectividad [35, 36]. Iniciativas hacia la estandarización para el intercambio de contenidos *e-learning* son: Aviation Industry Computed Based-Training Comité AICC y SCORM.

2. Fase de Análisis

En esta fase se analizan los procesos que surgen de la anterior, para modelarlos con las características particulares que emerjan del dominio. Es aquí donde se tiene la oportunidad de incorporar los elementos curriculares y de administración educativa, en general, que caractericen a la instancia para la cual se desarrolla. Hablar de *Educación* conlleva la consideración de políticas, teorías y concepciones que varían de un país a otro o de una institución educativa a otra, por lo que esta fase brinda la oportunidad de encontrar características particulares que son importantes de considerar (Ver Figura 7).

Fase 2: Análisis



Figura 7. Elementos de la fase de Análisis

En consecuencia, se propone tener en cuenta los siguientes elementos, con el fin de depurar los procesos de negocio que serán utilizados como entrada de los siguientes pasos del proceso de desarrollo.

1. **Análisis curricular:** se obtiene de la revisión del documento base de currículo y de la misión y visión de la organización. Comprende los siguientes elementos principales, que deben ser incluidos como reglas del negocio:

- **Estudio de costos:** aun cuando queda claro que la plataforma obtenida debe cumplir con la característica de gratuidad, es importante establecer el costo asociado con su desarrollo en término de recursos.
- **Elementos del currículo:** tales como perfil del egresado, competencias genéricas y específicas, aspectos filosóficos, pedagógicos, entre otros.
- **Teorías pedagógicas:** se separan del literal anterior, pues se debe prestar particular atención en el proceso de desarrollo porque pueden influenciar inclusive hasta los elementos finales del diseño.
- **Normas legales:** del contexto para el cual se desarrolla.

2. **Diseño instruccional:** son los elementos necesarios para crear un ambiente instruccional y los materiales que contribuirán con el desarrollo de las tareas [37].

- **Elementos administrativos:** referidos a los horarios, modalidades de estudio, entre otros.
- **Evaluación:** debe revisarse el reglamento de la institución, o cualquier norma que puedan existir al respecto.
- **Características de los estudiantes:** edad, sexo, perfil específico, entre otras.
- **Contenidos:** naturaleza de los cursos que se impartirán a través de la plataforma, así como el tipo de contenidos: videos, imágenes, textos, lecturas, facilidades multimedia, entre otros.

3. **Elementos técnicos:** relacionados con las decisiones computacionales necesarias en el desarrollo.

- **Plataforma:** entorno relacionado con el tipo de lenguaje de programación, sistema operativo, etc.
- **Número de usuarios:** cantidad de usuarios que podrán interactuar simultáneamente con el sistema.
- **Tipo de recursos:** recursos humanos, de tiempo y económicos con los que se cuenta, entre otros.

- *Grado de Normalización:* se establecen las características de uso, comunes entre aplicaciones similares.
 - *Mantenimiento de la plataforma:* tiene que ver con las revisiones que se deben realizar, así como las estrategias para la corrección de fallos.
 - *Actualizaciones:* cantidad de versiones de un producto disponibles a la vez.
4. *Oferta:* aspectos que deben ser considerados al momento de ofrecer el producto software a los usuarios finales.
- *Destino:* describe escenarios que la institución educativa puede abordar.
 - *Disponibilidad:* relacionado con los servidores donde será alojada la plataforma para el aprendizaje electrónico.
 - *Tipo de usuarios:* dependiendo del destino, pueden tenerse múltiples tipos de usuarios, clasificados según sus características cognitivas, motivacionales, el dominio de la tecnología, el contexto social, entre otros.
5. *Puesta en operación:* aspectos propios del momento en el cual la plataforma está disponible para los diferentes actores.
- *Interacción entre usuarios:* cómo se establecerán las comunicaciones entre profesores y estudiantes, y la administración de cursos a distancia, mixtos o presenciales con apoyo del computador.
 - *Apoyo:* describe las opciones de soporte específicas, así como al personal que estará a cargo de la misma.

Una vez que se determinan todos estos aspectos, se inician las siguientes fases propuestas por [32] para depurar los procesos de negocio relevantes en el desarrollo (Ver Figura 8), e iniciar el Análisis del Dominio, elementos iniciales del proceso de desarrollo propuesto en esta investigación.

Para ejemplificar lo que debe realizarse en la fase de Descubrimiento, se presenta la descripción del flujo de ejecución del proceso de negocio: *Realizar Consulta* (Ver Figura 9). En él interviene el estudiante con el sistema, mientras que la participación del docente se realiza en los procesos de Añadir Conocimiento y Validar Respuestas.

Los actores a considerar son el sistema y los estudiantes:

- El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder al software para consultar un tema específico.
- El sistema recibe la solicitud y analiza la lista de temas.
- El sistema muestra los contenidos disponibles.
- El estudiante selecciona el contenido con el que va a trabajar
- El sistema muestra el contenido y las preguntas relacionadas.

- El estudiante responde la pregunta.
- El sistema indica si es o no correcta y presenta la opción de responder otra pregunta.
- Cuando el estudiante recibe la estadística de respuestas acertadas finaliza el proceso.

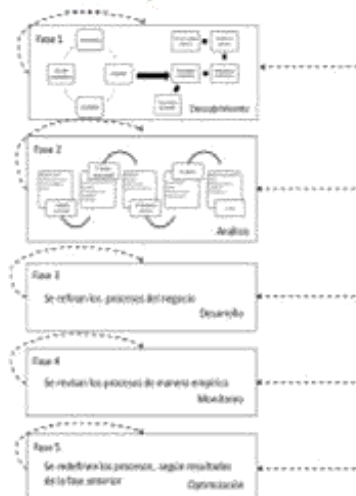


Figura 8. Adaptación de las fases propuestas en [32]

Requisitos Funcionales: Realizar Consulta

Requisitos No Funcionales o metas de calidad asociadas a las actividades del proceso: disponibilidad del sistema, seguridad de acceso, eficiencia en tiempo, corrección-precisión respecto a las respuestas, completitud de las tareas realizadas, facilidad de uso para el estudiante

Reglas de negocio que pueden afectar al proceso Realizar

Consulta: Proporcionar acceso adecuado al contenido.

Al culminar la fase de análisis, se refinan los procesos del negocio (Fase 3), para luego revisarlos (Fase 4) y eventualmente optimizarlos (Fase 5), hasta obtener todos los procesos del negocio definitivos (Ver Figura 9). En este trabajo se tratarán esencialmente las fases de Descubrimiento y Análisis.

En la fase de Descubrimiento se utiliza un BPMN [38] para especificar los procesos (Ver Figura 9), que es la notación gráfica propuesta en BPML, para describir la lógica de los pasos, funciones y actividades de un proceso de Negocio (Ver Tabla 2) y se origina para dar apoyo al enfoque BPML. BPMN define la notación y semántica de un Diagrama de Procesos de Negocio (Ver Tabla 3). Su importancia radica en que actualmente ha sido adoptado como un estándar de modelado de procesos; por lo tanto, es independiente de cualquier metodología de modelado, permitiendo así disminuir la brecha entre los procesos de negocio y su implementación, facilitando la comunicación entre las personas de una organización.

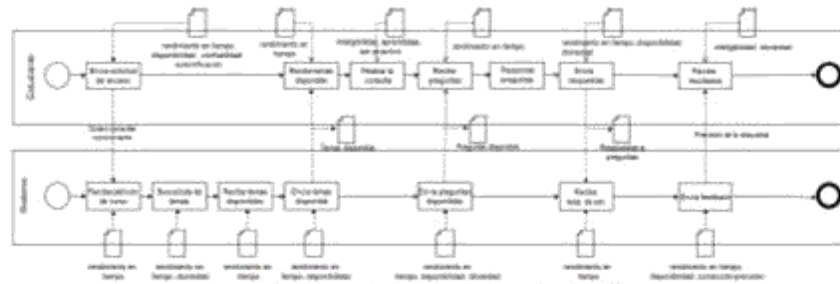


Figura 9. Modelo de Negocio en BPMN: Proceso Realizar Consulta

Tabla 3. Notación BPMN [38]

Elemento	Descripción	Símbolo
Evento de inicio	Evento que indica el comienzo de un determinado proceso	○
Evento de fin	Evento que indica la finalización de un determinado proceso	●
Tarea	Actividad incluida en determinado proceso	▭
Nodo de control	Nodo de selección de ruta. Atendiendo a la condición, se seguirá uno u otro camino	◇
Artefacto	Producto de una tarea o comentario	▭
Flujo de control	Paso de control de una a otra tarea haciendo avanzar el proceso hasta su fin	→
Flujo de datos	Camino de transmisión de datos entre tareas	- - - - ->
Temporizador	Evento de temporización. Asociado a una tarea provoca que no se avance en el desarrollo del proceso hasta que no se haya cumplido el plazo establecido	⌚

3. Proceso MN-AR: Modelado del Negocio, Análisis del Dominio y Diseño del Dominio, tres pasos para construir una AR

Hay enfoques para el proceso de diseño arquitectural que consideran relacionar los RF con los requisitos de calidad u objetivos de calidad, a los cuales deben responder. Entre ellos se encuentra [39], donde se realiza una extensión al proceso propuesto por [17], llamado Proceso Extendido de Chung PEC, que incluyen estos aspectos en la etapa inicial el análisis del dominio para la reutilización del conocimiento sobre la arquitectura y la identificación de restricciones o propiedades globales sobre las familias de aplicaciones del dominio. Este análisis incluye la especificación de las propiedades de calidad derivadas de RF y RNF, es decir, arquitecturales, y otras restricciones derivadas de las reglas de negocio, especificadas mediante el estándar ISO/IEC 25010 [7]. Una adaptación de este proceso mediante una etapa inicial de modelado del negocio se trata en [9]. El resultado de este análisis es el punto de partida para la justificación de los requisitos globales del sistema a construir utilizando estándares [7, 39, 40]. En la presente investigación se considera más conveniente la adaptación del proceso definido en [14], como paso natural para obtener una arquitectura de referencia, que permita generar sistemas concretos para el aprendizaje electrónico de calidad. Además, también se

considera el modelo del negocio como entrada al análisis del dominio, ya que se tienen AR definidas para e-learning [2, 23, 27, 29]. Se consideran estas arquitecturas en lugar del estudio de sistemas concretos e-learning del mercado.

El proceso propuesto, denominado Modelo del Negocio y Arquitectura de Referencia MN-AR (Ver Figuras 6 y 7), es un proceso de diseño arquitectónico que permitirá obtener una AR para aplicaciones en el dominio del aprendizaje electrónico, que satisfagan las características de calidad deseables en el dominio. En consecuencia, la principal adaptación de [14], además de considerar el MN como paso inicial, viene dada por el hecho de que los productos existentes del dominio e-learning que se estudian ya son arquitecturas de referencias y no sistemas concretos.

3.1 Especificación de MN-AR

A continuación, se especifican los pasos del proceso MN-AR propuesto en este estudio.

1. Modelado del negocio (ModN). Se utiliza BPMN de acuerdo con las recomendaciones de la Sección 3, para establecer el modelo del negocio educativo.

Entrada: la descripción textual del dominio.

Actividades:

- 1.1 Se realizan las fases de Descubrimiento y Análisis, para obtener el MN descritas en la Sección 3.
- 1.2 Se determina(n) el(los) estilo(s) arquitectural(es) predominante(s) del dominio respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización; en este caso, estilo híbrido SOA/Capa, bajo plataforma tipo LAMP.
- 1.3 Se construye el Modelo de Calidad del Dominio, respecto a los sistemas computacionales existentes en la organización y sensibles de automatización de los procesos especificados; en este caso, E-Learning Domain Quality Model EL-DQM, Sección 2.4 (Ver Tabla 2).

Salida: reglas del negocio, MN en BPMN, representado como procesos del negocio, estilo arquitectural, EL-DQM.

2. Análisis del dominio (AD)

Entrada: MN, estilo arquitectural, EL-DQM.

Actividades:

- 2.1 Convertir los procesos de negocios a automatizables, en términos de los principales componentes funcionales (FR) del sistema y las correspondientes propiedades de calidad (RNF) prioritarias del dominio, dadas por el EL-DQM.

2.2 Identificar características de sistemas existentes, funcionalidades básicas del dominio (RF), dadas en la Sección 2.3.

2.3 Describir las arquitecturas de productos existentes; en este caso, los productos AR dados por descripciones arquitecturales, generalmente informales, provenientes de la práctica industrial y/o académica, dadas en la Sección 2.2.

2.4 Análisis de Similitud de componentes:

- Se realiza un análisis de similitud semántica entre los componentes de las AR.
- Se identifican los componentes provenientes de RF y RNF con sus conexiones para cada AR existente, estudiadas en el presente caso.

Salida: Tabla de Similitud de componentes con conectores para cada AR.

2.5 Especificación de las AR en un Architecture Description Language ADL; en este caso, UML 2.0.

Salida: Representación UML de las AR.

2.6 Construcción automática de la Arquitectura Candidata (AC) inicial.

Entrada: diagramas UML de las AR consideradas, Tabla de Similitud.

- Se realiza la unión de los componentes sobre los diagramas UML y se genera automáticamente la representación arquitectónica en UML, preservando las conexiones.

Salida: AC representada como un diagrama UML.

2.7 Construcción del Extended Quality Model EQM, Tabla EQM.

Entrada: AC

- Se estudian los componentes arquitecturales de AC, analizando sus posibles metas no-funcionales requeridas (propiedades o requisitos de calidad a las cuales los componentes deben responder), que podrían no estar presentes en el EL-DQM, si son derivadas de componentes funcionales.
- Se asignan soluciones arquitecturales o mecanismos computacionales, que pueden ser requeridos por cada componente funcional para satisfacer la propiedad de calidad, provenientes de la tecnología o de catálogos, y

se asignan prioridades de acuerdo con su importancia respecto al dominio.

- Se determinan posibles condiciones de obligatoriedad u opcionalidad de las componentes.

Salida: EQM representado como una tabla

2.8 Completar CA:

- A partir de la tabla EQM se estudian las propiedades requeridas por las funcionalidades o componentes de AC y se seleccionan las soluciones arquitecturales que las pueden satisfacer, considerando todas las alternativas posibles.
- Nuevos componentes pueden ser introducidos para realizar o agrupar varias soluciones arquitecturales, las cuales se denominarán <<variantes>>.

Salida: AC completada

3. Diseño del dominio (DD)

Entrada: AC completada

Actividades:

3.1 Construcción del Modelo de Variabilidad

- Se agrupan componentes que realizan tareas similares en componentes genéricos, denominados <<variation points>>, que serán instanciados en el momento de derivar un producto o sistema concreto a partir de la AR

3.2 Construcción de la AR

3.3 Adecuación de la AR

- Se adecúa la AR a un estándar, si lo hay; en este caso, LTSA [29].

Salida: AR representada por un diagrama UML.

El proceso MN-AR que se propone y cuyos pasos de Análisis y Diseño son representado por diagramas SPEM [41] en las Figuras 10 y 11, extiende la propuesta realizada por [14], incorporando el modelo del negocio, pues se considera que es allí donde se presentan las características relevantes del dominio. Para la refactorización de AR existente mediante un enfoque basado en escenarios, no se utiliza el enfoque de metas [17, 39], sino el representado por la Tabla EQM, donde se satisfacen las propiedades de calidad exigidas por los componentes funcionales, mediante otros componentes que representan o agrupan mecanismos del mercado o soluciones arquitecturales.

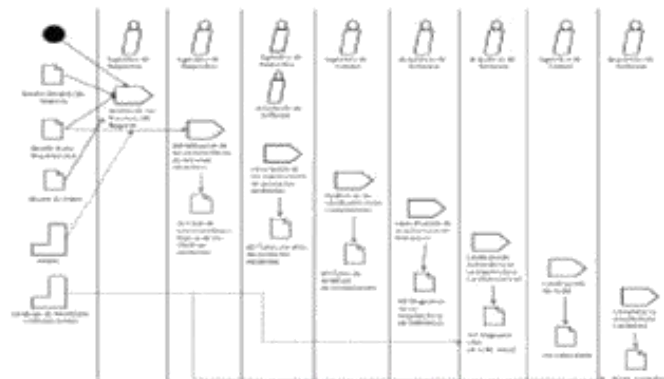


Figura 10. MN-AR expresado en SPEM - Etapa de Análisis del Dominio

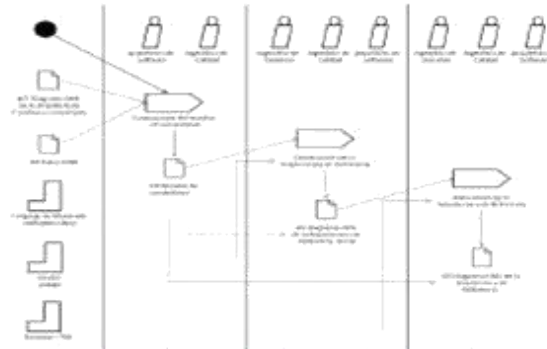


Figura 11. MN-AR expresado en SPeM - Etapa de Diseño del Dominio

3.2 Aplicación paso a paso del proceso MN-AR

Etapa 1. Modelado del Negocio (ModN)

Ya realizada en las Sección 3. Se procede a aplicar el proceso MN-AR a partir de la Etapa 2. Análisis del Dominio.

Etapa 2. Análisis del Dominio (AD)

2.1 Convertir los Procesos de Negocio. Las funcionalidades básicas del dominio *e-learning* en la fase de análisis de MN, según la LTSA [29], deben ser identificadas a partir de los procesos de negocio; para este trabajo se identificaron los siguientes requisitos funcionales, que dan origen a las funcionalidades básicas:

- Crear, operar y administrar actividades de aprendizaje en línea => sistemas para gestión y creación de contenidos LMS, LCMS.
- Soportar la colaboración entre los usuarios => sistemas colaborativos COLLS.
- Crear y proporcionar preguntas y pruebas para la evaluación del aprendizaje del estudiante => sistemas de evaluación ASSES.
- Organizar recursos humanos y financieros => sistemas de recursos humanos HRS.
- Administrar experiencias de aprendizaje virtual y distribuido vía Internet, a estudiantes geográficamente distantes => sistemas de mails, gestión de usuarios y portales MAILS, UMS y Portal.

Por lo tanto, se tienen los componentes funcionales de las arquitecturas AC inicial, AC completada y AR para *e-learning* (Ver Figuras 13, 14 y 15).

2.2 Identificar características de sistemas existentes. Estas actividades se realizaron en la Sección 2.3.

2.3 Describir las arquitecturas de productos existentes. En la sección 2.3 (Ver Figura 5), se consideró la proposición de [2], que integra los frameworks UKEU y WbIS (Figuras 2 y 3) y además se adecúa a la LTSA (Figura 4) [24, 27, 29], como la Arquitectura Candidata (AC) inicial. Además, se consideran tres subsistemas o componentes principales:

- **Infraestructura:** 1) Servicios comunes: Portal (UI), User Management System UMS, Mail, Human Resources HRS y Data Base Management Systems Base de Datos DBMS. 2)

Servicios para el aprendizaje: LMS, LCMS, Assessment System ASSES y Collaborative System COLLS; no se consideró el sistema de planificación como sistema aislado.

- **Recursos para el aprendizaje:** material en línea, material impreso, CD, DVD; estos aspectos se manejan en los sistemas LMS y LCMS.
- **Recursos Humanos:** Usuarios (estudiante, instructor, administrador de la comunicación en línea, administrador del entrenamiento, autor, administrador del sistema), empresa u organización cliente, equipo de desarrollo, equipo de mantenimiento y soporte. Estos aspectos se consideran en los sistemas UMS y HRS.

Estos componentes de alto nivel se deben articular de acuerdo con el estilo arquitectónico considerado para el dominio *e-learning* en la Etapa 1 Modelado del Negocio, actividad 1.2. Es decir, un estilo híbrido SOA/capas, típico para sistemas o aplicaciones Web y siguiendo una plataforma tipo LAMP. Nótese que las arquitecturas deben ser conexas, es decir, sin componentes aislados. Por lo tanto, en la Figura 12 se muestra una arquitectura en tres capas, más una de comunicación o transmisión, constituida por las redes (Internet/intranet, satelital, etc.), que entrecruza a las tres capas. Los nombres de las componentes en esta Arquitectura Candidata se numeran secuencialmente, de acuerdo con la capa donde están situados: P: Presentación, L: Lógica o Proceso, C: Comunicación y D: Datos; además, se han mantenido los nombres en inglés para efectos de divulgación internacional.

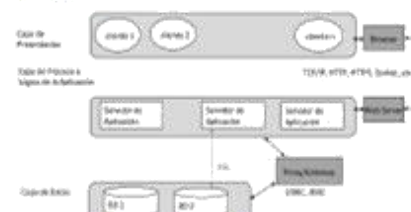


Figura 12. Arquitectura híbrida SOA/Capas que se adapta al dominio *e-learning*

La Figura 13 muestra la AC construida teniendo en cuenta la arquitectura MLE [2] (Figura 5), que engloba las AR WhIS [27] (Figura 2) y UeUK [24] (Figura 3). La Tabla 4 muestra estos componentes y sus conectores, denotados por aRb , siendo a y b componentes; las conexiones son simétricas; las arquitecturas se consideran representadas por un grafo no-dirigido y conexo, (P, R) , donde P son los componentes y R los conectores [14]. Esta representación permite verificar que la configuración arquitectónica no tenga componentes aisladas (verificar conexidad) y realizar automáticamente la generación de la AC a partir de la unión de componentes similares de las arquitecturas de productos existentes, en este caso, de las AR consideradas.

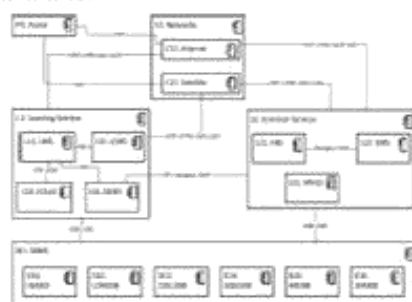


Figura 13. Arquitectura Candidata (AC) en UML generada a partir de la especificación de las AR existentes

Tabla 4. Componentes de la AR en [2] con sus conectores

Componentes	Conectores
P1. Portal	P1RC1, P1RC2
L1. Learning Services	L1RL1, L1RC11, L1RC12
L11. LMS	L11RL1, L11RL12, L11RL13, L11RL14, L11RL1
L12. LCMS	L12RL1, L12RL1
L13. COLLS	L13RL1, L13RL1
L14. ASSES	L14RL1, L14RL1
L2. Common Services	L2RL1, L2RC11, L2RC12
L21. HRS	L21RL1, L21RL1, L21RL2
L22. UMS	L22RL1, L22RL1, L22RL2
L23. MAILS	L23RL1, L23RL1
D1. DBMS	D1RL1, D1RL2
C1. Networks	C1RP1, C1RC11, C1RC12
C11. Internet	C11RP1, C11RL1, C11RL2
C12. Satellite	C12RP1, C12RL1, C12RL2

Los nombres en la Figura 13 se presentan en inglés en las tablas y figuras involucradas en el proceso; en español se especifican los nombres completos, para mayor legibilidad y evitar confusión: L1. Learning Services (Servicios de Aprendizaje), componente que contiene los sistemas L11. LMS (Sistemas de Aprendizaje), L12. LCMS (Sistemas de gestión de contenidos), L13. COLLS (Sistemas Cooperatorios), L14. ASSES (Sistema de Evaluación), L2. Common Services (Servicios Comunes), componente que contiene los sistemas L21. HRS (Sistema de Recursos Humanos), L2. UMS (Sistema de Gestión de Usuarios), L23. MAILS (Sistema de e-mail), y D1. DBMS (Sistemas Manejadores de Bases de Datos, esencialmente relacionales). Es claro que los sistemas se conectan con sus respectivas bases de datos, en la Figura 13 estas conexiones no se muestran explícitamente. P1. Portal es el sistema UI de páginas Web para acceso a las funcionalidades de todo el sistema *e-learning*, a partir de un navegador comercial.

2.4. *Análisis de Similitud de Componentes*. Este paso no es necesario, porque la AR considerada ya tiene en cuenta dos AR y está conforme a la LTSA.

2.5. *Especificación de la AR en UML*. Ver Figura 12.

2.6. *Construcción automática de la AC inicial*. En este caso, la AC inicial es la AR que se produjo del estudio de la AR considerada, que engloba dos AR, tal como se muestra en la Figura 13. Nótese que solamente están presentes las funcionalidades, porque en la AR [2] no se incluyeron componentes no-funcionales, derivados de las propiedades de calidad; en este proceso serán producidos en la AC completa, en el paso 2.8.

2.7. *Construcción de la Tabla EQM*. En la Tabla 5 se analizan los componentes de la AR, sus variantes, la descripción, las propiedades de calidad, requeridas y proporcionadas, indicando prioridad y las restricciones asociadas.

2.8. *Completar CA*. A partir de la Tabla 5 se completa la AC inicial obtenida en 2.6 (Figura 14); las variantes se denotan por el estereotipo <<variant>>. Una variante indica una solución alternativa para un determinado componente; nótese que en la AR no se consideran las variantes ni los puntos de variación, donde se agrupan las variantes, los cuales son necesarios para derivar un producto o sistema concreto de la AR.

