

Tecnológico de Costa Rica  
**Escuela de Ingeniería en Computación**  
Programa de Maestría en Computación



*Diseño de una Arquitectura de Sistemas de Información  
para la Administración del Alineamiento a Estándares  
Académicos*

**para optar por el título de**

*Maestría Profesional  
con énfasis en Sistemas de Información*

**Autor**

*Ing. Moisés Medina Mora*

**Profesor Asesor**

*M.Sc. Ignacio Trejos Zelaya*

***Junio, 2018***

**ACTA DE APROBACION DE PROYECTO FINAL**

Con fundamento en lo que establecen los Artículos **22-24-25** del "Manual de Normas y Procedimientos para optar por el título de MAESTRIA PROFESIONAL", el Tribunal Examinador del Proyecto Final (TEPF), nombrado con el propósito de evaluar el proyecto final de graduación.

**"Diseño de una Arquitectura de Sistemas de Información para la Administración del Alineamiento a Estándares Académicos"**

Habiendo analizado el resultado general del trabajo presentado por los estudiantes:

Primer Apellido	Segundo Apellido	Nombre	No. De carné
MEDINA	MORA	MOISES	8804083

Emite el siguiente dictamen:

<p align="center">APROBADO</p> <p>CALIFICACION: <u>95</u> puntos.</p>	<p align="center"> <input type="radio"/> REPROBADO  <input checked="" type="radio"/> SE RECOMIENDA     <input type="radio"/> NO SE RECOMIENDA                 </p> <p>Brindarle una nueva oportunidad para la DEFENSA PUBLICA de su Proyecto Final</p> <p>NUEVA FECHA: _____</p>
---	--

Dando fe de lo aquí expuesto firmamos (DEM: HOJAS DE APROBACION DEL PROYECTO FINAL)

 M. Julia Espinoza Guzmán Profesor Lector	 M. Ignacio Trejos Zelaya Profesor Asesor	 M. Sorja Guzmán Sánchez Profesional Externa
 Dr. Roberto Cortes Morales Coordinador del Programa de Maestría en Computación 07 de junio del 2018		
		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">FT-07-MP</div>		



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.  
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

# Dedicatoria

*A Dios, por el regalo de la vida y la salud que me ha dado  
hasta el día de hoy.*

*A mi amada esposa, Natalia, por su apoyo, paciencia,  
sacrificio y palabras de aliento en todo momento.*

*A mis preciosos hijos, Bella, Erik y Marissa, por el tiempo  
que me han dado, o más bien, me he robado de ellos para  
concluir esta aventura.  
(¡se los debo!).*

# Agradecimientos

*Le agradezco a mi madre, por sus cuidados, paciencia y amor hasta el día de hoy.*

*Le agradezco a mi padre, que hizo un gran sacrificio para comprarme mi primera computadora y creer en mí en todo momento.*

*Le agradezco a mi profesor asesor, Ignacio Trejos Zelaya, por su pasión para enseñar y el inmenso sacrificio y horas dedicadas a leer, corregir y mejorar mi trabajo.*

*Muchas gracias.*

# "Dīvide et imperā"

(Significado en latín para "Divide y vencerás")

*Atribuido a Felipe de Macedonia y Julio César*

# Abstract

The main objective of this project is the design of an information system architecture for the curricular alignment to academic standards in secondary education institutions.

The direct benefit for an educational institution when having this architectural design at its disposal is that it can be used as a framework for the development of information systems that will allow them to transform its traditional educational process into one that is a standard-based.

Information systems enable the organizations to access the information in a fast, efficient, and inexpensive way, allowing the automation and improvement of their current processes. However, some information systems allow them to go further, providing the opportunity for a radical transformation, either by strategic decisions of the organization (voluntary), or because it is required by its environment (mandatory or regulatory).

Likewise, an organization, or a whole group of organizations, eventually faces the challenges and demands that society imposes. In the specific case of the educational system and its institutions, a new generation of students highly influenced by the technology that surrounds them and provides them with an almost unlimited and immediate access to information has been one of the motivations to carry out a set of transformative changes to improve the quality of education in a society that is increasingly global and competitive.

As a response to this, movements in education have emerged demanding the establishment of academic standards and key competences, like those used in the industry, to measure and improve quality in education, leading it to reach universal levels of competitiveness.

This is the main motivation to develop the present project, and the result is a contribution to the transformation efforts from a traditional educational institution to one based on academic standards and competencies, through the design of an information systems architecture that can be used as a guide to develop information systems efficiently, consistently and with the appropriate quality attributes to maximize its use, performance, and longevity.

**Keywords:** design, architecture, information systems, architectural design of information systems, standards, academic standards, alignment, transformation, educational system, educational institution, educational process.

*Note: some parts of this document are written in English because this is the native language of the stakeholders (beneficiary organizations that collaborated in the development of this work).*

# Resumen

El objetivo principal de este proyecto es el diseño de una arquitectura de sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias en instituciones de educación secundaria.

El beneficio directo que una institución educativa recibe al tener a su disposición este diseño arquitectónico es que puede utilizarlo como marco de referencia para el desarrollo de sistemas de información que le permita la transformación de su proceso educativo tradicional a uno basado en estándares académicos.

Los sistemas de información hacen posible acceder a la información de la organización en forma veloz, eficiente y económica, permitiéndole la automatización y el mejoramiento de sus procesos actuales. Sin embargo, algunos sistemas de información le permiten ir más allá de esto, proveyendo la oportunidad de una transformación radical, ya sea por decisiones estratégicas propias de la organización (voluntarias), o porque el contexto en que se desenvuelve lo demanda de ella (obligatorias o regulatorias).

Asimismo, una organización, o un grupo entero de organizaciones, se ve eventualmente expuesta a los retos que las demandas de la sociedad le presentan. En el caso particular del sistema educativo, y de las instituciones educativas que este comprende, una generación nueva de estudiantes altamente influidos por la tecnología que les rodea y que le da un acceso prácticamente ilimitado e inmediato a la información, ha sido una de las motivaciones de llevar a cabo un conjunto de cambios transformativos para mejorar la calidad de educación en una sociedad cada día más global y competitiva.

Como una respuesta a esto, han surgido movimientos en educación que demandan el establecimiento de un conjunto de estándares académicos y competencias claves, similares a los que se utilizan en la industria, como una forma de poder medir y mejorar la calidad educativa, llevándola a alcanzar niveles de competitividad universales.

En esto consiste la principal motivación para realizar este proyecto, cuyo resultado es una contribución a los esfuerzos de transformación de una institución educativa tradicional a una basada en estándares académicos y competencias, mediante el diseño de una arquitectura de sistemas de información que le sirva de guía para desarrollarlos de manera eficiente, consistente y con los atributos de calidad suficientes que maximicen su utilidad, rendimiento y longevidad.

**Palabras claves:** diseño, arquitectura, sistemas de información, diseño de una arquitectura de sistemas de información, estándares, estándares académicos, alineamiento, transformación, sistema educativo, institución educativa, proceso educativo.

*N.B. Algunas partes del documento están escritas en idioma inglés, por ser la lengua de las partes interesadas (organizaciones beneficiarias que colaboraron en el desarrollo de este trabajo).*

# Índice General

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Abstract.....	7
Resumen .....	8
Índice General.....	9
Tabla de Figuras .....	12
Mapa del documento.....	14
Convenciones Generales de Nomenclatura .....	15
1. Introducción.....	17
1.1. Descripción general .....	18
1.1.1. Tipo de proyecto .....	20
1.1.2. Producto final.....	20
1.1.3. Beneficiario .....	21
1.2. Antecedentes.....	23
1.2.1. Proyectos relacionados.....	23
1.2.2. Descripción del beneficiario.....	26
1.3. Definición del Problema .....	26
1.3.1. El Contexto .....	26
1.3.2. Especificación del problema .....	31
1.4. Justificación.....	32
1.4.1. Innovación.....	32
1.4.2. Impacto .....	33
1.4.3. Profundidad.....	34
1.5. Objetivos .....	35
1.5.1. Objetivo General .....	35
1.5.2. Objetivos Específicos.....	35
1.5.3. Alcance .....	35

1.5.4. Entregables .....	38
2. Marco Teórico .....	40
3. Desarrollo metodológico .....	60
3.1. Ejecución de las actividades concretas preliminares .....	62
3.1.1. Recopilación y contraste de datos respecto de sistemas educativos en general .....	62
3.1.2. Recopilación y contraste de datos respecto de instituciones educativas en general .....	70
3.2. Desarrollo de las fases .....	76
3.2.1. Fase 1: Inicio y compromiso .....	78
3.2.2. Fase 2: Requerimientos claves y definición del sistema .....	80
3.2.3. Fase 3: Diseño de la arquitectura .....	83
3.2.4. Fase 4: Evaluación y validación de la arquitectura .....	88
3.3. Ejecución de las actividades concretas finales .....	90
3.4. Otras actividades y entregable final .....	91
4. Documentación del diseño arquitectónico .....	92
4.1. Utilidad de un documento de descripción arquitectónica .....	92
4.2. Importancia de la norma 42010 .....	94
4.3. Descripción arquitectónica .....	96
4.3.1. Introducción .....	96
4.3.2. Identificación, objetivos y generalidades de la descripción arquitectónica .....	96
4.3.3. Identificación de las partes interesadas y de sus inquietudes .....	97
4.3.4. Puntos de vista arquitectónicos .....	104
4.3.5. Vistas arquitectónicas .....	107
4.3.6. Modelos arquitectónicos .....	153
4.3.7. Correspondencias arquitectónicas .....	153
4.3.8. Decisiones arquitectónicas y sus razones .....	153
4.4. Marcos de referencia arquitectónicos y lenguajes de descripción arquitectónica .....	163
4.4.1. Marcos de referencia arquitectónicos .....	163
4.4.2. Adherencia de la descripción arquitectónica a un marco de referencia arquitectónico .....	163
4.4.3. Lenguajes para descripciones arquitectónicas .....	163

5.	Análisis de resultados .....	165
5.1.	Evaluación y validación arquitectónica.....	165
5.1.1.	Procedimiento general.....	165
5.1.2.	Reporte final usando ATAM® Simplificado .....	166
5.1.3.	Resultados principales .....	187
5.2.	Conformidad con la norma 42010.....	193
5.3.	Cumplimiento de los objetivos .....	194
5.3.1.	Objetivo principal.....	194
5.3.2.	Objetivos específicos.....	195
6.	Conclusiones .....	198
6.1.	Conclusiones generales .....	198
6.1.1.	Concernientes al proceso de diseño arquitectónico.....	198
6.1.2.	Concernientes a la documentación arquitectónica .....	201
6.1.3.	Concernientes al método de evaluación y validación arquitectónica .....	203
6.2.	Limitaciones del proyecto.....	206
6.3.	Trabajos futuros.....	208
7.	Apéndices.....	211
A:	Principios Fundamentales de Arquitectura .....	212
B:	Documentos de Referencia para la Descripción Arquitectónica.....	214
B.1.	Aspectos claves de la norma 42010.....	214
B.2.	Definición del negocio .....	215
B.3.	Casos de uso principales.....	221
B.4.	Requerimientos ASR.....	232
B.5.	Requerimientos Completos.....	241
B.6.	ADL y modelos utilizados.....	249
C:	Acerca de atributos de calidad .....	253
D:	ATAM® .....	255
7.1.	Aplicación de ATAM® .....	256
7.2.	Aplicación de ATAM® Simplificado .....	257
8.	Bibliografía .....	258

# Tabla de Figuras

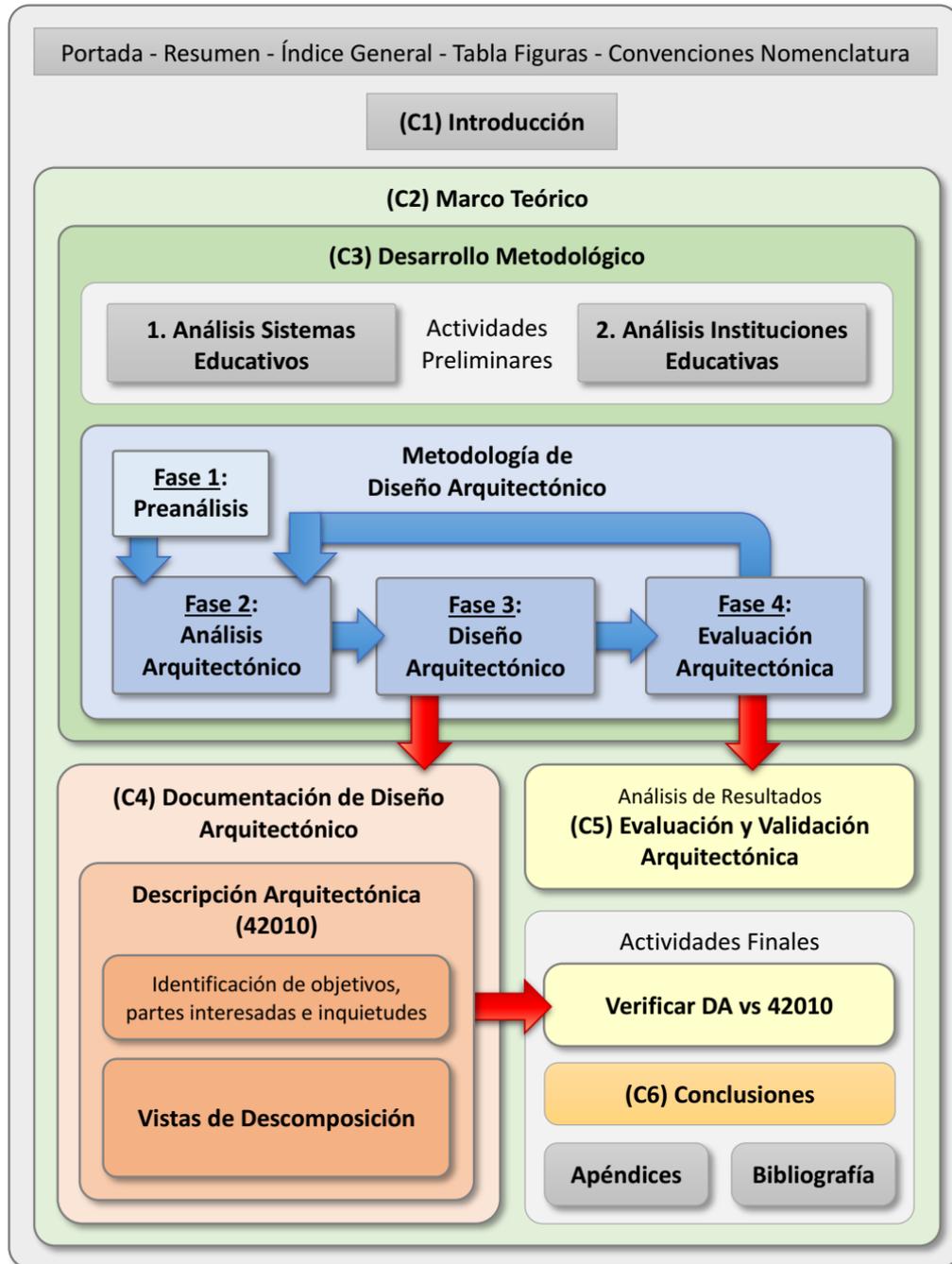
Figura 1: Definición de Sistema Educativo.....	19
Figura 2: Diseño arquitectónico dentro del ciclo de vida de desarrollo de software. ....	20
Figura 3: Beneficiarios del Proyecto. ....	21
Figura 4: Definición y principales características de un LMS.....	24
Figura 5: Algunos de los contribuyentes al desarrollo del país. ....	27
Figura 6: La misión y visión del TEC. ....	28
Figura 7: El caso de Intel. ....	29
Figura 8: Las lecciones aprendidas de Intel Costa Rica.....	30
Figura 9: Profundidad del proyecto. ....	34
Figura 10: Ejemplo de alineamiento de un plan de lección con un conjunto de estándares académicos. ....	41
Figura 11: Arquitectura de SI como su organización fundamental. ....	42
Figura 12: Arquitectura de SI como estructura de componentes de SI para el apoyo de la organización. ....	42
Figura 13: Arquitectura de software como un conjunto de estructuras.....	44
Figura 14: El rol de la arquitectura de software como enlace entre los requerimientos y el diseño. ....	44
Figura 15: El contexto de descripción arquitectónica según la norma ISO 42010.....	46
Figura 16: Las 7 Competencias-Clave de LOMCE.....	48
Figura 17: Ciclo del Método de Desarrollo de Arquitectura TOGAF. ....	51
Figura 18: Plan de Lección: estructura típica.....	53
Figura 19: Estructura típica de un programa o plan de estudios y el plan de lección.....	55
Figura 20: Procesos en un Sistema Educativo Basado en Estándares, o SEBE. ....	56
Figura 21: Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. ....	66
Figura 22: Estructura del Sistema Educativo Costarricense. ....	66
Figura 23: Estructura del Sistema Educativo en los Estados Unidos. ....	67
Figura 24: Estructura del Sistema Educativo en Singapur. ....	68
Figura 25: Clasificación Internacional Normalizada de la Educación CINE 2011 y su Equivalencia en España. ....	69
Figura 26: Los Estándares Estatales Comunes en los EE.UU. ....	72
Figura 27: Ejemplos de estándares académicos en Inglaterra y España. ....	73
Figura 28: Diferencia entre un sistema educativo tradicional y uno basado en estándares. ....	74
Figura 29: Metodología de diseño arquitectónico adaptada al proyecto. ....	76
Figura 30: Metodología como Diagrama de Flujo. ....	77
Figura 31: Agenda de un taller breve usando mini Quality Attribute Workshops (QAW). ..	81

Figura 32: El método ADD del Instituto de Ingeniería del Software en Carnegie Mellon. ....	85
Figura 33: Enfoque de diseño iterativa “generar y evaluar” . ....	86
Figura 34: Patrón arquitectónico en capas de un sistema de software. ....	109
Figura 35: Documento Excel como entrada de datos estándar predefinido para un sistema StandardME. ....	130
Figura 36: Patrón arquitectónico de aplicación web en capas. ....	133
Figura 37: Patrón arquitectónico MVC. ....	133
Figura 38: Ejemplo de diseño de un sistema StandardME como aplicación web en capas. .....	134
Figura 39: [L-OB data] implementado como una base de datos que permite múltiples objetos de aprendizaje. ....	142
Figura 40: [F-OB data] implementado como una base de datos que permite múltiples objetos de aprendizaje. ....	143
Figura 41: El plan de lección implementado como un documento de elementos anidados. .....	143
Figura 42: Transformación de Excel a MongoDB como un documento JSON con anidación de tres niveles. ....	149
Figura 43: Enfoque típico de desarrollo basado en datos de la arquitectura empresarial de una organización. ....	160
Figura 44: Aspectos arquitectónicos que se identifican con ATAM. ....	167
Figura 45: Instituciones educativas distribuidas geográficamente. ....	217
Figura 46: Estructura organizacional típica de una institución educativa de secundaria. .	218
Figura 47: representación de la infraestructura tecnológica de una institución educativa (ejemplo 1). ....	219
Figura 48: representación de la infraestructura tecnológica de una institución educativa (ejemplo 2). ....	220
Figura 49: Equipos que participan durante la ejecución de ATAM. ....	255
Figura 50: El método de evaluación ATAM® . ....	256
Figura 51: Versión simplificada de ATAM. ....	257

# Mapa del documento

Este mapa del documento no es un índice. Se incluyó con el propósito de mostrar la organización del documento por capítulos, por fases del desarrollo metodológico (capítulo 3) y sus respectivas salidas (capítulos 4 y 5).

*Nota: por la falta de espacio disponible, (C#) denota "Capítulo #". Por ejemplo, (C1) se refiere al Capítulo 1.*



# Convenciones Generales de Nomenclatura

Con el propósito de agregar claridad y minimizar ambigüedades, esta sección describe las convenciones generales de nomenclatura relacionadas con el uso de ciertos términos, palabras en otros idiomas, abreviaturas y acrónimos a lo largo del documento.

## Acrónimos

### De uso común en la industria

<b>CRUD</b>	Es un acrónimo común para referirse a operaciones de datos básicas: crear, leer o recuperar, actualizar y borrar. Del inglés <i><u>C</u>reate, <u>R</u>ead/retrieve, <u>U</u>ppdate and <u>D</u>elete</i> en bases de datos tradicionales o su equivalente en operaciones de servidor <i>POST (create), GET (read), PUT (update) and DELETE</i> .
<b>EEUU/EE. UU.</b>	Estados Unidos.
<b>ETL</b>	Es un acrónimo de uso común en la industria para referirse a un patrón recurrente de procesamiento y migración de datos que incluye extracción, transformación y carga. Del inglés <i><u>E</u>xtract, <u>T</u>ransform and <u>L</u>oad</i> . Dependiendo de la aplicación, una variación de esta secuencia es ELT.
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers.
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission.
<b>ISO</b>	International Standard Organization.
<b>SI/IS</b>	Sistema(s) de Información. Del inglés <i>Information System (IS)</i> .
<b>TI/IT</b>	Tecnología(s) de Información. Del inglés <i>Information Technology (IT)</i> .
<b>UML</b>	Lenguaje Unificado de Modelaje. Del inglés <i>Unified Modeling Language (UML)</i> .

### De uso específico para el proyecto

<b>AE</b>	Arquitectura empresarial. Del inglés <i>Enterprise Architecture (EA)</i> .
<b>ASCd/ASC data</b>	Datos de Estándares Académicos y Competencias. Del inglés <i>Academic Standard and Competencies data</i> . <b>ASC data</b> se utiliza para proporcionar mayor claridad.
<b>ASI</b>	Arquitectura de Sistemas de Información. Del inglés <i>Information Systems Architecture (ISA)</i> .
<b>ASW</b>	Arquitectura de software. Del inglés <i>Software Architecture (SWA)</i> .

<b>CURd/CUR data</b>	Datos relacionados con el <i>Currículo</i> . <b>CUR data</b> se utiliza para proporcionar mayor claridad.
<b>DA</b>	Diseño arquitectónico o de (la) arquitectura. Documento de diseño arquitectónico o de (la) arquitectura
<b>DASI</b>	DA de (los) sistema(s) de información
<b>EA</b>	Estándar académico/estándares académicos.
<b>IE</b>	Institución(es) educativa(s).
<b>SE</b>	Sistema(s) educativo(s). Sector(es) educativo(s).
<b>SEBE</b>	Siglas no oficiales para referirse a un <i>Sistema Educativo Basado en Estándares</i> . Se usan solo para efecto del proyecto y su documentación.  En inglés es común utilizar SBE o <i>Standards-Based Education</i> .
<b>SI</b>	Sistema(s) de información.
<b>StandardME</b>	Alias utilizado para referirse al diseño arquitectónico de SI resultante al finalizarse este proyecto. Un sistema desarrollado a partir de esta arquitectura se puede denominar <b>StandardME system</b> .
<b>SW</b>	Software.

### Uso de símbolos e iconos especiales

- \* Es solo una manera visual de representar a lo largo del documento, especialmente en la sección de desarrollo de la metodología y la sección de descripción arquitectónica, que el texto a continuación sea este una descripción, un comentario, una explicación, etc. es de importancia arquitectónica e influyó en las decisiones de diseño.

# 1. Introducción

Un modelo es una descripción o representación de algo. El modelador diseña el modelo de manera sistemática según los atributos que, desde su punto de vista, le parecen relevantes.

El diseño de modelos de sistemas de información es importante para entenderlos y administrarlos. La administración adecuada de sistemas de información depende en gran manera de la calidad de los modelos diseñados (descritos), pues se hace muy difícil administrar lo que no se ha podido describir.

En general, la *arquitectura de software* permite observar, por medio de múltiples representaciones conocidas como *vistas*, “*el conjunto de estructuras necesarias para razonar sobre un sistema que comprende los elementos de software, las relaciones entre ellos y las propiedades de ambos.*”[25]

En el caso de la *arquitectura de sistemas de información*, múltiples vistas permiten observar “*la organización fundamental de un sistema de información, representada por sus componentes, las relaciones entre ellos y los principios que guían su diseño y evolución.*” [25]

Desde cualquiera de las dos perspectivas que se vea, ya sea desde la perspectiva de arquitectura de software o desde la perspectiva de arquitectura de sistemas de información, el propósito de ambas es el diseño de modelos que permitan entender el sistema de software y administrarlo, desde su concepción hasta el final de su ciclo de vida.

Este proyecto de graduación consiste precisamente en el desarrollo de una arquitectura de sistemas de información que pueda ser utilizada como referencia por una institución de educación secundaria para implementar un sistema de información para el alineamiento curricular con un conjunto de estándares académicos y competencias.

Para poder diseñar una arquitectura suficiente, de importancia e interés para un buen número de instituciones educativas, este proyecto comenzó con dos actividades preliminares de investigación.

Una primera actividad de investigación se enfocó en entender el problema y su contexto desde un nivel muy general, comenzando con el contraste de tres sistemas educativos y su relación con el uso y aplicación de estándares académicos y competencias.

La segunda actividad de investigación se enfocó en el estudio de instituciones educativas de educación secundaria para determinar las similitudes y diferencias en torno al concepto de alineamiento con estándares académicos y competencias, y de esta manera, entender sus características y necesidades comunes, de modo que se pudiera definir una institución de educación secundaria virtual que las representase. Esta definición puede encontrarse en el apéndice B.2. *Definición del negocio.*

La sección 3.1 de este documento resume el proceso y los resultados encontrados durante estas actividades preliminares de investigación.

A partir de la definición de esta institución secundaria virtual, se comenzó con el proceso de diseño de la arquitectura de sistemas, enfocándose en los aspectos de importancia arquitectónica provenientes de los objetivos organizacionales, requerimientos funcionales, requerimientos no funcionales (o atributos de calidad) y restricciones.

Se siguió una metodología de diseño de cuatro fases, con tres de ellas incrementales e iterativas, que permitieron proponer diseños candidatos (hipótesis) y contrastarlos con los requerimientos de importancia arquitectónica, evaluándose con el propósito de detectar deficiencias y corregirlas, obteniendo un mejor diseño después de cada iteración.

Este proceso de diseño generó varios sub-productos, que al final sirvieron de entrada para la documentación de diseño arquitectónico, o descripción de la arquitectura, basándose en los requerimientos de la documentación arquitectónica estipulados en la norma ISO/IEC/IEEE 42010 [14].

Algunos aspectos importantes acerca de esta norma internacional pueden encontrarse en el apéndice B.1. *Aspectos claves de la norma 42010.*

La sección 3.2 incluye detalles acerca del desarrollo de la metodología y los resultados al final de cada una de las fases.

Aunque cada iteración se completó con actividades de evaluación y validación de la arquitectura, al final de la última iteración se hizo de manera más detallada y con la participación de un mayor número de partes interesadas que pudieran transmitir sus inquietudes con respecto de este diseño “final”.

El capítulo 5 incluye un resumen de los resultados de esta actividad de evaluación y validación arquitectónica.

### **1.1. Descripción general**

Por tratarse este de un proyecto para optar por el grado de *Maestría en Computación*, uno de sus principales propósitos es aportar **innovación**, en este caso particular, desde la perspectiva de *sistemas de información*.

Dado que **innovación** involucra la adopción y puesta en práctica de *nuevas ideas*, que a menudo se encuentran en etapas iniciales de gestación o se consideran simplemente como *tendencias*, este proyecto en particular impacta el *sistema educativo (Figura 1)*, que en general, es el área que más lentamente se ha transformado en contraste con otras áreas del quehacer y conocimiento humano. Ser tradicional y conservador en el área de educación es un motivo de orgullo, donde la expresión, “*Si está funcionando, ¡no lo toque!*” se cumple constantemente.

Asimismo, la educación es vista como una forma de arte, donde el educador, al igual que un artista, tiene libertad total de *expresión "artística"*, es decir, independencia en sus decisiones y acciones dentro del salón de clases, con muy poca supervisión, especialmente en el nivel de educación superior. Y aunque siendo esto algo positivo, y si se quiere, necesario, debe aceptarse que hay un alto riesgo de que se produzcan malos resultados, muchos quizá irreversibles, que afectan la formación del estudiante y al sistema educativo en general.

Así como lo afirma Sams [49]: *"La educación superior es una de las pocas industrias en el mundo donde una sola persona diseña, desarrolla, entrega y evalúa la calidad de un producto con poca supervisión. Cuando los educadores afirman, con motivo de orgullo, que la educación no es como la industria, están fallando en reconocer que es en realidad en esto donde está el problema principal con la educación hoy día. Si la educación fuera más como la industria, los estudiantes estarían recibiendo una mejor educación, más rápida y más barata de la que actualmente disfrutan, y se cuenta con estadísticas para respaldar esto."*<sup>1</sup>

Sin embargo, estos principios y filosofías tradicionales que por años han envuelto al sistema educativo, hoy más que nunca necesitan renovarse para adaptarse a los cambios culturales, sociales y laborales del presente, de modo que se garantice que los graduados estarán apropiadamente preparados para desempeñarse con éxito dentro del mercado o industria<sup>2</sup> para el cual se han capacitado.

### ¿Qué es un sistema educativo?

El sistema educativo es **una estructura de enseñanza** integrada por un conjunto de instituciones y organismos que regulan, financian y prestan servicios para el ejercicio de la educación **según políticas, relaciones, estructuras y medidas dictadas por el Estado** de un país.

El sistema educativo estatal en los países latinoamericanos se compone generalmente de las siguientes etapas:

- **Preescolar:** 0-6 años.
- **Primaria o básica:** 7-15 años.
- **Preparatoria, básica secundaria o media:** 16-18 años.
- **Educación técnica, tecnológica o profesional:** depende del estudio, puede durar de 2 a 5 años o más.

El sistema educativo estatal está en constante discusión sobre reformas, políticas y medidas para una educación de calidad con equidad para la promoción del desarrollo humano y formación para la vida.

Figura 1: Definición de Sistema Educativo.  
Traducido y adaptado de Significados.com [42]

---

<sup>1</sup> Traducido del inglés: *"Higher Education is one of the few industries in the world where a single person can design, develop, deliver and assess the quality of a product with little oversight or supervision. When educators point out that education is not like industry as an element of pride, they fail to realize that they are really defining a core issue of the problem with education today. If education were more like industry, students would be getting a better, faster and cheaper education than they now enjoy, with the data to back it up."* [49]

<sup>2</sup> Para desambigüedades, refiérase a la sección *Convenciones generales de nomenclatura*.

### 1.1.1. Tipo de proyecto

Este es un proyecto de *diseño de arquitectura de sistemas de información* cuyo producto final se ubica entre las actividades de análisis y diseño del ciclo de vida de desarrollo de software, posterior al levantamiento o especificación de requerimientos y anterior a la construcción del diseño detallado y actividades posteriores.

Dado que este no es un proyecto de desarrollo de software<sup>3</sup>, y con el propósito de buscar simplicidad, la *Figura 2* muestra una típica representación del ciclo de vida de desarrollo de software.

Sin embargo, no se favorece o recomienda un enfoque de desarrollo de software particular sobre otro. Al momento de proceder a la implementación del sistema de información, las partes interesadas, en conjunto con los desarrolladores, decidirán cual enfoque de desarrollo de software utilizar (*tradicional, espiral, Agile, etc.*).

### 1.1.2. Producto final

La realización de este proyecto producirá el documento de *Diseño de Arquitectura de Sistemas de Información para la Aplicación de Estándares Académicos* en conformidad con la norma ISO/IEC/IEEE 42010 (*Systems and Software Engineering — Architecture Description*).

No es finalidad de este proyecto desarrollar un sistema de información, más bien lo que busca es diseñar una arquitectura de sistemas de información apropiada que una institución educativa puede utilizar para desarrollar o adquirir sistemas de información para el alineamiento curricular con un conjunto de estándares académicos y competencias. Esta arquitectura le permitirá a la institución hacerlo con cambios mínimos y al menor costo según sus requerimientos propios e infraestructura tecnológica particular (hardware, sistema operativo, red, etc.).

Eventualmente, este documento también podría ser utilizado por compañías proveedoras de tecnología como guía para desarrollar soluciones de software o hardware relacionadas con los conceptos de estandarización académica, los cuales podrán ofrecer a potenciales clientes dentro del sistema educativo.

Un tercer grupo que puede hacer uso del producto final son las organizaciones encargadas de proveer recursos de aprendizaje en medios digitales. Por ejemplo, empresas publicadoras de libros de texto electrónicos que requieren estar alineados con un conjunto de estándares académicos específico, por ejemplo, el libro de Cálculo I alineado con los estándares académicos del departamento de Matemáticas del TEC.



*Figura 2: Diseño arquitectónico dentro del ciclo de vida de desarrollo de software. Elaboración propia.*

---

<sup>3</sup> Ver también sección *Convenciones generales de nomenclatura*.

### 1.1.3. Beneficiario

El documento de diseño de arquitectura de sistemas de información está dirigido a la oficina o departamento encargado de gestionar el desarrollo o adquisición de sistemas de información dentro de la organización. Esta entidad, usualmente conocida como *oficina de gestión de proyectos (OGP/PMO)* o similar, se convierte en el principal beneficiario. Por ejemplo: la Vicerrectoría de Docencia, el tecDigital, etc. (Sección 1.2.2-Descripción del beneficiario). Si existiese en la organización algún ente encargado de la arquitectura empresarial (*Enterprise Architecture*), este documento correspondería a ellos.

Nótese que al ser este producto un diseño arquitectónico de software, que no depende de requerimientos funcionales correspondientes a una institución particular, la OGP se encargaría de aprobar, administrar y/o delegar el eventual desarrollo o adquisición del sistema de información para las demás unidades académicas dentro de la institución (e.g. facultades, escuelas o, inclusive, en el nivel de curso) y ajustado a los requerimientos específicos que se determinen durante la actividad de análisis de requerimientos.

Estas unidades académicas llegarían a ser beneficiarias indirectas del proyecto propuesto y directas del sistema de información implementado o adquirido por la OGP (Figura 3).

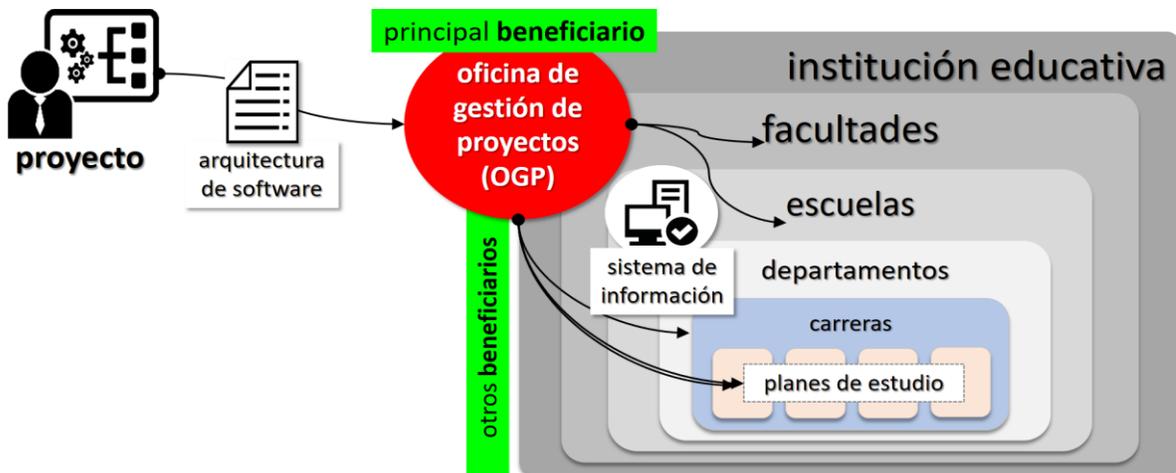


Figura 3: Beneficiarios del Proyecto.  
Elaboración propia.

### Acerca de la aplicabilidad del proyecto en diferentes sistemas educativos

Aunque el contexto de mayor influencia en que se ha desarrollado este proyecto es el sistema educativo de los Estados Unidos, principalmente en el nivel de educación conocida en este país como K12 (kindergarten, primaria y secundaria), muchas de las ideas, estrategias y enfoques propios de este sistema se pueden adaptar a sistemas educativos de otros países, incluyendo el costarricense, para aprovechar sus ventajas y beneficios, aun si se hiciera de manera limitada y selectiva.

Por supuesto, no hay dos países ni sistemas educativos que sean iguales. La educación y cualquier actividad de transferencia de conocimiento y desarrollo de habilidades (entrenamiento, capacitación, etc.) evoluciona de acuerdo con el ambiente social, cultural,

económico y político de cada nación. Pero esto no debe ser utilizado como un obstáculo o excusa que impida a los líderes y organizaciones que tienen influencia en los sistemas educativos de los países, estudiar y adoptar los mejores métodos, procesos y políticas que han demostrado ser exitosos en otros.

De hecho, el sistema educativo estadounidense es un sistema que en realidad está conformado por 50 estados distintos que, a pesar de sus diferencias, comparten características y patrones comunes que son esenciales y necesarios para contribuir a la calidad y mejora continua en la educación del país como un todo.

Por la razón anterior, se puede afirmar, con un buen grado de certeza, que la arquitectura de SI expuesta en este documento puede ser adoptada y adaptada para ser utilizada en sistemas educativos de otros países y no solo el de los EE. UU.

### **Acerca de las características de los sistemas educativos e instituciones educativas beneficiarios de este proyecto**

Las principales características que un **sistema educativo** debe tener para obtener el máximo beneficio de este proyecto son:

- Utiliza un sistema de niveles estructurado en términos de educación formal e informal. Por ejemplo: (0) preescolar, (1) primaria (2) secundaria, etc.
- Es independiente del tipo de gobierno y el origen de su financiamiento. Puede ser *pública* (el SE regulado/financiado por un ministerio o departamento de educación de un país), *privada* (un grupo de organizaciones privadas regular/financian el SE), o una combinación de ambas.
- Es independiente de la forma de regulación administrativa. Puede ser federal/nacional (el gobierno o una institución de nivel federal es el principal regulador), estatal/provincial (el gobierno del estado es el principal regulador, o una combinación de ambas (tanto el gobierno federal como los estatales coordinan esfuerzos). Por ejemplo, el SE de Costa Rica se basa en una regulación federal/nación, pues es el gobierno que lo regula por medio del Ministerio de Educación pública. En el caso de EE. UU., es un tipo de gobierno federal-estatal, donde el Departamento de Educación requiere a todos los estados cumplir con ciertas regulaciones, pero otras quedan a criterio de los departamentos de educación de cada estado.

Como **institución educativa**, las principales características son:

- Puede ser pública o privada, o una combinación de ambas.
- Se concentra en el nivel de educación secundaria (aunque puede cubrir otros niveles).
- Es independiente del tipo de metodología pedagógica que utiliza.
- Es independiente del tipo de ambiente de aprendizaje (físico o virtual).
- Es independiente de la forma de participación de los actores (sincrónica o asincrónica), es decir, el educador y el estudiante, no necesariamente coinciden en tiempo y espacio.

- Su administración ha tomado la decisión de alinear su currículum con un conjunto de estándares académicos o similar (libro de texto, competencias claves, etc.).
- No cuenta con sistemas de información dedicados a facilitar el alineamiento curricular con estándares académicos o similar.

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1. Proyectos relacionados

Cuando se desea hacer innovación, se necesita obtener información de lo que ya se ha hecho, por ello, se procedió a buscar trabajos anteriores relacionados directa o indirectamente basado en dos temas en forma conjunta y separada:

- 1) el diseño de arquitecturas de sistemas de información y,
- 2) el desarrollo de sistemas de información para la estandarización académica

En la categoría de *proyectos y tesis de graduación* de grado o postgrado, no fue posible encontrar uno similar o relacionado a ambos temas, sin ser esto una confirmación de que no lo existen.

En la categoría de *implementaciones* completas o parciales, aunque no es una lista exhaustiva, se encontró lo siguiente respecto de estandarización académica:

- Sistemas para la Gestión del Aprendizaje o Learning Management Systems (LMS)  
En algunos sistemas educativos, principalmente el sistema público estadounidense, fue posible identificar la existencia y uso de algunos *sistemas para la gestión del aprendizaje* (LMS, por sus siglas en inglés. Ver *Figura 4: Definición y principales características de un LMS.*) que ofrecen funcionalidades, parciales o completas, que permiten el alineamiento con estándares académicos en forma automatizada. Sin embargo, aunque este conjunto de funcionalidades es similar al sistema que concierne este proyecto, los LMS que ofrecen estas capacidades son sistemas sumamente grandes y complejos (sistema de sistemas), lo que los convierte en una opción no viable para una gran mayoría de instituciones educativas debido a su alto costo financiero, dificultad y tiempo de implantación (*deployment*).

Entre los más importantes, y que se conoce proveen esta funcionalidad, se destacan:

- Blackboard Learn (previamente conocido como Blackboard LMS): de uso extendido en el sistema público de los EE.UU.  
URL: [www.blackboard.com/about-us/what-we-do.html](http://www.blackboard.com/about-us/what-we-do.html)
- Schoology LMS. URL: [www.schoology.com](http://www.schoology.com)
- MOODLE (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment): este es un sistema open source, que permite la funcionalidad bajo el concepto de *competencias del curso (course competencies)*. URL: [moodle.com/moodle-lms](http://moodle.com/moodle-lms)
- Canvas LMS: es utilizado en primaria y secundaria, pero su uso se ha extendido principalmente a instituciones de educación superior. URL: [www.canvaslms.com](http://www.canvaslms.com)

- Desire2Learn (DSL) Brightspace Core LMS.  
URL: [www.d2l.com/products/package/core](http://www.d2l.com/products/package/core)

### ¿Qué es un LMS?

LMS es un acrónimo de *Learning Management System* o sistema para la gestión del aprendizaje.

En su forma básica, un LMS le permite a una institución educativa la organización de sus cursos de modo que puedan ser creados, cambiados, asignados a los estudiantes, calificados, etc.

En su forma más avanzada, un LMS permiten la creación de cursos en línea (eLearning), los cuales comúnmente constan de dos partes separadas:

- 1) Servidor: el cual realiza la funcionalidad principal (creación, gestión y entrega de cursos, autenticación de usuarios, publicación de datos y notificaciones, etc.)
- 2) Cliente: provee una interfaz para el usuario que se ejecuta dentro de su navegador web (web browser). El usuario puede ser un administrador, educador o estudiante.

### Principales Características

Existen en la actualidad cerca de 600 variedades de LMS disponibles. Cada uno es único y posee un conjunto de características para satisfacer las necesidades de los educadores. Algunos de los componentes o funciones comunes que se pueden obtener incluyen:

- **Listas:** una hoja de asistencia digital para el seguimiento de la asistencia y para enviar invitaciones a los participantes de la clase.
- **Control de registro:** la capacidad de supervisar y personalizar los procesos de registro del plan de estudios.
- **Gestión de documentos:** carga y gestión de documentos que contienen contenido curricular.
- **Acceso a múltiples dispositivos:** entrega de contenido del curso a través de interfaces basadas en la web, como computadoras de escritorio, teléfonos o tabletas.
- **Instructores múltiples distribuidos:** la participación remota del educador o alumno permite que el material didáctico cuente con múltiples profesores o expertos de todo el mundo.
- **Calendarios del curso:** creación y publicación de los horarios del curso, plazos y exámenes.
- **Participación de los estudiantes:** interacción entre los estudiantes, como mensajería instantánea, correo electrónico y foros de discusión.
- **Evaluación y prueba:** creación de ejercicios de retención de conocimientos variados, como cuestionarios cortos y exámenes integrales.
- **Calificación y puntuación:** seguimiento avanzado y gráficos del rendimiento del alumno a lo largo del tiempo.

Figura 4: Definición y principales características de un LMS.  
Traducido y adaptado de [55].

- Otros sistemas de información, bases de datos, aplicaciones y sitios en línea:
  - Common Core of Data (CCD) del Centro Nacional de Estadísticas en Educación, NCES, de los EE. UU. [38].
  - The Common Standards Project [7].

- Content Knowledge – Online Edition de McRel International [13].
- Elementary/Secondary Information System (EISi) del Centro Nacional de Estadísticas en Educación. NCES, EE. UU. [39].
- Common Curriculum [8].

Sí fue posible encontrar algunas referencias concernientes a proyectos de arquitectura de sistemas de información, pero no específicamente relacionadas con estandarización académica.

En la categoría de *planes y políticas*, privadas o públicas, que han tenido o podrían tener alguna implementación en un futuro cercano, se destacan las siguientes en torno a estandarización académica:

- European Commission: Education and Training 2020 de la Unión Europea [45].
- Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España [31].
- Normas de preparación para la universidad y el trabajo, US Department of Education [60].
- Ley Que Ningún Niño Se quede Atrás (NCLB: No Child Left Behind Act), US Department of Education [61].
- US Common Core State Standards, Achieve Inc. [1].

No fue posible encontrar referencias a proyectos específicos de arquitectura de sistemas de información en el campo educativo, excepto el siguiente documento relacionado con el tema de arquitectura empresarial (*Enterprise Architecture*):

- Education Enterprise Architecture Guidebook, Reform Enterprise Network for the US Department of Education [48].

Finalmente, y como una sub-categoría especial dentro de *planes y políticas*, se menciona el trabajo de la ISO respecto de *Sistemas de Gestión para Organizaciones Educativas, ISO 21001 (Management System Standards for Educational Organizations)* [15], el cual se encuentra actualmente en desarrollo (*draft stage*) y consiste en la especificación de un conjunto de estándares para *sistemas de gestión de calidad en organizaciones educativas*, el cual está parcialmente alineado con *Sistemas de Gestión de la Calidad, ISO 9001:2015 (Quality Management Systems)* [16].

Sin embargo, esta norma aplica a la estandarización de los sistemas de gestión de calidad dentro de organizaciones que utilizan un currículo “*para proveer, compartir y transferir conocimiento*” [17], es decir, las instituciones educativas, pero no tiene nada que ver con el *alineamiento* de su proceso educativo con *estándares académicos*<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Se usa también *estandarizado*, esto es, “*estar alineado con un conjunto de estándares*” particular.

A diferencia de la norma ISO 21001 citada, el proyecto que se propone aquí se enfocará en proveer un documento de diseño de arquitectura de sistemas de información a partir del cual una institución educativa puede desarrollar un sistema de información que le permita alinearse con estándares académicos, es decir, *estandarizar* su proceso educativo (sección 1.1.2-Producto final).

### **1.2.2. Descripción del beneficiario**

De acuerdo con la definición de oficina de gestión de proyectos (OGP, o PMO por sus siglas en inglés) de la Guía del PMBOK, 5ª edición [46]:

*“Una oficina de dirección de proyectos (PMO) es una estructura de gestión que estandariza los procesos de gobierno relacionados con el proyecto y hace más fácil compartir recursos, metodologías, herramientas y técnicas. Las responsabilidades de una PMO pueden abarcar desde el suministro de funciones de soporte para la dirección de proyectos hasta la responsabilidad de la propia dirección de uno o más proyectos.”*

Cualquiera que sea el nombre que esta unidad reciba, será eventualmente la encargada de asignar o adjudicar la implementación del sistema a la unidad o grupo correspondiente dentro de la institución, o por medio de un proveedor privado, si se hace por contratación externa.

## **1.3. Definición del Problema**

Antes de proceder a la **definición del problema** y del **alcance** del proyecto en las siguientes secciones, es esencial definir varios conceptos claves, así como la respuesta a preguntas relevantes que permitirán un mejor entendimiento del problema y su solución.

En cualquier momento, refiérase el lector a la sección 2-Marco Teórico, para consultar los principales conceptos utilizados a continuación.

### **1.3.1. El Contexto**

Para definir de manera precisa el problema y su eventual solución, se hace necesario analizarlo dentro de dos contextos principales:

- a) El desarrollo integral del país: esto es, la importancia del sistema educativo y sus instituciones como contribuyentes al desarrollo nacional.
- b) La calidad del sistema educativo y su transformación: se considera aquí el estado actual de calidad del sistema educativo y sus instituciones, y como se transforma en función de los factores que más influyen al desarrollo integral del país en la actualidad.

#### **a) El desarrollo integral del país**

El problema se ubica dentro de un contexto prioritario para el país: el sistema educativo (Figura 5), el cual está conformado por un conjunto de instituciones educativas que contribuyen en forma directa al desarrollo integral del país, o bien, lo hace indirectamente

por medio de la preparación de profesionales que participarán dentro de un mercado o industria particular.

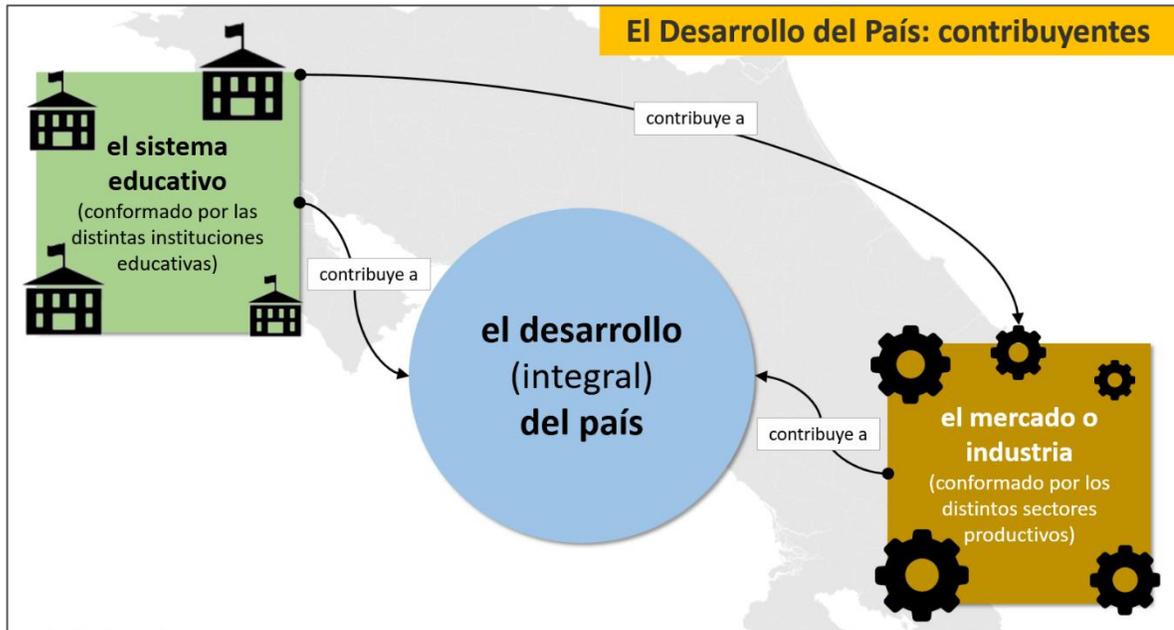


Figura 5: Algunos de los contribuyentes al desarrollo del país.  
Elaboración propia.

Aceptándose bajo este contexto que el *proceso educativo (el qué)* es por naturaleza un proceso *universal* y que entre sus variables están *el entorno, las materias y la metodología (el cómo)*; este proyecto busca resolver aspectos del *qué* (la esencia) y no del *cómo* (la forma), por lo que su propósito es producir un modelo de solución que, con cambios mínimos, sea aplicable a *cualquier organización* dedicada a *proveer, compartir y transferir conocimiento*, sin preocuparse en *cómo* lo hace internamente.

Asimismo, bajo el supuesto de que una institución educativa, como cualquier otra organización, busca alinear sus procesos, y en particular, el *proceso educativo*, al cumplimiento y logro de su ***misión y visión***; es a partir de aquí por donde comienza a definirse el problema a resolver.

Como un ejemplo específico de lo anterior, la misión del TEC, como institución educativa, es relevante dentro del contexto actual del problema, lo cual se refleja en su *misión*: "*Contribuir al desarrollo integral del país*"; y su *visión*: "*seguirá contribuyendo mediante la sólida formación del talento humano*". (Figura 6)

### Su misión

*"Contribuir al desarrollo integral del país, mediante formación de recurso humano, la investigación y la extensión; manteniendo el liderazgo científico, tecnológico y técnico, la **excelencia académica** y el estricto apego a las normas éticas, humanísticas y ambientales, desde una perspectiva universitaria estatal de **calidad y competitividad** a nivel **nacional e internacional**."*

### Su visión

*"El Instituto Tecnológico de Costa Rica seguirá contribuyendo mediante la **sólida formación del talento humano**, el desarrollo de la investigación, la extensión, la acción social y la **innovación** científico-tecnológica pertinente, la iniciativa emprendedora y la estrecha vinculación con los diferentes actores sociales a la edificación de una sociedad más solidaria e inclusiva; comprometida con la búsqueda de la justicia social, el respeto de los*

Figura 6: La misión y visión del TEC.  
Elaboración propia basado en [64].

A partir de la misión y visión del TEC, se hace evidente que la búsqueda por **innovación y calidad** (*excelencia académica*) es una de las razones fundamentales de su existencia, lo que ha podido demostrar por medio de su historial y los resultados académicos obtenidos, y que le han permitido mantener un nivel de prestigio y alto reconocimiento en la región.

Sin embargo, dos conceptos adicionales dentro de su misión y visión requieren hoy más que nunca una atención especial: **competitividad y universalidad** (*"nacional e internacional"*). No solo ambos conceptos se han redefinido en función de los avances tecnológicos, y los cambios sociales, laborales y culturales de hoy, sino que han llegado a impactar radicalmente la definición y el alcance de lo que se ha conocido tradicionalmente como innovación y calidad en las demás industrias, incluyendo el sector educativo. Hoy día, todas aquellas barreras físicas, geográficas, lingüísticas o culturales que tradicionalmente han influido y delimitado los conceptos de innovación y calidad, simplemente se han redefinido bajo los conceptos de competitividad y universalidad actuales.

Así, por ejemplo, si se hablase de la manufactura de un automóvil, los fabricantes deben definir su calidad en un nivel mundial, *universal*, ya que el producto, aunque con restricciones, puede ser adquirido en cualquier parte del mundo.

Lo mismo aplica al concepto de *competitividad*, es decir, ese conjunto de características que lo diferencian de la competencia, por ejemplo, si provee transmisión manual o automática; si opera con gasolina, electricidad o en forma híbrida; si ofrece conectividad multimedia inalámbrica; etc.

Con mucha más razón, la calidad en la educación de un estudiante necesita definirse en términos de universalidad y competitividad, más allá de las limitaciones del entorno y las perspectivas locales; y por esto, el éxito de un proceso educativo no debe limitarse

únicamente a una medición basada en resultados locales *a posteriori* (por ejemplo, estadísticas de inserción de graduados al mercado), sino que se hace obligatorio un sistema de medición *uniforme, estructurado y universal*, que sea posible utilizar a lo largo del proceso educativo para garantizar la calidad desde el inicio, y no hasta el final, cuando es demasiado tarde y lo único que queda es “lanzar” al graduado al mercado laboral y cruzar los dedos esperando que le vaya bien.

La implementación de tal sistema comienza por responderse a la siguiente pregunta:

*¿En qué medida los conocimientos y destrezas adquiridas por un recién graduado le permitirán desempeñarse con excelencia a un nivel local o internacional (universalidad) y cuáles características lo diferenciarán de la competencia (competitividad)?*

Cualquier respuesta aceptable no solo dependerá de la solidez y rigurosidad de tal sistema de medición, sino también de que las instituciones educativas del país sigan mejorando, adaptando y actualizando sus programas de educación de tal forma que continúen graduando estudiantes preparados para *competir* con éxito en un nuevo mercado laboral altamente *globalizado*, universal.

#### **b) La calidad del sistema educativo y su transformación**

Sin una respuesta oportuna y apropiada por parte del sistema educativo a los anteriores aspectos de innovación, calidad, competitividad y universalidad, tal y como sucedió con el caso de Intel en Costa Rica (Figura 7), el país seguirá sumergido en el subdesarrollo y destinado a perder su ventaja competitiva en la región, con una continua dependencia de otros países o multinacionales en su afán de construir una economía más robusta, consistente, y particularmente, independiente del establecimiento temporal,

#### **El caso Intel en Costa Rica**

*The Economist* (2014) y *The Huffington Post* (2014) exponen la dualidad de consecuencias en la atracción de inversión extranjera como Costa Rica lo logró gracias a la oferta de mano de obra calificada, pero al mismo tiempo, el riesgo y amenaza a la economía nacional al crearse una dependencia en términos de empleo, producto interno bruto y exportaciones.

Si bien es cierto que la llegada de Intel en 1994 se dio en buena parte por las condiciones favorables de la economía y estabilidad social del país, tal cosa no pudo haber sido posible sin la oferta de estudiantes y profesionales altamente calificados.

Hasta el 2014, cuando Intel cesó sus operaciones de manufactura, llegó a representar un 20% de la economía del país y segunda en importancia después del turismo.

Esta dependencia no fue exclusiva de Intel, sino que se extendió a otras empresas que se establecieron alrededor de sus operaciones. Por esto, cuando Intel anunció su partida, inmediatamente otras empresas extranjeras, tales como *Hewlett-Packard* y *Bank of America*, anunciaron el cierre parcial o completo de sus operaciones locales; mientras que otras, incluyendo compañías proveedoras locales, desaparecieron.

*Figura 7: El caso de Intel.  
Elaboración propia.*

aunque sea a largo plazo, de compañías que tarde o temprano se trasladarán a otros países que les ofrezcan mejores condiciones.

Aunque el caso de la llegada y partida de Intel del país es solo un ejemplo de cómo la formación y calidad académica de sus profesionales impacta directamente el desarrollo integral del país, particularmente mediante la atracción de inversión extranjera (*Figura 8*), las lecciones aprendidas no necesariamente se han manifestado en forma de una transformación significativa del sistema educativo nacional respecto de la adopción y uso de estándares académicos que permitan repetir casos como el de Intel (*la atracción continua de inversión gracias al nivel de educación*) y reducir sus implicaciones negativas, especialmente la *dependencia*, cuyo impacto se refleja aún más cuando las compañías inversoras abandonan el país.

Como se dijo anteriormente, aunque el espíritu de *innovación* está presente en la declaración de la visión del TEC, y tanto los objetivos de *calidad* como de *competitividad y universalidad* lo están dentro de su misión, esto no puede evaluarse concretamente y con objetividad, sin un sistema de medición de calidad apropiado que garantice que esto se está logrando y que se está haciendo exitosamente.

Es importante reiterar que un sistema de medición como tal no puede basarse únicamente en datos o eventos externos tales como porcentajes de contratación, número de casos individuales de éxito, cantidad de enunciados de prensa, galardones recibidos, etc., en vista de que esta información a menudo se recibe ya desactualizada, meses o años después de que el estudiante se ha graduado y su proceso de formación inicial ha terminado.

### Costa Rica, Intel y el TEC

En su trabajo de posgrado, "Las Lecciones aprendidas del caso Intel de Costa Rica" [10], Gutiérrez Alvarado nota como el nivel de educación del país fue un factor clave que influyó a la escogencia de Costa Rica como sede de su planta en América Latina en 1994 y luego su eventual acuerdo de colaboración con el TEC en 1998:

"Para posicionar a Costa Rica como candidato, la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE) logró atraer misiones de Intel al país. Los atributos de Costa Rica se centraban en tres puntos: su transparencia gubernamental y estabilidad política, su legislación favorable a la IED\* (sin favoritismo a empresas específicas, aunque sí a sectores), **pero particularmente, el nivel de educación y salud imperante, tanto en el nivel general como en la existencia de instancias de educación terciaria y técnica.**"

Por ello, en 1998, tanto INTEL como el ITCR centraron las discusiones en torno a un acuerdo que llevase a un proceso de colaboración conjunta para el desarrollo curricular, y no tan solo la ayuda puntual de una suma determinada de laboratorios y becas. Todo ello en aras de mejorar los grados de certificación, de técnicos y de bachillerato (interés central de Intel) y de ingeniería y maestría (interés central del ITCR).

\*IED: inversión extranjera directa

Figura 8: Las lecciones aprendidas de Intel Costa Rica  
Elaboración propia.

Sin embargo, a pesar de la necesidad, y si se quiere, urgencia, de contar con este tipo de sistemas de medición, su implementación todavía no se ha extendido a la gran mayoría de países, instituciones educativas y niveles académicos, y sigue manteniéndose básicamente como un objetivo o ideal al que eventualmente se quiere llegar.

### 1.3.2. Especificación del problema

En la actualidad, el enfoque de estos sistemas de medición de calidad se ha basado en la necesidad de *estandarización* de la educación, esto es, el alineamiento de todas las tareas envueltas en el proceso educativo (preparación de lecciones; diseño y uso de actividades y experiencias de aprendizaje; evaluaciones, etc.) con un conjunto de estándares, los cuales pueden ser definidos en niveles local, nacional o internacional. En ciertos aspectos, esto es similar al que otras organizaciones en la industria utilizan para alinear sus procesos y luego obtener su certificación (por ejemplo: ISO, IEEE, ANSI, etc.).

En algunos países europeos y asiáticos, así como en los EE. UU., muchas instituciones académicas, principalmente en el nivel de primaria y secundaria, han tomado la iniciativa de transformar sus sistemas de educación tradicionales a un SEBE<sup>5</sup>, aunque restringidos al conjunto de estándares establecidos por el país, el estado o provincia, o la misma institución, lo cual las limita y resta flexibilidad para adaptarse a cambios futuros.

Y aunque los cambios continúan dándose en el nivel de adopción de iniciativas, el problema al que este proyecto responde es:

**Las carencias y limitaciones de la tecnología para apoyar la transformación de las instituciones educativas tradicionales hacia los sistemas educativos basados en estándares.**

No basta con iniciativas. Se necesita acción. Esta acción, o transformación, se puede llevar a cabo mediante el diseño y creación de tecnología que permita ejecutar las iniciativas de mejoramiento de calidad del sistema educativo.

Asimismo, si los objetivos de *innovación, investigación y avances tecnológicos* constantemente se repiten en la misión y visión de una institución educativa, ¿*Dónde está la infraestructura tecnológica que permite el logro de tales objetivos?*, o al menos, ¿*Dónde están los sistemas de información que faciliten la transformación y transición de un sistema educativo tradicional a un SEBE?* Desafortunadamente, la mayoría de las soluciones tecnológicas se han concentrado en los *procesos de gestión* de las instituciones y no en los *procesos de enseñanza* (el proceso educativo).

Por esa misma razón, este proyecto busca plantear la arquitectura general de una solución tecnológica, desde la perspectiva de sistemas de información, que permita a las

---

<sup>5</sup> SEBE: sistema educativo basado en estándares. Ver capítulo 2-Marco Teórico.

instituciones la aplicación o alineamiento de sus procesos educativos (transformación) con un conjunto de estándares académicos.

#### 1.4. Justificación

Es evidente que, a mediano o largo plazo, el mercado o industria estará más interesado en recibir graduados preparados académicamente en instituciones educativas que han basado su proceso educativo en estándares académicos y, por el contrario, atributos tradicionales como origen, idioma, localidad, institución de procedencia, entre otros, no tendrán tanta importancia.

Para asegurar el cumplimiento de la misión y visión de "*contribuir al desarrollo integral del país... desde una perspectiva ... de calidad y competitividad a nivel nacional e internacional*", las instituciones educativas, como es el caso del TEC, no solo deberán adoptar un conjunto de estándares académicos que le permitan desarrollar y medir su nivel de educación en forma concreta y universal, sino que también, deberán adquirir tecnología de sistemas de información, que les permitan manejar las tareas asociadas a sus procesos educativos y la información que fluye a través de ellos.

Es así como el desarrollo de este proyecto se justifica desde tres perspectivas fundamentales, lo que viene a constituir su propia "misión":

*Proveer **innovación** tecnológica que facilite la estandarización académica con el propósito de producir un **impacto** positivo en las instituciones educativas, a un nivel de **profundidad** óptimo que maximice los beneficios ofrecidos por el uso y aplicación de la ingeniería en sistemas de información.*

##### 1.4.1. Innovación

Como se mencionó en la sección 1.2-*Antecedentes*, la existencia de proyectos académicos de diseño de arquitecturas de sistemas de información en el país es mínima, por no decir nula. Asimismo, se desconoce la existencia de sistemas de información para la aplicación de estándares académicos dentro del sistema educativo nacional. En este aspecto, es razonable asumir que esto se ha debido principalmente a que el sistema educativo nacional no es un sistema basado en estándares académicos.