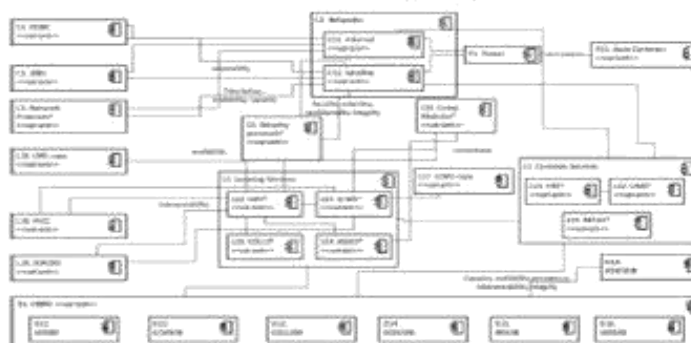


Figura 14. Arquitectura Candidata (AC) Completada en UML (autores)

Tabla 5. Extended Quality Model EQM

Componentes	Var	Descripción	Propiedad de Calidad con prioridad en ()		Restricciones
			Requiere	Proporciona	
P1. Portal	No	Es la componente Interfaz Usuario (UI) a través de la cual se tiene acceso al sistema	- Integridad (1). - aprendizaje (1). - ser atractiva (2). - protección de errores (3) - confiabilidad (2), autenticación (1) - Integridad (2)	P1: técnicas de diseño de páginas, no se evalúan a nivel arquitectural P11: mecanismo correc. C1: SOAP/HTTP/ LDAP/HTTPS/Web serv.	CC Componente Común funcional, obligatoria
P11. AutoCorrector	Si (*)	Provee autocorrección al introducir texto	Servicio Web	Mecanismo	Opcional
L1. Learning Services	No	Sistemas que ofrecen servicios al proceso de aprendizaje	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales opcionales u obligatorios
L11. LMS	Si (*)	Sistemas de gestión de aprendizaje: permite administrar usuarios, recursos, contenidos (importar/exportar) y actividades de formación, administrar acceso, controlar el proceso de aprendizaje, generar informes, administrar servicios de comunicación; no incluyen autoría:	- idoneidad (1); - corrección-precisión (2); - rendimiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/FTP Messaging/SOAP/RPC/ Web service: API ODBC/JDBC L1: LMS copy L1: AICC/SCORM	CC funcional, obligatorio variantes: SumTotal, Saba, OLAT, Sakai, CLE, ATutor por ser sistema crítico
L12. LCMS	Si (*)	Sistemas de autoría: creación de contenidos; permite a los autores registrar, ensamblar, administrar y publicar/exportar contenidos para ser entregados vía Web; Variantes: Evolution, ForceTen	- idoneidad (1); - corrección-precisión (2); - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1) - modificabilidad (2); - reuso (3)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP /Messaging/SOAP/RPC API ODBC/JDBC L1: LCMS copy L1: AICC/SCORM L1: por construcción L1: por construcción	CC funcional, obligatorio variantes: Evolution, ForceTen, Eduside por ser sistema crítico
L13. COLLS	Si (*)	Sistema colaborativo: proporciona funcionalidades para crear y administrar sesiones colaborativas incluyendo comunicación síncrona (video-conferencias, salón virtual) y asíncrona (blog, wiki, grupos, chats)	- comportamiento en tiempo (2); - disponibilidad-persistencia (2); - adaptabilidad (1); - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1); - confidencialidad (2) - Integridad (2)	C1: protocolos HTTP/SOAP T.120/H.323 LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, variantes: Albreco, Asana, Bscnet, Clearspace, Drupal, Google Drive, Huddle
L14. ASSES	Si (*)	Sistema de evaluación: permite a los autores crear "surveys", evaluación formativa y sumativa, exportar una evaluación vía AICC o SCORM, para ser entregada vía Web	- idoneidad (1); - corrección-precisión (2); - comportamiento en tiempo (2) - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - autenticación (1); - confidencialidad (2) - Integridad (2)	L1: por construcción L1: Computation modules C1: HTTP/SOAP/ Messaging/RPC API ODBC/JDBC LDAP/HTTPS/Web service	CC funcional, obligatorio variantes: sistemas LMS (son los mismos LMS)
L15. Computation modules	Si (*)	Garantiza la precisión en los sistemas que requieren cómputos	Componente	Módulos	variantes: puede haber muchos algoritmos obligatorios
L16. LMS copy	Si	Garantiza la disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	Opcional
L17. LCMS copy	Si	Garantiza la disponibilidad en caso de falla	Subsistema	Componentes	Opcional
L18. AICC	Si	Garantiza Importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L19. SCORM	Si	Garantiza Importación/exportación	Componente	API	Obligatorio
L2. Common Services	No	Agrupar sistemas que ofrecen servicios a los que todos pueden acceder	Por cada sistema componente:	Proporcionadas para cada sistema componente:	CC funcionales, obligatorios
L21. HRS	Si (*)	Sistemas de recursos humanos; permite	- disponibilidad-persistencia (2); - capacidad-escalabilidad (1)	C1: Messaging/SOAP/FTP/	CC funcional, obligatorio

		administrar el perfil del usuario final incluyendo habilidades, competencias y tipo de trabajo; crear y mantener los registros de planes personales de desarrollo del usuario	- adaptabilidad (1). - autenticación (1). - confidencialidad (2)	API ODBC/JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	variantes: Orange HRM, Centrifugo, SimpleHRM
L22. UMS	Si (*)	Sistemas de gestión de usuarios; administra usuarios, grupos y roles a partir de todos los componentes involucrados en la solución; maneja el registro y cuenta del usuario, la autorización y la autenticación	- disponibilidad-persistencia (2). - capacidad-escalabilidad (1) - adaptabilidad (1). - autenticación (1). - confidencialidad (2)	C1: Messaging/ SOAP/FTP API ODBC / JDBC LDAP/HTTPS, Web Service	CC funcional, obligatorio variantes: Apache Syncope, OpenIAM
L23. MAILS	Si (*)	Sistema e-mail: es responsable de enviar, recuperar y reenviar e-mails a los diferentes componentes involucrados en la solución.	- comportamiento en tiempo (2). - disponibilidad-persistencia (2). - adaptabilidad (1) - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1). - confidencialidad (2)	C1: SOAP/ HTTP/Messaging, /FTP/ T.120./H.323 API ODBC/JDBC LDAP, HTTPS, Web service	CC funcional, obligatorio variantes: gmail, hotmail, yahoo, castro.net
C1. Networks	No	Agrupar los tipos de redes	Requeridas por cada componente:	Proporcionadas para cada componente:	CC funcionales, obligatorios
C11. Internet	Si	conjunto descentralizado de redes de comunicación interconectadas, basadas en TCP/IP, que hace ver las redes físicas heterogéneas que la componen como una red lógica única mundial.	- comportamiento en tiempo (2). - disponibilidad-persistencia (2). - adaptabilidad (1). - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1). - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.120/ H.323/Messaging (Publisher-Subscriber) LDAP/HTTPS/Web Services	CC, obligatorio variante: Internet
C12. Satellite	Si	es un método de conexión a redes de comunicación (ej. Internet) utilizando como medio de enlace un satélite.	- comportamiento en tiempo (2). - disponibilidad-persistencia (2). - adaptabilidad (1). - capacidad-escalabilidad (1) - autenticación (1). - confidencialidad (2) - integridad (2)	C4. Network protocols: SOAP/HTTP/FTP/T.120/ H.323/Messaging (Publisher-Subscriber) C2. ODBC C3. JDBC C5. Security protocols: LDAP/HTTPS/Web Services	CC funcional, opcional Messaging is implemented por un canal Publisher-Subscriber variante: Satellite
C2. ODBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C3. JDBC	Si	Garantiza portabilidad	API	Mecanismo	obligatoria
C4. Network protocols	Si (*)	Garantizan propiedades de la comunicación	Protocolos	Mecanismos, servicios Web	obligatorias variante: múltiples dependen del mercado
C5. Security protocols	Si (*)	Garantizan las propiedades para el control de acceso al sistema y la consistencia de los datos	Protocolos	Mecanismos, servicios Web, sistemas	obligatorias variante: múltiples dependen del mercado
D1. DBMS	Si (*)	Sistemas Gestores de Bases de Datos: las diferentes bases de datos utilizadas por los subsistemas son consideradas un almacenamiento persistente compartido de datos: D11. UMSSDB, D12. LCMSDB, D13. CALLSDB, D14. ASSESDB, D15. HRSSDB, D16. UMSSDB	- capacidad-escalabilidad (1) - disponibilidad-persistencia (2) - interoperabilidad (1) - integridad (2) - adaptabilidad (1)	D1. módulos, mecanismos propios de BD C1: API ODBC/JDBC	CC funcional, obligatorio; cada base de datos es obligatoria. Solo BD relacionales son consideradas; variantes: Oracle, MySQL, PostgreSQL, Firebird
D17. DB mechanisms	Si (*)	Garantizan propiedades de los DBMS	DBMS	Componentes	variantes: específicas para cada DBMS

(*) indica varios sistemas diferentes; cada uno es una variante

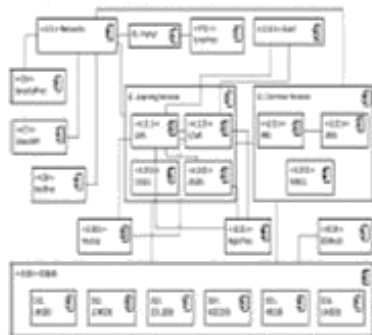
Se pueden apreciar que los componentes nuevos que se introducen tienen el propósito específico de satisfacer alguna(s) propiedad(es) de calidad, requerida(s) por algún componente funcional ya existente, con lo cual se garantiza la completa trazabilidad entre los RF y los RNF por construcción; también se observa que la configuración arquitectural obtenida es conexa.

Etapas 3. Diseño del Dominio (DD)

3.1 Construcción del Modelo de Variabilidad. A partir de la AC completa es fácil ver que los puntos de variación, denotados por <<vp>> como estereotipos, que agrupan las diferentes variantes, son: <<C1>> Networks que contiene C11, C12; <<C6>> SecurityProt agrupa los mecanismos para la seguridad, <<C7>> AdaptAPI contiene los mecanismos para la portabilidad C4, JDBC y C5, ODBC, <<C8>> NetProt agrupa otros protocolos de red para tratar tiempo de respuesta, disponibilidad y capacidad en la transmisión, y <<D18>> RDBMS que agrupa DBMS relacionales y <<D19>> DBMech, que contiene mecanismos propios a los DBMS para satisfacer las propiedades de calidad, capacidad, disponibilidad (por ejemplo bases de datos espejo o replicación), interoperabilidad e integridad.

Cada solución podría haberse separado, pero por efectos de legibilidad y para abreviar la presentación, se dejaron agrupados en un solo <<vp>>. Todos los subsistemas de L1 y L2 se renombraron como estereotipos en <<vp>>, por desempeñar las mismas tareas: <<L111>> LMS, <<L121>> LCMS, <<L131>> COLLS, <<L141>> ASSES, <<L211>> HRS, <<L221>> UMS, <<L231>> MAIL; <<L161>> Avail agrupa L16, LMS copy y L17, LCMS copy, <<L151>> AlgorPrec agrupa algoritmos de cálculo, <<L181>> Interop agrupa L18, AICC y L19, SCROM; finally <<P111>> ErrorProt agrupa variantes de sistemas de auto-corrección.

3.2 Construcción de la AR. Como se observa de la Figura 15, esta AR cumple con las propiedades de calidad especificadas en EL_DQM, estableciendo claramente su trazabilidad con los componentes funcionales que las requieren. En cuanto a los conectores que relacionan los <<vp>>, también son un conjunto de variantes, y es claro que, en una instancia particular de AR, debe seleccionarse el conector apropiado para un determinado e-learning.



evolutivo. Además, se propone como trabajo futuro una representación más formal, a través de un modelo conceptual en UML, de los elementos curriculares expresados como reglas de negocio, que deben estar presentes para garantizar la obtención de sistemas de aprendizaje electrónicos adecuados.

Reconocimientos

Los autores hacen un especial reconocimiento a la Universidad Central de Venezuela, por su colaboración en esta investigación: Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias y CDCH (Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico), proyecto DARGRAF PG 03-8730-2013-2.

Referencias

- [1] UNESCO (2002). *Aprendizaje Abierto y a distancia. Consideraciones sobre tendencias, políticas y estrategias*. Uruguay: Ediciones Trilce.
- [2] Habrahen, J. (2008). *Reference Architecture for e-learning Solutions*. Master Thesis. Open University Faculty Computer Science.
- [3] Rosenberg, S. (2006). *Beyond e-Learning*. Pfeiffer.
- [4] Weller, M. (2007). *Virtual Learning Environments - Using, choosing and developing your VLE*. Oxford: RoutledgeFalmer.
- [5] Paulsen, M. (2002). *Online Education Systems: Discussion and Definition of Terms*. Online [Jun 2015].
- [6] Jochems, W. & Merriënboer, J. & Koper, R. (2004). *Integrated E-Learning. Implications for pedagogy, technology & organisation*. London: RoutledgeFalmer.
- [7] ISO/IEC 25010 (2011). *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*. Ginebra: IEEE.
- [8] Alfonso, P. & Mariño, S. (2013). Los estándares internacionales y su importancia para la industria del software. *Ciencia y Técnica Administrativa* 12(2). Artículo 3.
- [9] Losavio, F. & Esteves, Y. (2015). Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: Un enfoque centrado en la calidad del producto. *Revista Sapiens* 16. In press.
- [10] Reynoso, L. et al. (2009). *Formal Definition of Measures for BPMN Models*. Lecture Notes in Computer Science 5891, pp. 285-306.
- [11] Bérard E. (1992). *Testing of object-oriented software*. ACM SIGPLAN OOPS Messenger 4(2), pp. 226-226.
- [12] Nakagawa E., Antonio, P. & Becker, M. (2011). *Reference architecture and product line architecture: A subtle but critical difference*. Lecture Notes in Computer Science 6903, pp. 207-211.
- [13] Pohl, K., Bockle, G. & Van Der Linden, F. (2005). *Software Product Line Engineering: Foundations, Principles, and Techniques*. Berlin: Springer.
- [14] Losavio, F., Ordaz, O. & Esteller, V. (2015). *Refactoring-Based Design of Reference Architecture*. *Revista Antioqueña de las Ciencias Computacionales y la Ingeniería del Software (RACCIS)* 5(1), pp. 32-48.
- [15] BPMI (2004). *Business Process Modeling Notation*. Business Process Management Initiative.
- [16] Losavio, F. & Esteves, Y. (2014). *Análisis de Requisitos para Software Educativo*. *Proceedings Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas* (pp. 182-186). Caracas, Venezuela.
- [17] Supakul, S. & Chung, L. (2004). *Integrating FRs and NFRs: A Use Case and Goal Driven Approach*. *Proceedings International Conference on Software Engineering* (pp. 30-37). Edinburgh, United Kingdom.
- [18] Boneu, J. (2007). *Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos*. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento* 4(1), pp. 36-47.
- [19] <http://www.moodle.org>
- [20] www.saba.com
- [21] *SumTotal whitepaper*
- [22] <http://www.outstart.com/>
- [23] *ForceTen Architecture version 4.1*
- [24] UKeU (2002). *Principles and Practice in e-Learning platform architecture*. UK: UK e-Universities Worldwide.
- [25] SUN Microsystems (2003). *E-Learning Framework. Technical Whitepaper*.
- [26] Wilson, S. et al. (2004). *A Technical Framework to Support e-Learning*. Technical report JISC.
- [27] Retalis, S. & Avgeriou, P. (2002). *Modelling Web-based Instructional Systems*. *Journal of Information Technology Education* 1(1), pp. 25-41.
- [28] Ford, G. & Gibbs, N. (1996). *A Mature Profession of Software Engineering*. Technical Report CMU/SEI-96-TR-004. Software Engineering Institute.
- [29] IEEE (2002). *Draft Standard for Learning Technology - Learning Technology Systems Architecture*. Technical Report IEEE-Std Draft-P1494-1.
- [30] Morris, M., Schindehutte, M. & Allen, J. (2005). *The entrepreneur's business model: toward a unified perspective*. *Journal of Business Research* 58(6), pp. 726-735.
- [31] Puentes, I. & Sánchez, P. (2005). *Desarrollo de software con aspectos dirigido por modelos*. I Congreso Español de Informática. Granada, España.
- [32] Berrocal, J., García, J. & Murillo, J. (2005). *Hacia una gestión del proceso software dirigida por Procesos de Negocio*. I Taller sobre Procesos de Negocio e Ingeniería del Software. Zaragoza, España.
- [33] Schief, M., Pussep, A. & Buxmann, P. (2012). *Performance of Business Models: Empirical Insights from the Software Industry*. *European Conference on Information Systems*. Barcelona, Spain.
- [34] Otón, S. (2006). *Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Servicios para la Implementación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Distribuidos*. Tesis Doctoral Universidad de Alcalá, España.
- [35] Rehak, D. (2003). *E-Learning Standards Questions, Decisions, Actions*. Learning Systems Architecture Lab. Carnegie Mellon University.
- [36] Hodgins, W. (2001). *IEEE LTSC Learning Technology Standards Committee P 1494 USA: Adinet*.
- [37] Broderick, C. (2001). *What is Instructional Design?* Online [Jul 2015].
- [38] OMG (2011). *Business Process Model and Notation*. Online [Jul 2015].
- [39] Losavio F., Matteo, A. & Pacilli, I. (2014). *Unified Process for Domain Analysis integrating Quality, Aspects and Goals*. *CLEI Electronic Journal* 17(2), paper 1.
- [40] Losavio, F. et al. *Designing Quality Architecture: Incorporating ISO Standards into the Unified Process*. *Journal of ISYM* 21(1), pp. 27-44.
- [41] OMG (2008). *Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification Version 2.0*. USA: Object Management Group.

APÉNDICE 3

Modelado del Negocio como técnica para el Análisis del Dominio del
Aprendizaje Electrónico

Losavio F. y Esteves Y. (2016). *Modelado del Negocio como técnica para el Análisis del Dominio del Aprendizaje Electrónico*, en actas del IV Simposio Científico y Tecnológico en Computación SCTC 2016, pp 47-58, de la Escuela de Computación, Facultad de Ciencias, UCV, Marzo 2016

Modelado del Negocio como Técnica Centrada en la Calidad del Software para el Análisis del Dominio del Aprendizaje Electrónico

Francisca Losavio¹, Yuly Esteves²
francislosavio@gmail.com, yulyestevs@gmail.com

¹Laboratorio MoST, Escuela de Computación, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela
²Instituto Pedagógico de Miranda, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela

Resumen: En el desarrollo de aplicaciones en el dominio del aprendizaje electrónico, conocido en inglés como "e-learning", no es común encontrar procesos que concilien elementos pedagógicos con los tecnológicos, ni con la calidad exigida; en consecuencia, los productos o sistemas de software obtenidos suelen tener un tiempo de vida corto, o bien no satisfacen las necesidades instruccionales de los docentes, ni la calidad mínima requerida. El objetivo principal de este artículo es proponer el modelado del negocio del dominio del aprendizaje electrónico, como técnica o herramienta del Análisis del Dominio para resolver este problema, contemplando explícitamente el cumplimiento de requisitos de calidad y necesidades curriculares inherentes al proceso de enseñanza-aprendizaje expresadas como objetivos o reglas de negocio, que se traducirán a requisitos funcionales. En este sentido, se incorporan elementos curriculares como teorías pedagógicas y diseño instruccional, en las fases iniciales del ciclo de vida de procesos de negocio. Este modelo del negocio pudiera ser contemplado en procesos de diseño de arquitecturas empresariales o de referencia e integrado como etapa inicial del Análisis del Dominio en el ciclo de vida del desarrollo de software. No se pretende aquí presentar un proceso de diseño arquitectónico completo para e-learning, siendo aún un trabajo en curso, sino únicamente definir los elementos esenciales que deben estar presentes en un modelo del negocio para este dominio; además se proporciona un ejemplo de un proceso de diseño arquitectónico orientado a metas, en el cual se incluye el modelado del negocio como etapa previa al Análisis del Dominio.

Palabras Clave: Modelo del Negocio; Análisis del Dominio; Aprendizaje Electrónico; Calidad del Software; Modelo de Calidad; ISO/IEC 25010.

Abstract: In applications' development for the e-learning domain, it is not common to find processes that reconcile technological with pedagogical elements, nor with quality goals, so that the products obtained generally have a short life, or do not meet instructors or teachers instructional needs, nor the minimal quality level required. The main goal of this work is to propose business modelling in Domain Analysis for the e-learning domain as a technique or tool to overcome this problem, considering explicitly the fulfilling of quality requirements related to the educational case, where curricula needs inherent to the learning-teaching process are reflected as business goals or business rules, that will be mapped to functional requirements. In this regard, elements such as the educational curriculum and instructional design theories at early stages of business processes' lifecycle, are incorporated. The business model thus obtained could be the starting point of in the software development lifecycle, integrating it as a first Domain Analysis stage for the e-learning domain, in a complete enterprise or reference architecture design. We do not pretend to present the complete architectural design process, which is an on-going work, but just define essential elements that must be present in an e-learning business model. Moreover, an example of the business modelling stage is presented as the previous step of Domain Analysis in a goal-based architectural design process.

Keywords: Business Model; Domain Analysis; e-Learning; Software Quality; Quality Model; ISO/IEC 25010.

1. INTRODUCCION

En las últimas dos décadas, el aprendizaje electrónico (conocido en la literatura en inglés como *e-learning*), proporciona la oportunidad de crear ambientes de aprendizajes interactivos, eficientes, accesibles y distribuidos que puede ser clasificado según los medios tecnológicos de

los que hace uso [1][2]. Puede decirse que el *e-learning* es una forma de utilizar la tecnología para mediar el proceso de enseñanza y de aprendizaje, capaz de llegar a un gran número de personas en el mundo, sin perder la capacidad de interacción entre profesores y estudiantes [3].

Ahora bien, el abordaje de investigaciones relacionadas con el aprendizaje electrónico, puede hacerse considerando dos enfoques generales: (a) el pedagógico, relacionado con su uso en programas formales de formación, dirigidos al autodesarrollo, considerando la selección de contenidos que mejor se adapten a los propósitos educativos y características de los estudiantes, diseño y demás elementos que garanticen la facilidad de uso, entre otros, y (b) el computacional, donde a partir del establecimiento de procesos de desarrollo, se buscan soluciones arquitectónicas que garanticen la calidad del software desarrollado para este dominio, como son por ejemplo, la facilidad de uso, la portabilidad y la eficiencia; este enfoque en particular, por su nivel de abstracción, no establece muchas diferencias entre el desarrollo de software educativos y de otros tipos. Es por esta razón que un modelado del negocio *e-learning* previo al Análisis del Dominio aporta beneficios sustanciales para un desarrollo de software adaptado a este dominio particular. En ambos casos, una de las grandes metas que se plantea es la satisfacción del usuario y la comunicación entre el personal responsable del desarrollo. Esto puede lograrse garantizando que, además de las metas funcionales, se cumplan los objetivos de calidad exigidos en los sistemas de aprendizaje electrónicos.

Las técnicas utilizadas con este fin son los estándares de calidad, entendidos como el conjunto de lineamientos o normas diseñadas para que las aplicaciones de software puedan ser evaluadas al final del proceso y logren satisfactoriamente cada objetivo para el cual fueron desarrolladas. Uno de los estándares más conocidos y que será utilizado en este trabajo, es ISO/IEC 25010 [4], que reemplaza y actualiza el estándar ISO 9126-1 [5]. Las características y sub-características de calidad del producto, ver Figura 1, adaptada al castellano de [4], proporcionan coherencia terminológica para especificar, medir y evaluar la calidad del producto de software y sistemas informáticos [6][7]. Son las que se utilizarán en el contexto de este trabajo, dentro de las buenas prácticas de la Ingeniería del Software, entre las cuales se menciona el uso de estándares, para facilitar la comunicación y el mejor entendimiento entre los grupos de trabajo [8]. Sin embargo, aún con el uso adecuado de estándares para la especificación de estas propiedades en el proceso de desarrollo de software, son justamente éstas que, de no ser consideradas adecuadamente, pueden causar riesgos e imponderables que pueden atentar contra el desarrollo de soluciones realmente exitosas. Esto puede estar relacionado con problemas de desarrollo, o bien, con problemas al momento de realizar la elicitación o captura, identificación y análisis de requisitos; en esta fase temprana, un factor importante es el conocimiento que se tenga del negocio para el cual se está elaborando el software. Por esto, el presente trabajo se enfoca en el modelado del negocio como técnica para mejorar la comprensión general de los requisitos del producto de software, como etapa inicial de la fase usualmente denominada *Análisis del Dominio* del ciclo de vida clásico del desarrollo de software [8].

Un *Modelo de Negocio*, ofrece una vista abstracta y simplificada de la realidad compleja en la que se expresan conceptos sobre el funcionamiento del negocio de una entidad u organización empresarial, en términos de metas u objetivos a ser logrados y factores de importancia que reflejan su lógica. A nivel conceptual y de notación, el modelo puede estar conformado por un diagrama constituido de elementos que contextualizan el negocio, como son actores, actividades, entidades, procesos y vínculos, entre otros [9][10]. Así, el elaborar el modelo del negocio como punto de partida en el proceso de desarrollo, contribuye a mejorar la determinación, análisis y trazabilidad de requisitos. Un modelo de este tipo, describe cómo funciona el negocio a través de la especificación de procesos de negocios, o secuencias de "workflows", indicando las actividades involucradas y la forma cómo interactúan unas con otras. La notación BPMN (*Business Process Model and Notation*) puede ser utilizada para denotarlos [11][12].

Los modelos de procesos de negocio sirven, básicamente, para [13][14]: (i) facilitar la comprensión de los mecanismos clave de un negocio; (ii) servir de base para la creación de sistemas de información apropiados que den soporte al negocio; (iii) mejorar la estructura y operativa actuales del negocio; (iv) mostrar la estructura del negocio innovado; (v) identificar oportunidades de externalización; y, (vi) facilitar la alineación de las tecnologías de la información y comunicación con las necesidades y estrategia del negocio. Es ahora posible su traducción automática a Servicios Web, en caso de aplicaciones orientadas a servicios, por herramientas automáticas, como por ejemplo *Intalio Designer* que traduce de BPMN a Lenguaje de ejecución de procesos de negocio o BPEL (*Business Process Execution Language*) [15].

En educación, establecer un modelo del negocio es algo complejo, pues los elementos involucrados en su determinación, suelen depender de las políticas educativas del Estado, así como de las características particulares de cada institución educativa; aun así, consideramos el uso del modelo del negocio en el dominio educativo es necesario a los fines de obtener resultados beneficiosos para los involucrados en los diferentes procesos [16], aún más pensando en las nuevas tendencias de desarrollo de software, donde ya se ha demostrado que la incorporación de este modelo ayuda a la captura de los requisitos, tanto funcionales (RF) como no funcionales (RN-F) y disminuye el esfuerzo de la fase de diseño.

Esta investigación se enfoca en la premisa que es en el modelo del negocio donde se pueden incorporar elementos curriculares, propios del proceso educativo para el cual se diseña (o selecciona) la plataforma electrónica (arquitectura, sistema operativo, etc.). En consecuencia, el objetivo principal del trabajo es definir un modelo de negocio, en el cual se consideren características específicas del dominio educativo (reglas del negocio y funcionalidades básicas, tecnologías y calidad). El modelo del negocio pudiera ser considerado como etapa inicial a la fase de Análisis del Dominio para procesos

de diseños arquitecturales, para generar sistemas educativos *e-learning* con los RF y RNF (calidad y tecnología) exigidos.

Aclaramos que este trabajo no pretende presentar el proceso completo de diseño de una Arquitectura de Referencia (AR), genérica e instanciable, dirigida a la derivación de cualquier sistema *e-learning* y no a un solo sistema concreto [17], sino solamente dar lineamientos para un posible proceso de diseño arquitectónico centrado en la calidad, el cual iniciará con el modelado del negocio aquí descrito y objetivo de este trabajo, y culminará con el diseño de tal arquitectura. La definición del proceso completo es aún un trabajo en curso, solo pretendemos aquí presentar el paso inicial de modelado del negocio, para un proceso orientado a metas [18][19], como un ejemplo de integración del paso inicial propuesto.

El presente artículo, además de la Introducción, se estructura en las siguientes secciones, donde se discutirá sobre los referentes del estudio: la Sección 2, dedicada al tema del aprendizaje electrónico; la Sección 3 presenta el proceso de modelado del negocio en general; la Sección 4 presenta la propuesta de los elementos del negocio a considerar en el caso educativo; la Sección 5 presenta como ejemplo el proceso de Análisis del Dominio extendido de Supakul y Chung, con el modelado del negocio como entrada; la Sección 6 presenta algunos trabajos relacionados. Finalmente en la Sección 7 se dan las conclusiones y perspectivas.

2. APRENDIZAJE ELECTRÓNICO

El aprendizaje electrónico ha evolucionado al mismo paso que Internet. Se puede establecer a mediados del año 1990 el momento clave en el diseño de los modelos tecnológicos y pedagógicos para la educación basada en tecnologías a través de Internet, a partir del nacimiento y evolución de la Web; el correo electrónico, las listas de distribución, los portales, los gestores de contenidos y las plataformas tecnológicas especializadas en Internet son algunos ejemplos [2][3].

2.1 Sistemas de Aprendizaje Electrónico

En general, los sistemas en el dominio del aprendizaje electrónico, deben considerar los siguientes elementos que tienen que ver con el Soporte Tecnológico hardware-software para el desarrollo de sistemas *e-learning*:

- La *comunicación*, la cual puede establecerse de manera síncrona o asíncrona. Los sistemas síncronos son aquellos que generan comunicación entre usuarios en tiempo real, como los chats o las videoconferencias. Los asíncronos no generan comunicación en tiempo real, pero ofrecen la posibilidad de que las aportaciones de los usuarios queden grabadas. El correo electrónico y los foros son algunas de las herramientas que usan este tipo de comunicación.
- Las *plataformas de e-learning* son el software de servidor que se ocupa principalmente de la gestión de usuarios, gestión de cursos y contenidos y de la gestión de servicios de comunicación. En nuestro contexto una plataforma *e-learning* será también referida como *Arquitectura de Referencia (AR)* o arquitectura genérica, instanciable para

un dominio específico [17]: en el dominio *e-learning* la idea es poder derivar a partir de ella un sistema *e-learning* concreto, de acuerdo a requisitos específicos de un cliente u organización que lo requiera. Estas arquitecturas genéricas o plataformas han evolucionado en tres etapas, que categorizan tres grandes tipos de sistemas *e-learning*:

a) *Primera etapa*: los CMS (*Content Management System* o *Course Management System*) son básicos dentro de las plataformas de *e-learning* y permiten la generación de sitios Web dinámicos. El objetivo de estos sistemas es la creación y gestión de información en línea (textos, imágenes, gráficos, videos, sonido, etc.). También se caracterizan por no poseer herramientas elaboradas de colaboración (foros, chats, diarios, etc.), ni apoyo en tiempo real.

b) *Segunda etapa*: los LMS (*Learning Management System*) aparecen a partir de los CMS y proporcionan un entorno que posibilita la actualización, mantenimiento y ampliación de la Web con la colaboración de múltiples usuarios. Están orientados al aprendizaje y la educación, proporcionando herramientas para la gestión de contenidos académicos, permitiendo mejorar las competencias de los usuarios de los cursos y su intercomunicación, en un entorno donde es posible adaptar la formación a los requisitos de la empresa y al propio desarrollo profesional. Disponen de herramientas que permiten la distribución de cursos, recursos, noticias y contenidos relacionados con la formación general.

c) *Tercera etapa*: los LCMS (*Learning Content Management System*) son sistemas que integran las funcionalidades de los CMS y los LMS, que incorporan la gestión de contenidos para personalizar los recursos de cada estudiante y donde las empresas se convierten en su propia entidad editora, con autosuficiencia en la publicación del contenido de una forma sencilla, rápida y eficiente, resolviendo los inconvenientes de las anteriores plataformas. Ofrecen facilidad en la generación de los materiales, flexibilidad, adaptabilidad a los cambios, control del aprendizaje y un mantenimiento actualizado del conocimiento. Los LCMS añaden técnicas de gestión de conocimiento al modelo de los LMS en ambientes estructurados y diseñados para que las organizaciones puedan implementar mejor sus procesos y prácticas, con el apoyo de cursos, materiales y contenidos en línea. Permiten una creación muy eficiente por parte de sus desarrolladores, expertos colaboradores o instructores que participan en la creación de contenidos [20].

Estos elementos, determinan en gran medida la selección, o bien el desarrollo de las arquitecturas que darán sustento a las aplicaciones utilizadas en el aprendizaje electrónico.

2.2 Características de las Plataformas para el Aprendizaje Electrónico

Algunos resultados obtenidos en [21], respecto a los sistemas educativos en general, se presentan en la Tabla I, donde se muestran las características de calidad prioritarias, de acuerdo con el tipo de sistema educativo, entre los cuales están presentes los sistemas *e-learning*, junto con las soluciones arquitecturales requeridas por estos sistemas; esta información, junto con las características que serán obtenidas del modelo del negocio, nos permitirá precisar un modelo de calidad para el dominio de los sistemas *e-learning*, y expresarla mediante una adaptación o instancia del modelo de calidad estándar ISO/IEC 25010, descrito en la Figura 1.

- Un *modelo de calidad del producto* compuesto por ocho características de alto nivel de abstracción, que se subdividen en sub-características. Se refieren a propiedades *inherentes estáticas* (como usabilidad, disponibilidad, etc.) y a las *inherentes dinámicas* (como eficiencia, fiabilidad, etc.) del sistema informático. También se habla de propiedades *asignadas*, que no son de calidad, como costo, tiempo de mercado, etc., pero influyen en las decisiones durante la construcción del software. El modelo es aplicable a los productos de software y en general a los sistemas informáticos, generalmente complejos, que también involucran componentes de software [4].
- Un *modelo de calidad en uso* que se compone de cuatro características: *productividad, efectividad, seguridad y satisfacción*, algunas de las cuales se subdividen en sub-características. Se relacionan con el resultado de la interacción con los usuarios finales, cuando un sistema de software se emplea en un contexto particular de uso. Este modelo no será utilizado en este trabajo.

Las características definidas por ambos modelos son relevantes para todos los productos de software y sistemas informáticos.

El modelo de calidad, adaptado al dominio *e-learning*, será utilizado en etapas posteriores, para dirigir el proceso de diseño completo de una AR en el dominio *e-learning*, el cual no será tratado en este artículo, por ser aún un trabajo en curso.

2.3 Adecuación de las Características de Plataformas para el Aprendizaje Electrónico a Componentes Arquitecturales

Las propiedades de calidad con sus sub-características, que constituyen el *Modelo de Calidad del Dominio e-learning* o *EL-DQL*, del inglés *E-Learning Domain Quality Model*, son:

- Funcionalidad [idoneidad (1), corrección-precisión (3)]
- Facilidad de uso [inteligibilidad (1), aprendizaje (1), protección de errores (3), ser atractiva (2)]
- Eficiencia [rendimiento en tiempo (2), capacidad-escalabilidad (1)]

- Portabilidad [adaptabilidad (1)]
- Fiabilidad [disponibilidad (2)]
- Compatibilidad [Interoperabilidad (1)]
- Seguridad [confiabilidad (2), autenticación (1)]
- Mantenibilidad [modificabilidad (2), reuso (3)]



Figura 1: Modelo de Calidad ISO/IEC 20510

Se han colocado las prioridades (*p*) de las características de calidad respecto a los sistemas *e-learning*, donde 1 *Sp*53, y 1 indica la máxima prioridad. En general, hay características básicas e imprescindibles, que cualquier plataforma de *e-learning* debería tener; nótese que estas características se "traducen" a RF y/o RNF, que corresponderán a componentes explícitos y/o implícitos respectivamente, de la AR; los componentes implícitos (no directamente percibidos por los usuarios) que provienen de RNF, proporcionan propiedades de calidad que son en general requeridas (por ejemplo facilidad de uso, mantenibilidad) por los componentes funcionales explícitos (por ejemplo la Interfaz Usuario).

Respecto al modelo del negocio, estas propiedades de calidad se reflejan asociadas a las actividades o tareas que se desempeñan en los procesos, denominadas *tares no funcionales* en [22]. La agregación de estas actividades en el proceso de negocio corresponderá a los componentes arquitecturales funcionales y las respectivas propiedades de calidad serán "resueltas" como funcionalidades implícitas, en otros componentes arquitecturales que proporcionan estas

Tabla I: Características Generales y Arquitecturas de Sistemas Educativos

Tipo de SE	Características	Clasificación	Descripción	Características de calidad prioritarias	Comentarios	Estilo/Solución arquitectónica
Programas tutoriales (Programas didácticos, plataformas e-learning, entre otros)	Dirigen el trabajo de los estudiantes y controlan en todo momento su actividad	Programas lineales	Son poco interactivos, se limitan a presentar una secuencia de información o ejercicios.	- Funcionalidad (idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad (modificabilidad)	Se diseñó según procesos menos formales. Se	Capas, MVC, sistemas "stand-alone"
		Programas ramificados	Ofrecen más opciones de interacción, al ordenar el material según la complejidad (son intuitivos).	- Funcionalidad (idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (rendimiento en Tiempo) - Portabilidad (adaptabilidad) - Mantenibilidad (modificabilidad)	podrán realizar para satisfacer necesidades instruccionales particulares	Capas, MVC, sistemas "stand-alone"
		Entornos virtuales	Proporcionan herramientas de búsqueda y de proceso de la información que pueden utilizarse libremente para construir las respuestas. Un ejemplo de este tipo de software, son los entornos de resolución de problemas.	- Funcionalidad (idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (rendimiento en tiempo, capacidad) - Portabilidad (adaptabilidad) - Fiabilidad (Disponibilidad) - Compatibilidad (Interoperabilidad)	Ofrecen la posibilidad de distinguir la realidad para compartir información y comunicarse con otros entornos	Event-driven(SOA); Web Services
		Sistemas tutoriales expertos	Tienden a reproducir un diálogo interactivo entre el programa y el estudiante, previendo comportarse como lo haría un tutor humano; guían al estudiante paso a paso en el proceso, analizan su estilo de aprendizaje y sus errores, proporcionando respuestas en función de sus interacciones. Están basados en Inteligencia Artificial.	- Funcionalidad (idoneidad, corrección) - Facilidad de uso - Eficiencia (rendimiento en tiempo, capacidad) - Compatibilidad (Interoperabilidad) - Seguridad - Fiabilidad (Disponibilidad)	Son los más utilizados para medir el aprendizaje electrónico (e-learning), han evolucionado desde las plataformas para medir el aprendizaje de contenidos, hasta los campos virtuales.	Event-driven(SOA); Web Services

propiedades a la respectiva funcionalidad que las requieren. Estos aspectos no serán tratados en este trabajo.

Analizando el negocio e-learning como una empresa, se encontraron los siguientes objetivos de negocio o características respecto a una plataforma e-learning, los cuales se traducen a requisitos funcionales o a requisitos de calidad según ISO/IEC 25010. Estas características fueron derivadas directamente del análisis del negocio, de los estilos arquitecturales y de las funcionalidades principales, estudiando productos existentes en el dominio y serán consideradas en todo el proceso de desarrollo; su trazabilidad con el modelo del negocio puede ser establecida y dirigirán las decisiones que se tomen durante el desarrollo de la arquitectura de referencia para el dominio e-learning.

- **Interactividad:** conseguir que la persona que está usando la plataforma tenga conciencia de que es el protagonista de su formación. Se traduce en el RF que corresponde al componente *Interfaz Usuario (UI)*, la cual requiere el RNF exigido en general a las UI de sistemas interactivos: *Facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje, protección de errores, ser atractiva)*
- **Flexibilidad:** el sistema debe adaptarse fácilmente dentro de la organización donde se quiere implantar. Esta adaptación debe considerar la estructura de la institución, los planes de estudio de la institución ya sus contenidos y estilos pedagógicos. Se traduce en el RNF *Mantenibilidad (modificabilidad, reuso)*

- **Escalabilidad:** se refiere al volumen de usuarios simultáneos y/o al volumen de transacciones que pueden realizarse; debe funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios. Se traduce en el RNF *Rendimiento (capacidad-escalabilidad)*.
- **Estandarización:** la plataforma debe ser capaz de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos están disponibles para la organización que los ha creado y para otras que cumplen con el estándar. Se traduce en el RNF *Compatibilidad (interoperabilidad)*.
- **Seguridad:** debe garantizar la confidencialidad de la información, por lo que requiere la autenticación de los usuarios. Se traduce en el RNF *Seguridad (confiabilidad, autenticación)*.

Otras características generales observables en las plataformas e-learning son:

- **Código abierto:** para poder ver y modificar el código fuente base de la aplicación. Es una regla del negocio. Corresponde a una restricción impuesta a los sistemas e-learning. Se traduce en el RNF: *Mantenibilidad (modificabilidad, reuso)*.
- **Plataforma gratuita:** el uso de la plataforma no debería implicar ningún gasto adicional a la organización educativa, ni a los estudiantes. Es una regla del negocio. Corresponde a una restricción impuesta a los sistemas e-learning. Se traducen en el RNF asignado: *costo* (recuérdese que las propiedades asignadas, según ISO/IEC 25010, no son propiedades de calidad; en cambio, todas las propiedades de calidad de la Figura 1 son propiedades " inherentes " al producto de software).
- **Internacionalización o arquitectura multi-idioma:** la plataforma debería estar traducida, o se debe poder traducir fácilmente al idioma del usuario, para favorecer la inteligibilidad y la capacidad de aprendizaje. Se traduce en el RNF *facilidad de uso (inteligibilidad, aprendizaje)*.
- **Tecnología empleada:** en cuanto a la programación, destacan en este orden PHP, Java, Perl y Python, como lenguajes Open-Source. Se traduce en los RNF: *Compatibilidad (interoperabilidad)* y *Portabilidad (adaptabilidad)*.
- **Amplia comunidad de usuarios y documentación:** la plataforma debe contar con el apoyo de comunidades dinámicas de usuarios, con foros de usuarios, desarrolladores, técnicos y expertos. Se traduce en los RNF: *Compatibilidad (interoperabilidad)*, *Portabilidad (adaptabilidad)* y *Rendimiento (capacidad)*.

Las propiedades de calidad de la Tabla I aplican en general a los sistemas educativos, que también incluyen los sistemas e-learning; de ahí fueron extraídas las propiedades de calidad que se justificaron en la lista anterior; nótese que faltan por justificar: - *Funcionalidad (idoneidad, corrección-precisión)*, - *Rendimiento (en Tiempo)* y - *Fiabilidad (Disponibilidad)*. Ahora bien, la *idoneidad funcional* (que cumple con las tareas

para lo cual fue diseñado un componente) y la *corrección-precisión* (que establece el grado de precisión o corrección de los cálculos efectuados) hay que justificarlas de acuerdo a los componentes funcionales que aún deben ser identificados en la AR que será construida; por otra parte, el *rendimiento en tiempo* y la *fiabilidad*, corresponden a sistemas tutoriales expertos y entornos virtuales (ver Tabla I), que se basan altamente en la tecnología Web, por lo tanto estas propiedades de calidad dependen en gran parte de la rapidez y disponibilidad de la comunicación en redes.

3. MODELADO DEL NEGOCIO

El éxito de las innovaciones en el desarrollo de software, depende altamente del modelo de negocio correspondiente. En particular, en los sectores que evolucionan rápidamente, como el educativo, los modelos de negocio son un elemento clave para la difusión acelerada de las innovaciones [23]. Por lo tanto, es necesario establecerlos como parte importante del proceso de desarrollo de software.

Mientras que el término modelo de negocio se utiliza ampliamente en la práctica empresarial, la definición, la naturaleza y estructura de los modelos de negocio sigue siendo objeto de debate entre los investigadores [10]. Un modelo de negocio no es una estrategia, pero comprende un número de elementos estratégicos. De acuerdo con [24], un *modelo de negocio* permite (a) conceptualizar la empresa como un conjunto interrelacionado de decisiones estratégicas; (b) buscar relaciones complementarias entre los elementos a través de combinaciones únicas; (c) desarrollar conjuntos de actividades en torno a un marco lógico; y (d) garantizar la coherencia entre los elementos de la estrategia, intenciones arquitecturales, económicas, de crecimiento y de oferta.

Aunque los modelos de negocio genéricos describen la lógica de negocio de una manera abstracta, deben ser presentados de forma tal que respondan a las características y terminologías propias del dominio. La propuesta de un modelo de negocio para el dominio educativo, pretende dar un aporte para investigadores y profesionales al momento de realizar la descripción textual del problema que permita la especificación detallada de los procesos relativos al negocio.

Esta propuesta considera las fases para la gestión de los procesos de negocio de una organización definidas por BPMI, *descubrimiento, análisis, desarrollo, monitoreo y optimización* [6][25][26]. Estas fases y actividades establecen el ciclo de vida (Figura 2) que se debe seguir para alcanzar los objetivos y beneficios perseguidos por el modelado del negocio y de sus procesos (las líneas segmentadas indican relaciones bidireccionales entre cada fase):

a. **Descubrimiento:** el principal objetivo es identificar y entender cada uno de los procesos de negocio que forman la organización. Especificando todos los detalles de cada uno de los requisitos exigidos y centrándose, principalmente en aquellos comportamientos que involucren las funcionalidades clave del sistema.

b. Análisis: en esta fase se estudian cada uno de los procesos de negocio del sistema, modelándolos con las nuevas características y reglas que deben seguir para obtener una mayor productividad. Una vez identificado los procesos del negocio, desde el punto de vista pedagógico, se asocian con los requisitos funcionales y los requisitos no funcionales que pudieran ser particulares del dominio, o bien del desarrollo. En el caso de las plataformas para el aprendizaje electrónico, las características consideradas en la fase anterior, serán depuradas considerando los elementos curriculares del contexto educativo donde se diseña.

c. Desarrollo: se depuran los procesos de negocio analizados y diseñados en la etapa anterior y se establecen las especificaciones para su ejecución ya sea automatizada o no.

d. Monitoreo: cada proceso de negocio debe ser controlable y por lo tanto medible, para evaluar el grado de éxito y calidad con el que ha sido llevado a cabo; de esta forma, se pueden analizar los resultados de cada uno de los procesos para que puedan ser redefinidos y optimizados.

e. Optimización: aquellos procesos que no han cumplido las expectativas deseadas, son rediseñados para que puedan mejorar su rendimiento y así también el de la empresa.

4. MODELADO DEL NEGOCIO EDUCATIVO

Hablar de negocio educativo, tal vez rompa con algunas concepciones que desde el dominio se mantienen, pues, las aplicaciones de software que se desarrollan en este contexto buscan atender particularidades de procesos y no la masificación de productos, por esta razón, no es común oír hablar de la “empresa de software educativo”, pero, sin dudas, la incorporación de conceptos y estrategias de la “empresa” contribuiría con el desarrollo de software bajo el precepto de optimización de recursos y maximización de ganancias, entendida esta última como la satisfacción de un mayor número de usuarios a través de herramientas funcionales, fáciles de mantener, flexibles y fáciles de usar.



Figura 2: Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio [26]

En este sentido, es importante empezar a caracterizar el modelo del negocio para el dominio *e-learning*, especificando

los elementos que deben considerarse, así como la terminología propia al dominio. En este trabajo se adaptan las dos primeras fases, descubrimiento y análisis, propuestas por BPMI para el ciclo de vida de los procesos de negocio, tomando como referencia el trabajo realizado por [27], quienes proponen un marco de referencia para el modelado del negocio en la Industria del Software. Se adaptan aquí solo las dos primeras fases al dominio *e-learning*, en una investigación que se encuentra en curso, se realiza la adaptación de las otras fases propuestas en [2].

4.1 Fase de Descubrimiento

Como se dijo antes, en esta fase se estudian todos los procesos del negocio, como por ejemplo: *Realizar Consulta, Afiliar Conocimiento, Validar Respuestas* [21], en el caso del *e-learning*, para lo cual, se deben tomar como referencia las características para las plataformas electrónicas propuestas en la literatura (Figura 3), de esta manera se estaría contribuyendo, en un futuro, a la determinación de estándares.

Con respecto a los estándares de *e-learning*, el mayor problema en los actuales momentos es la ausencia de unas metodologías técnicas, documentales y psicopedagógicas comunes y aceptadas, que garanticen los objetivos de accesibilidad, interoperabilidad, evolución y reutilización de los materiales curriculares encontrados en las redes [28]. Las principales razones que impulsan la creación de estándares en el área de *e-learning* están dirigidos a la protección de la inversión, portabilidad e interoperabilidad de los contenidos y plataformas, integración de las plataformas en la infraestructura tecnológica existente, intercambiar información entre LMS o LCMS, accesibilidad, garantizar la reutilización de los cursos, facilitar la adaptación o personalización del entorno de aprendizaje y mejorar la productividad al incrementar la efectividad y reducir el tiempo y costo del desarrollo [29][30].



Figura 3: Elementos de la Fase de Descubrimiento

En esta fase se utiliza BPMN [12] para especificar los procesos (ver Figura 6), que es la notación gráfica propuesta en BPMI, para describir la lógica de los pasos, funciones y actividades de un proceso de negocio (ver Tabla II); se origina

para dar apoyo al enfoque BPMI. BPMN define la notación y semántica de un *Diagrama de Procesos de Negocio*. Su importancia radica en que actualmente, ha sido adoptada como un estándar de modelado de procesos; por lo tanto es independiente de cualquier metodología de modelado de procesos, permitiendo así disminuir la brecha entre los procesos de negocio y la implementación de estos, facilitando la comunicación entre todas las personas de una organización.

4.2 Fase de Análisis

En esta fase deben analizarse los procesos que emergen de la fase anterior, para modelarlos con las características particulares del dominio. Es aquí, precisamente, donde se tiene la oportunidad de incorporar los elementos curriculares y de administración educativa, en general, que caracterice a la instancia para la cual se desarrolla. Hablar de "Educación" conlleva la consideración de políticas, teorías y concepciones que varían de un país a otro, es más, de una institución educativa a otra, por lo que esta fase brinda la oportunidad de considerar aquellas características particulares que son relevantes en el proceso (Figura 4).

Se propone, en consecuencia, tomar en cuenta los siguientes elementos, a objeto de depurar los procesos de negocio que serán utilizados como entrada de los siguientes pasos del proceso de desarrollo.

a) *Análisis Curricular*: se obtienen de la revisión del documento base de currículo, de la misión y visión de la organización. Comprende, al menos, de los siguientes elementos:

- Estudio de costos*: aun cuando queda claro que la plataforma obtenida debe cumplir con la característica de gratuidad, es importante establecer en término de recursos el costo asociado con su desarrollo.
- Elementos del currículo*: tales como perfil del egresado, competencias genéricas y específicas, aspectos filosóficos, pedagógicos, entre otros.
- Teoría pedagógica*: se separa del literal anterior, pues debe prestarse particular atención en el proceso de desarrollo, pues el mismo puede influenciar inclusive hasta los elementos finales del diseño.
- Normas legales*: del contexto para el cual se desarrolla.

Tabla II: Notación BPMN

Elemento	Descripción	Símbolo gráfico
Evento de inicio	Evento que indica el comienzo de un determinado proceso	
Evento de fin	Evento que indica la finalización de un determinado proceso	
Tarea	Actividad incluida en determinado proceso	
Nodo de control	Nodo de selección de ruta. Atendiendo a la condición especificada se seguirá uno u otro camino	

Elemento	Descripción	Símbolo gráfico
Artefacto	Producto de una tarea	
Flujo de control	Pase de control de una a otra tarea haciendo avanzar el proceso hasta su fin	
Flujo de datos	Cambio de transmisión de datos entre tareas	
Temporizador	Evento de temporización. Asociado a una tarea provoca que no se avance en el desarrollo del proceso hasta que no se haya cumplido el plazo establecido	

b) *Diseño Instruccional*: son los elementos necesarios para crear un ambiente instruccional y los materiales que contribuirán con el desarrollo de las tareas [27].

- Elementos administrativos*: referidos a los horarios, modalidades de estudio, entre otros.
- Evaluación*: debe revisarse el reglamento de la institución o bien cualquier norma que al respecto puedan existir.
- Características de los estudiantes*: edad, sexo, perfil específico, entre otros aspectos.
- Contenidos*: naturaleza de los cursos que se impartirán a través de la plataforma, así como el tipo de contenidos: videos, imágenes, textos, lecturas, medios multimedia, entre otros.

c) *Elementos Técnicos*: relacionados con las decisiones computacionales necesarias en el desarrollo.

- Lenguaje de Programación*: relacionado con el lenguaje de programación dominante.
- Número de usuarios*: cuántos usuarios podrán interactuar con el sistema simultáneamente.
- Tipo de recursos*: necesarios en el proceso. Se deben incluir los recursos humanos, el tiempo, los recursos económicos con los que se cuenta, entre otros.
- Grado de Normalización*: se establecen las características de uso comunes entre aplicaciones similares.
- Mantenimiento de la plataforma*: Tiene que ver con las revisiones que deben realizarse, así como las estrategias para la corrección de fallos.
- Actualizaciones*: Este elemento se refiere a la cantidad de versiones de productos disponibles a la vez.



Figura 4: Elementos de la Fase de Análisis

d) *Oferta*: elementos que deben ser considerados al momento de ofrecer el producto de software a los usuarios finales.

- Destino*: Este elemento describe escenarios que la institución educativa puede abordar. Referidos a la oferta de cursos a los miembros de la misma comunidad o a personas externas a la institución (cursos de Extensión Académica, por ejemplo).
- Disponibilidad*: relacionado con los servidores donde serán alojada la plataforma para el aprendizaje electrónico.
- Tipo de usuarios*: dependiendo del destino, pueden tenerse múltiples tipos de usuarios, clasificados según sus características cognitivas, motivacionales; el dominio de la tecnología, contexto social, entre otros.

e) *Puesta en Operación*: elementos propios del momento en el cual un producto e-learning concreto, derivado de la instancia de la AR, está disponible para los diferentes actores.

- Interacción entre usuarios*: referido al cómo se establecerán las comunicaciones entre docentes y discentes. Referidos a la administración de cursos a distancia, mixtos o presenciales con apoyo del computador.
- Apoyo*: describe las opciones de soporte específicas, así como al personal que estará a cargo de la misma.