Por otro lado, se desconoce la situación a nivel regional, pero en la investigación preliminar para elaborar esta propuesta, se pudo observar que, incluso a nivel de países desarrollados, la tecnología de sistemas de información es limitada, o donde existe, está condicionada a estándares académicos particulares de un país o región.

Por tales razones, la innovación que este proyecto brinda se manifestará en los siguientes aspectos:

- a) Contribuye, mediante una solución desde la perspectiva de diseño de arquitectura de sistemas de información, a llenar el vacío tecnológico que hay entre el sistema educativo y el uso de estándares académicos para mejorar y fortalecer el proceso educativo.

- b) Facilita y agiliza la transformación de un sistema educativo tradicional a uno basado en estándares académicos, es decir, facilita la *estandarización académica* del sistema y el proceso educativo.
- c) Provee al sistema educativo de las ventajas más importantes ofrecidas por la estandarización académica el proceso educativo.
- d) Reproduce y aplica al sector educativo, modelos y mejores prácticas provenientes de otras industrias que por años han utilizado sistemas de estándares para mejorar la calidad y excelencia de sus productos.
- e) Aplica al sistema educativo, los principios y procedimientos de estandarización que las organizaciones de normas internacionales (ISO, IEEE, ANSI, etc.) han desarrollado otras áreas como producción, construcción, mantenimiento, etc.

### 1.4.2. Impacto

En vista de que el proyecto está dirigido a la OGP de una institución educativa y no se basa en requerimientos propios de ella o de sus unidades académicas particulares (escuela, departamento, carrera), su impacto se describe a continuación:

DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	La Industria	El Sistema Educativo	La Institución Educativa	El Educador	El Estudiante
Al permitir la aplicación de estándares académicos, establece un <u>ENLACE</u> entre el proceso educativo y los requerimientos provenientes de la industria y demás <i>partes interesadas (stakeholders)</i> .	↑	↑	↑	×	×
Provee tecnología apropiada para <u>ALINEAR</u> el proceso educativo con un conjunto de estándares académicos.	●	↑	↑	↑	●
Facilita que una institución educativa pueda <u>EVALUAR</u> en forma concreta el nivel de cumplimiento de la misión y visión por medio de su proceso educativo.	×	×	↑	↓	×
Es un medio que facilita <u>GARANTIZAR</u> la calidad del proceso educativo de inicio a fin. <i>Nota: no confundir este impacto en el sentido de que el sistema no puede garantizar el éxito en la calidad de la formación de cada uno de los estudiantes en forma individual.</i>	×	↑	↑	↑	↑
Provee <u>UNIFORMIDAD</u> en la formación del estudiante, independientemente de la modalidad del curso o el instructor, al enlazar actividades y experiencias de aprendizaje con estándares académicos.	↑	↓	↓	↑	↑

Nivel de impacto: ↑ Alto ● Moderado ↓ Mínimo × Ninguno o no aplica

### 1.4.3. Profundidad

La profundidad de este proyecto se presenta considerando los siguientes dos aspectos:

- 1) el *ciclo de vida de desarrollo de software* (Figura 9), y
- 2) el *nivel de lenguaje* a utilizar para la documentación final.

Independientemente del modelo del **ciclo de vida de desarrollo de software** que se siga (*tradicional, espiral, agile, etc.*), tan pronto como se hayan determinado los requerimientos arquitectónicos (*análisis de requerimientos*), atributos de calidad (*"ilidades"*<sup>6</sup>) y *restricciones del sistema*<sup>7</sup>, comenzará el proceso de diseño de la arquitectura de sistemas de información. Durante este proceso iterativo de diseño, se documentarán los componentes arquitectónicos del sistema, evaluando cada *arquitectura candidata* para determinar su validez y tomar la decisión, ya sea de seleccionarla como la más apropiada en función de los requerimientos arquitectónicos, o bien, repetir el proceso de diseño y evaluación de nuevos candidatos hasta encontrar la arquitectura que cumpla satisfactoriamente con los requerimientos del sistema.

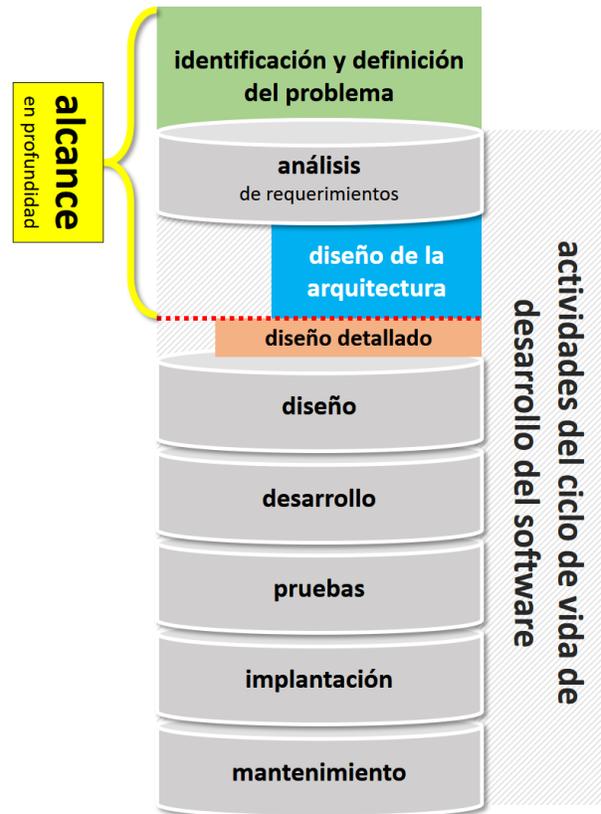


Figura 9: Profundidad del proyecto.  
Elaboración propia.

Cuando este proceso iterativo de diseño termine, esto es, cuando se haya hecho la selección del diseño arquitectónico óptimo, el proyecto concluirá y la documentación de diseño se revisará y completará para ser entregada a las partes interesadas. A partir de aquí, ya no se ejecutarán actividades adicionales dentro del ciclo de vida del software, tales como diseño detallado, desarrollo (programación), pruebas (control de calidad), implantación y mantenimiento.

<sup>6</sup> A diferencia del análisis de sistemas, que se enfoca en levantar los *requerimientos funcionales*, al análisis arquitectónico le interesa un enfoque mayor con respecto de otro tipo de requerimientos. En este caso, al arquitecto le interesará dedicar su esfuerzo a identificar los *requerimientos no funcionales* (*atributos de calidad*) y *restricciones* (*constraints*) del sistema.

<sup>7</sup> Del inglés *system constraints*.

Por otra parte, es importante notar que al ser este un documento de diseño de software y estar dirigido a una OGP, su contenido se desarrollará utilizando un **nivel de lenguaje** técnico apropiado (siguiendo estándares de documentación aceptados por la industria) que pueda ser entendido y seguido claramente por ingenieros en computación, y por otra parte, se utilizará un nivel de lenguaje claro y comprensible, con información relevante expresada en forma visual para optimizar la comunicación y entendimiento del diseño por parte de todas las partes interesadas (*stakeholders*), considerando en particular, aquellas que no tienen un trasfondo técnico en ingeniería de software (propietarios, personal de nivel gerencial, usuarios, etc.).

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Diseñar una arquitectura de sistemas de información, en conformidad con la norma ISO/IEC/IEEE 42010, que ofrezca un marco para el desarrollo de sistemas de información que habiliten el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias en instituciones educativas.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- a) Contrastar el nivel actual de aplicación de estándares académicos en sistemas educativos de al menos tres países distintos.
- b) Determinar los requerimientos arquitectónicos, atributos de calidad y restricciones que una familia de sistemas de información debe cumplir para permitirle a una institución educativa alinear su currículo con un conjunto de estándares académicos.
- c) Determinar la alternativa de diseño de arquitectura de sistemas de información más apropiada para la solución del problema.
- d) Validar la arquitectura de sistemas de información con respecto de los requerimientos arquitectónicos, atributos de calidad y restricciones del sistema.

### **1.5.3. Alcance**

Si partimos de que no es parte de este proyecto discutir y decidir las ventajas y desventajas de que la educación sea transformada para basarse en un conjunto de estándares académicos, se considera como principio fundamental que, al ser el proceso educativo un *sistema*, el *sistema educativo*, como tal, debe seguir un *orden* establecido por un conjunto de normas, procedimientos, principios, etc. Por esto en los últimos años, muchos sistemas educativos han decidido *alinearse con un conjunto de estándares académicos*, independientemente de que estos hayan sido definidos por ellos mismos, por entidades externas, políticas gubernamentales, o bien, por las mismas fuerzas del mercado.

Aunque al correr de los años, las instituciones educativas, en su propósito de mejorar su calidad educativa, se han enfrentado a diferentes *tendencias*<sup>8</sup>, muchas de las cuales han surgido y desaparecido, y otras se encuentran aún en proceso de evolución, es un hecho que el alineamiento con un conjunto de estándares académicos es una forma de garantizar los resultados del sistema educativo, es decir, que el estudiante ha sido preparado con los mismos conocimientos y habilidades que cualquier otro estudiante, sin importar su lugar de procedencia, idioma, nivel socio-económico u otros, los cuales no deben ser más los factores que determinen el nivel de destreza y calidad adquiridos. Y aunque un sistema educativo no puede garantizar el mismo resultado de éxito en todos los casos, el alineamiento con estándares académicos es una garantía de que pueda lograrlo con mayores posibilidades y amplio alcance (el mayor número de estudiantes), y que lo puede conseguir de una manera efectiva y eficiente.

Por las anteriores razones, el **alcance** de este proyecto se limitará únicamente *al diseño de una arquitectura de sistemas de información (diseño de alto nivel) que sirva como marco de referencia para el desarrollo futuro de sistemas de información que permitan el alineamiento con un conjunto de estándares académicos.*

Este diseño estará basado en el análisis de requerimientos obtenidos a partir de un conjunto limitado de sistemas educativos y sus instituciones.

### **Consideraciones y limitaciones**

- El documento de diseño de arquitectura de sistemas de información incluye especificaciones de sistemas tal que su futuro desarrollo pueda llevarlo a cabo instituciones educativas de **educación secundaria** cuya administración haya tomado la decisión de transformar, parcial o completamente, su proceso educativo de modo que su currículo pueda ser alineado con un conjunto de estándares académicos aceptados, obligatorios y universales.
- Este proyecto no se involucrará en tareas de implementación, como programación, diseño detallado, creación y normalización de bases de datos, diseño y recomendaciones de arquitectura de red, etc., sin embargo, si se describirán aquellas actividades que están directamente relacionadas con el sistema y son esenciales para su desarrollo e interoperabilidad con otros sistemas.
- Más específicamente, y en función de la definición y descripción de los procesos mencionados en el marco teórico, bajo el concepto de *Sistemas Educativos Basados en Estándares (SEBE)*, la especificación de diseño arquitectónico del sistema se limitará a sus requerimientos, atributos de calidad y restricciones, enfocándose en el proceso de *Educación*, mientras que los procesos de *Ingreso*, *Identificación*, *Especificación*, *Inducción* y *Mejora Continua* se considerarán como ya existentes, o para desarrollarse en el futuro, y serán descritos dentro de este proyecto únicamente como referencia. Por esta razón, el diseño arquitectónico debe considerar atributos de

---

<sup>8</sup> Del inglés *trends*.

interoperabilidad, extensibilidad y funcionalidad de modo que pueda integrarse apropiadamente con estos y otros sistemas.

- El diseño arquitectónico también debe considerar que eventualmente el sistema a desarrollar sea capaz y lo suficientemente flexible para manejar estándares académicos cambiantes, tanto *locales* como *internacionales*. Así, el diseño arquitectónico debe considerar los atributos de flexibilidad, escalabilidad y que sea modificable, pero mantener al mismo tiempo su integridad conceptual.
- Se enfatiza que el conjunto de estándares académicos se considera como existente en forma de repositorio de datos (archivo o base de datos; local o en la nube) y que pueden ser leídos como datos de entrada (*data input*) por el sistema de información mediante el método seleccionado de acceso a base de datos. Sin embargo, esta consideración está sujeta a las necesidades de las partes interesadas, por lo que, si llegara a convertirse en un requerimiento indispensable, debe considerarse en el diseño arquitectónico de manera que los sistemas de información permitan la creación de nuevos estándares académicos, aun sabiendo que tales funciones no son responsabilidad de este tipo de sistemas. En este caso, aunque el diseño debe considerar la flexibilidad apropiada desde el punto de vista de los interesados, debe permitirse solo hasta el punto donde no afecte la integridad conceptual del sistema.
- Finalmente, y en función de delimitar el objetivo específico (a) de la sección 1.5.2- *Objetivos Específicos*, se realizará un contraste de sistemas educativos de los tres países siguientes:
  - **EE. UU.:** por ser el país donde el autor ha trabajado profesionalmente en los últimos 15 años, con experiencia adquirida tanto en el sector educativo como en el área de tecnologías de información.
  - **Singapur:** por ser este un país cuyo sistema educativo (secundaria) ha demostrado consistentemente una alta calidad y competitividad en el nivel mundial, basado en los resultados de las pruebas de Pisa de la OCDE (*Organisation for Economic Cooperation and Development*), particularmente en las áreas de matemáticas y ciencias. En ambas áreas, Singapur se ubicó en la primera posición en la última clasificación (ranking PISA 2015) basada en puntajes de 76 países<sup>9</sup>, y su sistema educativo se ha mantenido dentro de los 20 mejores en el nivel mundial<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Ver clasificación en mapa interactivo: <http://www.independent.co.uk/news/education/education-news/global-school-rankings-interactive-map-shows-standards-of-education-across-the-world-10247405.html>

<sup>10</sup> Según el *World Top 20 Project*, realizado en el 2017 [3], los primeros 20 países con los mejores sistemas de educación en el mundo son: 1-Corea del Sur, 2-Japón, 3-Rusia, 4-Hong Kong, 5-China, 6-Reino Unido, 7-Singapur, 8-Finlandia, 9-Dinamarca, 10-Israel, 11-Países Bajos, 12-Eslovenia, 13-Canadá, 14-Irlanda, 15-Noruega, 16-Estados Unidos, 17-Estonia, 18-Nueva Zelanda, 19-Taiwán, 20-Italia. Esta lista ha sido

- **Costa Rica:** por ser el país de origen del autor y donde ha tenido experiencia en el sector educativo como estudiante y profesor universitario, así como en el área de análisis, diseño y desarrollo de sistemas de información, entre otros campos.

#### 1.5.4. Entregables

Se entregará el documento *Diseño de una Arquitectura de Sistemas de Información para la Aplicación de Estándares Académicos* en conformidad con la norma 42010. Este es el entregable final identificado como **ENT.05**.

Este documento cumplirá con los componentes especificados en la norma citada, y podría incluir componentes adicionales que surjan durante la etapa de investigación y análisis, incluyendo aquellos recomendados por el profesor asesor y otras partes interesadas en el proyecto. Las secciones del documento serán tratadas como entregables, ya sea en forma individual o grupal.

A continuación, se listan los entregables del proyecto, incluyendo aquellos requeridos por la norma 42010 (en **negrita**):

SECCIONES DEL DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO	ENTREGABLE
Portada	Parte de: <b>ENT.05</b>
Hoja de aprobación	
Dedicatoria (opcional)	
Agradecimientos (opcional)	
Epígrafe (opcional)	
Resumen	
Índice general	
Capítulo 1: Introducción	
Capítulo 2: Marco Teórico	
Capítulo 3: Desarrollo Metodológico	
SECCIONES CORRESPONDIENTES A LA NORMA 42010	
<b>5. Descripción de la arquitectura</b>	<b>ENT.01</b>
<b>5.1. Introducción</b>	<n/a>
<b>5.2. Identificación y generalidades de la descripción arquitectónica</b>	<b>ENT.01 (a)</b>
<b>5.3. Identificación de las partes interesadas y sus inquietudes</b>	<b>ENT.01 (b)</b>

---

compilada con base en datos provenientes de las organizaciones internacionales que anualmente monitorean el nivel de educación de los países. Estas organizaciones son: *the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)*, *Programme for International Student Assessment (PISA)*, *the United Nation's Economic and Social Council (UNESCO)*, *The Economist Intelligence Unit (EIU)*, *the Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)* and *Progress in International Reading Study (PIRLS)*.

	<i>(*) Nota: los <b>intereses</b> pueden manifestarse como requerimientos, atributos de calidad, restricciones del sistema, entre otros.</i>
<b>5.4. Puntos de vista de la arquitectura</b>	<b>ENT.02 (a)</b>
<b>5.5. Vistas de la arquitectura</b>	
<b>5.6. Modelos de la arquitectura</b>	<b>ENT.02 (b)</b>
<b>5.7. Relaciones de la arquitectura</b>	<b>ENT.02 (c)</b>
<b>5.8. Decisiones arquitectónicas y razonamiento</b>	<b>ENT.02 (d)</b>
<b>6. Marcos de referencia de la arquitectura y lenguajes de descripción de arquitecturas</b>	<b>ENT.03</b>
<b>6.1. Marcos de referencia de la arquitectura</b>	<b>ENT.03 (a)</b>
<b>6.2. Adherencia de la descripción de la arquitectura a un marco de referencia arquitectónico</b>	<b>ENT.03 (b)</b>
<b>6.3. Lenguajes para la descripción de arquitecturas (ADLs)</b>	<b>ENT.03 (c)</b>
Evaluación y validación de la arquitectura	ENT.04
Capítulo 4: Análisis de Resultados	Parte de: <b>ENT.05</b>
Capítulo 5: Conclusiones	
Capítulo 6: Apéndices (opcional)	
Capítulo 7: Bibliografía	

Como referencia, se listan a continuación aquellos entregables directamente relacionados con los requerimientos de la norma 42010 de acuerdo con la versión y numeración original en inglés (en **negrita**):

- 5. Architecture description**
  - 5.1. Introduction**
  - 5.2. Architecture description identification and overview**
  - 5.3. Identification of stakeholders and concerns**
  - 5.4. Architecture viewpoints**
  - 5.5. Architecture views**
  - 5.6. Architecture models**
  - 5.7. Architecture relations**
  - 5.8. Architecture rationale**
- 6. Architecture frameworks and architecture description languages**
  - 6.1. Architecture frameworks**
  - 6.2. Adherence of an architecture description to an architecture framework**
  - 6.3. Architecture description languages**

## 2. Marco Teórico

---

### Aclaración

Esta sección reúne un conjunto de conceptos y definiciones en forma general, pero con amplia sustentación bibliográfica, con el propósito principal de ayudar al lector a entender mejor el contexto del proyecto, el problema y su solución, de manera simple y sin las complejidades que variaciones específicas de tales definiciones podrían ocasionar.

El desarrollador de este proyecto, y autor de este documento, acepta que muchas de estas definiciones podrían diferir dependiendo de la teoría y campo de estudio donde se utilicen tales conceptos, así como por las diversas corrientes y filosofías de pensamiento actuales, por su aplicación en situaciones y contextos específicos.

De igual forma, se acepta que estos conceptos podrían entenderse de manera distinta según el trasfondo, la experiencia y perspectiva de cada lector, por lo que se le recomienda consultar las referencias bibliográficas al final del documento para obtener información adicional, detallada y contextualizada a partir de las fuentes de información originales.

---

### Alinear, alineación, alineamiento

Del inglés *alignment*.

Este concepto se utiliza a lo largo del documento para referirse a la relación entre los componentes claves de un currículo y el conjunto de estándares académicos y competencias establecido por una institución educativa (o sistema educativo) para medir la calidad en educación.

Ejemplo general:

El currículo de matemáticas de secundaria *alineado* con los estándares académicos de Matemáticas del Bachillerato Internacional (International Baccalaureate).

Ejemplo específico:

Los objetivos académicos del plan de lección “Introducción a las figuras geométricas planas” *alineados* con los estándares académicos de Matemáticas/Geometría para primaria del Ministerio de Educación.

PLAN DE LECCION			
Área:	Subsistema	Docente:	Fecha:
Matemática	Primaria	Nelly Márquez	01/04/2015
Contenido:	Objetivos	Actividad	
<b>CCSS.MAT.GEO.1.G.1</b> Figuras Planas: Triángulo, círculo, cuadrado, rectángulo.	Conocer el cuadrado, triángulo, rectángulo y círculo como figura geométrica plana.	<b>Inicio</b> Mostrar imágenes animadas de figuras geométricas para introducir el tema <b>Desarrollo:</b> Presentar imágenes y sus propiedades utilizando un presentador de diapositivas. Realizar una práctica con la herramienta Ardora para que los estudiantes identifiquen las figuras geométricas mediante ejercicios visuales.	
<b>CCSS.MAT.GEO. 1.G.2</b> La pirámide, la esfera, el cubo, el prisma rectangular, el cono y el cilindro.	Identificar el cubo, cono, prisma rectangular pirámide y cilindro como figura geométrica tridimensional.	<b>Fin</b> Realizar una práctica con la herramienta Ardora para que los estudiantes identifiquen las figuras geométricas mediante ejercicios visuales.	

Ministerio de Educación Estándares Académicos	
Matemáticas	English/Spanish Language
<b>Geometría</b>	<b>1.G</b>
<b>Razonan usando las figuras geométricas y sus atributos.</b>	
1. Distinguen entre los atributos que definen las figuras geométricas (por ejemplo, los triángulos son cerrados con tres lados) y los atributos que no los definen (por ejemplo, color, orientación, o tamaño general); construyen y dibujan figuras geométricas que tienen atributos definidos.	
2. Componen figuras de dos dimensiones (rectángulos, cuadrados, trapecoides, triángulos, semicírculos y cuartos de círculos) o figuras geométricas de tres dimensiones (cubos, prismas rectos rectangulares, conos circulares rectos, y cilindros circulares rectos) para crear formas compuestas, y componer figuras nuevas de las compuestas. <sup>4</sup>	
3. Parten círculos y rectángulos en dos y cuatro partes iguales, describen las partes utilizando las palabras	

Figura 10: Ejemplo de alineamiento de un plan de lección con un conjunto de estándares académicos. Elaboración propia.

## Arquitectura empresarial (AE)

Del inglés *Enterprise Architecture (EA)*.

Se define como:

*“La arquitectura empresarial es un conjunto coherente de principios, métodos y modelos que se utilizan en el diseño y la realización de la estructura organizacional de una empresa, los procesos comerciales, los sistemas de información y la infraestructura.” [27]*

## Arquitectura de sistemas de información (ASI)

Del inglés *Information System Architecture (ISA)*.

El concepto de *arquitectura de sistemas información* se define de distintas formas.

Una primera definición establece este concepto como:

*“La organización fundamental de un sistema, implícita en sus componentes, las relaciones entre ellos y su entorno; y los principios guiando su diseño y evolución.” [14]*

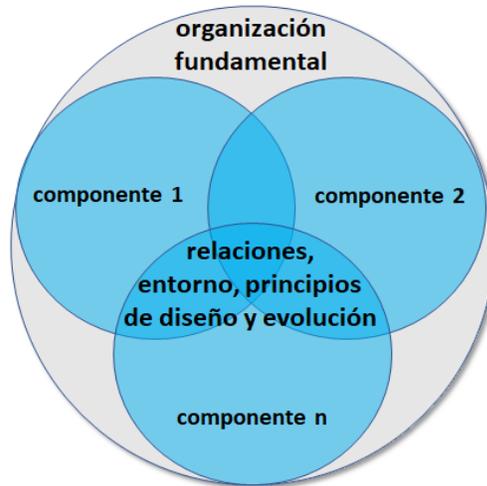


Figura 11: Arquitectura de SI como su organización fundamental.  
Elaboración propia.

Una segunda definición establece este concepto como:

**“La representación de la estructura de componentes de sistemas de información, las relaciones entre ellos, sus principios y directivas, con el propósito principal de apoyar la organización.” [62]**

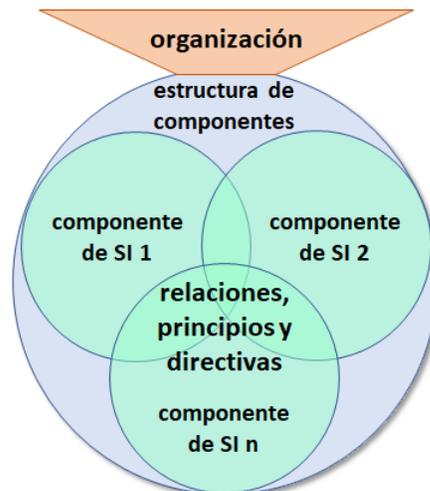


Figura 12: Arquitectura de SI como estructura de componentes de SI para el apoyo de la organización.  
Elaboración propia.

La arquitectura de sistemas de información forma parte de un extenso campo de arquitecturas y modelos de importancia para la organización. De acuerdo con su nivel, se pueden clasificar las siguientes arquitecturas [62]:

- *Arquitectura Empresarial o Enterprise Architecture (EA)*
- *Arquitectura de Sistemas de Información o Information Systems Architecture (ISA)*
- *Arquitectura de Software o Software Architecture (SWA)*

Existen marcos de referencia arquitectónicos para desarrollar cada una de estas arquitecturas. Por ejemplo, el *marco de referencia TOGAF*<sup>11</sup>, desarrollado por *The Open Group* [57], es un marco de referencia para el desarrollo de arquitecturas empresariales, que incluye un marco de referencia para el desarrollo de arquitecturas de sistemas de información.

Un ISA se puede dividir en tres niveles [53]:

- *Arquitectura de datos (o de información): representa tipos de datos principales que soportan la organización;*
- *Arquitectura de aplicaciones: define aplicaciones necesarias para la gestión de datos y soporte del negocio;*
- *Arquitectura tecnológica*<sup>12</sup>: *representa las principales tecnologías utilizadas en la implementación de las aplicaciones y la infraestructura que proporciona el entorno para la implantación del IS.*

Por las similitudes entre el dominio de la ingeniería de software y la ingeniería de sistemas de información, muchos de los aspectos y características del concepto de arquitectura de SI se comparten con el de *arquitectura de software*.

## **Arquitectura de software (ASW)**

Del inglés *Software Architecture (SWA)*.

El concepto de *arquitectura de software* lo define Kazman [25] como...

*“El conjunto de estructuras necesarias para razonar sobre un sistema que comprende los **elementos** de software, las **relaciones** entre ellos y las **propiedades** de ambos.”* [25]

---

<sup>11</sup> Del inglés *The Open Group Architecture Framework*.

<sup>12</sup> TOGAF trata la *arquitectura tecnológica* en forma separada como un todo. En TOGAF, ISA comprende la *arquitectura de datos* y la *arquitectura de aplicación* únicamente.

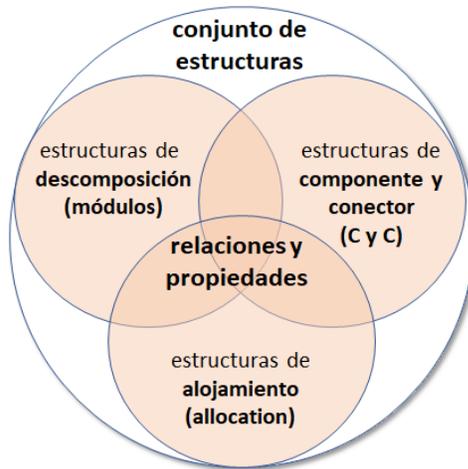


Figura 13: Arquitectura de software como un conjunto de estructuras.  
Elaboración propia.

En este proyecto, el concepto de arquitectura de software se usa en términos generales para referirse a los principios de análisis y diseño arquitectónico que cualquier producto de software comparte, independientemente si es un sistema de información u otro tipo de software.

Asimismo, un rol que la arquitectura de software cumple es el de proveer un enlace entre los requerimientos y el diseño (Figura 14):

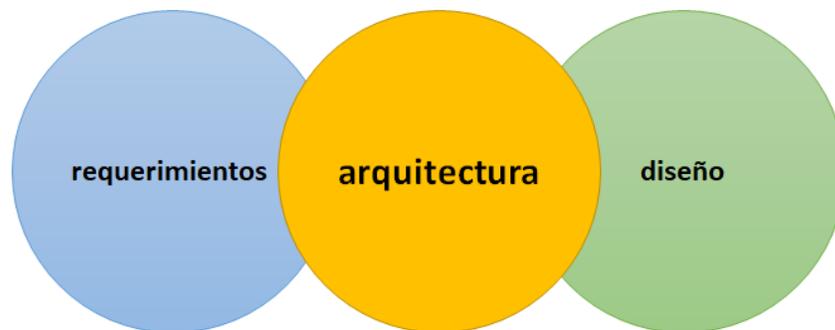


Figura 14: El rol de la arquitectura de software como enlace entre los requerimientos y el diseño.  
Elaboración propia.

Las similitudes entre el concepto de la ingeniería del software y la ingeniería de sistemas de información, hace que muchos de los aspectos y características de *arquitectura de software* y *arquitectura de sistemas de información* se compartan.

### Atributo de calidad

Del inglés *Quality Attribute (QA)*.

Según Kazman et al. [25], los atributos de calidad son las propiedades verificables de un sistema que se utilizan para indicar el nivel en que este satisface las necesidades de las partes interesadas.

Así, los atributos de calidad tienen que ver con el comportamiento del sistema, tales como: extensibilidad, portabilidad, usabilidad, operatividad, etc. Estos atributos son las “ilidades” del sistema [41].

### **Currículo, plan de estudios**

Del latín *curriculum*, cuyo significado es 'carrera'.

Se tratan como sinónimos.

El diccionario de la RAE [47] lo define como:

1. *m. Plan de estudios.*
2. *m. Conjunto de estudios y prácticas destinadas a que el alumno desarrolle plenamente sus posibilidades.*

Sin embargo, hay definiciones diversas y más extensas desde distintos puntos de vista y campos de estudio.

Para efectos de este proyecto, la definición se enfocará desde la perspectiva de educación donde el currículo se refiere a *un plan de estudio compuesto por un conjunto de conocimientos, habilidades y principios que los estudiantes deben adquirir mediante experiencias de aprendizaje organizadas tanto en entornos formales como no formales.*

### **Desarrollo de software, implementación de software**

Del inglés *software development*. No confundir con *software implementation*.

Se tratan como sinónimos.

A menos que se indique explícitamente o como parte del concepto de *ciclo de vida de desarrollo de software*, el término *desarrollo de software* se utilizará para referirse a cualquier actividad de programación o codificación de software.

### **Descripción arquitectónica, documentación arquitectónica**

Del inglés *architectural description, architectural documentation (DA)*.

Todo sistema de software tiene una arquitectura. Esta arquitectura se visualiza por medio de la descripción arquitectónica (documentación). Es análoga a la arquitectura tradicional donde se preparan diferentes vistas de diseño del producto, como dibujos, esquemas, planos estructurales, eléctricos, etc.

En arquitectura de sistemas de software, esta documentación arquitectónica incluye artefactos de documentación que describen la arquitectura del sistema desde diferentes vistas, por ejemplo, la vista desde la perspectiva de la lógica de negocios, la estructura de datos, la infraestructura tecnológica, etc.

La norma 42010 [14] ilustra los elementos claves concernientes a los sistemas de software y sus arquitecturas como contexto para un mejor entendimiento del concepto de descripción arquitectónica (Figura 15).

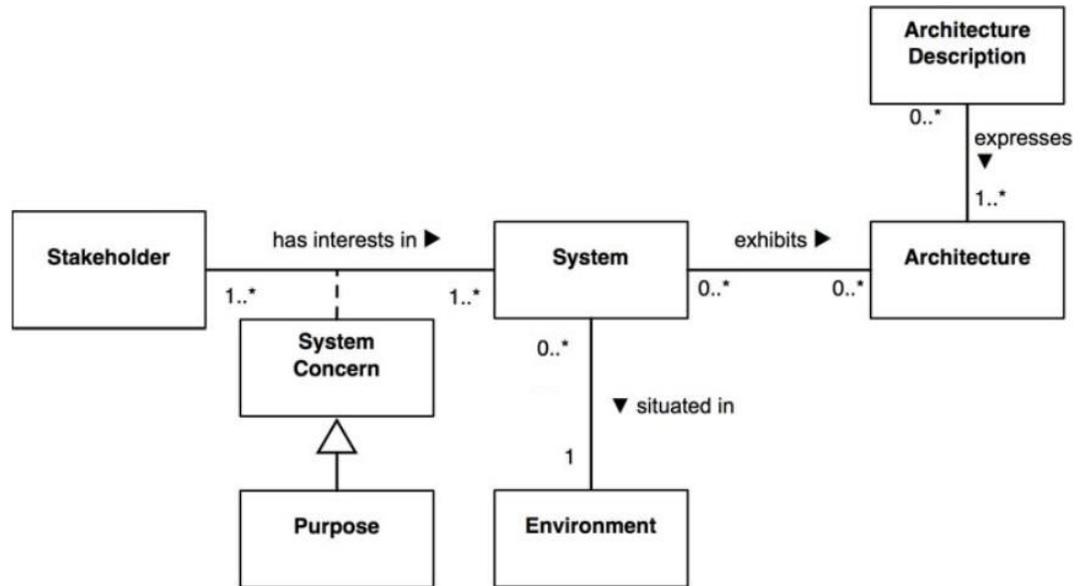


Figura 15: El contexto de descripción arquitectónica según la norma ISO 42010. Norma ISO/IEC/IEEE-42010:2011 [14].

De esta manera, la documentación arquitectónica tiene tres usos principales [25]:

1. **Educar:** sirve como un medio de educación para introducir a las personas al sistema. Esas personas podrían ser nuevos miembros del equipo, analistas externos o nuevos arquitectos.
2. **Comunicar:** sirve como un medio de comunicación entre las partes interesadas. Un uso preciso de la documentación arquitectónica como medio de comunicación depende de cuáles partes interesadas están comunicándose.

Por ejemplo:

Los encargados de mantenimiento usarán la documentación para medir el impacto de un cambio e identificar las áreas en las cuales se debe comenzar a trabajar. Los *testers* e integradores del sistema lo usarán para comprender el comportamiento deseado de "caja negra", o *black box*, de los elementos del sistema y cómo estos deben encajar entre sí.

3. **Analizar y Construir:** sirve como base para el análisis arquitectónico (evaluación) del sistema y su construcción. Para respaldar esto, la documentación de la arquitectura debe contener la información necesaria como base para el tipo particular de evaluación que se está realizando y como guía para los desarrolladores de que implementar y por qué.

Existen tres categorías principales de notaciones de documentación arquitectónica en general [25]:

1. **Notaciones informales:** estas son representaciones visuales de propósito general, “cajas y líneas” que se logran con cualquier software de diagramación general como Visio o Creatively. Usualmente viene acompañada de convenciones de notación para mantener consistencia y claridad.
2. **Notaciones semi-informales:** estas proporcionan suficiente notación estandarizada para representar numerosos elementos de software, pero no pueden representar concisamente muchas de las expresiones arquitectónicas necesarias para describir y comunicar la arquitectura. En este sentido, UML es un buen ejemplo de notación semi-informal.
3. **Notaciones formales:** permiten una representación semántica precisa de la arquitectura y usualmente están basadas en funciones matemáticas. Generalmente estas son referidas como lenguajes de descripción arquitectónica o ADL por sus siglas en inglés. La ventaja de los ADLs es que facilitan la automatización (análisis y generación de código, entre otras). En la práctica, el uso de estas notaciones es poco común.

### **Estándar, norma**

Del inglés *standard*.

Se tratan como sinónimos.

Con base en las múltiples definiciones que el diccionario de Oxford [43] provee, se establece la definición de **estándar** como:

*“Acuerdo, requerimiento, principio, idea, regla, norma, medida, **punto de referencia** (benchmarking), o modelo que se utiliza para **definir el nivel de calidad** esperado como **resultado de un proceso**”.*

Los estándares se establecen por consenso (comité, organización, gobierno, etc.) y pueden ser permanentes o provisionales, de uso público o privado, entre otras características.

### **Estándar académico**

Considerando la definición de *estándar* en esta sección, Adey y Shayer [2] definen **estándares académicos** como *“los puntos de referencia para medir la calidad y excelencia en educación, tales como el nivel de rigidez del currículo y el nivel de dificultad de las evaluaciones”.*

## Estándar académico: resolución de ambigüedades

Aunque el concepto de estándares académicos tiene un significado específico en la teoría, en la práctica puede referirse a diferentes enfoques que se concentran en la medición de la calidad en educación.

Asimismo, algunos países o regiones utilizan diferentes términos como sinónimos de estándares académicos tales como: *competencias clave*<sup>13</sup>, *competencias básicas*, *normas académicas*, etc. (Figura 16).



Figura 16: Las 7 Competencias-Clave de LOMCE.  
Elaboración propia.

Para efectos de este proyecto, el concepto de EA se ha decidido utilizar de manera *general* para cubrir los distintos conceptos a raíz de sus similitudes, aclarando que **no son sinónimos**, pero principalmente, con el propósito de cubrir más usos y aplicaciones de la arquitectura de SI, proveyendo mayor flexibilidad, portabilidad y adaptabilidad a los posibles sistemas educativos e instituciones educativas destinatarias (clientes, consumidores, usuarios) que tengan interés en el desarrollo

---

<sup>13</sup> El Marco de Referencia Europeo (*European Reference Framework*) ha establecido las siguientes ocho competencias clave [56]:

1. Comunicación en la lengua materna;
2. Comunicación en idiomas extranjeros;
3. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología;
4. Competencia digital;
5. Aprendiendo a aprender;
6. Competencias sociales y cívicas;
7. Sentido de iniciativa y espíritu empresarial;
8. Conciencia y expresión cultural.

de sistemas de información para el alineamiento curricular independientemente si este se hace con base en estándares académicos, competencias claves o cualquier otro parámetro similar.

Así, el término EA puede referirse al libro de texto de un curso; al conjunto de estándares académicos, enfocados en la adquisición de conocimiento; al conjunto de competencias claves, enfocadas en el desarrollo combinado de conocimiento, habilidades y actitudes del estudiante para lograr su satisfacción personal, su integración social, una ciudadanía activa y el empleo en la sociedad actual; etcétera.

### **Estándar académico: importancia para la educación**

El principal beneficio que recibe una institución educativa de la creación y seguimiento de estándares académicos se fundamenta en la misma idea por la cual una organización como la *International Standard Organization* (ISO) se fundó y que consiste en intentar responder a la pregunta fundamental: *¿Cuál es la mejor forma de hacer algo?* [18].

Si se transfiere esta idea al contexto del sistema educativo, principalmente al nivel de educación superior, y se define “*hacer algo*” como *el objetivo principal del proceso educativo de preparar a un estudiante para que pueda cumplir con éxito las demandas profesionales del mercado*, se podría entonces justificar el porqué de la importancia de los estándares en educación al responderse la siguiente pregunta: ***¿cuál es la mejor forma de preparar a un estudiante para que pueda cumplir con éxito las demandas de su profesión?***

Cualquier razonamiento que conlleve a una respuesta adecuada (no hay una sola respuesta única y correcta) se centrará, de alguna manera, en la importancia y necesidad de transformar el sistema educativo tradicional por uno basado en estándares académicos.

### **Implantación de software**

Del inglés *software deployment* o *software implementation*.

Dentro del contexto de TI, la implantación de software *abarca todos los procesos necesarios para que el nuevo software o hardware funcione correctamente en su entorno, incluida la instalación, la configuración, la ejecución, las pruebas y los cambios necesarios* [63].

Nota: en inglés, los términos *software implementation* y *software deployment* son sinónimos, pero debido a diferentes traducciones al español, son causa frecuente de ambigüedad. En algunos textos se utiliza *implementación de software* como traducción de *software implementation*. En este documento, el concepto de *implementación* se referirá a *software development* o desarrollo de software; y el concepto de implantación, a *software deployment* o *software implementation*.

## Marco de referencia

Del inglés *framework*.

Su significado y uso varía dependiendo del contexto. El ejemplo más común en este documento es el de *marco de referencia arquitectónico* o *arquitectura de referencia* (*architecture framework, reference architecture*).

Dentro del campo de ingeniería de tecnologías de información (TI), un marco de referencia es un instrumento que sirve como guía para la implementación de la arquitectura de TI en distintos dominios de la organización.

Por ejemplo, TOGAF, DODAF and Zachman son marcos de referencia arquitectónicos para la implementación de arquitecturas que comprenden todo el dominio empresarial (todos los niveles de la organización), conocidos como *marcos de referencia arquitectónicos empresariales*<sup>14</sup>. Ver *Figura 17: Ciclo del Método de Desarrollo de Arquitectura TOGAF*.

---

<sup>14</sup> Del inglés *Enterprise Architecture Frameworks, EA frameworks (EAF)*

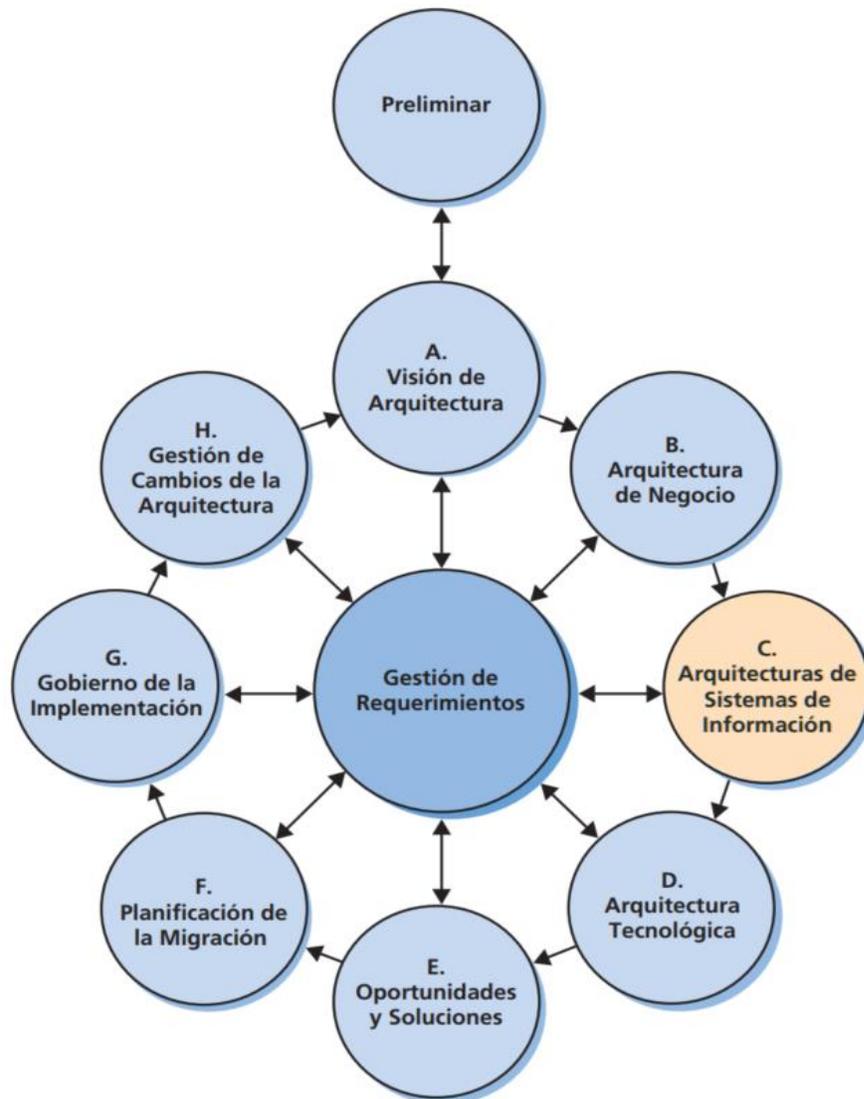


Figura 17: Ciclo del Método de Desarrollo de Arquitectura TOGAF.  
The Open Group Architecture Framework [57].

### Open source (idioma inglés)

Generalmente traducido al español como *código abierto*, se utiliza para describir el software distribuido y desarrollado libremente, no necesariamente gratuito.

### Partes interesadas

Del inglés *stakeholder*.

De acuerdo con la definición del Project Management Institute (PMI) [46], una parte interesada consiste en:

*"Un individuo, grupo u organización, que puede afectar, verse afectado o percibirse a sí mismo como afectado por una decisión, actividad o resultado de un proyecto."*

Asimismo, y en conformidad con esta definición, también aplicaciones, sistemas y otros artefactos, como bases de datos, archivos, hardware y otros dispositivos, se pueden considerar como partes interesadas en el proyecto.

### **Plan de lección**

El plan de lección es generalmente aceptado como el producto de la actividad de planificación de la enseñanza que realiza un educador para llevarlo a cabo durante uno o más periodos lectivos

En la actualidad, se espera que este plan de lección sea estructurado, con un contenido esperado dividido en secciones y que haga una o más referencias a otros elementos del contexto educativo, como lo es el currículo académico, evaluaciones y en algunos sistemas e instituciones educativas, una correspondencia con los estándares académicos y competencias.

La *Figura 18* muestra la estructura típica de un plan de lección con una descripción de cada una de sus partes.

Es importante notar que la estructura del plan de lección varía, no existen estándares y que frecuentemente la realización del plan de lección con una estructura y formato predeterminado depende de las expectativas y lineamientos de cada institución.

## Plan de Lección

Es la unidad básica de planificación de la experiencia del aprendizaje. Se enfoca en la transferencia de uno o más conocimientos y habilidades con una estructura y secuencia lógica.

Un plan de lección corresponde a una *unidad temática* dentro de un *curso*.

El formato de un plan de lección varía, pero típicamente consta de: un título, algunos datos de contexto (fecha, curso, unidad temática, etc); *objetivos de aprendizaje*; *estándares académicos (referencias)*, *actividades y recursos de aprendizaje*. Opcionalmente puede referirse a otros elementos como *evaluaciones y actividades de remediación y retroalimentación al estudiante*. (opcional dependiendo del tipo de lección).

### Objetivos Académicos

Define lo que se espera que el estudiante aprenda al completar la lección. Pueden haber uno o más objetivos. Inician con un verbo y se especifican en términos medibles y verificables. En un sistema educativo basado en estándares académicos, los objetivos hacen referencia a ellos con el propósito de asegurar su cumplimiento.

### Estándares Académicos

Es un punto de referencia que se define para medir el alcance en la calidad y excelencia académica. El estándar no lo define el educador, si no que este ya se ha establecido a un nivel superior, por ejemplo, por el departamento o escuela; por el ente regulador de la educación del país (e.g. el Ministerio de Educación), o bien, por una organización internacional particular a la cual la institución educativa se ha suscrito para cumplir con sus estándares. En entre otros nombres, también se les conoce como: estándares pedagógicos, criterios de aprendizaje, competencias, normas académicas, etc.

### Actividades de Aprendizaje

Las actividades o experiencias de aprendizaje son definidas por el educador, ya sea basado en trabajo existente o de su propia creación, con el propósito de cumplir con los objetivos de la lección. Estas actividades o experiencias de aprendizaje hacen uso de **recursos de aprendizaje** para apoyar el entendimiento de la lección por parte de los estudiantes. Puede incluir actividades para la **evaluación** del estudiante.

### Recursos de Aprendizaje

Un recurso de aprendizaje es cualquier medio físico o digital del que dispone el educador para facilitar el entendimiento de la lección. Por ejemplo: videos, dibujos o imágenes, sonido, objetos y formas geométricas, incluso la pizarra, etc. Aunque es muy raro, puede ser opcional dependiendo del tipo de lección. Puede incluir recursos para la **retroalimentación y evaluación** informal del estudiante.

## Opcionales

### Asignaciones

Son las actividades asignadas al estudiante para realizar en clase o fuera de ella (en case), como las tareas, donde se requiere mínima supervisión y contacto con el educador.

### Evaluaciones

Actividades diseñadas para medir el aprendizaje del estudiante con respecto al conocimiento y habilidades transmitido durante el plan de lección.

Figura 18: Plan de Lección: estructura típica.  
Elaboración propia.

## Proceso educativo, proceso de enseñanza

Se tratan como sinónimos y se definen como el conjunto de actividades sistemáticas e intencionales diseñadas con el propósito de “proveer, compartir y transferir conocimiento.” [17]

No confundir con *proceso de aprendizaje*<sup>15</sup> o simplemente *aprendizaje*, que consiste en:

*“La actividad o proceso de **adquirir conocimiento o habilidad** mediante el estudio, la práctica, la enseñanza o la experiencia de algo.” [33]*

### **Programa (o plan) de estudio**

Un *programa (o plan) de estudio* (Figura 19) es un componente indispensable del currículo de una carrera, nivel o grado académico dentro de una institución académica.

Típicamente se divide en uno o más  *cursos*, cada uno de los cuales puede estar dividido en diferentes  *unidades temáticas* distribuidas a lo largo de un período lectivo (semestre, trimestre, anual, etc.).

Cada unidad temática está comprendida por un conjunto de lecciones que requieren un  *plan de lección* dividido en las siguientes secciones principales:

- Objetivo académico (uno o más)
- Estándares académicos (uno o más)
- Actividades o experiencias de Aprendizaje (uno o más)
- Recurso de aprendizaje – Opcional.
- Evaluación – Opcional. No es la evaluación en sí, pero una referencia a ella.
- Retroalimentación – Opcional. Se puede incluir como una actividad o experiencia de aprendizaje.

---

<sup>15</sup> Del inglés *learning process*.

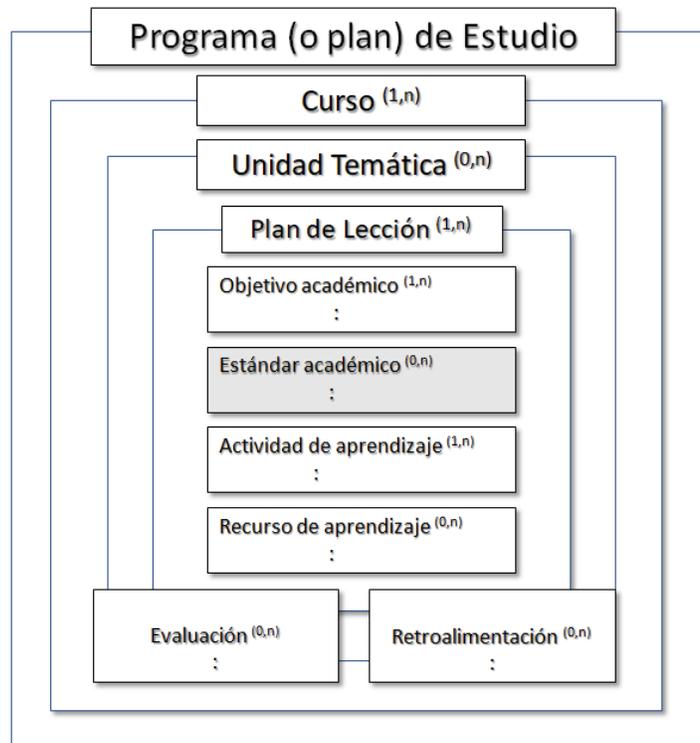


Figura 19: Estructura típica de un programa o plan de estudios y el plan de lección.  
Elaboración propia.

## Sistema de Educación Basado en Estándares (SEBE)

*Great Schools Partnership* [44] define un *sistema de educación basado en estándares*, o SEBE<sup>16</sup>, de ahora en adelante, como:

*“Un modelo de educación donde en cada etapa del proceso de aprendizaje se utilizan distintos **sistemas** (instrucción, evaluación, calificación y reportes o retroalimentación académica) con el propósito de que el estudiante pueda demostrar su dominio en el conocimiento y habilidades adquiridas mientras progresa en su educación.”*

Estos distintos *sistemas* están alineados con un conjunto de estándares que bien pueden haber sido especificados a cualquier nivel dentro de la institución educativa (departamental, institucional, etc.) o fuera de ella (regional, nacional, internacional, etc.).

Es importante enfatizar que este enfoque requiere un cambio de paradigma en el cual se identifican dentro del sistema educativo un conjunto de *macroprocesos*

---

<sup>16</sup> SEBE: Sistema educativo basado en estándares. Refiérase a la sección *Convenciones Generales de Nomenclatura* al inicio del documento.

establecidos con el propósito de **proveer** a su principal **recipiente** (“cliente”), *el mercado o industria*, su “**resultado**” principal (el graduado), que no es ni un bien ni un servicio, sino un estudiante que se ha graduado con una *preparación apropiada para **satisfacer, o exceder, los estándares de formación y capacitación** establecidos*.

Se espera que el sistema educativo produzca graduados con el mismo nivel de preparación y calidad, sin importar su origen, idioma, ubicación geográfica, cultura, religión, etc.; y que su conocimiento esté en el nivel de calidad esperado (estándares) para poder encarar y resolver cualquiera de los retos que el mercado laboral les presente, sea este de nivel local o mundial.

De esta forma, el mercado o industria es una de las principales fuerzas, no la única, que mueve a su proveedor, el sistema educativo, a seguir los estándares que esta demanda (el *proceso de **Especificación*** de estándares educativos y el *proceso de **Educación*** basado en ellos) de acuerdo con las necesidades que se han identificado desde el inicio, durante el *proceso de **Identificación*** de estándares.

En la *Figura 20*, se muestran las entidades, elementos y procesos participantes en un SEBE.

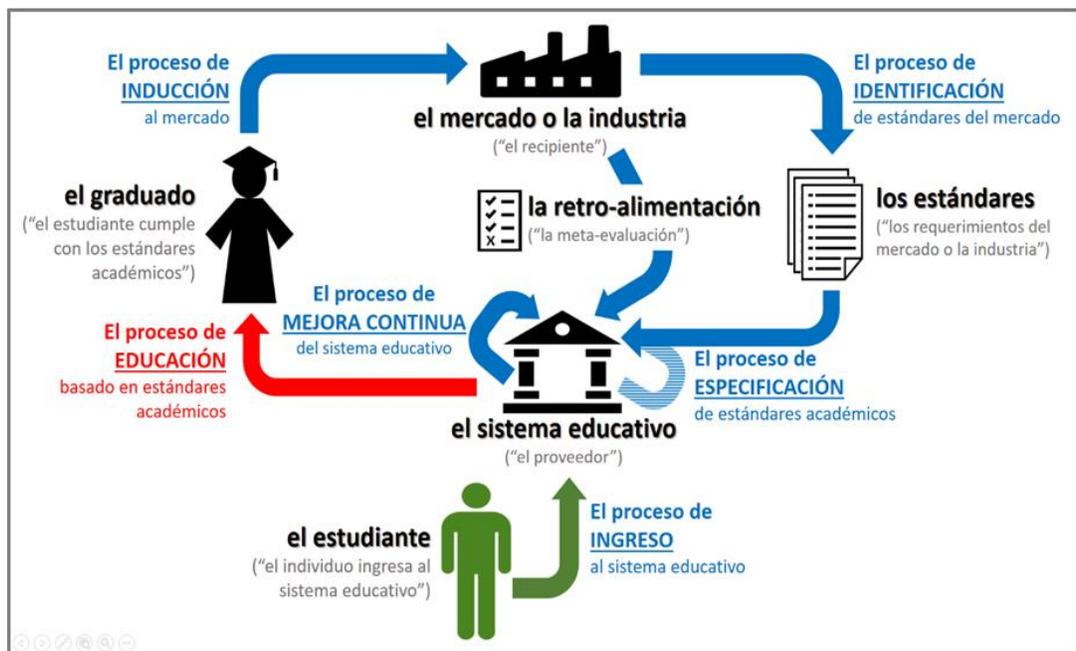


Figura 20: Procesos en un Sistema Educativo Basado en Estándares, o SEBE.  
Elaboración propia.

Así, pueden observarse dentro de un SEBE **seis macroprocesos** principales, uno de los cuales se considera como el corazón del sistema de alineamiento con estándares académicos, mientras que los otros, principalmente proporcionan interconectividad con otros sistemas de la organización o fuera de ella:

- 1) El **Proceso de Ingreso** es parte de un sistema externo que le permite a un individuo entrar al sistema educativo y convertirse en un estudiante, o continuar siéndolo. Este proceso puede ser obligatorio o voluntario, selectivo por alguno o más atributos establecidos por el sistema educativo (edad, evaluación, rendimiento académico, cumplimiento de grados o niveles académicos previos, etc.)
- 2) El **Proceso de Identificación** de una necesidad en la industria que motiva la definición y creación de un estándar industrial, no necesariamente formal.

Por ejemplo:

*Se requiere que el ingeniero en sistemas maneje el inglés a un nivel básico.*

Este es un proceso de interconectividad de datos entre el sistema educativo y uno o más sistemas externos. La salida de tales sistemas se convertirá eventualmente en una entrada al sistema educativo en forma de estándar académico (proceso de *Especificación*), similar al que organizaciones como la ISO especifican para otras industrias.

Para efectos del proyecto, se supondrá que la identificación y establecimiento de estándares de la industria es de su propia responsabilidad, y de estos, hay un conjunto cuyo cumplimiento pasará a ser responsabilidad del sistema educativo, por lo que requieren ser primeramente transformados en forma de estándares académicos antes de utilizarse como entrada al sistema educativo. Este proceso de transformación se conocerá en el proyecto como proceso de *Especificación*.

Es importante notar que la definición y creación de estándares académicos no proviene de la industria únicamente. El mismo sistema educativo puede especificar sus propios estándares motivado por distintas razones, incluyendo las fuerzas y tendencias de la industria.

- 3) El **Proceso de Especificación** de estándares académicos basados en los estándares del mercado.

Este proceso se basa en los estándares establecidos por la industria para ser transformados y expresados en términos educativos, es decir **estándares académicos** que permitirán guiar y sustentar el proceso educativo en la preparación del estudiante. Sin embargo, como se mencionó en el proceso anterior, el sistema educativo no depende de estándares industriales para considerar la especificación de un estándar académico, si no que este mismo

puede establecer sus propios estándares académicos como reacción a las necesidades de la industria, seguimiento de políticas educativas propias, cumplimiento de políticas gubernamentales, etc.

No concierne a este proyecto considerar el proceso de *Especificación* de estándares académicos que provengan de la industria. Se supondrá que estos ya existen y son provistos directamente por la industria, o bien, por un tercero que se encarga de hacer la especificación en forma de estándar académico que al final se convierte en una entrada al proceso de *Educación*.

- 4) El **Proceso de Educación**, o *proceso educativo*, basado en los estándares académicos establecidos.

Este proceso es el centro del sistema de interés, el cual recibe los estándares académicos y los transforma en subprocesos requeridos en cada etapa del proceso educativo (como las actividades de aprendizaje, las evaluaciones, las calificaciones y las actividades de retroalimentación académica) cuyo propósito es la transferencia de conocimiento al estudiante y que este pueda ir demostrando su dominio en el conocimiento y habilidades adquiridas mientras progresa en su educación.

- 5) El **Proceso de Inducción** del graduado al mercado laboral.

Este proceso se considera de interconectividad con un sistema externo (se espera que una vez concluido el proceso de *Educación*, los estándares académicos se hayan cumplido y el estudiante graduado sale del sistema educativo para entrar a un sistema distinto, por ejemplo: laboral, de otro nivel académico, una combinación de ambos, etc.

- 6) El **Proceso de Mejora Continua** que recibe retroalimentación provista por el mercado o industria, así como de los propios graduados, para aplicarla a la mejora constante del *Proceso de Educación*. También enlazado a uno o más sistemas externos, permite obtener retroalimentación del mercado en forma de estadísticas y otros tipos de métricas de modo que se utilice dentro del sistema educativo como metaevaluación e insumo para la mejora continua de sus procesos educativos.

### **Sistema de información, software**

Un *sistema de información* es una categoría de software; pero no todo software es un sistema de información.

En algunas partes del documento, donde no es relevante hacer la diferenciación, se tratan como sinónimos.

## **Sistema educativo, sector educativo**

De acuerdo con el contexto, puede referirse a:

- i) El sector educativo de un país o región. Es análogo al término *sector industrial*.
- ii) El conjunto de procesos sistemáticos que se utilizan para “*proveer, compartir y transferir conocimiento*” [17], esto es, la educación de la población de un país.

### 3. Desarrollo metodológico

Con el propósito de asegurar el cumplimiento de los objetivos específicos de manera directa, eficiente y consistente, las *actividades concretas* descritas a continuación, se realizaron antes, durante o posterior al desarrollo de la metodología de diseño arquitectónico específica para este proyecto. Estas actividades son:

**APO.01: Recopilación y análisis de datos respecto de sistemas educativos en general**

Ejecución: preliminar al desarrollo de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(a)**

Entregables: **ENT.01 (a)**

*Para más detalles, refiérase a la sección 3.1-Ejecución de las actividades concretas preliminares.*

**APO.02 Recopilación y análisis de datos respecto de instituciones educativas en general**

Ejecución: preliminar al desarrollo de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(a)**

Entregables: **ENT.01 (b)**

*Para más detalles, refiérase a la sección: 3.1-Ejecución de las actividades concretas preliminares.*

**APO.03 Análisis de requerimientos**

Ejecución: durante las iteraciones de las fases 1 y 2 de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(b)**

Entregables: **ENT.01**

*Para más detalles, refiérase a las fases 1 y 2 en la sección 3.2-Desarrollo de las fases.*

**APO.04 Diseño de la arquitectura**

Ejecución: durante las iteraciones de la fase 3 de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(c)**

Entregables: **ENT.02, ENT.03**

*Para más detalles, refiérase a las respectivas fases descritas en la sección 3.2-Desarrollo de las fases.*

**APO.05 Evaluaciones tempranas y selección de la arquitectura**

Ejecución: durante las primeras iteraciones de la fase 4 de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(c) y (d)**

Entregables: **ENT.04**

*Para más detalles, refiérase a las respectivas fases descritas en la sección 3.2-Desarrollo de las fases.*

**AP0.06 Validación de la arquitectura de sistemas de información**

Ejecución: al concluirse la última iteración de la fase 4 de la metodología.

Objetivos alcanzados: **(d)**

Entregables: **ENT.04**

*Para más detalles, refiérase a la fase 4 descrita en la sección 3.2-Desarrollo de las fases.*

**AP0.07 Verificación de conformidad con la norma 42010**

Ejecución: posterior al desarrollo de la metodología

Objetivos alcanzados: **(d)**

Entregables: **ENT.04**

*Nota: aunque esta actividad no se refiere a una validación semántica, sino más bien sintáctica, es importante como parte de la validación del objetivo (d), para asegurar que hay una correspondencia entre la semántica y la sintaxis.*

*Además, esta actividad contribuye al alcance del objetivo general al verificarse que el documento que describe la arquitectura cumple con la norma 42010.*

*Para más detalles, refiérase a la sección 3.3-Ejecución de las actividades concretas finales y el capítulo 5-Análisis de resultados.*

De esta manera, una vez definido el negocio de acuerdo con las características relevantes presentes en instituciones basadas en estándares académicos, así como la selección de las instituciones educativas de secundaria donde se interactuará con las partes interesadas, el diseño de la arquitectura de sistemas de información se hará aplicando una metodología de *diseño incremental e iterativo* que es independiente del hardware y del enfoque de desarrollo de software que se decida utilizar, sea este tradicional, como el de *cascada*, o bien, uno basado en un enfoque moderno de desarrollo de software como *Agile*, *Cleanroom*, *Rational Unified Process*, *V-Model*, etc.

Así, una metodología de diseño incremental e iterativo provee la ventaja de que, al mismo tiempo que se realizan las actividades de diseño, permite actividades de desarrollo de software tan pronto como se tenga arquitectura suficiente y validada para ser comunicada a los desarrolladores. Adicionalmente, este abordaje metodológico ayuda a evitar un enfoque de *“gran diseño al inicio”*<sup>17</sup>, característico de un ciclo de vida de desarrollo de software tradicional como el de *cascada*.

Otra ventaja es que, al ser este un proceso de diseño iterativo, la metodología permite obtener soluciones de diseño *candidatas*, las cuales se pueden ir refinando y mejorando conforme se repitan los pasos. Al final, se producirá un diseño arquitectónico que

---

<sup>17</sup> Del inglés *the big design up front approach (BDUF)*.

responde a los requerimientos de importancia arquitectónica, el cual ha sido evaluado y validado en cada iteración. Es precisamente aquí donde se comunica la arquitectura resultante a las partes interesadas.

Durante el diseño de la arquitectura, se utilizará una plantilla en Word para ir produciendo la documentación estándar requerida por la norma 42010.

### **3.1. Ejecución de las actividades concretas preliminares**

Se realizaron las siguientes actividades concretas preliminares APO.01 y APO.02 para alcanzar el objetivo específico (a) de la sección 1.5.2-*Objetivos Específicos*.

#### **3.1.1. Recopilación y contraste de datos respecto de sistemas educativos en general**

**Referencia:** APO.01

##### **Proceso**

Mediante el uso de diversos motores de búsqueda, principalmente Google, y gracias al acceso público a publicaciones de organizaciones tales como la OECD y la Unesco, fue posible obtener información relevante concerniente al sistema educativo actual de los EE. UU. (Norteamérica), Costa Rica (América Latina) y Singapur (Asia).

Esta información permitió contrastar el nivel actual de los sistemas educativos de cada país respecto del uso y aplicación de *estándares académicos* o equivalentes, con el propósito de establecer sus principales características, así como las diferencias y similitudes entre ellos.

Asimismo, el propósito final de realizar esta actividad, lo constituía el obtener un conjunto de requerimientos en el nivel de sistema educativo como contribución al diseño de una mejor arquitectura de SI.

##### **Resultados**

Los resultados más importantes que se obtuvieron al finalizar esta actividad fueron los siguientes:

- 1) Los sistemas educativos estudiados, fuesen estos tradicionales, basados en estándares o de cualquier otro tipo, presentan cierta correspondencia con un conjunto de *lineamientos académicos* que, aunque no exactamente estructurados como *estándares académicos* de acuerdo con el contexto de este proyecto, comparten una intención similar: la de servir de parámetro para la medición del progreso académico del estudiante desde el principio hasta el final del proceso educativo.
- 2) Los lineamientos académicos no necesariamente son conocidos como *estándares académicos* ni están expresados como tales. Generalmente se han expresado en forma de *políticas, regulaciones y metas académicas* a las cuales las instituciones dentro de tales sistemas educativos están sujetas. El problema de esto es que no

permite medir con precisión el progreso académico de un estudiante pues tales lineamientos no están estructurados formalmente, no hay un método para identificarlos y no se han definido en un nivel de detalle apropiado y cuantificable que permita o facilite tal medición.

- 3) Al igual que los estándares académicos, los lineamientos académicos se consideran parte del currículo académico.
- 4) Los lineamientos académicos, aunque similares en propósito y función a los estándares académicos tal y como se han definido a lo largo de este proyecto, reciben distintos nombres, por ejemplo:
  - En EE. UU., para los grados K-12, estos se conocen como *Common Core State Standards* [1].
  - En Singapur, distintos lineamientos académicos para la educación primaria, secundaria y postsecundaria se conocen como *Desired Outcomes of Education* [35] y *21st Century Competencies* [36].
  - En América Latina y Europa frecuentemente se utiliza el término *competencias* [59] aplicable a distintos niveles de educación (desde primaria hasta la educación postsecundaria).
  - En España, estos se refieren a *Competencias Clave* [31] para la educación secundaria.
- 5) El concepto y la aplicación de tales lineamientos académicos puede variar en forma mínima o hasta significativa respecto de los estándares académicos definidos para este proyecto, por lo que no se pueden, ni se deben considerar como *equivalentes*. Tales términos son similares en propósito y en función, pero no necesariamente en el contexto y la forma de su aplicación.

Este hecho debe ser considerado cuidadosamente, pues el concepto de estándar académico utilizado aquí es muy específico y reúne un conjunto de expectativas e implicaciones concretas, aunque su aplicación varíe dados los diferentes niveles en que un sistema educativo particular está estructurado. Por ejemplo:

***Desired Outcomes of Education** se refiere a las expectativas que el Ministerio de Educación de Singapur tiene para todos y cada uno de los estudiantes al finalizar cada nivel académico dentro del sistema educativo, esto es, primaria, secundaria y postsecundaria.*

*Estos lineamientos académicos se aplican en el nivel más alto posible dentro de este sistema educativo, pues afectan a todas las instituciones que operan dentro de él.*

*Por otra parte, el concepto de **21st Century Competencies**, se refiere a las competencias generales en las cuales cada institución educativa debe enfocarse al preparar a sus estudiantes, independientemente del nivel académico en que se encuentre.*

*Estos lineamientos académicos se aplican en un nivel intermedio dentro del sistema educativo, esto es, en el nivel de una o más instituciones en particular.*

- 6) No solo el concepto de lineamiento académico es confundido con el de *estándar académico*, si no que estos a menudo se confunden con otros conceptos, como: *objetivo académico, objetivo de aprendizaje, meta académica, etc.* debido a que estos se encuentran intrínsecamente relacionados.

En este proyecto se hace la distinción de que al establecerse los *objetivos académicos* estos deben *cumplir con* (o *alinearse con*) uno o más *estándares académicos*.

De esta forma, el educador establece el *objetivo* durante la planeación de su lección, mientras que el *estándar*, ya establecido, es provisto al educador por una entidad superior interna (el departamento, la institución, etc.) o externa (Ministerio de Educación, Departamento de Educación, etc.). Por ejemplo:

*“Estándar Académico: (El estudiante) Resuelve problemas que involucran dibujos a escala de figuras geométricas, incluyendo el cálculo de longitudes y áreas reales de un dibujo para reproducirlo a una escala diferente. (Este es un estándar común de matemáticas para séptimo grado).*

*Objetivo Académico: Los estudiantes aprenderán cómo calcular las longitudes y áreas del aula para crear un plano indicando la escala utilizada.” [29]*

- 7) En la mayoría de los sistemas educativos observados, existen lineamientos académicos *generales* y lineamientos académicos *específicos*. La diferencia entre ambos consiste en su alcance e impacto (*scope and impact*).

Un lineamiento académico *general* es usualmente establecido en un nivel alto dentro del sistema o institución educativa, que afecta muchos de los componentes y actividades del proceso educativo (como es el caso de las carreras ofrecidas por las instituciones); mientras que un lineamiento académico *específico*, en la mayoría de los casos, se establece en un nivel bajo dentro del sistema o institución educativa y afecta a un número *limitado* de componentes y actividades dentro del proceso educativo.

Por ejemplo [28]:

*Competencia General: Capacidad de comunicación en un segundo idioma.*

↳ *Esta competencia afecta a cualquier carrera de educación superior en América Latina.*

*Competencia Específica: [sic, Capacidad de...] Evaluar el marco jurídico aplicado a la gestión empresarial.*

↳ *Esta competencia afecta únicamente a las carreras de Administración de Empresas en América Latina.)*

- 8) Aunque no en todos los casos, se observó la existencia y uso de estándares académicos presentando atributos de *flexibilidad* (cambiantes) y *uniformidad* (globales).

La *flexibilidad* es requerida para poder hacer cambios y ajustar los estándares conforme a los intereses y prioridades del contexto académico y las demandas de la sociedad.

La *uniformidad* es necesaria para fomentar la igualdad y justicia en la educación del estudiante, así como la calidad y consistencia en su preparación.

*Nota: como los estándares son establecidos por terceros, la entidad que directamente los utiliza no tiene ninguna participación en el establecimiento o modificación de estos, excepto el proveer retroalimentación.*

- 9) Los estándares existen en formatos distintos y no compatibles entre ellos. Estos se han publicado en su mayoría en algún tipo de medio *tradicional*, como papel; o en medios *electrónicos*, como archivos de Word/Excel o base de datos (con frecuencia inconsistentes o no integradas a otros sistemas de la institución).
- 10) Los sistemas educativos siguen una estructura por niveles, compatible con la *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación de la Unesco* [58] a saber: *preescolar, primaria, secundaria y terciaria* (Figura 21).
- 11) En los niveles previos a la educación terciaria, la edad del estudiante es el factor que determina en qué nivel se ubica al estudiante, o al menos, se espera que éste se encuentre.
- 12) En el nivel de educación terciaria (postsecundaria), el factor que determina la ubicación del estudiante concierne a la carrera o al grado académico por obtener.
- 13) Los grados académicos en el nivel terciario generalmente siguen la misma estructura, esto es: bachillerato, maestría (post-bachillerato), doctorado o especialidad (grado avanzado). En este último, grado avanzado, no fue posible determinar ninguna iniciativa de alineamiento con estándares educativos.

CINE 2011	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
0	<b>Educación preescolar (temprana)</b>	Etapa inicial destinada a niños de hasta 3 años.
	<b>Educación preescolar (preescolar)</b>	Etapa inicial de la instrucción organizada, destinada a introducir a los niños en un entorno de tipo escolar a partir de los 3 años.
1	<b>Educación primaria o primer ciclo de educación básica</b>	Comenzará normalmente entre las edades de 5 y 7, diseñado para dar una sólida educación básica en lectura, escritura y matemáticas, junto con conocimientos elementales en otras asignaturas.
2	<b>Primer ciclo de secundaria o segundo ciclo de la educación básica</b>	Está destinada a completar la educación básica, generalmente más orientada hacia patrones.
3	<b>Segundo ciclo de secundaria</b>	Más especializada. Por lo general comienza a los 15 años o 16 años, o al final de la enseñanza obligatoria.
4	<b>Post-secundaria no terciaria</b>	Programas de educación destinados generalmente a preparar para la práctica profesional. Puede dar acceso a la educación terciaria.
5	<b>Educación terciaria de ciclo corto</b>	Programas terciarios orientados a la práctica profesional. Puede dar acceso a otros programas terciarios.
6	<b>Grado, bachillerato universitario, primer ciclo de licenciatura, bachelor o equivalente</b>	Programas terciarios que ofrecen una primera calificación académica.
7	<b>Maestría, máster, segundo ciclo de licenciatura o equivalente</b>	Programas terciarios de postgrado, que ofrecen una calificación académica o profesional avanzada.
8	<b>Doctorado o equivalente</b>	Programas terciarios conducentes a la obtención de una calificación de investigación avanzada que certifica la madurez científica del interesado.

Figura 21: Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. CINE, UNESCO. [42]



Figura 22: Estructura del Sistema Educativo Costarricense. Ministerio de Educación Pública, Costa Rica. [32]

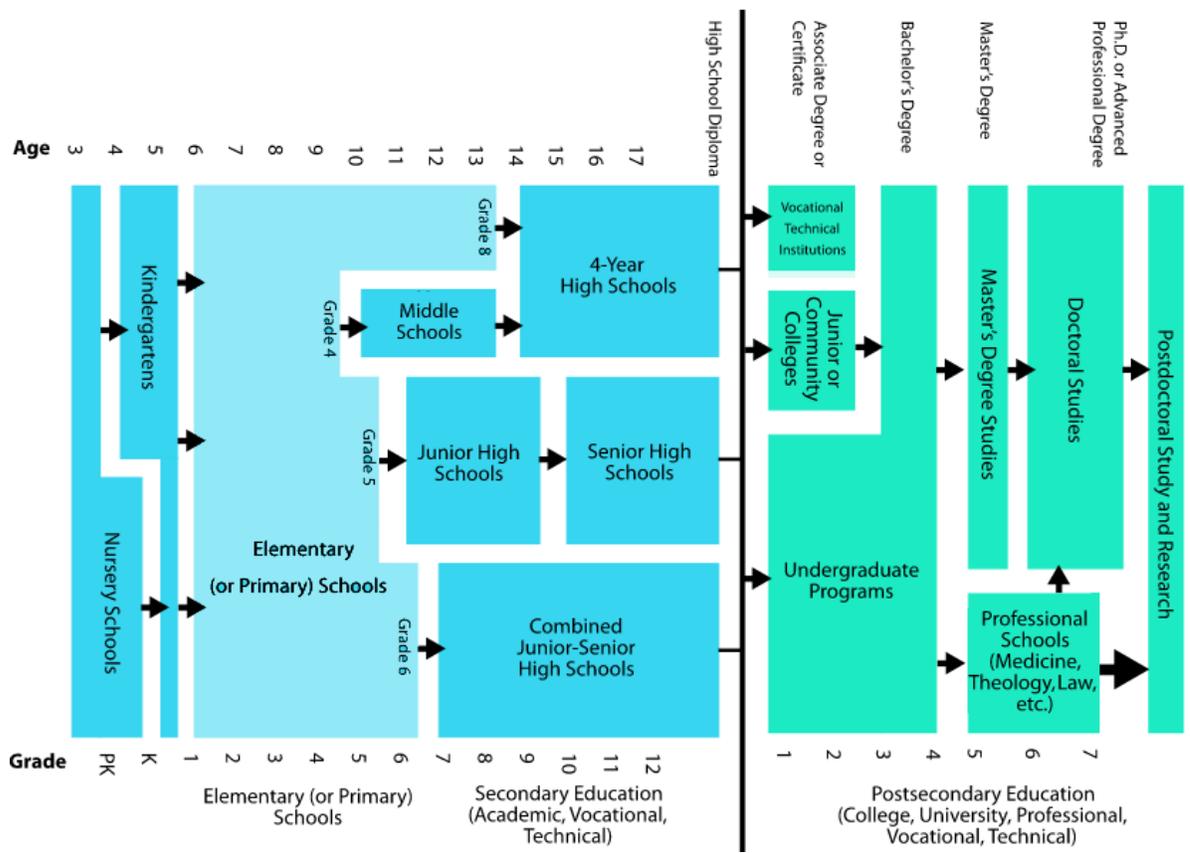


Figura 23: Estructura del Sistema Educativo en los Estados Unidos. Adaptado de US National Institute for Education Statistics NCES. [40]

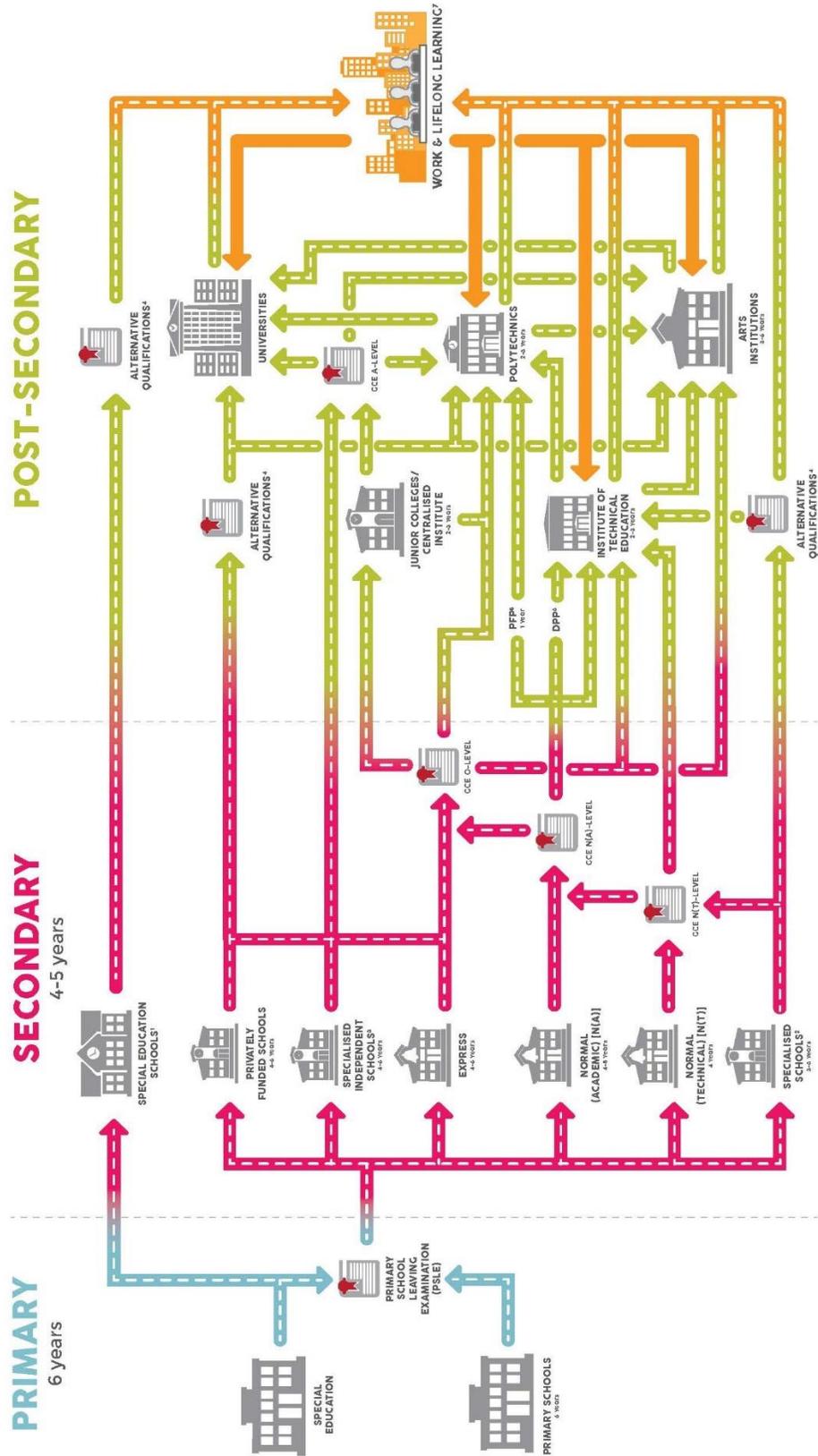


Figura 24: Estructura del Sistema Educativo en Singapur. Ministerio de Educación de Singapur. [51]

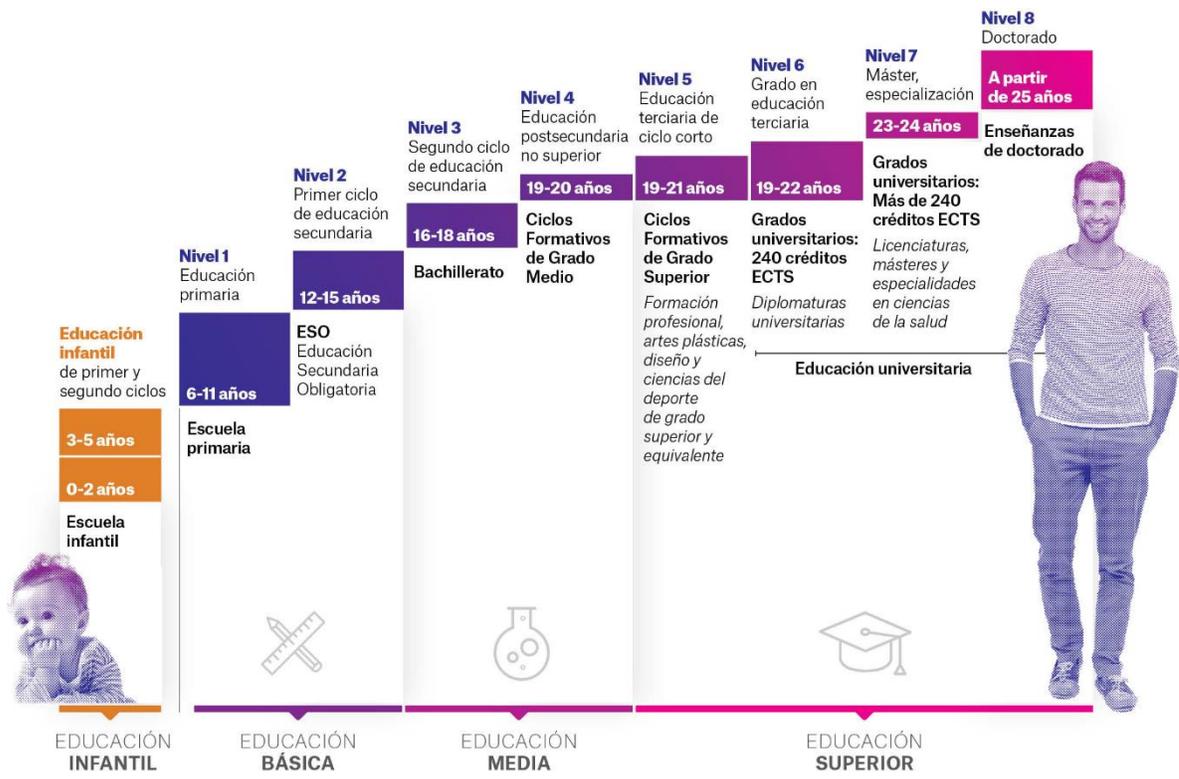


Figura 25: Clasificación Internacional Normalizada de la Educación CINE 2011 y su Equivalencia en España. Observatorio Social La Caixa. [42]



Refiérase al apéndice **B.5. Requerimientos Completos** para ver la lista de requerimientos completos, incluyendo los obtenidos al completarse esta actividad.

### 3.1.2. Recopilación y contraste de datos respecto de instituciones educativas en general

**Referencia:** APO.02

#### **Proceso**

Una vez finalizada la actividad anterior (APO.01), se procedió a identificar las *características comunes* que presentan algunas de las instituciones educativas dentro del sistema educativo estadounidense para contrastar la forma en que utilizaban y aplicaban, si es que lo hacían, un conjunto de estándares académicos y competencias.

El principal propósito de esta actividad fue el de obtener la información relevante que facilitara la definición general de la organización como institución educativa, con respecto a los procesos y el manejo de la información que afecta o es afectada por el uso de estándares académicos o componentes educativos similares.

De la misma forma como se desarrolló la actividad preliminar anterior, esta actividad se realizó con el propósito de obtener un conjunto de requerimientos en el nivel de *institución educativa* para utilizarse como insumo para el diseño de una mejor arquitectura de SI.

#### **Resultados**

Se pudo observar que las instituciones educativas escogidas cumplen con las siguientes características:

- 1) Dentro de las instituciones que siguen algún conjunto de lineamientos académicos, en su mayoría, estos han sido establecidos por el departamento o ministerio regulador del sistema educativo. En otros casos, se adoptaron lineamientos de organizaciones regionales, locales (provincia, ciudad) o internos a la institución (establecidos por una carrera o departamento particular). En muy pocos casos, especialmente en el ámbito privado, se encontraron instituciones que seguían lineamientos académicos internacionales, particularmente aquellas que ofrecían el Diploma de Bachillerato Internacional<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Un ejemplo de instituciones educativas apegadas a lineamientos académicos internacionales lo constituyen aquellas que ofrecen el Diploma Internacional de Bachillerato (*International Baccalaureate*) o IB. De acuerdo con el sitio oficial de IB [12]:

*“El IB ofrece una educación para alumnos de 3 a 19 años compuesta por cuatro programas que se centran en enseñar a los alumnos a pensar de manera crítica e independiente, así como a ser investigadores, solidarios y lógicos.”*

*“Los educadores y coordinadores de programas del IB que nos ayudan a hacerlo posible participan cada día en el desarrollo y la promoción de nuestros currículos en casi 5.000 colegios de más de 150 países de todo el mundo.”*

- 2) Entre las motivaciones que las instituciones estudiadas tenían para apegarse a un conjunto de lineamientos académicos, se encontraron dos en particular:
- a) Voluntaria:  
Motivada por la iniciativa de búsqueda de calidad y exigencia académica por parte de la propia institución.
  - b) Obligatoria:
    - Debido a las políticas de estandarización académica establecidas por la entidad reguladora del sistema educativo en el cual opera la institución.
    - Responden a *políticas gubernamentales* que, aunque **flexibles**, proponen que las instituciones académicas alineen las actividades dentro de sus procesos educativos a un *conjunto de estándares académicos centralizado (nacional, federal)* como base para ser utilizado *como tal*<sup>19</sup> o ser adaptado de acuerdo con las necesidades específicas de cada región, provincia, o institución académica.

*Nota(s):*

*El término **estándar (académico) centralizado** se utiliza aquí para referirse al nivel más alto de especificación de estándares académicos posible dentro de un sistema educativo particular. Estos son usualmente aquellos especificados por el Ministerio o Departamento de Educación de un país.*

*El término **estándar (académico) local** se utilizará para referirse a aquellos estándares académicos especificados en el nivel regional, provincial o dentro de una misma institución académica. Asimismo, es importante notar que los estándares locales no necesariamente deben estar basados en los estándares centralizados.*

- 3) Las instituciones educativas tienen *flexibilidad* para alinearse con los estándares académicos centralizados debido a los siguientes factores:
- a) Preexistencia de estándares académicos  
Como la iniciativa de alinearse con un conjunto de estándares académicos no necesariamente surgió en el nivel de sistema educativo (gubernamental), si no a partir de estándares académicos establecidos por entidades educativas locales, incluyendo las propias instituciones, estos tienen prioridad sobre los estándares académicos centralizados.  
  
Por ejemplo, en el caso de EE. UU., antes de la especificación de sus estándares centralizados para primaria y secundaria (*Common Core State Standards*), estados

---

<sup>19</sup> Del inglés *as is*.

como Texas y California ya habían desarrollado sus propios estándares académicos (*Figura 26*).

b) Nivel de calidad de los estándares académicos

Si de existir estándares locales de *mayor calidad* (definida por el ente oficial que regula la educación local) que los centralizados, las instituciones educativas tienen la libertad de alinearse con cualquiera de los dos.

c) Factores externos

Se presentan diferencias económicas, sociales, tecnológicas, etc., que afectan la capacidad de una institución educativa para alinearse con un conjunto de estándares centralizados. Por esto, y por la complejidad y tiempo requerido para hacerlo, los sistemas educativos basados en estándares toleran entre las instituciones cierta *falta de uniformidad y completitud* en el alcance de tal alineamiento.

4) La definición de un estándar académico sigue un formato o estructura claramente definida, que puede ser referenciada por medio del uso de un número o código único. Asimismo, se categorizan de acuerdo con el nivel y materia académica que afectan.

Por ejemplo:

*Estándar de Matemáticas (1er grado):*

*(El estudiante) Realiza la suma de dos o más números enteros. (ES.101)*

Ejemplos reales de estándares académicos usados en la actualidad, se muestran en la *Figura 27*.

### ¿Cómo se crearon los Estándares Estatales Comunes en los EE.UU.?

El esfuerzo liderado por los estados para desarrollar los *Estándares Estatales Comunes (Common Core State Standards)* fue iniciado en el 2009 por líderes estatales, incluidos gobernadores y comisionados estatales de educación de 48 estados, dos territorios y el Distrito de Columbia, por medio de su membresía en el *National Governors Association Center for Best Practices (NGA Center)* y el *Council of Chief State School Officers (CCSSO)*.

Los jefes y gobernadores de las escuelas estatales reconocieron el valor de tener metas educativas consistentes y basadas en aprendizaje del mundo real, por lo que lanzaron este esfuerzo para garantizar que todos los estudiantes, independientemente de dónde vivan, se gradúen de secundaria preparados para la universidad, la carrera y la vida.

Los estándares fueron compuestos de:

- Los mejores estándares estatales ya existentes.
- La experiencia de maestros, expertos en contenido, estados y líderes de pensamiento.
- Retroalimentación del público en general.

*Figura 26: Los Estándares Estatales Comunes en los EE.UU. Traducido y adaptado de CoreStandards.org. [19]*

<p><b>IGCSE: Cambridge International Examinations (General Physics) - ENGLAND</b></p> <p>1 General Physics  1.1 Length and time  C) Core  1. Use and describe the use of rules and measuring cylinders to find a length or a volume [1.1.C.1]  2. Use and describe clocks and devices (analogue and digital) to measure intervals of time [1.1.C.2]  3. Obtain an average value for a small distance and for a short interval of time by measuring multiples [1.1.C.3]</p> <p>1.2 Motion  C) Core  1. Define speed and calculate average speed from (total distance)/(total time) [1.2.C.1]  2. Plot and interpret a speed-time graph or a distance-time graph [1.2.C.2]  3. Recognize from the shape of a speed-time graph when a body is [1.2.C.3]  a) at rest [1.2.C.3.a]  b) moving at constant speed [1.2.C.3.b]  c) moving at changing speed [1.2.C.3.c]</p>	<p><b>LOMCE: Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (Historia del Mundo Contemporáneo/1º bachillerato) - ESPAÑA</b></p> <p>1. El Antiguo Régimen [Lomce.HMC.bl.1]  1.1 Definir los rasgos del Antiguo Régimen describiendo sus aspectos demográficos, económicos, políticos, sociales y culturales. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1]  1.1.1 Definir el concepto de crisis de subsistencia y explicar los mecanismos que las producen y sus consecuencias. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.1]  1.1.2 Caracterizar la sociedad estamental identificando los estamentos y su funcionamiento. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.2]  1.1.3 Explicar qué son los gremios y cómo funcionan. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.3]  1.1.4 Definir el concepto de monarquía absoluta. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.4]  1.1.5 Localizar rasgos del Antiguo Régimen a partir de texto relacionado. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.5]  1.1.6 Seleccionar información escrita y gráfica acerca de la vida cotidiana de la época, de fuentes relacionadas con el Antiguo Régimen. [Lomce.HMC.bl.1_cr.1_st.6]</p>
--	---

Figura 27: Ejemplos de estándares académicos en Inglaterra y España.  
Tomado y adaptado de Common Standards Project [28].

- 5) Los educadores diseñan y crean *planes de lección* siguiendo una estructura común que puede ser claramente entendida por otras personas dentro de la institución (Figura 18).
- 6) Existen políticas o mandatos claramente establecidos para estipular que las actividades de *transferencia de conocimiento* dentro de la institución, incluyendo el plan de lección, deben tener una *referencia directa* a uno o más estándares académicos.
- 7) Los educadores y demás personas involucradas en el proceso educativo (jefes de departamento, directores de carrera, etc.), no solo tienen acceso a los estándares, sino que requieren utilizarlos según sus funciones y responsabilidades.
- 8) Se observó un establecimiento claro de *objetivos académicos*, desde los niveles más altos dentro de la institución (vicerrectoría, departamento, carrera) hasta el nivel más bajo, el cual impacta directamente el aprendizaje del estudiante, esto es, el educador mediante el diseño, creación y ejecución de su *plan de lección*.
- 9) La acción de establecer la referencia de artefactos para la enseñanza a estándares académicos, particularmente los objetivos académicos, se conoce como *alineamiento*. Es en este alineamiento donde se manifiesta claramente la diferencia entre un sistema educativo tradicional y uno basado en estándares (ver Figura 28).

Por ejemplo:

*Estándar académico: ES.101. (El estudiante) Realiza la suma de dos o más números enteros.*

*Objetivo académico: A partir de una lista de números de diferentes conjuntos, el estudiante podrá identificar y seleccionar dos números enteros y proceder a sumarlos correctamente. (Estándar ES.101)*

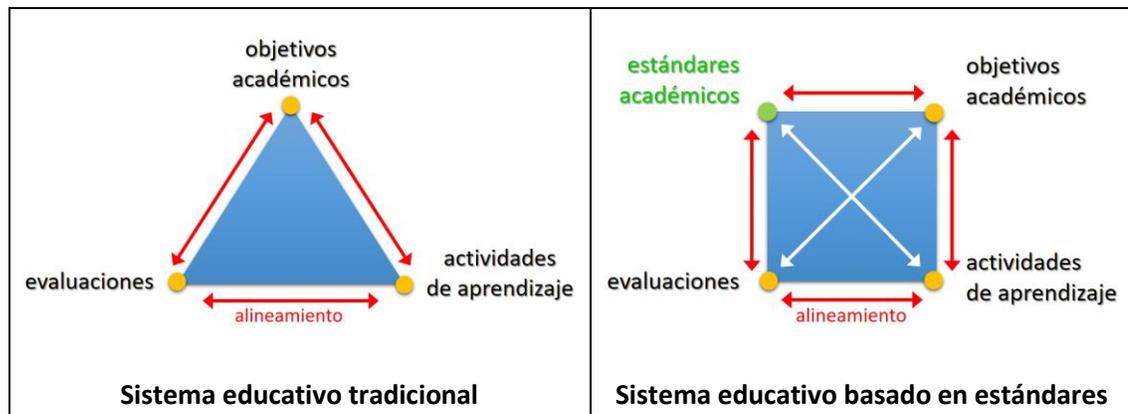


Figura 28: Diferencia entre un sistema educativo tradicional y uno basado en estándares.  
Elaboración propia.

- 10) El proceso de alineamiento, aunque se puede hacer en forma tradicional manual (papel), en la mayoría de los casos se utiliza alguna forma de tecnología (Word, Excel, base de datos local) aunque no completamente automatizados por una aplicación o sistema de información específico.
- 11) Algunas instituciones educativas observadas, especialmente en el sistema educativo público de los EE. UU., realizan el proceso de alineamiento en forma completamente automatizada mediante funciones disponibles dentro de sus LMS (Learning Management System). Refiérase a la sección *2-Marco Teórico* para información adicional relacionada con sistemas LMS.
- 12) Existe un *proceso formal para verificar el nivel de cobertura de los estándares académicos*. En su forma simple, este proceso consiste en observar, a través de una interfaz gráfica (pantalla, consulta o reporte), si los objetivos académicos estipulados en cada plan de lección hacen referencia a la totalidad de estándares académicos establecidos para el curso y grado respectivo.
- 13) La mayoría de las instituciones educativas observadas aplican dos tipos de evaluaciones estandarizadas al estudiante:
  - a) Evaluaciones estandarizadas **internas**: un mismo examen para todos los estudiantes del mismo curso sin importar el grupo o clase en que se encuentran matriculados. No todas las evaluaciones se hacen de esta manera, pero es usual que los exámenes de mayor impacto en el rendimiento del estudiante (como los finales) sean estandarizados.

Ejemplo de escenario:

*Para el curso de Cálculo Diferencial e Integral de 10º año, se establece que cada profesor haga la planificación y diseño de los exámenes parciales en forma individual. Sin embargo, el examen final será planificado y diseñado en conjunto por todos los profesores del curso basado en los objetivos y estándares académicos establecidos para el periodo lectivo actual (semestre, trimestre, etc.).*

- b) Evaluaciones estandarizadas **externas**: similar a los exámenes colegiales como requisito de admisión a las universidades estatales, la mayoría de las instituciones utilizan este tipo de evaluaciones con dos propósitos:
  - i) Medir el rendimiento de sus estudiantes en comparación con otros de nivel regional o nacional. Algunas instituciones van más allá y participan de exámenes internacionales para la medición del rendimiento.
  - ii) En el nivel colegial, como requisito de admisión para ingresar a una institución de educación superior. En Costa Rica, esto es similar al examen de admisión del TEC o la UCR; o en EE. UU., similar al SAT, ACT o GRE<sup>20</sup>.
- i. Debido a las evaluaciones estandarizadas a que una institución educativa debe someterse como parte de los requerimientos de acceso a un programa académico externo (por ejemplo, el Diploma de Bachillerato Internacional) o como requisito de admisión a otra institución superior dentro del sistema educativo (por ejemplo, el examen de admisión del TEC).



Refiérase al apéndice **B.5. Requerimientos Completos** para ver la lista de requerimientos completos, incluyendo los obtenidos al completarse esta actividad.

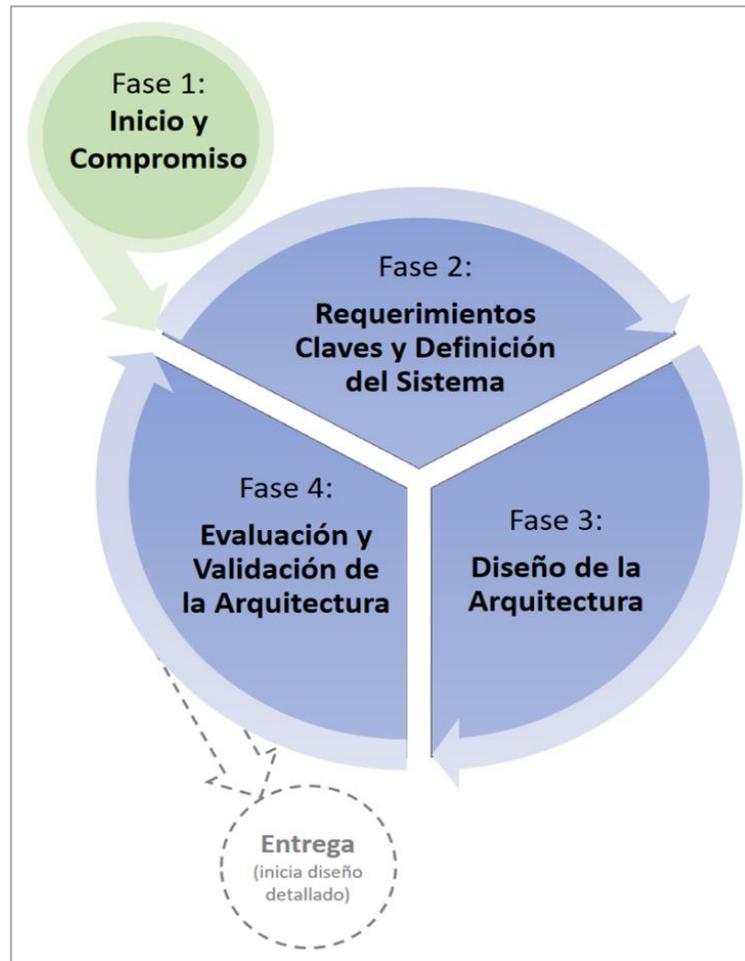
---

<sup>20</sup> “Dentro del sistema de educación estadounidense, las instituciones de educación secundaria utilizan varias pruebas especializadas o “estandarizadas”, que los estudiantes deben realizar para postularse a una universidad o programa en particular. Estos exámenes ofrecen a las universidades una base común para la comparación de los solicitantes.” [22]

### 3.2. Desarrollo de las fases

La *Figura 29* muestra las cuatro fases de la metodología de diseño arquitectónico que se siguió para la ejecución del proyecto, mientras que la *Figura 30* muestra la aplicación de la metodología en forma de diagrama de flujo con el propósito de demostrar sus propiedades incrementales, iterativas y las condiciones para la ejecución de cada fase.

Posteriormente se describe con detalle cada una de las fases, incluyendo la referencia a los entregables estipulados en la *sección -*.



*Figura 29: Metodología de diseño arquitectónico adaptada al proyecto.  
Elaboración propia.*

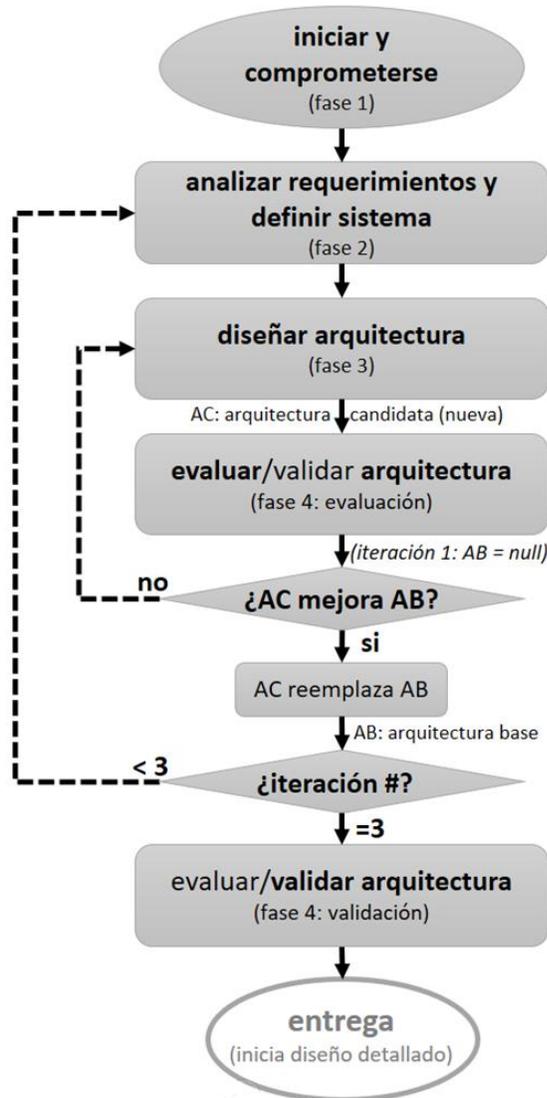


Figura 30: Metodología como Diagrama de Flujo.  
Elaboración propia.

### Limitaciones

Aunque este es un proyecto aplicado a un problema real, dentro de un contexto real, por su enfoque académico y las limitaciones que esto conlleva, se realizaron un máximo de **tres iteraciones** (fases 2-4) para obtener una *arquitectura final*, evaluada y validada, la cual se presenta aquí para la defensa final del proyecto.

Sin embargo, este es un proyecto que continuará con la etapa de desarrollo (programación) e implantación<sup>21</sup>, por lo que se espera que su arquitectura continúe evolucionando conforme se agreguen o modifiquen sus requerimientos, hasta que haya terminado su ciclo de vida (se retire o reemplace).

### 3.2.1. Fase 1: Inicio y compromiso

#### Ocurrencia

Una vez, al inicio del proyecto.

#### Actividad concreta incluida

Ninguna.

#### Aspectos preliminares

En primer lugar, se hizo una selección de un grupo limitado de **instituciones educativas** de secundaria con base en los siguientes criterios:

i) Independencia del sistema educativo

No se consideró si el sistema educativo es tradicional o basado en estándares/competencias, puesto que durante la ejecución de las actividades concretas preliminares (APO.01, APO.02), se determinó que un buen número de ellas van más adelantadas en su alineamiento con estándares académicos que los sistemas educativos en que operan.

ii) Accesibilidad

Que fuera posible establecer y mantener contacto con las partes interesadas en el sistema.

iii) Estado de alineamiento con estándares académicos

En vista de que las instituciones disponibles presentan distintos estados de avance en cuanto a su alineamiento con estándares académicos, se decidió que debían satisfacer al menos una de las siguientes condiciones:

- Que la institución esté alineada con estándares académicos ya sea en forma parcial o completa.
- Que la institución, aunque aún no esté actualmente alineada con estándares académicos, tiene planes de adopción en el corto o mediano plazo.

---

<sup>21</sup> Del inglés *deployment*.

- Que la institución, aunque no por decisión propia, tiene que alinearse con estándares académicos antes de alguna fecha específica en el futuro.

Luego, se identificaron las **partes interesadas** con base en su *relación con el sistema e inquietudes* al respecto, así como su disponibilidad, conocimiento y experticia necesaria para proveer la información relevante que permitiera elaborar la descripción, identificación y visión correcta del sistema.

#### Recursos utilizados

Ninguno en particular.

#### Proceso

Se realizó una reunión inicial en dos sesiones separadas (local y en forma remota) de acuerdo con la disponibilidad y ubicación geográfica de las partes interesadas, las cuales representaban instituciones educativas de secundaria de los condados de Gwinnett (Georgia) y Fairfax (Virginia). Reuniones y conversaciones posteriores se realizaron vía Skype con otras partes interesadas, así como con educadores de otras instituciones educativas y expertos en el tema del alineamiento curricular.

#### Resultados

En conjunto con las partes interesadas, se establecieron los **objetivos** de la arquitectura de manera *concreta, clara y precisa*, creándose un **compromiso** conjunto entre ellos y quien desarrolla este proyecto (el arquitecto de software). Esto ayudó a promover un enfoque en los aspectos claves de diseño y priorizar el esfuerzo en la solución de los problemas específicamente relacionados con el diseño de la arquitectura del sistema que pudieran surgir durante el desarrollo del proyecto.

Uno de los aspectos más importantes que se trató, sobre el que era importante entender y establecer consenso, fue respecto de los principios básicos del concepto y proceso de arquitectura en general y dentro del contexto de sistemas de información, así como una aceptación mutua del propósito (visión y objetivos) de la arquitectura por desarrollar y sus limitaciones. Para más detalles al respecto, refiérase a las secciones *3.2.1-Fase 1: Inicio y compromiso* y *4.3.2-Identificación, objetivos y generalidades de la descripción arquitectónica*.

Asimismo, el haber establecido los objetivos de esta forma ayudó a determinar cuándo se completaría cada fase y el momento apropiado en que se procedería con la siguiente.

Finalmente, este proceso fue muy importante para ayudar a definir el “negocio” (institución educativa) en forma *detaillada*, al no solo haberse identificado las

partes interesadas sino también sus funciones dentro de la organización y su relación e interés en el sistema.



Refiérase al apéndice **B.2. Definición del negocio** para una descripción del negocio dentro del contexto del proyecto.

### 3.2.2. Fase 2: Requerimientos claves y definición del sistema

#### Propósito

Levantamiento y análisis de objetivos del negocio (las instituciones de educación secundaria seleccionadas), los requerimientos funcionales, los requerimientos no funcionales (atributos de calidad) y las restricciones del SI.

Todo esto aunado a los requerimientos preliminarmente recopilados en la actividad *APO.03: Análisis de requerimientos*.

#### Ocurrencia

Una o más iteraciones durante el proyecto.

#### Actividad concreta incluida

APO.03: Análisis de requerimientos.

#### Aspectos preliminares

A partir de la identificación de las partes interesadas dentro de las instituciones académicas seleccionadas en la actividad preliminar de la fase anterior, se estableció con ellas la importancia de su contribución para determinar los requerimientos arquitectónicos del sistema, y la necesidad de enfocarse en sus atributos de calidad y restricciones.

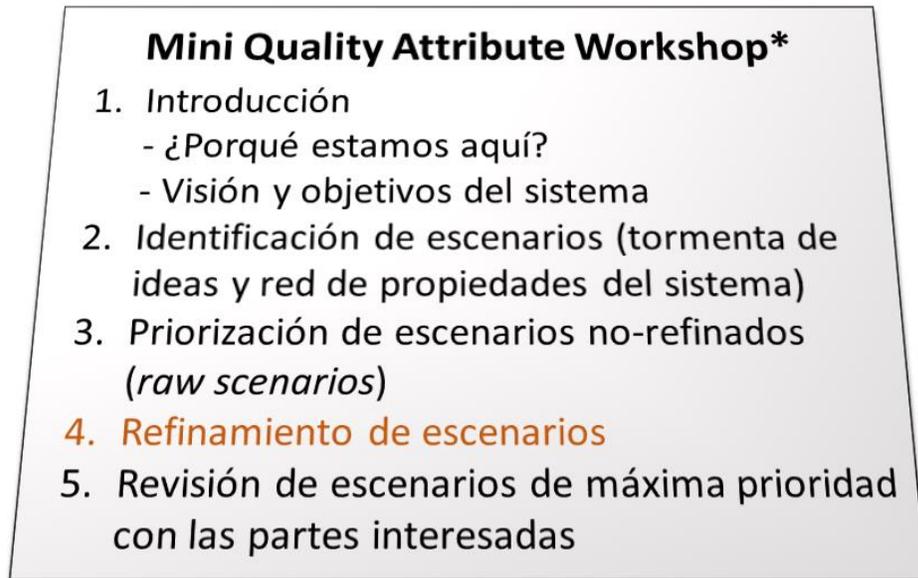
Asimismo, se hizo énfasis en la importancia de realizar una serie de reuniones con el propósito de obtener los requerimientos de interés arquitectónico mediante su compromiso y aporte activo como partes interesadas en el sistema.

#### Recursos utilizados

Para lograr lo anterior, se realizaron talleres breves de levantamiento de requerimientos e identificación de atributos de calidad utilizando el método *Quality Attribute Workshops (QAW)* [4]. La versión breve de este método (mini QAW) se realizó en sesiones de medio día donde tomaron parte la mayoría de las partes interesadas en el proyecto, pero debido a la distribución geográfica de las

instituciones educativas participantes, disponibilidad y conflictos de horario, fue necesario establecer reuniones individuales en forma remota vía Skype y por teléfono.

La *Figura 31* muestra los puntos importantes de la agenda que se utiliza durante un mini QAW.

- 
- Mini Quality Attribute Workshop\***
1. Introducción
    - ¿Porqué estamos aquí?
    - Visión y objetivos del sistema
  2. Identificación de escenarios (tormenta de ideas y red de propiedades del sistema)
  3. Priorización de escenarios no-refinados (*raw scenarios*)
  4. Refinamiento de escenarios
  5. Revisión de escenarios de máxima prioridad con las partes interesadas

*Figura 31: Agenda de un taller breve usando mini Quality Attribute Workshops (QAW).  
Elaboración propia.*

### Proceso

Se realizaron reuniones mini-QAW con representantes de las partes interesadas de manera presencial y remota. Estas reuniones se aprovecharon para recopilar los requerimientos de importancia arquitectónica del sistema. Se *identificaron*, *priorizaron* y *refinaron* los escenarios o *casos de uso claves*<sup>22</sup> preparándolos como insumo para las actividades de diseño de la fase 3 y como parámetros para las actividades de evaluación de la fase 4.

Los requerimientos de importancia arquitectónica incluyeron aspectos claves del sistema con base en sus atributos de calidad y *preocupaciones transversales*<sup>23</sup>, las cuales son áreas en las que frecuentemente se cometen la mayoría de los errores de diseño. Una de las razones por las cuales fue importante identificar estas

---

<sup>22</sup> Del inglés *key use cases*.

<sup>23</sup> Del inglés *crosscutting concerns*.

interdependencias se debe al hecho de que son estas las que afectan significativamente otras partes del sistema, potencialmente causando duplicación de código y *enmarañamiento del sistema*<sup>24</sup>, tales como: autenticación, autorización, comunicación y manejo de excepciones.

Conforme se realizó el análisis de requerimientos, se fue obteniendo una definición *detallada* del sistema y su arquitectura, destacándose los siguientes aspectos, desde la perspectiva de diseño:

- i) el tipo de sistemas de información,
- ii) la arquitectura de implantación (*deployment architecture*),
- iii) los estilos de la arquitectura (*architecture styles*) pertinentes, y
- iv) algunas opciones tecnológicas para conectar el diseño al mundo real en donde operará la aplicación. Esto se hizo lo más general posible, debido a la variedad de instituciones con que se trabajó y sus diferentes escenarios y alternativas tecnológicas.

Fue indispensable comunicar la definición del sistema y futuros cambios a las partes interesadas para asegurar la concordancia entre las características y expectativas concernientes al tipo de sistema y estilo arquitectónico que se propondría, y los requerimientos y aspectos claves establecidos inicialmente, incluyendo las decisiones de diseño concernientes a la tecnología de implementación (programación) e implantación del sistema.

### Resultados

Esta fase permitió completar el análisis de requerimientos necesarios para el diseño arquitectónico de la siguiente fase, en conjunto con las actividades preliminares de análisis y recopilación de datos en el nivel de sistemas educativos e instituciones educativas en general (APO.01 y APO.02).



Refiérase al apéndice **B.5. Requerimientos Completos** para ver la lista de requerimientos completos, incluyendo los de importancia arquitectónica (ASR) que se identificaron y se refinaron durante esta actividad.

---

<sup>24</sup> Del inglés *system tangling*.

### 3.2.3. Fase 3: Diseño de la arquitectura

#### Ocurrencia

Una o más iteraciones durante el proyecto.

#### Actividad concreta incluida

APO.04: Diseño de la arquitectura.

#### Aspectos preliminares

Ninguno.

#### Recursos utilizados

El proceso de diseño arquitectónico que inicialmente se pensó en utilizar fue el método de diseño propuesto y publicado por el Instituto de Ingeniería del Software SEI de la Universidad de Carnegie Mellon conocido como *Attribute-Driven Design* o *ADD* [50]. Sin embargo, cuando se decidió incorporar los principios y estrategias de TOGAF®, se encontró la necesidad de utilizar una combinación de ambos y que fue determinado por los siguientes aspectos específicos:

#### 1) Contexto de los requerimientos el problema

Los requerimientos provienen de instituciones distintas con diferentes perspectivas del problema, así como diversos entornos organizacionales e infraestructuras tecnológicas disímiles.

El diseño tuvo que hacerse a un muy alto nivel, sin poder entrar en muchos detalles técnicos y de implantación tecnológica. Por esto, no podía ofrecerse una especificación detallada de arquitectura de datos y de aplicaciones.

#### 2) Circunstancias del proyecto

Al no haberse hecho este proyecto con base en las necesidades tecnológicas o estrategias de una institución particular, el resultado de este sirve como una propuesta arquitectónica de referencia conceptual para el análisis, diseño y construcción de un eventual sistema de información dentro del entorno y particularidades específicas de esa institución.

Asimismo, las partes interesadas contribuyeron su tiempo en forma voluntaria, pero sin la existencia de un compromiso fuerte, o por lo menos, como requerimiento de trabajo por la institución para la cual laboran.

Su nivel de colaboración estuvo limitado por sus propias circunstancias y prioridades laborales.

### 3) Propuesta de solución

La arquitectura de un sistema de información, de acuerdo con TOGAF®, recomienda el diseño de la arquitectura de datos y de la arquitectura de aplicaciones, sin ningún orden particular.

Desde que se comenzaron a levantar los requerimientos del sistema, se identificó que la funcionalidad del sistema estaba dirigida por la necesidad de manipulación de datos y que el diseño conceptual del modelo de datos era clave para poder proponer un diseño de aplicaciones con la funcionalidad esperada.

Esto significó tomar la decisión de comenzar con el diseño de la arquitectura de datos, y luego, enfocarse en el diseño de la arquitectura de aplicaciones.

Por las razones anteriores, el proceso de diseño arquitectónico tuvo que enfocarse en un diseño *dirigido* por el *modelo de datos*<sup>25</sup>. El método ADD se enfoca en satisfacer la funcionalidad del sistema orientándose en los atributos de calidad como rendimiento, funcionalidad, disponibilidad, etc. El enfoque de este método no es en los datos. Como consecuencia de esto, se utilizó una combinación de ambos enfoques, pero con un énfasis en los datos.

Ambos enfoques de diseño arquitectónico, tanto el dirigido por el modelo de datos, como el dirigido por atributos de calidad, utilizan un proceso de manera recursiva (iterativa), haciendo descomposiciones del sistema completo (descomposición horizontal) o bien, haciéndolo por partes (descomposición vertical), y en cada iteración, aplicar tácticas y patrones arquitectónicos encaminados a satisfacer los requerimientos no funcionales (o atributos de calidad). La *Figura 32* ilustra los pasos principales y el modelo de iteración que este método sigue.

Asimismo, mientras que TOGAF® no recomienda ciclos iterativos largos o cortos, el método ADD sí se basa en ciclos cortos constando de tres actividades principales, *planear-hacer-analizar*<sup>26</sup>, que se describen a continuación:

- **Plan:** se consideran los atributos de calidad y las restricciones de diseño para seleccionar los elementos que se incluirán en la arquitectura.
- **Hacer (do):** se instancian los elementos para satisfacer los atributos de calidad, así como los requisitos funcionales.

---

<sup>25</sup> Lo cual tiene mucho sentido. Recuérdese las recomendaciones de F.P. Brooks, en su clásico *The Mythical Man-Month*: "Show me your code and conceal your data structures, and I shall continue to be mystified. Show me your data structures, and I won't usually need your code; it'll be obvious." (paráfrasis propia).

<sup>26</sup> Del inglés *Plan-Do-Check*.

- Analizar (*check*): se analizan los resultados para determinar si los requerimientos se han satisfecho.

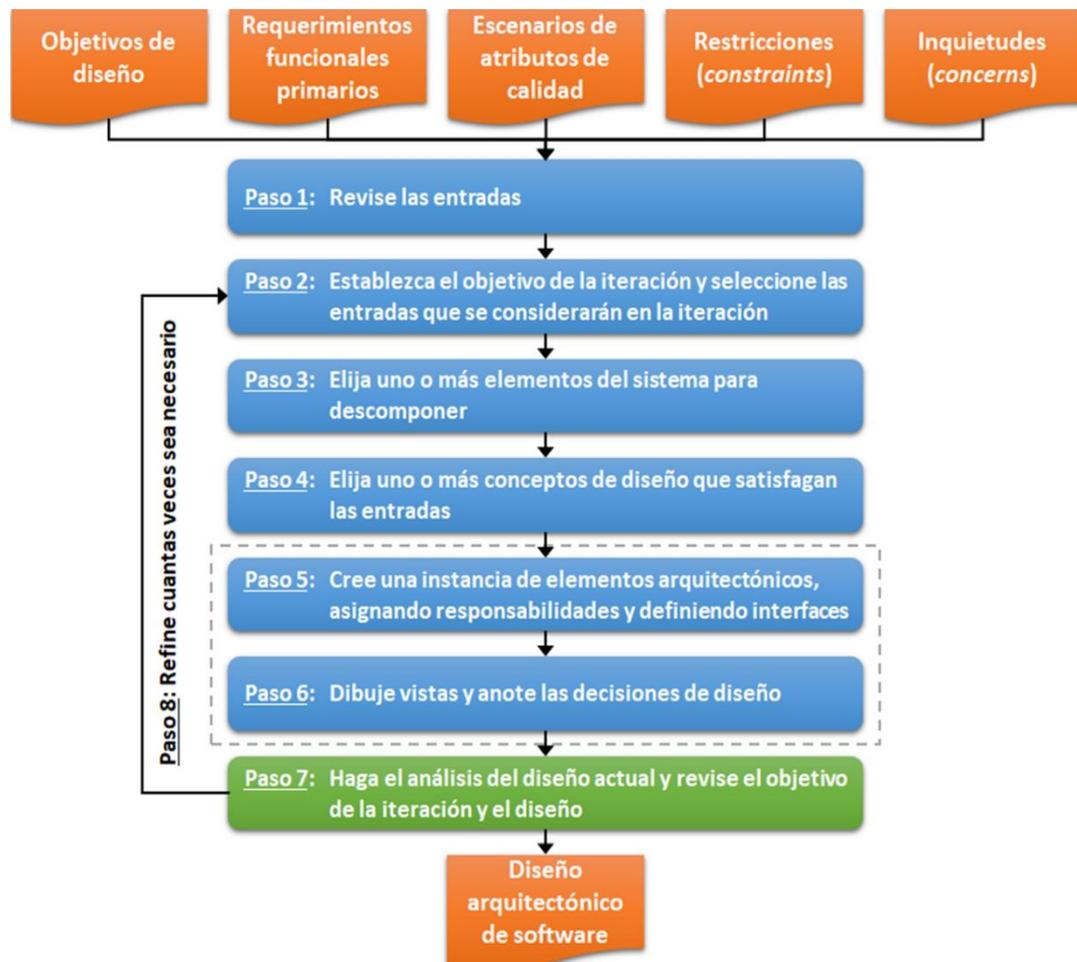


Figura 32: El método ADD del Instituto de Ingeniería del Software en Carnegie Mellon. Versión traducida al español del original en inglés [10].

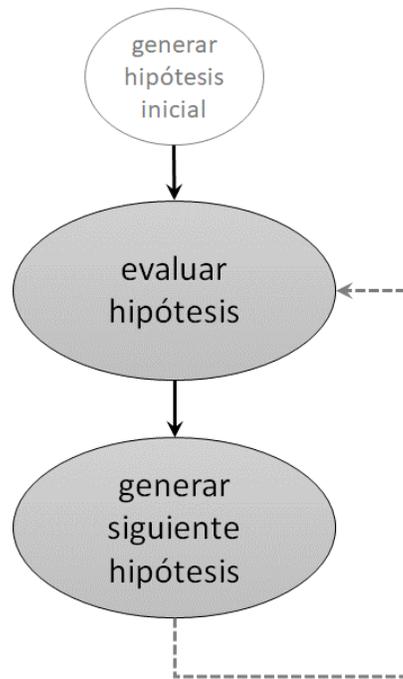
Tal y como se mencionó en el documento de propuesta de proyecto (anteproyecto), el procedimiento anterior es otra forma de expresar el enfoque de diseño como la ejecución de una secuencia iterativa de *generar y evaluar*<sup>27</sup> que se basa en el desarrollo de cada diseño arquitectónico como una *hipótesis* que debe demostrarse [25].

Esta *demonstración de hipótesis* consiste en la evaluación o análisis del diseño para determinar si la hipótesis satisface (demuestra) o no satisface (no se demuestra) el

<sup>27</sup> Del inglés *generate and test*.

conjunto de requerimientos que se están diseñando, los cuales pueden instanciar al sistema de manera total o parcial (un componente o grupo de componentes).

La *Figura 33* se utiliza para ilustrar cómo se realiza el proceso de *generar y evaluar*, generando y evaluando hipótesis en cada iteración.



*Figura 33: Enfoque de diseño iterativa “generar y evaluar”.  
Elaboración propia.*

### Proceso

En virtud de que el enfoque de este proyecto fue en el diseño arquitectónico de un nuevo sistema, es decir, no se trató de describir la arquitectura de un sistema en existencia, el primer diseño de alto nivel se convirtió en la *arquitectura base*<sup>28</sup> (o *hipótesis inicial*) sobre la cual se construyen otras arquitecturas candidatas (nuevas *hipótesis*) como resultado de las iteraciones en el diseño y su evaluación con el propósito de evolucionar y mejorar la solución.

A partir de la arquitectura base, cada arquitectura candidata incluyó aspectos relevantes como el tipo de aplicación, la arquitectura de implantación, los patrones arquitectónicos, las opciones tecnológicas, y fundamentalmente, la consideración de los atributos de calidad e interdependencias identificados en la *fase 2*.

---

<sup>28</sup> Del inglés *baseline architecture*.

Aunque esta fase se limita a actividades de diseño, las actividades de la fase de evaluación (fase 4) comienzan inmediatamente se haya desarrollado un diseño suficiente para evaluarse. Esta estrategia de diseño y evaluación inmediata se convierte en una rutina tal y como se describe a continuación:

- 1) Antes de comenzar con una nueva iteración de diseño, se evalúa (fase 4 la nueva *hipótesis* (arquitectura candidata) para determinar si cumple con los requerimientos y aspectos claves, inquietudes de las partes interesadas, atributos de calidad y restricciones del sistema.
- 2) Si la nueva hipótesis que se ha validado es una mejora de la hipótesis inicial (arquitectura base), esta pasa a ser la nueva arquitectura base.

De esta manera, al hacerse continuarse haciendo iteraciones de manera incremental, se pudo asegurar que cada nuevo diseño era válido y que se había construido sobre una arquitectura base previamente validada.

### Resultados

El resultado de esta fase, incluyendo los resultados acumulados luego de haberse completado las actividades preliminares y las fases anteriores 1 y 2, viene a conformar el documento de descripción de diseño arquitectónico que se indica en la siguiente referencia.

Este documento, que se ha producido como resultado del desarrollo de las fases 1, 2 y 3 de esta metodología de diseño arquitectónico, está basado en la norma 42010 y constituye el entregable más importante, después del documento final de proyecto.



Refiérase al capítulo **4-Documentación del diseño arquitectónico** para ver el detalle de los resultados obtenidos al finalizarse esta fase.

### 3.2.4. Fase 4: Evaluación y validación de la arquitectura

#### Ocurrencia

Una o más iteraciones durante el proyecto.

#### Actividad concreta incluida

APO.05: Evaluaciones tempranas y selección de la arquitectura

APO.06: Validación de la arquitectura de sistemas de información

#### Aspectos preliminares

La fase de evaluación de una arquitectura es parte del proceso iterativo de diseño y es sumamente crítica, pues permite: identificar errores al menor costo y corregir problemas arquitectónicos lo más temprano posible en el diseño.

El principal propósito de realizar la evaluación es determinar la viabilidad de la arquitectura base y de las candidatas, verificando que el vínculo entre los requerimientos funcionales y los atributos de calidad del sistema sea correcto.

Se ha decidido utilizar en esta fase un método de evaluación de diseño arquitectónico basado en escenarios pues este se enfoca en aquellos que son importantes desde la perspectiva del negocio y que tienen un mayor impacto en la arquitectura del sistema.

#### Recursos utilizados

Aunque se tenían varios métodos de evaluación disponibles, se sometió a consideración de las partes interesadas el método de evaluación conocido en inglés como *Architecture Tradeoff Analysis Method (ATAM®)*, que es de uso común en la industria.

ATAM® es uno de varios métodos de evaluación *basado en escenarios*<sup>29</sup>, que se utilizan con frecuencia en la industria pues cumplen el propósito de enfocarse en la detección de conflictos en los requerimientos o en especificaciones incompletas de diseño desde la perspectiva de los interesados en el sistema. Otro método que utiliza un enfoque similar es SAAM® (*Software Architecture Analysis Method*).

Para este proyecto, por las limitaciones de tiempo y disponibilidad de las partes interesadas, se utilizó una versión simplificada de ATAM® (*lightweight Architecture Tradeoff Analysis Method*) [25].