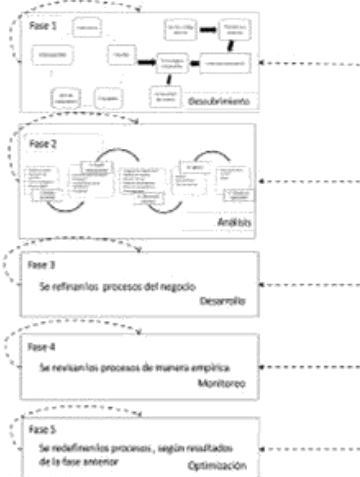


Figura 5: Adaptación de las Fases para el Establecimiento del Modelo del Negocio [26]

Una vez realizadas las consideraciones presentadas en los párrafos precedentes, el ciclo de vida de los procesos del negocio, propuestos por [26], puede expresarse como se muestra en la Figura 5.

4.3 Ejemplo de la Fase de Análisis en el Dominio Educativo

Para ejemplificar lo que debe realizarse en esta fase, se dará la descripción del flujo de ejecución del proceso de negocio: *Realizar Consulta* (Figura 6). En este proceso intervienen el estudiante con el sistema, la participación del docente se realiza en el proceso previo: *Aladir Conocimiento*, y en otro posterior, *Validar Respuestas*; a cada actividad corresponde propiedades de calidad, las cuales son especificadas como comentarios; también los artefactos involucrados (temas, preguntas y respuestas) son especificados con la misma notación, lo cual puede causar ambigüedades e inconsistencias, porque BPMN no presenta notación para especificar RNF; en [22] se definen como estereotipos denominados tareas no funcionales:

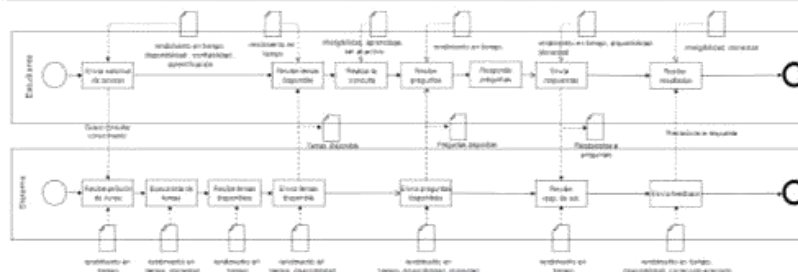


Figura 6: Modelo de Negocio usando BPMN Proceso: Realizar Consulta

- Los actores a considerar son el sistema y los estudiantes.
- El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder al software para consultar un tema en específico => rendimiento en tiempo, disponibilidad, confiabilidad, autenticación
- El sistema recibe la solicitud de curso => rendimiento en tiempo
- El sistema busca la lista de temas => rendimiento en tiempo, idoneidad
- El sistema recibe temas disponibles => rendimiento en tiempo
- El sistema envía los contenidos disponibles => rendimiento en tiempo, disponibilidad para la transmisión de datos
- El estudiante recibe temas disponibles => rendimiento en tiempo, idoneidad
- El estudiante selecciona el contenido con el que va a trabajar => inteligibilidad, aprendizaje, ser atractivo
- El sistema muestra el contenido y las preguntas relacionadas => rendimiento en tiempo, disponibilidad para la transmisión de datos, idoneidad
- El estudiante recibe preguntas => rendimiento en tiempo
- El estudiante responde la pregunta (no es actividad automatizable)
- El estudiante envía respuesta => rendimiento en tiempo, disponibilidad para la transmisión de datos, idoneidad
- El sistema recibe respuesta => rendimiento en tiempo
- El sistema indica si es o no correcta y presenta la opción de responder otra pregunta (feedback) => rendimiento en tiempo, disponibilidad para la transmisión de datos, corrección, precisión
- Finaliza el proceso cuando el estudiante recibe la estadística de respuestas acertadas => inteligibilidad, idoneidad

Requisitos funcionales: Realizar Consulta

Requisitos no funcionales o metas de calidad asociadas a las actividades del proceso: disponibilidad del sistema, seguridad de acceso, eficiencia en tiempo, corrección-precisión respecto a las respuestas, completitud de las tareas realizadas, facilidad de uso para el estudiante

Reglas de negocio que pueden afectar al proceso Realizar Consulta: Proporcionar acceso al contenido.

5. MN-PEC: MODELADO DEL NEGOCIO Y ANALISIS DEL DOMINIO

Una vez elaborado el modelo del negocio, se daría inicio al proceso de desarrollo. En esta investigación se considera que la aplicación del proceso extendido de Supakkul y Chung [18], realizada en [19] (ver Figura 7) sería el paso natural a seguir para obtener una Arquitectura de Referencia que permita generar aplicaciones para el aprendizaje electrónico de calidad, pues se considera el modelo del negocio [6] como entrada al Análisis del Dominio, considerando los aspectos esenciales discutidos en esta propuesta.

Los pasos del proceso de desarrollo que se proponen en este estudio, al cual denominaremos MN-PEC (Modelo del Negocio y Proceso Extendido de Chung) [21], se especifican a continuación (el paso 2 corresponde a lo propuesto por [19] y los pasos 3-8 a la propuesta original de [18]).

1. Modelo del negocio, usando BPMN [6]. Se siguen las recomendaciones de las secciones anteriores, para establecer el modelo del negocio educativo.
Entrada: Descripción textual del dominio
Salida: reglas del negocio, MN en BPMN, RF, RNF
2. Análisis del Dominio identificando requisitos no funcionales (RNF) globales que aplican sobre todo el dominio. La entrada en este paso es el modelo del negocio obtenido en el paso anterior. En este paso se debe:

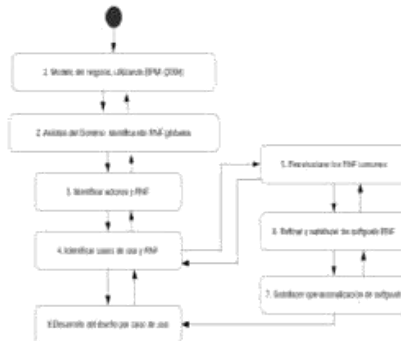


Figura 7: Propuesta de Proceso de Desarrollo con MN-PEC

- Definir la funcionalidad del dominio: listar las funcionalidades principales por cada tipo de familia; esta etapa se facilita con los resultados del paso 1.
- Definir el modelo de calidad, utilizando el estándar ISO/IEC 20510 (puede utilizarse cualquier otro estándar); esta etapa se facilita con los resultados del paso 1.
 - Se especifica la calidad arquitectural del dominio, utilizando los objetivos de calidad de una solución arquitectural genérica o estilo para una familia del dominio.
 - Se especifica la calidad funcional del dominio, donde se identifican las funcionalidades propias a la familia y a cada funcionalidad se asocian los requisitos de calidad, como objetivos que deben cumplirse para lograr las funcionalidades. Salida: modelo de calidad extendido con las soluciones arquitecturales de la familia del dominio.
- Identificar actores y RNF. Identificar las acciones realizadas por actores externos y organizarlas con relación al grado de generalización / especialización. Aquí se identifican los RNF asociados con estos actores. Los actores pueden ser reorganizados en casos de uso, en caso de existir multiplicidad de roles.
- Identificar casos de uso y RNF. Identificar funciones a realizar por el sistema y representar las funciones como casos de uso vinculados con los actores correspondientes. Los casos de uso se organizan atendiendo a su generalización / especialización, se pueden extender, o incluir relaciones.
- Reestructurar los RNF comunes. Revisar los RNF previamente identificados y determinar si alguno de ellos debe estar asociado con otros elementos del modelo de casos de uso. Se deben definir una o más casos de uso generalizados y luego reorganizar los RNF de acuerdo con la generalización recientemente definida.

- Refinar y satisfacer los *softgoals* (RNF). En este paso se deben utilizar los RNF asociados a los puntos de asociación, tanto en el modelo de casos de uso como en el diagrama *Softgoals Interdependency Graph (SIG)*, que contiene los *softgoals* e identificar alternativas de soluciones arquitecturales para cada uno de ellos. En el diagrama SIG, evaluar las contribuciones y seleccionar esas soluciones arquitecturales que mejor satisfacen los *softgoals* (RNF) correspondientes, los cuales se representan como "operacionalizaciones" en el diagrama SIG.
- Satisfacer operacionalización de los *softgoals*. Una vez seleccionados los *softgoals*, se deben tomar las decisiones de implementación y seleccionar la solución que mejor satisfaga a cada uno de ellos, entre componentes de software disponibles en el mercado, como por ejemplo, APIs, mecanismos, motores, protocolos, etc.
- Desarrollo del diseño por casos de uso. Con base en los pasos anteriores se desarrolla una arquitectura de software que incluya los subsistemas modelados.

En resumen, el proceso de desarrollo que se propone, extiende la propuesta realizada por [19] incorporando el modelo del negocio en BPMN y los requisitos funcionales y no funcionales obtenidos en el análisis, pues se considera que es allí donde se presentan las características relevantes del dominio.

6. TRABAJOS RELACIONADOS

Los trabajos relacionados con el tema en estudio, van en las siguientes direcciones:

- Plataformas E-Learning: aquí destacan los trabajos de [32][33][34], quienes analizan las arquitecturas para el aprendizaje electrónico y destacan la importancia de garantizar la interoperabilidad entre plataformas, entre otros aspectos de calidad.
- Existe una amplia literatura en cuanto al tema del Análisis del Dominio Análisis de Dominio [8]. El trabajo realizado en [19], al cual se le pretende dar continuidad, incorporando como etapa inicial el modelo del negocio, presenta este tema con una buena discusión de trabajos relacionados.
- Por otra parte, el trabajo presentado en [2] se relaciona con esta investigación, pues, aunque en este artículo no se llega a una AR, el propósito final de la investigación del cual se desprende, es obtener una para las plataformas e-learning; se discutirá esta proposición en un futuro trabajo para definir el proceso completo de diseño del una AR para e-learning.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

La incorporación del modelo del negocio como punto de partida en un proceso de desarrollo de software centrado en el Análisis del Dominio, contribuye con la clara identificación de los requisitos funcionales y no funcionales que dirigen la construcción de una arquitectura de referencia, para la derivación de aplicaciones concretas para el aprendizaje

electrónico que contribuyan con las necesidades pedagógicas y tecnológicas de las instituciones educativas que hacen uso de ellas. En este estudio se proponen los elementos a ser considerados para obtener el modelo de negocio vinculado con el aprendizaje electrónico, lo que se constituye en un aporte que pretende solucionar el problema de la escasa vinculación entre los dominios educativo y computacional. El proceso completo para la construcción de la arquitectura de referencia para el dominio del aprendizaje electrónico es un trabajo en curso.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a los árbitros por sus valiosos comentarios y aportes a este trabajo y al Profesor Eric Gamess por su contribución con la edición del documento. Además, queremos hacer un especial reconocimiento al Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela y al Banco Central de Venezuela, por su colaboración en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] J. Sáiz, C. Rana y M. Lago, *La Educación Superior Virtual en América Latina y el Caribe*, Publicaciones Unesco-Iedac, 2004. http://www.ieduc.unesco.org/v/index.php?option=com_content&view=article&id=2460&Itemid=1389&lang=es.
- [2] J. Holtriksen, *Reference Architecture for e-Learning Solutions*, Master Thesis, Open University, Faculty of Computer Science, 2008. http://dispace.onu.nl/bitstream/1820/1315/3/DNF_20080108_Holtriksen.pdf.
- [3] M. Arca y J. Adell, *E-Learning: Enseñar y Aprender en Espacios Virtuales*, En J. De Pablo (Coord.) Tecnología Educativa. La formación del profesorado en la era de Internet. Aljibe, Málaga, España, pp. 391-424, 2009.
- [4] ISO/IEC 25010, *Systems and Software Engineering - Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*, Systems and software quality models, ISO/IEC JTC1/SC7/WG6, Ginebra, Switzerland, 2011.
- [5] ISO/IEC, *Systems and Software Engineering, Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*, Ginebra, Switzerland, 2006.
- [6] Business Process Management Initiative, *BPM2 Business Process Modeling Notation (BPMN)*, 2004. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>.
- [7] P. Alfaro y S. Mariño, *Los Estándares Internacionales y su Importancia para la Industria del Software*, Ciencia y Técnica Administrativa, vol. 12, no. 2, Buenos Aires, Argentina, 2013. <http://www.cyta.com.ar/tal202/v12n2a3.htm>.
- [8] I. Sommerville, *Ingeniería de Software*, 5ta edición, Prentice Hall, 2011.
- [9] R. Burton, *Effective Business Change through Process Management: Strategies and Architectures for Integrated Change*, Process Research Group, 2001.
- [10] P. Palacios, *Gerencia de Procesos de Negocios*, 2012. <http://docplayer.es/1185324-Gerencia-de-procesos-de-negocio-business-process-management-bpm-lic-palacios-palacios-enlata.html>.
- [11] A. Blum, *Business Process Management Essentials*, Glendale, 2009.
- [12] OMG, *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0.2*, 2013. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2>.
- [13] K. Beck, J. Joseph y G. Goldsmith, *Learn Business Process Modeling Basics for the Analyst*, IBM, julio 2003. <http://www128.ibm.com/developerworks/library/v1n04analyst/>.
- [14] H.E. Erickson y M. Pasker, *Business Modeling with UML- Business Patterns at Work*, ed. I. John Wiley & Sons, USA: Robert Ipson, 2000.
- [15] N.E. Martínez Aguilar y A. Roman Urbina Jr., *Diseño de una Arquitectura Orientada a Servicios para un Establecimiento de Salud de Nivel de Complejidad I-3*, Tesis para Ingeniero de Software, Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Peru, 2012.
- [16] L. Rayoso, E. Rolon, M. Guesero, F. García, F. Ruiz y M. Rattini, *Formal Definition of Measures for BPMN Models*, A. Altran et al (Eds.), IWISM/Massara, LNCS 5891, pp. 285-306, Berlin, Germany, 2009.
- [17] E. Nakagawa, P. Antonio y M. Becker, *Reference Architecture and Product line Architecture: a Subtle but Critical Difference*, Crnacovic V., Gelina, and M. Book (Eds.), ECSA 2011, LNCS 6903, pp. 207-211, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 2011.
- [18] S. Supakulki y L. Chang, *Integrating FRs and NFRs: A Use Case and Goal Driven Approach*, 2nd ICSE, pp. 30-37, San Francisco, California, USA, 2004.
- [19] F. Louario, A. Matoso y I. Pacilli, *Unified Process for Domain Analysis Integrating Quality, Aspects and Goals*, CLEI Electronic Journal, vol. 17, no. 2, paper 1, 2014.
- [20] J. Boun, *Plataformas Abiertas de e-learning para el Soporte de Sostenidos Educativos*, *Universities and Knowledge Society Journal*, vol. 4, no. 1, 2007.
- [21] F. Louario y Y. Enríquez, *Análisis del Dominio que Contempla el Modelo del Negocio para una Arquitectura de Referencia del Software Educativo*, aceptado para su publicación en la revista Sapiens, 2016.
- [22] J.C. Guzmán, F. Louario, A. Matoso, *Del Modelo el Negocio a la Arquitectura del Sistema: Considerando Metas, Aspectos y Estándares de Calidad*, RACIS, vol. 3, no. 2, pp. 19-37, 2013.
- [23] R. Arechavala, *Puntos de Enlace entre los Modelos de Negocio en Empresas de Base Tecnológica y las Políticas Regionales de Innovación*, México: SINDCO, 2010.
- [24] M. Morris, M. Schindelmeyer y J. Allen, *The Entrepreneur's Business Model: Toward a Unified Perspective*, *Journal of Business Research*, vol. 58, no. 6, pp. 726-735, 2005.
- [25] L. Fuentes y P. Sánchez, *Desarrollo de Software con Aspectos Dirigido por Modelos*, 2005. http://www.dai.uchm.es/personal/eleazarvarela/docs/papers/CR/Sanchez_desarrollo.pdf.
- [26] J. Barrocal, J. García y J. Muñoz, *Hacia una Gestión del Proceso Software Dirigida por Procesos de Negocio*, 2005. <http://alarcos.uchm.es/pais/articulos/pais-07-Barrocal-GPSDPN.pdf>.
- [27] M. Schief, A. Puppe y P. Brumann, *Performance of Business Models: Empirical Insights from the Software Industry*, En: *European Conference on Information Systems (ECIS)*, Junio 2012, Barcelona, Spain.
- [28] S. Oton, *Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Servicios para la Implementación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Distribuidos*, Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España, 2006.
- [29] D. Kabbaj, *E-Learning Standards Questions, Decisions, Actions*, Learning Systems Architecture Lab, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2003.
- [30] W. Hodgson, *IEEE LTSC: Learning Technology Standards Committee P 1484*, ADLNET, USA, 2001.
- [31] C. Broderick, *What is Instructional Design?* 2001. <http://go.gi/CRUG>.
- [32] S. Oton, *Propuesta de una Arquitectura Software Basada en Servicios para la Implementación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Distribuidos*, Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá, España, 2006.
- [33] C. Pages, J. J. Martínez y R. Berdino, *Situación Actual de Estandarización de Procesos de Aprendizaje y su Relación con la Información sobre el Alumno*, White Paper: Universidad de Alcalá, España, 2004.
- [34] R. Peredo, A. Camblin, L. Bulladrews y A. Manchaca, *Arquitectura para Sistemas de Educación basados en Web usando Programación Orientada a Componentes*, *Revista Diálogo Edu.*, Curitiba, vol. 8, no. 24, pp. 465-502, mayo/agosto 2008.

APÉNDICE 4

Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto

Losavio F. y Esteves Y. (2015). *Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto*. Por aparecer en el No. 16, Revista Sapiens UPEL



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR
INSTITUTO PEDAGÓGICO DE MIRANDA
JOSÉ MANUEL SISO MARTÍNEZ
SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO



SAPIENS. REVISTA UNIVERSITARIA DE INVESTIGACIÓN

SCIELO – CREDI – LATINDEX – REVENCYT – DIALNET – REDALYC – CLASE – ATLAS
Cienciométrico

Constancia de aceptación de artículo para su publicación

Quien suscribe, profesora Nereyda Álvarez hace constar que el artículo titulado *“Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto”* trabajo en coautoría de la Prof. Yuly Esteves (Instituto Pedagógico de Miranda - UPEL) fue aceptado para su publicación en Sapiens. Revista Universitaria de Investigación luego de su aprobación por parte de los árbitros. Este será publicado en la revista N° 16 correspondiente al año 2015.

En Caracas, a los 19 días del mes de febrero de 2016.



Prof. Nereyda Álvarez
Coordinadora de arbitraje

Modelo del Negocio para Análisis del Dominio del Software Educativo: un enfoque centrado en la calidad del producto

Francisca Losavio

Laboratorio MoST, Escuela de Computación
Facultad de Ciencias, UCV
Caracas, Venezuela
francislosavio@gmail.com

Yuly Esteves

Departamento de Ciencias Naturales y Matemática
Instituto Pedagógico de Miranda, UPEL
Caracas, Venezuela
yulyesteves@gmail.com

Resumen

En el diseño de Software Educativo (SE) deben conciliarse los aspectos tecnológicos y pedagógicos relevantes para el dominio, por lo que la aplicación de principios inherentes a la Ingeniería del Software en el proceso de desarrollo, garantizarían la obtención de un SE de calidad según ISO/IEC 25010. Este estudio de desarrollo teórico incluye el Modelo del Negocio, que recoge las necesidades del dominio, como paso inicial al Modelo extendido de Chung (Losavio, Matteo y Pacilli, 2014). La idea central es que la entrada de la etapa de Análisis del Dominio, incorpore las reglas, políticas y restricciones del negocio que contemplan los elementos pedagógicos considerados por el desarrollador. Entre los resultados obtenidos, se encuentran la categorización de tipos de SE incluyendo su arquitectura y el modelo de calidad adaptado al dominio del SE, lo que puede ser utilizado posteriormente para la especificación de una arquitectura de referencia para el dominio.

Palabras clave: Modelo del Negocio; Análisis del Dominio; Software Educativo; Calidad del Software; Proceso Extendido de Chung.

Introducción

El diseño y la selección de Software Educativo constituyen un tema de investigación abierto, especialmente al considerar el creciente interés de los educadores por el uso de tecnologías informáticas en sus prácticas docentes. Existen muchas acepciones de SE, en este estudio se tomará aquella que considera al SE como una aplicación electrónica especialmente diseñada para mediar el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, la adecuación del SE a los requisitos del usuario final (profesores, estudiantes) merece especial atención. El problema de traducir los requisitos del usuario en funcionalidades del sistema ha conducido a la búsqueda de soluciones en el proceso de la captura de requisitos. Este proceso involucra la captura, el modelado y el análisis de los requisitos, tanto del diseñador como del usuario final, así como de las reglas propias del *negocio educativo*, dadas muchas veces por las teorías pedagógicas subyacentes al diseño del software. En Ingeniería del Software, todo lo concerniente a captura y especificación de requisitos de un sistema de software se realiza en la denominada etapa de Análisis, una de las primeras etapas dentro del ciclo de vida del desarrollo del software. Ahora bien, en nuestro contexto donde debemos caracterizar y generalizar arquitecturas de familias de sistemas, esta etapa se denomina *Análisis del Dominio (AD)*, dentro de la disciplina denominada *Ingeniería del Dominio* (Krueger, 2002; Pohl, Böckle y van der Linden, 2005), y los SE

forman parte del dominio que se tratará. En esta etapa se comienza a definir la *arquitectura* de un sistema de software, o conjunto de componentes y conectores que ofrecen un cierto comportamiento (Garlan y Shaw, 1994), la cual es en gran parte responsable del comportamiento y de la calidad global de todo el sistema. Las actuales tendencias en la Ingeniería del Dominio son de incorporar un *Modelo de Negocio (MN)*, el cual permite expresar procesos organizacionales en términos de objetos, comportamientos y objetivos o metas, capturando todos los aspectos relativos al (los) sistema (s) de software que soportará (n) el desarrollo del negocio. Del MN se derivarán los requisitos globales del sistema de software relativos a un proceso de negocio.

El objetivo de este trabajo es por lo tanto incorporar un primer paso de modelado del negocio al *Proceso Extendido de Chung (PEC)* de Supakkul y Chung (2005), ya adaptado en Losavio, Matteo y Pacilli (2014) con un paso de AD. PEC ofrece un importante aporte pues propone la vinculación de los *requisitos funcionales (RF)* con los *no funcionales (RNF)*, también denominados *requisitos de calidad* (ISO/IEC 25010, 2011), integrados en el desarrollo de software centrado en la arquitectura, ya que el sistema se articula sobre esta estructura de base (del inglés “*baseline architecture*”). La norma ISO/IEC 25010 (2011) ofrece una terminología unificada sobre la calidad del producto de software y es la que se utilizará en este trabajo para especificar los RNF o requisitos de calidad. Esta norma internacional define las características que describen la calidad de un producto de software mediante un modelo de estructura jerárquica. Se consideran ocho *características de calidad* de alto nivel de abstracción, generalmente no medibles, que representan la calidad del producto de software desde el punto de vista interno (durante el proceso de desarrollo) y externo (en un ambiente de prueba) del software: *funcionalidad* (adecuación del software con las funcionalidades requeridas, es decir que realmente cumple con los requisitos funcionales exigidos), *compatibilidad*, *seguridad*, *confiabilidad*, *eficiencia*, *facilidad de mantenimiento*, *facilidad de uso* y *portabilidad*. Estas características son refinadas en sub-características; por ejemplo en compatibilidad se tienen las sub-características coexistencia e interoperabilidad; el refinamiento puede abarcar varios niveles de sub-sub-características, hasta llegar a los *atributos de calidad*, que indican como deben ser medidas por métricas específicas, las sub-características y por ende la característica. El modelo de calidad puede utilizarse para la especificación (cualitativa y/o cuantitativa) de las características de calidad relacionadas con RF y RNF de un producto de software.

Por lo anterior, el análisis de requisitos se considera crucial para el diseño o selección de la arquitectura sobre la cual se articulará el software, pues los requisitos serán implementados en las operaciones que se realizan (RF) o podrían responder a características de calidad (RNF) exigidas por los RF y serán implementados como “funcionalidades implícitas” (ISO/IEC 25010, 2011). En esta etapa se consideran taxonomías, como son, entre otras, las categorías de RF, RNF y las reglas del negocio, que pueden ser capturadas a partir del MN, el cual proporciona maneras de expresar procesos organizacionales en términos de objetos, comportamientos y metas, capturando todos los aspectos relativos al sistema el cual soportará el desarrollo del negocio. Si los modelos del negocio no se producen, se corre el riesgo que los desarrolladores

no presten suficiente atención a la manera cómo se hace el negocio, creando inconsistencias (Arias, 2005). En este estudio se propone entonces agregar al PEC en Losavio, Matteo y Pacilli (2014) una primera etapa adicional de modelado del negocio, como entrada al proceso de AD, obteniendo así los elementos necesarios que permitan completar PEC con la etapa de construcción de una arquitectura genérica que traiga inmersa las características de calidad y los estilos arquitectónicos propios del dominio del SE.

Para tal fin, este artículo se estructura de la siguiente manera, además de la introducción y la conclusión: en la segunda sección se discute en torno a los fundamentos teóricos que soportan la investigación, tales como Ingeniería del Software, Calidad del Software, Modelo del Negocio y Análisis del Dominio. En la tercera sección se presenta la propuesta del proceso que, partiendo del modelo de negocio, considera el análisis del dominio para el aseguramiento de la calidad. En la cuarta sección se aplica este proceso a un caso de estudio para ilustrar el modelado del negocio en ese dominio, por lo que se presentan brevemente consideraciones en torno al SE.

Contexto y terminología

En esta sección se presentan los fundamentos básicos que se toman en consideración en el desarrollo de la propuesta, especialmente las relacionadas con la Ingeniería del Software y los conceptos fundamentales.

Ingeniería del Software

En las últimas décadas, uno de los avances más significativos de la humanidad lo constituye indiscutiblemente la *tecnología de la información y la comunicación (TIC)*, y dentro de ella, sin duda alguna, el desarrollo de sistemas de software que cumplan con la calidad exigida por estas tecnologías. ¿Quién no tiene que ver con aplicaciones de software en la vida diaria? En el área educativa los encontramos desde las inscripciones estudiantiles en una universidad, hasta la mediación del aprendizaje a través de aplicaciones electrónicas. Así por el estilo, casi cualquier actividad educativa en el mundo está ligada con las aplicaciones de software.