---

<sup>29</sup> Del inglés *scenario-based architecture evaluation*.

Es importante considerar aquí que, aunque a diferencia de la fase anterior de diseño, donde las partes interesadas no intervinieron directamente, en esta fase de evaluación sí lo hicieron, por lo que debió mantenerse una constante comunicación con ellos para mantenerlos informados del progreso y las mejoras. Asimismo, cuando fue necesario obtener retroalimentación para beneficio del diseño, se les proveyó de oportunidades para que pudieran introducir nuevos requerimientos (o reevaluar anteriores), considerando que estos eventualmente pudieran influir el diseño de la arquitectura del sistema.

### Proceso

Al final de las dos primeras iteraciones de las fases 1 a 3 de la metodología de diseño arquitectónico utilizada para este proyecto se aplicó, en forma *rápida e informal*, el método de evaluación arquitectónica conocido como *ATAM*<sup>®</sup> *Simplificado* con solo la participación de un representante de las partes interesadas y el desarrollador de este proyecto en su rol como arquitecto. Este método se desarrolla con detalle en el apéndice D: *ATAM*.

Por otro lado, para la evaluación de la arquitectura al final de la tercera y última iteración, en la fase 4 de esta metodología, se utilizó *ATAM*<sup>®</sup> *Simplificado* de una manera *formal y con mayor cantidad de participantes*. Los resultados de esta evaluación se pueden observar en el capítulo 5-*Análisis de resultados*

*Evaluación y validación* de esta documentación.

La premisa de realizar evaluaciones del diseño en forma iterativa y temprana (al final de cada iteración de diseño arquitectónico), fue la de encontrar problemas y deficiencias, ya que es aquí donde el costo es menor y su impacto en el sistema no es tan crítico.

Al hacer estas evaluaciones se buscó responder a las siguientes preguntas:

*¿Satisfacen las alternativas de diseño arquitectónico los atributos de calidad del sistema para el cual fueron diseñadas?*

*¿Cuál de las arquitecturas propuestas es la más adecuada para el sistema?*

La respuesta a estas dos preguntas permitió seleccionar la alternativa de diseño arquitectónico más apropiada para el sistema, comprobándose (demostrándose) mediante el uso de un método de evaluación formal, aceptado y frecuentemente utilizado en la industria. Como se mencionó anteriormente, para este proyecto particular, en consenso con las partes interesadas en el proyecto, se decidió utilizar una versión rápida del método de evaluación *ATAM*<sup>®</sup> *Simplificado*.

En situaciones reales, una buena práctica en el ciclo de vida del desarrollo de SI implica una constante evaluación, validación, refinamiento y mejora del diseño arquitectónico, que continúa hasta que el sistema se retire, es decir, hasta que termina su ciclo de vida.

Sin embargo, por haber sido este proyecto también de índole académica, la evaluación realizada al final de la última iteración dio por “terminado” el proyecto, quedando pendiente únicamente la verificación de que la documentación de diseño cumple con la norma 42010.



Refiérase a la sección **5.1-Evaluación y validación arquitectónica** para el detalle de los resultados obtenidos en la fase 4 durante la tercera y última iteración de esta metodología.

### **3.3. Ejecución de las actividades concretas finales**

#### Actividad concreta incluida

APO.05: Verificación de conformidad con la norma 42010.

#### Ocurrencia

Una sola vez. Se ejecutó inmediatamente después de realizarse la actividad *APO.06: Validación de la arquitectura de sistemas de información*.

#### Aspectos preliminares

Se completó esta actividad para alcanzar el objetivo específico d) de la sección *1.5.2-Objetivos Específicos*. Esta actividad también contribuyó al alcance del objetivo general.

#### Recursos utilizados

Ninguno.

#### Proceso

Al completarse la última fase del desarrollo arquitectónico del sistema, así como su evaluación y validación en forma iterativa, se procedió a hacer una revisión final de la sección *5.1-Descripción de la arquitectura* para realizar los ajustes necesarios y asegurar su conformidad con la norma 42010.

Es importante indicar que esta documentación se fue actualizando durante todas las fases de la metodología, pero se decidió realizar una revisión final exhaustiva con el propósito de asegurar que se cumplió satisfactoriamente con los requisitos estipulados en la norma 42010.

## Resultados

Se determinó con éxito que la sección *4.3-Descripción arquitectónica* de este documento, incluye todas las partes y su contenido de acuerdo con los requerimientos de la norma 42010.

### **3.4. Otras actividades y entregable final**

Se realizaron las siguientes actividades finales para cumplir con los entregables establecidos en la sección *1.5.4-Entregables*:

- **Conclusiones**
- **Apéndices**
- **Bibliografía**

#### **Entregable final**

El entregable final (ENT.06), es este documento de proyecto completo cumpliendo con los lineamientos de estructura y contenido estipulados por el Programa de Maestría en Computación del TEC, el cual incluye todas las partes anteriores que han sido entregadas durante el desarrollo del proyecto (ENT.01 a ENT.05).

Este documento completo y revisado será entregado antes de la defensa de proyecto final según la fecha establecida en el Programa de Maestría.

## 4. Documentación del diseño arquitectónico

Como resultado de las actividades ejecutadas durante las fases del proyecto, esta sección incluye la documentación de la *descripción arquitectónica (DA)* de sistemas de información para la administración del alineamiento curricular con estándares académicos en conformidad con la norma 42010<sup>30</sup>.

La sección 4.3-*Descripción arquitectónica*, cuya estructura y contenido esta norma internacional requiere, no incluye la información de contexto que es relevante para su comprensión, sino que hace referencia a ella conforme se va necesitando.

Por esta razón, es recomendable que el lector se refiera primeramente a la información incluida en el apéndice B: *Documentos de Referencia para la Descripción Arquitectónica*, para un mejor contexto y entendimiento de la lectura de este capítulo.

### 4.1. Utilidad de un documento de descripción arquitectónica

Durante el ciclo de vida de un sistema, un gran número y variedad de partes interesadas hacen uso de una descripción arquitectónica (*AD: architecture description*) de diversas maneras. La norma 42010 recomienda principalmente los siguientes usos:

- *como base para el diseño del sistema y las actividades de desarrollo;*
- *como base para analizar y evaluar implementaciones alternativas de una arquitectura;*
- *como documentación de desarrollo y de mantenimiento;*
- *para la documentación de aspectos esenciales de un sistema, tales como:*
  - *uso previsto y entorno;*
  - *principios, supuestos y limitaciones para guiar cambios futuros;*
  - *puntos de flexibilidad o limitaciones del sistema con respecto de cambios futuros;*
  - *decisiones arquitectónicas, sus fundamentos e implicaciones;*
- *como entrada a herramientas automatizadas para simulación, generación y análisis de sistemas;*
- *para la especificación de un grupo de sistemas que comparten características comunes (tales como estilos arquitectónicos, arquitecturas de referencia y arquitecturas de línea de productos);*

---

<sup>30</sup> “La norma 42010 fue preparada por el Comité Técnico Conjunto ISO/ IEC-JTC 1, Tecnología de información, Subcomité SC 7, Ingeniería de software y sistemas, en cooperación con el Comité de Normas de Ingeniería de Software y Sistemas de la Sociedad de Computación de la IEEE, bajo el acuerdo de cooperación de la Organización para el Desarrollo de Estándares de Socios entre ISO y la IEEE. Esta primera edición de 42010 cancela y reemplaza ISO/IEC 42010:2007, la cual ha sido revisada técnicamente.”[14] Traducido y adaptado por el autor.

- *para la comunicación entre las partes involucradas en el desarrollo, producción, implantación (deployment), operación y mantenimiento de un sistema;*
- *como base para la preparación de documentos de adquisición (como solicitudes de propuestas y declaraciones de trabajo);*
- *comunicación entre clientes, adquirentes, proveedores y desarrolladores como parte de las negociaciones contractuales;*
- *para la documentación de características, propiedades y diseño de un sistema para clientes potenciales, adquirentes, propietarios, operadores e integradores;*
- *para planificar la transición de una arquitectura heredada<sup>31</sup> a una nueva arquitectura;*
- *como guía para el soporte operativo y de infraestructura, y para la administración de configuraciones;*
- *como apoyo a las actividades de planificación, presupuestación y programación del sistema;*
- *para establecer criterios de certificación de implementaciones que cumplan con una arquitectura;*
- *como mecanismo para el cumplimiento de políticas internas o externas del proyecto y/u organización (por ejemplo: legislación, principios arquitectónicos generales)*
- *como base para la revisión, el análisis y la evaluación del sistema a lo largo de su ciclo de vida;*
- *como base para analizar y evaluar arquitecturas alternativas;*
- *para compartir lecciones aprendidas y reutilizar el conocimiento arquitectónico mediante puntos de vista (viewpoints), patrones y estilos;*
- *para la capacitación y educación de los interesados y otras partes respecto de mejores prácticas en arquitectura y evolución de sistemas.”*

*Fuente: ISO/IEC/IEEE-42010, 2011c [14]. Traducido y adaptado por el autor.*

---

<sup>31</sup> Del inglés *legacy architecture*.

La tabla a continuación incluye las secciones en este documento y su correspondiente en las secciones estipuladas en la norma 40210.

<b>SECCIONES DE ESTE DOCUMENTO</b>	<b>SECCIONES DE LA NORMA 40210</b>
5.1. Descripción de la arquitectura	5. Architecture description
5.1.1. Introducción	5.1. Introduction
5.1.2. Identificación y generalidades de la descripción arquitectónica	5.2. Architecture description identification and overview
5.1.3. Identificación de las partes interesadas y sus inquietudes	5.3. Identification of stakeholders and concerns
5.1.4. Puntos de vista de la arquitectura	5.4. Architecture viewpoints
5.1.5. Vistas de la arquitectura	5.5. Architecture views
5.1.6. Modelos de la arquitectura	5.6. Architecture models
5.1.7. Relaciones de la arquitectura	5.7. Architecture relations
5.1.8. Decisiones arquitectónicas y razonamiento	5.8. Architecture rationale
5.2. Marcos de referencia de la arquitectura y lenguajes de descripción de arquitecturas	6. Architecture frameworks and architecture description languages
5.2.1. Marcos de referencia de la arquitectura	6.1. Architecture frameworks
5.2.2. Adherencia de la descripción de la arquitectura a un marco de referencia arquitectónico	6.2. Adherence of an architecture description to an architecture framework
5.2.3. Lenguajes para la descripción de arquitecturas (ADLs)	6.3. Architecture description languages

## 4.2. Importancia de la norma 42010

La importancia de una guía para documentar la DA de un sistema de manera uniforme, consistente y clara, es consecuente con el razonamiento y criterios que motivaron a ISO a desarrollar es norma:

*“La complejidad de los sistemas hechos por el hombre ha crecido a un nivel sin precedentes. Esto no solo ha creado nuevas oportunidades, sino que también ha traído mayores desafíos para las organizaciones que crean y utilizan sistemas. Los conceptos, principios y procedimientos de una arquitectura se aplican cada vez más para ayudar a administrar la complejidad con que se enfrentan las partes interesadas de los sistemas.*

*La conceptualización de la arquitectura de un sistema, tal como se expresa en su descripción arquitectónica, facilita la comprensión de la esencia del sistema y de las propiedades claves relacionadas con su comportamiento, composición y evolución, que a su vez afecta aspectos tales como viabilidad, utilidad y mantenimiento del sistema.*

*Las descripciones arquitectónicas son utilizadas por las partes que crean, utilizan y administran sistemas modernos para mejorar la comunicación y la cooperación, lo que les permite trabajar de manera integrada y coherente.*

*Marcos de referencia arquitectónicos (architecture frameworks) y lenguajes de descripción de arquitecturas (ADLs, por sus siglas en inglés) se están creando como activos para codificar las convenciones y prácticas comunes del proceso arquitectónico y la descripción de arquitecturas dentro de diferentes comunidades y dominios de aplicación.*

*Esta norma internacional aborda la creación, el análisis y el mantenimiento de arquitecturas de sistemas mediante la utilización de descripciones arquitectónicas.*

*Esta norma internacional proporciona una ontología central para la descripción de arquitecturas. Las disposiciones de esta norma internacional sirven para imponer las propiedades deseadas en una descripción arquitectónica.*

*Esta norma internacional también especifica disposiciones para imponer las propiedades deseadas de los marcos de referencia arquitectónicos y lenguajes de descripción de arquitecturas (ADLs), con el fin de apoyar de forma útil el desarrollo y utilización de descripciones arquitectónicas. Esta norma internacional proporciona una base sobre la cual comparar e integrar los marcos de referencia arquitectónicos y ADLs proporcionando una ontología común para especificar sus contenidos.*

*Esta norma internacional se puede utilizar para establecer una práctica coherente para el desarrollo de descripciones arquitectónicas, marcos de referencia arquitectónica y lenguajes de descripción arquitectónica en el contexto de un ciclo de vida y sus procesos (no definidos por esta norma internacional).*

*Esta norma internacional se puede usar adicionalmente para evaluar la conformidad de una descripción arquitectónica, de un marco de referencia arquitectónico, de un lenguaje de descripción de arquitectura, o desde un punto de vista arquitectónico (architecture viewpoints) según se disponga”.*

*Fuente: ISO/IEC/IEEE-42010, 2011c [14]. Traducido y adaptado por el autor.*

### 4.3. Descripción arquitectónica

#### 4.3.1. Introducción

Esta descripción arquitectónica (DA) incluye las siguientes secciones principales requeridas por la norma 42010:

- identificación y descripción de la arquitectura, e información general
- identificación de las partes interesadas del sistema y sus inquietudes
- una definición o referencia a la definición de cada punto de vista de arquitectura utilizado en la descripción arquitectónica
- una vista arquitectónica y modelos arquitectónicos para cada punto de vista arquitectónico utilizado
- reglas de correspondencia de la DA aplicables, correspondencias de la DA y cualquier inconsistencia conocidas en las secciones requeridas;
- fundamentos para las decisiones arquitectónicas tomadas;

#### 4.3.2. Identificación, objetivos y generalidades de la descripción arquitectónica

<b>Título del proyecto y documento</b>	<i>“Diseño de una arquitectura de sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos.”</i>
<b>Resumen del proyecto</b>	Este es el documento final conteniendo una descripción detallada de la arquitectura de diseño arquitectónico de sistemas de información, en conformidad con la norma ISO/IEC/IEEE 42010, que ofrece un marco para el desarrollo de sistemas de información que habiliten el alineamiento curricular con estándares académicos en instituciones educativas.
<b>Objetivos de la arquitectura:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Diseñar y documentar una arquitectura de sistemas de información que satisfaga los requerimientos de importancia arquitectónica, con un enfoque en los <i>atributos de calidad</i> de más alta prioridad del sistema (HIGH). Ver <i>atributos de calidad</i> en el apéndice B.4. <i>Requerimientos ASR</i>.</li><li>• Utilizar la arquitectura empresarial de referencia TOGAF [57], como marco de trabajo para el desarrollo de esta <i>arquitectura de sistemas de información</i>.</li><li>• La aplicación de TOGAF se hará en forma <i>simplificada</i>, omitiendo algunos <i>artefactos</i> que no es posible producir al estar este proyecto delimitado por las características propias de índole académico y sus diferencias con respecto de un proyecto exclusivamente comercial.</li><li>• El énfasis será en la <i>arquitectura de datos</i>, sin embargo, se entregará en conjunto con una <i>arquitectura de aplicaciones</i> suficiente para cumplir con los objetivos del proyecto y que</li></ul>

	<p>pueda servir como base para realizar un diseño detallado o primeras actividades de desarrollo de un sistema de información.</p> <p><b>La entrega de documentos finales completos de <i>arquitecturas de datos y aplicaciones</i> está fuera del alcance de este proyecto.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alcanzar un nivel de descomposición arquitectónica (vistas) suficiente hasta donde sea claro y entendible por los representantes de las partes interesadas que discutirán y evaluarán la arquitectura.</li> <li>• Evaluar la <i>arquitectura de datos</i> utilizando ATAM® Simplificado (<i>lightweight ATAM®</i>) por parte de un grupo de representantes de las partes interesadas.</li> <li>• Lograr los objetivos anteriores antes del 1º de junio del 2018.</li> </ul>
<b>Alias de la arquitectura</b>	StandardME
<b>Fecha de entrega</b>	Junio 2018 (estimada)
<b>Autor</b>	Moisés Medina Mora
<b>Asesor</b>	Profesor Ignacio Trejos Zelaya
<b>Organización destinataria</b>	Programa de Maestría en Computación

#### 4.3.3. Identificación de las partes interesadas y de sus inquietudes

Esta sección contiene las siguientes partes:

- Identificación de las partes interesadas
- Identificación de las inquietudes de las partes interesadas

Detalles acerca del contexto de la organización y otros aspectos del entorno de los sistemas de información comprendidos por esta arquitectura, pueden encontrarse en la sección *B.2. Definición del negocio*.

#### Identificación de las partes interesadas

Se identifican aquí las partes interesadas del sistema, cuyo interés y relación con el sistema es considerado fundamental desde la perspectiva de diseño arquitectónico.

- Educador (maestro, profesor, asistente, sustituto)
- Configurator del Sistema
- Especialista en currículo e instrucción

- Jefe de Departamento o Escuela (administrativo, supervisor inmediato)
- Director académico
- Director de TI
- Técnico de TI
- Analista/programador
- Arquitecto de software
- Presidente de la organización

En la siguiente tabla, se describen los principales roles, funcionalidades, intereses e interacción con el sistema de cada una de las partes interesadas.

Partes Interesadas: roles y responsabilidades	Intereses e interacción con el sistema
<p><b>Educador</b></p> <p><u>Área:</u> académica</p> <p><u>Roles y responsabilidades:</u></p> <p>Es el responsable directo de facilitar el desarrollo de las habilidades y el conocimiento del estudiante (educar), mediante la <i>planeación</i> (crear el plan de lección), la <i>ejecución</i> de sus lecciones (impartir la lección) y la <i>evaluación</i> de lo aprendido por el estudiante.</p>	<p>Es el principal usuario del sistema pues él es quien menudo realiza el <b>alineamiento</b> entre el currículo, por medio del ingreso de planes de lección, y los estándares académicos y las competencias establecidos por la institución para su uso.</p>
<p><b>Especialista en currículo e instrucción</b></p> <p><u>Área:</u> servicios (académicos)</p> <p><u>Roles y responsabilidades:</u></p> <p>Su función principal es el desarrollo de nuevos planes curriculares o el mejoramiento de los actuales. Investiga y hace recomendaciones a la administración en este aspecto y es a quien se le considera como experto en aspectos de alineamiento curricular: estándares académicos, objetivos académicos, actividades de aprendizaje y evaluaciones (<i>Figura 28</i>).</p> <p>También trabaja en conjunto con educadores y administradores para evaluar el currículo existente y el nivel de calidad de instrucción con el propósito de mejorarlo.</p>	<p>Es el siguiente usuario del sistema en cuanto a <i>frecuencia</i> de uso, el cual utiliza comúnmente para realizar actividades de consulta que le permitan evaluar el currículo actual con respecto de la cobertura de los estándares académicos.</p> <p>No realiza funciones de <b>alineamiento</b> mediante el plan de lección, pero se asegura de verificar rutinariamente que el currículo está siendo <b>alineado con</b> los estándares académicos y las competencias, y en el caso de detectar deficiencias, coordinar con los educadores la cobertura de aquellas áreas del currículo que no se han alineado.</p>

<p>Aunque no todas las instituciones cuentan con alguna persona en esta posición a tiempo completo, en ciertas situaciones, educadores u otra persona de servicios académicos podrían asumir este rol.</p>	<p>Según las políticas académicas establecidas por la institución, recomienda la selección e inclusión de estándares académicos y competencias para la institución, aspecto que eventualmente coordinará con el <i>Configurador del sistema</i> para su eventual carga y configuración dentro del sistema.</p>
<p><b>Configurador</b> (de datos en el sistema)  <u>Área:</u> servicios (tecnología).          La institución podría eventualmente asignarlo a personal dentro de otras áreas.  <u>Roles y responsabilidades:</u>          Bajo la supervisión del <i>Director de TI</i> y de quien autoriza cambios en los parámetros del sistema, se encarga de realizar todas las acciones correspondientes a la configuración del sistema y a la carga de datos.          Este rol es sumamente importante para lograr la obtención, transformación e integración de los datos provenientes de sistemas externos y otras fuentes, así como de aquellos provenientes de otros sistemas dentro de la organización.          En cuanto a la carga de datos, su prioridad concierne a los datos de currículo y estándares académicos y competencias.</p>	<p>Tiene acceso general a todas las funciones del sistema, tanto en desarrollo como en producción.          Sin embargo, a menos que cumpla con roles duales, no ejecuta acciones de alineamiento.          Es un usuario muy importante del sistema por sus responsabilidades de configuración y carga de datos para ponerlos a disposición de los usuarios y que estos puedan realizar las funciones de alineamiento del currículo con los estándares académicos y las competencias</p>
<p><b>Jefe de Departamento</b> (Escuela)  <u>Área:</u> académica/administrativa  <u>Roles y responsabilidades:</u>          Supervisa directamente el trabajo del educador.          En algunas instancias, cumple funciones de educador.</p>	<p>Eventualmente podría utilizar el sistema para <b>alinear</b> diferentes componentes del currículo a los estándares académicos y las competencias (no mediante un plan de lección), su principal uso es de consulta con el propósito de determinar el nivel de cobertura de alineamiento con el currículo, mediante los planes de lección, a los</p>

<p>Coordina con el <i>Especialista en Currículo en Instrucción</i>.</p>	<p>estándares académicos y las competencias.</p>
<p><b>Director académico (Principal)</b>  <u>Área:</u> académica/administrativa  <u>Roles y responsabilidades:</u>          Supervisa directamente a los supervisores inmediatos y/o educadores.          Establece, o recomienda el establecimiento de políticas concernientes a los aspectos académicos que directamente afectan a los educadores y sus estudiantes.          En algunas instancias, cumple el rol de supervisor inmediato y/o educador.</p>	<p>Generalmente, interactúa con el sistema con menor frecuencia que el supervisor inmediato.          Puede utilizar el sistema principalmente para verificar el nivel de cobertura de los estándares académicos y las competencias, aspectos que luego coordina con el <i>Especialista en Currículo e Instrucción</i>.</p>
<p><b>Director de TI</b>  <u>Área:</u> servicios (tecnología)  <u>Roles y responsabilidades:</u>          Encargado de la administración de recursos tecnológicos (hardware y software) de la institución y supervisa personal <i>técnico de TI</i> para el apoyo en la ejecución de sus funciones.          Bajo una estructura organizacional que contenga una OGP (Oficina de Gestión de Proyectos), típicamente se convierte en su máximo responsable.</p>	<p>Tiene acceso a todo el sistema, pero su principal interés es en el módulo de administración y configuración de opciones y usuarios del sistema, aspectos que coordina por medio del <i>Configurador del Sistema</i>.          Adicionalmente, se responsabiliza, o asigna responsabilidades, de monitoreo, reportes y/o los problemas de conectividad del sistema con otros sistemas internos o externos.          Su uso del sistema se limita a consultas, pero no ejecuta acciones de <b>alineamiento</b>.</p>
<p><b>Técnico de TI</b>  <u>Área:</u> servicios (tecnología)  <u>Roles y responsabilidades:</u>          Bajo la supervisión del <i>jefe de IT</i>, se encarga de brindar soporte concerniente a los recursos tecnológicos (hardware y software) de la institución.</p>	<p>Tiene acceso a funciones del sistema según los permisos otorgados por el <i>Director de TI</i>, y al igual que este, puede realizar consultas, pero no ejecuta acciones de <b>alineamiento</b>.</p>

<p><b>Analista/programador</b></p> <p><u>Área:</u> servicios (tecnología)</p> <p><u>Roles y responsabilidades:</u></p> <p>Bajo la supervisión del <i>Director de TI</i>, se encarga de realizar labores de análisis, diseño, programación, mantenimiento y soporte a usuarios de los distintos sistemas de información desarrollados por/para la institución.</p> <p>El vínculo de un analista/programador con la institución se da de dos posibles formas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Como empleado interno por contratación abierta (sin fecha límite) o cerrada (con fecha límite).</li> <li>2. Como empleado externo por contratación (individual o como parte de firma proveedora de recursos humanos).</li> </ol>	<p>Tiene acceso general a todas las funciones del sistema mientras está en desarrollo, según los permisos otorgados por el <i>Director de TI</i>. Al igual que este, cuando el sistema está en producción puede realizar consultas respecto de los estándares académicos, pero no ejecuta acciones de alineamiento.</p>
<p><b>Arquitecto de software</b></p> <p><u>Área:</u> servicios (tecnología, externa)</p> <p><u>Roles y responsabilidades:</u></p> <p>Provee asesoría técnica desde el punto de vista de análisis (levantamiento de requerimientos) y diseño arquitectónico del sistema.</p> <p>Coordina las reuniones con las instituciones que tienen interés en el sistema.</p> <p>Eventualmente realizaría actividades de coordinación con el equipo de desarrollo del sistema.</p>	<p>Tiene acceso general a todas las funciones del sistema mientras está en desarrollo.</p> <p>Una vez en producción, no tiene acceso a las funciones del sistema, excepto para actividades de consulta.</p>
<p><b>Presidente de la institución (Headmaster)</b></p> <p><u>Área:</u> administrativa</p> <p><u>Roles y responsabilidades:</u></p>	<p>Tiene acceso al sistema para realizar exclusivamente actividades de consulta, con una frecuencia de uso mínima.</p>

<p>Nombrado por la junta directiva o junta administrativa<sup>32</sup> como el administrador de mayor jerarquía en la institución, supervisa inmediatamente a todos los directores (académicos, administrativos y de servicio).</p>	
<p><b>Estudiante</b></p> <p>El estudiante no es una parte interesada directamente en el sistema. Es un beneficiario de lo que el sistema produce, pero no utiliza ni tiene acceso al sistema en ningún momento.</p>	<p>Tiene acceso a planes de lección, recursos de aprendizaje, asignaciones (tareas) y evaluaciones.</p>

---

<sup>32</sup> Del inglés *board of directors*.

## Clasificación de las partes interesadas

Para efectos de simplificación, y por los casos de uso que tienen las anteriores partes interesadas en relación directa con el sistema, estos se clasificaron por su tipo de interacción con el sistema:

### 1. Educador

Usuarios quienes utilizan el sistema para realizar funciones de alineamiento, entre otras. Estos incluyen:

- *Educadores*
- *Especialistas en Currículo e Instrucción*

### 2. Configurador

Usuarios técnicos que pueden configurar y realizar funciones de carga de datos en el sistema. Estos incluyen:

- *Configurador (de datos en el sistema)*

### 3. Consumidor

Usuarios que realizan labores de consulta de la información que maneja y genera el sistema y que es de interés para ellos como fuente de análisis, principalmente para verificar el estatus de alineamiento del currículo con los estándares académicos y las competencias. Estos comprenderían todos los demás individuos descritos en la tabla anterior, excepto el Estudiante.

### 4. Estudiante

Las partes interesadas descritas como *Estudiante* en la tabla anterior. Se benefician de la información que genera el sistema, esto es, son los receptores de la transferencia de conocimiento y habilidades planificadas por el *Educador*.

## Identificación de las inquietudes de las partes interesadas

De acuerdo con la norma 42010:

*“Las partes interesadas en el sistema tienen inquietudes con respecto del sistema de interés considerado en relación con su entorno. Una o más partes interesadas podrían tener una inquietud. Las inquietudes surgen a lo largo de todo el ciclo de vida de las necesidades y requerimientos del sistema, de las decisiones de diseño y de las consideraciones de implementación y operación. Una inquietud puede manifestarse de muchas formas, tal como en la relación con uno o más necesidades de las partes interesadas, objetivos, expectativas, responsabilidades, requerimientos, limitaciones de diseño, supuestos, dependencias, atributos de calidad, decisiones arquitectónicas, riesgos u otros problemas relacionados con el sistema.”*

Fuente: ISO/IEC/IEEE-42010, 2011c [14]. Traducido y adaptado por el autor.

Esta sección incluye o hace referencia a la información que identifica y describe las inquietudes de las partes interesadas en el sistema y que son relevantes por su influencia en el diseño arquitectónico del sistema.

En el apéndice *B.5. Requerimientos Completos*, se incluye una copia del documento original que contiene todos los requerimientos obtenidos en una primera iteración y que se consideraron importantes para determinar la funcionalidad principal y las características arquitectónicas iniciales.

La lista de requerimientos completos se utilizó como insumo para realizar un proceso de análisis y refinamiento de ellos, mediante discusiones, acuerdos y concesiones con las partes interesadas, con el propósito de llegar a la lista de *requerimientos de importancia arquitectónica*<sup>33</sup> que se utilizaron como fundamento para el desarrollo del diseño arquitectónico en correspondencia con los objetivos establecidos en la sección 5.2- *Identificación y generalidades de la descripción arquitectónica*. Esta lista de ASRs se incluye en el apéndice *B.4. Requerimientos ASR*.

#### **4.3.4. Puntos de vista arquitectónicos**

El formato del punto de vista arquitectónico utilizado para la descripción de la arquitectura StandardME se define bajo el concepto de *organización de las vistas*. Cada vista sigue consistentemente esta estructura establecer una correspondencia entre el elemento arquitectónico incluido en la vista y sus responsabilidades. Esto es parte del cumplimiento de la norma 42010.

#### **Organización de las vistas**

Puede resultar que las vistas se vuelvan muy grandes y complejas, si contienen una gran cantidad de elementos irrelevantes desde la perspectiva de una u otra parte interesada.

Si se tratase de mostrar todos estos elementos y sus relaciones en una sola vista, esto podría resultar en un exceso de información que entorpecería la comunicación de la arquitectura a los interesados en solo una parte de ella. El propósito es no incluir información que es relevante para un grupo de interesados, pero no para otro.

Por lo anterior, las vistas se irán descomponiendo en "pedazos" más pequeños, que sean más fáciles de comunicar de manera clara y concisa.

Cada una de las vistas se describirá en una tabla o sección conteniendo las siguientes partes:

---

<sup>33</sup> Del inglés *architecturally significant requirements (ASR)*.

## 1. Encabezado

Incluye los datos básicos de la numeración de la vista y su título. Esta numeración es útil en caso de ser necesario para hacer referencia en otras vistas y secciones del documento. También se puede utilizar en documentos externos relacionados con esta descripción arquitectónica.

Se incluye una breve descripción del propósito de la vista, la referencia a la vista anterior (de donde esta se genera o expande) y el ADL/Modelo.

Ejemplo:

### Vista 11: Diagrama general

---

<b>Propósito:</b>	Visualizar el sistema en forma general
<b>Dominio:</b>	Comprende el modelo de datos.
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 10]
<b>ADL/Modelo:</b>	UML

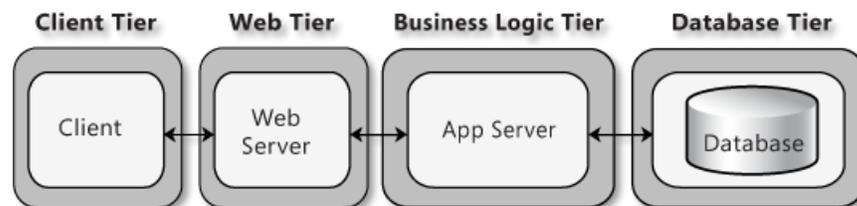
---

## 2. Vista

Es la representación de todo el sistema o una parte de él. Usualmente se hará en forma gráfica, aunque también puede ser textual, mostrando una vista general de los elementos y las relaciones entre ellos.

Se hace referencia a la vista preliminar, o de descomposición (siguientes), que pueden ser cero o más.

Ejemplo:



## 3. Descripción

Describe en forma general en qué consiste la vista. Es una breve descripción de la parte del sistema que se está representando.

Ejemplo:

### Descripción

La arquitectura se utiliza como referencia para que una institución de educación secundaria pueda desarrollar sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias

#### 4. Elementos y sus responsabilidades

Se detallan aquí los elementos representados en la vista. La representación visual es usualmente una caja o rectángulo, que sirve como contenedor de elementos que no son visibles en la vista primaria, pero que se exponen en otras vistas (secundarias).

Se indica el nombre del elemento y una descripción de sus responsabilidades.

Ejemplo:

##### Elementos y responsabilidades

1. Capa del cliente: incluye los componentes de interfaz de usuario y lógica de presentación;
2. Capa de lógica de negocios: donde se ejecuta la lógica de negocios. La aplicación (de) fachada es opcional.
3. Capa de base de datos: incluye acceso a los datos.

Se reitera que esta sección cumple con las reglas de correspondencia de la norma 42010, específicamente lo relacionado con la correspondencia arquitectónicas requerida y descrita en la sección *4.3.7-Correspondencias arquitectónicas*<sup>34</sup> de este documento.

#### 5. Impacto arquitectónico \*

En esta sección se explica el impacto que la vista representa desde el punto de vista arquitectónico.

Como se explicó en la sección *Convenciones Generales de Nomenclatura* al inicio del documento, se utiliza el icono \* para indicar que el contenido de la sección tiene una influencia en el diseño arquitectónico.

Esta sección se organiza de la siguiente manera:

##### a) Generalidades

Generalmente incluye las razones que llevaron al diseño arquitectónico tal y como se está presentando, con referencia a los requerimientos de importancia arquitectónica (ASRs) que el diseño expresado en la vista satisface.

---

<sup>34</sup> La sección correspondiente en la norma 42010 es la sección *5.7-Architecture relations* (subsecciones *5.7.2-Correspondences* y *5.7.3-Correspondences rules*).

### c) Consideraciones para la arquitectura de datos

Cualquier aspecto clave que impacte la arquitectura de datos y que deba considerarse para su diseño.

### d) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

Cualquier aspecto clave que impacte la arquitectura de aplicaciones y que debe considerarse para su diseño.

### e) ASRs relacionados

Con el propósito de simplificación, aquí solo se incluye el código de referencia a los ASRs, los cuales se han documentado en el apéndice *B.4. Requerimientos ASR*.

## 4.3.5. Vistas arquitectónicas

Uno de los conceptos, quizás el más importante, relacionado con la documentación de arquitecturas es el de *vistas*<sup>35</sup>. Una vista permite visualizar y comunicar una o más partes de la arquitectura de un sistema.

De acuerdo con la definición de arquitectura de Kazman [25], estas vistas deberían enfocarse en las estructuras que comprenden la arquitectura, las cuales él describe y agrupa en tres categorías:

- Estructuras de descomposición

Esto tiene que ver con la forma de *implementación o construcción del software*<sup>36</sup> (módulos, clases, servicios, microservicios, etc.);

- Estructuras de componente y conector (C&C)

Esto concierne al comportamiento e interacción del sistema en *tiempo de ejecución*<sup>37</sup>;

- Estructuras de alojamiento<sup>38</sup>

Esto tiene que ver con el entorno de *implantación*<sup>39</sup>, es decir donde se ejecutará el sistema (bases de datos, hardware, etc.).

---

<sup>35</sup> Del inglés *views*.

<sup>36</sup> Del inglés *implementation*

<sup>37</sup> Del inglés *runtime*.

<sup>38</sup> Del inglés *allocation structures*.

<sup>39</sup> Del inglés *deployment*.

Siguiendo el enfoque de Clements [6], donde el aspecto más importante consiste en la documentación de las vistas correctas, incluyendo la información respecto de cada vista y su relación con las demás, la mayoría de vistas en esta descripción arquitectónica no están separadas ni categorizadas de acuerdo con su estructura.

Algunas de las vistas incluidas en este documento muestran solo un aspecto particular de la arquitectura de SI con el propósito de enfocarse en esa parte sin distracciones, mientras que, intencionalmente, a otras vistas se les han suprimido detalles que no son de relevancia arquitectónica.

Es comúnmente aceptado que la arquitectura de un sistema, incluso de uno pequeño, es demasiado compleja para describirse unidimensionalmente, por lo que se hace indispensable crear múltiples vistas de su arquitectura

En esta documentación, se reutilizarán patrones, marcos de referencia y estándares arquitectónicos que son comúnmente conocidos y aceptados en el área de educación y sistemas de información, pues el propósito de estos es el de diseñar las partes de mayor relevancia de la arquitectura. La reutilización de patrones se justifica porque que estos brindan soluciones ya comprobadas a problemas dentro de un contexto similar. Los *marcos de referencia*<sup>40</sup> permiten estructurar y enfocar el trabajo de manera concisa, bajo un conjunto de principios probados y aprobados por consenso por expertos y autoridades reconocidas en la industria.

La *Figura 34* muestra un ejemplo típico de un patrón arquitectónico en *capas*<sup>41</sup> de un sistema de software.

---

<sup>40</sup> Del inglés *frameworks*.

<sup>41</sup> Del inglés *layered*.

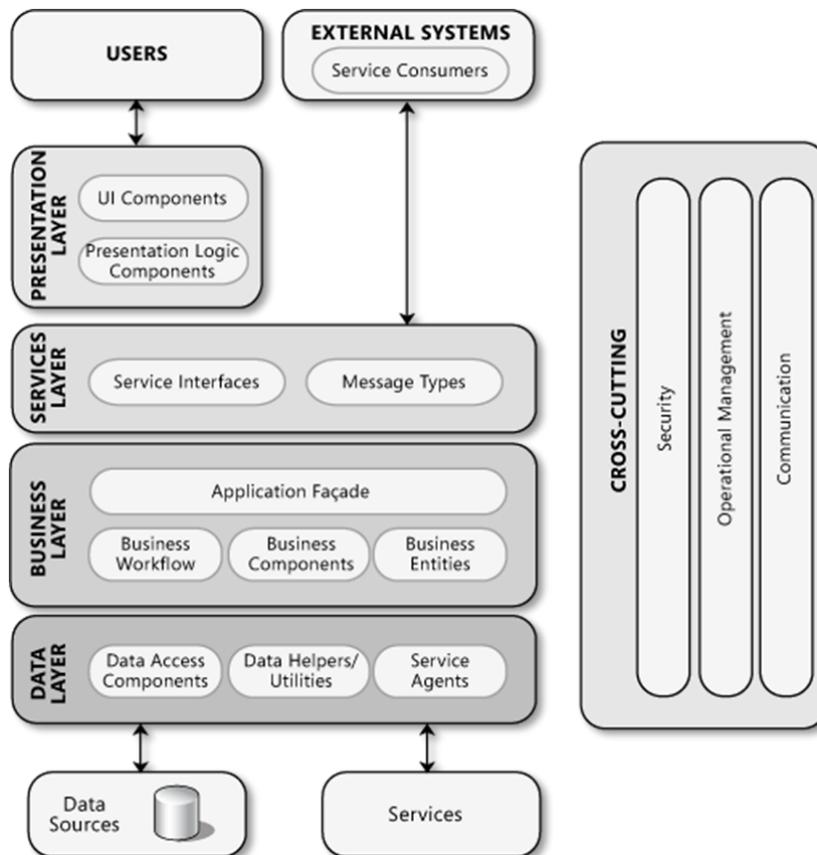


Figura 34: Patrón arquitectónico en capas de un sistema de software. Microsoft [34].

### Vistas principales de la arquitectura

A continuación, se incluye cada una de las vistas de la arquitectura de sistemas de información para la administración del alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.

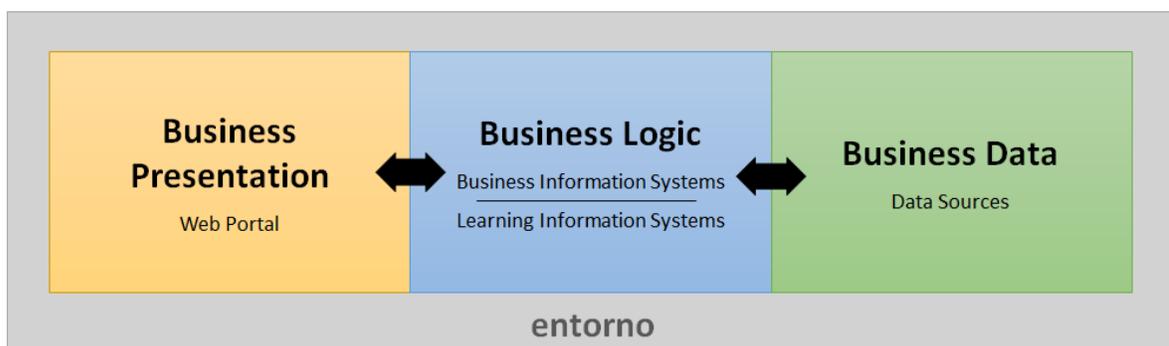
Para algunas de las vistas se utilizan uno o más lenguajes de descripción arquitectónica (ADLs) y modelos de diseño arquitectónico: UML standard, BPMN [11], C4Model® [5] y algunos diagramas de diseño propio del autor. Consulte el apéndice B.6. ADL y modelos utilizados para obtener información adicional.

## [Vista 1] Diagrama del entorno organizacional – Alto nivel

---

<b>Propósito:</b>	Mostrar el entorno organizacional que da forma al sistema StandardME
<b>Dominio:</b>	Organización
<b>Vista anterior:</b>	Ninguna. Representa la primera vista de la organización.
<b>ADL/Modelo:</b>	Diseño del autor

---



### Descripción

Un sistema StandardME se acopla a un entorno organizacional típico conceptualmente dividido en tres partes:

- La imagen del negocio [Business Presentation]
- La lógica de negocios [Business Logic]
- Los datos del negocio [Business Data]

### Elementos y responsabilidades

#### 1. La imagen o presentación del negocio [Business Presentation]

Consta de un portal web donde se provee un solo punto de acceso a otras aplicaciones web de la organización, incluyendo un eventual sistema StandardME. Asimismo, incluye una página para visitantes con información general de la institución.

Mediante el uso de un navegador Web compatible, este portal puede ser accedido desde distintos dispositivos como computadoras portátiles, de escritorio o móviles.

#### 2. La lógica de negocios [Business Logic]

Es aquí donde residen los sistemas de información y demás aplicaciones para apoyar la lógica de negocios. Por la funcionalidad que brindan, estas se dividen en dos categorías:

- **Sistemas de información del negocio [Business Information Systems]**

Estos proporcionan funcionalidades comunes a toda la organización como correo, autenticación de usuarios utilizada en otros sistemas; aplicaciones de

apoyo administrativas, almacenamiento de datos, herramientas de análisis de datos, etc.

- **Sistemas de información para la gestión del aprendizaje [Learning Information Systems]**

Estos sistemas proporcionan la funcionalidad principal correspondiente a todo lo que concierne a servicios y soluciones para la enseñanza y el aprendizaje apoyado mediante tecnologías de información.

### **3. La capa de datos [Business Data]**

Aquí se incluyen todos los servicios que tienen que ver con el acceso y manejo de datos que la organización produce o adquiere para operar y cumplir su misión. Estos incluyen datos estructurados (como base de datos) y no estructurados (como archivos digitales tipo Excel, Word, PDF, etc.).

#### **Impacto arquitectónico \***

##### **a) Generalidades**

El entorno organizacional influye en la forma y comportamiento de un sistema de información. Este va a implantarse en correspondencia con la infraestructura tecnológica de la organización y esto determina cuál es la estructura que debe seguirse cuando se desarrolle.

Ahora bien, este es un modelo conceptual que facilita observar la estructura de la organización y su entorno. El modelo físico actual que soporta al modelo conceptual puede variar de una institución a otra, por lo que el diseño e implementación de un sistema StandardME debe adaptarse al modelo físico particular de cada una.

##### **b) Consideraciones para la arquitectura de datos**

- El diseño del modelo de datos debe ajustarse al entorno organizacional.

##### **c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones**

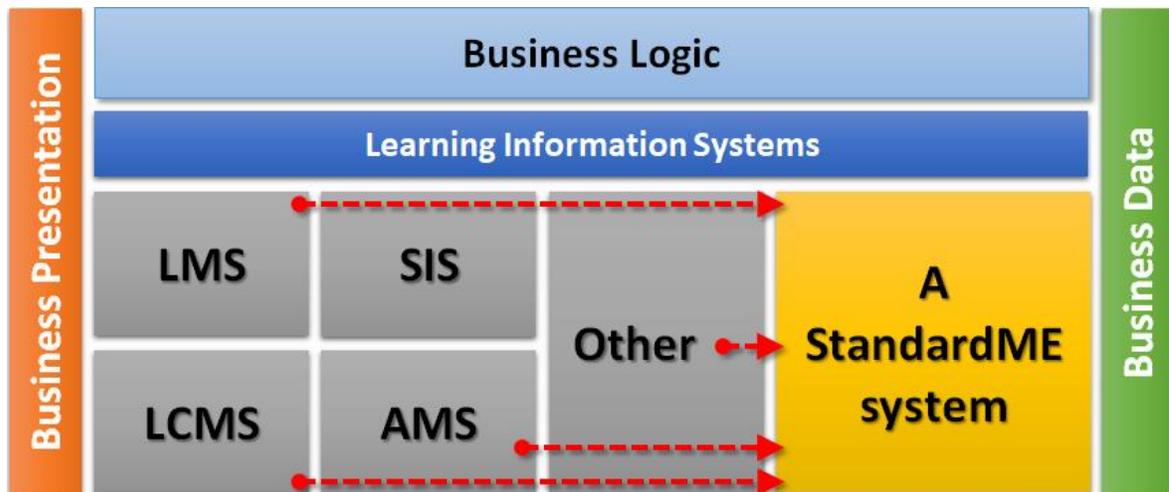
- El diseño de las aplicaciones debe ajustarse al entorno organizacional.

##### **d) ASRs relacionados**

- Ninguno específico.

## [Vista 2] Diagrama del entorno organizacional – Nivel de la lógica de negocios

<b>Propósito:</b>	Mostrar el contexto organizacional, específicamente en el área de la lógica de negocios, donde un eventual sistema StandardME coexiste.
<b>Dominio:</b>	Organización
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 1]
<b>ADL/Modelo:</b>	Diseño del autor



*Nota: las flechas con línea punteada indican que puede o no haber producción de datos de los sistemas externos al sistema StandardME. Es posible que haya producción, pero no puede accederse a los datos por diversas circunstancias. La dirección de las flechas indica que este sistema solo lee datos y no los produce para ningún otro sistema en existencia.*

### Descripción

Un sistema StandardME coexiste con otros sistemas de la organización (**interoperabilidad**), particularmente aquellos dentro de la familia de sistemas de información para el aprendizaje (*learning management systems*), los cuales realizan funciones similares o que complementan el uno al otro.

Un eventual sistema StandardME necesita operar con estos sistemas de información ya que, entre otras funciones, podrían producir datos que este sistema requiere para operar de acuerdo con los objetivos del negocio.

Las flechas punteadas indican que estos sistemas podrían operar o no con un sistema StandardME.

## Elementos y responsabilidades

1. **LMS:** Learning Management System. es el responsable de producir datos del currículo en general.  
Podría producir datos para un sistema StandardME.
2. **LCMS:** Learning Content Management System. Es el responsable de producir *recursos de aprendizaje*<sup>42</sup>.  
Podría producir datos para un sistema StandardME.
3. **SIS:** Student Information System. Es el responsable de producir datos del estudiante. Hasta donde se pudo determinar, este sistema no produce datos para un sistema StandardME.
4. **AMS:** Assessment Management System. Es el responsable de producir datos de evaluaciones.  
Podría producir datos para un sistema StandardME.
5. **Otros [Others]:** Varía por institución, pero es cualquier otro sistema con funciones similares presentes en sistemas anteriores, o bien, proporcionan funciones específicas para ciertas áreas del proceso educativo.  
Dependiendo de la situación específica de cada institución, algunos podrían producir datos para un sistema StandardME
6. **Sistema StandardME:** es el sistema de interés y una *instancia* del diseño arquitectónico StandardME.  
Se identificaron otros sistemas dentro de la organización que no dependen de los datos producidos por un sistema StandardME, pero pueden ser utilizados como datos de entrada para reportes, consultas y otras *operaciones de solo-lectura*<sup>43</sup>.

## Impacto arquitectónico \*

### a) Generalidades

El entorno organizacional influye en la forma y comportamiento de un sistema de información. Este va a implantarse correspondiendo a la infraestructura tecnológica de la organización y esto determina cuál es la estructura que debe seguirse cuando se desarrolle.

Ahora bien, este es un modelo conceptual que facilita observar la estructura de la organización y su entorno; el modelo físico actual que soporta al modelo conceptual

---

<sup>42</sup> Del inglés *learning resources*.

<sup>43</sup> Del inglés *read-only operations*.

puede variar de una institución a otra, por lo que el diseño e implementación de un sistema StandardME debe adaptarse al modelo físico particular de cada una.

**b) Consideraciones para la arquitectura de datos**

- Para el diseño del modelo de datos de un sistema StandardME, es necesario identificar los datos que vienen y/o van de un sistema a otro (**interoperabilidad**).

**c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones**

- Para el diseño del sistema, y en conjunto con la arquitectura de datos, debe determinarse cuales servicios (funcionalidad) son necesarios para poder proporcionar la interoperabilidad requerida, esto es, el procesamiento de aquellos datos que se requieren como entrada al sistema, o bien, de aquellos que necesitan producirse para otros sistemas.
- Debe analizarse también si hay que hacer concesiones entre usabilidad, rendimiento e interoperabilidad. Es posible que la implementación de un atributo tenga un costo muy alto sobre el otro, por lo que debe buscarse un punto intermedio donde ambos atributos puedan lograrse sin afectarse mutuamente de manera considerable.

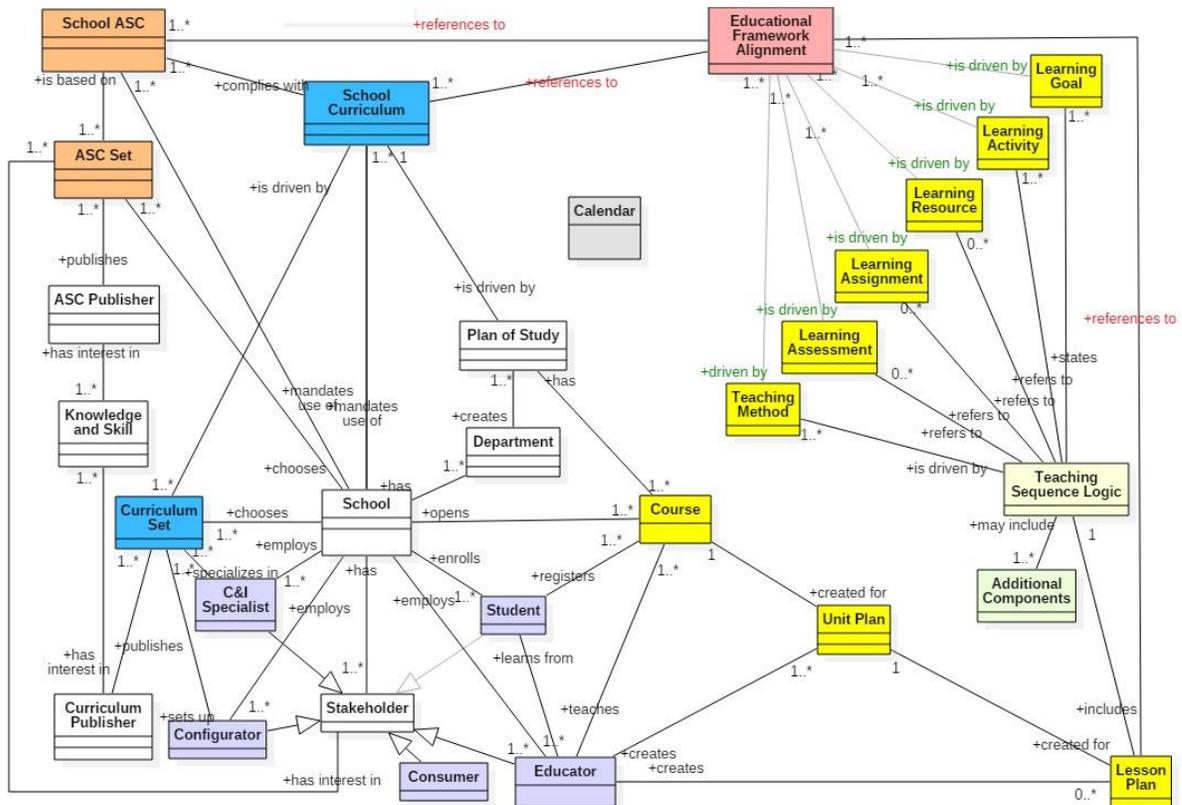
El apéndice C: *Acerca de atributos de calidad*, incluye información que puede ser de utilidad para determinar el nivel de impacto para hacer concesiones entre los atributos de calidad.

**d) ASRs relacionados**

- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)
- ASR.QAT.003 (Usabilidad)
- ASR.QAT.004 (Rendimiento)

## [Vista 3] Diagrama conceptual de Entidad-Relación

<b>Propósito:</b>	Mostrar las entidades y relaciones dentro del contexto organizacional
<b>Dominio:</b>	Organización
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 1], [Vista 2]
<b>ADL/Modelo:</b>	UML estándar (simplificado)



### Descripción

Esta vista muestra de manera conceptual como las entidades y relaciones ocurren dentro de la organización y que influyen en el diseño de la arquitectura StandardME. La visualización de las entidades y sus relaciones contribuyen a un mejor entendimiento del modelo conceptual del sistema.

El elemento **[Educational Framework Alignment]** y sus relaciones con los otros elementos no existe dentro del contexto actual de las instituciones interesadas, aspecto que se pudo comprobar durante las reuniones realizadas con las partes interesadas.

Este elemento se presenta en la vista porque es parte del nuevo modelo conceptual y satisface el objetivo principal que se quiere alcanzar con el diseño de la arquitectura StandardME: facilitar el alineamiento curricular con *estándares académicos y competencias (ASC)*.

\* Por razones de simplificación y con la motivación de conceptualizar mejor la arquitectura mediante abstracción y generalización, se decidió considerar los ASCs y el currículo, que pueden ser más de uno, como *marcos de referencia educacionales*. Estos representan los elementos principales a los cuales otros elementos (secundarios), deben alinearse.

Por ejemplo, el plan de lección se alinea con dos marcos de referencia educacionales, el currículo y los ASCs mediante la entidad [Educational Framework Alignment].

*Nota: este es un modelo conceptual de alto nivel que puede variar dependiendo de la implementación y situación actual de una organización particular. No es objetivo de este diagrama representar el contexto de un sistema de información, ni tampoco representar su diagrama de clases (en el sentido de programación orientada a objetos).*

### **Elementos y responsabilidades**

Son muchos los elementos contemplados en la vista, pero los siguientes son los principales que interactúan con un sistema StandardME:

#### **1. Alineamiento con un marco de referencia educacional [Educational Framework Alignment]**

Representa la entidad que satisface el objetivo de un sistema StandardME: proporcionar funcionalidades de alineamiento curricular.

Establece una relación entre el *plan de lección* [Lesson Plan] y los *estándares académicos y las competencias* establecidos por la institución [School ASC]. Esta relación se establece por medio de la *secuencia lógica de enseñanza* [Teaching Sequence Logic] y de este, a los demás elementos que son parte de un plan de lección (*Figura 18: Plan de Lección: estructura típica*).

También hay una relación con [School Curriculum], pues se da por entendido que el plan de lección está alineado actualmente con el currículo establecido por la institución, generalmente vía *objetivos de aprendizaje* [Learning Goal].

#### **2. Currículo de la institución [School Curriculum]**

Representa la información relacionada con el currículo que la institución ha establecido como guía para que los educadores lleven a cabo la enseñanza y la planificación de la enseñanza.

El currículo se considera un *marco de referencia educacional*<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> Del inglés *educational framework*.

### 3. Estándares académicos y competencias de la institución [School ACS]

Representa la información relacionada con los estándares académicos y las competencias que la institución ha establecido como guía para que los educadores lleven a cabo la enseñanza y la planificación de la enseñanza.

Los ACS se consideran como un *marco de referencia educacional*<sup>45</sup>.

### 4. Plan de lección [Lesson Plan]

Este elemento representa el plan de lección, que conceptualmente es una instancia del currículo establecido por la institución, es decir, el plan de lección se diseña y crea con base en los principios, lineamientos, métodos, objetivos y demás características que establece el currículo.

Hay una relación al currículo y los estándares académicos y las competencias por medio de [Educational Framework Alignment].

### 5. Secuencia lógica de enseñanza [Teaching Sequence Logic]

Este elemento establece la secuencia lógica del contenido de la lección que el educador diseña cuando crea un plan de lección. Esta secuencia de enseñanza lógica la seguirá el educador cuando imparta su lección.

La secuencia lógica de enseñanza es todo un campo de estudio dentro del área de la enseñanza y el aprendizaje, por lo que en consenso con las partes interesadas se incluyó en el modelo conceptual.

### 6. Método(s) de enseñanza [Teaching Method]

Este elemento indica una asociación entre la secuencia lógica de enseñanza y uno o más métodos de enseñanza utilizados para planear e impartir la lección.

### 7. Componentes adicionales [Additional Components]

Es un elemento conceptual que se utiliza para indicar una previsión de componentes adicionales que un plan de lección puede requerir en el futuro. Esto también permite observar el atributo de **flexibilidad** (*modificabilidad*) en cuanto a la estructura de datos que se diseñe para definir el plan de lección, la cual no puede ser una estructura rígida, sino más bien, una estructura con capacidad para cambiar o crecer.

### 8. Otros elementos:

Los siguientes elementos representan los componentes del plan de lección y pueden consultarse detalles al respecto en la *Figura 18: Plan de Lección: estructura típica* dentro del capítulo 2-Marco Teórico:

---

<sup>45</sup> Del inglés *educational framework*.

- Objetivos de aprendizaje [Learning Goal]
- Actividades de aprendizaje [Learning Activity]
- Recursos de aprendizaje [Learning Resource]
- Asignación de aprendizaje [Learning Assignment]
- Evaluación del aprendizaje [Learning Assessment]

\* Por las mismas razones con que se consideró la generalización de los ASCs y el currículo, estas cinco entidades se consideran como *artefactos de aprendizaje*<sup>46</sup>, los cuales vienen a representar los elementos que son objeto de alineamiento con un *marco de referencia educacional*.

### **Impacto arquitectónico \***

#### **a) Generalidades**

El entorno organizacional es la primera estructura que moldea el sistema. Este tiene que implantarse siguiendo la infraestructura tecnológica de la organización y esto asimismo determina cuál es la estructura de desarrollo e implantación el sistema.

Ahora bien, este es un modelo lógico (conceptual) que facilita observar el entorno. El modelo físico actual que soporta el modelo lógico puede variar de una institución a otra, por lo que el diseño e implementación de un sistema StandardME debe adaptarse a cada modelo físico particular durante las actividades de diseño detallado.

#### **b) ASRs relacionados**

- ASR.FRE.014
- ASR.QAT.002 (Modificabilidad)

#### **c) Consideraciones para la arquitectura de datos**

- El diseño del modelo de datos debe ajustarse al entorno organizacional (entidad-relación).

#### **d) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones**

- El diseño de los servicios de la aplicación debe ajustarse al entorno organizacional.

---

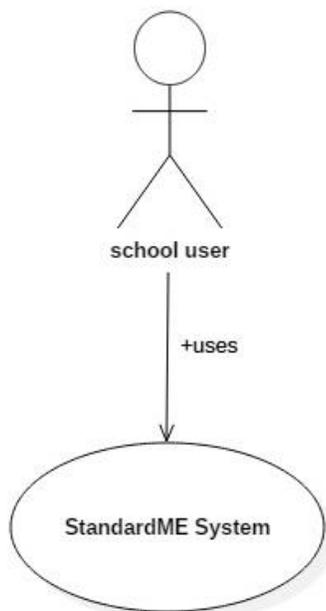
<sup>46</sup> Del inglés *learning artifacts*.

## [Vista 4] Diagrama de caso de uso - Básico

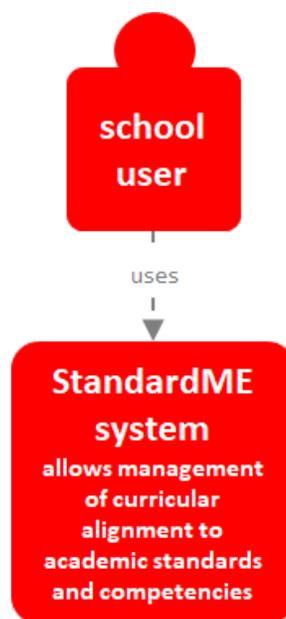
---

<b>Propósito:</b>	Mostrar el caso de uso básico, aplicable a cualquier sistema de información y su principal funcionalidad.
<b>Dominio:</b>	Sistema StandardME
<b>Vista anterior:</b>	Ninguna. Este es el caso de uso más básico de cualquier SI.
<b>ADL/Modelo:</b>	UML Standard, C4Model®

---



UML Standard



C4Model®

### Descripción

La arquitectura StandardME puede ser utilizada como referencia por aquellas instituciones de educación secundaria que tengan la necesidad de desarrollar sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.

Un sistema de información que reference esta arquitectura puede llamarse sistema StandardME (a *StandardME system*).

### Elementos y responsabilidades

#### 1. Usuario de la institución [school user]

Representa cualquiera de los usuarios del sistema tal y como se especificaron en la sección 4.3.3-*Identificación de las partes interesadas y de sus inquietudes*.

#### 2. Sistema StandardME [StandardME system]

El sistema permite a los usuarios de una institución educativa de educación secundaria realizar funciones de alineamiento entre el currículo, por medio del plan de lección, y el conjunto de estándares académicos y competencias establecido por la institución.

## **Impacto arquitectónico \***

### **a) Generalidades**

Esta arquitectura cumple con el objetivo principal del proyecto.

### **b) ASRs relacionados**

- Ninguno específico.

### **c) Consideraciones para la arquitectura de datos**

- Ninguna.

### **d) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones**

- Ninguna.

### **e) ASRs relacionados**

- Ninguno específico.

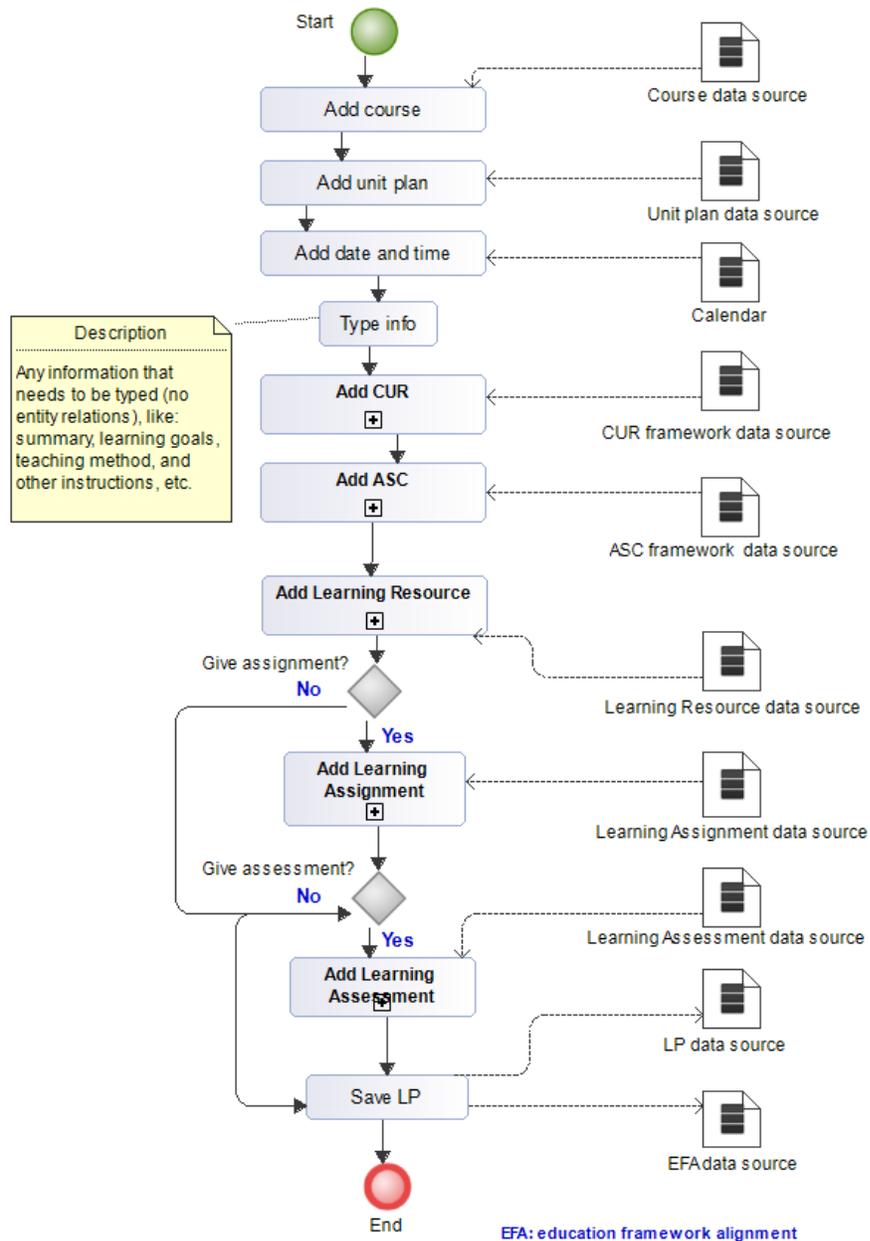
**[Vista 5] Diagrama de secuencia de actividades - Caso de uso principal**

**Propósito:** Mostrar la secuencia de acciones y entidades de datos concernientes al caso de uso más importante para el principal usuario del sistema: la creación de planes de lección con (o sin) *alineamiento con ASCs*. Este es un caso de uso genérico y no una prescripción de cómo implementar (programar) la secuencia.

**Dominio:** Sistema StandardME

**Vista anterior:** [Vista 3], [Vista 4]

**ADL/Modelo:** BPMN



## Descripción

Esta vista no es de estilo arquitectónico, pero tiene influencia arquitectónica. Se consideró su inclusión aquí como vista de referencia para entender la funcionalidad principal del sistema, conformado por el ingreso de planes de lección (planificación de lecciones) y la función de alineamiento.

Contribuye a entender la relación entre la funcionalidad del sistema (lógica de negocios), por medio de la lógica de datos y su relación con el modelo de datos.

La visualización de estas entidades y sus relaciones proveen un mejor entendimiento del modelo conceptual del sistema y provee los primeros aspectos por considerar para la arquitectura de datos y la arquitectura de aplicaciones.

## Elementos y responsabilidades

No aplica.

La importancia de esta vista lo constituye la secuencia de acciones del usuario y su relación con las fuentes de datos.

Las fuentes de datos pueden mapearse con las entidades mostradas en la [Vista 3].

## Impacto arquitectónico \*

### a) Generalidades

La vista muestra cómo la arquitectura cumple con el objetivo principal del proyecto.

### b) Consideraciones para la arquitectura de datos

- Esta vista muestra la interacción entre la capa de la lógica de datos y las fuentes de datos.
- La secuencia indica el tipo de servicio de datos requeridos. Por ejemplo, [add ASC] realiza la función de alineamiento entre el plan de lección y los estándares académicos.
- Refiérase más adelante a la [Vista 9].

### c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

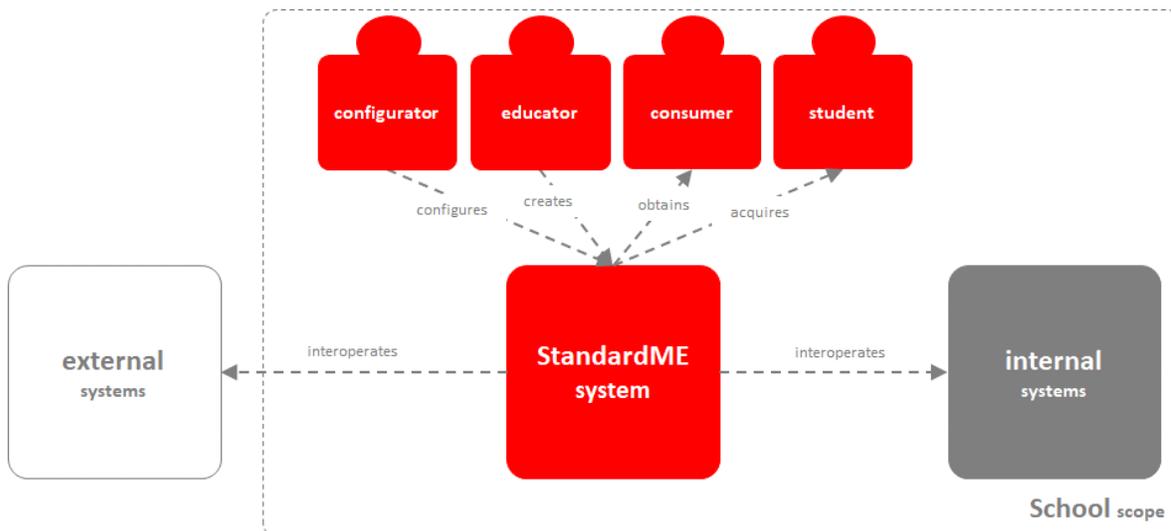
- Refiérase más adelante a la [Vista 10].

### d) ASRs relacionados

- ASR.QAT.003 (Usabilidad)

## [Vista 6] Diagrama de usuarios e interoperabilidad general

<b>Propósito:</b>	Mostrar los principales usuarios y la interoperabilidad en general sistemas internos y externos
<b>Dominio:</b>	Sistema StandardME
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 2], [Vista 4]
<b>ADL/Modelo:</b>	C4Model®



### Descripción

Se visualiza la interacción general de un sistema StandardME con los usuarios principales del sistema y el conjunto de sistemas internos y externos con que este interopera, pero sin preocuparse por los detalles.

Los usuarios han sido agrupados en las siguientes categorías:

1. **Configuradores [configurator]:** cualquier usuario que, debido a solicitudes de la institución y / o departamento de TI, establece y modifica parámetros en el sistema y carga datos (algunos datos cargados de acuerdo con esos parámetros) con respecto de los estándares académicos y las competencias (ASC) y el plan de estudios (CUR).
2. **Educadores [educator]:** cualquier usuario que realice funciones de alineamiento.
3. **Consumidores [consumer]:** cualquier usuario que consulte (pantalla, reporte, etc.) los datos correspondientes a los estándares académicos y las competencias (ASC), el currículum (CUR), y el estatus de alineamiento. Debido a los requisitos actuales, el sistema solo proporciona informes del estado de alineamiento, pero eventualmente puede proporcionar más información mediante diferentes mecanismos de informe (correo electrónico, consultas, etc.).
4. **Estudiantes [student]:** cualquier usuario que se beneficie de la funcionalidad y datos producidos por el sistema para transferir conocimiento y habilidades.

## Elementos y responsabilidades

### 1. Sistemas internos [internal systems]

Un **sistema interno**, en el contexto de este proyecto, se define como aquel que pertenece al dominio de la institución, es decir, está dentro de su *alcance*<sup>47</sup> administrativo y operativo, independientemente de su alojamiento físico (del inglés, *physical allocation*). Estos sistemas pueden estar alojados dentro del campus de la escuela (en su red privada), o bien, pueden estar alojados en algún servidor web (nube) de su red virtual.

Estos sistemas se ubican en una de las dos categorías de sistemas dentro de la capa de lógica de negocios descritas en [Vista 1]: *Diagrama del entorno*.

### 2. Sistemas externos [External systems]

Un **sistema externo**, en el contexto de este proyecto, se define como aquel que está fuera del dominio de la institución, es decir, está fuera de su *alcance* administrativo, operativo y físico. Se expone aquí porque tiene relación con el sistema.

## Impacto arquitectónico \*

### a) Generalidades

- En esta vista se considera el sistema y su relación con los sistemas internos y externos que producen datos concernientes al currículo, así como los correspondientes a estándares académicos y competencias, con el propósito de satisfacer el atributo de **interoperabilidad**.

### b) Consideraciones para la arquitectura de datos

- Debe conocerse el tipo y estructura de los datos que son provistos por y para los sistemas internos y externos, de modo que el modelo de datos de un sistema StandardME responda adecuadamente.

### c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

- Deben identificarse las interfaces sincrónicas/asincrónicas correspondientes que proporcionen interoperabilidad con los sistemas internos y externos, así como identificar la necesidad de migración de datos (extracción, transformación y carga).

### d) ASRs relacionados

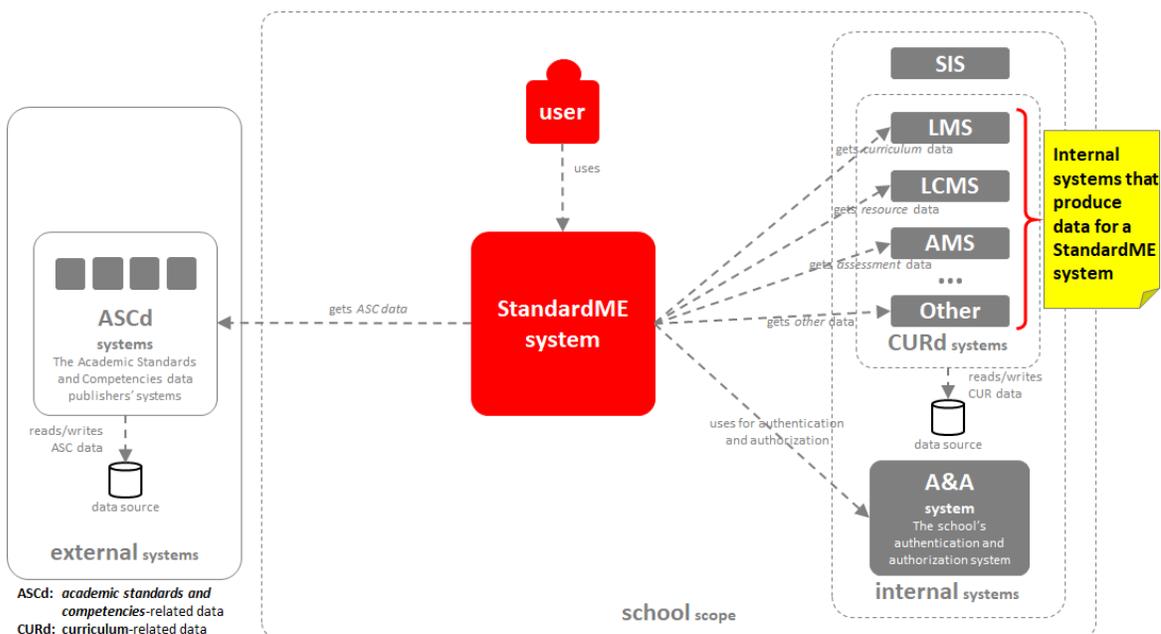
- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)

---

<sup>47</sup> Del inglés *scope*.

## [Vista 7] Diagrama de interoperabilidad con sistemas internos y externos

<b>Propósito:</b>	Identificación de interoperabilidad con los sistemas internos y externos que son importantes desde el punto de vista del objetivo de la arquitectura del SI: proporcionar alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.
<b>Dominio:</b>	Sistema StandardME
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 2], [Vista 6]
<b>ADL/Modelo:</b>	C4Model®



### Descripción

Se visualiza la interoperabilidad del sistema StandardME con el conjunto de sistemas internos y externos de la organización, identificando con un nivel de detalle suficiente, cada uno de los sistemas específicos con que este interactúa.

Hay otros sistemas que no están presentes porque no interactúan con la aplicación, o bien, porque no tienen relación con ninguno de los requerimientos obtenidos para este proyecto. Por ejemplo, el sistema de recursos humanos (planilla, información personal, historial laboral, etc.).

Tampoco se muestran aquellos sistemas de información y aplicaciones dentro del dominio de la organización que son utilizados por todos los demás sistemas. Por ejemplo, el sistema de gestión de comunicaciones (email, texto, etc.) puede ser utilizado por todos los demás sistemas.

## Elementos y responsabilidades

- **Sistemas internos [internal systems]**

Como parte de la ejecución de su principal funcionalidad (alineamiento), un sistema StandardME requiere cierto nivel de interoperabilidad con sistemas internos que producen datos relacionados con *el currículo* y que inicialmente podrían no estar al alcance de la institución, o bien, no ser compatibles con el sistema.

La integración con otros sistemas de la organización, como el sistema de comunicaciones (email, texto), recursos humanos, etc., será considerada en el nivel del diseño detallado, pues a este nivel tales sistemas no representan una mayor influencia arquitectónica.

Intencionalmente se suprimen los usuarios de esta vista (se utiliza solo el usuario genérico) para permitir enfocarse en los componentes de datos y aplicaciones.

Los sistemas internos específicos con los que se requiere cierto grado de interoperabilidad debido a que gestionan datos relacionados con el currículo son:

### **[LMS]**

LMS es la abreviatura de *Learning Management System* o sistema para la gestión del aprendizaje.

Este se puede describir [55] como un sistema de información que, en su forma básica, le permite a una institución educativa la organización de sus cursos de modo que puedan ser creados, cambiados, asignados a los estudiantes, calificados, etc.

En su forma más avanzada, un LMS permite la creación de cursos en línea (eLearning), los cuales comúnmente constan de dos partes separadas:

- Servidor: el cual realiza la funcionalidad principal (creación, gestión y entrega de cursos, autenticación de usuarios, publicación de datos y notificaciones, etc.)
- Cliente: provee una interfaz para el usuario que se ejecuta dentro de su navegador web (web browser). El usuario puede ser un administrador, educador o estudiante.

Entre sus principales funcionalidades están:

- Listas de clase
- Control de registro
- Gestión de documentos
- Acceso a múltiples dispositivos
- Instructores múltiples distribuidos
- Calendarios del curso
- Participación de los estudiantes
- Evaluación y prueba
- Calificación y puntuación

### **[LCMS]**

Es una abreviatura para *Learning Content Management System* o sistema para la gestión de contenido de aprendizaje. Estos sistemas les permiten a los autores de contenido educativo registrarse, almacenar, administrar y publicar contenido que ellos pueden diseñar, construir, administrar y publicar en la red (Internet, redes privadas, etc.).

Sus funcionalidades principales son:

- Gestión de contenido
- Autoría de contenido
- Importar o exportar contenido en formatos de estándares abiertos (AICC, SCORM, XML, JSON)

### **[AMS]**

Estas siglas no son estándares, pero en este proyecto se refieren a *Assessment Management System* o sistemas de autoría de evaluaciones.

Al igual que un LCMS, estos sistemas permiten el diseño y creación de todo tipo de evaluaciones (quizzes, exámenes, prácticas, etc.).

Usualmente se limitan a aplicaciones web o de escritorio (*stand-alone*) que, en general, los educadores utilizan en forma individual o en conjunto con otros colegas para la creación de sus evaluaciones.

La mayoría de los AMS crean una página web que proporciona una evaluación interactiva en línea para el estudiante, incluyendo restricciones de tiempo, intentos de respuesta, ayuda, retroalimentación, auto calificación y seguimiento del proceso.

La mayoría de los sistemas AMS complejos son utilizados por compañías internacionales que ofrecen evaluaciones estandarizadas a instituciones académicas e industrias de todo el mundo. Por ejemplo: Pearson VUE, CollegeBoard (SAT) y ETS (TOEFL).

### **Otros [Other]**

Estos incluyen otros sistemas de información, o versiones híbridas de ellos, que presentan una o más funcionalidades existentes en otros sistemas y producen datos similares.

Por ejemplo:

Un sistema LMS almacenando o generando información que usualmente almacena o genera un SIS.

### **[A&A system]**

Es el sistema interno de gestión de la seguridad concerniente a autenticación de usuarios y autorización de permisos. Este atributo deberá ser considerado posteriormente durante el diseño detallado, pues los requerimientos establecen que

la seguridad de acceso debe manejarse por medio del sistema de autenticación y autorización ya en producción<sup>48</sup>.

### [SIS]

Aunque este sistema no produce datos para un sistema StandardME, intencionalmente se puso en esta vista para explícitamente indicar que, a pesar de que es un sistema dentro de la familia de sistemas de información para la gestión del aprendizaje, es el único que se determinó no requiere interoperabilidad con el sistema.

Un *Student Information System (SIS)*, o sistema de información para la gestión de información del estudiante, es un sistema diseñado para establecer un ambiente estructurado de intercambio de información integrando estudiantes, padres, educadores y la administración dentro de una institución educativa.

En su forma simple, un SIS proporciona el manejo de los registros de los estudiantes. Sin embargo, sistemas más grandes están diseñados para ir más allá de la simple gestión de registro estudiantil, proporcionando funciones complejas relacionadas con toda la información del estudiante, funciones administrativas de una institución, o de una cadena de establecimientos educativos.

Así, entre sus funciones principales destacan:

- Matrícula de estudiantes
- Registro de las pruebas o exámenes realizados
- Evaluación del desempeño (calificaciones)
- Registro de la asistencia diaria y todas las demás actividades relacionadas del estudiante con la institución.

- **Sistemas externos [external systems]**

Como parte de la ejecución de su principal funcionalidad (alineamiento), el sistema requiere de interoperabilidad con sistemas externos que producen datos relacionados con *estándares académicos y competencias* y que inicialmente podrían no estar al alcance de la institución, o bien, ser incompatibles con la tecnología de aplicaciones y datos que este utiliza.

Así, los sistemas externos pertenecen a las entidades encargadas de producir especificaciones de estándares académicos y competencias que, en la mayoría de los casos, no están disponibles en un formato estándar que pueda ser “leído” directamente de sus propios sistemas internos. Algunos de ellos ponen a disposición estos datos en formatos abierto estándar (HTML, XML, JSON), mientras que otros los generan y publican como archivos Word, Excel y PDF.

---

<sup>48</sup> La gestión de la seguridad es *transversal (cross-cutting)*, como se sugirió en la figura 34.

No es posible identificar y hacer una lista aquí de los sistemas de información específicos que estas organizaciones utilizan pues están fuera del dominio de la organización y del alcance del proyecto.

- **Fuentes de datos [data source]**

Sin entrar en detalles, en esta vista se visualizan las fuentes de datos de los sistemas externos que producen datos relevantes para un sistema StandardME, en particular, los correspondientes al currículo y a los estándares académicos y las competencias.

El propósito de esto es el de satisfacer el atributo de **interoperabilidad**.

### Impacto arquitectónico \*

#### a) Generalidades

Afecta datos y aplicación.

#### b) Consideraciones para la arquitectura de datos

- Se establece la intención de satisfacer el atributo de **interoperabilidad**, al identificarse los sistemas que producen datos para un sistema StandardME.
- Los responsables de los datos con el que un sistema StandardME tiene que interoperar son:
  - Un LMS es el responsable de producir **datos del currículo** en general.
  - Un LCMS es el responsable de producir **recursos de aprendizaje**<sup>49</sup>.
  - Un AAS es el responsable de producir **datos de evaluaciones**.
  - Un sistema externo de un *publicador ASC*<sup>50</sup> produce **datos de estándares académicos y competencias**.
- Debido a que no todos los sistemas anteriores podrían ofrecer interoperabilidad en el nivel de servicios (interfaces estándar de comunicación), debe considerarse un preprocesamiento de datos manual o semiautomatizado (con herramientas comunes de importación y exportación de y hacia distintos formatos) que un sistema StandardME pueda entender. En este caso, un documento Excel, con un formato predefinido por los implementadores de cada institución es recomendado (*Figura 35*).

---

<sup>49</sup> Del inglés *learning resources*.

<sup>50</sup> Del inglés *ASC Publisher*.

Excel file (external)		
Academic Standard and Competencies (ASC.CCK12)		
Col 1	Col 2	Col 3
Subject 1	Sub-subject 1.1	Standard 1.1.1
Subject 1	Sub-subject 1.2	Standard 1.1.2
Subject 1	Sub-subject 1.3	Standard 1.1.3
Subject 2	Sub-subject 2.1	Standard 2.1.1
Subject 2	Sub-subject 2.2	Standard 2.1.2
Subject 2	Sub-subject 2.3	Standard 2.1.3

Figura 35: Documento Excel como entrada de datos estándar predefinido para un sistema StandardME. Elaboración propia.

- Los siguientes sistemas, aunque parte del ecosistema al que pertenece un sistema StandardME, no requieren interoperabilidad con el:
  - SIS (Student Information System).
- Un sistema StandardME, entonces, es responsable de producir los siguientes datos:
  - Los **datos del plan de lección**<sup>51</sup>. Este plan de lección debe relacionarse con los datos del currículo (LMS), estándares académicos y competencias (ASC), recursos de aprendizaje (LCMS) y evaluaciones (AAS).
  - En cuanto a las **asignaciones**, se recomiendan dos opciones:
    - 1) Que el sistema StandardME produzca las asignaciones como una descripción textual, una referencia o relación a una nueva entidad dentro del modelo de datos (por ejemplo, un registro o tabla en una base de datos), o bien, una nueva entidad de datos (por ejemplo, un documento en formato estándar, como JSON, o un *objeto de aprendizaje*<sup>52</sup>). Se prefiere este último buscando compatibilidad con estándares abiertos del ámbito educativo.
    - 2) Que el LCMS produzca la asignación y entonces se considere esta como si fuese un *recurso de aprendizaje*. El LCMS puede producir algo tan simple como una descripción textual o una lista.

### c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

- Al identificarse los sistemas internos y externos que producen datos para el sistema, se reduce la responsabilidad funcional en cuanto a la producción de datos por parte del sistema, pero aumenta la necesidad de **interoperabilidad**. Por esta razón, el diseño arquitectónico debe considerar los datos provistos por otros sistemas adecuadamente de modo que se preserven los atributos de **rendimiento y disponibilidad**.

<sup>51</sup> Del inglés *lesson plan*.

<sup>52</sup> Del inglés *learning object*.

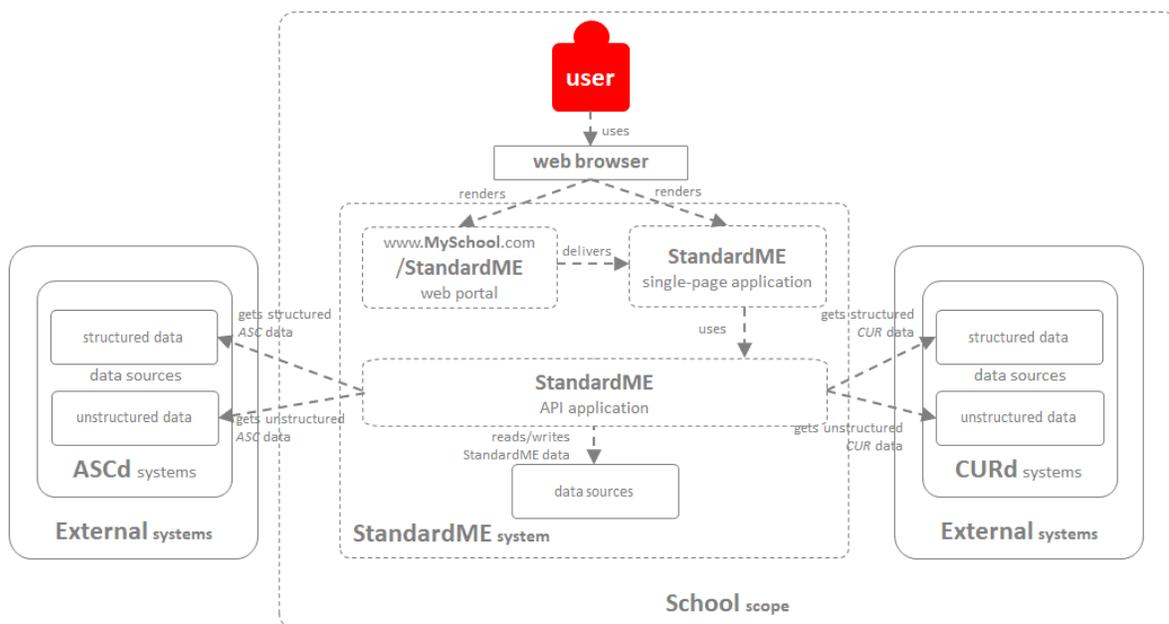
- El atributo de **seguridad** se satisface al establecerse la relación del sistema StandardME con el sistema de autenticación y autorización de la institución, que requiere un solo método de autenticación, que también es un atributo deseado de **usabilidad**.

**d) ASRs relacionados**

- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)

## [Vista 8] Diagrama estructural del sistema – Descomposición 1 (general)

<b>Propósito:</b>	Mostrar la estructura interna del sistema.
<b>Dominio:</b>	Sistema StandardME
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 7]
<b>ADL/Modelo:</b>	C4Model®



### Descripción

Un sistema se puede descomponer utilizando distintos patrones arquitectónicos, como el de *aplicación web en capas* (Figura 36) o el patrón *Modelo-Vista-Controlador* (Figura 37). Todo dependerá de la tecnología y las características de la aplicación que cada institución establezca para su desarrollo.

La Figura 38 muestra precisamente cómo un sistema StandardME puede ser diseñado siguiendo un patrón de aplicación web en capas y su diseño correspondiente mediante un patrón MVC.

En el caso particular de esta vista, se decidió mostrar la descomposición inicial del sistema, mediante el uso de un patrón de *aplicación de página única*<sup>53</sup>, el cual es una forma de MVC.

<sup>53</sup> Del inglés *single-page aplicación (SPA)*.

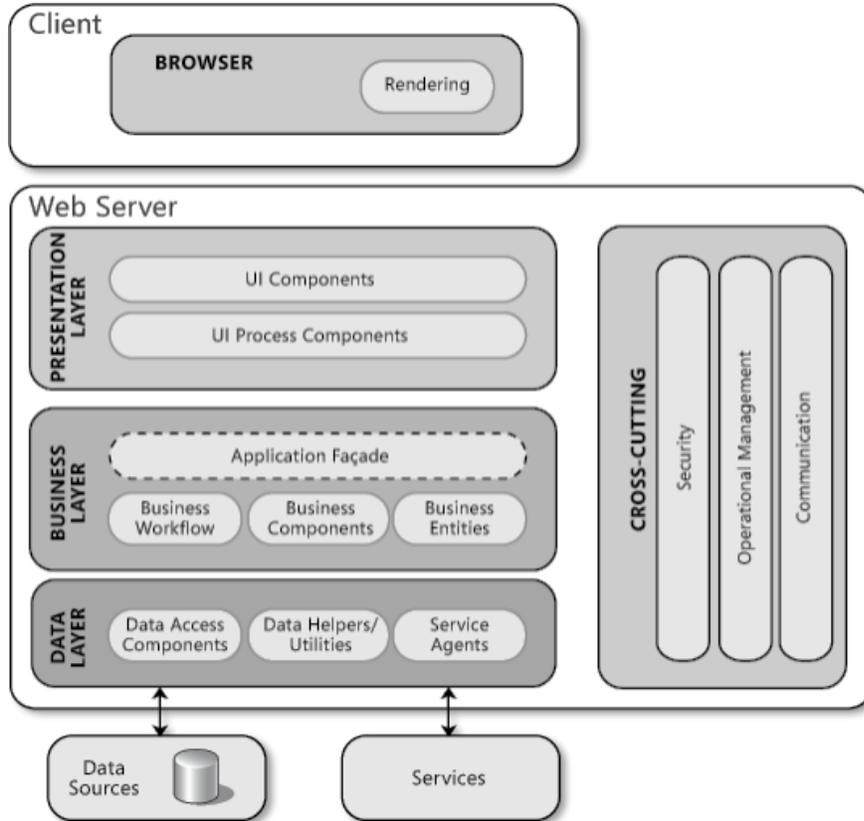


Figura 36: Patrón arquitectónico de aplicación web en capas. Microsoft [34].

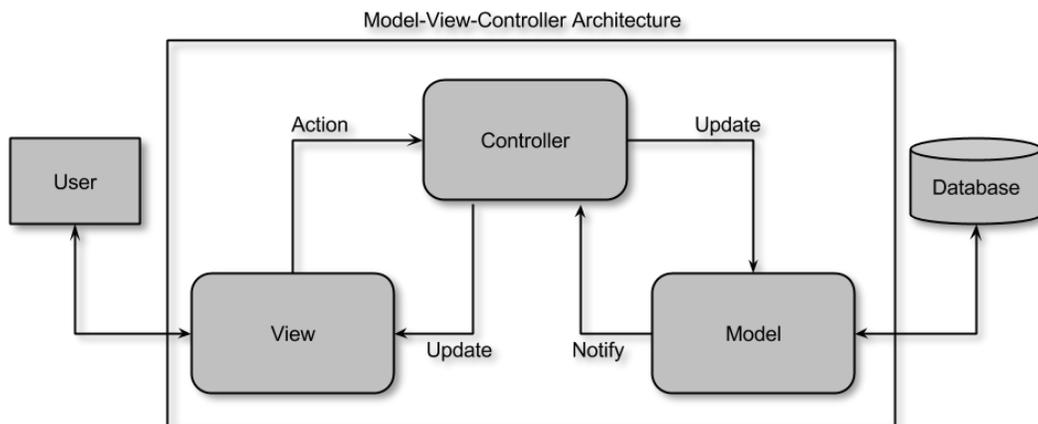


Figura 37: Patrón arquitectónico MVC. UI5 Patterns [30].

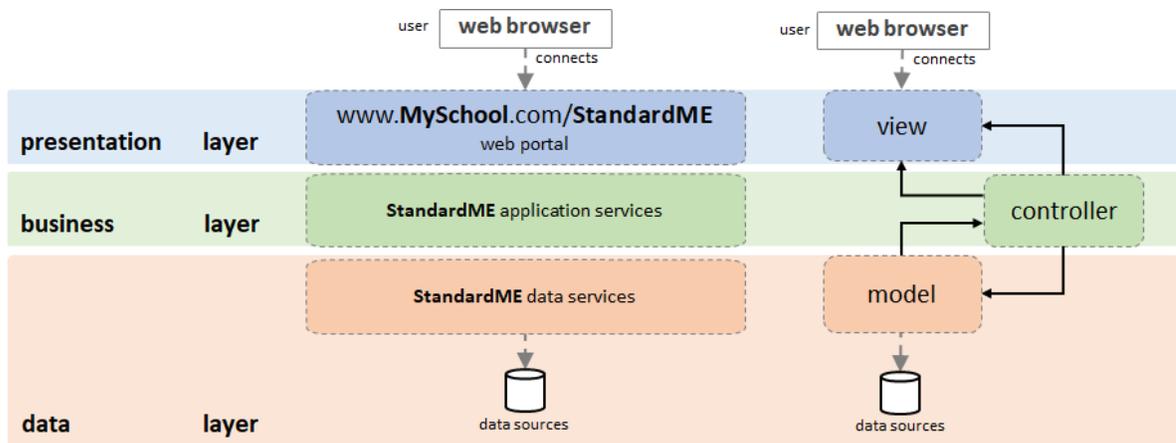


Figura 38: Ejemplo de diseño de un sistema StandardME como aplicación web en capas.  
Elaboración propia.

Intencionalmente se han reencapsulado los sistemas internos y externos expuestos en la vista anterior, con el propósito de brindar claridad y facilitar el enfoque en los componentes propios que conciernen al sistema StandardME. Asimismo, se muestra un usuario genérico para identificar el uso del sistema StandardME por medio de un navegador web.

Intencionalmente no se muestra el elemento de **[seguridad]**, el cual apareció en la vista anterior como **[A&A system]**, al ser este uno en común para todos los sistemas de información de la institución, incluyendo un sistema StandardME.

En términos generales, cualquier patrón arquitectónico comprende al menos tres 'capas', entendiéndose que su implementación varía de uno a otro.

A continuación, se describen las responsabilidades de cada capa, entendiéndose que estas podrían reasignarse a otras capas según el tipo de patrón de diseño arquitectónico que se decida utilizar:

- **Capa de presentación:** que incluye los componentes de interfaz de usuario y lógica de presentación.
- **Capa de negocio:** donde se ejecuta la lógica de negocios. La aplicación (de) *fachada* es opcional y, dado que es un patrón estructura de diseño (no arquitectónico) se puede determinar si se utiliza durante el diseño detallado para su implementación. En breve, una fachada (del inglés *façade*) proporciona una interfaz unificada para el uso de un conjunto de interfaces de un sistema, facilitando la interacción entre los subsistemas, así como la usabilidad (por la consistencia que se logra), la reutilizabilidad y la mantenibilidad.
- **Capa de datos:** esta incluye servicios de acceso a las fuentes de datos (base de datos, archivos planos, etc.).

- Preocupaciones transversales<sup>54</sup>: esto tiene que ver con aquellos aspectos comunes entre las capas que pueden afectarse el uno al otro, por lo que deben ser tratados mediante ciertos mecanismos que permitan mitigar este tipo de problemas.

Las preocupaciones transversales afectan a toda la aplicación (sin importar la capa), por lo que una estrategia de diseño para lograrlo consistiría en la centralización de su tratamiento en un solo lugar dentro del código.

Por ejemplo, si durante el diseño detallado se determina que un sistema StandardME debe crear una *entrada en un archivo de registro*<sup>55</sup> con el propósito de proporcionar controles de auditoría, o bien, para aumentar su *capacidad de prueba*<sup>56</sup>, en lugar de escribir el código que genera este registro en diferentes partes del sistema, puede diseñarse una función única que es invocada cada vez que se necesite.

Dentro de las preocupaciones transversales que típicamente se soportan están: operaciones de seguridad, como autenticación y autorización; comunicación, administración de mensajes y excepciones; control y verificación; etc.

## Elementos y responsabilidades

Se utiliza el patrón de aplicación SPA para describir a continuación los elementos de un sistema StandardME y sus respectivas responsabilidades.

### Navegador web [web browser]

Consiste en un navegador web que sirve de interfaz de usuario y despliega información y comandos<sup>57</sup> interpretados del usuario en acciones sobre los componentes de la capa de la lógica de negocios.

De esta forma, el usuario interactúa con la capa de presentación (*web portal*) utilizando un web browser (cliente) compatible como Mozilla Firefox, Microsoft Edge o Google Chrome.

Es una aplicación común a muchos sistemas web, por lo que no es parte de la solución de un sistema StandardME y, por lo tanto, no es de importancia arquitectónica.

### [[www.MySchool.com/StandardME](http://www.MySchool.com/StandardME)]

Este es el portal web que conecta a los usuarios con el sistema StandardME (y otros de la organización) y realiza funciones de la lógica de presentación.

No es de importancia arquitectónica especificar con detalle este portal, pues para las instituciones educativas, así como para la mayoría de las organizaciones, este es un

---

<sup>54</sup> Del inglés *cross-cutting concerns*.

<sup>55</sup> Del inglés *registry data-entry*.

<sup>56</sup> Del inglés *testability*.

<sup>57</sup> Comando, en el sentido de *mandato* u *orden*.

elemento común que forma parte de otros sistemas y aplicaciones del negocio y, por lo tanto, no forma parte de la solución de un sistema StandardME.

#### **[StandardME single-page application]**

Interactúa con **[StandardME API application]** para proveer al usuario toda la funcionalidad del sistema por medio de su navegador web **[web browser]**. Esto es parte de los requerimientos y corresponde al atributo de **usabilidad**.

#### **[StandardME API application]**

Se encarga de la lógica de negocios y datos. Es responsable de ejecutar todas las funciones del sistema diseñadas con base en los requerimientos funcionales.

Aunque no se revela en esta vista, este elemento está conformado por un conjunto de servicios que completan la funcionalidad del sistema, entre ellos el de interoperabilidad con otros sistemas y los servicios para el alineamiento curricular.

Los servicios para el *alineamiento curricular* incluyen la funcionalidad para el manejo de planes de lección y las operaciones relacionadas con el alineamiento con los estándares académicos y las competencias.

Dentro de los servicios de la lógica de datos, constan todos aquellos que proporcionan comunicación y transporte con las fuentes de datos y que se requieren para la persistencia de estos en el sistema, incluyendo comunicación con fuentes de datos dentro y fuera de la organización.

Esto es lo que permite proporcionar la **interoperabilidad** necesaria del sistema StandardME con los sistemas internos y externos de la institución donde existan dependencias, en este caso, los sistemas LMS, LCMS, AAS y otros (**[Vista 6]**), así como los sistemas externos que producen datos del currículo y ASCs.

#### **Fuentes de datos [data sources]**

Así como los sistemas externos requieren de fuentes de datos (expuestos en la vista anterior), un sistema StandardME requiere una fuente de datos (base de datos o archivos) para la persistencia de la información que procesa.

Estos datos podrían almacenarse en formato estructurado o no estructurado y es responsabilidad de la institución que desarrolla el SI definir el formato de su conveniencia.

### **Impacto arquitectónico \***

#### **1. Generalidades**

Afecta datos y aplicación.

Sin entrar en detalles, en esta vista se visualizan las fuentes de datos del sistema StandardME en conjunto con las fuentes de datos de los sistemas internos y externos que se expusieron en la vista anterior.

El propósito de esto es el de satisfacer el atributo de **interoperabilidad**.

## 2. Consideraciones para la arquitectura de datos

Algunas recomendaciones importantes a tener en cuenta para el diseño del modelo de datos y las operaciones en la capa de datos son [34]:

Afectan el atributo de **interoperabilidad**:

- Es conveniente separar la capa de datos de las demás, puesto que esto hace que la aplicación sea más fácil de configurar y mantener; esto también permite ocultar detalles de las fuentes de datos de otras capas del sistema.
- Debe considerarse el diseño de entidades que esta capa puede utilizar para cargar datos y actualizar las fuentes de datos. Asimismo, es importante diseñar objetos para el transporte de datos (DTO) para cuando sea necesario interactuar con otras capas y pasarse datos entre sí.

Afectan el atributo de **rendimiento**:

- Debe considerarse diseñar operaciones de *procesamiento por lotes*<sup>58</sup> para reducir los viajes de ida y vuelta a la fuente de datos.
- Debe procurarse diseñar la capa de datos de modo que aproveche la *agrupación de conexiones*<sup>59</sup> y así reducir el número de conexiones abiertas.

Afectan los atributos de **interoperabilidad y usabilidad**:

- Debe considerar que la capa de datos necesitará acceder a un conjunto de servicios externos utilizando agentes de servicio.

Afectan el atributo de **disponibilidad**:

- Debe diseñarse una estrategia de manejo de excepciones para manejar errores de acceso a los datos y propagar las excepciones a la capa de la lógica de negocios.

## 3. Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

- Afectan el atributo de **interoperabilidad y usabilidad**.
- Se decidió utilizar en las vistas un patrón MVC<sup>60</sup>/SPA<sup>61</sup> al contrastarse los requerimientos y atributos de calidad del sistema contra los siguientes criterios [52]:

---

<sup>58</sup> Del inglés *batch processing*.

<sup>59</sup> Del inglés *connection pooling*.

<sup>60</sup> Del inglés *MVC: Model, Controller, View*.

<sup>61</sup> Del inglés *SPA: Single-Page Application*.

Factor	Aplicación web tradicional	Aplicación de una sola página
1. Compatibilidad con Chrome, Edge/IE Explorer, Safari, Mozilla, Opera	Sí	Sí
2. Requisitos de interfaz de usuario atractiva y amigable	Limitado	Muy adecuado
3. Conocimiento del equipo requerido con JavaScript/TypeScript	Mínimo	Necesario
4. Soporte de navegadores sin scripting	Soportado	No soportado
5. Comportamiento mínimo de la aplicación del lado del cliente	Muy adecuado	Pesado

El criterio 1, aplicable a ambos patrones, satisface **interoperabilidad** entre un sistema StandardME y el navegador web que el usuario necesita para interactuar con este. *Compatibilidad* es uno de los requerimientos provistos por los interesados.

Sin embargo, fue el criterio 2 concerniente a interfaz pesó sobre los demás, debido a requerimientos de las partes interesadas de que el sistema fuese atractivo, simple y fácil de utilizar (intuitivo). Esto contribuye a satisfacer el atributo de **usabilidad**.

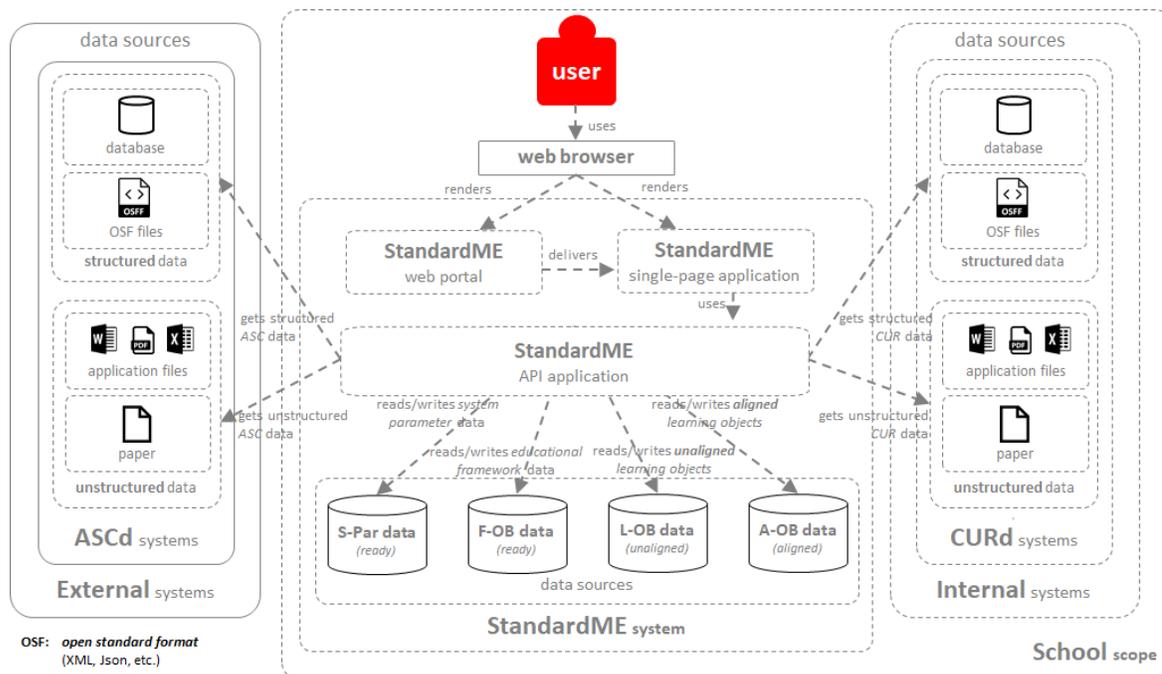
Aunque la decisión de escoger MVC/SPA contribuye a satisfacer el atributo de **usabilidad**, es importante admitir que no es este el único patrón arquitectónico posible para lograrlo. Cuando se realice el diseño detallado para desarrollar un sistema StandardME, la decisión de cuál patrón utilizar queda en manos de cada institución.

#### 4. ASRs relacionados

- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)
- ASR.QAT.002 (Modificabilidad)
- ASR.QAT.003 (Usabilidad)
- ASR.QAT.004 (Rendimiento)
- ASR.QAT.005 (Disponibilidad)

## [Vista 9] Diagrama estructural del sistema – Descomposición 2 (datos)

<b>Propósito:</b>	Mostrar la estructura interna del sistema concerniente al modelo de datos.
<b>Dominio:</b>	Sistema StandardME
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 8]
<b>ADL/Modelo:</b>	C4Model®



### Descripción

Esta vista es una segunda descomposición del sistema. Se muestran las estructuras de datos del sistema StandardME.

Para comprender mejor esta vista refiérase a los diagramas de secuencia incluidos dentro del apéndice B.3. *Casos de uso principales*.

### Elementos y sus responsabilidades

Esta vista se enfoca en la arquitectura de datos, donde un sistema StandardME estaría constituido por tres repositorios principales en formato estructurado, mientras que los sistemas externos podrían estar almacenados en forma estructurada y no estructurada.

### Fuentes de datos [data sources]

En la vista anterior se identificaron las fuentes de datos de un sistema StandardME, así como las fuentes de datos de los sistemas externos con los que este se integra. También se mencionó que estos datos pueden estar almacenados en formato estructurado o no estructurado, los cuales se han identificado como tales en esta vista.

La vista muestra las fuentes de datos externas categorizadas en dos grupos:

- **datos no estructurados [unstructured data]**  
Datos almacenados en archivos generados por aplicaciones de escritorio ([**application files**]) como Word, Excel, Acrobat (PDF), archivos de texto y en medios no electrónicos ([**papel**]).
- **datos estructurados [structured data]**  
Datos almacenados en bases de datos relacionales, NoSQL o cualquier otro tipo de base de datos compatible con un sistema StandardME ([**database**]), incluyendo aquellos en archivos en formato estándar ([**OSF files**]).  
Las fuentes de datos pueden tener una estructura de base de datos relacional, NoSQL o cualquiera que se defina en forma apropiada para implementar un sistema StandardME.  
Al ser este un diseño arquitectónico (de alto nivel), no interesa aquí indicar el detalle de las especificaciones de implementación. Esto es responsabilidad de los que diseñan (en bajo nivel), construyen e implementan el sistema.

De la misma manera, la vista muestra las fuentes de datos internas categorizadas en cuatro grupos:

- **[S-Par data]**  
Estructura de datos para almacenar los parámetros del sistema y la definición de la estructura de datos (metadatos) correspondientes a cada entidad de datos que el sistema maneja y que persiste en [L-Ob data], [F-Ob data] y [A-Ob data].  
Un objeto de datos almacenado en esta estructura de datos se conoce como **S-Par** y su implementación se puede hacer utilizando bases de datos relacionales, NoSQL o archivos de formato estándar como JSON o XML.
- **[L-Ob data]**  
Estructura de datos para almacenar planes de lección o cualquier objeto de aprendizaje, como recursos, asignaciones y evaluaciones.  
Un objeto de datos almacenado en esta estructura de datos se conoce como **L-Ob** y su implementación se puede hacer utilizando bases de datos relacionales, NoSQL o archivos de formato estándar como JSON o XML.
- **[F-Ob data]**  
Estructura de datos para almacenar estándares académicos y competencias, o cualquier otro objeto que represente un marco de referencia educacional como currículos, reglas, políticas, etc.  
Un objeto de datos almacenado en esta estructura de datos se conoce como **F-Ob** y su implementación se puede hacer utilizando bases de datos relacionales, NoSQL o archivos de formato estándar como JSON o XML.

- **[A-Ob data]**

Estructura de datos para almacenar el alineamiento de planes de lección (L-Ob) a un conjunto de estándares académicos y competencias (F-Ob). Esta funcionalidad se extiende al poderse usar esta estructura para almacenar el alineamiento de cualquier objeto de aprendizaje (L-Ob) a otro que represente un marco de referencia educacional (F-Ob).

Un objeto de datos almacenado en esta estructura de datos se conoce como **A-Ob** y su implementación se puede hacer utilizando bases de datos relacionales, NoSQL o archivos de formato estándar como JSON o XML.

## **Impacto arquitectónico \***

### **a) Generalidades**

Afecta datos.

El propósito de incluir las fuentes de datos en esta vista es el de demostrar cómo un sistema StandardME requiere una organización y modelo de datos para mantener la persistencia de la información que procesa, desde los datos concernientes a los parámetros del sistema hasta los datos requeridos para el manejo del plan de lección (y otros artefactos de aprendizaje), los estándares académicos y las competencias (o cualquier otro marco de trabajo educacional) y la información de alineamiento.

### **b) Consideraciones para la arquitectura de datos**

Como se mencionó anteriormente, la implementación de las fuentes de datos puede hacerse utilizando bases de datos relacionales, NoSQL o archivos en formato estándar como JSON o XML. Esto depende de los objetivos, necesidades y requerimientos de cada institución en particular.

Además de las recomendaciones a tener en cuenta para el diseño del modelo de datos y las operaciones en la capa de datos ofrecidas en la vista anterior, las siguientes son recomendaciones basadas en la aplicación de estándares abiertos que se han definido para familias de sistemas de información dentro del dominio educacional y que contribuyen a la **interoperabilidad, modificabilidad y usabilidad** de estos sistemas.

Considere las siguientes recomendaciones:

- **Diseñe la estructura de cada fuente de datos de manera flexible, pensando en modificabilidad.**

Aunque las fuentes de datos permiten la persistencia de información en forma separada para planes de lección [L-Ob data], estándares académicos y competencias [F-Ob data] y datos de alineamiento [A-Ob data]; estas estructuras pueden utilizarse para la persistencia de otros datos similares que una institución particular requiera manejar.

Por ejemplo, un sistema StandardME puede implementarse no solo para la administración de planes de lección y el alineamiento con un conjunto de estándares académicos, sino que también puede implementarse para la administración de asignaciones y el alineamiento de estas a un currículo particular. En este caso, una asignación, al igual que un plan de lección, se considera un objeto de aprendizaje. Otros objetos de aprendizaje incluirían evaluaciones y recursos de aprendizaje (Figura 39).

Esto no quiere decir que todos los objetos de aprendizaje se almacenan en la misma estructura de datos, sino que el concepto por seguir para el diseño de cada una de ellas es el mismo.

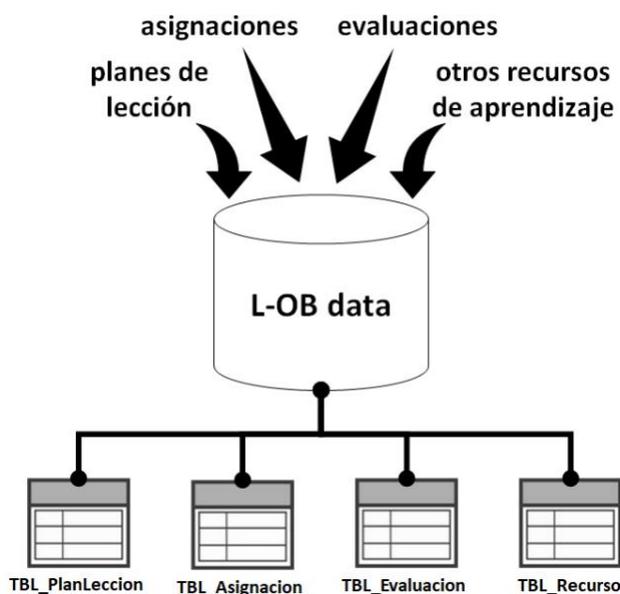


Figura 39: [L-OB data] implementado como una base de datos que permite múltiples objetos de aprendizaje. Elaboración propia.

Este mismo concepto aplicaría para [F-Ob], que es la responsable de la persistencia de datos de estándares académicos y competencias, la cual se puede utilizar para otros artefactos similares, denominados dentro del contexto de este proyecto como *marcos de trabajo educacionales* (Figura 40).

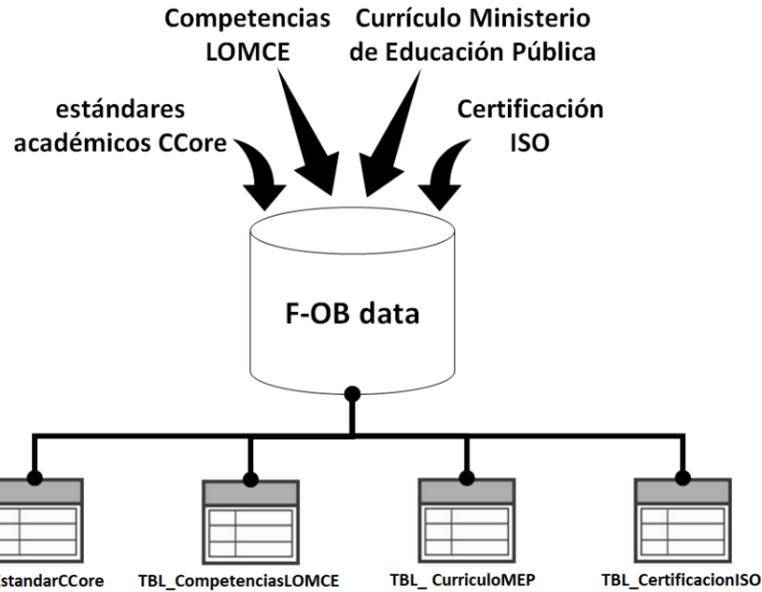


Figura 40: [F-OB data] implementado como una base de datos que permite múltiples objetos de aprendizaje. Elaboración propia.

- Considere el uso de un tipo de base de datos NoSQL (documentos) o de grafos sobre un modelo relacional, aunque los tres tipos pueden coexistir convenientemente.

Un plan de lección, un conjunto de estándares académicos o cualquier otro objeto dentro de un sistema StandardME es un **documento**. Estos documentos varían en tamaño y estructura, pero el concepto es el mismo.

Por ejemplo, tanto un plan de lección como un conjunto de estándares académicos y competencias comparten una estructura anidada similar, como se muestra en la Figura 41:

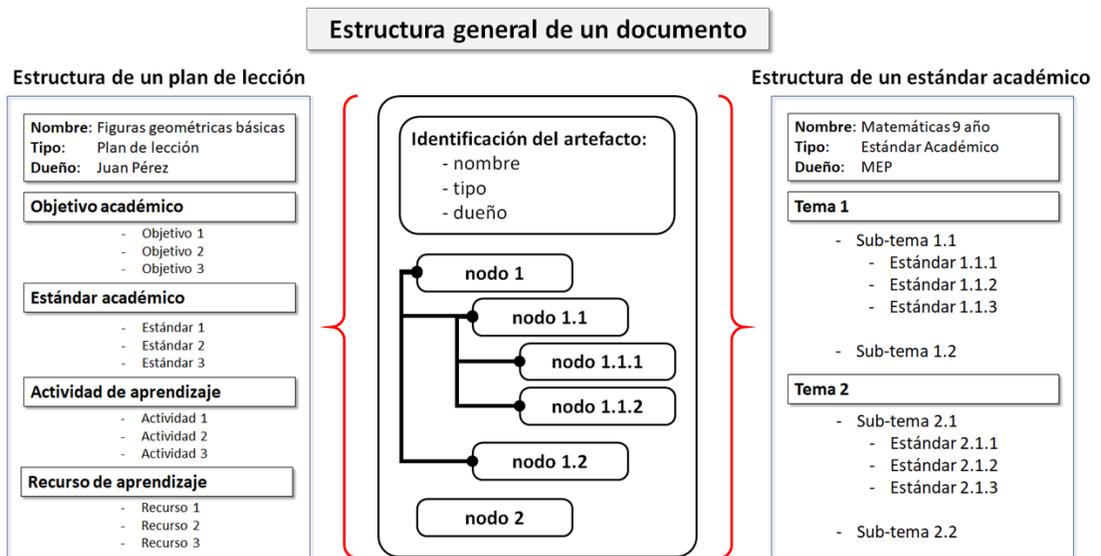


Figura 41: El plan de lección implementado como un documento de elementos anidados.

*Elaboración propia.*

Es evidente que esta estructura de documento también puede ser vista como un **grafo** e implementarse utilizando alguna base de datos de este tipo. Se reitera que la implementación de las fuentes de datos es responsabilidad del equipo de análisis y diseño (detallado) de la institución que implemente el sistema de información basado en la arquitectura StandardME.

**c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones**

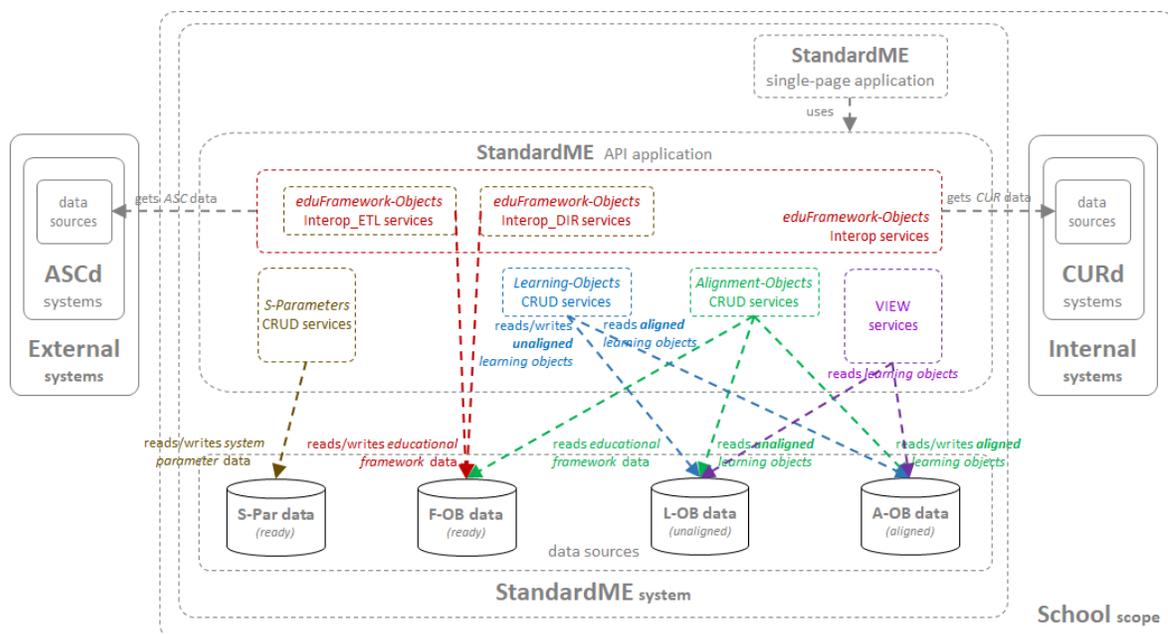
- No hay nuevas consideraciones por ser una vista enfocada en datos.
- Refiérase a las consideraciones introducidas en la vista anterior.

**d) ASRs relacionados**

- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)
- ASR.QAT.002 (Modificabilidad)
- ASR.QAT.003 (Usabilidad)

## [Vista 10] Diagrama estructural del sistema – Descomposición 3 (aplicación)

<b>Propósito:</b>	Mostrar la estructura interna del sistema concerniente a sus módulos, enfocándose en la estructura interna del componente <b>[StandardME API application]</b> descrito inicialmente en [Vista 8].
<b>Dominio:</b>	StandardME API application
<b>Vista anterior:</b>	[Vista 8], [Vista 9]
<b>ADL/Modelo:</b>	C4Model®



### 1. Descripción

Esta vista es una descomposición del elemento **[StandardME API application]**. Se muestran los módulos de esta aplicación categorizados en los siguientes servicios:

- [eduFramework-Objects Interop services]
  - [eduFramework-Objects Interop\_DIR services]
  - [eduFramework-Objects Interop\_ETL services]
- [S-Parameters CRUD services]
- [Learning-Objects CRUD services]
- [Alignment-Objects CRUD services]

Para comprender mejor esta vista refiérase a los diagramas de secuencia incluidos dentro del apéndice B.3. *Casos de uso principales*.

*Nota: deliberadamente se han reencapsulado los sistemas internos y externos que de la vista anterior para enfocar esta nueva vista en los módulos de aplicación [StandardME API application].*

## 2. Elementos y sus responsabilidades

Cuatro módulos con servicios de *bajo acoplamiento*, flexibles y abiertos proporcionan la funcionalidad principal de un sistema StandardME:

### **[eduFramework-Objects Interop services]**

Este módulo contiene dos tipos de submódulos que ofrecen servicios de interoperabilidad mediante comunicación vía interfaces estándares e interoperabilidad de datos<sup>62</sup> (migración de datos).

El primero, **[eduFramework- Objects Iterop\_ETL services]**, es responsable de la interoperabilidad de datos con sistemas internos y externos donde no existen o no se conocen interfaces estándares disponibles para la comunicación (APIs, Hibernate, JDBC, ODBC/SQL, llamado a procesos, etc.). Básicamente provee servicios ETL para realizar la migración de datos que un sistema StandardME requiere concerniente al currículo y los estándares académicos y las competencias.

En el escenario de que interoperabilidad mediante interfaces estándares es posible, el segundo submódulo, **[eduFramework- Objects Iterop\_DIR services]**, es responsable de proveer los servicios que permiten la comunicación con los sistemas internos y externos para obtener la información requerida.

### **[eduFramework-Objects Iterop\_ETL services]**

Este módulo se encarga de las funciones de extracción, transformación y carga (ETL por sus siglas en inglés) que permiten la obtención de datos de un *marco de trabajo educacional*<sup>63</sup> producidos por sistemas externos, en este caso el conjunto de estándares académicos y competencias; así como los producidos por sistemas internos, en este caso, el currículo y los pone a disposición del sistema para su uso posterior principalmente para permitir la funcionalidad de planificación de lección y alineamiento.

Este módulo ofrece principalmente las operaciones de tipo ETL sobre la fuente de datos [F-Ob data] que se introdujo en la vista anterior.

Este diseño no está limitado únicamente a estándares académicos y currículo, si no que se adapta a cualquier marco de trabajo educacional al cual una institución de educación secundaria necesita alinear sus artefactos de aprendizaje, incluyendo el plan de lección.

En el contexto de este proyecto, se hace énfasis en interoperabilidad de datos pues es el escenario más común, pero requiere mayor atención pues es

---

<sup>62</sup> Del inglés *data interoperability*.

<sup>63</sup> Del inglés *educational framework*.

funcionalidad no provista que un sistema StandardME se hace responsable de proveer.

### **[eduFramework-Objects Iterop\_DIR services]**

Cuando hay interfaces de interoperabilidad conocidas, los servicios que provee este submódulo permiten la comunicación directa con los sistemas internos y externos. Esta es la única diferencia entre este y el submódulo anterior. De igual forma, los datos mínimos requeridos para que el sistema provea la funcionalidad de planificación de lección y alineamiento curricular deben ser transformados al formato que un sistema StandardME reconoce y almacenados en la fuente de datos [F-Ob data].

En el contexto de este proyecto, no se hace énfasis en interoperabilidad vía interfaces pues es el escenario menos común y no requiere tanta responsabilidad por parte de un sistema StandardME ya que esta es de algún modo compartida con los sistemas internos y externos que correspondan.

### **[S-Parameters CRUD services]**

Este módulo se encarga de la administración de los distintos parámetros del sistema que condicionan, limitan o extienden ciertas funcionalidades del sistema (*tiempo de enlace diferido*<sup>64</sup>). Este módulo ofrece principalmente las operaciones básicas CRUD sobre la fuente de datos [S-Par data] que se introdujo en la vista anterior.

Existen dos tipos de parámetros que afectan un sistema StandardME:

#### 1) Parámetros que afectan la funcionalidad principal

Estos parámetros tienen que ver con el comportamiento del sistema.

Cuando un usuario (educador) realiza ciertas funciones, estas podrían estar sujetas a un conjunto de parámetros que se han configurado previamente en el sistema.

Por ejemplo, puede utilizarse un parámetro para condicionar a los usuarios a que un plan de lección *deba* alinearse a un conjunto de estándares académicos y competencias.

También podrían utilizarse uno o más parámetros para establecer el formato (o la referencia al formato) de los marcos de trabajo educacionales con que el sistema trabaja.

---

<sup>64</sup> Del inglés *deferring binding time*.

Es durante el diseño (detallado) de una eventual implementación de un sistema StandardME cuando se determinarán los parámetros que el sistema manejará y cómo estos afectan la funcionalidad del sistema.

## 2) Parámetros que afectan la transformación de datos

Estos parámetros tienen que ver con la transformación de datos que son cargados en el sistema durante la migración de datos.

Cuando un usuario (configurador) realiza funciones de extracción, transformación y carga, el sistema debe conocer cuál es el formato requerido para realizar la transformación y de este modo almacenar los datos como corresponda.

Estos parámetros pueden verse como plantillas (metadatos) que le indican al sistema durante el proceso de transformación cómo se espera que los datos resultantes sean almacenados. Esta especificación es una tarea que debe hacerse durante las actividades de diseño detallado y especificación del sistema. No es una actividad de relevancia arquitectónica, pero que el diseño de la arquitectura StandardME permite.

Así, un usuario (configurador) debe conocer el formato origen y destino de los datos.

Por ejemplo, un parámetro o plantilla de este tipo puede indicar al sistema que, la transformación resultante y la carga de datos subsecuente, corresponde a una estructura anidada de tres niveles en lugar de cuatro.