Es una nueva cultura: la cultura de la información y en consecuencia un nuevo tipo de sociedad, donde cada día las fallas en sistemas de software afectan a un número mayor de usuarios, lo que ha ocasionado que las organizaciones requieran, para su desarrollo informático, la formación de talentos en el área de la Ingeniería del Software. Lo que busca la disciplina de la *Ingeniería de Software (IS)* (Pressman, 2001), en la cual se pretende pasar de técnicas artesanales a técnicas de ingeniería, es desarrollar una solución de software, sistema de software, aplicación o producto de calidad, que considere convenientemente las necesidades y recursos, así como los procesos y procedimientos organizacionales que pueden ser automatizados, pues, mediante un buen análisis se podrá llegar a obtener una buena herramienta, reduciendo costos y aprovechando al máximo los recursos.

Para ello, la IS maneja cuatro pilares fundamentales: aseguramiento de la calidad, establecimiento de procesos, desarrollo de métodos y selección de herramientas que permitan la toma de decisiones adecuadas,

basados en procedimientos previamente estudiados, repetibles y probados como métodos de ingeniería.

En el área educativa, sin embargo, se aprecia la poca vinculación existente entre los mencionados pilares de la IS y los procesos de desarrollo que se siguen, muchos de los cuales suelen realizarse sin tomar en cuenta todas las aristas de este complejo problema, pues se requiere conciliar procesos inherentes al área educativa, con aquellos suficientemente probados y recomendados en el área computacional. El resultado es la existencia de sistemas heterogéneos, generalmente realizados “*ad hoc*” y sin contemplar la calidad de producto. En el negocio educativo, los productos de software desarrollados deben satisfacer los requerimientos pedagógicos manifiestos en las bases curriculares de la institución para la cual se diseña, además de satisfacer, en primera instancia, las políticas educativas de su localidad.

En esta investigación, se parte de la siguiente premisa: el aseguramiento de la calidad de los SE puede lograrse incorporando en el modelo de negocio reglas de negocio específicas. Una *regla de negocio* se considera como una política o un reglamento que debe ser cumplido en el dominio del negocio; por ejemplo el uso de software libre para la selección o el desarrollo de sistemas de software en instituciones públicas de gobierno, o el uso de una plataforma específica como Linux/Unix, Mac o Windows. En este sentido, en el dominio de SE consideramos que una regla de negocio podría ser constituida por restricciones curriculares y consideraciones pedagógicas de alto nivel, que deben tenerse en cuenta en el desarrollo de un SE de calidad.

Calidad del software

Una de las grandes metas que se plantean los desarrolladores de software es la satisfacción del usuario, la cual depende en gran medida de la comunicación que se establece entre los diferentes especialistas vinculados en el proceso de desarrollo. La satisfacción del usuario, puede lograrse al incorporar estándares de calidad cuando se desarrollan sistemas de software, lo cual se enmarca en las “buenas prácticas” recomendadas por la IS. Un estándar de calidad es un conjunto de lineamientos o normas diseñadas para que las aplicaciones de software puedan ser evaluadas al final del proceso y logren satisfactoriamente cada objetivo para el cual fueron desarrolladas, como se mencionó en la Introducción. Uno de los estándares más utilizados es la norma ISO/IEC 25010 (2011), que reemplaza y actualiza el estándar ISO 9126-1 (2006). Define, desde el punto de vista del usuario final:

Un *modelo de calidad del producto* se compone de ocho características de alto nivel de abstracción, que se subdividen en sub-características, mencionadas anteriormente. Se refieren a las propiedades *inherentes* al software (las características o requisitos de calidad, las cuales no cambian aunque el software cambie); las propiedades *asignadas*, que pueden cambiar aunque el software no cambie, como costo y tiempo de introducción del software al mercado, son requisitos no funcionales que no son considerados parte del modelo de calidad. El modelo es aplicable a los productos de software y sistemas informáticos.

Un *modelo de calidad en uso* se compone de cuatro características: *productividad*, *efectividad*, *seguridad* y *satisfacción*, algunas de las cuales se subdividen en subcaracterísticas. Se relacionan con el resultado de la interacción con los usuarios finales, cuando un sistema de software se emplea en un contexto particular de uso (p. 4).

Las características definidas por ambos modelos son relevantes para todos los productos de software y sistemas informáticos. Las características y sub-características de calidad del producto (ver Figura 1)

proporcionan coherencia terminológica para especificar, medir y evaluar la calidad del producto de software y sistemas informáticos (Alfonzo y Mariño, 2013), ISO/IEC 25010 (2011).

En la Ingeniería de Software, existe gran cantidad de riesgos e imponderables que pueden atentar contra el desarrollo de soluciones de software realmente efectivas, aún con el uso adecuado de los estándares de calidad; sin embargo los requisitos de calidad ayudan a detectar esos riesgos; por ejemplo si se controla la tolerancia a fallas en un sistema, si puede disminuir ese tipo de riesgo. Esto pudiera estar relacionado con problemas en el proceso de desarrollo, o bien, con problemas al momento de realizar la determinación y análisis de requisitos; también pueden surgir problemas debido al poco conocimiento que se tenga del negocio para el cual se está elaborando el software. En este sentido, elaborar el modelo del negocio como punto de partida en el proceso de determinación y análisis de requisitos, puede contribuir a resolver, en parte, la detección y solución de conflictos durante el desarrollo.

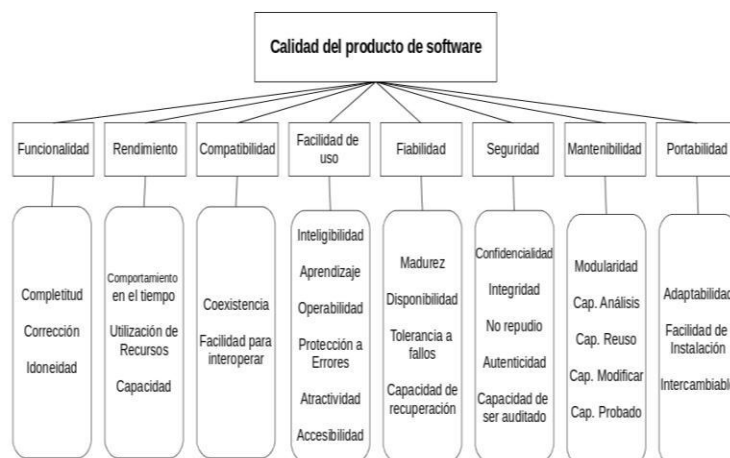


Figura 1. Modelo de CalidadISO/IEC 25010. Características con sus sub-características de calidad
(ISO/IEC 25010, 2011)

Modelo del negocio (MN)

El MN es una vista interna de la organización, sus procesos y sistemas, donde se aprecia el acoplamiento entre los diferentes modelos del sistema organizacional (Rodríguez, Fernández y Pattini, 2005). Estos modelos pueden ser representados utilizando UML 2.0 o alguna de sus extensiones o bien utilizando la propuesta del *Business Process Management Initiative* (BPMI; Delphi Group, 2011; Owen y Raj, 2005) con su notación *Business ProcessModellingNotation* (BPMN) (BPMI, 2011). Las tendencias actuales del desarrollo de software incluyen el modelado del negocio como una etapa importante para una mejor captura y especificación de los requisitos que debe satisfacer el futuro sistema de software, el cual soportará total o parcialmente los procesos del negocio; también considerando las TICs. Los procesos de negocios son traducidos a composición de “servicios” Web, los cuales ofrecen soluciones rápidas para la automatización de los procesos de negocio. Sin embargo, la completitud y trazabilidad de los requisitos son cruciales para

garantizar la flexibilidad del sistema para soportar cambios; esta propiedad es expresada por la característica de calidad denominada mantenibilidad en ISO/IEC 25010 (2011); de esta forma se podrán obtener productos capaces de mejorar en el tiempo. Las relaciones entre las entidades involucradas y los objetivos que los procesos deben satisfacer, tienen que ser especificados en el MN. Mediante una correspondencia adecuada entre los MN y el sistema, se incrementará la capacidad de evolución. Cuando haya una variación en el negocio, podrá ser reflejada rápidamente en el sistema, facilitando así su evolución.

Uno de los problemas del desarrollo de aplicaciones educativas es precisamente el no contar con un proceso de modelado del negocio educativo ni con los criterios que permitan la trazabilidad de este modelo con las funcionalidades del sistema. Aún no está claro cómo debe realizarse la elección de las funcionalidades o RF, la determinación de los RNF prioritarios y el diseño de un marco arquitectural o arquitectura de referencia válida para cualquier familia de aplicaciones o sistemas del dominio del SE; es allí donde se ponen de manifiesto los conflictos entre las propiedades de calidad relativas a cada requisito. Por lo tanto, en las fases iniciales del desarrollo es muy importante poder especificar estos aspectos, para proporcionar una arquitectura de referencia acorde con los requisitos iniciales. Una *arquitectura de referencia (AR)* comprende la estructura arquitectónica “*baseline*”, también denominada plantilla, en inglés “*framework*” o plataforma (Pohl, Böckle y van der Linden , 2005), en donde se articulan los componentes de todo el sistema; AR puede ser instanciada para ser reutilizada en la derivación de sistemas que comparten una estructura base similar. Es de hacer notar que las aplicaciones actuales que se basan en la comunicación electrónica, deben responder a la evolución tecnológica creciente; por lo tanto su arquitectura debe reflejar esta flexibilidad, es decir la capacidad de ser modificados o mantenibilidad en ISO/IEC 25010 (2011). Por lo tanto, la capacidad del software de ser evolutivo, que se adquiere mediante la trazabilidad entre el MN y el modelo del sistema de software, corrobora esta afirmación y se recalca que la especificación de requisitos es crucial para conseguir dicha trazabilidad.

Análisis de Dominio

Hay enfoques para el proceso de desarrollo que consideran relacionar los requisitos funcionales con los requisitos de calidad u objetivos de calidad a los cuales éstos responden, entre estas se encuentra el de Losavio, Matteo y Pacilli (2014), quienes definen el proceso PEC basado en Supakkul y Chung (2005), incluyendo en la etapa inicial el AD para la reutilización del conocimiento sobre la arquitectura y la identificación de restricciones o propiedades globales sobre las familias de aplicaciones del dominio (ver Figura 2); este AD incluye la especificación de las propiedades de calidad derivadas de requisitos funcionales, arquitecturales y otras restricciones, mediante el estándar ISO/IEC 25010 (2011). Un *dominio*, según Bérard (1992), es el conjunto mínimo de propiedades que definen una familia de problemas para los cuales se requieren soluciones computacionales. El resultado de este AD es el punto de partida para la justificación de los requisitos globales de la aplicación o sistema a ser construido utilizando estándares (ISO/IEC 25010, 2011; Losavio, Chirinos, Matteo y Ramdane-Cherif, 2004; Losavio, Matteo y Pacilli, 2014).

Proceso MN-PEC

En este estudio, se toma PEC, propuesto por Losavio, Matteo y Pacilli (2014) que se muestra en la Figura 2, incorporando el MN, ver Figura 3. Se considera que MN es de vital importancia en el dominio educativo para garantizar que el producto de software satisfaga los requisitos del usuario y de calidad, además de satisfacer tanto las políticas educativas y los enfoques pedagógicos válidos en el contexto para el cual se desarrolla; es en este modelo donde se pueden especificar los propósitos y las restricciones curriculares.

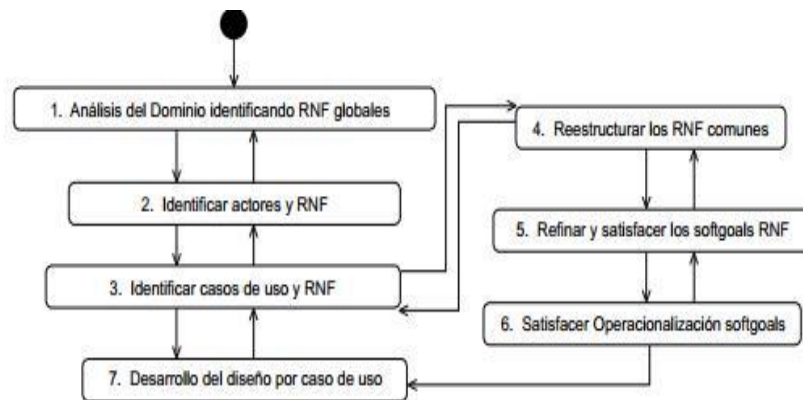


Figura2. Diagrama de Actividad describiendo PEC

Tomado de Losavio, Matteo y Pacilli (2014, p. 18)

MN-PEC es un proceso de desarrollo que se define en el presente trabajo que permitirá obtener una AR para SE que satisfaga todas las características de calidad deseables en el dominio. En lo que sigue se desarrollarán los pasos 1 y 2 de MN-PEC:

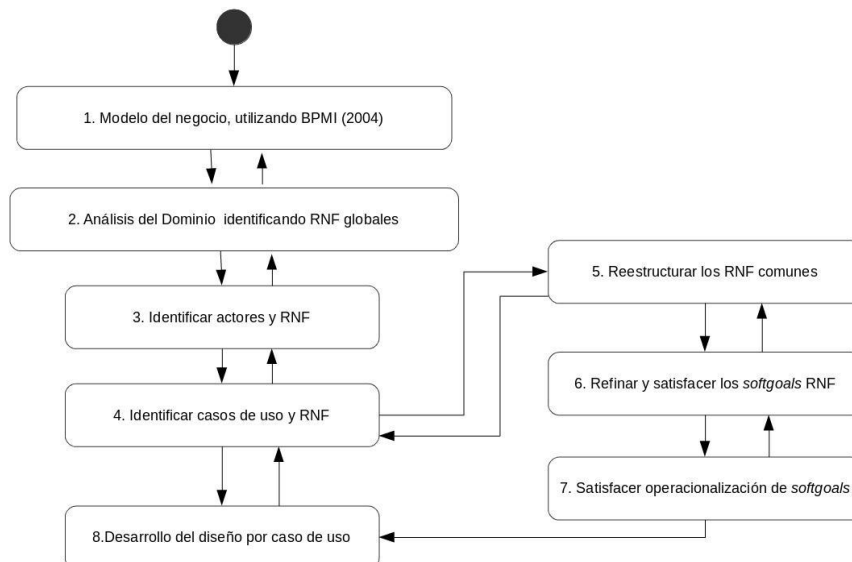


Figura 3.Propuesta de PEC extendido con modelo de negocio: MN-PEC

MN-PEC - Paso 1. Modelado del Negocio

Entrada: descripción textual del problema que permita la determinación del modelo de negocio propio del dominio

Especificar los procesos relativos al negocio siguiendo las fases para la gestión de los procesos de negocio de una organización BPMI (BPMI, 2011; Fuentes y Sánchez, 2005), Berrocal, García y Murillo (2007). Estas fases y actividades establecen el ciclo de vida (ver Figura 4) que se debe seguir para alcanzar los objetivos y beneficios perseguidos por el modelado de los procesos de negocio:

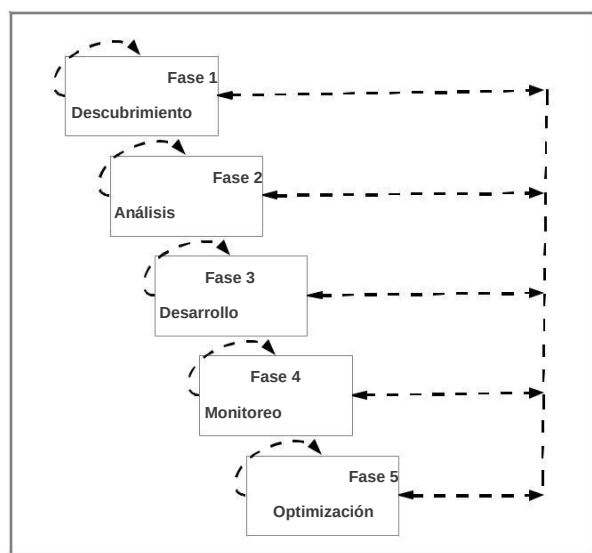


Figura 4. Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio (las líneas segmentadas indican relaciones bidireccionales entre cada fase). Berrocal, García y Murillo (2007)

1.1 Descubrimiento

El principal objetivo es identificar y entender cada uno de los procesos de negocio que forman la organización. Especificando todos los detalles de cada uno de los requisitos exigidos y centrándose, principalmente, en las funcionalidades clave del sistema; en este dominio estas funcionalidades, en gran medida, se derivan de las reglas del negocio, las cuales vienen dadas por las decisiones curriculares del contexto educativo donde se diseña. Esto es, por ejemplo, teoría pedagógica subyacente, competencias genéricas a desarrollar, entre otros.

a. Identificar procesos de negocio: tales como *Añadir Conocimiento* (vinculado con las teorías pedagógicas seleccionadas), *Realizar consulta* (relacionado con el rol que se espera que asuma el estudiante), *Validar respuestas* (es necesario fijar posición con respecto al manejo de los errores), entre otros procesos.

b. Especificar procesos de negocio: Se hará utilizando la notación BPMN; adicionalmente se debe especificar **la meta del proceso**, que en general es un RF y los **RNF asociados con esa meta**.

1.2 Análisis

En esta fase se estudia cada uno de los procesos de negocio del sistema, modelándolos con las nuevas características y reglas que deben seguir para obtener una mayor productividad. Una vez identificado los procesos del negocio, desde el punto de vista pedagógico, se asocian con los RF y los RNF que pudieran ser particulares del dominio, o bien del desarrollo en particular.

1.3 Desarrollo

Se depuran los procesos de negocio analizados y diseñados en la etapa anterior y se establecen las especificaciones para su ejecución ya sea automatizada o no.

1.4 Monitoreo

Cada proceso de negocio debe ser controlable y por lo tanto medible, para saber su grado de éxito y calidad con el que ha sido llevado a cabo; de esta forma, se pueden analizar los resultados de cada uno de los procesos para que puedan ser redefinidos y optimizados.

1.5 Optimización:

Aquellos procesos que no han cumplido las expectativas deseadas, son rediseñados para que puedan mejorar su rendimiento y así también el de la empresa.

Salida: reglas del negocio, MN en BPMN, RF, RNF

MN-PEC – Paso 2. Análisis de dominio

Entrada: MN especificado en BPMN, reglas del negocio, RF, RNF

- f. Identificar el (los) estilo (s) arquitectural (es) y/o soluciones arquitecturales del dominio
- g. Definir la funcionalidad del dominio: listar las funcionalidades principales para una familia; esta etapa se facilita con los resultados del MN del paso 1.
- h. Definir el modelo de calidad del dominio, utilizando el estándar ISO/IEC 25010 (puede utilizarse cualquier otro estándar); esta etapa se facilita con los resultados del MN del paso 1.
 - i. Se especifica la calidad arquitectural del dominio, utilizando los objetivos de calidad críticos de una solución arquitectural genérica o estilo para una familia del dominio
 - j. Se especifica la calidad funcional del dominio, donde se identifican las funcionalidades propias a la familia y a cada funcionalidad se asocian los requisitos de calidad, como objetivos que deben cumplirse para lograr las funcionalidades.
- k. Salida: modelo de calidad de la familia del dominio

2. Identificación de RNF globales

- identificar RNF a los cuales debe responder todo el sistema

3. Identificación de actores y RNF

- identificar los participantes como usuarios del sistema y a identificar los RNF del sistema

4. Identificación de Casos de Uso y RNF

- reestructurar los RNF comunes
- refinar y satisfacer RNF expresados como “*softgoals*”
- identificar las operacionalizaciones de los *softgoals* que representa soluciones arquitecturales para satisfacer los RNF expresados como <<include>> en el modelo de casos de uso

5. Realizar el diseño por casos de uso

- construir AR, haciendo corresponder los casos de uso y las operacionalizaciones obtenidas en el paso 4 con componentes arquitecturales
- determinar el modelo de variabilidad de AR identificando componentes comunes y variantes

En este trabajo solo trataremos los pasos (1) Modelado del Negocio y (2) Análisis del Dominio del MN-PEC; en el paso 2 solo nos referiremos a la identificación de los principales estilos arquitecturales y/o soluciones arquitecturales.

Aplicación de MN-PEC al caso de estudio: Software Educativo

En esta sección se valida MN-PEC respecto al dominio de SE. Se comienza describiendo el modelo de negocio, usando BPMI (2011), para simplificar la lectura, sólo se desarrollarán las fases de Descubrimiento y Análisis, en trabajos posteriores, se analizará el dominio, llegando hasta la propuesta de las características de calidad prioritarias en el dominio.

MN-PEC - Paso 1. Modelado del Negocio del SE

Entrada: Descripción textual del problema: Software Educativo

No existe una acepción única para el término SE. Para Sánchez (2011), es “cualquier programa computacional cuyas características estructurales y funcionales sirvan de apoyo al proceso de enseñar, aprender y administrar”. Un concepto más restringido sería aquel que lo define como “cualquier material de aprendizaje especialmente diseñado para ser utilizado con una computadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje”. Según Rodríguez (2000) “es una aplicación informática, que soportada sobre una estrategia pedagógica bien definida, apoya directamente el proceso de enseñanza aprendizaje constituyendo un efectivo instrumento para el desarrollo educacional del hombre del próximo siglo”.

Lo anterior evidencia la necesidad de caracterizar y clasificar al SE de manera tal que permita distinguir entre éstos y las herramientas computacionales útiles en el proceso enseñanza-aprendizaje. En este sentido, uno de los principales aspectos a considerar en el momento de diseñar o elegir un SE, son los elementos fundamentales de la teoría pedagógica afín al docente; por ejemplo, en este trabajo resulta relevante que en el diseño o selección se tenga presente:

6. Qué significa aprender
7. El rol del estudiante en el proceso enseñanza-aprendizaje

8. Las teorías pedagógicas subyacentes en el proceso
9. Las estrategias de enseñanza preferentes en el área de estudio

Además, un SE debe vincularse directamente con los propósitos instruccionales para los cuales ha sido diseñado, incorporando las estrategias educacionales y de evaluación acordes a tales propósitos. Sin embargo, es importante contemplar la posibilidad de que no todas las exigencias educativas pueden satisfacerse plenamente. En este orden de ideas, para Giacosa, Giuliano, Giorgi y Concari (2010) al momento de seleccionar/diseñar un SE se deben tomar en cuenta, además de los criterios pedagógicos mencionados, criterios que hacen referencia a aspectos funcionales y, si fuera comercial, también habría que contemplar el económico.

Reglas del negocio

Con respecto a las características propias de las plataformas para el aprendizaje electrónico, surgen algunas reglas del negocio que toda institución educativa debe considerar (Álvarez, 2003):

3. *Proporcionar acceso al contenido* desde cualquier lugar, a través de un navegador de Internet.
4. El *contenido* (tema o asunto que se analiza en el curso) debe ser *interoperable* para poder ser compartido y *portable* para ser independiente de la plataforma, de tal manera de poder utilizar diferentes plataformas para acceder un mismo contenido.
5. El *entorno de aprendizaje* (lugar, espacio, comunidad o sucesión de hechos que promueven el aprendizaje) debe ser *adaptable* o personalizable.
6. Se deben *diseñar contenidos que puedan ser utilizados una y otra vez* en diferentes asignaturas, cursos o programas educativos, es decir los contenidos deben ser *reutilizables*.

Estas reglas del negocio, generales, seguirán analizándose y depurándose, para ser adaptadas de acuerdo con las restricciones curriculares reinantes en la institución para la cual se diseña el software. En la especificación de cada proceso se precisará la influencia de estas reglas.

Modelo de negocio

1.1 Descubrimiento

Procesos: *Realizar Consulta*, *Añadir Conocimiento*, *Validar Respuestas*, son los más relevantes, entre otros que no se especificarán en este artículo.

1.2 Análisis

La siguiente descripción del flujo de ejecución del proceso de negocio: *Realizar Consulta* (ver Figura 5) se da como un ejemplo. En este proceso intervienen el estudiante con el sistema, la participación del docente se realiza en el proceso previo: *Añadir Conocimiento*, y en otro posterior, *Validar Respuestas*.

- Los actores a considerar son el *sistema* y los *estudiantes*.
- El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder al software para consultar un tema en específico.

- El sistema recibe la solicitud y analiza la lista de temas.
- El sistema muestra los contenidos disponibles.
- El estudiante selecciona el contenido con el que va a trabajar
- El sistema muestra el contenido y las preguntas relacionadas.
- El estudiante responde la pregunta.
- El sistema indica si es o no correcta y presenta la opción de responder otra pregunta.
- Finaliza el proceso cuando el estudiante recibe la estadística de respuestas acertadas.

Requisitos Funcionales: *Realizar Consulta*

Requisitos No Funcionales o metas de calidad: *disponibilidad del sistemas, seguridad de acceso, eficiencia en tiempo, precisión (corrección) respecto a las respuestas, completitud de las tareas realizadas, facilidad de uso para el estudiante*

Reglas de negocio que pueden afectar al proceso: *Proporcionar acceso al contenido.*

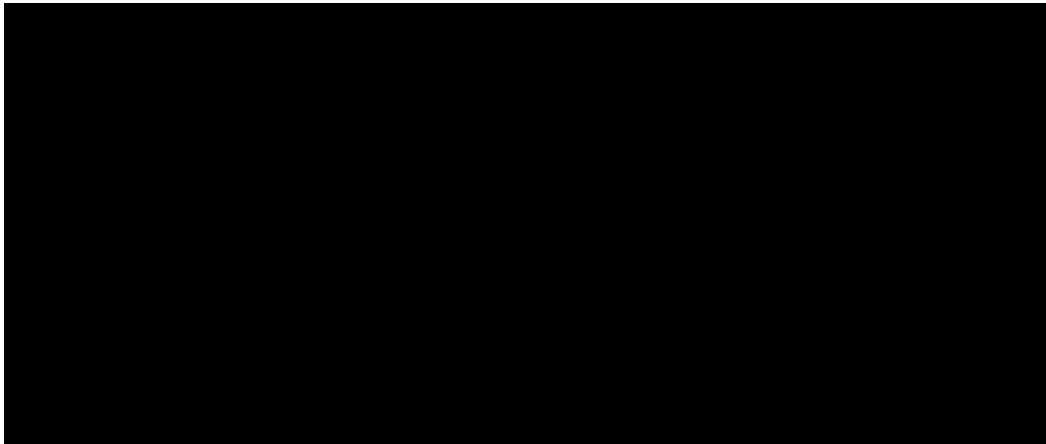


Figura 5. Modelo de Negocio usando BPMN Proceso: Realizar consulta

2. Análisis de dominio

a. Estilos y/o soluciones arquitecturales para Software Educativo

Los modelos y arquitecturas de referencia que particularizan un estilo, imponen una serie de restricciones sobre el mismo y realizan por lo general una descomposición y definición estándar de componentes. En el dominio de los SE resulta complicado el generalizar las características arquitecturales que permitan establecer una arquitectura de referencia única para este tipo de aplicaciones electrónicas, pues no existen estándares que guíen el proceso de desarrollo, es escasa la documentación inherente a los procesos que implican la toma de decisiones arquitecturales y, lo más serio aún, las particularidades del negocio contemplan restricciones locales, regionales y nacionales, resultando casi imposible hablar de una arquitectura de

referencia única para este tipo de aplicaciones. De las reglas del negocios formuladas en el paso anterior, con respecto a la arquitectura, se desprende que se requieren aplicaciones Web, que utilizan un navegador, es decir que son cliente-servidor/SOA¹¹/capas: capa de proceso con servidores de aplicaciones para la gestión de contenidos, capa de datos para la base de datos, capa de presentación con despliegue de páginas en navegador y finalmente la capa de transmisión para la gestión de la comunicación, que concierne o entrecruza a las demás capas.