La *Figura 42* ilustra este ejemplo, bajo el supuesto de que los datos de entrada representan un conjunto de estándares académicos y competencias almacenados en un archivo Excel que deben ser transformados a una base de datos NoSQL (por ejemplo, en MongoDB como documento en formato JSON) como una estructura anidada de 3 niveles.



Figura 42: Transformación de Excel a MongoDB como un documento JSON con anidación de tres niveles.  
Elaboración propia.

*Nota: se omiten deliberadamente asociaciones (flechas) entre la fuente de datos del módulo de parámetros [S-Par data] y los demás módulos de servicio pues todos estos la utilizan.*

### [Learning-Objects CRUD services]

Este módulo se encarga de la administración de artefactos de aprendizaje, en este caso, los planes de lecciones, incluyendo las operaciones básicas CRUD sobre la fuente de datos [L-Ob data] que se introdujo en la vista anterior.

Cuando un usuario desea trabajar, por ejemplo, en un plan de lección, los servicios de este módulo son invocados para ofrecer la funcionalidad de crear uno nuevo, o bien, recuperar, modificar o borrar uno en existencia.

Por los requerimientos de las partes interesadas respecto de la flexibilidad del sistema para crear planes de lección (o cualquier artefacto de aprendizaje) sin tener que *alinearlos* con un conjunto de estándares académicos y competencias (o a cualquier marco de trabajo educacional), la responsabilidad de este módulo se limita a la administración del plan de lección sin preocuparse por ninguna función de alineamiento.

Este diseño no está limitado a planes de lección y se puede adaptar a otros artefactos de aprendizaje como recursos, asignaciones y evaluaciones.

### **[Alignment-Objects CRUD services]**

Este módulo se encarga de la administración de las funciones de alineamiento, en este caso, el alineamiento de planes de lecciones a un conjunto de estándares académicos y de competencias. Este módulo ofrece principalmente las operaciones básicas CRUD sobre la fuente de datos [A-Ob data] que se introdujo en la vista anterior.

Cuando un usuario desea trabajar en un plan de lección el cual requiere o desea alinear, los servicios de este módulo son invocados para ofrecer la funcionalidad de crear uno nuevo, o bien, recuperar, modificar o borrar uno en existencia.

Este diseño no está limitado únicamente al alineamiento de planes de lección y se puede adaptar a otros artefactos como recursos de aprendizaje, asignaciones y evaluaciones.

### **[VIEW services]**

Este módulo se encarga de las funciones de reporte y consulta del estado actual de alineamiento, así como de las funciones de despliegue de los datos del plan de lección que son de interés para el estudiante. No hay operaciones de escritura en ninguna de las fuentes de datos del sistema. Todas las operaciones son exclusivamente de consulta (*solo-lectura*<sup>65</sup>).

## **Impacto arquitectónico \***

### **a) Generalidades**

Afecta aplicación.

El principal enfoque de esta esta vista es la descomposición de la aplicación [StandardME API application], que está comprendida por todos los servicios que permiten implementar la funcionalidad principal de un sistema StandardME.

---

<sup>65</sup> Del inglés *read-only*.

## b) Consideraciones para la arquitectura de datos

- No hay nuevas consideraciones por ser una vista enfocada en la aplicación.
- Refiérase a las consideraciones introducidas en la vista anterior.

## c) Consideraciones para la arquitectura de aplicaciones

Ya mencionado anteriormente, un sistema StandardME depende de la implementación de dos tipos de operaciones principales:

- ETL (transformación, extracción y carga), y
- CRUD (crear, recuperar/leer, actualizar y borrar)

### Operaciones ETL

Estas son necesarias para integrar datos producidos en sistemas internos y externos (**interoperabilidad**). En general, los datos provenientes de los sistemas internos corresponden al currículo y los datos provenientes de los sistemas externos corresponden a los estándares académicos y las competencias (o cualquier otro marco de trabajo educacional).

En consenso con las partes interesadas, se decidió que un sistema StandardME procesará automáticamente los siguientes formatos de archivos de entrada: JSON, XML y Excel. Es difícil conocer cuántos formatos distintos de archivos generados por los sistemas internos y externos hay, pero aun sabiéndolo, el costo de automatizar la extracción para cada uno de ellos supera grandemente el beneficio.

Por esta razón, antes de que un sistema StandardME intervenga, se requiere un preprocesamiento de los datos que se van a integrar al sistema, independientemente de si estos datos provienen de un sistema interno o externo. Aunque algunos sistemas podrían proveer funciones de generación de datos que produzcan los formatos anteriores, se espera que el preprocesamiento sea de alguna forma manual o semiautomatizado con la ayuda de alguna herramienta externa.

Una vez adquiridos los archivos en un formato de entrada aceptable, la automatización mediante un sistema StandardME comienza. Básicamente, una operación provista por [eduFramework-Objects ETL services], recibe un archivo en formato JSON, XML o Excel como entrada, lo transforma a un formato compatible con la implementación de la fuente de datos establecida por la institución, y los almacena en la fuente de datos [F-Ob data].

Por ejemplo, si la institución determinó que su implementación de fuente de datos consiste de una base de datos NoSQL conteniendo documentos en formato JSON, una operación provista por [eduFramework-Objects ETL services] tomará el archivo de entrada, lo transformará al formato esperado JSON y lo almacenará en la fuente de datos [F-Ob data] como un documento (*JSON-like document/BSON*). A partir de aquí,

una vez que el usuario requiera realizar funciones de planificación de su lección y/o alineamiento, un sistema StandardME responderá mediante la invocación a los servicios provistos por [Learning-Objects CRUD services] y [Alignment-Objects CRUD services].

Todos los servicios ETL pueden hacer uso de la fuente de datos [S-Par data] para determinar los parámetros del sistema y con base en ellos, modificar su comportamiento.

### **Operaciones CRUD**

Estas son operaciones básicas necesarias para proveer la funcionalidad de planificación de lecciones y alineamiento (**usabilidad**).

Un usuario puede crear un nuevo plan de lección o recuperar (leer, acceder), modificar, borrar un plan de lección existente. Un sistema StandardME responde a estas acciones del usuario mediante las operaciones CRUD provistas por [Learning-Objects CRUD services] sobre la fuente de datos [L-Ob data].

Asimismo, un usuario puede alinear (o no) un plan de lección nuevo o existente a un conjunto de estándares académicos y competencias. Esta funcionalidad se logra mediante operaciones CRUD provistas por [Alignment-Objects CRUD services] sobre la fuente de datos [A-Ob data]. Operaciones de lectura de la fuente de datos [F-Ob data] son necesarias para establecer el alineamiento.

### **Parámetros**

Un sistema StandardME utiliza parámetros para modificar su comportamiento (**modificabilidad**). De esta manera, un usuario asignado (**configurador**) puede crear parámetros para el sistema que se utilizan para condicionar, restringir o extender sus funcionalidades. Operaciones CRUD de manejo de datos representado estos parámetros son provistas por los servicios de [S-Parameters CRUD services] los cuales afectan la fuente de datos [S-Par data].

Todos los servicios CRUD pueden hacer uso de la fuente de datos [S-Par data] para determinar los parámetros del sistema y con base en ellos, modificar su comportamiento.

#### **d) ASRs relacionados**

- ASR.QAT.001 (Interoperabilidad)
- ASR.QAT.002 (Modificabilidad)
- ASR.QAT.003 (Usabilidad)

#### 4.3.6. Modelos arquitectónicos

De acuerdo con la norma 42010:

*“Una vista arquitectónica se compone de uno o más modelos arquitectónicos. Un modelo arquitectónico utiliza convenciones de modelado apropiadas en relación con los aspectos arquitectónicos que necesitan ser abordados.*

*Estas convenciones están especificadas por el tipo de modelo que lo gobierna. Dentro de una descripción de arquitectura, un modelo arquitectónico puede ser parte de una o más vistas arquitectónicas.”*

Así, dentro de los modelos utilizados para esta descripción arquitectónica se adjuntan los siguientes con su respectiva referencia bibliográfica:

- Modelos basados en UML estándar: [19] y [20]
- BPMN: [11]
- C4Model: [5, p. 4]. Una descripción de este modelo puede verse en el apéndice B.6. ADL y modelos utilizados
- Diseño propio del autor

Patrones arquitectónicos:

- Aplicación web en capas: [34]
- MVC: [34]

#### 4.3.7. Correspondencias arquitectónicas

La regla que gobierna la correspondencia de elementos de descripción arquitectónica dentro de cada una de las vistas se estableció en el segmento 4. *Elementos y sus responsabilidades* de la sección 4.3.4-*Puntos de vista arquitectónicos*, bajo *Organización de las vistas*.

#### 4.3.8. Decisiones arquitectónicas y sus razones

Las siguientes consideraciones y las *razones*<sup>66</sup> que las justifican han influido fuertemente la toma de decisiones con respecto del diseño (documento, descripción) arquitectónico de sistemas de información, referido aquí como DASI.

---

<sup>66</sup> Del inglés *rationale*.

La mayoría de ellas se justifican por las *inquietudes*<sup>67</sup> de las partes interesadas en el sistema, haciendo énfasis en aquellas áreas donde hay mayores posibilidades de que ocurran *cambios*.

Entre los principios de *buen diseño*<sup>68</sup>, y aplicable al diseño de productos de software, es el de consideración de *volatilidad (cambio)*. Durante la etapa de diseño, mientras más alto el nivel donde se tomen las decisiones, los cambios son menores en costo, tiempo y esfuerzo.

Por esta razón, al estar el diseño arquitectónico en el nivel más alto, resulta claro entender por qué es aquí donde resulta más económico realizar los cambios requeridos.

A continuación, se divide la justificación de las decisiones arquitectónicas en las siguientes categorías:

- a) *El diseño arquitectónico*: todas aquellas que afectan la arquitectura del sistema
- b) *La documentación del diseño*: aquellas que afectan la descripción de la arquitectura del sistema
- c) *La estrategia de diseño*: las que afectan no solo la metodología de diseño, sino también los recursos utilizados durante el proceso de diseño
- d) *La infraestructura tecnológica*: las que afectan el eventual diseño de la arquitectura tecnológica basadas en este diseño arquitectónico.

a) **El diseño arquitectónico**

- **Se diseñó una arquitectura basada en la forma del negocio**

El entorno de sistemas de información en el cual esta arquitectura se puede referenciar corresponde al de *instituciones educativas de secundaria* cuya estructura de negocio, como se definió en la sección B.2. *Definición del negocio*, es la siguiente: la organización existe dentro de un contexto de *distribución geográfica, donde cada una presenta una infraestructura tecnológica diferente, pero con una estructura organizacional similar*.

---

<sup>67</sup> Del inglés *concerns*.

<sup>68</sup> Del inglés *best design*.

### Justificación

- ▶ El objetivo principal de este proyecto lo requiere: el diseño arquitectónico debe servir como referencia para instituciones educativas de educación secundaria que decidan desarrollar un sistema de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.
  - ▶ Las características, circunstancias y necesidades que las instituciones presentan, se convierten en requerimientos por considerar en el diseño arquitectónico. Estos requerimientos son de importancia arquitectónica y, por definición, impactan el diseño arquitectónico.
- **La mayoría de las decisiones de diseño se tomaron por consenso**

Las inquietudes de las partes interesadas dentro de la organización son las que al fin y al cabo contribuyen a un buen diseño arquitectónico. Para lograr esto, fue necesario utilizar consenso para sustentar el razonamiento de muchas de las decisiones arquitectónicas que se tomaron.

### Justificación

- ▶ El consenso fue necesario debido a la diversidad de instituciones educativas y partes interesadas que contribuyeron al proyecto.
  - ▶ El consenso fue bienvenido para tomar decisiones arquitectónicas sólidas y unificadas, y obtener una solución de mayor cobertura: una solución que alcance más instituciones y no una que ha sido adaptada al contexto limitado de una institución particular.
- **Se hizo diseño suficiente bajo el entendido de que no existe una arquitectura final**

Las arquitecturas no se “terminan”, como ocurre en el caso de otros productos físicos o virtuales. Estas se encuentran en constante evolución. Cuando se hace un diseño de alto nivel como el diseño arquitectónico, no pueden tomarse todas las decisiones arquitectónicas de una sola vez, ni todas al inicio del proceso de diseño.

### Justificación

- ▶ La arquitectura de un sistema es algo que cambia y evoluciona en el transcurso del tiempo cuando aparecen nuevos requerimientos y se decide incorporar en el diseño atributos de calidad adicionales. Incluso modificaciones en los objetivos del negocio y la aparición de nuevas restricciones (tiempo, dinero, recursos, etc.), pueden alterar el diseño arquitectónico actual.
- ▶ El diseño arquitectónico se desarrolló utilizando un enfoque iterativo e incremental. Nuevos requerimientos se consideraron en cada iteración.

Se estableció para este proyecto hacer tres iteraciones y presentar como arquitectura “final”, para efectos académicos, la arquitectura diseñada y evaluada al final de la última iteración.

- ▶ Durante el desarrollo de sistemas de información que utilice como referencia una versión “suficiente” o “final” de esta arquitectura, la retroalimentación recibida de los directores de proyectos, analistas, diseñadores, desarrolladores y otras partes relacionadas, impactarán la arquitectura original.
- ▶ Se siguieron los principios de desarrollo actual de productos de software bajo enfoques ágiles (Agile), donde cambios en los requerimientos, no solo son tolerados, sino también bienvenidos. De esta manera se propicia un énfasis en el desarrollo inmediato, tan pronto se tenga un diseño arquitectónico suficiente.
- ▶ Un enfoque ágil no solo aplica al desarrollo de software. Las organizaciones actuales utilizan enfoques ágiles aplicados a otros procesos que tienen que ver con transformación del negocio y mejora constante facilitada por diferentes tecnologías de información. El diseño arquitectónico de SI es parte de ellas y requiere hacerse con agilidad (flexibilidad, rapidez, apertura, etc.).

- **Los requerimientos claves y modelo de datos impactaron el diseño de la arquitectura**

Los requerimientos concernientes a las *funciones de alineamiento y el manejo de datos relacionados* a esta funcionalidad llevaron a tomar la decisión de diseñar la arquitectura enfocada en el manejo del alineamiento basado en el plan de lección, en lugar de cada componente del currículo. Refiérase a la definición de *Programa (o plan) de estudio* en la sección 2-*Marco Teórico*.

Justificación

- ▶ Esta decisión está fundamentada en el hecho de que el conjunto mínimo de componentes de un currículo lo constituyen los planes de lección. Esto mantiene la cohesión de los elementos claves que componen la planificación de la enseñanza, en este caso, los objetivos, las actividades, los recursos académicos, etc., como parte del currículo de la institución. De esta manera, al tomarse la decisión de diseño de que fuese el plan de lección el que se alinee a un conjunto de estándares académicos y competencias, esto implica que todos los componentes relacionados con este serán asimismo alineados.
- ▶ Si se hubiese decidido permitir hacer el alineamiento curricular en un nivel más atómico (como objetivos, actividades, etc.), se expone a los eventuales usuarios de un sistema especificado por una arquitectura

que permitiera esta propiedad, a que accidentalmente establezca un alineamiento inconsistente con respecto de los demás elementos del plan de lección.

Por ejemplo, alinear los objetivos académicos al estándar de Matemáticas ASC.MAT.NUMEROS.200.10 (Introducción a los números cardinales) y accidentalmente alinearse las actividades al estándar de otro nivel o materia, por ejemplo, Geografía.

- ▶ Aunque hay otros elementos fuera de un plan de lección que se pudieron utilizar como puntos de alineamiento, como es el caso de las evaluaciones, esto se sale del alcance de este sistema, debido al conjunto de funcionalidades y nivel de complejidad particulares que deben considerarse. En el caso particular de alineamiento basado en evaluaciones, se entiende que, en la mayoría de las situaciones donde se requieren evaluaciones estandarizadas (por ejemplo, los exámenes de admisión a la universidad y de aplicación a programas especiales, como lo son el SAT, ACT, TOEFL, etc.), son evaluaciones diseñadas, estandarizadas y aplicadas fuera de la propia institución educativa.
- **La arquitectura se diseñó para manejar la integración del sistema con los sistemas internos y externos de una misma manera.**

La implementación de la integración del sistema con los sistemas internos y externos debe seguir el mismo patrón debido a las siguientes situaciones comunes identificadas en las instituciones educativas con que se trabajó:

- a) Los sistemas internos y externos producen datos en distintos formatos (y no solo en forma de bases de datos estándares), incluyendo archivos en *formato de estándares abiertos*<sup>69</sup>.
  - b) Algunas de ellas podrían mantener la información curricular en documentos Word, Excel o PDF.
  - c) Algunas de ellas podrían acceder a la información relacionada con estándares académicos y competencias por medio de documentos Word, Excel o PDF.
  - d) Algunas de ellas podrían hacer referencia a la información curricular y de estándares académicos mediante impresiones en papel (por no contar con los archivos originales).
- ▶ Esta decisión está fundamentada en el hecho de que el conjunto mínimo de componentes de un currículo lo constituye el plan de lección. Este mantiene la cohesión de los elementos claves que

---

<sup>69</sup> Del inglés *open standard format (OSF)*.

conforman en conjunto la actividad de enseñanza (educador) y la experiencia de aprendizaje (estudiante).

#### b) La documentación del diseño

- La DASI incluye artefactos de representación básicos; por ejemplo, los diagramas utilizados son inspirados por la especificación del estándar UML, pero no necesariamente están expresados en UML formal. Tablas y otras representaciones visuales simples son utilizadas en la documentación. Se hace un esfuerzo por incluir anotaciones donde sea necesario eliminar ambigüedad, desde el punto de vista del autor.
  - ▶ Los tres principales propósitos de la descripción arquitectónica (documentación) son: comunicación, educación y análisis de la arquitectura. Por esto, la simplicidad es importante ya que facilita y hace más efectivo el alcance de los propósitos principales de la arquitectura.
  - ▶ La documentación de la arquitectura de SI tiene múltiples audiencias (partes interesadas) con diferentes trasfondos, nivel de conocimiento y formas de entender aspectos técnicos de un proyecto de esta naturaleza. La documentación incluye artefactos visuales que son básicos y fáciles de entender con el propósito de alcanzar una mayor y muy diversa audiencia.
  - ▶ En el campo de arquitectura de sistemas es aceptable utilizar notaciones para la descripción de arquitecturas de manera flexible. El arquitecto de software, en conjunto con las partes interesadas, pueden tomar la decisión de qué tipo de notación es más beneficiosa para el proyecto.

En el apéndice **B.6. ADL y modelos utilizados** puede encontrar detalles acerca de notaciones de ADL y modelos utilizados en esta documentación arquitectónica.

#### c) La estrategia de diseño

- **Ajustes al enfoque de diseño arquitectónico**

En el documento de la propuesta del proyecto (anteproyecto), se indicó que se utilizaría un método de diseño arquitectónico enfocado en los *atributos de calidad*<sup>70</sup> del sistema, sin embargo, este no es el único enfoque que se utilizó. Un sistema de información administra datos. El modelo de

---

<sup>70</sup> Del inglés *Attribute-Driven Design* o *ADD* [50].

datos y la funcionalidad sobre este modelo también influyeron significativamente en el enfoque principal de este diseño arquitectónico.

- ▶ La información obtenida durante las actividades preliminares y las fases iniciales del desarrollo de proyecto; la definición del negocio y el establecimiento de los objetivos de la arquitectura; el levantamiento inicial de requerimientos y la priorización de los atributos de calidad del sistema, llevaron a determinar que, además del enfoque original en atributos de calidad, debía ponerse especial atención en la administración del modelo de datos.

Esta administración es clave debido a que la funcionalidad del sistema gira en torno al modelo de datos, que constituye un recurso estratégico muy importante para la institución educativa en su propósito de alcanzar una mejor calidad en la enseñanza por medio del alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.

- ▶ No se abandonó el método de diseño arquitectónico original ADD, guiado por atributos de calidad, pero se utilizó un enfoque de *diseño guiado por datos*<sup>71</sup> primordialmente para establecer las consideraciones de diseño de la arquitectura de datos según el marco TOGAF.

---

<sup>71</sup> Del inglés *data-driven design*.



Figura 43: Enfoque típico de desarrollo basado en datos de la arquitectura empresarial de una organización.  
Adaptado de STA Group. [54]

#### d) La infraestructura tecnológica

- **No se incluye un diseño de arquitectura tecnológica**

Este DASl no incluye una especificación de la *arquitectura tecnológica* sobre la cual se implantará el sistema<sup>72</sup>.

- ▶ No solo TOGAF lo clasifica dentro de su proceso de diseño arquitectónico como una fase posterior al diseño arquitectónico de sistemas de información, sino que - por el contexto de este proyecto y la intención de alcanzar el mayor número de instituciones posibles para las cuales esta arquitectura pueda ser de utilidad -, desde el inicio de las actividades de diseño arquitectónico se estableció como un objetivo no tratar este aspecto.
- ▶ El DASl será utilizado como referencia por diferentes instituciones educativas, cada una de ellas con una infraestructura tecnológica diferente (sección B.2. *Definición del negocio*), encontrándose a

---

<sup>72</sup> Del inglés *system deployment*.

menudo en un proceso continuo de cambio y actualización. Por esta diferenciación tecnológica de naturaleza cambiante, se decidió dejar la especificación de la arquitectura tecnológica en manos de la institución educativa, que podrá definir al momento de desarrollar el sistema.

- ▶ El DASI utiliza como referencia TOGAF y otras arquitecturas empresariales de uso común en la industria, donde la arquitectura de sistemas de información se enfoca en la arquitectura de datos y la arquitectura de aplicaciones. La especificación de la arquitectura tecnológica no es parte de la arquitectura de SI. Para conocer más acerca de estas arquitecturas, refiérase a la definición de arquitectura de sistemas de información en la sección *2-Marco Teórico*.
- ▶ Entre los atributos de calidad más importantes que debe tratarse en prácticamente cualquier SI, es el concerniente a interoperabilidad. Con la aparición continua de nuevas y diversas tecnologías que requieren intercambio de información, la especificación y la creación de estándares abiertos han venido a solventar muchos de los desafíos que se presentan para lograr los niveles de interoperabilidad requeridos. Sin embargo, debido a la forma en que los estándares se crean y evolucionan, no puede caerse en la tentación de dejar que los estándares dirijan el diseño arquitectónico. Se necesita diseñar primero el sistema y luego decidir, durante la construcción de la solución, cuáles estándares pueden contribuir mejor a satisfacer los requisitos y cualidades del sistema deseado. De esta manera, aunque ocurran cambios en los estándares y estos continúen evolucionando, esto no afectará la arquitectura general del sistema.

#### Consideraciones adicionales:

- Es responsabilidad de la oficina de administración de proyectos de cada institución educativa especificación la arquitectura tecnológica sobre la cual implantar un sistema StandardME.
  - Sin embargo, no se dejó de mencionar algunas tecnologías de información actuales, algunas de ellas basadas en *estándares abiertos*<sup>73</sup>, que una institución educativa puede utilizar para definir su arquitectura tecnológica.
- **Tecnología de administración de datos**  
Aunque el diseño arquitectónico no prescribe el uso de una tecnología de administración de base de datos particular, algunos de los requerimientos y

---

<sup>73</sup> Del inglés *open standards*.

atributos de calidad se pueden lograr con mayor efectividad utilizando una base de datos NoSQL.

- ▶ Por sus características, las bases de datos NoSQL respaldan mejor la naturaleza de los sistemas basados en la nube. Algunas características están relacionadas con los atributos de calidad establecidos y priorizados para este proyecto son [37]:
  - Escalabilidad
  - Rendimiento
  - Adaptabilidad a cambios inesperados (o esperados) en datos estructurados, semiestructurados y no estructurados. Las bases de datos relacionales necesitan la definición de un *esquema*<sup>74</sup> antes de agregar datos, pero las bases de datos NoSQL manejan esquemas dinámicos que permiten el almacenamiento de datos sin esquemas predefinidos.
  - Soporta el desarrollo ágil debido a *sprints*, iteración rápida de esquemas y *actualizaciones continuas de código*<sup>75</sup>.
  - Soporta la programación orientada a objetos, haciéndola más flexible y fácil de usar.
  - Soporta replicación, dado que las bases de datos NoSQL incorporan manejo de *protección contra fallas*<sup>76</sup> y recuperación automática (*auto-reparación*<sup>77</sup>).
  - Soporta una arquitectura de datos de escalabilidad geográficamente distribuida (en lugar de arquitecturas monolíticas que son más costosas).

---

<sup>74</sup> Del inglés *schema*.

<sup>75</sup> Del inglés *code pushing*.

<sup>76</sup> Del inglés *failover*.

<sup>77</sup> Del inglés *self-healing*.

#### **4.4. Marcos de referencia arquitectónicos y lenguajes de descripción arquitectónica**

Dos mecanismos ampliamente utilizados en el desarrollo de arquitecturas son los marcos de arquitectura y los lenguajes de descripción de arquitectura ADL, esto últimos tratados en la sección 4.4.3-*Lenguajes para descripciones arquitectónicas*.

##### **4.4.1. Marcos de referencia arquitectónicos**

De acuerdo con la norma 42010 [14], un marco de referencia arquitectónico establece una práctica común para crear, interpretar, analizar y usar descripciones arquitectónicas dentro de un dominio particular de aplicación o de una comunidad de partes interesadas.

Los usos de los marcos de arquitectura incluyen, pero no están limitados a: crear descripciones arquitectónicas; desarrollar herramientas de modelado de arquitectura y métodos de arquitectura; y establecer procesos para facilitar la comunicación, los compromisos y la interoperación en múltiples proyectos y/u organizaciones.

Algunos ejemplos de marcos de arquitectura en términos de la norma 42010 son:

- Marco de arquitectura Zachman de sistemas de información [65]
- Marco de arquitectura de The Open Group (TOGAF) [57],
- Modelo de vistas "4 + 1" de Kruchten [26]

##### **4.4.2. Adherencia de la descripción arquitectónica a un marco de referencia arquitectónico**

Para cumplir con la norma 42010, una descripción arquitectónica no tiene necesariamente que adherirse a ningún marco de referencia, pero si se declara que lo está haciendo, esta adherencia debe cumplir con ciertas reglas que son establecidas por la norma.

Por lo anterior, es importante declarar que esta descripción arquitectónica (StandardME) no se adhirió a un marco de referencia particular, sin embargo, sí se utilizaron algunos lineamientos y prácticas recomendadas por el marco de referencia TOGAF [57] para complementar su desarrollo.

##### **4.4.3. Lenguajes para descripciones arquitectónicas**

Según la norma 42010 [14], un *lenguaje de descripción de arquitectura*<sup>78</sup>, o ADL por sus siglas en inglés, es cualquier forma de expresión para describir una arquitectura.

Un ADL proporciona uno o más tipos de modelos como un medio para enmarcar algunas preocupaciones de las partes interesadas.

---

<sup>78</sup> Del inglés *architecture description language (ADL)*.

Un ADL podría enfocarse muy específicamente, definiendo un solo tipo de modelo único, o bien, podría enfocarse ampliamente para proveer varios tipos de modelos, organizados opcionalmente como puntos de vista.

A menudo, se utilizan herramientas automatizadas para ADLs que le permiten la creación, uso y análisis de sus modelos. Algunos ejemplos de estas herramientas en términos de esta normal internacional son: StarUML, SysML, ArchiMate, Modelio y Sparx Enterprise Architect.

Para la descripción de esta arquitectura se utilizaron las siguientes herramientas ADL: StarUML, ArchiMate, Modelio y Structurizr (basado en C4Model®).

## 5. Análisis de resultados

### 5.1. Evaluación y validación arquitectónica

Esta sección se enfoca en el análisis de los resultados del desarrollo metodológico documentado en los capítulos *3-Desarrollo metodológico* y *4-Documentación del diseño arquitectónico*.

Como resultado de este desarrollo se obtuvo el diseño de la arquitectura de sistemas de información StandardME y su documentación, que puede ser utilizado como referencia para el análisis, el diseño, la construcción y la implementación de sistemas de información que habiliten el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias en una institución de educación secundaria.

El análisis de resultados presentado aquí se basa en la evaluación y validación de la arquitectura StandardME como resultado del desarrollo metodológico de este proyecto y su documentación.

#### 5.1.1. Procedimiento general

Tal y como se documentó en la sección *3.2.4-Fase 4: Evaluación y validación de la arquitectura*, durante la fase 4 de cada una de las dos primeras iteraciones se aplicó una evaluación *rápida e informal* comparando la arquitectura candidata contra los requerimientos de interés arquitectónico (ASR) para determinar su cobertura en el diseño.

Debido a la naturaleza, tamaño y objetivos de este proyecto, esta evaluación rápida e informal se basó en el método de análisis arquitectónico *ATAM® Simplificado*<sup>79</sup> descrito con detalle en el apéndice *D: ATAM*.

Sin embargo, durante la última iteración de la metodología, la fase 4 de evaluación y validación se hizo utilizando la versión *completa y formal* de *ATAM® Simplificado*.

Así, para la evaluación y validación final de la arquitectura StandardME, se estableció un equipo de cuatro personas, conformado por dos representantes de las partes interesadas; un arquitecto externo, en su rol como evaluador; y el desarrollador de este proyecto, en su rol como arquitecto de SI.

Estos resultados se incluyen en el *reporte final* documentado en la siguiente sección.

---

<sup>79</sup> Traducido y adaptado del inglés *ATAM® lightweight*.

### 5.1.2. Reporte final usando ATAM® Simplificado

Arquitectura StandardMe  
Evaluación y validación con ATAM® *Simplificado*  
**REPORTE FINAL**

## GENERALIDADES

### Cuál es el objetivo

Evaluar las consecuencias (riesgos) de las decisiones tomadas sobre la arquitectura con base en los atributos de calidad de alta prioridad (HH, HM, HL).

### Que es aceptable

- Todo diseño implica *concesiones* (compromisos)
- No existe un diseño único
- No existe un diseño final

### Que NO debe esperarse

- Un análisis preciso (el propósito es encontrar riesgos como consecuencia de las decisiones arquitectónicas)
- Ideas y sugerencias de soluciones
- Un documento de análisis

### Qué atributos de calidad se evalúan

- Interoperabilidad
- Modificabilidad
- Usabilidad
- Otros con escenarios de alta prioridad

*Nota: recuérdese que la selección y priorización de atributos de calidad se hizo en consenso con las partes interesadas. Los escenarios utilizados para la aplicación de ATAM® Simplificado son aquellos relacionados con estos atributos incluyendo otros escenarios que, aunque no relacionados directamente con ellos, por su alta prioridad fueron incluidos por parte del equipo de análisis.*

### Cuáles son algunos aspectos importantes que se esperan obtener

- Riesgos (y no riesgos)
- Puntos de sensibilidad
- Puntos de concesión

*Nota: refiérase a la Figura 44 para una descripción de estos conceptos.*

Aspectos arquitectónicos por identificar	Descripción
<b>Riesgos</b>	Los <i>riesgos</i> son decisiones arquitectónicamente importantes que no se han tomado. Por ejemplo, el equipo de arquitectura no ha decidido qué lenguaje de programación usarán, o no ha decidido si usarán una base de datos relacional u orientada a objetos. También pueden ser decisiones que se tomaron pero cuyas consecuencias no se comprenden completamente. Por ejemplo, el equipo de arquitectura decidió incluir un API para realizar operaciones ETL, pero todavía no están seguros qué formatos de extracción aceptarán.
<b>Punto de sensibilidad</b>	Los <i>puntos de sensibilidad</i> son parámetros en la arquitectura donde una respuesta medible (del inglés <i>measurable</i> ) de un atributo de calidad está altamente correlacionada. Por ejemplo, podría determinarse que el <i>tiempo de respuesta general del sistema</i> está altamente correlacionado con el <i>tiempo de respuesta</i> de un API particular, y a su vez, la <i>disponibilidad del sistema</i> está altamente correlacionada con la <i>funcionalidad de ese API</i> .
<b>Punto de concesión</b>	Se encuentra un <i>punto de concesión</i> en la arquitectura cuando un parámetro de un elemento de la arquitectura concentra más de un punto de sensibilidad donde los atributos de calidad medibles son afectados de diferente forma al cambiar ese parámetro. Por ejemplo, si el aumentar la prioridad de ejecución del API mencionado anteriormente mejora el rendimiento general del sistema, pero reduce su confiabilidad, entonces la priorización de ese API es un punto de concesión.

Figura 44: Aspectos arquitectónicos que se identifican con ATAM.  
Traducido y adaptado de ATAM®: Method for Architecture Evaluation [23].

## DESARROLLO DE ATAM® Simplificado

PASO	NOTAS
<b>1. Presentación de ATAM</b>	Se introdujo a los participantes a ATAM® Simplificado.
<b>2. Presentación de las motivaciones de la organización (concernientes a la arquitectura)</b>	Se repasó con los participantes el propósito del sistema y su principal funcionalidad, además de los objetivos de la organización y sus prioridades concernientes a esta arquitectura. <u>Referencias utilizadas:</u> 4.3.1-Introducción 4.3.2-Identificación, objetivos y generalidades de la descripción arquitectónica 4.3.3-Identificación de las partes interesadas y de sus inquietudes 3.2.1-Fase 1: Inicio y compromiso 3.2.2-Fase 2: Requerimientos claves y definición del sistema B.2. Definición del negocio B.3. Casos de uso principales

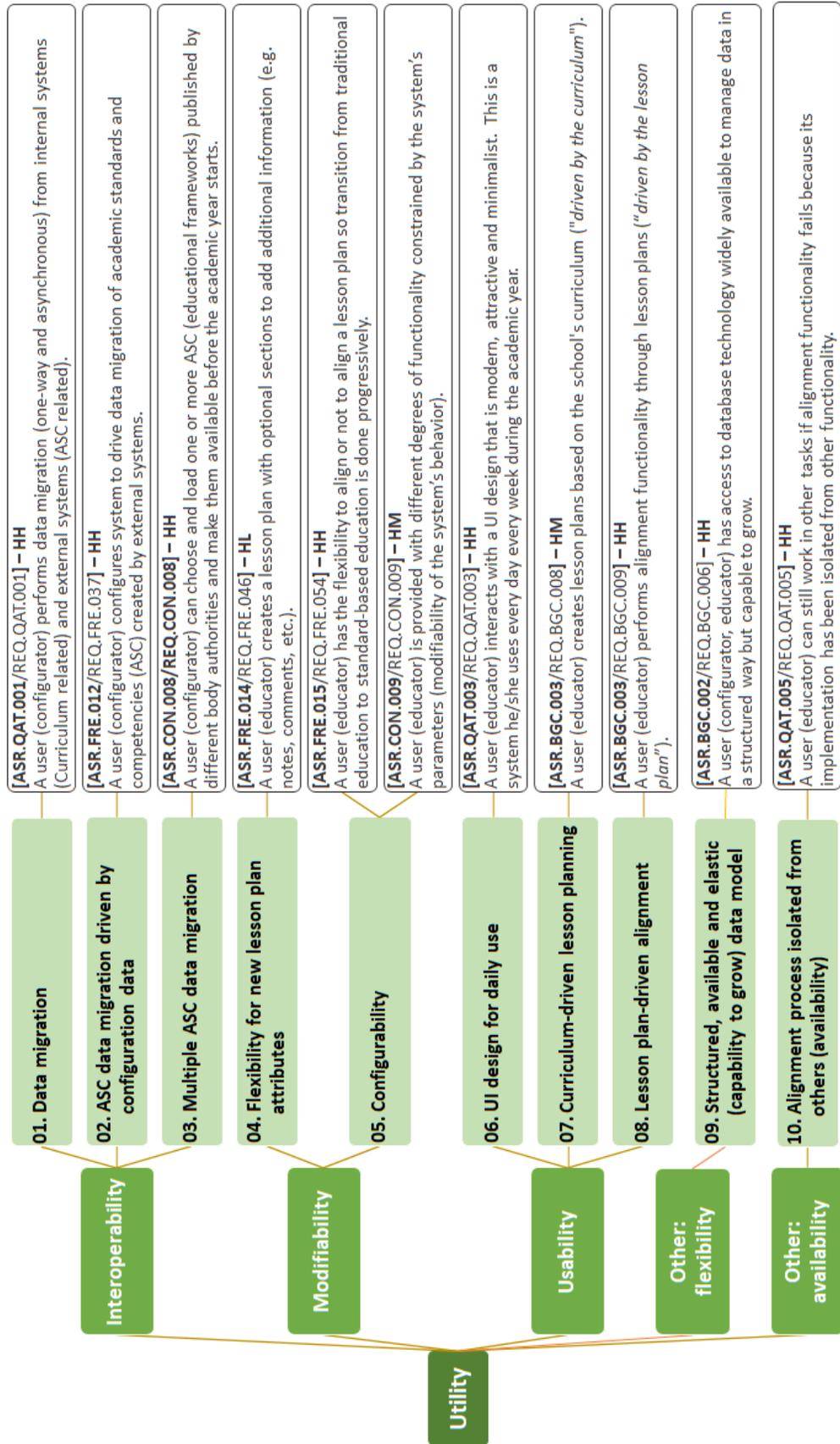
<p><b>3. Presentación de la arquitectura actual</b></p>	<p>Se presentó una breve descripción de la arquitectura utilizando principalmente las vistas [Vista 7] a [Vista 10] e identificando los escenarios expresados en ellas.</p> <p><u>Referencias utilizadas:</u>  3.2.2-Fase 2: Requerimientos claves y definición del sistema  B.3. Casos de uso principales  B.4. Requerimientos ASR  B.5. Requerimientos Completos  [Vista 7]  [Vista 8]  [Vista 9]  [Vista 10]</p>
<p><b>4. Identificación de enfoques arquitectónicos</b></p>	<p>Se identificaron los enfoques arquitectónicos para los siguientes atributos de calidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Interoperabilidad</b>  El enfoque se hizo sobre las arquitecturas de datos y de aplicación.  La arquitectura habilita dos tipos de servicios de interoperabilidad: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Interoperabilidad vía interfaces de comunicación estándares</li> <li>2) Interoperabilidad de datos (ETL)</li> </ol> </li> <li>- <b>Modificabilidad</b>  El enfoque se hizo en la arquitectura de datos.  La arquitectura permite modificabilidad en dos formas: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Vía parámetros – Por ejemplo, el que un plan de lección requiera o no alineamiento es un parámetro registrado en el sistema ([S-Par data])</li> <li>2) Vía modelo de datos – Por ejemplo, la fuente de datos [L-Ob data] no está limitada a planes de lección. Con cambios mínimos en el código, el educador también podría crear recursos de aprendizaje tal y como lo hace con los planes de lección y almacenarse en esta fuente de datos.</li> </ol> </li> <li>- <b>Usabilidad</b>  El enfoque se hizo en la arquitectura de aplicación.  La arquitectura contribuye a usabilidad en dos formas: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Navegador web – El usuario tiene un solo punto de acceso al sistema por medio de un navegador web compatible.</li> </ol> </li> </ul>

	<p>2) Aplicación de página única – Aunque hay otras formas de contribuir al atributo de usabilidad, las aplicaciones de página única se enfocan en el mejoramiento de la experiencia del usuario por medio de una interfaz gráfica moderna, rápida y atractiva.</p>
--	---

<p><b>5. Generación del árbol de utilidad de los atributos de calidad</b></p>	<p>A partir de los requerimientos ASR y en consenso con las partes interesadas, se seleccionaron y priorizaron los escenarios principales, incluyendo los relacionados directamente con atributos de calidad.</p> <p>El resultado de esto se expresa en el árbol de utilidad mostrado a continuación<sup>80</sup>.</p> <p><i>Nota: durante las reuniones con el equipo de evaluación, la redacción de los ASRs se modificó para expresarlos en forma de escenarios (casos de uso) para adaptarla al tiempo presente asumiendo que un sistema StandardME ha sido implementado (y no que eventualmente se implementará), de manera simple y con mayor claridad para facilitar un mejor entendimiento.</i></p>
---	---

---

<sup>80</sup> El árbol de utilidad está expresado en inglés, por ser este el idioma que hablan los evaluadores de la arquitectura.



<b>6. Análisis de los enfoques arquitectónicos</b>	<p>Se hizo un mapeo de los escenarios de mayor prioridad en la arquitectura, considerando el origen del estímulo, el estímulo, el entorno, el artefacto (sistema, parte del sistema, otro componente, si es conocido), la respuesta y la medición de la respuesta.</p> <p>[<b>Assessment</b>]: HH/HM/HL = High-High/Medium/Low</p>
--	--

<b>Analysis ID</b>		01
<b>Quality Attribute</b>		Interoperability
<b>Attribute Concern</b>		Data migration
<b>Scenario</b>		A user (configurator) performs data migration (one-way and asynchronous) from internal systems (Curriculum related) and external systems (ASC related).
<b>ASR</b>		[ASR.QAT.001/REQ.QAT.001]
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (configurator)
	<b>Stimulus</b>	Data migration has been required
	<b>Environment</b>	Runtime. Source data is known prior runtime.
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (via Interop services)
	<b>Response</b>	A StandardME system extracts, transforms and loads data
	<b>Response measure</b>	Data is made available to the user with no integrity loss
<b>Question(s)/Note(s)</b>		<p><b>Can the system load any type of source data format?</b></p> <p><i>If standard interfaces for data interoperability are known and made available by the source systems, it will migrate source data in any of the formats defined by the system's parameters (a template).</i></p> <p><i>If standard interfaces are unknown or unavailable, it will migrate source data that has been manually entered in Excel files with a pre-defined structure set by the school and known by the system.</i></p> <p><b>When is data migration required and performed?</b></p> <p><i>It can be done at any time, but it is only done when needed and requested by the school administration.</i></p> <p><b>What does "one-way and asynchronous" mean?</b></p> <p><i>One-way indicates that data interoperability occurs from an external or internal system to a StandardME system and not the other way around.</i></p> <p><i>Asynchronous means that data interoperability is a process that can be done at any time by the user.</i></p>
<b>Issue(s)</b>		No critical issues were identified.
<b>Assessment</b>		HH

<b>Analysis ID</b>	02	
<b>Quality Attribute</b>	Interoperability	
<b>Attribute Concern</b>	ASC data migration driven by configuration data	
<b>Scenario</b>	A user (configurator) configures system to drive data migration of academic standards and competencies (ASC) created by external systems.	
<b>ASR</b>	[ASR.FRE.012/REQ.FRE.037]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (configurator)
	<b>Stimulus</b>	Configuration for ASC data migration has been required
	<b>Environment</b>	Runtime. ASC format for configuration data is known prior runtime.
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (via S-Parameters CRUD services)
	<b>Response</b>	A StandardME system accepts and stores configuration data into [S-Par data]
	<b>Response measure</b>	ASC data migration uses configuration data from [S-Par data]
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<p><b>How this configuration data works for loading external ASC data?</b></p> <p><i>Any ASC data migration from an external system needs to be done to correspond to a specific format that a StandardME system understands. This specific format is stored in [S-Par data]. When a data migration process starts, it uses the configuration data stored in [S-Par data] to drive and complete the migration process.</i></p> <p><b>Will this work for loading internal Curriculum data?</b></p> <p><i>The data model is designed to "understand" any ASC or Curriculum data as an "Educational Framework" object. It doesn't matter if it is called ASC or Curriculum or something else, it will provide the same functionality.</i></p>	
<b>Issue(s)</b>	Correct configuration data is only known by the user (configurator). Unintentional mistakes can be made which will cause the system to load ASC data incorrectly. The error may only be detected later by a user (educator) when trying to perform alignment activities.	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>	03	
<b>Quality Attribute</b>	Interoperability	
<b>Attribute Concern</b>	Multiple ASC data migration	
<b>Scenario</b>	A user (configurator) can choose and load one or more ASC (educational frameworks) published by different body authorities and make them available before the academic year starts.	
<b>ASR</b>	[ASR.CON.008/REQ.CON.008]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (configurator)
	<b>Stimulus</b>	Multiple ASC data migration has been required
	<b>Environment</b>	Runtime. All different source data and data configuration for each source data are known prior runtime.
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (via Interop and S-Parameters CRUD services)
	<b>Response</b>	A StandardME system load multiple ASC data with different formats.
	<b>Response measure</b>	Multiple data are migrated using different configuration data from [S-Par data]
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<p><b>None.</b></p> <p><i>This is an extension of the scenarios addressed in Analysis 01 and 02.</i></p> <p><i>A StandardME system can store different and multiple types of ASC data at the same time.</i></p> <p><i>A user (configurator) sets all different data configuration needed and loads multiple ASC data into the system's data sources.</i></p> <p><i>Multiple ASC data migration can be done at any time, but in practice it is mostly needed before the beginning of the academic year.</i></p>	
<b>Issue(s)</b>	Same issues as identified in Analysis 01 and 02.	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>	04	
<b>Quality Attribute</b>	Modifiability	
<b>Attribute Concern</b>	Flexibility for new lesson plan attributes	
<b>Scenario</b>	A user (educator) creates a lesson plan with additional sections (e.g. notes, comments, etc.) for optional information.	
<b>ASR</b>	[ASR.FRE.014/REQ.FRE.046]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	Developer
	<b>Stimulus</b>	Developer is required to change the lesson plan UI so user can add additional information (the lesson plan needs one or more new attributes).
	<b>Environment</b>	Design time
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system UI/code
	<b>Response</b>	A StandardME system allows addition of new attribute(s) through slight change in UI and code. Data model handles the new attribute(s) without changes.
	<b>Response measure</b>	UI interface/code change is done in 0.5 days.
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<b>Why the UI/code needs to be modified?</b> <i>This is a design time (construction) issue. Even though the data model is designed to store a flexible lesson plan data structure, this is not known by the system and requires some slight changes to the UI and code (to handle the new data) so the user can enter the additional information needed for the lesson plan.</i>	
<b>Issue(s)</b>	Even though this something that may be needed by users in the future, it doesn't represent a very high priority since the initial UI design can include additional sections that users (educators) are currently using.	
<b>Assessment</b>	HL	

<b>Analysis ID</b>	05a	
<b>Quality Attribute</b>	Modifiability	
<b>Attribute Concern</b>	Configurability (1/2)	
<b>Scenario</b>	A user (educator) has the flexibility to align or not to align a lesson plan so transition from traditional education to standard-based education is done progressively.	
<b>ASR</b>	[ASR.FRE.015/REQ.FRE.054]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (educator)
	<b>Stimulus</b>	A lesson plan has been created
	<b>Environment</b>	Runtime. An <i>alignment-is-required</i> type of parameter (TRUE/FLASE) is known at runtime.
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (via Learning-Objects services)
	<b>Response</b>	A StandardME system stores lesson plan in [L-Ob data] as created by the user (educator). If corresponding parameter indicates the alignment is required (TRUE), an entry is stored in [A-Ob data]. Otherwise, [A-Ob data] remains intact.
	<b>Response measure</b>	Lesson plan and alignment status data is stored according to the corresponding parameter.
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<p><b>What happened to the <i>alignment status</i> of old lesson plans already stored?</b></p> <p><i>This is a design time (implementation) issue. The StandardME architecture is designed so system behavior is modified by configuration (parameters). A date-time parameter can be used to indicate the system that alignment is required (or not) starting at certain time in the future so the old lesson plans are not affected by the new change.</i></p>	
<b>Issue(s)</b>	<p>This and other scenarios will be common. It is very important that at design time (implementation) this is taken in consideration.</p> <p>The StandardME architecture is designed so system behavior can be modified at run-time via configuration (parameters).</p>	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>		05b
<b>Quality Attribute</b>		Modifiability
<b>Attribute Concern</b>		Configurability (2/2)
<b>Scenario</b>		A user (educator) is provided with different degrees of functionality constrained by the system's parameters (modifiability of the system's behavior).
<b>ASR</b>		[ASR.CON.009/REQ.CON.009]
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (configurator)
	<b>Stimulus</b>	A modification of the system's behavior (functionality) has been required
	<b>Environment</b>	Runtime. A parameter is being configured.
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (via S-Parameters CRUD services)
	<b>Response</b>	A StandardME system changes behavior according to the set of parameters stored in [S-Par data].
	<b>Response measure</b>	A StandardME system behavior matches its configuration.
<b>Question(s)/Note(s)</b>		<p><b>What type of configuration a StandardME system allows?</b></p> <p><i>As stated in Analysis 05a, the StandardME architecture is designed so system behavior is modified by configuration (parameters). There are two main types of parameters:</i></p> <p><i>1) Parameters to change system's behavior when a user (educator) performs certain functionality the system allows (mostly lesson plan creation and alignment).</i></p> <p><i>2) Parameters to define the format (transformation) of the data that a StandardME system loads and stores, which are configured by the user who performs configuration activities (configurator).</i></p>
<b>Issue(s)</b>		Same as in the previous analysis (analysis 05a). This and other scenarios will be common and need to be considered during design time (implementation).
<b>Assessment</b>		HM

<b>Analysis ID</b>	06	
<b>Quality Attribute</b>	Usability	
<b>Attribute Concern</b>	UI design for daily use	
<b>Scenario</b>	A user (educator) interacts with a UI design that is modern, attractive and minimalist. This is a system he/she uses every day every week during the academic year.	
<b>ASR</b>	[ASR.QAT.003/REQ.QAT.003]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (educator)
	<b>Stimulus</b>	Access lesson planning functionality
	<b>Environment</b>	Runtime
	<b>Artifact (if known)</b>	StandardME system (via single-page application)
	<b>Response</b>	A StandardME system displays lesson plan module UI
	<b>Response measure</b>	The lesson plan module UI is modern, attractive and minimalist
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<p><b>How "modern, attractive and minimalist" would be implemented?</b></p> <p><i>Developers along with several end users (educators) will sit together and discuss different UI alternatives. A UI expert would be requested to provide his best advice based on users' feedback.</i></p>	
<b>Issue(s)</b>	<p>For a StandardME system to respond at runtime with a "modern, attractive and minimalist" all these criteria should be decided during design time (implementation) with participation of as many end users (educators) as possible.</p> <p>All these three UI requirements cannot be addressed by the developers only. In the end, it is the user (educator) who decides what "modern, attractive and minimalist" means, and how all these characteristics come together to provide a UI that they will enjoy using profitably every day, every week.</p>	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>	07	
<b>Quality Attribute</b>	Usability	
<b>Attribute Concern</b>	Curriculum-driven lesson planning	
<b>Scenario</b>	A user (educator) creates lesson plans based on the school's curriculum ("driven by the curriculum").	
<b>ASR</b>	[ASR.BGC.003/REQ.BGC.008]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (educator)
	<b>Stimulus</b>	Request curriculum data when creating a new lesson plan
	<b>Environment</b>	Runtime
	<b>Artifact (if known)</b>	StandardME system (via single-page application and Learning-Objects CRUD services)
	<b>Response</b>	A StandardME system loads curriculum data (as requested by the user) and displays it on the UI.
	<b>Response measure</b>	Curriculum data displayed matches user input correctly.
<b>Question(s)/Note(s)</b>	None.	
<b>Issue(s)</b>	User can accidentally choose curriculum data that is not related to the lesson plan content. There is no way to avoid this. However, when user (or a third party) identifies the mistake, a StandardME system easily allows the correction.	
<b>Assessment</b>	HM	

<b>Analysis ID</b>	08	
<b>Quality Attribute</b>	Usability	
<b>Attribute Concern</b>	Lesson plan-driven alignment	
<b>Scenario</b>	A user (educator) performs alignment functionality through lesson plans (“driven by the lesson plan”)	
<b>ASR</b>	[ASR.BGC.003/REQ.BGC.009]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	Developer
	<b>Stimulus</b>	Developer is required to design a UI with alignment functionality attached to lesson plan UI and creation functionality
	<b>Environment</b>	Design time
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system UI/code
	<b>Response</b>	Change to UI/code is made. Lesson plan creation and alignment functionality is tested.
	<b>Response measure</b>	UI/code to allow alignment functionality through the lesson plan module only is completed before user is involved in testing activities.
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<b>Will users be able to align other learning artifacts?</b> <i>Lesson plan is high priority for this project. However, the StandardME architecture allows future implementation of alignment through other learning artifacts (e.g. learning resources, assignments, evaluations, etc.)</i>	
<b>Issue(s)</b>	No critical issues were found.	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>	09	
<b>Quality Attribute</b>	Other: flexibility	
<b>Attribute Concern</b>	Structured, available and elastic (capability to grow) data model	
<b>Scenario</b>	A user (configurator, educator) has access to database technology widely available to manage data in a structured way but capable to grow.	
<b>ASR</b>	[ASR.BGC.002/REQ.BGC.006]	
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	Developer (database designer)
	<b>Stimulus</b>	Developer is required to design a data model and create its physical structure according to the StandardME data architecture.
	<b>Environment</b>	Design time
	<b>Artifact (if known)</b>	Unknown
	<b>Response</b>	A physical data structure is created
	<b>Response measure</b>	A physical data structure is created according to the StandardME data architecture (standard database technology and capable of growing).
<b>Question(s)/Note(s)</b>	<p><b>What are some alternatives to implement the data model?</b></p> <p><i>As it has been mentioned in the StandardME Architecture Description, the physical structure can be implemented using relational databases (SQL Server, MySQL), NoSQL databases (MongoDB, Couchbase) or graph databases (Neo4J, ArangoDB).</i></p>	
<b>Issue(s)</b>	No critical issues were found.	
<b>Assessment</b>	HH	

<b>Analysis ID</b>		10
<b>Quality Attribute</b>		Other: availability
<b>Attribute Concern</b>		Alignment process isolated from others.
<b>Scenario</b>		A user (educator) can still work in other tasks if alignment functionality fails because its implementation has been isolated from other functionality.
<b>ASR</b>		[ASR.QAT.005/REQ.QAT.005]
<b>Scenario components</b>	<b>Stimulus source</b>	User (educator)
	<b>Stimulus</b>	Alignment functionality is out of service because academic standards and competencies are not available yet (or data source is not accessible).
	<b>Environment</b>	Design time
	<b>Artifact (if known)</b>	A StandardME system (process: alignment)
	<b>Response</b>	System continues to operate providing non-alignment functionality
	<b>Response measure</b>	No downtime.
<b>Question(s)/Note(s)</b>		<p><b>What actions can be taken to restore the alignment service?</b></p> <p><i>Lesson planning functionality is independent from alignment functionality, and alignment activities are not required for users (educators) to continue their daily tasks.</i></p> <p><i>However, if alignment services are needed, there are two alternatives:</i></p> <p><i>1) User (educator) checks if ASC data has not been uploaded and request the user (configurator) to upload data. This may take 1-2 days for the user (configurator) to obtain the source data. However, this situation is extremely rare since ASC data needs to be uploaded before starting an academic year.</i></p> <p><i>2) User (educator) knows ASC has been uploaded but still alignment functionality is not available. In this case, user (educator) alerts the user (configurator) or the IT team so they can handle the problem and identify if the issue is happening on the school's side, internet provider or database services provider. It may take from up to 24 hours to identify the issue and 0.5 to 1 day to restore the service.</i></p>

<b>Issue(s)</b>	<p>Since this is a cloud-based system, alignment service may not be available due to cloud provider issues, however it would be extremely rare that this will affect only the alignment functionality part and not the entire system.</p> <p>If for some reason the cloud provider has availability issues, it will mostly affect the entire system and not only a part of it.</p> <p>For this reason, it is expected that any lack of alignment functionality is because ASC data has not been uploaded yet, but this is something that is done when users (educators) are not interacting with the system at all (summer time, before starting the new academic year). This is plenty of time to resolve any ASC data related issues.</p> <p>Concerning parameters requiring alignment (Analysis 05a): this is an issue that should be taken in consideration at design time. If a parameter requiring alignment has been set, it will affect the overall availability/usability of the system if the alignment process has failed.</p>
<b>Assessment</b>	HH

<b>7. Generación de lluvia de ideas y priorización de escenarios</b>	Esto se hizo en consenso con las partes interesadas en el paso 5 al identificarse y priorizarse los escenarios principales que respondían a sus inquietudes.
--	--

<b>8. Análisis de los enfoques arquitectónicos</b>	Este análisis se hizo en el paso 6.
--	-------------------------------------

<b>9. Presentación de los resultados</b>	<p>Al finalizar la evaluación, en conjunto con el equipo se revisaron los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgos</li> <li>- Los puntos de sensibilidad</li> <li>- Los puntos de concesiones</li> </ul>
--	---

La siguiente información concierne a los riesgos, puntos de sensibilidad y puntos de concesiones encontrados con base en las decisiones arquitectónicas de alta prioridad correspondientes a los atributos de calidad de mayor prioridad (interoperabilidad, modificabilidad y usabilidad) y donde se tuvo que poner atención especial debido a algún asunto crítico identificado durante el análisis (por ejemplo, un riesgo).

Analysis ID	Evaluation Output	Description	Reasoning
01  Related Analysis ID:  N/A	<b>Main architectural decision</b>	Excel file was chosen as the input data with a predefined format for database migration.	Since there is no way to know if ASC publishers will provide with any form of interoperability or ASC data made available as an open source format file, a collective agreement with stakeholders was to get ASC data and perform a manual (or partially manual) preparation of data as an Excel file, with a predefined format, before is uploaded to the system.
	<b>Risk</b>	Time required for manual preparation of Excel file is unknown	This has never been done before.
	<b>Sensitivity</b>	It may affect availability (alignment process) and usability	If Excel file is not ready by the time it is needed for data migration, alignment functionality won't be available and users (educators) won't be able to use this part of the system.
	<b>Tradeoff</b>	Interoperability vs modifiability	It implies low maintainability (modifiability) since input data preparation is done outside the system but adds high data interoperability because it provides a common input data format.



Analysis ID	Evaluation Output	Description	Reasoning
05a	<b>Main architectural decision</b>	A user (educator) can be required to align (or not align) lesson plans via system parameter(s).	Original stakeholder requirements indicated that the curricular alignment process is something that should be done progressively. Initially, a user (educator) should be able to create or adapt (reuse) lesson plans without being required to align them. As the school moves to a stricter alignment policy, the system should force a user (educator) to align his/her lesson plans. This change in system's behavior should be allowed through configuration (parameters) and shouldn't be embedded in code or a required data attribute in the database.
	<b>Risk</b>	If alignment process is not available, user (educator) won't be able to create lesson plans.	As described in Analysis 10, the alignment process is independent from other processes, so if for any reason is not available, the user (educator) can still work with lesson planning functionality. However, if a new lesson plan is needed and the system requires alignment, it won't let a user create a lesson plan if the alignment process is not available. This should be taken in consideration at design time (implementation).
Related Analysis ID:	<b>Sensitivity</b>	Availability and usability.	This parameter will affect overall availability and usability of the system.
05b	<b>Tradeoff</b>	Modifiability (configurability) vs availability vs usability.	Allowing the system to be modified at runtime (via parameters configuration), if not implemented correctly, will cause the system to become unavailable/unusable.

Analysis ID	Evaluation Output	Description	Reasoning
08  Related Analysis ID:  N/A	Main architectural decision	The curricular alignment is done between lesson plan and ASC.	The lesson plan is the main instance of the curriculum. Alignment to ASC data needs to be done through the lesson plan. The curriculum alignment is successfully done via the lesson plan. This is the way a lesson plan-driven alignment is performed.
	Risk	A user (educator) may align his/her lesson plan with the wrong ASC data.	There is a total dependency on the user (educator) for the alignment process to be correct. The system cannot verify semantics. It is up to the user to enter data correctly.
	Sensitivity	None.	This issue doesn't affect any quality attribute chosen for this architecture.
	Tradeoff	None.	Since there is no sensitivity point there wasn't any tradeoff made.

Analysis ID	Evaluation Output	Description	Reasoning
09  Related Analysis ID: N/A	Main architectural decision	No specific database technology was prescribed	Provide institutions with the flexibility to choose database technology they consider appropriate according to their needs.
	Risk	Database type is unknown	Database designers can choose between relational, NoSQL, graphs and open standard format files.
	Sensitivity	Database type choice may affect performance and flexibility	StandardME architecture data model is flexible in concept and should stay flexible when implemented. This flexibility should allow the handling of additional attributes for learning and educational framework objects in the future.  Performance was not a high priority attribute, but it may become an issue if physical implementation of the data model doesn't take advantage of the benefits provided by the chosen database technology.
	Tradeoff	Performance vs Flexibility (to grow)	More flexibility may cost in performance and vice versa. Database designers should analyze these two factors before choosing the database technology.

----- End of this report -----

### 5.1.3. Resultados principales

Se resume en esta sección los principales resultados con base en el reporte final obtenido mediante la aplicación del método ATAM® Simplificado así como en el contenido de las secciones de los capítulos *3-Desarrollo metodológico* y *4-Documentación del diseño arquitectónico* las cuales se presentan a continuación.

#### **Resultado 1: cumplimiento de los atributos de calidad**

Con base en los pasos 5 y 6 del reporte final de evaluación y validación aplicando ATAM® Simplificado, puede afirmarse que la arquitectura StandardME satisface (responde) a los atributos de calidad de alta prioridad seleccionados y priorizados en consenso con las partes interesadas.

Estos atributos son interoperabilidad, modificabilidad y usabilidad, que están incluidos en el árbol de utilidad del paso 5 en conjunto con los escenarios de alta prioridad que se evaluaron en el paso 6.

La documentación adicional que sustenta este resultado es parte de la descripción de cada una de las vistas presentadas en la sección *4.3.5-Vistas arquitectónicas*, así como en la descripción del paso 6 de ATAM® Simplificado que se incluyó en la sección *5.1.2-Reporte final usando ATAM® Simplificado* de este capítulo.

#### **Resultado 2: riesgos, puntos de sensibilidad y concesiones**

La arquitectura StandardME satisface los atributos de calidad y sus escenarios de alta prioridad, pero se han identificado riesgos, puntos de sensibilidad y concesión que deben señalarse en esta sección.

Algunos de estos están relacionados con decisiones arquitectónicas concernientes al modelo de datos, mientras que otros, pueden ser tratados, y potencialmente resueltos, en una siguiente iteración de diseño arquitectónico.

Otros deben ser tratados durante actividades de diseño detallado, construcción e implementación de un sistema StandardMe.

La documentación correspondiente y sus detalles pueden encontrarse dentro del paso 9 de ATAM® Simplificado que fue descrito previamente en este capítulo.

Los riesgos, puntos de sensibilidad y puntos de concesión de las decisiones arquitectónicas de alta prioridad y sus *razones*<sup>81</sup> se describen a continuación:

---

<sup>81</sup> Del inglés *rationale*.

a) Decisión arquitectónica #1: Concerniente a interoperabilidad de datos

Se eligió un archivo de Excel como datos de entrada con un formato predefinido para la migración de la base de datos.

Razonamiento:

Dado que no hay forma de saber si los editores de ASC proporcionarán alguna forma de interoperabilidad o datos ASC disponibles como un archivo de formato de código abierto, un acuerdo con las partes interesadas fue obtener los datos ASC y realizar una preparación manual (o parcialmente manual) de esos datos como un archivo de Excel, con un formato predefinido, antes de cargarlo en el sistema.

	Descripción	Razonamiento
<b>Riesgo</b>	Se desconoce el tiempo requerido para la preparación manual del archivo Excel	Esto nunca se ha hecho.
<b>Punto de sensibilidad</b>	Puede afectar la disponibilidad (proceso de alineamiento) y la usabilidad	Si el archivo de Excel no está listo para cuando se necesita la migración de datos, la funcionalidad de alineamiento no estará disponible y los usuarios (educadores) no podrán usar esta parte del sistema.
<b>Punto de concesión</b>	Interoperabilidad vs modificabilidad	Implica una baja capacidad de mantenimiento (modificabilidad) ya que la preparación de datos de entrada se realiza fuera del sistema, pero agrega alta interoperabilidad de datos porque proporciona un formato de datos de entrada común.

b) Decisión arquitectónica #2: Concerniente a interoperabilidad de datos

Proporciona interoperabilidad de datos de forma configurable por medio de los parámetros del sistema ingresados por un usuario (configurador).

Razonamiento:

Los datos ASC de entrada para la interoperabilidad de datos van a ser conocidos por un sistema StandardME (un archivo Excel pre-formateado).

Sin embargo, la arquitectura StandardME permite el manejo de datos ASC en diferentes formatos porque estos podrían cambiar eventualmente, por lo que el formato de los datos de origen también cambiará según sea necesario.