Al analizar los diferentes tipos de SE, puede observarse que en general, poseen tres módulos principales claramente definidos, (Marqués, citado en Vidal, Gómez y Ruiz, 2010):

a. El *módulo o componente que gestiona la comunicación* (sistema input/output), a través del cual los programas establecen el diálogo con los usuarios y es el que posibilita la interactividad característica de este tipo de software. Corresponde a la capa de presentación.

b. El *módulo o componente que contiene los contenidos informativos del programa* (bases de datos), donde se obtiene la información específica que se presentará a los estudiantes; corresponde a la capa de Datos, y

c. El *módulo o componente que gestiona las actuaciones y las respuestas a las acciones de los usuarios (motor)*. El motor o algoritmo, corresponde a la capa de proceso y gestiona las secuencias en que se presenta la información de las bases de datos y las actividades que pueden realizar.

En este estudio se hace un ejercicio respecto a las soluciones arquitectónicas deseables para cinco tipos de SE, clasificados de acuerdo con sus propósitos y modos de interactuar, advirtiendo al lector que pudieran encontrarse tantas propuestas, como objetivos persigan los docentes involucrados en un proceso enseñanza-aprendizaje que utilice esta herramienta tecnológica. Así, se describen en el Cuadro 1, algunos SE y se especifican las características/sub-características de calidad ISO/IEC 2510, deseable en cada caso.

Cuadro 1.
Caracterización del Software Educativo

Tipo de SE	Características	Clasificación	Descripción	Características de calidad prioritarias	Comentarios	Estilo/ Solución arquitectónica
Programas tutoriales (Programas didácticos, plataformas e-learning, entre otros)	Dirigen el trabajo de los estudiantes y controlan en todo momento su actividad	Programas lineales	Son poco interactivos, se limitan a presentar una secuencia de información o ejercicios.	Funcionalidad Facilidad de uso Portabilidad (adaptabilidad) Mantenibilidad	Su diseño sigue procesos formales. Se pueden realizar para satisfacer necesidades instruccionales particulares	Capas, MVC, "stand-alone"
		Programas ramificados	Ofrecen más opciones de interacción, ordenar el material según la complejidad (son multinivel).	Funcionalidad Facilidad de uso Rendimiento (Tiempo) Portabilidad (adaptabilidad) Mantenibilidad		Capas, MVC, "stand-alone"
		Entornos virtuales	Proporcionan herramientas de búsqueda y de la información que	Funcionalidad Facilidad de uso Rendimiento (tiempo) Portabilidad	Ofrecen la posibilidad de digitalizar la realidad para compartir	Event-driven (SOA); Web Services

11 Service Oriented Architecture <http://www.soaagenda.com/>

Cuadro 1.
Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
			pueden utilizarse libremente para construir las respuestas. Un ejemplo de este tipo de software, son los entornos de resolución de problemas.	(adaptabilidad) - Fiabilidad (Disponibilidad)	información y comunicarse con otros entornos	
		Sistemas tutoriales expertos	Tienden a reproducir un diálogo auténtico entre el programa y el estudiante; pretenden comportarse como lo haría un tutor humano: guían al estudiante paso a paso en el proceso, analizan su estilo de aprendizaje y sus errores, proporcionando respuestas en función de esa interacción. Están basados en Inteligencia Artificial.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad (Disponibilidad)	Son los más utilizados para mediar el aprendizaje electrónico (e-learning), han avanzado desde las plataformas para mediar el aprendizaje de contenidos, hasta los campus virtuales.	Event-driven (SOA); Web Services
Bases de datos (Google scholar, EBSCO, entre otros)	Proporcionan datos organizados, en un entorno estático, según determinados criterios; facilitan su exploración y consulta selectiva.	Bases de datos convencionales	Almacenan la información en ficheros, mapas o gráficos. El usuario la utiliza según su criterio.	- Seguridad - Fiabilidad (disponibilidad) - Mantenibilidad - Portabilidad (adaptabilidad)	Suelen utilizarse en las bibliotecas para organizar la información presentada en sus ficheros.	Repositorio
		Bases de datos tipo sistema experto	Recopilan la información existente de un tema concreto y además asesoran al usuario cuando accede buscando determinadas respuestas.	- Seguridad - Fiabilidad (disponibilidad) - Mantenibilidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo)	Los repositorios de datos, que preservan la memoria académica de las instituciones educativas, son cada vez más utilizados	Repositorio
Simuladores (Physlets, realidad virtual, etc.)	Presentan un modelo o entorno dinámico; facilitan la exploración y modificación de datos de situaciones difícilmente accesibles en la realidad.	Modelos matemáticos	Obedecen a leyes representadas por un sistema de ecuaciones deterministas.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad (disponibilidad)	Útiles para modelar fenómenos difíciles de reproducir en un laboratorio	Event-driven (SOA); Web Services
		Entornos sociales	Presentan una realidad regida por leyes no del todo deterministas, se incluyen juegos de estrategias, por ejemplo, que exigen acciones cambiantes.	- Funcionalidad - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Seguridad	Los simuladores de vuelo, así como algunos juegos colectivos, útiles para el aprendizaje de las normas deportivas.	Event-driven (SOA); Web Services

Cuadro 1.
Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
Constructores (Visual basic, etc)	Poseen un entorno programable que facilita elementos para construir entornos más complejos.	Constructores específicos	Ponen a disposición una serie de mecanismos de actuación que les permiten llevar a cabo operaciones de un cierto grado de complejidad mediante la construcción de determinados entornos, modelos o estructuras	- Funcionalidad - Rendimiento (tiempo) - Facilidad de uso - Mantenibilidad - Portabilidad (adaptabilidad)	Especies de plantillas utilizadas para generar recursos instruccionales	Capas, MVC, "stand-alone"
		Lenguajes programación	Como LOGO, PASCAL, BASIC..., que ofrecen unos "laboratorios de símbolos" en los que se pueden construir un número limitado de entornos.	- Funcionalidad - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad - Disponibilidad, madurez, tolerancia a fallos - Portabilidad (adaptabilidad) - Rendimiento (tiempo)	Mayormente utilizados en las aulas de computación o, en general, educativa o aplicada	Máquina virtual, pipe-filter (compilador)
Herramientas (Office, LibreOffice, OpenOffice, etc)	Proporcionan un entorno instrumental con el cual se facilita la realización de ciertos trabajos generales de tratamiento de la información: escribir, organizar, calcular, dibujar, transmitir, captar datos, entre otros.	Procesadores texto	Con la ayuda de una de impresora, convierten el ordenador en una máquina de escribir	- Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad - Disponibilidad, madurez, tolerancia a fallos	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas, MVC, "stand-alone", plugins.
		Gestores de base de datos	Sirven para generar potentes sistemas de archivo ya que permiten almacenar información de manera organizada y posteriormente recuperarla y modificarla.	- Facilidad de uso - Compatibilidad (interoperabilidad) - Rendimiento (tiempo)	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas con tres niveles: externo, interno y conceptual.
		Hojas de cálculo	Convierten el ordenador en una versátil y rápida calculadora programable, facilitando la realización de actividades que requieran efectuar muchos cálculos matemáticos.	- Funcionalidad (correctitud) - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad - Disponibilidad, madurez, tolerancia a fallos	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas, MVC, "stand-alone"
		Editores gráficos	Se emplean desde un punto de vista instrumental para realizar dibujos, portadas para los trabajos, murales, anuncios, etc.	- Funcionalidad (correctitud) - Facilidad de uso - Rendimiento (tiempo) - Compatibilidad (interoperabilidad) - Fiabilidad	Son utilizados de manera generalizada; su aprendizaje inicia desde las etapas tempranas de formación	Capas, MVC, "stand-alone", plugins.

Cuadro 1.
Caracterización del Software Educativo

<i>Tipo de SE</i>	<i>Características</i>	<i>Clasificación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Características de calidad prioritarias</i>	<i>Comentarios</i>	<i>Estilo/ Solución arquitectónica</i>
				(disponibilidad, madurez, tolerancia a fallas)		
		Programas de mensajería	Permiten que equipos lejanos (si disponen de módem) se comuniquen entre sí a través de las líneas telefónicas y puedan enviarse mensajes y gráficos, programas. Ejemplos: “chats”, Facebook, wikis, entre otros.	Seguridad Rendimiento (tiempo) Compatibilidad (interoperabilidad) Fiabilidad (disponibilidad)	Se usan de manera cotidiana, con o sin fines educativos; muy popular entre los adolescentes	SOA / Web services
		Programas de experimentación asistida	Recogen datos sobre el comportamiento de las variables que inciden en determinados fenómenos. Permiten construir tablas y elaborar representaciones gráficas de las variables estudiadas.	Funcionalidad Compatibilidad (interoperabilidad) Rendimiento (tiempo)	Utilizadas mayormente en clases de laboratorio	SOA / Web services

Nota. Los tipos de SE y sus características fueron adaptados de Marqués, 2010

Como puede verse en el cuadro anterior, son muchas las propuesta referidas a SE, muchos tipos de sistemas de software son utilizados para fines educacionales, aunque no fueron construidos para eso, y como se decía anteriormente, esta clasificación podría ampliarse al realizar una revisión más exhaustiva de los SE que se encuentran disponibles, aun así, podrían encontrarse propuestas no comerciales que utilicen otro tipo de arquitectura en su desarrollo.

b. Definir las funcionalidades del dominio

Algunas funcionalidades del dominio están relacionadas con: Identificar usuarios; Registrar la sesión de trabajo; Ofrecer respuesta en cada interacción; Ingresar, modificar o eliminar nuevo contenido; Emitir reporte de usuarios; Registrar estadísticas de uso, entre otros.

c. Construcción del modelo de calidad

Tomando como base lo anterior y los resultados del MN del paso 1, los SE estudiados posean las siguientes características de calidad prioritarias:

- *Funcionalidad*, determina la capacidad del producto para proveer funciones que cumplan con necesidades específicas o implícitas, cuando el software es utilizado bajo ciertas condiciones. Sub-características: adecuación al propósito (completitud) y precisión.
- *Facilidad de uso*, para que un SE sea útil para el aprendizaje, debe generar actividades que motiven y

mantengan la atención, a la vez que respondan a diferentes estilos de aprendizaje. Esta característica, garantiza que el SE sea atractivo, entendible, aprendido y utilizado bajo las condiciones para las cuales se diseña. Sub-características: facilidad de comprensión, uso y operación. Debe observarse que la arquitectura no es responsable de hacer cumplir esta característica.

- *Confiabilidad*, debido a que es importante que funcione bajo las condiciones establecidas y mantenga un nivel específico de rendimiento, para garantizar un ambiente adecuado bajo condiciones específicas. Sub-características deseables: madurez, disponibilidad y tolerancia a fallas. Es claro que en el caso de aplicaciones Web, la confiabilidad depende de la disponibilidad de la conexión a la red; si no hay conexión, el sistema no cumplirá con sus compromisos.
- *Portabilidad*, se espera que el software pueda ser ejecutado en diferentes plataformas.
- *Compatibilidad*, se espera que los diferentes componentes del SE puedan ser combinados con otros. Sub-características deseables: interoperabilidad
- *Mantenibilidad*, se requiere que el SE pueda ser modificado para que pueda evolucionar: corregir fallas, mejorar su rendimiento u otros atributos, o para adaptarlo a un entorno cambiante. Sub-características deseables: modificabilidad, modularidad, reutilización.

Conclusiones

Es poco frecuente encontrar en el desarrollo de SE procesos que concilien elementos pedagógicos con los tecnológicos, por lo que los productos obtenidos suelen tener un tiempo de vida muy corto; bien sea porque son difíciles de mantener, o bien porque no son escalables. Por otro lado, cuando se consideran solo los procesos inherentes a la Ingeniería del Software, se corre el riesgo que los productos no satisfagan las necesidades instruccionales de los docentes. Ambos problemas se pueden resolver considerando un proceso de desarrollo que considere el análisis del dominio y parta del modelo del negocio, que en el caso educativo, es donde se ven reflejadas las necesidades curriculares inherentes al proceso de enseñanza-aprendizaje. Todo esto sería la entrada para la delimitación de las características de calidad arquitecturales y permitiría obtener una arquitectura de referencia específica para el dominio.

Reconocimiento

Queremos hacer un especial reconocimiento al Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela y al Banco Central de Venezuela, por su colaboración en esta investigación.

Referencias

Alfonzo Pedro y Mariño Sonia (2013). Los estándares internacionales y su importancia para la industria del software. *Ciencia y Técnica Administrativa*, 12 (2), N°2. Buenos Aires. [Documento en línea] Disponible en: <http://www.cyta.com.ar/ta1202/v12n2a3.htm> [Consulta: 2015, marzo 29]

Álvarez José (2003). Uso de estándares e-learning en espacios educativos. *Revista Fuentes*, 5,153-172. España: Universidad de Sevilla.

Arias Jesús (2005). *Definición de un modelo para la verificación formal de procesos de negocio*. Madrid:

- Universidad Carlos III. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.it.uc3m.es/jaf/tesis/tesis.pdf> [Consulta: 2015, enero 19].
- Bérard Edward (1992). Testing of object-oriented software. *Proceedings of the eighth international conference on Technology of object oriented languages and systems*. EEUU: Prentice-Hall, Inc.
- Berrocal Javier, GarcíaJosé y MurilloJuan (2007). *Hacia una gestión del proceso software dirigida por Procesos de Negocio*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://alarcos.esi.uclm.es/pnis/articulos/pnis-07-Berrocal-GPSDPN.pdf> [Consulta: 2015, febrero 20].
- Business Process Management Initiative, BPMI (2011). *Business Process Modeling Notation (BPMN)* [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> [Consulta: 2015, marzo 02].
- Delphi Group. BPM2002. (2011) *Marke Milestone Report*. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.fujitsu.com/downloads/SG/fapl/workflow/iflow_delphi_report.pdf [Consulta: 2014, diciembre 17].
- Fuentes Lidia y Sánchez Pablo (2005). *Desarrollo de software con aspectos dirigido por modelos*. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.dsi.uclm.es/personal/elena.navarro/dsoa/papersCR/Sanchez_desarrollo.pdf [Consulta: 2015, marzo 29].
- Garlan David y Shaw Mary (1994). *An Introduction to Software Architecture. Advances in Software Engineering and Knowledge Engineering*, Volume I. New Jersey: World Scientific Publishing Company.
- Giacosa Norah, Giuliano Mónica, Giorgi Silvia, y Concari Sonia (2010). *Criterios para evaluar applets de física universitaria*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.cbc.uba.ar/noti/> [Consulta: 2010, diciembre 14].
- ISO/IEC 25010 (2011). *Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*. Systems and software quality models, ISO/IEC JTC1/SC7/WG6. Ginebra: autor.
- ISO/IEC (2006). *Systems and software engineering. Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)*. Ginebra: autor.
- Krueger Charles (2002). *Easing the Transition to Software Mass Customization*. Berlin: F. van der Linden (Ed.).
- Losavio Francisca, Chirinos Lenis, Matteo Alfredo, LévyRamdane-Cherif (2004). Designing Quality Architecture: Incorporating ISO Standards into the Unified Process. *Journal of ISYM*, 21(1), 27-44. Johannes Gutenberg: UniversitätMainz.
- LosavioFrancisca, Matteo Alfredo y Pacilli Irma (2014). Unified Process for Domain Analysis integrating Quality, Aspects and Goals. *CLEI ElectronicJournal*, 17(2), paper 1. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.clei.org/cleij/paper.php?id=298> [Consulta: 2015, febrero 20].
- Vidal María, Gómez Freddy y Ruiz Alina (2010). Software educativos. Educational softwares. *Educación Médica Superior*, 24(1).Cuba: Universidad de La Habana.
- Owen Martin y Raj Jog (2005). *BPMN and Business Process Management An Introduction to the New Business Process Modeling Standard*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.bptrends.com/publicationfiles/03-04%20WP%20BPMN%20and%20BPM%20Owen-Raj.pdf>

[Consulta: 2014, noviembre 20].

Pohl Klaus, BöckleGünter y van der Linden Frank (2005). SPL engineering - foundations, principles, and techniques. *Springer IXXVI*, pp. 1-467. Germany: UniversitätTriet.

Pressman Roger (2001). *Ingeniería del Software: Un enfoque práctico*. México: McGraw Hill.

Rodríguez Raúl (2000). La Informática educativa en el contexto actual. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 13. [Documento en línea]. Disponible en: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec13/Rlamas.html> [Consulta: 2014, marzo 15]

Rodríguez Alfonso, Fernández Eduardo y Pattini Mario (2005). *Hacia la definición de Procesos de Negocios Seguros basados en una Arquitectura Dirigida por Modelos*. [Documento en línea]. Disponible en: http://www.face.ubiobio.cl/~alfonso/Publicaciones_Conferencias.html [Consulta: 2015, enero 14].

Sánchez Jaime (2011). *Informática Educativa*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.c5.cl/ie/> [Consulta: 2011, enero 19].

Supakkul Sam y Chung Lawrence (2004). Integrating FRs and NFRs: A Use Case and Goal Driven Approach, *2nd ICSE*, 30-37. USA: San Francisco, CA.

APÉNDICE 5

Análisis de Requisitos para Software Educativo

Losavio F. y Esteves Y. (2014). Análisis de Requisitos para Software Educativo, *2da. Conferencia Nacional de Computación, Informática y Sistemas/CoNCISa*, en actas, pp. 182-186, ISBN 978-980-7683-00-5, 1-3 de Octubre 2014, UCAB, <https://drive.google.com/file/d/0B4DfbhYB-kIVajVKcm9zb2hwaGM/view?usp=sharing>

Análisis de Requisitos para Software Educativo

Caso: Software Educativo en Petróleo y Energía

Francisca Losavio
Laboratorio MoST, Escuela de Computación
Facultad de Ciencias, UCV
Caracas, Venezuela
francislosavio@gmail.com

Yuly Esteves
Departamento de Ciencias Naturales y Matemática
Instituto Pedagógico de Miranda, UPEL
Caracas, Venezuela
yulyestevess@gmail.com

Resumen— Es creciente el interés de los docentes de física en la producción de aplicaciones educativas que faciliten el aprendizaje de los fenómenos físicos en el aula de clases [1]. Sin embargo, se mantiene como un tema no resuelto lo relativo a los aspectos tecnológicos y pedagógicos que deben ser contemplados en su diseño y evaluación. Lo anterior implica por una parte, la consideración de las características del negocio educativo y por otra parte, la aplicación de principios inherentes a la Ingeniería del Software. La valoración de tales aspectos se justifica por la necesidad de generar software de calidad según se propone en ISO/IEC [2]. En este sentido, el presente estudio de desarrollo teórico propone el análisis de requisitos para software educativo considerando el modelo del negocio en el área de la Enseñanza de la Física, mostrando así que es posible conciliar los aspectos pedagógicos con los tecnológicos y de contenido.

Palabras clave— Ingeniería del Software; Análisis de Requisitos; Software Educativo; Enseñanza de la Física.

I. INTRODUCCION

En el área de la enseñanza de la física, el diseño y selección de recursos instruccionales constituye un tema de investigación abierto, especialmente al considerar el creciente interés de los educadores por el uso del computador. En este contexto, la adecuación del software educativo a los requisitos del usuario final merece especial atención.

El problema de traducir los requisitos del usuario en funcionalidades del sistema ha conducido a la búsqueda de soluciones en el proceso de la captura de requisitos. Este proceso involucra la captura, el modelado y el análisis de los requisitos, tanto del diseñador como del usuario final del recurso, así como de las reglas propias del negocio educativo, dadas muchas veces por las teorías pedagógicas subyacentes al diseño del sistema.

En la actualidad, el análisis de requisitos se considera crucial para el diseño o selección de la arquitectura sobre la cual se articulará el sistema, pues los requisitos podrían estar implementados en las operaciones que se realizan o podrían responder a características de calidad del sistema. En esta etapa se consideran taxonomías, como son, entre otras, las categorías de requisitos funcionales, no funcionales y las reglas del negocio, que pueden ser capturadas en modelos, los cuales proporcionan maneras de expresar procesos en términos de objetos y comportamientos, capturando todos los aspectos relativos al sistema en el cual se desarrolla el

negocio. Si los modelos del negocio no se producen, se corre el riesgo que los desarrolladores no presten suficiente atención a la manera cómo se hace el negocio, creando inconsistencias [3]. Una vez que se especifica el modelo del negocio y se establezcan relaciones con el modelo de casos del uso del sistema, los analistas podrán ser informados en cuanto a los cambios en el nivel del negocio que afectan los elementos del sistema de software que se construye.

Un problema en el desarrollo de aplicaciones educativas es el no contar con un proceso de modelado del negocio educativo ni con los criterios que permitan la trazabilidad de este modelo con las funcionalidades del sistema. Esta trazabilidad es un tema abierto ya que no queda clara la relación entre la elección de las funcionalidades del sistema, la determinación de los requisitos no funcionales prioritarios y el diseño arquitectónico, que es donde se ponen de manifiesto los conflictos entre las propiedades de calidad relativas a cada requisito.

La norma ISO/IEC 25000 [2], considera que la calidad es la acción de aplicar criterios documentados para un módulo de software específico, paquete, producto o artefacto, con el propósito de determinar la aceptación o aprobación. Esta norma internacional define seis características que describen la calidad del producto desde el punto de vista interno (durante el proceso de desarrollo) y externo (en un ambiente de prueba) del software, como base para un posterior refinamiento y descripción de la calidad: funcionalidad (adecuación del software con las funcionalidades requeridas, es decir que realmente cumple con los requisitos funcionales exigidos), confiabilidad, eficiencia, facilidad de mantenimiento, facilidad de uso y portabilidad. El modelo presenta directrices para el uso de las características en cuanto a la evaluación de la calidad; además, puede utilizarse para la especificación (cualitativa y/o cuantitativa) de las características de calidad relacionadas con requisitos funcionales y no funcionales de un producto de software.

A. Software Educativo

No existe una acepción única para el término *software educativo* (SE). Para [4], un Software Educativo es "cualquier programa computacional cuyas características estructurales y funcionales sirvan de apoyo al proceso de enseñar, aprender y administrar". Un concepto más restringido sería aquel que lo define como cualquier material de

aprendizaje especialmente diseñado para ser utilizado con una computadora en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Según [5] "es una aplicación informática, que soportada sobre una estrategia pedagógica bien definida, apoya directamente el proceso de enseñanza aprendizaje constituyendo un efectivo instrumento para el desarrollo educacional del hombre del próximo siglo".

Como puede apreciarse, estas definiciones de SE lo ubican como un recurso útil en los procesos de enseñanza y aprendizaje; sin embargo, no todo software utilizado en dicho proceso puede considerarse educativo, pues muchas veces se hace uso de herramientas procesadoras de texto, generadoras de dispositivas o de hojas de cálculo, que son software diseñados para crear documentos que, eventualmente, pudieran ser utilizados como material educativo; este tipo de software deben considerarse como herramientas de trabajo ya que no fueron creados con el propósito de contribuir con el desarrollo de potencialidades de quienes los usan.

Lo anterior evidencia la necesidad de caracterizar y clasificar al software educativo de manera tal que permita distinguir entre SE y las herramientas computacionales útiles en el proceso enseñanza-aprendizaje. En este sentido, uno de los principales aspectos a considerar en el momento de diseñar o elegir un SE, son los elementos fundamentales de la teoría pedagógica afín al docente; por ejemplo, en este trabajo resulta relevante que en el diseño o selección de SE se tenga presente:

1. Qué significa aprender
2. El estudiante como protagonista del proceso enseñanza-aprendizaje
3. La contextualización de las situaciones de aprendizaje y su pertinencia social
4. La concepción de ciencia

Además, un SE debe ser altamente interactivo, a partir del empleo de recursos multimedia, como videos, sonidos, fotografías, diccionarios especializados, explicaciones del docente, ejercicios, juegos instructivos, entre otros; estos elementos serán incorporados de acuerdo con ciertas bases teórico-pedagógicas, dependiendo del propósito del software. Sin embargo, es importante contemplar la posibilidad de que no todas las exigencias educativas pueden satisfacerse plenamente con el software. Aunado a lo anteriormente mencionado, un SE debe:

- a. Incorporar diferentes tipos de evaluación: autoevaluación, coevaluación, evaluación del docente, entre otros; por medio de la incorporación de test, autoevaluaciones, modelos o ejemplos que permitan que el estudiante se dé cuenta de lo que sabe y lo que le falta por aprender.
- b. Organizar la información que presenta. Se deben proponer una serie de secuencias para alcanzar diferentes destrezas que componen la capacidad que se debe desarrollar, según el nivel inicial del que aprende.
- c. Proponer actividades para consolidar el aprendizaje.
- d. Proporcionar feedback oportuno.
- e. Ofrecer situaciones suficientemente atractivas para motivar al estudiante, adecuadas a su nivel y sus características etarias.

En este orden de ideas, para [6] al momento de seleccionar un software educativo se deben tomar en cuenta, además de los criterios pedagógicos mencionados, criterios que hacen referencia a aspectos funcionales y, si fuera comercial, también habría que contemplar el económico.

Los aspectos funcionales más importantes que se deben contemplar son: la funcionalidad (tareas que realiza el programa bajo ciertas condiciones), la versatilidad (posibilidad de ajuste de variables); la fiabilidad (rendimiento del programa cuando se usa en determinadas condiciones), la facilidad de uso (facilidad de ser aprendido y utilizado por usuarios); la interactividad (interacciones amigables y posibilidad de fácil entrada de órdenes y respuestas); la eficiencia (economía en la utilización de los recursos y del tiempo de aplicación para lograr un resultado), la eficacia (relacionada con la mínima dispersión de acciones para lograr el objetivo pretendido), la recuperabilidad (entendida como posibilidad de deshacer una acción una vez reconocido un error), la mantenibilidad (posibilidad de modificaciones que admite) y la portabilidad (posibilidad de transportar la información de un entorno a otro).

B. Requisitos del software

La correcta especificación de requisitos determina en gran medida el éxito de un proyecto de desarrollo de software. Los requisitos describen los servicios que debe proporcionar el sistema y sus restricciones operativas [7]. Un requisito puede ser una simple declaración abstracta de alto nivel o bien una definición detallada y formal de una función del sistema. Existen cinco niveles de descripción de requisitos:

- a. *Requisitos de usuario*: descripciones, en lenguaje natural o diagramas, de lo que se espera que el sistema proporcione y las restricciones bajo las cuales debe funcionar.
- b. *Requisitos del sistema*: establecen con detalle las funciones, servicios y restricciones operativas del sistema. Deben ser precisos. Deben definir exactamente qué es lo que se va a implementar. Pueden ser parte del contrato entre el comprador y el desarrollador.
- c. *Requisitos funcionales*: son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema. Especifica la manera en que éste debe reaccionar a determinadas entradas y cómo debe comportarse el sistema en situaciones particulares. Pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer.
- d. *Requisitos no funcionales*: no se refieren a funciones específicas que proporciona el sistema. Son restricciones de los servicios o funciones ofrecidas por el sistema (fiabilidad, tiempo de respuestas, capacidad de almacenamiento, etc.). Generalmente se aplican al sistema en su totalidad. Surgen de las necesidades del usuario (restricciones de presupuesto, políticas de la organización, necesidad de interoperatividad, etc.).

- e. *Requisitos del negocio*: provienen del dominio de aplicación del sistema y no de las necesidades del usuario. Reflejan características y restricciones del dominio de la aplicación. Pueden surgir nuevos requisitos funcionales, restricciones sobre requisitos funcionales que ya existían o definir cómo deben llevarse a cabo ciertas tareas.

II. SOFTWARE EDUCATIVO EN PETRÓLEO Y ENERGÍA

El caso de estudio que se analiza es el Software Educativo en Petróleo y Energía [8]; en este software se intenta ubicar al concepto de energía en diferentes contextos presentados en nueve opciones didácticas; esta variedad de opciones le da al estudiante la oportunidad de planificar su sesión de estudio, explorando y seleccionando la estrategia que más se adapte a sus necesidades de aprendizaje; los autores consideran la individualización, la retroalimentación y el manejo de los errores como elementos básicos a tomar en cuenta en el proceso enseñanza-aprendizaje. Todas estas características ubican esta propuesta en el marco de la *teoría cognitiva*, específicamente: (a) la teoría del *instrucción contextualizada* (anchored instruction) [9] que basa las secuencias de aprendizaje en la presentación de macro-contextos que le permitan a los estudiantes la posibilidad de explorar hasta lograr el aprendizaje; y (b) la *teoría de flexibilidad cognitiva* [10] que sostiene que, en el proceso enseñanza-aprendizaje, se debe considerar la múltiple representación del contenido y la dependencia contextual de los conceptos. Este software fue diseñado tomando en consideración el programa de estudios vigente de Física del ahora primer año de Educación Media Diversificada y Profesional (EMDP) [11]; se esperan los cambios oficiales en el programa de estudios del 4to año de Educación Media General, para su actualización.

III. ANÁLISIS DE REQUISITOS PARA EL SOFTWARE EDUCATIVO EN PETRÓLEO Y ENERGÍA

A. Requisitos de usuario

Los elementos fundamentales en este dominio se constituyen la fundamentación teórica de la *Línea de Investigación en Enseñanza de la Física: Enfoque de Múltiples Opciones Didácticas* [12]. En esta línea se propone que, el software educativo diseñado:

1. Permita la personalización de la sesión de trabajo.
2. Pueda ser utilizado tanto para fines de evaluación como para actividades de reforzamiento y exploración.
3. Le permita al usuario culminar la sesión de trabajo de manera sencilla.
4. Le permita al usuario conocer los resultados de las sesiones desarrolladas.
5. En el caso de ser utilizado dentro de actividades de evaluación, ofrezca un resumen de aciertos y desaciertos.
6. Registre las rutas seguidas por los usuarios durante la escogencia y revisión de las fichas didácticas. Esta información puede ser utilizada por el docente o el investigador para fines diversos.

B. Requisitos del sistema

Los requisitos de usuario derivan en los requisitos de sistema que se muestran a continuación.

TABLA I: REQUISITOS DEL SISTEMA

Tipo de usuario	Requisitos
Estudiante	• Registrar su sesión de trabajo • Personalizar la interfaz • Explorar la aplicación, navegando por las diferentes opciones didácticas • Seleccionar la opción didáctica de su preferencia. Responder las preguntas seleccionadas • Consultar sus aciertos y desaciertos • Imprimir su consulta
Docente (educador experto)	• Acceder al sistema • Personalizar la interfaz • Consultar el resultado de la exploración del estudiante (errores, rutas de aprendizaje y selección de opciones didácticas) • Imprimir las consultas • Configurar la exploración del estudiante de acuerdo con sus intenciones de evaluación (diagnóstica, formativa, sumativa)
Investigador (ingeniero de conocimiento)	• Acceder al sistema • Personalizar la interfaz • Consultar los resultados de las diferentes exploraciones de los usuarios • Imprimir las consultas • Modificar conocimiento • Incorporar conocimiento • Eliminar conocimiento

C. Requisitos funcionales

La Tabla I puede ser resumida en el modelo de casos de uso genérico del sistema; este modelo deberá ser analizado nuevamente, hasta obtener la versión definitiva. Las interacciones entre los usuarios y el software, se muestran en la Figura 1.



Fig 1. Modelo de Casos de Uso genérico para el Software Educativo en Petróleo y Energía

D. Requisitos no funcionales

Los requisitos no funcionales que se derivan del análisis de los lineamientos de la línea de investigación y se resumen a continuación:

1. El software debe ser operado con facilidad. Su interfaz debe ser atractiva para los usuarios
2. Debe ser rápido y ocupar poco espacio en disco
3. El software debe ser confiable. Debe funcionar adecuadamente
4. El software debe poder ser instalados en diferentes sistemas operativos
5. Debe poder ser modificado

E. Requisitos del negocio

a) *Reglas del negocio:* En general, el dominio en el que se encuentra la aplicación, es el relacionado con el software educativo; además, la organización donde se desarrolla el software es una empresa educativa, coincidiendo de esta forma las reglas del dominio con las de la organización. A continuación se muestran los aspectos a tomar en cuenta de acuerdo con la política, el procesamiento y la implementación en el dominio.

b) *Políticas:* en este software se debe:

- Considerar las individualidades de los estudiantes
- Registrar las rutas de aprendizaje
- Registrar las preferencias en la selección de opciones didácticas
- Registrar los errores cometidos por el usuario
- Dar feedback oportuno

c) *Implementación*

- El software debe integrar contenido multimedia en todo momento, ofreciendo gráficos de alta calidad, con movimiento propio que llame la atención de los estudiantes de 16 años en adelante.
- El software pueda ser instalado en los siguientes sistemas operativos libres y propietarios. Esta necesidad surge del hecho que el software debe poder ser utilizado en: (a) instituciones públicas, donde se cuentan, en el mejor de los casos, con computadores desactualizados con sistemas operativos inferiores a Windows 98, o bien, que cuentan con laboratorios completos y actualizados que utilizan Linux como sistema operativo; (b) instituciones privadas, donde podrían existir máquinas con sistemas operativos de versión más reciente; y, (c) en otro ambiente: casa, cyber, etc., pues, por lo general, los estudiantes de bachillerato suelen tener acceso a computadores en lugares diferentes a su centro de estudios.

IV. MODELO DE CASOS DE USO DEPURADO

Una vez culminado el análisis de requisitos, se obtienen los casos de uso del sistema ya depurados. Este modelo incorpora los insumos de las etapas anteriores.

La Figura 2 muestra el caso de uso inicial. Como se vio anteriormente, los usuarios pueden ser especificados

como: docente, estudiante e investigador. Como se aprecia en la Figura 2, todos los usuarios deben realizar el caso de uso "control de acceso", de tal manera el sistema lo puede reconocer y le permite acceder a las funcionalidades diseñadas para cada uno de ellos. Todos pueden realizar consultas, pero es el investigador, el único que puede acceder a todo tipo de ellas: resultados de sesión, rutas didácticas y visitas a opciones didácticas.

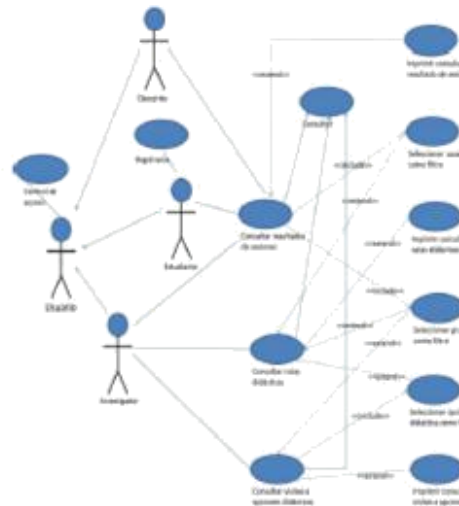


Fig 2. Modelo de Casos de Uso (1)

La Figura 3 muestra los casos de uso que tienen acceso los usuarios docente e investigador, una vez se han identificado en el sistema. Ambos pueden configurar sesiones, administrar los grupos de trabajo, administrar los usuarios (estudiantes y otros docentes) y administrar conocimiento. La diferencia entre ambos es que, por ejemplo, un docente no puede agregar/eliminar a otro docente, este caso de uso lo realiza el investigador.

El modelo de casos de uso del sistema (Figuras 2, 3 y 4) fue obtenido del análisis de requisitos para el Software Educativo en Petróleo y Energía; la importancia de este modelo es que resume, utilizando diagramas en lenguaje unificado, lo expresado en lenguaje natural por los diseñadores del software, minimizando así los problemas de comunicación entre estos dos actores del proceso de desarrollo software.

V. CONCLUSIONES

1) El uso de software para la enseñanza de la física ofrece la posibilidad de llevar a cabo un proceso de aprendizaje y evaluación individualizada. Por lo anterior, es de vital importancia que los diseñadores integren elementos propios de

la pedagogía en general y de la enseñanza de la física en particular, así como los relacionados con la ingeniería del software y de requisitos. La incorporación del docente a un equipo multidisciplinario que incluyese ingenieros de software, arquitectos de software, programadores, entre otros; contribuiría con la elaboración de recursos informáticos que realmente faciliten el aprendizaje significativo de la física

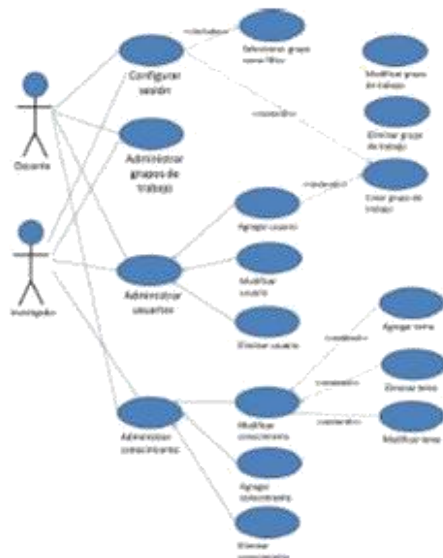


Fig 3. Modelo de Casos de Uso (2)

2) El análisis del modelo del negocio, como punto de partida del análisis de requisitos, se inició recabando información de la línea de investigación en enseñanza de la física, en cuyo contexto se diseña el software. Esta línea da orientaciones sobre cómo deben ser los productos elaborados para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta ciencia. Los elementos obtenidos para el modelo del negocio, podrían tomarse como insumos para el diseño de una arquitectura que integre distintos mecanismos en función de garantizar una respuesta eficiente a los lineamientos dados por los investigadores de la línea.

3) En este trabajo se muestran algunos elementos a considerar en el análisis de requisitos para Software Educativo, tales como: enfoques pedagógicos, objetivos del programa, objetivos instruccionales, intenciones pedagógicas, aspectos de contenidos, entre otros, particulares de una línea de investigación en Enseñanza de la Física; sin embargo, en un futuro se pretende ofrecer lineamientos generales que indiquen los elementos a considerar en el desarrollo de este

tipo de software, que pueda ser adaptado a cualquier disciplina o enfoque pedagógico.



Fig 4. Modelo de Casos de Uso (3)

RECONOCIMIENTO

Queremos hacer un especial reconocimiento al Postgrado en Ciencias de la Computación, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela y al Banco Central de Venezuela, por su colaboración en esta investigación.

REFERENCIAS

- [1] E. Kofman, "A third order discrete event simulation method for continuous system simulation", *Latin American Applied Research*, 36 (2), 2006.
- [2] ISO/IEC 25000, "Information Technology-Software Product Evaluation-Quality Characteristics and Guideline for Use", ISO, 2014.
- [3] L. Arias, "Definición de un modelo para la verificación formal de procesos de negocio", Madrid: Universidad Carlos III. Disponible en: <http://www.it.uc3m.es/jaf/wais/wais.pdf> [Consulta: 2012, Enero 19].
- [4] J. Sánchez, "Informática Educativa", (Documento en línea). Disponible en: <http://www.c5.cle/it/> [Consulta: 2011, Enero 19].
- [5] L. R. Rodríguez, "La informática educativa en el contexto actual", *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 13, 2000.
- [6] N. Giacosa, M. Giuliano, S. Giorgi, y S. Coneri, "Criterios para evaluar apps de física universitaria", Disponible en: <http://www.cbc.uba.ar/bot/mtd3/orales.html> [Consulta: 2010, Diciembre 14].
- [7] R. Pressman, "Ingeniería del software: un enfoque práctico", México, McGraw-Hill, 7a edición, 2002.
- [8] Y. Esteves, J. Rodríguez, y C. Guillén, "Línea de Investigación en Enseñanza de la Física", Maracay: UPEL, (Jornada anual de Investigación Educativa, 2003).
- [9] J. Bransford, "Anchored Instruction" Disponible en: <http://www.gwn.edu> [Consulta: 2007, Marzo 22].
- [10] R. Spiro, P. Feltovich, y R. Coulson, "Cognitive flexibility theory", Disponible en: <http://www.gwn.edu> [Consulta: 2007, Enero 22].
- [11] Ministerio de Educación / CENAMPEC, "Programa del curso de Física para 1er año de Ciencias de ENDF", Caracas, 1990.
- [12] C. Guillén-Díaz, y F. Lozano, "MUDA: método unificado de diseño arquitectónico", *SAPIENTIA*, vol. 10, N° 2, Caracas 2008.

APÉNDICE 6

Modelo de negocio en el dominio educativo del aprendizaje electrónico para estudios de postgrado

Losavio F. y Esteves Y. (2012). Modelo de negocio en el dominio educativo del aprendizaje electrónico para estudios de postgrado, en actas del *II Simposio Científico y Tecnológico en Computación (SCTC)*, pp. 203-210, 7-9 mayo 2012, ISBN 978-980-12-5555-0

Modelo del Negocio en el Dominio Educativo del Aprendizaje Electrónico para Estudios de Postgrado

F. Lozano¹ y Y. Esteves^{1,2}

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Escuela de Computación, Laboratorio MoST (Modelos, Software y Tecnología), Venezuela

²Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas, Venezuela

RESUMEN

En las prácticas actuales de desarrollo de software, un modelo de negocio es un punto de partida importante para que el equipo de desarrolladores mejore la especificación de los requisitos que el futuro sistema de software debe satisfacer, contribuyendo así a mejorar la calidad global del sistema. El documento base del currículo de las organizaciones educativas es una referencia indispensable para la toma de decisiones inherentes a los procesos de enseñanza y aprendizaje entre los actores involucrados; por lo tanto debe ser consultada obligada para el análisis del negocio educativo y posterior realización del modelo del negocio en este dominio. El objetivo de este trabajo es definir un modelo del negocio, presentando la realización de las fases de descubrimiento y análisis, basado en el currículo de la UPEL (Universidad Pedagógica Experimental Libertador), con una orientación hacia el aprendizaje electrónico. Se utilizará los estándares Business Process Management Initiative (BPM) y Business Process Modeling Notation (BPMN). El modelo del negocio educativo aquí definido puede ser utilizado con el fin de derivar lineamientos generales que permitan la construcción de un sistema de software para la selección y el diseño de cursos de postgrado en plataformas que medien el aprendizaje electrónico, mejorando la completitud y trazabilidad de la especificación de requisitos de software respecto a las exigencias u objetivos iniciales del proceso de negocio involucrado. En un futuro cercano esta propuesta metodológica será completada con la realización de las demás fases del modelo del negocio, en el dominio del aprendizaje electrónico.

Palabras clave: Modelo del negocio, BPM, BPMN, dominio educativo, aprendizaje electrónico, especificación de requisitos, UPEL

ABSTRACT

In present software development practices, a business model is a major starting point to help the development team to improve the requirements specification that the future software system must satisfy, contributing to the improvement of the overall system quality. The base document of the educational organization curriculum is a required reference for decisions related to the teaching and learning processes among the involved actors. In consequence, it must be consulted to define a business model in this domain. The main goal of this work is to construct a business model, presenting the realization of the discovery and analysis phases, according to the curriculum document of the UPEL (Universidad Pedagógica Experimental Libertador), focusing on e-learning aspects. The Business Process Management Initiative (BPM) standard process and the Business Process Modeling Notation (BPMN) will be used. This proposed educational business model can be used to derive general guidelines to build a software system for the selection and design of post graduated courses under e-learning platforms, improving the completeness and traceability of the software requirements specification with respect to initial goals of the involved business process. In the near future this methodological approach will be completed with the other phases of the business model, in the e-learning domain.

Keywords: Business model, BPM, BPMN, educational domain, e-learning, requirements specification, UPEL

1. Introducción

El modelo del negocio es una vista interna de la organización, sus procesos y sistemas, donde se aprecia el acoplamiento entre los diferentes modelos del sistema organizacional [RFP05]. Estos modelos pueden ser representados utilizando UML 2.0 o alguna de sus extensiones [OMG04] [Job04] [GPC00] o bien utilizando la propuesta del Business Process Management Initiative (BPM) [Del01]

[OR05] con su notación Business Process Modelling Notation (BPMN) [BPM04]. Las tendencias actuales del desarrollo de software incluyen el modelado del negocio como una etapa importante para una mejor captura y especificación de los requisitos que debe satisfacer el futuro sistema de software, el cual soportará total o parcialmente los procesos del negocio. La completitud y trazabilidad de los requisitos son cruciales para construir sistemas de software de mejor calidad. Las relaciones entre las entidades involucradas y los objetivos que

los procesos deben satisfacer, tienen que ser especificados en el modelo del negocio. Técnicas actuales permiten establecer correspondencias entre estos objetivos, que generalmente son requisitos no funcionales (RNF) y las funcionalidades principales, componentes del futuro sistema, representadas generalmente por el modelo de casos de uso [CNYM99] [MB04]. Mediante la trazabilidad entre los modelos del negocio y del sistema de software, se incrementará la capacidad de evolución o flexibilidad del software en cuanto al los cambios, ya que cuando haya una variación en el negocio, este podrá ser reflejado rápidamente en el sistema, facilitando así su evolución. El problema es que aún no se han definido lineamientos precisos para la especificación de los RNF que se convierten en componentes implícitos del sistema de software, porque no son definidos directamente por el usuario; estos no son explícitamente detallados en el modelo del negocio. Por ejemplo en la notación BPMN la cual es un estándar "de facto", no se puede establecer una trazabilidad clara entre el modelo del negocio y el modelo del sistema de software, respecto a los componentes que corresponden a los RNF.

Lo anterior evidencia la necesidad de realizar modelos rigurosos y comprensibles, además de establecer reglas de trazabilidad precisas para el análisis del sistema. En este sentido, el enfoque de Ingeniería de Modelos (*Model Driven Architecture, MDA*) [OMG03], ofrece una guía útil en el desarrollo dirigido por modelos. El desarrollo de una aplicación bajo el enfoque MDA implica la definición de un conjunto de modelos pertenecientes a diversos niveles conceptuales, así como un conjunto de transformaciones, que permitan pasar de un nivel a otro, garantizando así trazabilidad y completitud [FS05].

Por otra parte, uno de los problemas del desarrollo de aplicaciones educativas es precisamente el no contar con un proceso de modelación del negocio educativo ni con los criterios que permitan la trazabilidad de este modelo con las funcionalidades del sistema. Aún no está claro cómo debe realizarse la elección de las funcionalidades, la determinación de los RNF prioritarios y el diseño de un marco arquitectural o arquitectura de referencia válida para cualquier familia de aplicaciones o sistemas de un dominio; es allí donde se ponen de manifiesto los conflictos entre las propiedades de calidad relativas a cada requisito. Por lo tanto, en las fases iniciales del desarrollo es muy importante poder especificar estos aspectos, para proporcionar una arquitectura de referencia acorde con los requisitos iniciales. Una arquitectura de referencia comprende la estructura arquitectónica base en donde se articulan los componentes de todo el sistema. Es de hacer notar que las aplicaciones actuales que se basan en la comunicación electrónica, deben responder a la evolución tecnológica creciente; por lo tanto su arquitectura debe reflejar esta flexibilidad. Lo mencionado anteriormente respecto a la capacidad del software a ser evolutivo y de fácil mantenimiento, que se adquiere mediante la trazabilidad entre el modelo del negocio y el modelo del sistema de software, corrobora esta afirmación y se recalca que la especificación de requisitos es crucial para conseguir este objetivo.

En el entendido que en la era de las tecnologías de la comunicación e información, las universidades no pueden quedar rezagadas, ni desconocer el mandato de ofrecer educación de calidad en las diferentes regiones del país, mediado por el uso del computador y las tecnologías de información, se inicia la discusión interna sobre si es necesario diseñar una plataforma para gestionar lo inherente al aprendizaje electrónico, o bien, se debe adquirir de terceros el software necesario para su implementación. Al respecto, se ha nombrado una comisión de alcance nacional para que inicie el proceso de análisis de requisitos que permita la toma

de decisiones para tal fin.

En este sentido, sin importar si el software diseñado es un producto interno, o bien, una prestación de servicio de terceros, el mismo debe adecuarse a las especificaciones curriculares de la universidad, pues los cursos que se administrarán a través de esta plataforma, deberán estar acorde con la misión y visión de la institución, además de dar respuesta al modelo pedagógico declarado en los planes de formación. Es imperioso entonces, realizar un análisis exhaustivo de los que en el ámbito computacional son conocidos como procesos del negocio y obtener, en consecuencia, un modelo del negocio en el dominio educativo. Será el punto de partida del proceso de análisis de requisitos para el desarrollo de la arquitectura de referencia que nos compete.

En particular, en el marco de la Transformación Curricular de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) de Caracas, surge la imperiosa necesidad de sistematizar y fijar posición institucional en cuanto a la educación a distancia y a las tecnologías que darán el respaldo tecnológico para su implementación. Desde hace muchos años los docentes de esta universidad han venido proponiendo y utilizando diferentes productos que dan soporte tecnológico a la administración de cursos a distancia y que han sido complemento también para aquellos que se imparten en la modalidad presencial, pero esta administración no se realizaba, ni se realiza en su mayoría, desde los servidores institucionales, sino que se apoyan en otras universidades nacionales u organizaciones privadas.

En este artículo se describirán los pasos y elementos a considerar para el análisis de los procesos del negocio educativo relativos a la UPEL y se obtendrá un modelo del negocio para los estudios de postgrados de esta universidad. De esta manera, se presentarán brevemente los sustentos teóricos de esta investigación, así como la concepción curricular de los postgrados de la UPEL, para luego determinar los procesos vinculados a los mismos y culminar con el diagrama que muestra el modelo del negocio definido.

Además de la introducción y la conclusión, este artículo se estructura en secciones, como sigue: la segunda sección corresponde al contexto de la investigación, donde se presentan la terminología y técnicas utilizadas en esta investigación y se describe el dominio educativo como una familia de aplicaciones orientadas al soporte de los estudios de postgrado de la UPEL, considerando plataformas de aprendizaje electrónico. En la sección tres se aplican las dos primeras fases del proceso propuesto por BPM al dominio educativo indicado; en la sección cuatro se discute el modelo del negocio obtenido del análisis.

2. Contexto del trabajo

Durante el proceso de desarrollo de software, un aporte importante en las fases de entendimiento y modelado de los requisitos del sistema lo constituye el uso del enfoque BPM basado en el modelado de los procesos de negocio. Mediante este enfoque se pretende que, antes de empezar a desarrollar cualquier tipo de software, se debe realizar un análisis y un modelado exhaustivo de los procesos de negocio de la organización [OR05]. Esta práctica proporciona ayuda a las organizaciones en su mejora constante y a desarrollar aplicaciones flexibles que permitan dar respuesta oportuna a los cambios que se están generando tanto dentro como fuera de la organización, con un manejo razonable de recursos y, sobre todo, sin afectar la calidad de los productos generados.

En el caso de las aplicaciones desarrolladas en el dominio educativo, este tipo de análisis proporciona a los

desarrolladores una visión mucho más amplia de los procesos de la organización, pudiendo generar ontologías o principios lo suficientemente generales que permitan mantenerse vigente por mucho más tiempo, así como responder a las necesidades individuales de un gran número de usuarios. Es bien conocida la gran dificultad de masificar estrategias y productos ante una población de usuarios heterogénea, donde priva la atención de las diferencias individuales que permitan facilitar el aprendizaje de los diferentes contenidos impartidos en un plan de formación determinado [RFP05].

El diseño de software clásico se inicia con el análisis de requisitos del sistema y se enfoca hacia la funcionalidad, tomándose como punto de partida los casos de uso así generados. En la actualidad, diferentes investigaciones han coincidido que partiendo del análisis del negocio, se puede obtener un conocimiento pleno de cada uno de los procesos de negocio, consiguiendo un modelo del sistema de software que se adapta mejor a sus necesidades, evitando posteriores reajustes debido a la visión parcial que impone los casos de uso aislados [BGM05]. Aun así, el enfoque basado en el modelado de procesos de negocio no representa una ruptura con los desarrollos basados en casos de uso, permitiendo que ambos enfoques se complementen, utilizando los métodos y estándares que facilitan la transición entre el modelo del negocio y el modelo de casos de uso (UML, BPM, BPMN) [GOM*00], obteniendo como resultado especificaciones de requisitos más completas que generan productos que satisfagan las necesidades de los usuarios, es decir, productos de mejor calidad.

En el dominio educativo, la necesidad de una auténtica educación permanente que responda a las necesidades de formación, actualización y profundización de conocimientos, ha colocado a las universidades nacionales y a la UPEL en particular, en un escenario donde, con el propósito de vencer limitaciones de tiempo y espacio, debe hacerse uso de las posibilidades que las tecnologías de la información y la comunicación están ofreciendo para las aplicaciones educativas, han hecho emerger lo que parece ser un nuevo mercado formativo, el del aprendizaje electrónico (*e-learning*).