Por ejemplo, los datos ASC se presentan como un documento anidado de tres niveles. Esto podría cambiar en el futuro a cuatro o más niveles.

Esta arquitectura maneja esta volatilidad en la estructura de datos de entrada.

	<b>Descripción</b>	<b>Razonamiento</b>
<b>Riesgo</b>	La configuración incorrecta de los parámetros provocará una migración de datos incorrecta.	Los parámetros son ingresados por el usuario (configuración) por lo que se pueden cometer errores en cualquier momento.
<b>Punto de sensibilidad</b>	Disponibilidad y usabilidad.	Si los datos migrados no están listos o se han cargado incorrectamente, esto afectará la disponibilidad del sistema con respecto de la funcionalidad de alineamiento. Esto implica falta de usabilidad en este proceso específico.
<b>Punto de concesión</b>	Interoperabilidad vs modificabilidad (configurabilidad) vs disponibilidad vs usabilidad.	La capacidad adicional para una mayor interoperabilidad de datos reduce la modificabilidad del sistema en el momento del diseño, pero aumenta el riesgo de que el sistema deje de estar disponible e inutilizable.

c) Decisión arquitectónica #3: Concerniente a modificabilidad

A un usuario (educador) se le puede requerir alinear (o no alinear) los planes de lección mediante la configuración de parámetros del sistema.

Razonamiento:

Uno de los requerimientos originales de las partes interesadas indicaba que el proceso de alineamiento curricular es algo que debe hacerse progresivamente. Inicialmente, un usuario (educador) debería ser capaz de crear planes de lecciones sin tener que alinearlos.

A medida que la institución se mueve hacia una política de alineamiento más estricta, el sistema debe obligar a un usuario (educador) a alinear sus planes de lecciones. Este cambio en el comportamiento del sistema está permitido mediante la configuración (parámetros) y no está incorporado en el código o como parte de un atributo de datos requerido en la base de datos.

	<b>Descripción</b>	<b>Razonamiento</b>
<b>Riesgo</b>	Si el proceso de alineamiento no está disponible, el usuario (educador) no podrá crear planes de lecciones.	El proceso de alineamiento es independiente de otros procesos, por lo tanto, si por alguna razón este no está disponible, el usuario (educador) aún puede trabajar con la funcionalidad de planificación de lecciones. Sin embargo, si este necesita crear un nuevo plan de lección y el sistema le requiere alineamiento, el usuario no podrá crear un plan de lección si el proceso de alineamiento no está disponible. Esto debería tenerse en cuenta durante las actividades de diseño (implementación).
<b>Punto de sensibilidad</b>	Disponibilidad y usabilidad.	Este parámetro afectará la disponibilidad general y la usabilidad del sistema.
<b>Punto de concesión</b>	Modificabilidad (configurabilidad) vs disponibilidad vs usabilidad.	Permitir que el sistema sea modificado en tiempo de ejecución (por medio de la configuración de parámetros), si esto no se implementara correctamente, hará que el sistema deje de estar disponible / inutilizable.

d) Decisión arquitectónica #4: Concerniente a usabilidad

El alineamiento curricular se realiza entre el plan de la lección y el ASC.

Razonamiento:

El plan de la lección es la instancia principal del currículo. El alineamiento con los datos de ASC debe hacerse por medio del plan de lección.

El alineamiento con el currículo se realiza con éxito por medio del plan de la lección. Esta es la forma en que se realiza el alineamiento curricular guiado por el plan de lección.

	<b>Descripción</b>	<b>Razonamiento</b>
<b>Riesgo</b>	Un usuario (educador) podría alinear su plan de lección con los datos incorrectos de ASC.	Existe una dependencia total en el usuario (educador) para que el proceso de alineamiento sea correcto.
<b>Punto de sensibilidad</b>	Ninguna.	El sistema no puede verificar la semántica. Es en el usuario que cae la responsabilidad de que los datos se ingresen correctamente.
<b>Punto de concesión</b>	Ninguna.	Este problema no afecta ningún atributo de calidad elegido para esta arquitectura. Al no existir un punto de sensibilidad, no es posible identificar puntos de concesión.

e) **Decisión arquitectónica #5: Concerniente al modelo de datos (flexibilidad y rendimiento)**

No se estableció ninguna tecnología de base de datos específica.

**Razonamiento:**

Brinda a las instituciones la flexibilidad de elegir la tecnología de base de datos que consideren apropiada de acuerdo con sus necesidades.

	<b>Descripción</b>	<b>Razonamiento</b>
<b>Riesgo</b>	La tecnología de base de datos es desconocida	Los diseñadores de bases de datos pueden elegir entre relacionales, NoSQL, grafos y archivos en formato de estándar abierto.
<b>Punto de sensibilidad</b>	La selección de la tecnología de base de datos puede afectar el rendimiento y la flexibilidad	El modelo de datos de la arquitectura StandardME es flexible en concepto y debe mantenerse flexible cuando se implemente. Esta flexibilidad debería permitir el manejo de atributos adicionales para objetos de aprendizaje y objetos de un marco educativo en el futuro. Aunque el rendimiento no era un atributo de alta prioridad, este puede convertirse en un problema si la construcción física del modelo de datos no aprovecha los beneficios proporcionados por la tecnología de base de datos elegida.
<b>Punto de concesión</b>	Rendimiento versus flexibilidad (para crecer)	Mayor flexibilidad puede costar en rendimiento y viceversa. Los diseñadores de bases de datos deben analizar estos dos factores antes de elegir la tecnología de base de datos.

## 5.2. Conformidad con la norma 42010

Como resultado de completar las actividades detalladas en la sección 3.3-*Ejecución de las actividades concretas finales*, se puede afirmar que la documentación de descripción arquitectónica incluida en la sección 5.1-*Descripción de la arquitectura* de este documento cumple con la norma 42010.

La siguiente tabla muestra un mapeo de la lista de entregables incluidos en este documento en contraste con la lista de secciones requeridas por la norma 42010.

Incl.*	SECCIONES DE ESTE DOCUMENTO	SECCIONES DE LA NORMA 40210
✓	4.3. Descripción arquitectónica	5. Architecture description
✓	4.3.1. Introducción	5.1. Introduction
✓	4.3.2. Identificación y generalidades de la descripción arquitectónica	5.2. Architecture description identification and overview
✓	4.3.3. Identificación de las partes interesadas y sus inquietudes	5.3. Identification of stakeholders and concerns
✓	4.3.4. Puntos de vista de la arquitectura	5.4. Architecture viewpoints
✓	4.3.5. Vistas de la arquitectura	5.5. Architecture views
✓	4.3.6. Modelos de la arquitectura	5.6. Architecture models
✓	4.3.7. Relaciones de la arquitectura	5.7. Architecture relations
✓	4.3.8. Decisiones arquitectónicas y razonamiento	5.8. Architecture rationale
✓	4.4. Marcos de referencia de la arquitectura y lenguajes de descripción de arquitecturas	6. Architecture frameworks and architecture description languages
✓	4.4.1. Marcos de referencia de la arquitectura	6.1. Architecture frameworks
✓	4.4.2. Adherencia de la descripción de la arquitectura a un marco de referencia arquitectónico	6.2. Adherence of an architecture description to an architecture framework
✓	4.4.3. Lenguajes para la descripción de arquitecturas (ADLs)	6.3. Architecture description languages

\***Incl.** - incluido en el capítulo 4-*Documentación del diseño arquitectónico*.

### 5.3. Cumplimiento de los objetivos

Se consolida en esta sección la evidencia que demuestra el cumplimiento de los objetivos establecidos en la sección *1.5-Objetivos* y que se ha documentado a lo largo de este documento en diferentes capítulos, secciones y apéndices.

#### 5.3.1. Objetivo principal

El objetivo principal de este proyecto, como se estableció en la sección *1.5.1-Objetivo General*, se muestra a continuación - dividido en partes - con el propósito de organizar las referencias a las partes del documento que muestran la evidencia de su cumplimiento:

“{Diseñar una arquitectura de sistemas de información}<sup>1</sup>, en {conformidad con la norma ISO/IEC/IEEE 42010}<sup>2</sup>, que ofrezca {un marco para el desarrollo de sistemas de información que habiliten el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias}<sup>3</sup> en {instituciones educativas}<sup>4</sup>.”

Este objetivo se alcanzó de manera progresiva mediante la ejecución de las distintas actividades y fases de la metodología de análisis, diseño y evaluación establecida para este proyecto. Las referencias a las secciones donde se ha incluido esta información se muestran a continuación en el orden y número indicados en el objetivo general:

#### 1. {Diseñar una arquitectura de sistemas de información}

El desarrollo del diseño arquitectónico es el principal componente del objetivo general establecido para este proyecto.

Este diseño se completó conforme a los requerimientos de importancia arquitectónica establecidos en consenso con las partes interesadas y como resultado se obtuvo la descripción arquitectónica de diseño documentada en la sección *4.3-Descripción arquitectónica*.

Esta descripción arquitectónica corresponde al diseño de una arquitectura de múltiples sistemas de información y no la de uno en particular.

#### 2. {Conformidad con la norma ISO/IEC/IEEE 42010}

El cumplimiento con la norma 42010 se estableció en la sección *5.2-Conformidad con la norma 42010* de este capítulo.

#### 3. {Un marco para el desarrollo de sistemas de información que habiliten el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias}

Las actividades de diseño arquitectónico permitieron darle forma a la arquitectura StandardME con el propósito de ofrecer un marco para el desarrollo de sistemas de información que facilite el *alineamiento curricular con estándares académicos y competencias*.

El diseño de esta arquitectura se basa completamente en un conjunto de requerimientos que se recopilaron, seleccionaron y priorizaron en conjunto con las

partes interesadas. El conjunto completo de requerimientos obtenido se documentó en el apéndice *B.5. Requerimientos Completos*.

Dentro de este conjunto de requerimientos completos, se identificaron aquellos que se enfocaban principalmente en el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias. Este subconjunto de requerimientos se analizó para determinar cuáles presentaban características de importancia arquitectónica (denominados requerimientos de importancia arquitectónica o ASR por sus siglas en inglés) y estos se utilizaron como insumo para el diseño de la arquitectura StandardME.

La documentación de los requerimientos ASR se encuentra en el apéndice *B.4. Requerimientos ASR*.

Actividades posteriores de diseño arquitectónico fueron desarrolladas a partir de los ASRs y su documentación puede encontrarse en el apéndice *B.3. Casos de uso principales*.

Todo lo anterior es evidencia de un diseño arquitectónico orientado al desarrollo de sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias y esto, en conjunto con el cumplimiento del objetivo específico d) pertinente al desarrollo de una descripción arquitectónica en conformidad con la norma 42010, cumple el propósito de servir como un *marco de referencia* para guiar a las instituciones educativas en el desarrollo de sistemas de información cuyos requerimientos son satisfechos por la arquitectura StandardME.

#### 4. {Instituciones educativas}

El beneficiario principal del desarrollo de este proyecto son las instituciones educativas. Estas tuvieron que definirse al inicio del proyecto y para esto se realizaron actividades concretas que permitieron definir las con uniformidad y representarlas como una sola entidad con base en el conjunto de características en común que estas compartían.

La documentación de estas actividades se encuentra en la sección *3.1-Ejecución de las actividades concretas preliminares, 3.2.1-Fase 1: Inicio y compromiso* y el apéndice *B.2. Definición del negocio*.

#### 5.3.2. Objetivos específicos

Los siguientes objetivos específicos se establecieron en la sección *1.5.2-Objetivos Específicos* como resultado de las sugerencias y recomendaciones recibidas por parte del panel evaluador al final de la presentación de la propuesta de proyecto.

##### a) **Contrastar el nivel actual de aplicación de estándares académicos en sistemas educativos de al menos tres países distintos.**

El desarrollo de las actividades preliminares documentadas en la sección *3.1-Ejecución de las actividades concretas preliminares* permitieron cumplir con este objetivo.

La primera actividad preliminar consistió en contrastar la información de dominio público pertinente a los sistemas educativos de EE. UU., Costa Rica y Singapur, con un

enfoque en el estado general actual de aplicación de los estándares académicos y competencias en su proceso educativo.

Los resultados de esta actividad se documentaron en la sección *3.1.1-Recopilación y contraste de datos respecto de sistemas educativos en general*.

Asimismo, para ampliar y mejorar la información de contraste entre estos tres sistemas educativos, se realizó una segunda actividad preliminar para determinar el estado actual de la aplicación de estándares académicos y competencias en el nivel de instituciones educativas de educación secundaria dentro del sistema educativo de los EE. UU.

El desarrollador de este proyecto se enfocó en este sistema educativo por ser el sistema que conoce y que le ha dado la oportunidad de desarrollar su experiencia profesional en los últimos 15 años. Esto también le permitió muchas oportunidades de acceso a un conjunto de instituciones educativas y partes interesadas que podían colaborar en el desarrollo de este proyecto.

La información obtenida como resultado de este contraste, se utilizó como insumo para el proceso de diseño iniciado en la fase 3 del desarrollo metodológico en conjunto con la información de análisis arquitectónico obtenida en la fase 2.

Los resultados de esta última actividad preliminar se documentaron en la sección *3.1.2-Recopilación y contraste de datos respecto de instituciones educativas en general*.

- b) **Determinar los requerimientos arquitectónicos, atributos de calidad y restricciones que una familia de sistemas de información debe cumplir para permitirle a una institución educativa alinear su currículo con un conjunto de estándares académicos.**

Las actividades realizadas durante la fase 2 del desarrollo metodológico, documentada en la sección *3.2.2-Fase 2: Requerimientos claves y definición del sistema*, permitieron alcanzar este objetivo al determinarse el conjunto de requerimientos de importancia arquitectónica originados a partir de la recopilación de los objetivos de la organización y sus inquietudes, los requerimientos funcionales (atributos de calidad) y las restricciones que son comunes dentro de una familia de sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias.

Esta actividad se realizó en conjunto con los interesados, quienes seleccionaron estos requerimientos y determinaron su prioridad en relación con los objetivos de la arquitectura.

Los detalles acerca de estos requerimientos están documentados en los apéndices *B.4. Requerimientos ASR* y *B.5. Requerimientos Completos*.

- c) **Determinar la alternativa de diseño de arquitectura de sistemas de información más apropiada para la solución del problema.**

Las actividades realizadas durante la fase 3 y documentadas en la sección *3.2.3-Fase 3: Diseño de la arquitectura* se realizaron para alcanzar este objetivo al diseñarse un

conjunto de arquitecturas candidatas, denominadas *hipótesis de diseño*, que fueron evaluadas en contraste con los requerimientos de importancia arquitectónica identificados en las dos fases anteriores.

Mediante la aplicación de un proceso iterativo de *generar y evaluar*<sup>82</sup> hipótesis (arquitecturas candidatas), se logró determinar cuáles alternativas de diseño arquitectónico se podían considerar como las soluciones más apropiadas del problema, dejándose al final una arquitectura base para ser evaluada y validada durante la siguiente y última fase del desarrollo metodológico (fase 4).

En los casos de aquellas arquitecturas candidatas que no cumplieron con los requerimientos de importancia arquitectónica se descartaron o modificaron y se volvieron a evaluar para determinar si eran apropiadas como solución del problema.

d) **Validar la arquitectura de sistemas de información con respecto de los requerimientos arquitectónicos, atributos de calidad y restricciones del sistema.**

Este último objetivo específico se alcanzó durante la última fase del desarrollo metodológico y que se documentó en la sección *3.2.4-Fase 4: Evaluación y validación de la arquitectura*.

Tanto la fase 3 de diseño como la fase 4 de evaluación, se desarrollaron en forma alternada para asegurarse que tan pronto se obtuviera un diseño arquitectónico suficiente, este se pudiera evaluar para identificar inconsistencias y defectos en forma temprana. Esto se realizó en tres iteraciones, reservándose al final de la última iteración de la fase 4 la aplicación del método de evaluación denominado ATAM® Simplificado y cuyos resultados se documentaron en la sección *5.1-Evaluación y validación arquitectónica* al inicio de este capítulo.

Estas dos actividades permitieron validar la arquitectura de sistemas de información con respecto de los requerimientos arquitectónicos, atributos de calidad y restricciones del sistema y de esta manera alcanzar con éxito este objetivo.

---

<sup>82</sup> Del inglés *generate and test*.

## 6. Conclusiones

Con el propósito de proveer claridad y estructura a las conclusiones, estas se han organizado en las siguientes secciones:

- Conclusiones generales (sección 6.1)
  - Concernientes al proceso de diseño arquitectónico (sección 6.1.1)
  - Concernientes a la documentación arquitectónica (sección 6.1.2)
  - Concernientes al método de evaluación y validación arquitectónica (sección 6.1.3)
- Limitaciones del proyecto (sección 6.2)
- Trabajos pendientes y recomendaciones futuras (sección 6.3)

### 6.1. Conclusiones generales

#### 6.1.1. Concernientes al proceso de diseño arquitectónico

- a) Es un proceso que implica el tratamiento multi-dimensional de un problema y su solución, y esto es difícil.**

La representación de las inquietudes de las partes interesadas requiere hacerse desde múltiples perspectivas (vistas) y facetas de la organización. Hacer esto de manera apropiada y precisa, tratando de no dejar aspectos que son claves para la toma de las decisiones arquitectónicas correctas, ya sea por omisión o porque la arquitectura del sistema no los revela claramente, representan un reto de alta complejidad y que implica mucho análisis, cuidado y consideración por parte del arquitecto de SI.

- b) Debe manejarse una mezcla altamente compleja de personas y tecnología.**

Captar los requerimientos de interés arquitectónico con base en la retroalimentación de personas dentro de la organización, y fuera de ella, con múltiples y diversos intereses en el sistema, con diferentes puntos de vista del problema y su solución, aunado a la “jungla arquitectónica”<sup>83</sup> actualmente presente dentro de cada una de las instituciones educativas, y también en el

---

<sup>83</sup> Del inglés *technology jungle, forest*.

mercado, como posibles alternativas a la solución, es un trabajo complejo, que requiere mucho esfuerzo, observación e investigación.

**c) Hacer *concesiones*<sup>84</sup> es necesario pero difícil. Lograr consenso lo es aún más.**

No existe un diseño arquitectónico perfecto. Hay concesiones que tienen que hacerse debido a las diferentes inquietudes de las partes interesadas; la disponibilidad de presupuesto, tiempo, y recursos; todo esto en conjunto con los plazos, decisiones estratégicas y políticas, dentro de un contexto tecnológico actual rápidamente cambiante, dificulta grandemente el consenso necesario para hacer concesiones y tomar decisiones que satisfagan a la mayoría.

**d) La educación y comunicación con las partes interesadas son factores claves de éxito.**

Hay que educar a las partes interesadas en conceptos, características (como los atributos de calidad) e incluso, requerimientos que un SI se espera hoy día satisfaga. Por esto fue de suma importancia dedicar tiempo y esfuerzo en aclarar ambigüedades debido a las diferencias que algunos de los interesados mostraron respecto de muchos de los conceptos y tecnologías disponibles relacionadas con el proyecto.

Algunos ejemplos de las actividades de educación y comunicación realizadas fueron:

- Explicación básica de la notación y los conceptos de UML para poder obtener retroalimentación de las partes interesadas en forma eficiente y que fuese de valor para el proyecto.
- Introducción de ciertos conceptos y tecnologías disponibles pero que no son de tanta familiaridad para algunos (NoSQL, JSON, ASN, etc.).
- Aclaración de ambigüedades en términos, conceptos y tecnologías relacionadas (¿Cuál es la diferencia entre mantenibilidad y modificabilidad?, ¿Cuál es la diferencia entre URL, URN y URI?)

**e) A menudo no hay una respuesta "correcta".**

Por muchas de las razones anteriores, el arquitecto de software debe frecuentemente conformarse con respuestas que sean "lo suficientemente" correctas y, con base en esto, llegar al diseño de una arquitectura suficiente que satisfaga los requerimientos y los atributos de calidad del sistema. Por

---

<sup>84</sup> Del inglés *trade-offs*.

esto es aceptado en el contexto de la arquitectura de sistemas de software, que no existe una *arquitectura correcta* y por esto el proceso de diseño arquitectónico es continuo e iterativo, en procura de mejorar la arquitectura a lo largo del ciclo de vida de los sistemas de información.

**f) Los requerimientos funcionales no son suficientes para desarrollar sistemas de información que sean arquitectónicamente buenos.**

Los requerimientos también se obtienen de la forma y objetivos del negocio, los atributos de calidad y las restricciones del sistema. Aunque los requerimientos funcionales definen el comportamiento del sistema, los demás requerimientos definen la calidad de este comportamiento, y por consecuencia, la calidad del sistema de información.

**g) Diferentes arquitectos podrían producir arquitecturas diferentes, aún con los mismos requerimientos.**

El diseño arquitectónico es un caso de “un problema con múltiples soluciones”. Cada arquitecto está influido por factores distintos que afectan su perspectiva de diseño. Su nivel de experiencia, conocimiento y tiempo son algunos de ellos; estos le pueden guiar a obtener un diseño diferente al realizado por otro arquitecto. Esto no quiere decir que uno es correcto y el otro no, o que uno es mejor que el otro. Lo importante es asegurarse que la arquitectura diseñada cumple con los objetivos especificados para la arquitectura y los requerimientos de importancia arquitectónica.

**h) Los atributos de calidad tienen una influencia predominante en la arquitectura del sistema.**

Aunque el área de diseño arquitectónico no se trata de determinar si una arquitectura es mejor que otra, es un hecho que un arquitecto que haya obtenido y comprendido bien los atributos de calidad desarrollará un mejor diseño arquitectónico en comparación con la de otros arquitectos. Y uno que haya entendido cuáles atributos de calidad impactan positivamente otros atributos de calidad, desarrollará una arquitectura cuyo diseño será mucho mejor.

**i) Una arquitectura de sistemas de información bien diseñada es importante para resolver los conflictos entre tiempo rápido de entrega y nivel de calidad.**

Se ha hecho énfasis en que el diseño arquitectónico no es un asunto de si la arquitectura es correcta o incorrecta, o un asunto de cuál es mejor que otra. El énfasis durante el diseño es enfocarse en los principios de “buen diseño” con que el arquitecto cuenta por su experiencia y conocimiento, así como por los que la organización ha definido específicamente para el proyecto.

Como resultado de un buen diseño, la organización se beneficia de la reutilización que, en sí misma, ofrece la arquitectura y la habilidad para poder hacer cambios rápidos (por ejemplo, un sistema basado en una arquitectura bien diseñada ofrecerá una mayor *modificabilidad* para incorporarle funciones futuras a un menor costo).

j) **El nivel de dificultad para comparar y discutir alternativas de diseño arquitectónico es alto.**

Eso se debe a que algunas veces el arquitecto no logra expresar un buen diseño conceptual de la solución; y en otras ocasiones, las partes interesadas no logran interpretar y entender la perspectiva del arquitecto concerniente a la solución.

k) **Es muy poco el intercambio de prácticas comprobadas y problemas conocidos y sus soluciones.**

Aunque hay abundancia de información acerca de patrones de diseño de software, tácticas comprobadas, marcos de referencia, etc., las recomendaciones acerca de mejores prácticas y como aplicar soluciones a problemas conocidos se circunscriben a ejemplos sencillos y limitados que no contribuyen mucho a la mayoría de las situaciones reales que se presentan y que el arquitecto de sistemas de información debe afrontar.

### 6.1.2. Concernientes a la documentación arquitectónica

a) **El diseño arquitectónico se documentó con base en decisiones de diseño arquitectónico tomadas en *consenso* y debido a *concesiones* realizadas.**

La documentación de diseño de las estructuras y componentes arquitectónicos, así como las relaciones entre ellos, se hizo al más alto nivel posible con el propósito de beneficiar al mayor número de instituciones educativas. Para lograr esto se requirió obtener el consenso de los interesados y su disposición para aceptar un conjunto de concesiones en aspectos del diseño arquitectónico que ellos mismos consideraron de poca relevancia.

Por estas razones, hay elementos de documentación, especialmente dentro de las vistas arquitectónicas, que intencionalmente no fueron incluidos.

b) **Es posible refinar y extender esta documentación arquitectónica de modo que incluya contenido adicional que sea aplicable a organizaciones similares.**

Organizaciones parecidas a las estudiadas en este trabajo, que requieran alinear su currículo con un conjunto de estándares académicos o con cualquier otro marco educacional similar, pueden utilizar esta documentación de diseño y ajustarla a sus propias necesidades sin tener que realizar mayores cambios.

Esta es una referencia arquitectónica general y no la especificación de arquitectura de un sistema de información particular.

c) **Aunque hay marcos de referencia de documentación de diseño arquitectónico, en la práctica muy pocas veces se utilizan.**

La norma 42010 se estableció precisamente con el objetivo de buscar una estandarización en la descripción de diseños arquitectónicos, pero en la práctica, estandarizaciones de documentación como estas no se cumplen, o bien, presentan tantas adaptaciones que el propósito de mantener uniformidad y consistencia se pierde.

d) **Los estándares existentes para la documentación de vistas arquitectónicas son mínimos.**

Aunque UML es el estándar *de facto* para expresar modelos de sistemas de información, su utilización hoy día, especialmente por la proliferación de enfoques de desarrollo ágiles (Scrum, Kanban, etc.) ha caído en desuso, quedando relegado a la academia, publicaciones técnicas y proyectos de empresas grandes y del gobierno.

Por esta razón, muchas descripciones arquitectónicas se hacen utilizando diferentes notaciones y elementos visuales que, aunque comprensibles, no corresponden a un estándar particular.

En virtud de lo anterior, la misma norma 42010 contempla secciones donde el arquitecto puede explicar el formato de las vistas que está utilizando y su significado (definición de puntos de vista); los modelos arquitectónicos y su descripción; los lenguajes de descripción arquitectónica y su semántica, etc.

e) **Existe poca documentación estandarizada acerca de marcos de referencia con enfoques arquitectónicos guiados por atributos de calidad.**

Aunque instituciones como el Instituto de Ingeniería del Software (SEI) de la Universidad Carnegie Mellon han desarrollado y publicado literatura al respecto (por ejemplo, ADD), en la industria no existen implementaciones estandarizadas de este enfoque que sean prácticas de usar.

Mucho del desarrollo de diseño arquitectónico basado en atributos de calidad que se hizo para este proyecto, se obtuvo de la teoría y publicaciones con enfoques más académicos que prácticos.

### 6.1.3. Concernientes al método de evaluación y validación arquitectónica

- a) **ATAM® es un método de evaluación de arquitecturas basado en escenarios.**

Estos escenarios pueden ser los mismos que se definieron durante el levantamiento de requerimientos o pueden ser incluidos posteriormente durante las fases de diseño y evaluación de la arquitectura.

- b) **Aplicar un método de evaluación como ATAM® en forma completa es un proceso extenso, exhaustivo y requiere muchos recursos.**

Una evaluación arquitectónica utilizando ATAM® completo se recomienda principalmente para proyectos de gran magnitud, complejos y donde los riesgos y la tolerancia a errores es mínima.

- c) **Aunque se pudiese aplicar ATAM® completo de la forma más eficiente posible, siguen siendo una actividad que requiere un esfuerzo sustancial.**

ATAM® completo puede requerir 20-30 personas/día de esfuerzo por parte del equipo de evaluación, el arquitecto y las partes interesadas. Invertir esta cantidad de tiempo solo tiene sentido en un proyecto grande y costoso, donde los riesgos de cometer errores en la arquitectura son inaceptables.

- d) **La aplicación de métodos de evaluación arquitectónica extensos, profundos y de alto costo no son los únicos para poder evaluar adecuadamente una arquitectura.**

Debido a que la aplicación de ATAM® original es un método de evaluación costoso, los creadores del método, a lo largo de los años de experiencia y con base en la retroalimentación de otros expertos, han elaborado un método ligero, rápido y simple basado en el método original, denominado *ATAM® Simplificado*<sup>85</sup>.

- e) **Tener a disposición métodos de evaluaciones breves y rápidas, facilita su aplicación sobre las arquitecturas candidatas en forma frecuente.**

Aunque una evaluación extensa y profunda se prefiere para proyectos donde la tolerancia a defectos es mínima, las evaluaciones breves y rápidas facilitan la identificación temprana de defectos al poderse aplicar sobre arquitecturas candidatas iniciales y realizarse con mayor frecuencia, lo que permite corregirlos inmediatamente y, con esto, mejorar la calidad del diseño en forma incremental e iterativa.

---

<sup>85</sup> Traducido y adaptado del inglés *lightweight ATAM®*.

- f) **Los métodos de evaluación simplificados ofrecen la ventaja de poder aplicarse sobre los diseños iniciales y no hasta el final cuando la complejidad del diseño es mayor.**

Entre los principales beneficios de utilizar una versión abreviada como ATAM® Simplificado es que se puede aplicar como parte del desarrollo de la arquitectura inicial (las primeras arquitecturas candidatas) y no más adelante o hasta el final, cuando la arquitectura se ha vuelto más grande y compleja, implicando un alto costo en la detección y corrección de defectos.

- g) **Los métodos de evaluación breves y rápidos como ATAM® Simplificado, reducen los problemas de disponibilidad de los interesados sin afectar la presencia e influencia del arquitecto o el equipo de arquitectos.**

Una de las ventajas más importantes de los métodos de evaluación simplificados es que el arquitecto (o el equipo de arquitectura del proyecto) se mantiene involucrado, pero la participación de los interesados se reduce, mitigando así el principal problema en el progreso del proyecto, que consiste en falta de disponibilidad y colaboración de las partes interesadas.

- h) **Los métodos de evaluación simplificados se pueden aplicar con pocos participantes en un día o menos, lo que los hace muy atractivos, tanto para el arquitecto de SI, como para los interesados.**

Aplicar un tipo de evaluación arquitectónica de manera rápida y ligera puede llevarse a cabo en un día o menos y tiene la ventaja de que puede realizarse completamente por miembros internos de la organización con solo la guía del arquitecto (o equipo de arquitectura si fuera el caso y estuviese disponible).

Asimismo, debido a que los participantes son menos en número, toma mucho menos tiempo darle oportunidad a cada uno para compartir su opinión, lograr consenso y un entendimiento compartido.

- i) **Hay una compensación de costo-beneficio entre los métodos de evaluación simplificados y los métodos de evaluación completos.**

Aunque el nivel de análisis y objetividad de una evaluación simplificada puede no evaluar un diseño arquitectónico tan profundamente como una evaluación completa y formal, hay una compensación de costo-beneficio que es suficientemente apropiada para muchos proyectos, como es el caso del contexto y circunstancias que rodearon el desarrollo del diseño de la arquitectura StandardME.

- j) **Los métodos simplificados de evaluación arquitectónica conforman solo una parte del arsenal que el arquitecto tiene a su disposición y que puede utilizar según su criterio y las circunstancias del proyecto.**

Así como ATAM® Simplificado, los métodos de evaluación ligeros vienen a formar parte del conjunto de herramientas que los arquitectos tienen disponibles para poder desarrollar diseños arquitectónicos más robustos y enfocados, permitiéndoles lograrlo de una manera más económica en tiempo, costo y esfuerzo.

- k) **La aplicación de evaluaciones arquitectónicas simplificadas proporciona beneficios adicionales que los métodos de evaluaciones arquitectónicas extensas y profundas no proporcionan.**

La aplicación de evaluaciones breves y rápidas como ATAM® Simplificado, proporcionan los siguientes beneficios adicionales:

- Son breves, simples y se pueden realizar en un día o menos.
- Están optimizadas y se enfocan en los aspectos arquitectónicos de más alta prioridad.
- Son menos formales, más económicas y más rápidas de aplicar.
- Su simplicidad y filosofía de enfoque "directo al grano" las hacen atractivas para los equipos de diseño y desarrollo.
- Son un complemento ideal para el desarrollo de proyectos utilizando enfoques de tipo ágil, espiral y/o incremental.
- Son muy adecuadas para usarse como herramientas de colaboración en forma presencial y remota.

## 6.2. Limitaciones del proyecto

- a) **La ubicación geográfica de las instituciones participantes limitó la capacidad de organizar reuniones conjuntas.**

Por la diferente ubicación geográfica de los interesados provenientes de cada una de las instituciones participantes, la coordinación y realización de las reuniones requirió un esfuerzo adicional de planificación del proyecto, dificultando también su desarrollo.

Muchas de las reuniones se realizaron en forma parcial debido a la ausencia de varios de los participantes, por lo que fue necesario recurrir a conversaciones individuales en forma presencial y remota para completarlas.

- b) **La dificultad de coordinar reuniones para la obtención de requerimientos limitó la realización rápida y eficiente de esta actividad.**

El calendario original del proyecto se extendió en múltiples ocasiones para poder completar esta actividad. Como consecuencia, se tuvo que dedicar más tiempo y esfuerzo a esta actividad que a cualquier otra en el proyecto.

- c) **El bajo nivel de compromiso por parte de los usuarios finales limitó la planificación y la coordinación del proyecto.**

Los proyectos de diseño y desarrollo arquitectónico de sistemas de información, independientemente de cómo se han originado, generalmente vienen acompañados de un bajo nivel de compromiso por parte de los usuarios finales. Aun siendo ellos los beneficiarios directos de tales sistemas, su colaboración, participación e involucración en el proyecto requiere un esfuerzo adicional por parte del líder de proyecto (en este caso, el arquitecto de SI), para lograr un nivel aceptable de colaboración que permita maximizar los beneficios para la organización.

- d) **La falta de ejemplos de aplicación de estándares de documentación arquitectónica de proyectos reales limitó la capacidad del arquitecto de SI de poder *construir*<sup>86</sup> sobre una base existente.**

Una de las buenas prácticas de diseño arquitectónico es la de poder reutilizar otras arquitecturas como referencia y evitar tener que comenzar *desde abajo*<sup>87</sup>.

Para este proyecto, aparte de algunos patrones de diseño de software que se utilizaron, la arquitectura tuvo que diseñarse desde la base, sin poder contar

---

<sup>86</sup> Del inglés *build-up*.

<sup>87</sup> Del inglés *from the ground up*.

con una referencia arquitectónica de algún proyecto real que pudiese utilizarse como plataforma inicial.

- e) **Los productos sugeridos por TOGAF® para documentar el diseño arquitectónico de sistemas de información se limitaron a una lista de consideraciones sobre la arquitectura de datos y de aplicación.**

Las vistas de la arquitectura StandardME incluidas en la sección *4.3.5-Vistas arquitectónicas*, muestran las estructuras de descomposición, componente/conector y alojamiento de un sistema StandardME, tal y como se espera de una documentación de diseño arquitectónico estándar.

Sin embargo, el marco de arquitectura empresarial TOGAF® sugiere una serie de *artefactos* o productos adicionales para documentar la arquitectura de datos y la arquitectura de aplicación que no se incluyeron en esta documentación.

Aunque esta fue una limitación establecida *a priori*, como parte de los *objetivos de la arquitectura* de la sección *4.3.2-Identificación, objetivos y generalidades de la descripción arquitectónica*, es importante reiterarlo aquí con el propósito de delimitar claramente las expectativas del lector en cuanto a la relación de este proyecto con TOGAF®.

En sustitución de tales productos, se incluyeron dentro de cada una de las vistas una serie de consideraciones específicas para la arquitectura de datos y la arquitectura de aplicaciones, en función de beneficiar un mayor número de instituciones educativas y minimizar casos específicos de utilización.

### 6.3. Trabajos futuros

Antes de enumerar aquí aspectos que exceden los alcances del proyecto, que podrían considerarse como trabajos a futuro, es importante aclarar que, basado en los objetivos, alcances, limitaciones, decisiones claves tomadas en consenso y las concesiones que se hicieron en conjunto con los interesados en la arquitectura StandardME, este proyecto cumplió los objetivos en su totalidad sin dejar actividades por realizar o productos pendientes por entregar.

Esta sección incluye actividades y productos que podrían considerarse como trabajos posibles de realizar en el futuro, debido a las circunstancias que determinaron su exclusión del proyecto. Estas circunstancias son:

- No eran parte del objetivo general o de los objetivos específicos del proyecto
- Estaban fuera del alcance y las limitaciones del proyecto
- Las partes interesadas no las consideraron relevantes cuando se definieron los objetivos específicos de la arquitectura
- No llegaron a ser parte de los requerimientos de importancia arquitectónica obtenidos
- No fueron seleccionados como atributos de calidad de alta prioridad
- Se excluyeron por consenso en conjunto con los interesados
- No se incluyeron debido a concesiones que se hicieron con los interesados

Las siguientes actividades y productos son los principales trabajos a futuro que deben considerarse como recomendaciones para desarrollar etapas subsecuentes de este proyecto (por ejemplo, diseño detallado construcción e implementación de un sistema StandardME) o un nuevo proyecto que se decida iniciar en el futuro con base en el descrito en el presente documento:

- a) Extender el diseño arquitectónico, así como su evaluación y validación, para incorporar los atributos de calidad de mediana y baja prioridad que se documentaron en el apéndice C: *Acerca de atributos de calidad*.

La arquitectura StandardME, tal y como está documentada en la actualidad, se enfocó en los atributos de alta prioridad que los interesados seleccionaron y priorizaron al inicio del proyecto. Estos son: *modificabilidad, interoperabilidad y usabilidad*.

- b) El conjunto de vistas arquitectónicas de la sección 4.3.5-*Vistas arquitectónicas*, puede complementarse con el diseño de vistas adicionales que muestren una siguiente descomposición de las estructuras de alojamiento enfocadas en hardware (como recomendaciones y no prescripciones), similar a lo que TOGAF® denomina como *arquitectura tecnológica* [57].

Esto no fue incluido en este proyecto pues TOGAF® la separa de las actividades concernientes a la arquitectura de sistemas de información, pero también, debido a las decisiones de índole arquitectónica que se tomaron y documentaron en la sección 4.3.8-*Decisiones arquitectónicas y sus razones*.

- c) Sería beneficiosa la inclusión de un diagrama de entidad-relación (ERD<sup>88</sup> por sus siglas en inglés) dentro de la documentación de la arquitectura de datos con el propósito de que pueda ser utilizado como referencia por arquitectos, analistas y desarrolladores de instituciones educativas que tengan un interés en implementar un sistema de información StandardME.

Aunque la [Vista 3] incluye un diagrama *conceptual* de entidad-relación utilizando UML, un ERD en formato estándar facilitaría el trabajo de los diseñadores del modelo de datos del sistema de información que desean implementar.

- d) Desarrollar un pequeño prototipo como ejemplo de aplicación de la arquitectura StandardME basado en una institución educativa con características similares a las descritas en el apéndice B.2. *Definición del negocio*.

El propósito sería documentar y mostrar un caso real de aplicación del diseño de la arquitectura StandardME que sirva de ejemplo para el análisis, el diseño detallado y la construcción de un sistema de información real modelado conforme a esta arquitectura.

Esto puede crearse como un documento separado con una referencia a al presente documento, como un ejemplo de aplicación de la arquitectura StandardME.

Un beneficio adicional de hacer esto es que serviría de retroalimentación para mejorar la arquitectura StandardME descrito aquí.

- e) El escenario del contexto organizacional en que el diseño de la arquitectura StandardME se enfoca es el de *una institución educativa que no cuenta con ninguna forma de implementación de TI para realizar el alineamiento curricular*. Este es el escenario a) de la sección 5 del apéndice B.2. *Definición del negocio*. Los escenarios b) y c) no fueron cubiertos por este diseño pues durante las fases iniciales del proyecto se determinó que ambos estaban fuera de su alcance.

---

<sup>88</sup> Del inglés ERD: *Entity-Relationship diagram*.

Se recomienda estudiar detenidamente tales escenarios, hacer un análisis adicional de tipo arquitectónico y determinar si la arquitectura StandardME se puede rediseñar para considerar estos casos.

- f) Hacer un análisis de otras instituciones que no son de secundaria pero que presentan características similares a las descritas en el apéndice B.2. *Definición del negocio* para determinar si la arquitectura StandardME se puede aplicar a ellas tal y como se ha diseñado, o bien, rediseñarla con cambios mínimos para adaptarse a ellas.

Algunos ejemplos de instituciones similares serían: escuelas de primaria, secundarias técnicas, instituciones de educación postsecundaria (universitaria, técnica, vocacional, etc.), instituciones de capacitación y entrenamiento, instituciones de desarrollo profesional y académico, entre otras.

- g) Determinar la adaptabilidad de la arquitectura StandardME para el diseño y construcción de sistemas de información para la administración de recursos de aprendizaje, actividades de aprendizaje y evaluaciones.

Aunque los requerimientos originales que se utilizaron para el diseño de la arquitectura StandardME se enfocaron en sistemas de información para el alineamiento curricular con estándares académicos y competencias, el diseño arquitectónico final obtenido presenta características que permiten utilizar la arquitectura StandardME para el desarrollo de otros sistemas de información similares donde se requiera la funcionalidad de alineamiento entre dos componentes educativos.

Por ejemplo, es posible utilizar la arquitectura StandardME como referencia para el diseño y construcción de sistemas de información para el *alineamiento de evaluaciones* a un conjunto de estándares académicos y competencias.

Lo mismo aplicaría para el alineamiento de recursos y actividades de aprendizaje, y en general, para cualquier componente educativo similar que se requiera alinear a otro.

Sin embargo, es importante evaluar y validar formalmente la arquitectura StandardME contra un conjunto de requerimientos específicos de otros sistemas de información para determinar si es apropiada o no.

.

## **7. Apéndice**

# A: Principios Fundamentales de Arquitectura

---

Los siguientes principios respecto del concepto de arquitectura y el *proceso de diseño de una arquitectura*<sup>89</sup> fueron base de discusión al inicio del proyecto y durante las reuniones de levantamiento de requerimientos, presentación de los avances en el diseño y recepción de comentarios, inquietudes y preguntas de las partes interesadas como parte de su retroalimentación al proyecto.

## 1. Arquitectura no es infraestructura

La infraestructura es parte de los recursos que contribuyen a que el comportamiento del sistema corresponda a la arquitectura que este exhibe.

## 2. Arquitectura no es un documento

Arquitectura es una abstracción de los componentes y las propiedades de un sistema de software, y las relaciones entre ellos. La arquitectura de un sistema o familia de sistemas existe, esté documentada o no.

## 3. El documento de diseño arquitectónico visualiza la arquitectura

La documentación de una arquitectura es la visualización de la arquitectura que un sistema o familia de sistemas exhibe.

## 4. No todos los requerimientos son de significancia arquitectónica

Los requerimientos funcionales, aunque pueden impactar la toma de decisiones de diseño arquitectónico, no son los únicos importantes. Los requerimientos no funcionales (atributos de calidad como rendimiento, seguridad, disponibilidad, etc.) y las restricciones del sistema, son los que impactan fuertemente el proceso de diseño arquitectónico.

## 5. Los requerimientos son solo una parte de las influencias del diseño arquitectónico

Los insumos para el diseño arquitectónico no son solo los requerimientos. Cosas como misión, visión, metas, objetivos, roles, actividades, capacidades, servicios, componentes técnicos y físicos disponibles, alimentan y definen el diseño de una arquitectura.

Asimismo, buenas prácticas, referentes externos, entorno competitivo, regulaciones, prospección de la evolución institucional en cuanto a organización, estrategia, madurez y sistemas de información son factores que influyen sustancialmente al arquitecto en sus decisiones de diseño arquitectónico a lo largo del proyecto.

---

<sup>89</sup> Del inglés *architecting*.

**6. No hay una arquitectura final**

El proceso de diseño y rediseño arquitectónico de un sistema o familia de sistemas es un proceso continuo que no termina hasta que su ciclo de vida se haya cumplido.

**7. No existe una arquitectura única**

Un sistema de información exhibe su arquitectura. Las descripciones arquitectónicas (documentación) pueden expresar esa arquitectura de muchas maneras. Diez arquitectos generarán diez diseños arquitectónicos distintos si modelaran el mismo sistema o familia de sistemas.

# B: Documentos de Referencia para la Descripción Arquitectónica

---

## B.1. Aspectos claves de la norma 42010

Se complementa la documentación del proyecto con la siguiente información relevante obtenida de la **norma internacional ISO/IEC/IEEE 42010:2011** [14] según su versión en inglés, con el fin de mantener consistencia y proveer al lector acceso inmediato a extractos del texto original sin tener que recurrir a la lectura del documento completo de la norma.

### 1. Definiciones

#### 1.1. Partes interesadas y sus inquietudes – pg. 6

##### **4.2.3 Stakeholders and concerns**

*Stakeholders of a system have concerns with respect to the system-of-interest considered in relation to its environment. A concern could be held by one or more stakeholders. Concerns arise throughout the life cycle from system needs and requirements, from design choices and from implementation and operating considerations. A concern could be manifest in many forms, such as in relation to one or more stakeholder needs, goals, expectations, responsibilities, requirements, design constraints, assumptions, dependencies, quality attributes, architecture decisions, risks or other issues pertaining to the system.*

*EXAMPLES The following are concerns in the terms of this International Standard: functionality, feasibility, usage, system purposes, system features, system properties, known limitations, structure, behavior, performance, resource utilization, reliability, security, information assurance, complexity, evolvability, openness, concurrency, autonomy, cost, schedule, quality of service, flexibility, agility, modifiability, modularity, control, inter-process communication, deadlock, state change, subsystem integration, data accessibility, privacy, compliance to regulation, assurance, business goals and strategies, customer experience, maintainability, affordability and disposability. The distribution transparencies described in the Reference Model of Open Distributed Processing [ISO/IEC 10746-1] are concerns in the terms of this International Standard. Software properties as described in SQUARE [ISO/IEC 25010:2011, 4.2] name concerns in the terms of this International Standard.*

## B.2. Definición del negocio

A continuación, se define el negocio en términos de los principales beneficiarios que pueden hacer uso de este diseño arquitectónico.

1. Tipo de negocio: Institución educativa.
2. Sistema o sector: Sistema de educación pública, privada o híbrida regulada por el gobierno por medio de un ministerio o departamento de educación.
3. Nivel académico: Secundaria.
4. Estado de alineamiento curricular:
  - a) La institución está actualmente alineada en forma parcial o el alineamiento se ha hecho con objetivos académicos o similares propios de la institución, pero no está alineada a estándares académicos y competencias establecidas por la entidad oficial que los autoriza.
  - b) La institución no está actualmente alineada, pero tiene planes de iniciar con el alineamiento en el corto o mediano plazo (1-2 años).
  - c) La institución no tiene planes de alineamiento con mediano plazo, pero se le ha requerido comenzar a establecer un plan de trabajo dentro de los próximos 2 años y comenzar con el proceso de alineamiento con partir del tercer año.
5. Uso de sistemas de información y/o aplicaciones relacionadas:
  - a) La institución no cuenta con ninguna forma de implementación de TI para realizar el alineamiento curricular.

Escenario de **interoperabilidad** en el nivel de **datos** (#1):

No existe base de datos que integrar. El sistema requiere una base datos nueva. Sin embargo, el modelo de datos debe responder únicamente a la funcionalidad principal del sistema: la capacidad de alineamiento del currículo a un conjunto establecido de estándares académicos y competencias.

**Este escenario es el que se buscar alcanzar con el proyecto.**
  - b) La institución cuenta con TI para la administración de ciertas funciones del proceso educativo, como el currículo y el planeamiento de lecciones, pero no con las funciones requeridas para realizar el alineamiento curricular.

Escenario de **interoperabilidad** en el nivel de **datos** (#2):

Existen base de datos que integrar, pero lo que se requiere es una migración de datos al nuevo sistema. Una vez que los datos se han migrado al nuevo sistema, este opera independientemente de los demás, por lo que no se requiere sincronización con los sistemas originales. Para mantener la integridad de los datos, la interoperabilidad se mantiene asincrónicamente vía migración. Por el tipo de datos que el nuevo sistema requiere administrar, esta migración no ocurre con frecuencia.

**Este escenario se sale de los alcances actuales del proyecto.**

**Esta funcionalidad podría alcanzarse en un proyecto posterior.**

- c) La institución cuenta con uno o más sistemas/aplicaciones para el alineamiento con estándares académicos y competencias, pero tales herramientas presentan problemas como: falta de flexibilidad para usar nuevos estándares, su rendimiento es pobre, su interfaz es compleja o difícil de usar, el sistema ha cumplido con su ciclo de vida, etc.

Escenario de **interoperabilidad** en el nivel de **datos** (#3):

Este escenario es una combinación de los anteriores. El sistema necesita una base de datos nueva (escenario #1), pero se requiere migrar datos de los sistemas heredados y mantener la integridad de los datos en forma asincrónica (escenario #2).

**Este escenario se sale de los alcances actuales del proyecto.**

**Esta funcionalidad podría alcanzarse en un proyecto posterior.**

## 6. Contexto y estructura organizacional general:

- a) Distribución geográfica:

Cada institución educativa se estudió individualmente, pero como parte de un grupo de instituciones similares distribuidas en distintas zonas geográficas (*Figura 45*). A pesar de no estar administrativamente conectadas, su estructura organizacional interna es similar.



*Figura 45: Instituciones educativas distribuidas geográficamente.  
Elaboración propia.*

b) Estructura organizacional interna:

Cada institución tiene su propia organización interna, pero esta se puede generalizar y dividir en tres áreas funcionales:

- Área de Servicios (tecnología, académicos, administrativos, otros)
- Área Administrativa (liderazgo)
- Área Académica (facultad, docencia)

La *Figura 46* muestra la estructura organizacional típica de una institución de educación secundaria, con la indicación de sus áreas funcionales.

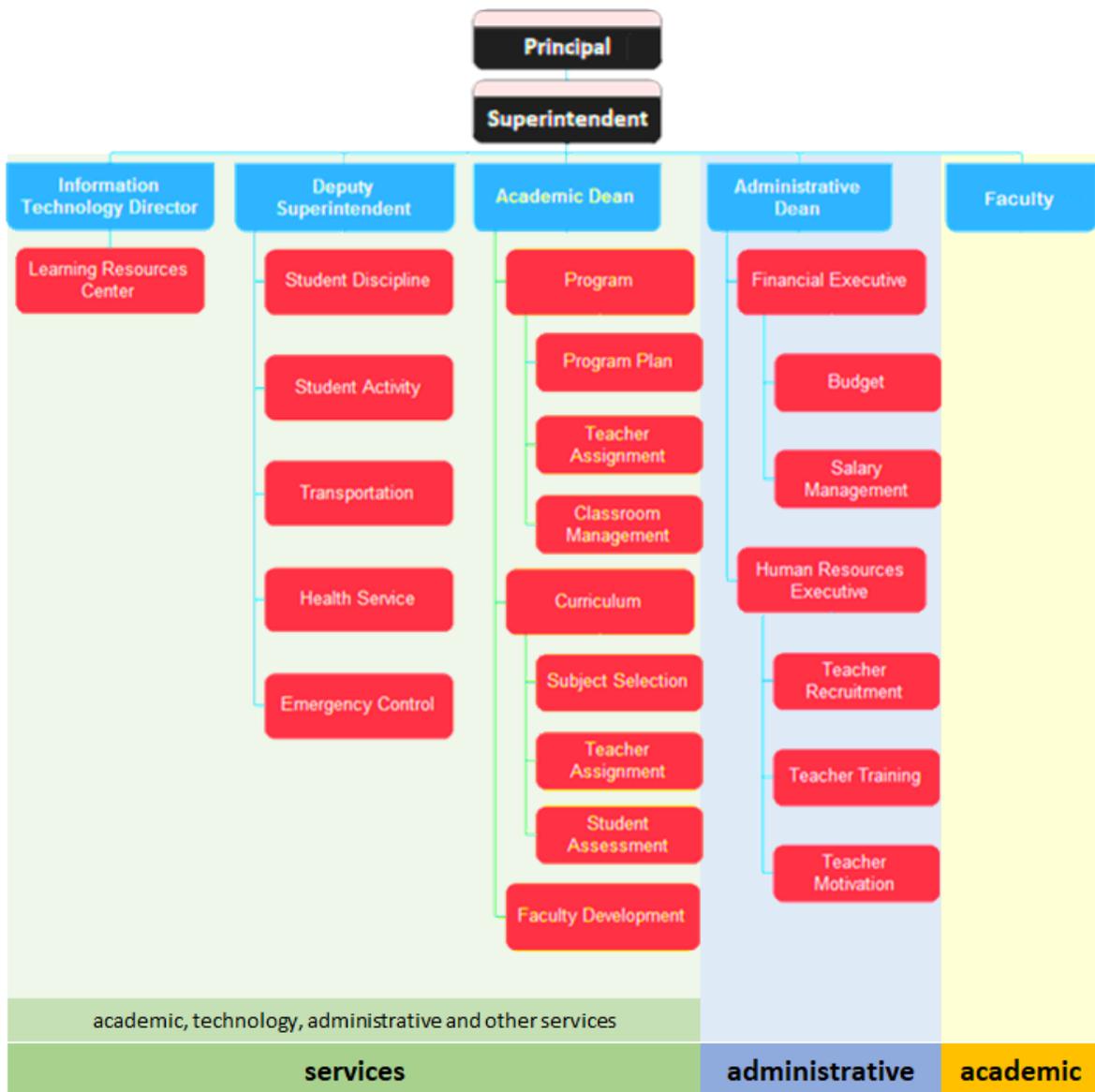


Figura 46: Estructura organizacional típica de una institución educativa de secundaria.  
Elaboración propia.

a) Infraestructura tecnológica distinta:

Para el soporte operacional de la organización, cada institución estudiada presenta una infraestructura tecnológica diferente, inclusive entre instituciones educativas administrativamente relacionadas, como por ejemplo aquellas que se encuentran bajo una misma administración distrital, regional o estatal.

La Figura 47 y la Figura 48 muestran dos ejemplos de instituciones educativas de educación secundaria (incluyen kindergarten y primaria) con infraestructuras tecnológicas completamente distintas.

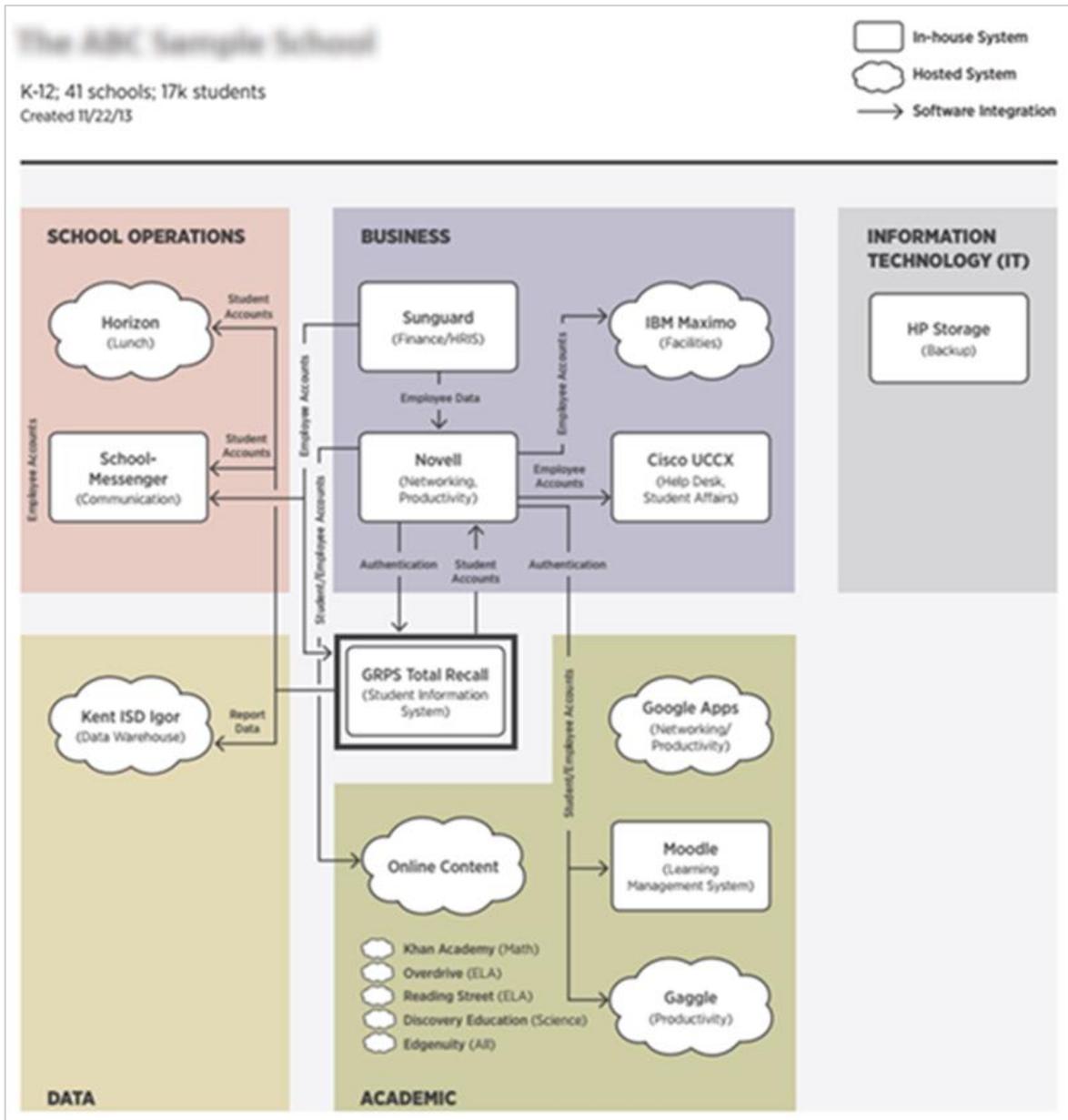


Figura 47: representación de la infraestructura tecnológica de una institución educativa (ejemplo 1).  
 The Clayton Christensen Institute [9].

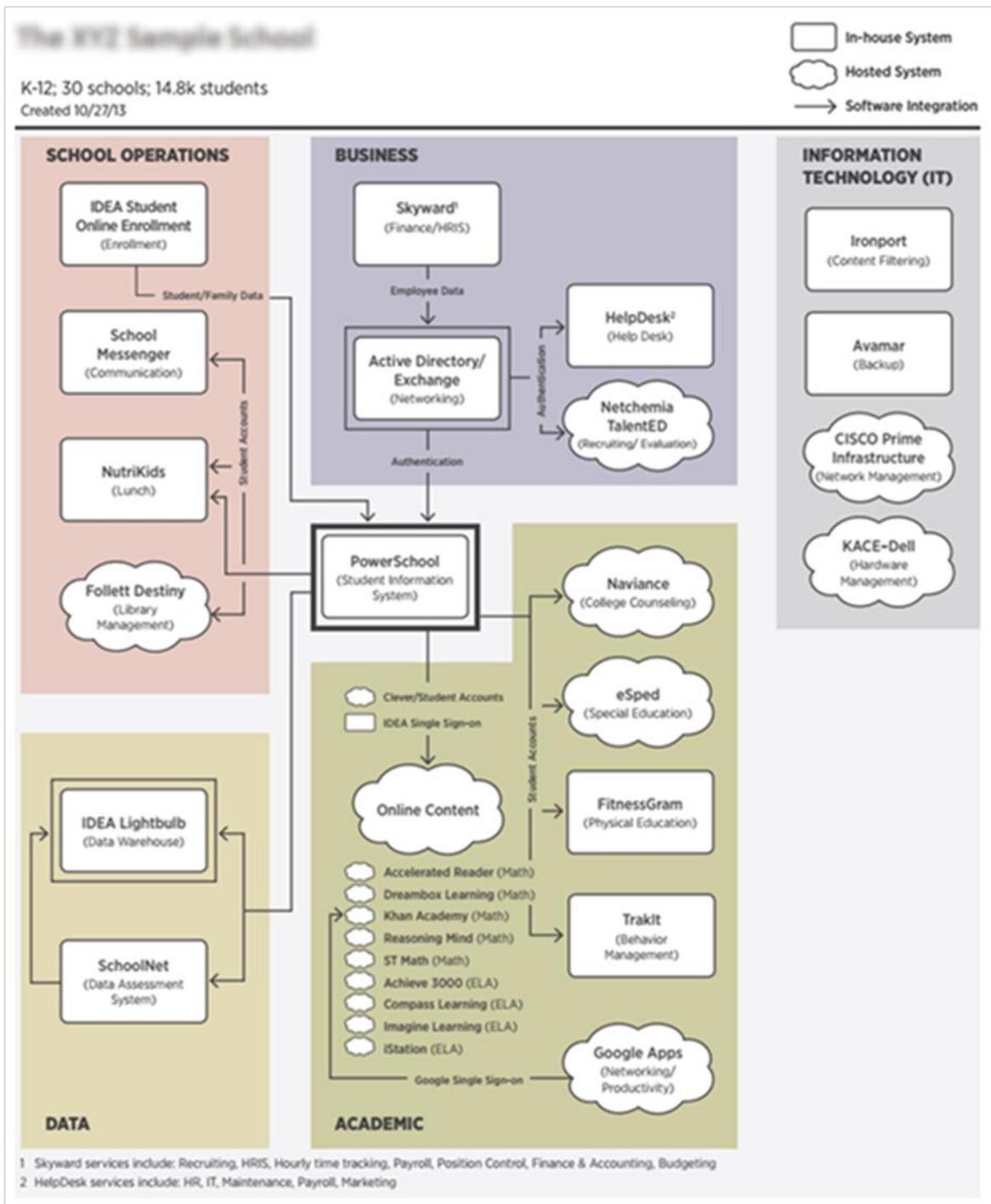


Figura 48: representación de la infraestructura tecnológica de una institución educativa (ejemplo 2).  
 The Clayton Christensen Institute [9].

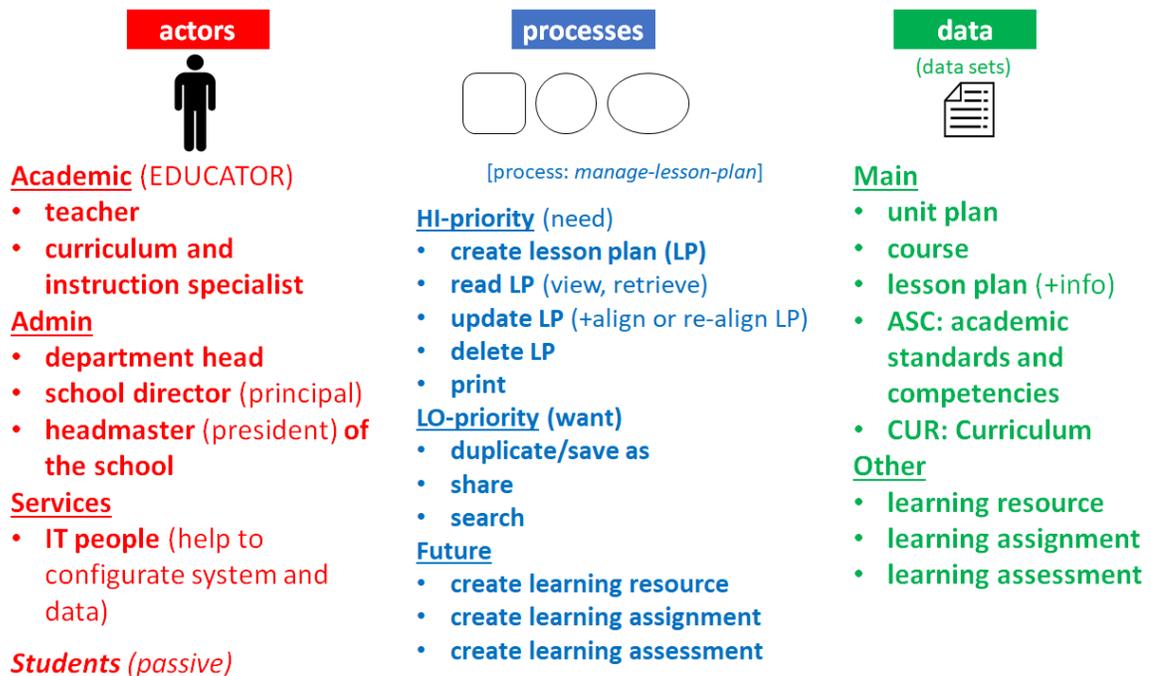
## B.3. Casos de uso principales

Para poder crear los casos de uso principales, se procedió a realizar las actividades siguientes (1-4) durante las reuniones QAW que se tuvieron con algunos representantes de las partes interesadas.