El *e-learning* tiene un papel decisivo en el proceso de innovación de las universidades. El desarrollo y la integración de tecnologías de aprendizaje en la educación superior se han acelerado por las políticas de Estado en relación con la educación a distancia, los desarrolladores e inversores en tecnología y las políticas universitarias. El concepto del *e-learning* trae consigo la necesidad de discutir en torno a ciertos aspectos, tales como: el progreso tecnológico de aplicaciones de *e-learning*, el interés económico de las empresas y los actores involucrados, los diferentes modelos económicos y estrategias de organización del *e-learning*, el rol cambiante de los formadores y de los alumnos en entornos virtuales de formación, la importancia de la pedagogía de los medios para el desarrollo futuro y una integración sostenible del *e-learning* en la educación superior.

Una plataforma *e-learning* es una herramienta tecnológica que funciona como un soporte para la enseñanza virtual, es decir, un software que permite distribuir contenidos didácticos y organizar cursos en línea. En un software de este tipo se registran a todos los actores que intervienen en el acto de aprendizaje, se organiza los diferentes cursos, se realiza el seguimiento del aprendizaje incluyendo las pruebas y la evaluación de los cursos montados en la plataforma, además permiten el control del tiempo en los trámites y la generación de informes automáticamente para tareas de gestión [Mon06].

Para [Bon07] hay cuatro características básicas que deben cumplir las plataformas *e-learning*, estas son:

- *Interactividad*, para que los usuarios tengan consciencia del rol activo que tienen en el proceso.
- *Flexibilidad*: funcionalidades que permiten que el sistema se adapte a la organización donde se quiere implantar. Esta adaptación debe ser desde los puntos de vista de la estructura de la institución, los planes de estudio y contenidos y estilos pedagógicos de la organización.
- *Escalabilidad*: capacidad de la plataforma de *e-learning* de funcionar igualmente con un número pequeño o grande de usuarios.
- *Estandarización*: capacidad de utilizar cursos realizados por terceros; de esta forma, los cursos están disponibles para las instituciones que cumplen con el estándar lo que garantiza la actualización de los cursos y el seguimiento del comportamiento de los estudiantes dentro del mismo.

2.1 Procesos de negocio y BPM

Un *proceso de negocio* es una colección de actividades que, tomando una o varias clases de entradas, crea una salida que tiene valor para un cliente. La *gestión de procesos de negocio* o BPM se define como la habilidad de descubrir, diseñar, desplegar, ejecutar, interactuar, operar, optimizar y analizar completamente procesos y hacerlo al nivel de diseño de negocio, no de implementación técnica [BPM04]. BPM es la disciplina que ayuda a modelar, automatizar, gestionar y optimizar procesos de negocio para incrementar la rentabilidad, el entendimiento y fomentar la mejora continua.

Los beneficios de adoptar al enfoque BPM en una organización son los siguientes [Har05]:

- **Facilita la realización de los procesos de negocio en menos tiempo.** Se reducen los tiempos mediante la automatización de ciertos pasos, permitiendo que varias etapas se den en paralelo e imponiendo límites de tiempo en la terminación de las tareas.
- **Ayuda en la satisfacción del cliente.** Acelera los procesos y asegura que nada falla, tanto los clientes internos como los externos obtienen la información y las respuestas que necesitan más rápida y fácilmente.
- **Garantiza responsabilidad e integridad en el desarrollo.** BPM asegura que todas las reglas de negocio requeridas son satisfechas y todos los pasos completados.
- **Optimiza los procesos.** Las organizaciones pueden encontrar oportunidades y eliminar trabajo innecesario y ayuda en el control y seguimiento de los mismos.
- **Inclusión de clientes y socios de mercado en los procesos de negocio.** Permite que clientes y socios participen activamente en los procesos de negocio de la organización. Esto hace que las posibilidades de colaboración aumenten, haciendo que la distancia física no sea un impedimento.
- **Agilidad organizacional.** Cuando un proceso cambia, es relativamente fácil cambiar las reglas, los roles y las relaciones que definen ese proceso.

2.1.1 Fases del BPM

Para la gestión de los procesos de negocio, de una organización, se proponen una serie de fases y actividades [BPM04] [FS05] que establecen el ciclo de vida (ver Figura 1) que se debe seguir para alcanzar los objetivos y beneficios perseguidos por BPM. Para [BGM05], las principales fases son:

- **Descubrimiento:** el principal objetivo es identificar y entender cada uno de los procesos de negocio que forman la organización. Especificando todos los detalles de cada uno de los requisitos exigidos y centrándose, principalmente, en las funcionalidades clave del sistema.

• **Análisis:** en esta fase se estudian cada uno de los procesos de negocio del sistema, modelándolos con las nuevas características y reglas que deben seguir para obtener una mayor productividad.

• **Desarrollo:** se depuran los procesos de negocio analizados y diseñados en la etapa anterior y se establecen las especificaciones para su ejecución ya sea automatizada o no.

• **Monitoreo:** cada proceso de negocio debe ser controlable y por lo tanto medible, para saber su grado de éxito y calidad con el que ha sido llevado a cabo; de esta forma, se puedan analizar los resultados de cada uno de los procesos para que puedan ser redefinidos y optimizados.

• **Optimización:** aquellos procesos que no han cumplido las expectativas deseadas, son rediseñados para que puedan mejorar su rendimiento y así también el de la empresa.

2.1.2 Business Process Modeling Notation (BPMN)

Para el modelado de los procesos de negocio, se utiliza BPMN (BPMN04), que es una notación gráfica que describe la lógica de los pasos y actividades de un proceso de Negocio; se origina para dar apoyo al enfoque BPM. La notación BPMN ha sido especialmente diseñada para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades. La importancia de su uso radica en que actualmente, ha sido adoptado como un estándar de modelado de procesos; por lo tanto es independiente de cualquier metodología de modelado de procesos, permitiendo así disminuir la brecha entre los procesos de negocio y la implementación de estos, facilitando la comunicación entre todas las personas de una organización. BPMN define la notación y semántica de un Diagrama de Procesos de Negocio.



Figura 1: Ciclo de Vida de los Procesos de Negocio (las líneas segmentadas indican relaciones bidireccionales entre cada fase)

2.2 Concepción Curricular de los Postgrados de la UPEL

En el Documento Base de la UPEL [Upell1] parte de la concepción del currículo como espacio público, en este sentido el Vicerrectorado de Investigación y Postgrado (VIP) el currículo es concebido como un proceso de investigación, creación y desarrollo continuo, como un acontecer que es

dinámico, participativo, crítico, creativo e investigativo, que se materializa cuando los actores del proceso (estudiantes, docentes, investigadores) se enfrentan a su ámbito institucional y desarrollan actividades significativas para el y para la sociedad en su conjunto.

El currículo se convierte en el marco integrador de las funciones universitarias que logra su concreción en los ambientes de aprendizaje, computarizados o no, derivados de procesos de construcción colectiva, que se realizan en función de teorías y prácticas disciplinarias, interdisciplinarias, multidisciplinarias y transdisciplinarias en los programas de Postgrado, desde una visión contextualizada en sus dimensiones históricas, socioculturales y políticas. La creación de los diseños y rediseños curriculares de postgrado es sustentada en dos vertientes: (a) la investigación como base de las actividades y procesos de construcción, y (b) el enfoque de diseños curriculares por competencias.

La actividad de investigación como base del currículo se convierte en una función esencial en lo referente al avance del conocimiento en lo relativo a su aplicación y para la búsqueda de soluciones a problemas específicos. Se concibe como una actividad integrada y en interacción permanente con las actividades de docencia y de extensión, motivada por fines tanto académicos como de servicio social. Según esta definición, la investigación debe exigir, de manera permanente, una discusión conceptual y didáctica respecto a lo enseñado y lo aprendido en los ambientes de aprendizaje; además, debe propiciar el debate constante sobre la significación e importancia de la circulación y aprovechamiento de los saberes-haceres que se emplean en aquellos proyectos relacionados con las materias de interés de los programas.

En consecuencia, la docencia, la extensión universitaria y la gestión de procesos en las universidades, en tanto procesos naturales de la actividad humana, deben derivar en prácticas académicas de gran contenido investigativo. Desde esta concepción se apunta hacia una docencia investigativa, productiva y extensionista que se articula, desde la producción de saberes-haceres, impulsando las transferencias didácticas del saber académico, sobre todo especializado, en el contexto de conocimiento ajustado a los perfiles profesionales de egreso por competencia. Una competencia es considerada como un procedimiento complejo que refleja las demostraciones inherentes a las condiciones personales y profesionales que desarrollan los participantes en el transcurso de sus estudios de postgrado y que le permiten profundizar y actualizar los conocimientos de su área de formación con calidad y pertinencia [Vip1]. El enfoque profesional curricular por competencias de los programas de postgrado se adhiere a las tendencias internacionales, que lo expresan como una opción válida y viable para la preparación y desarrollo académico de los estudios universitarios de postgrado. Las competencias pasan a ser entonces la estructura dinámica organizadora de la actividad, al permitir que la persona se adapte a un tipo de situación, a partir de su conocimiento, experiencia, actividad y práctica.

Lo anterior conlleva al establecimiento y desarrollo del currículo de los estudios de postgrado, sustentándose consistentemente en la investigación y las actividades relacionadas, con el fin de justificar y garantizar una práctica educativa universitaria consona con esta concepción de dichos estudios, en los cuales se articulan de forma integral las dimensiones académicas y sociales del currículo con el mundo real, aspecto este de suma importancia, imponiéndose al respecto el ser pertinente, de calidad, dinámico, flexible y autor regulable. Desde aquí se infiere la necesidad de implementar un modelo curricular concebido como un proceso de trabajo eminentemente investigativo, basado en la

busqueda permanente de respuestas ante los hechos educativos, profesionales y sociales.

En este sentido, surgen los principios generales del Currículo de Postgrado [Upell1] [Vip11], estos son: Autonomía: el diseño debe favorecer el autoaprendizaje; Flexibilidad: capacidad del sistema para incorporar nuevos conocimientos; Pertinencia: correspondencia del curso con las necesidades actuales del contexto; Calidad: grado de satisfacción de los usuarios, con respecto a la adecuación de las competencias desarrolladas y las necesarias en el contexto de aplicación; Auto-regulación: capacidad del diseño para procurar, en el estudiante, el ajuste de sus acciones para reconducirlas y lograr así el aprendizaje; Innovación: capacidad para generar nuevos productos; Integralidad: concepción del estudiante como ser humano integral, procurando el desarrollo de sus competencias para el ser, hacer, convivir y emprender; e, Interdisciplinariedad: visión integrada de varias disciplinas. Cada uno de estos principios, debe contextualizarse en función de las características propias del perfil profesional del egresado, del área de conocimiento del programa respectivo, tomándose como base lo establecido en los documentos institucionales anteriormente mencionados.

3. Proceso de Negocio para un dominio de aprendizaje electrónico: Estudios de Postgrado de la UPEL

En este trabajo se presenta la realización de las fases de descubrimiento y análisis de BPM para el modelado del negocio educativo que podría servir como base para el diseño o selección de la arquitectura de referencia que de soporte a la plataforma para el aprendizaje electrónico en los estudios de postgrado de la UPEL. Las demás fases están aún en desarrollo y serán objeto de un trabajo futuro.

3.1 Descubrimiento

Con respecto a las características propias de las plataformas para el aprendizaje electrónico, surgen algunas reglas del negocio que toda institución educativa debe considerar [Ahv03]:

- Proporcionar acceso de contenido desde cualquier lugar a través de un navegador de Internet.
- El contenido (tema o asunto que se analiza en el curso) debe ser independiente de la plataforma, de tal manera de poder utilizar diferentes plataformas para acceder un mismo contenido.
- El entorno de aprendizaje (lugar, espacio, comunidad o sucesión de hechos que promueven el aprendizaje) debe ser adaptable o personalizable.
- Se deben diseñar contenidos que puedan ser utilizados una y otra vez en diferentes asignaturas, cursos o programas educativos.

Estas reglas del negocio, generales, seguirán analizándose y depurándose, para ser adaptadas al caso UPEL. Ahora bien, con relación a las particularidades del caso de estudio, de la revisión de los lineamientos contenidos en el Documento Base de la UPEL [Upell1], discutido en la sección anterior, surgen los requisitos o características que deben estar presentes en cualquier programa de curso (documento que contiene la planificación de las distintas actividades y temas que se desarrollarán en una asignatura del postgrado), computarizado o no, administrado en esa casa de estudio: universitarios:

- Debe permitir la participación de todos los usuarios en su construcción, por lo que su automatización

requerirá de sistemas colaborativos basados en la Web 2.0, por ejemplo.

- Debe permitir la comunicación con bases de datos relacionadas, por ejemplo la de Control de Estudios para el registro del proceso administrativo necesario para la obtención del grado que se aspira.
- La base para dicha construcción es la investigación, por lo que se necesita la creación y continua actualización de una base de datos de investigación (investigadores, líneas de investigación, proyectos, artículos, entre otros), así como acceso a bases de datos existentes, como por ejemplo: el Raip-UPEL, el RNI del Estado venezolano; las bases de datos para consulta de artículos de investigación, tales como Dialnet, Redalyc, ScieLo, Ebsco Host, entre otros.

3.2 Análisis

De lo anterior se desprende la siguiente descripción del flujo de ejecución de algunos procesos del negocio:

- Los actores a considerar son la *Coordinación de Postgrado*, los *docentes* y los *estudiantes*.
- El proceso inicia cuando los estudiantes solicitan acceder a un curso en la modalidad a distancia, usando la plataforma para el aprendizaje electrónico.
- La Coordinación de Postgrado recibe la solicitud y analiza la disponibilidad de docente.
- El docente recibe la solicitud del estudiante y envía la respuesta a la Coordinación de Postgrado, quien informará al estudiante.
- Conjuntamente con el estudiante y tomando en cuenta los lineamientos curriculares, el docente estructura el curso solicitado por el estudiante.
- A lo largo del curso, el docente solicita productos académicos al estudiante y éste responde a la solicitud del docente.
- Los productos académicos enviados por el estudiante, son almacenados en la base de datos de investigación, de acuerdo a la línea de investigación a la cual pertenezca el docente y su estudiante.
- Una vez culminado el proceso de evaluación, el docente envía la calificación obtenida por el estudiante a la Coordinación de Postgrado, para el respectivo registro en la base de datos de control de estudios.
- Finaliza el proceso cuando el estudiante recibe la certificación de su calificación.

4. Modelo de Negocio Educativo en un dominio de aprendizaje electrónico: Postgrado de la UPEL

De los párrafos anteriores, se deriva el modelo del negocio en un dominio de aprendizaje electrónico (Figura 2). Se pueden apreciar tres carriles que indican los procesos por cada actor (docentes, estudiantes y Coordinación de Postgrado) y sus interrelaciones. Así, por ejemplo, en el carril *Estudiantes* se puede observar como la solicitud de inscripción realizada por este tipo de usuario da inicio al proceso. Esta solicitud es enviada directamente a la Coordinación de Postgrado, quien realiza las consultas pertinentes hasta asignarle un docente al

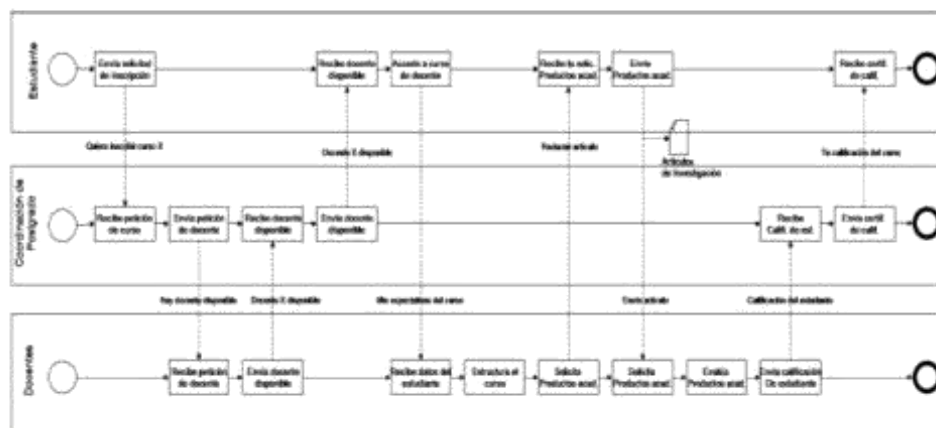


Figura 2: Modelo del Negocio, en un contexto de aprendizaje electrónico: Estudios de Postgrado de la UPEL.

y el estudiante, se inicia el proceso académico computarizado, a través de la plataforma para el aprendizaje electrónico implementada. Este curso virtual, es configurado de acuerdo con los intereses de los estudiantes y la línea de investigación, en su desarrollo ofrece oportunidades de interacción entre los actores y almacena los productos académicos realizados en el curso. El proceso culmina, cuando el estudiante recibe, por parte de la Coordinación de Postgrado, la calificación que el docente previamente consigno.

De este modelo se puede extraer una primera aproximación de los requisitos, funcionales y no funcionales, relacionados con los procesos que se automatizarán, especialmente, en este caso, los relacionados con los procesos académicos, mediados por plataformas para el aprendizaje electrónico. De esta manera, surge la Tabla 1 donde se relacionan algunos procesos del negocio, con los requisitos y con los posibles componentes arquitectónicos involucrados.

5. Conclusiones

El BPM, en este contexto, ofrece a la organización lineamientos útiles para modelar, automatizar, gestionar y optimizar procesos de negocio, y así garantizar que la implementación de la concepción curricular se corresponda con los principios contenidos en los documentos rectores. Es importante mencionar que, una cuando el BPM es un excelente mecanismo para el modelado del negocio, su notación BPMN tiene la limitante de no representar los RNF, lo que se convierte en una deficiencia importante para una notación que está siendo adoptada como un estándar [PZ06].

La correspondencia que debe existir en el desarrollo de los cursos de postgrado de la UPEL, con lo establecido en el documento base de currículo [Upell1], obliga a su revisión al momento de su diseño, sin importar la modalidad, ni el medio de comunicación que se utiliza. En este sentido, se pueden inferir reglas de negocio específicas que regirán la realización de los procesos propios de la institución educativa, conjuntamente con aquellas establecidas para el dominio educativo con aprendizaje electrónico.

En este artículo se muestra la realización de las fases de descubrimiento y análisis, que dieron origen a una primera versión del modelo del negocio en el dominio educativo para aprendizaje electrónico a nivel de postgrado. Este modelo es

Tabla 1: Relación entre procesos de negocio, requisitos del sistema de software de soporte y componentes arquitectónicos

Proceso	Descripción	Requisitos	Componentes
Acceder al curso	De un conjunto de cursos ofertados por la Coordinación de Postgrado, el estudiante selecciona el que desea inscribir y envía la solicitud correspondiente	- El sistema muestra los cursos disponibles para la inscripción en el periodo académico actual. - Al estudiante seleccionar el curso de su interés, introduce sus datos en el cuestionario elaborado para tal fin. - El sistema envía la información a la Coordinación de Postgrado	- Interfaz de usuario - Base de datos de estudiantes - Interfaz de usuario
La coordinación de postgrado recibe la solicitud del estudiante y la envía al docente para analizar la disponibilidad	La coordinación de postgrado recibe la solicitud del estudiante y la envía al docente para analizar la disponibilidad	- El sistema debe permitir la comunicación entre los actores involucrados en el proceso	- Interfaz de usuarios - Bases de datos de usuarios

Proceso	Descripción	Requisitos	Componentes
	d de cupos		
Acceder a curso de docente	Una vez recibido los datos del curso, el estudiante ingresará, desde cualquier ubicación, al aula virtual asignada	- El sistema de software debe poder ser utilizado en cualquier sistema operativo - El sistema debe registrar la solicitud de ingreso del estudiante	- Base de datos de usuarios
Recibir datos de estudiante	El docente recibirá los datos personales básicos, así como las expectativas del estudiante asignado	- El sistema presentará un formulario con los datos personales del estudiante - También deberá registrar las expectativas del estudiante en cuanto al curso	- Base de datos de usuarios - Base de datos de estudiantes
Estructurar el curso	El docente, sobre la base de la información proporcionada a por el estudiante, accederá al aula virtual y seleccionará los materiales, cronograma y demás estrategias para la interacción	- El sistema deberá permitirle al docente adaptar el curso al contexto de administración actual - El sistema tendrá la capacidad de almacenar archivos en diferentes formatos	- Interfaces configurables - Base de datos de investigación
Solicitar productos académicos	En el transcurso de la asignatura, el docente solicitará productos al estudiante	- El sistema registrará las solicitudes del docente - El sistema permitirá registrar las acciones del	- Base de datos de usuario - Base de datos de estudiantes

Proceso	Descripción	Requisitos	Componentes
		estudiante, tales como: momento en el cual realizó una consulta, recibió una notificación, etc.	
Enviar productos académicos	El estudiante deberá responder a las solicitudes de productos enviadas por el docente, en el tiempo establecido	- El sistema registrará el momento en el cual el estudiante envió la respuesta a la solicitud - El sistema almacenará los archivos intercambiados entre docentes y estudiantes, como productos asociados por la línea de investigación.	- Base de datos de estudiantes - Base de datos de investigación
Registro de calificaciones	Una vez culminado el proceso de evaluación, el docente envía los resultados a la Coordinación de Postgrado para que sean registrados en la sección de Control de Estudios	- El sistema enviará a la sección de Control de Estudios la calificación del estudiante para su registro en la base de datos	- Base de datos de Control de Estudios

de utilidad en etapas de desarrollo posteriores, para iniciar el análisis de requisitos y especificar los RNF mediante un modelo de calidad estándar, que ayude a la realización del diseño arquitectónico de la plataforma a utilizar para mediar el aprendizaje electrónico. Este trabajo está actualmente en desarrollo; se espera en un futuro cercano completar la propuesta, tanto metodológica como de notación, para la realización del modelo del negocio en el dominio del aprendizaje electrónico.

La plataforma para el aprendizaje electrónico obtenida sobre la base de un análisis detallado del negocio educativo, deberá entonces garantizar el cumplimiento de los principios básicos establecidos en los lineamientos curriculares de las instituciones de Educación Superior que la utilicen; en el caso analizado en este artículo, el modelo del negocio sugiere desde ya la necesidad de una plataforma e-learning flexible, e interactiva; esto se determinará con más detalles al realizar el análisis de los RNF.

En el desarrollo de la investigación, se espera continuar con las siguientes fases del BPM para la refinación del

modelo del negocio, así como, iniciar el proceso completo de análisis de requisitos funcionales y no funcionales para la obtención del modelo de casos de uso extendido para incluir los requisitos de calidad y, con estos insumos, realizar la propuesta de arquitectura de software para el dominio del aprendizaje electrónico.

Referencias

- [Alv03] ALVAREZ A., J. Uso de estándares e-learning en espacios educativos. *Revista Fuentes*, Vol. 5, (2003). Universidad de Sevilla.
- [BGM05] BERROCAL, J., GARCIA, J. M., MURILLO, J. M. Hacia una gestión del proceso software dirigida por Procesos de Negocio. (2005). [Documento en línea]. Disponible en: <http://alarcos.inf.ucm.es/tesis/articulos/tesis-07-Berocal-GPSDPN.pdf>
- [Bon07] BONEU, J. Plataformas abiertas de e-learning para el soporte de contenidos educativos abiertos. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, (2007). [Documento en línea]. Disponible en: <http://ruc.uoc.edu>
- [BPM04] BUSINESS PROCESS MANAGEMENT INITIATIVE (BPMI). *Business Process Modeling Notation (BPMN)*, (2004) [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.omg.org>
- [CNYM99] CHUNG L., NIXON B., YU, E. AND MYLOPOULOS, J. Non-Functional Requirements in Software Engineering. *Series: International Series in Software Engineering*, Vol. 5, 1999, 476 p., Hardcover, ISBN: 978-0-7923-8666-7.
- [Del01] DELPHI GROUP. *BPM2002*, (2001) *Market Milestone Report*. [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.starlingcommerce.com>
- [FS05] FUENTES L. Y SANCHEZ, P. *Desarrollo de software con aspectos dirigido por modelos*, (2005). [Documento en línea]. Disponible en: http://www.info-ab.ucm.es/personal/segavarro/DSOA/tesisCR/Sanchez_desarrollo.pdf
- [GOM*00] GARCIA, J. ORTIN, M. MOROS, B. NICOLÁS, J. TOVAL, A. *De los procesos de negocio a los casos de uso*, (2000). [Documento en línea]. Disponible en: http://dis.um.es/~imolina/jis2000/modelo_denegocio.pdf
- [GPC00] GENERO, M., PLATTINI, M. Y CALERO, C. Early Measures For UML class diagrams. *L'Objet*, 6(4), 489-515.(2000). Hermes Science Publications.
- [Hav05] HAVEY, M. *What Is Business Process Modeling?* (2005). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.omg.org>
- [Job04] JOHNSTON, *Rational UML Profile for business modeling*, (2004) [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.ibm.com/us/>
- [MB04] MOREIRA, A. BRITO I. Integrating the NFR framework in a RE model. *Early Aspect AORE and Architecture Design Workshop*, (March 22, 2004). Lancaster, UK.
- [Mon06] MONTI, S. Evaluación de plataformas y experimentación en Moodle de objetos didácticos (nivel A1/A2) para el aprendizaje ELE en e-learning. *Revista electrónica de didáctica*, N. 8, (2006).
- [OMG03] OMG *MDA Guide V 1.0.1*, (2003). [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.omg.org>
- [OMG04] OMG *Unified Modeling Language: Superstructure, Version 2.0*, (2004)[Documento en línea]. Disponible en: <http://www.omg.org>
- [OR05] OWEN Y RAJ. *BPMN and Business Process Management An Introduction to the New Business Process Modeling Standard*, (2005)[Documento en línea]. Disponible en: <http://www.telelogic.com>
- [PZ06] PAVLOVSKI, C. AND ZOU, J. Non-Functional Requirements in Business Process Modeling. In *Proc. Fifth Asia-Pacific Conference on Conceptual Modelling (APCCM 2006)*, Wollongong, NSW, Australia. CRPIT, 79. Hinze, A. and Kirchberg, M., Eds. ACS, 103-112.
- [RFP05] RODRIGUEZ, A., FERNANDEZ, E. Y PATTINI, M. Hacia la definición de Procesos de Negocio Seguros basados en una Arquitectura Dirigida por Modelos, (2005) [Documento en línea]. Disponible en: <http://www.cibao05.inf.unim.cl/representaciones/tesis011>
- [Upel11] UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR. *Documento Base de Currículo*. Caracas: autor, 2011
- [Vip11] VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO. *Documento base de los Estudios de Postgrado de la UPEL*. Caracas: autor, 2011.