El resultado de este fue identificar actores, procesos y datos de importancia para un sistema StandardME.

Al final de la actividad 4, se comenzó un trabajo de refinamiento y filtración de la información provista para mantener aquellos que tuviesen importancia arquitectónica y suprimir los que no.

### 1. Identificación de actores, procesos y datos principales (final)



## 2. Identificación de usuarios (actores) principales

people = actors



### Academic (EDUCATOR)

- teacher
- curriculum and instruction specialist

### Admin

- department head
- school director (principal)
- headmaster (president) of the school

### Services

- IT people

*Students (passive)*

## 3. Identificación de procesos principales

process: *manage-lesson-plan*

What does an **educator** want to do with a **lesson plan**?



an **educator\*** wants to...

\*educators are:

- teachers
- curriculum and instruction specialist

- **create** (with all its data)
- **align/re-align** (modify the alignment, is optional)  
*[process: manage-alignment]*
- **modify/edit**
- **save**
- **save as/duplicate/copy**
- **share** (*process: share-admin*)
- **print**
- **search** (*process: text-search*)
- **access/view**
- **delete**



...a **lesson plan**.

process: *manage-alignment*

## How does an **educator** do an **alignment**?



an **educator**...

1. Creates a new lesson plan or accesses an existing one
2. Fills in all info if needed
3. Searches for an existent academic standard
4. Chooses the ASC to link it to the LP
5. Repeats 3-4 as many times as he wants
6. Saves the lesson plan



affects (data):  
• **lesson plan**

## 4. Identificación de (entidades de) **datos principales**

**data**

### What **data** does an **educator** need in a **lesson plan**?



an **educator** needs for his/her lesson plans...

- **id/code** (automatic, unique)
- **dates**: date-creation (automatic from system), date-start, date-completion
- **course info**: unit-plan, course/subject, grade-level, term
- **title** (one)
- **description** (one)
- **learning objective** (one or more)
- **learning activity** (zero or more. process: *learning-activity-admin*)
- **academic standard** (one or more. process: *alignment-admin, academic-standard-admin*)
- **learning resource** (zero or more. process: *manage-learning-resource*)
- **learning assignment** (zero or more. process: *manage-learning-assignment*)
- **learning assessment** (zero or more. process: *manage-learning-assessment*)
- **note** (box for additional text)
- **tag** (zero or more)

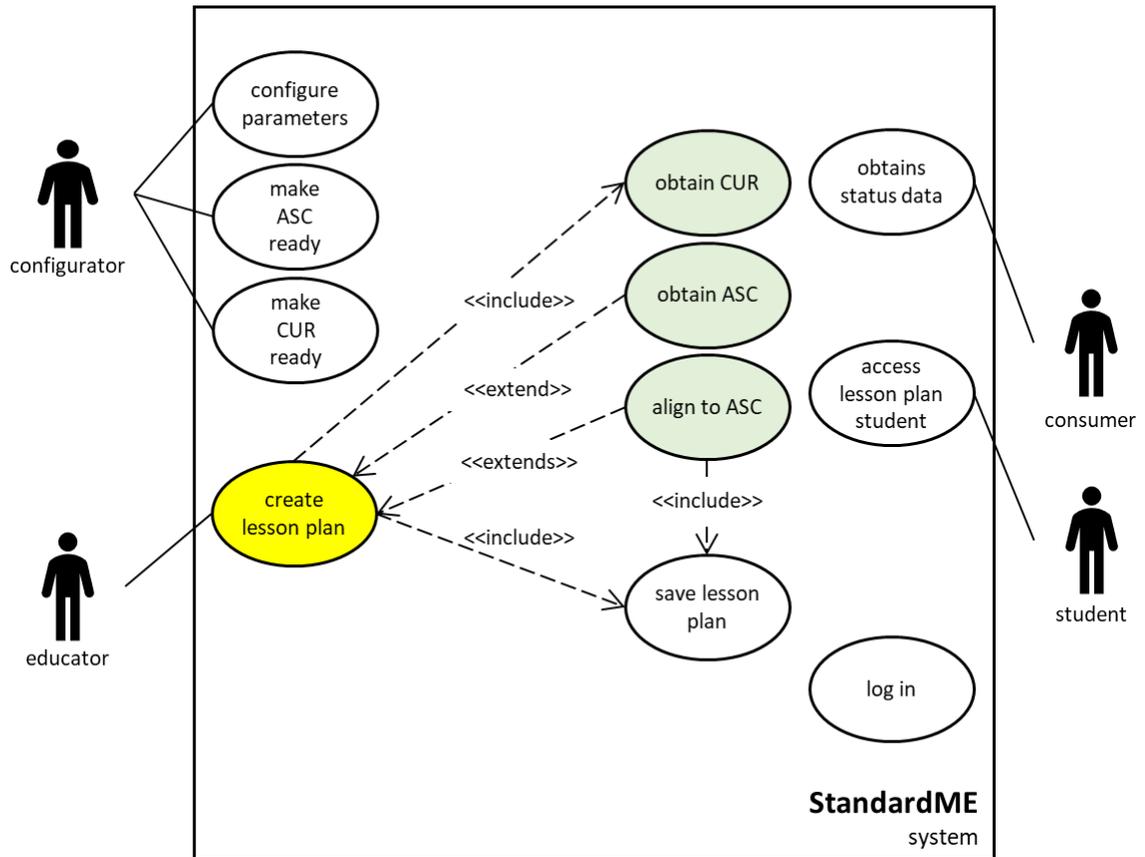
*\*may exist already*



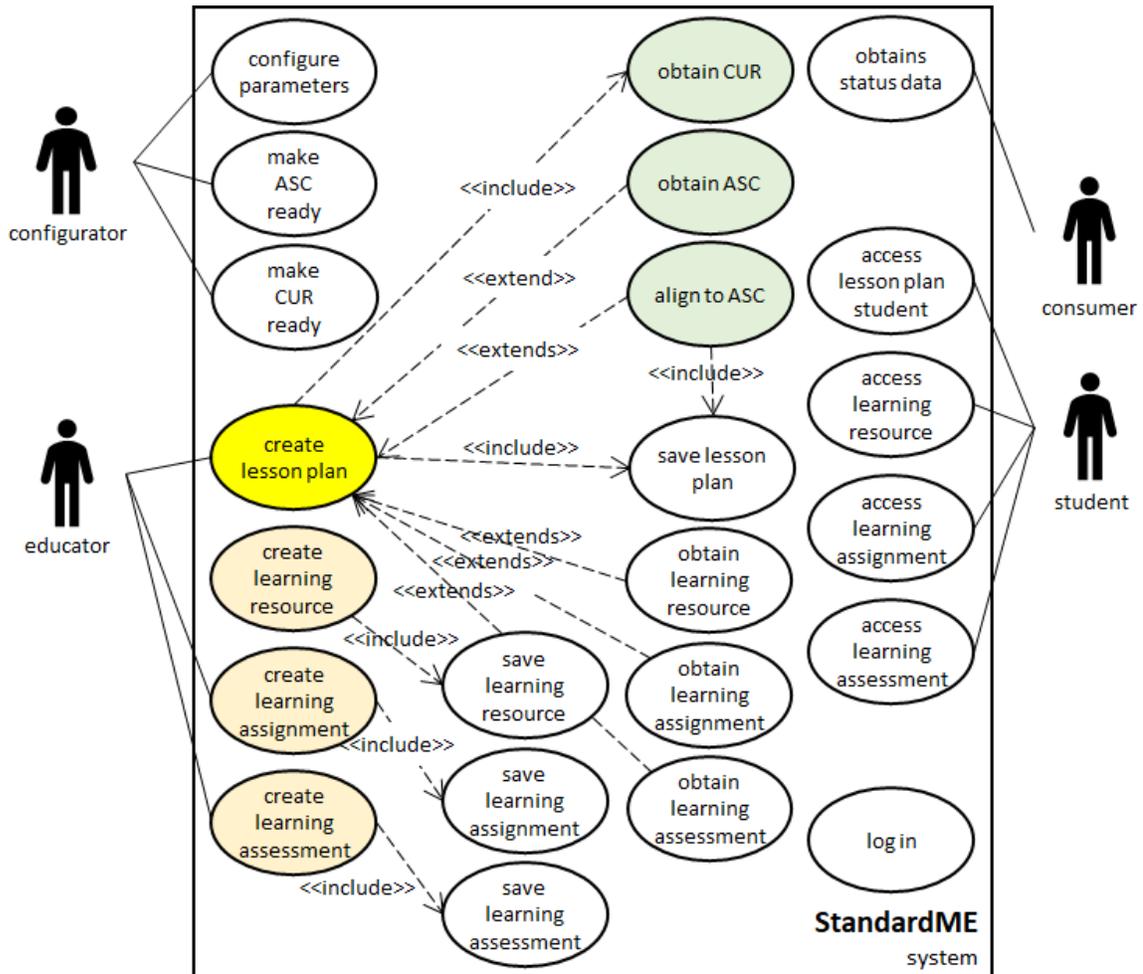
...in a **lesson plan**

La información anterior permitió definir los siguientes casos de uso, tratando de mantener un alto nivel de conceptualización sin entrar en detalles. Estos casos de uso están enumerados del 5 al 6.

## 5. Casos de uso por tipo de usuario – General



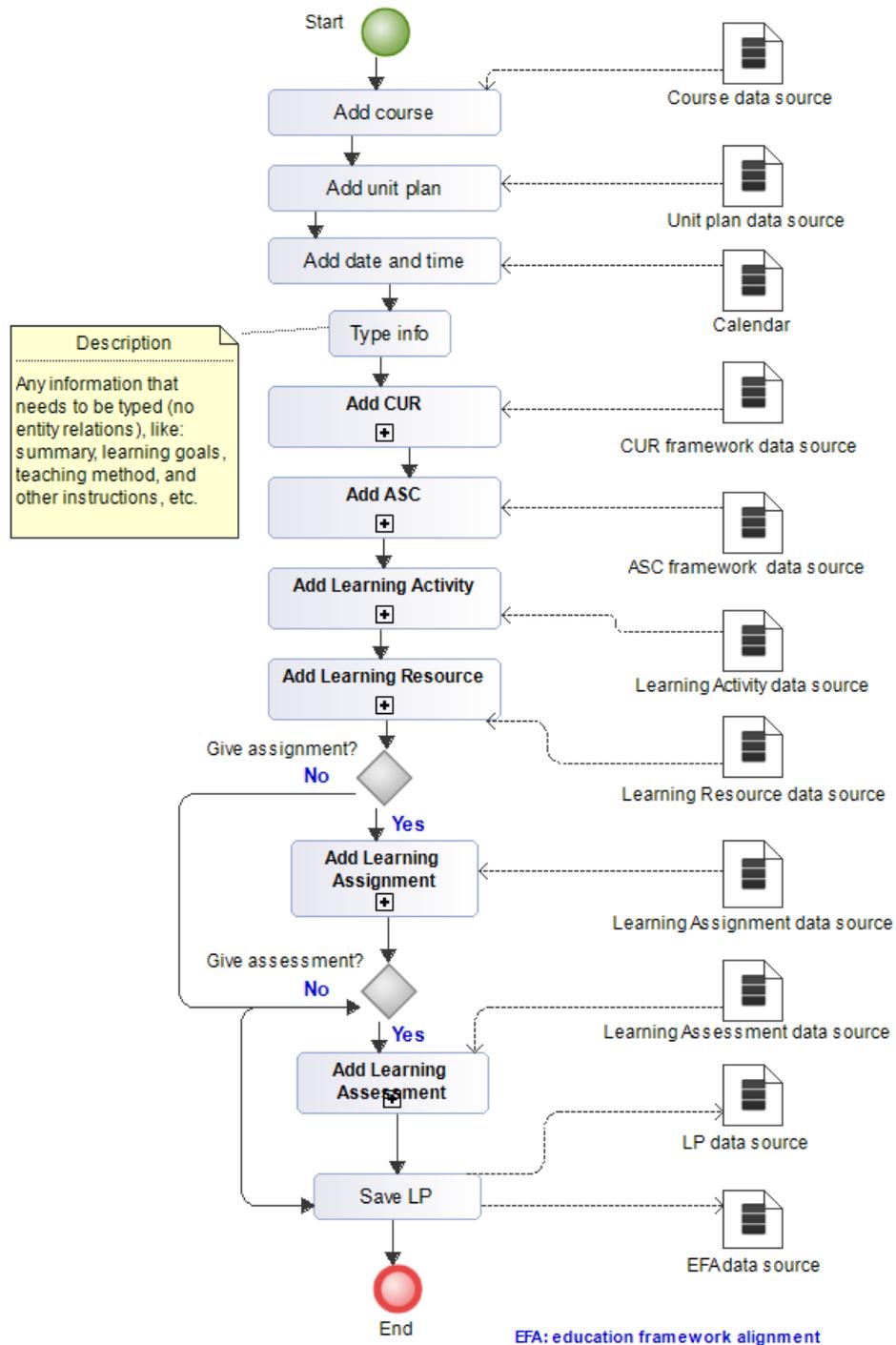
## 6. Casos de uso por tipo de usuario – Detallado



El siguiente diagrama de secuencia expresa con detalle el caso de uso principal [**create lesson plan**] definido en 6.

En 7, puede observarse la secuencia de flujo de este caso de uso, que es el más importante del sistema en función del objetivo principal.

## 7. Diagrama de secuencia: proceso [manage-lesson-plan]



## 8. Diagrama de secuencia: proceso completo

Aquí se muestra un diagrama de la secuencia completa de entrada, proceso y salida de un sistema StandardME en el orden en que viajan los datos desde el inicio (entrada) hasta el final (salida) en función de realizar el alineamiento curricular, por medio de la creación o modificación de un plan de lección, a un conjunto de estándares académicos y competencias.

Antes de describir el proceso, es importante definir la notación utilizada para identificar cada uno de los elementos en el diagrama.

### **Acrónimos:**

- **ASC:** academic standards and competencies
- **ASCd:** ASC data
- **CUR:** curriculum
- **CURd:** CUR data
- **LPLAN:** es una entidad de datos que representa el plan de lección.

### **Representación de los elementos:**

**Actor:** un actor es una persona, una organización, un sistema o cualquier objeto. Un actor puede ser externo, aun siendo parte de la organización. La definición de interno o externo tiene que ver con el rol que cumple en relación con el sistema.

- Los actores internos (interactúan o son parte del sistema) son los rectángulos **rojos**.
- Los actores externos son los rectángulos **negros**.
- Los actores internos son:
  - **configurator:** se encarga de configurar el sistema y realizar los procesos de extracción, transformación y carga de datos (ETL).
  - **educator:** es el principal usuario del sistema. Realiza el plan de lección y la alineación curricular.
  - **consumer:** es cualquier usuario que utiliza el sistema para consultas (reportes).
  - **student:** el estudiante utiliza el sistema para tener acceso a la información del plan de lección que le concierne, por ejemplo, las asignaciones, los recursos y las evaluaciones.
- Los actores externos son:
  - **ASC producer:** se encarga de producir datos concernientes a los estándares académicos y de competencias (ASCd).
  - **CUR producer:** se encarga de producir datos concernientes al currículo (CURd).

**Proceso:** un proceso es cualquier función realizada por el sistema en forma manual (requiere un estímulo externo), o automática (cuando el estímulo es interno, debido a un evento causado por otro proceso o por el tiempo).

- Los procesos internos son los círculos **azules**.
- Los procesos externos son los círculos **grises**.
- Los procesos externos son:
  - f) **ASCd creation:** este proceso es externo al sistema y originado por **ASCd producer**. No interesa conocer su especificación. Es de interés para el sistema porque produce **ASCd**.
  - g) **CUR creation:** este proceso es externo al sistema y originado por **CURd producer**. No interesa conocer su especificación. Es de interés para el sistema porque produce **CURd**.
- Los procesos internos son:
  - h) **ASCd load:** se refiere a un proceso completo ETL que transforma ASCd a un formato de datos reconocido por el sistema.
  - i) **CURd load:** se refiere a un proceso completo ETL que transforma CURd a un formato de datos reconocido por el sistema.
  - j) **LPLAN creation:** es el proceso que habilita la creación de un plan de lección. Se hace la diferencia entre la creación de planes de lección alineados o no alineados. Esto contribuye al proceso **STATUS data** en funciones de reporte de cobertura de alineamiento, que al fin y al cabo es lo que se quiere hacer para visualizar el estado actual de alineamiento curricular.
  - k) **STATUS view (data):** obtiene los datos de las fuentes de datos respectivas para proveer funcionalidad para el reporte del estado actual de cobertura de alineamiento curricular.
  - l) **LPLAN view (access):** provee funcionalidad para el usuario **estudiante** concerniente al acceso a la información del plan de lección que le es relevante.

**Fuente de dato:** una fuente de datos puede ser estructurada (base de datos) o no estructurada (archivo de texto)

- Las fuentes de datos internas son los cilindros **verdes**.
- Las fuentes de datos externas son los cilindros **grises**.
- Las fuentes de datos externas son:
  - m) **ASC data:** almacenamiento de **ASCd** en forma estructurada o no estructurada. Se espera que el formato no sea compatible con el formato de datos del sistema StandardME.
  - n) **CUR data:** almacenamiento de **CURd** en forma estructurada o no estructurada. Se espera que el formato no sea compatible con el formato de datos del sistema StandardME.
- Las fuentes de datos internas son:
  - o) **ASC db:** almacenamiento de **ASCd** en formato compatible con el sistema.
  - p) **CUR db:** almacenamiento de **CURd** en formato compatible con el sistema.

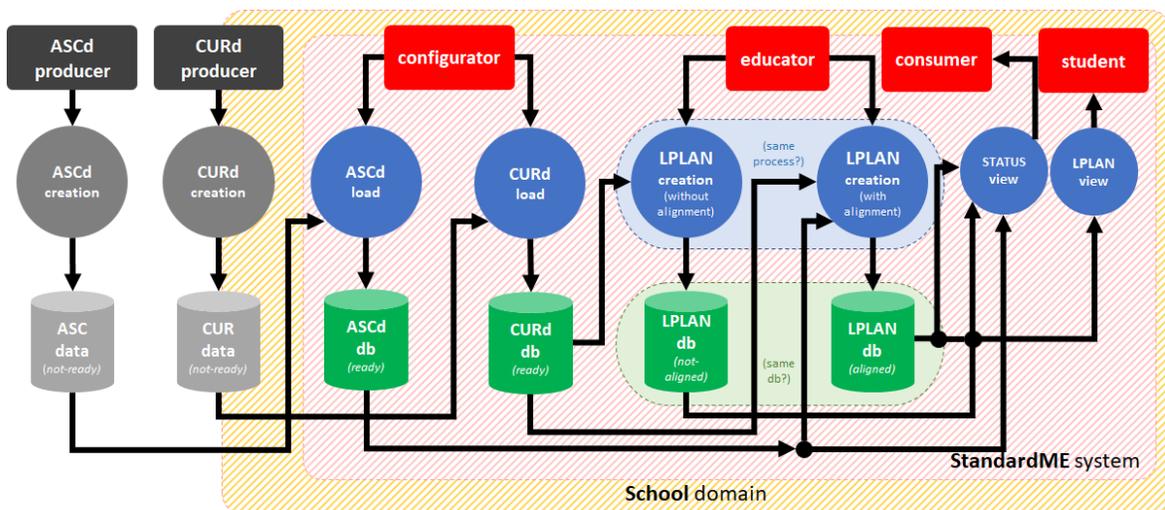
- q) **LPLAN db (no alineado)**: almacenamiento de los planes de lección que no están alineados.
- r) **LPLAN db (alineado)**: almacenamiento de los planes de lección que están alineados.

*Nota: se utiliza el mismo nombre porque la implementación podría utilizar una misma fuente de datos para almacenar los planes de lección y el estado de alineamiento se puede indicar por medio de un atributo binario. La implementación podría también hacer en fuentes de datos separadas.*

El diseño del diagrama se fue refinando en cada iteración, comenzando por la iteración 1 y terminando con la iteración 3.

Un sistema StandardME se puede implementar con cualquiera de los estados del sistema que cada iteración muestra (1-3), aunque se recomienda la última (3), que es la secuencia más refinada y con menos elementos.

### Iteración 1:



### Iteración 2:

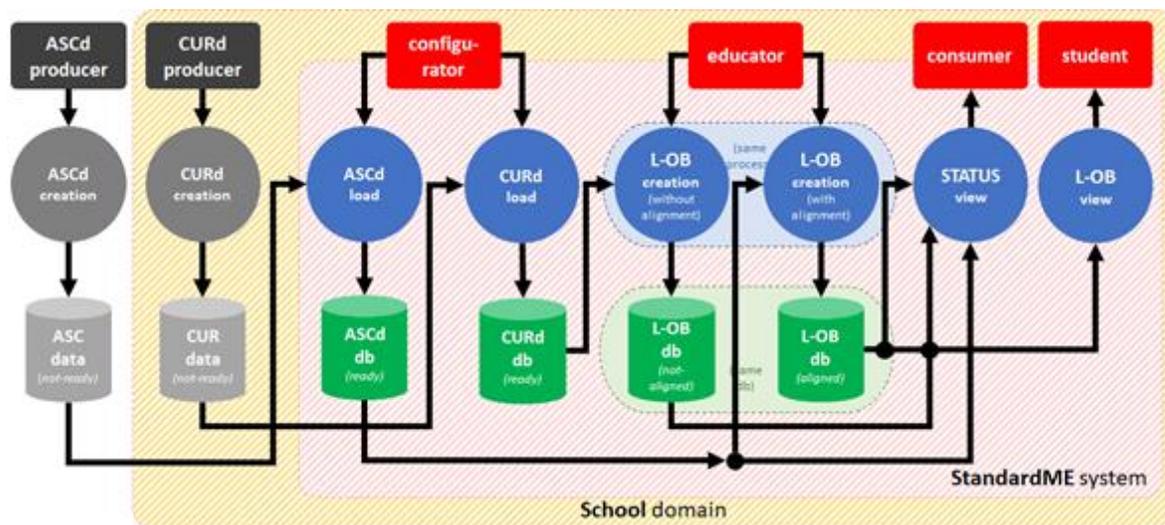
L-OB es un *objeto de aprendizaje*<sup>90</sup> y reemplaza a LPLAN, entidad de datos que representa el plan de lección.

L-OB puede ser ahora instanciado como:

**[learning resource], [learning assignment], [learning assessment]**

<sup>90</sup> Del inglés *learning object*.

Este diseño permite que la funcionalidad del sistema sea extendida al habilitar la creación no solo de planes de lección, sino también de otros artefactos como recursos, asignaciones y evaluaciones.



### Iteración 3:

F-OB es un objeto que reemplaza ASCd y CURd. El objeto F-OB sería una representación de un marco de referencia educacional al cual alinearse, en este caso, un conjunto de estándares académicos y competencias, pero no estaría limitado solo a este. Un marco de referencia educacional puede ser, por ejemplo, un currículo, un conjunto de competencias específico, un conjunto de políticas educativas, etc.

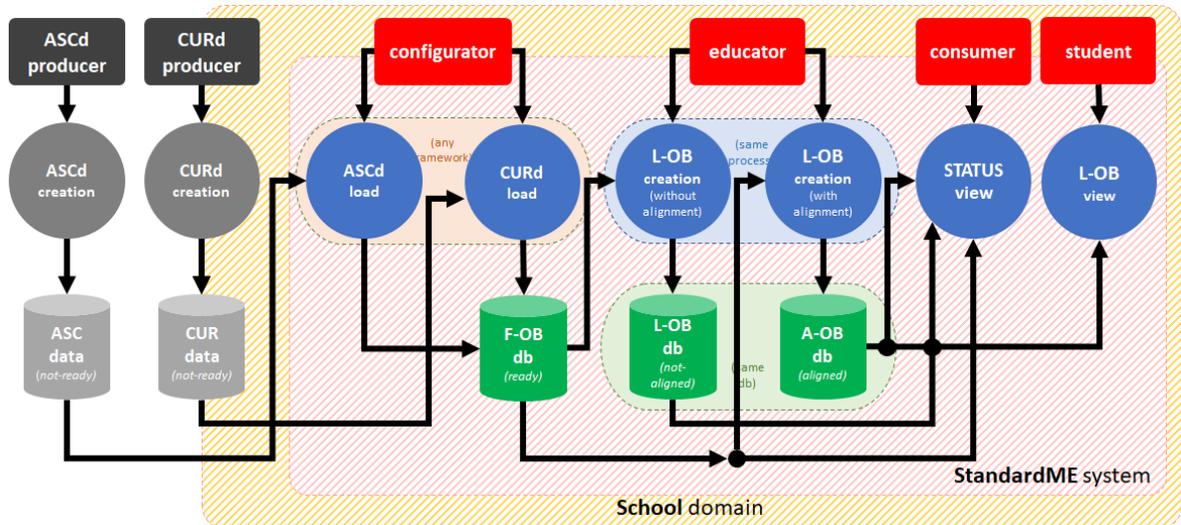
A-OB es un objeto estándar que se utiliza para establecer el alineamiento entre un objeto de aprendizaje y un marco de referencia educacional, representado por F-OB, y que puede implementarse de acuerdo con los requerimientos de la organización o siguiendo un estándar de la industria<sup>91</sup>.

A-OB es un objeto que establece el alineamiento entre un L-OB y un F-OB.

F-OB puede ser instanciado como:

**[Curriculum framework], [ASC framework]**

<sup>91</sup> Por ejemplo, bajo los estándares de Schema.org, existe una especificación de un objeto de alineamiento con un marco de referencia educacional, denominado **[alignmentObject]**, que está disponible en formato HTML, Micro data, RDF y JSON-LD.

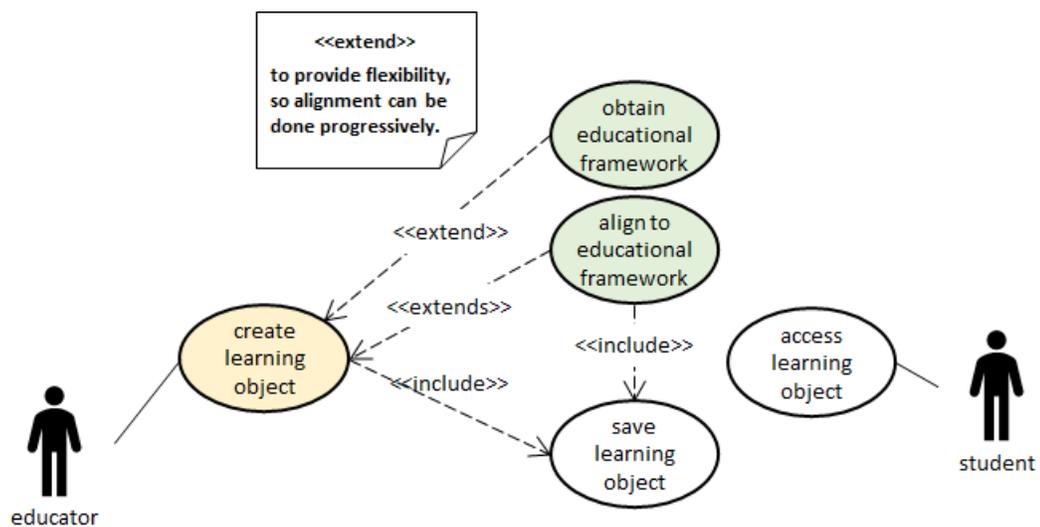


La ventaja de este diseño es que permite que la funcionalidad del sistema sea extendida aún más al habilitar el alineamiento de artefactos de aprendizaje (planes de lección, recursos, asignaciones y evaluaciones), no solo a un conjunto de estándares académicos y competencias, sino también a cualquier conjunto de marcos de referencia curricular, o bien, a cualquier marco de referencia educacional que en el futuro necesite ser objeto de alineamiento.

### 9. Casos de uso [manage-lesson-plan]: final

Este caso de uso se generó como resultado de la última iteración en el proceso de diseño arquitectónico.

Es un caso de uso de alto nivel que representa la funcionalidad principal de un sistema de información utilizando como referencia la arquitectura StandardME.



## B.4. Requerimientos ASR

Se incluyen aquí los *requerimientos de importancia arquitectónica*<sup>92</sup> obtenidos a partir de:

- a) los objetivos e inquietudes de la organización <sup>93</sup>
- b) los requerimientos funcionales<sup>94</sup>
- c) las restricciones<sup>95</sup>
- d) los atributos de calidad<sup>96</sup>, también conocidos como *requerimientos no funcionales*<sup>97</sup>.  
Los atributos de calidad se seleccionaron y priorizaron en conjunto con las partes interesadas. Más adelante se muestra una tabla con estos atributos, una breve definición y su prioridad.

Los requerimientos de importancia arquitectónica se obtuvieron mediante un proceso de selección realizado a partir de la lista completa de requerimientos originales.

Este refinamiento requirió discusiones con las partes interesadas acerca de cada uno de los requerimientos recolectados que, al final, por consenso y aceptándose ciertas concesiones, se pudieron determinar.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de importancia arquitectónica determinados entre las partes interesadas y quien desarrolla este proyecto.

Puede ver la lista completa de requerimientos originales en el apéndice *B.5. Requerimientos Completos*.

---

<sup>92</sup> Del inglés *architecturally significant requirements (ASR)*.

<sup>93</sup> Del inglés *Business Goals and Concerns*.

<sup>94</sup> Del inglés *Functional Requirements (FR)*.

<sup>95</sup> Del inglés *Constraints*.

<sup>96</sup> Del inglés *Quality Attributes*.

<sup>97</sup> Del inglés *Non-Functional Requirements (NFR)*.

## a) Objetivos de la organización y restricciones

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
<b>Business Goals and Concerns</b>  Includes the business goals concerning the system of interest.	ASR.BGC.001	REQ.BGC.003	Flexibility to align to any academic standards and competences framework.	To pursue excellence in academic knowledge, skills, and behavior for each student, resulting in measured improvement against local, national, and world-class standards	- The IS should be able to handle ACS data available from different sources, which would be chosen by the school. - The IS should not have a "fixed "
		REQ.BGC.004		To comply with, or perform beyond, any ASC mandated by our school, [and/or our local school system and/or high-performance international education systems]	
		REQ.BGC.005		To provide our staff with the information technology they need to meet any ASC mandated by our school	
	ASR.BGC.002	REQ.BGC.006	Data should be structured and available.	To have access to any ASC mandated by our school [and/or our local school system and/or high-performance international education systems] in a uniform, consistent and structured way.	The IS should use a database technology that is widely available, to manage data in a structured way.
	ASR.BGC.003	REQ.BGC.007	Integration with other system through data to allow alignment.	To provide our organization with the information technology necessary to "bridge the gap" (integrate and align) between curriculum-related data and any ASC mandated by our school	The IS should provide alignment functionality between curriculum and ACS.
		REQ.BGC.008	Automatization of curriculum-related activities and data management.	To provide our staff with the information technology they can use to automatically store, access, and use curriculum related data to plan their teaching	- The IS should provide with functionality to automatically create and store lesson plans (digital lesson plan?) - A lesson plan is the instrument that teachers use to "plan their teaching". A lesson plan is created around the school's curriculum ("driven by the curriculum").
		REQ.BGC.009	Automatization of lesson planning and alignment activities.	To provide our staff with the information technology they need to plan their teaching in alignment to any ASC mandated by our school	The IS should provide alignment functionality through lesson plans since this is what teachers use to "plan their teaching".  Lesson planning includes acquiring or creating the following data: curriculum data, ASC data, learning resources, learning assignments, learning assessments.
	ASR.BGC.004	REQ.BGC.010	Requirement to align should be a parameter.	To progressively align our curriculum to any ASC mandated by our school	- to allow a flexible transition from SET to SEBE over time, alignment is optional (not required) but configurable to be required at certain point to meet with stricter alignment compliance. - When creating lesson plans, this one should flexible to have or not to have alignment at that moment.
	ASR.BGC.005	REQ.BGC.017	Parameter for alignment needed to require alignment in the future.	To study international ASC from the best education systems in the world and adopt them to improve our education at all levels (locally, nationally, globally) by implementing flexible IT that supports meeting this goal in the short and long term	The IS should be flexible and designed such a way it lasts ("short and long term"). So, this also suggests the use of open standards and a flexible design that can be extended (modifiability) to provide future functionality (usability).

## b) Requerimientos funcionales

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
<b>Functional Requirements (FR)</b>  They can be architecturally significant and impact on quality attributes. What the system must do (functions), and how its behavior or reaction to runtime stimuli must be. What the system is supposed to do.	ASR.FRE.001	REQ.FRE.001	Accessibility through compatible web browser.	install a web browser compatible to access the system	The IS client-side is a web browser, so architectural patterns for web/cloud systems should be considered.
	ASR.FRE.002	REQ.FRE.002	Accessibility to system from any location, at any time.	access and use the web system from school, home or anywhere, at any time	The IS is a web system, so architectural patterns for web/cloud systems should be considered.
	ASR.FRE.003	REQ.FRE.003	Unified access from anywhere.	log on by entering same login credentials (login/password) used to access other systems (don't want to remember another usr/pwd)	-The IS should provide a unified authentication and authorization. - QA: this relates to interoperability.
	ASR.FRE.004	REQ.FRE.007	---	choose one class to create lesson plans for	Affects data architecture: a <lesson plan> entity relates to a <class> entity.
		REQ.FRE.008	---	create one or more lesson plans for the current class	
	ASR.FRE.005	REQ.FRE.009	---	create a new lesson plan with a unique ID (auto, cannot be blank)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity is unique.
	ASR.FRE.006	REQ.FRE.010	---	create a new lesson plan with a Grade Level (cannot be blank)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <grade-level> property.
		REQ.FRE.011	---	create a new lesson plan with a Term (cannot be blank)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <term>
		REQ.FRE.012	---	create a new lesson plan with a Title (cannot be blank)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <title>
		REQ.FRE.013	---	create a new lesson plan with a Description (cannot be blank)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <description> property.
		REQ.FRE.014	---	create a new lesson plan with a Learning Goal (one or more)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <goal>
	ASR.FRE.007	REQ.FRE.015	---	create a new lesson plan with a Learning Activity (one or more)	Affects data architecture: a <lesson plan> entity should have a <learning activity> property.
	ASR.FRE.007	REQ.FRE.016	---	create a new lesson plan with a reference to an Assignment (zero or more)	Affects data architecture: a lesson plan may or may not contain an <assignment> property with a relation to an <assignment> entity.
	ASR.FRE.008	REQ.FRE.017	---	create a new lesson plan with a reference to an Assessment (one or more)	Affects data architecture: a lesson plan may or may not contain an <assessment> property with a relation to an <assessment> entity.
ASR.FRE.009	REQ.FRE.018	---	create a new lesson plan with a Reference (alignment) to an ASC (zero or more)	Affects data architecture: a lesson plan may or may not contain an <asc> property with a relation to an <asc> entity.	
ASR.FRE.010	REQ.FRE.020	---	modify a lesson plan, including alignment, assignment, and assessment references	Affects data architecture: it should be designed to allow modification of all references (relationships) when modifying <lesson plan> entities.	
ASR.FRE.011	REQ.FRE.021	---	delete a lesson plan, including alignment references	Affects data architecture: it should be designed to allow deletion of all references (relationships) when deleting <lesson plan> entities.	
ASR.FRE.012	REQ.FRE.037	Interoperability with current systems.	configure and load ASC data created in other systems (external or internal)	- Data may be in different formats. - QA: this relates to <b>interoperability</b>	
ASR.FRE.013	REQ.FRE.038	Data persistence, accessibility and availability.	access/view ASC already loaded in the system (To consult, print, learn, etc.)	IS should be capable of consuming ASC data coming with different data formats/structures	
ASR.FRE.014	REQ.FRE.046	Data structure/objects should be elastic (to allow grow and change).	create an ASC with a Additional sections (like note, comments, etc. for optional, additional information)	- Affects data architecture: this indicates that the Affects data architecture cannot be a "fixed" structure. It should be able to grow or change over time. - This constraints affects data architecture, so data model is semi-structured, instead of a "rigidly" structured type.	

## Requerimientos funcionales (cont.)

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
	ASR.FRE.015	REQ.FRE.054	Flexibility to align or not to align (to allow transition from traditional education to standard-based education progressively) This should be a parameter (along with some others)	When properties are constrained to be "aligned to zero or more", indicates that, even though the system is designed to support alignment to ASC, this requirement by the users (teachers) responds to the fact that not all <course> entities are related to existent ASC. From a more general perspective, this should be allowed by design since the system can be used by institutions (and within education systems) that are not necessarily aligned or they are still making some progress towards full alignment.	Important consideration: This requirement, constructed from several other different requirements, support the decision (rationale) for having the architecture being designed so the ISs can have the flexibility to allow the school to move from the current state of alignment (none, poor) progressively towards the desire state of alignment (complete, strong).
	ASR.FRE.016	REQ.FRE.055	Simple reporting, but not persistent.	Users that need to check current state of alignment (consumers) should get simple graphic reports on the web browser, that mainly show the areas of coverage and deficiencies of the curricular alignment, indicating percentage (e.g. pie charts) of the curriculum that is covering the ASCs (filtered by subjects/courses), and also, display the academic standards and competencies that has not been covered by the lesson plans (filtered by subject/course). Note: this is the only requirement regarding access to the information created during the alignment process, but eventually, the system will have extended functionality to provide this type of information.	This requires the system to allow users to select a subject/course and send data to the browser (e.g. pie chart) so it displays the required information.  Important consideration: Even though this is only one requirement, it is the most important one regarding reporting. This functionality allows specific users (consumers) to check the current status of the curricular alignment, so they can make decisions to take action and plan steps to correct any issue regarding the status.

### c) Restricciones

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
<b>Constraints</b>  Limits and boundaries to the system. Some tradeoffs need to be made.	ASR.CON.001	REQ.CON.001	Hosted in the cloud	This IS is a web system that would be developed off premises (outsourced) and hosted on any of the following major cloud computing services platforms (IaaS, PaaS, SaaS): Google Cloud Platform, Amazon AWS or Microsoft Azure Platform.	- Short and long term plans are to have all information systems and applications running on the cloud and made available for school personnel to be accessed from anywhere, anytime. - Architecture design needs to reference patterns designed to strongly support information systems on the web/cloud.
	ASR.CON.002	REQ.CON.002	Interoperability with organization's security system.	The IS security needs to be through the school's access and authorization system (at premises and off premises).	- For schools, security integration is key, along with interoperability with the schools' current authentication and authorization systems. The purpose is to keep this functionality centralized helping schools with keeping logging of all user activities across the systems and help them to remember only one criteria for authentication (same user/password) independent of the system they are interacting with. - The architecture design should reflect the quality attributes of security and interoperability base on the constraint of requiring any new system to integrate with the school's current A&A system.
	ASR.CON.003	REQ.CON.003	Cloud-based data.	The IS needs to use cloud-based data storage.	This relates to ASR.CON.001 (need of a web system) so there is a need to a web/cloud data management system.
	ASR.CON.004	REQ.CON.004	Web browser access.	The IS needs to be accessed by users using a web browser.	This also supports ASR.CON.001 (need of a web system).
	ASR.CON.005	REQ.CON.005	Web browser needs to be compatible.	The IS needs to be compatible with any of the following web browsers: Apple Safari, Mozilla Firefox, Google Chrome and Microsoft Explorer/Edge running over Mac OS or MS Windows.	The web system client should be a compatible web browser. This relates also to ASR.CON.001 (need of a web system).
	ASR.CON.006	REQ.CON.006	Data reusability and connectivity	The IS needs to re-use related data already produced by any other system to minimize data duplication and inconsistency.	QA: <b>Interoperability</b> with other school learning/curriculum management systems.
	ASR.CON.007	REQ.CON.007	Use of open source/open standards	School allows the use of open source/open standards tools over proprietary-commercial tools, as long as permission to use them is requested with supporting documentation to be submitted to and approved by the administration.	QA: <b>Interoperability</b> with open source/open standard.
	ASR.CON.008	REQ.CON.008	Flexibility to align to any academic standards and competences framework	The IS needs to let school choose and load a copy of one or more ASC Sets published by different body authorities (providers) to make them available before starting the academic year.	QA: <b>Interoperability</b> with external IS through data
	ASR.CON.009	REQ.CON.009	Some key functionality constrained by parameters. Allows modifiability through data binding. Complies with SSOT (single-source-of-truth).	The IS needs to allow parameters configuration before new data from other systems is loaded.	QA: <b>Usability/Modifiability</b> (at run time). Configurable system to allow behavior that changes at runtime (through systems parameters stored as part of the data model).
		REQ.CON.010	Rate of data change: Loaded ASC data set doesn't change often (no more than once a year). Keeping ASC data synchronized with the external provider is not a concern.	The IS needs to keep the loaded ASC sets for a period of at least one (1) year with no expiration date until the current ACS set is replaced by a new one. In general, a school uses a ACS set for 5 years or more. Eventually single standards can change at the ASC's publisher side, but this is nothing of concern because doesn't affect immediately the ASC's alignment for the current calendar year.	
		REQ.CON.011	Rate of data change: data produced by the system (curriculum alignment) doesn't change often.	The IS needs to keep current curriculum-aligned data for at least one (1) year and with no expiration date until the ASC set or the curriculum is replaced. It is no expected that this happens in at least 3 years.	
	ASR.CON.010	REQ.CON.013	Multiple formats (structured and unstructured) needs to be extracted, transformed and loaded into the system's database.	School curriculum-related data currently exists either on paper, OSF (open standard format), compatible application files (specifically Word, Excel and PDF) or created and stored by information systems (LMS, Curriculum Management or similar) within their own data repository (database, file system, other).	QA: <b>Interoperability</b> . The IS should be able to read data that is provided in different formats.
		REQ.CON.014	Lack of data accessibility with systems producing curriculum-related data is not an issue since this can be solved by the system's developer providing the data in a standard format (XML, Json, text)	School's curriculum-related data produced by other information systems may or may not be accessible by other means other than the system's own access methods.	This is not an ASR by itself at this point since schools legally owns data. The curriculum provider should be able to provide it in OSF: open standard format (CSV, XML, JSON, etc.) or compatible digital file (Word, Excel, PDF) anytime is requested by a school. However it is included as an ASR as it relates to REQ.CON.013.

#### d) Atributos de Calidad (Requerimientos no funcionales)

La tabla a continuación incluye una lista de atributos de calidad (requerimientos no funcionales) que, en *consenso* con las partes interesadas, se decidió priorizar para enfocar el desarrollo del diseño arquitectónico en tales atributos.

Para una breve definición de cada uno de estos atributos e información adicional, consulte el apéndice C: *Acerca de atributos de calidad*.

La lista de atributos de calidad seleccionados provino de dos fuentes principales de información y considerados para este proyecto como *catálogos de atributos de calidad*, lo cual es práctica común dentro del campo del diseño arquitectónico de sistemas:

- Diversas publicaciones del Instituto de Ingeniería de Software de Carnegie Mellon (SEI), resumidas en el libro *Software Architecture in Practice, 3rd Edition* [25], página 193.
- Norma *ISO/IEC 25010 (SQUARE): System and Software Product Quality Requirements and Evaluation* [21]

Atributo de Calidad		Peso (*) (prioridad para el proyecto)
SEI <i>(Software Architecture in Practice)</i>	ISO/IEC 25010	
<b>interoperabilidad</b>	Incluido como <b>compatibilidad + portabilidad</b> Este proyecto se enfoca en la <i>interoperabilidad de datos</i> <sup>98</sup> (migración de datos).	<b>9</b>
<b>modificabilidad</b>	Se relaciona con <b>mantenibilidad</b> por lo siguiente: 1) La aptitud del sistema para someterse a modificaciones de reparación y evolución (funcionalidad adicional). 2) La facilidad con la que un sistema o componente de software puede modificarse para corregir fallas, mejorar el rendimiento u otros atributos, o adaptarse a un entorno modificado.	<b>8</b>
<b>usabilidad</b>	Se relaciona con <b>usabilidad + ajustabilidad funcional</b>	<b>7</b>
<b>rendimiento</b>	Se relaciona con <b>eficiencia del rendimiento</b>	<b>5</b>
<b>disponibilidad</b>	Se relaciona con <b>confiabilidad</b>	<b>4</b>

---

<sup>98</sup> Del inglés *data interoperability*.

<b>seguridad</b>	Se relaciona con <b>seguridad</b>	<b>3</b>
<b>capacidad de prueba</b>	Aparece debajo de <b>mantenibilidad</b>	<b>2</b>

*Nota: información obtenida de Microsoft Application Guide 2009 [34]*

### Peso (\*)

Este valor fue establecido por consenso entre las partes interesadas para determinar la prioridad de cada atributo (1 es baja prioridad, 9 es más alta prioridad) como influencia para enfocar el diseño arquitectónico.

<b>PESO (VALOR)</b>	<b>PRIORIDAD</b>	<b>EN INGLÉS</b>
<b>9</b>	<b>ALTA</b>	Alta
<b>8</b>		Media
<b>7</b>		Baja
<b>6</b>	<b>MEDIA</b>	Alta
<b>5</b>		Media
<b>4</b>		Baja
<b>3</b>	<b>BAJA</b>	Alta
<b>2</b>		Media
<b>1</b>		Baja

En las siguientes páginas se presenta la lista de atributos de calidad y los requerimientos provistos para cada uno por parte de los interesados.

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
<b>Quality Attributes</b>  Also known as non-functional requirements (NFR), quality attributes are the factors that broadly affect the system's run-time behavior and design, and the overall user experience.	ASR.QAT.001	REQ.QAT.001	<b>Interoperability</b>	<b>Interoperability</b> [compatibility + portability] - Interoperability at real time (runtime or synchronous), is not possible at this time, except for security authentication, because of the different implementations of the internal and external systems. - However, data interoperability (which is asynchronous), will be needed with our internal/external systems (curriculum and ACS related). This will be a "read-only" affair where some data from the internal/external systems is required in the new system. No data will be send from the new system to the internal/external systems, and is not required for the new system to coexist and operate. - We also want to use open source standards and data management standards so our IS can benefit of the main advantages those technologies offer. - Also, Is it possible to use (modify, extend) this architecture to build a similar system for future alignment needs but using different data or related to different aspect of our business? For example, school needs compliance with certain "x" certification-related standards (e.g. ISO-certified) so our processes other elements of our business can be aligned to those standard?	It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.  TOGAF defines interoperability as "the ability to share information and services". The information systems this architecture refers to share information (data) and not services.  Interoperability in this case concerns only about data interchange between internal/external systems and the system of interest.  Priority is 9 (HH): HIGH-HIGH
	ASR.QAT.002	REQ.QAT.002	<b>Modifiability</b>	<b>Modifiability</b> [maintainability] - One of our main concerns is about the flexibility to modify (change) the type of academic standards and competencies data (set) we are using for another newer or different one. - Also, if more information is needed, especially regarding the lesson plans components, the IS should be able to adapt to those changes. Basically, we want an IS that can last longer than other systems we had before. - Anything else, shouldn't be difficult and expensive when developers are required to make changes, and this shouldn't have a negative effect on the current behavior of the system. - This quality attribute is related to maintainability for the following reasons: a) The ISs' aptitude to undergo modifications for repair and evolution. b) The ease which the IS can be modified to correct faults, improve performance or other attributes, or adapt to a changed environment.	It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.  Priority is 8 (HM): HIGH-MEDIUM  Important consideration: This relates to configurability (parameters, defer binding) so system's behavior can be "modified" at run-time through the use of parameters) in order to configure and load ACS and curriculum-related data.

## Atributos de Calidad (cont.)

ASR Category	ASR Id	Related Requirement ID	Summary (optional)	Related Requirement Description	Architectural Considerations
	ASR.QAT.003	REQ.QAT.003	Usability	<p><b>Usability</b> [functional suitability]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- It is very important that this system provides a very friendly user interface to help users perform their actions in an easy, simple, and fast way (minimum number of steps).</li> <li>- Interacting with the system for lesson plan creation and alignment functionality not only should make the experience pleasant but very intuitive and easy to do.</li> <li>- UI design should be modern, attractive and minimalist.</li> </ul> <p>This is a system that teachers use every day every week of the year.</p>	<p>It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 7 (HL): HIGH-LOW</p>
	ASR.QAT.004	REQ.QAT.004	Performance	<p><b>Performance</b> [performance efficiency]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- We need reasonable performance, but as far as we believe and expect, the alignment process doesn't need lots of resources to work. For this reason, the main functionality where the system needs high performance is when viewing/accessing de ASC data to perform alignment to the lesson plan.</li> <li>- Major configuration and data loading actions are required only once, may be twice a year, so this won't be a performance-related concern.</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 5 (MM): MEDIUM-MEDIUM</p>
	ASR.QAT.005	REQ.QAT.005	Availability	<p><b>Availability</b> [reliability]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The IS availability should be at least 12 hours a day, 5 days a week (12/5).</li> <li>- This availability is strongly expected during school days and school hours (M-F/7-5p).</li> <li>- The IS shouldn't be down more than 24 hours.</li> <li>- Lack of alignment (functionality) availability won't affect teachers ability to perform their teaching. The impact is not immediate, it is short term.</li> <li>- When system is down it mainly affects loss of time (for users) but causes a minimum impact on financial and operational cost for the business.</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 4 (ML): MEDIUM-LOW</p> <p>Important consideration: Alignment functionality should be implemented independently of other IS functionality, so if something else fails, teachers can still work in pre-alignment tasks, like lesson planning; or post-alignment tasks, like checking for ASC coverage by lesson plans.</p>
	ASR.QAT.006	REQ.QAT.006	Securability	<p><b>Securability</b> [security]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Security is not a major concern at this point for the following reasons: <ul style="list-style-type: none"> <li>1) the system will be running on a protected virtual cloud environment over a cloud platform (PAAS).</li> <li>2) the system's authentication and authorization mechanism will work with the schools' already implemented LDAP system (AD, OpenDirectory).</li> <li>3) none of the data generated by the system is private or confidential.</li> </ul> </li> <li>- Main security functionality is to provide access as follows: <ul style="list-style-type: none"> <li>1) log on process with user/pwd at premises or off-premises, with AD/OpenDirectory credentials and security</li> <li>2) Timed session when access is off-premises.</li> </ul> </li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 3 (LH): LOW-HIGH</p>
	ASR.QAT.007	REQ.QAT.007	Testability	<p><b>Testability</b> [maintainability]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Whitebox testing is not a major concern from the school's side, however, the school wants to be able to blackbox test it for interoperability with the information system environment, user GUI and interaction, and performance), however, most of the testing workload should be on the developers's side.</li> </ul>	<p>It is a systems' quality attribute and it is expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 2 (LM): LOW-MEDIUM</p>

## B.5. Requerimientos Completos

Se incluyen aquí los requerimientos completos que fueron obtenidos y refinados durante las fases 1 y 2 del desarrollo metodológico. Estos se han agrupado en las siguientes categorías:

- a) los objetivos e inquietudes de la organización <sup>99</sup>
- b) los requerimientos funcionales<sup>100</sup>
- c) las restricciones<sup>101</sup>
- d) los atributos de calidad<sup>102</sup>

### *Aclaración:*

*El propósito de la inclusión de este apéndice es mostrar el documento de trabajo utilizado para recopilar los requerimientos de un sistema StandardME. El formato, redacción y ortografía de cada uno de estos requerimientos, está tal y como se obtuvo durante las sesiones de trabajo con las partes interesadas.*

*Debido al tamaño del documento original, una hoja Excel de múltiples columnas, la visibilidad es mínima y, por estas mismas limitaciones de espacio, únicamente se incluye la información correspondiente a cada requerimiento que es de relevancia para el resto de este documento.*

---

<sup>99</sup> Del inglés *Business Goals and Concerns*.

<sup>100</sup> Del inglés *Functional Requirements (FR)*.

<sup>101</sup> Del inglés *Constraints*.

<sup>102</sup> Del inglés *Quality Attributes*.

<b>Business Goals and Concerns</b>			
Includes the business goals concerning the system of interest			
<b>Req. ID/Code</b>	<b>As a... (level)</b>	<b>we want...</b>	<b>ASR Note</b>
REQ.BGC.001	school	to provide our students with the best education they can possible earn with world-class competitive skills they can use to be succesful	
REQ.BGC.002	school	to identify the best methods, approaches, techniques, and tools that help our students improve their knowledge, skills, and performance	
REQ.BGC.003	school	to pursue excellence in academic knowledge, skills, and behavior for each student, resulting in measured improvement against local, national, and world-class standards <a href="http://publish.gwinnett.k12.ga.us">http://publish.gwinnett.k12.ga.us</a>	- The IS should be able to handle ACS data available from different sources, which would be chosen by the school. - The IS should not have a *** fixed *** (embedded) set of ACSs, but provide school with the flexibility to choose from whatever they need.
REQ.BGC.004	school	to comply with, or perform beyond, any ASC mandated by our school, [and/or our local school system and/or high-performance international education systems]	
REQ.BGC.005	school	to provide our staff with the information technology they need to meet any ASC mandated by our school	
REQ.BGC.006	school	to have access to any ASC mandated by our school [and/or our local school system and/or high-performance international education systems] in a uniform, consistent and structured way.	The IS should use a database technology that is widely available, to manage data in a structured way.
REQ.BGC.007	school	to provide our organization with the information technology necessary to "bridge the gap" (integrate and align) between curriculum-related data and any ASC mandated by our school	The IS should provide alignment functionality between curriculum and ACS.
REQ.BGC.008	school	to provide our staff with the information technology they can use to automatically store, access, and use curriculum related data to plan their teaching	- The IS should provide with functionality to automatically create and store lesson plans (digital lesson plan?) - A lesson plan is the instrument that teachers use to "plan their teaching". A lesson plan is created around the school's curriculum.
REQ.BGC.009	school	to provide our staff with the information technology they need to plan their teaching in alignment to any ASC mandated by our school	The IS should provide alignment functionality through lesson plans since this is what teachers use to "plan their teaching".
REQ.BGC.010	school	to <i>progressively</i> align our curriculum to any ASC mandated by our school	- To make transition from SET to SEBE flexible, over time, alignment is optional (not required) but configurable to be required at certain point to meet alignment compliance. - When creating lesson plans, this one should flexible to have or not to have alignment at that moment.
REQ.BGC.012	education system	our educational outcomes to be as good, or better, than the best education systems in the world	

(continua en la siguiente página)

REQ.BGC.013	education system	to learn from the best education systems in the world	
REQ.BGC.014	education system	to perform as, or out perform, the best education systems in the world	
REQ.BGC.015	education system	to identify the methods, approaches, techniques, and tools that support the best education systems in the world	
REQ.BGC.016	education system	to learn from the top countries/regions that show the most improvements and best performances in the world	
REQ.BGC.017	education system	to study international ASC from the best education systems in the world and adopt them to improve our education at all levels (locally, nationally, globally) by implementing flexible IT that supports meeting this goal in the short and long term	The IS should be flexible and designed such a way it lasts ("short and long term"). So, this also suggests the use of open standards and a flexible design that can be extended (modifiability) to provide future functionality (usability).
REQ.BGC.018	education system	to provide our institutions with the best tools and resources currently available so they can prepare students for the challenges of tomorrow.	
REQ.BGC.019	education system	to understand (and do something about it) that current trends in technology, economy, and politics have increased the demand for higher skills which have also heightened competition for quality jobs.	
REQ.BGC.020	education system	to recognize and change the fact that education is one of the few areas where none, very little, wrong, or weak benchmarkings have been designed and created to measure our teachers' performance, before this is too late (usually by testing time or after).	
REQ.BGC.021	education system	to acknowledge that the world's current economy of knowledge-and-innovation is in favor of workers with strong foundations and skills in math and reading, with a quality postsecondary education and training, and the ability to solve problems and communicate effectively.	
REQ.BGC.022	education system	to recognize the fact that the current market has been opened to millions of people worldwide where technology advances have enabled jobs that can now be performed remotely from almost anywhere in the world, but are going to the best educated only	
REQ.BGC.023	education system	to acknowledge that companies are no longer outsourcing production as they used to be, but now, they are also outsourcing the design and creation of innovation due to the lack of well prepared and high-skilled workers locally (example: tech jobs from US to India)	
REQ.BGC.024	education system	to recognize that high quality education is not only a duty every institution should accomplish to ensure a country's competitiveness and progress, but also to facilitate the individual prosperity of the citizens, expressed in terms of better wages, income equality, and adquisition power.	
REQ.BGC.025	education system	to understand that, among knowledge-fueled innovation economies like Germany, China, Korea, and other countries around the world, educational improvement is viewed as a critical part of that mission	
REQ.BGC.026	education system	to understand that countries are working hard to benchmark their education systems to establish a solid foundation for economic nowdays	
REQ.BGC.027	education system	to learn what innovative ways top economies are finding to measure their students' progress internationally	
REQ.BGC.028	education system	to learn what best practices high-performing and fast-improving nations are using, so we can adapt/adopt to improve our own education systems	

## Functional Requirements (FR)

They can be architecturally significant and impact NFR's

Req. ID/Code	As a/an... (actor)	I want to	ASR Note (optional)
REQ.FRE.001	user (all)	install a web browser compatible to access the system	The IS client-side is a web browser, so architectural patterns for web/cloud systems should be considered.
REQ.FRE.002	user (all)	access and use the web system from school, home or anywhere, at any time	The IS is a web system, so architectural patterns for web/cloud systems should be considered.
REQ.FRE.003	user (all)	log on by entering same login credentials (login/password) used to access other systems (don't want to remember another usr/pwd)	-The IS should provide a unified authentication and authorization. - QA: this relates to interoperability.
REQ.FRE.004	user (all)	retry to log on if access is denied (up to # of times set by parameters configuration)	
REQ.FRE.005	user (all)	request user/password recovery assistance (self) if having trouble logging in	
REQ.FRE.006	teacher	see a list of all the classes I am currently teaching	
REQ.FRE.007	teacher	choose one class to create lesson plans for	Database model: a <lesson plan> entity exists under a <class> entity.
REQ.FRE.008	teacher	create one or more lesson plans for the current class	
REQ.FRE.009	teacher	create a new lesson plan with a unique ID (auto, cannot be blank)	Database model: a <lesson plan> entity is unique.
REQ.FRE.010	teacher	create a new lesson plan with a Grade Level (cannot be blank)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <grade-level> property.
REQ.FRE.011	teacher	create a new lesson plan with a Term (cannot be blank)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <term> property.
REQ.FRE.012	teacher	create a new lesson plan with a Title (cannot be blank)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <title> property.
REQ.FRE.013	teacher	create a new lesson plan with a Description (cannot be blank)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <description> property.
REQ.FRE.014	teacher	create a new lesson plan with a Learning Goal (one or more)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <goal> property.
REQ.FRE.015	teacher	create a new lesson plan with a Learning Activity (one or more)	Database model: a <lesson plan> entity should have a <learning activity> property.
REQ.FRE.016	teacher	create a new lesson plan with a reference to an Assignment (zero or more)	Database model: a lesson plan may or may not contain an <assignment> property with a relation to an <assignment> entity.
REQ.FRE.017	teacher	create a new lesson plan with a reference to an Assessment (one or more)	Database model: a lesson plan may or may not contain an <assessment> property with a relation to an <assessment> entity.
REQ.FRE.018	teacher	create a new lesson plan with a Reference (alignment) to an ASC (zero or more)	Database model: a lesson plan may or may not contain an <asc> property with a relation to an <asc> entity.
REQ.FRE.019	teacher	access/view a lesson plan	
REQ.FRE.020	teacher	modify a lesson plan, including alignment, assignment, and assessment references	Database model: it should be designed to allow modification of all references (relationships) when modifying <lesson plan> entities.
REQ.FRE.021	teacher	delete a lesson plan, including alignment references	Database model: it should be designed to allow deletion of all references (relationships) when deleting <lesson plan> entities.
REQ.FRE.022	teacher	search for a lesson plan by ID	
REQ.FRE.023	teacher	search for a lesson plan by Study Plan	
REQ.FRE.024	teacher	search for a lesson plan by Course/Subject	
REQ.FRE.025	teacher	search for a lesson plan by Grade Level	

(continua en la siguiente página)

REQ.FRE.026	teacher	search for a lesson plan by Term	
REQ.FRE.027	teacher	search for a lesson plan by Title using text search	
REQ.FRE.028	teacher	search for a lesson plan by Description using text search	
REQ.FRE.029	teacher	search for a lesson plan by Learning Objective using text search	
REQ.FRE.030	teacher	search for a lesson plan by ASC Id	
REQ.FRE.031	teacher	search for a lesson plan by ASC Description using text search for	
REQ.FRE.032	teacher	search for a lesson plan by Learning Activity using text search	
REQ.FRE.033	teacher	search for a lesson plan by Learning Resource using text search	
REQ.FRE.034	teacher	search for a lesson plan by Assessment using text search	
REQ.FRE.035	teacher	search for a lesson plan by Note using text search	
REQ.FRE.036	teacher	search for a lesson plan by Tag using text search	
REQ.FRE.037	load user	configure and load ASC data created in other systems (external or internal)	- Data may be in different formats. - QA: this relates to interoperability
REQ.FRE.038	teacher	access/view ASC already loaded in the system (to consult, print, learn, etc.)	IS should be capable of consuming ASC data coming with different data formats/structures
REQ.FRE.039	teacher	create an ASC with an ID (unique, internal, automatic)	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.040	teacher	create an ASC with an ID-Label (unique, modifyable)	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.041	teacher	create an ASC with a Description section	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.042	teacher	create an ASC with a Subject section	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.043	teacher	create an ASC with a Grade Level section	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.044	teacher	create an ASC with an Example section	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.045	teacher	create an ASC with a Tag section	<i>Should this IS architecture allow this? Probably yes. Some schools may want to add their "own" ASC. But is not ASR.</i>
REQ.FRE.046	teacher	create lesson plans with additional sections (like notes, comments, etc.) for optional, additional information	- Database model: this indicates that the database model cannot be a "fixed" structure. It should be able to grow or change over time. - This constraints de database model to be a semi-structured type, instead of a rigidly "structured" type.
REQ.FRE.047	teacher	search for an ASC by ID (unique, internal, automatic)	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.048	teacher	search for an ASC by ID-Label using text search for	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.049	teacher	search for an ASC by Description using text search for	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.050	teacher	search for an ASC by Subject using text search for	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.051	teacher	search for an ASC by Grade Level	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.052	teacher	search for an ASC by Example using text search for	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.053	teacher	search for an ASC by Tag using text search for	Related to alignment, but not ASR
REQ.FRE.054	MM	Aligned to zero* or more: even though the system is designed to support alignment to ASC, this requirement by the users (teachers) responds to the fact that not all Courses/Subjects have existent ASC. <b>From a more general perspective, this should be allowed by design since the system can be used by institutions (and within education systems) that are not necessarily aligned or they are still making some progress towards full alignment.</b>	This comments (on left) support decision rationale for having the architecture of the ISs being designed with the flexibility to allow the current state of alignment (none) to progressively move to the desire state of alignment (complete).
REQ.FRE.055	MM and curriculum and instruction specialist feedback	Users that need to check current state of alignment (consumers) should get simple graphic reports on the web browser, that mainly show the areas of coverage and deficiencies of the curricular alignment, indicating percentage (e.g. pie charts) of the curriculum that is covering the ASCs (filtered by subjects/courses), and also, display the academic standards and competencies that has not been covered by the lesson plans (filtered by subject/course).  Note: this is the only requirement regarding access to the information created during the alignment process, but eventually, the system will have extended functionality to provide this type of information.	This requires the system to allow users to select a subject/course and send data to the browser (e.g. pie chart) so it displays the required information.  <u>Important consideration:</u> Even though this is only one requirement, it is the most important one regarding reporting. This functionality allows specific users (consumers) to check the current status of the curricular alignment, so they can make decisions to take action and plan steps to correct any issue regarding the status.

<b>CONSTRAINTS</b>			
Tradeoffs, limitations, conditions, etc.			
<b>Req. ID/Code</b>	<b>As a/an... (actor)</b>	<b>I want to</b>	<b>ASR Note</b>
REQ.CON.001	admin/IT policy	This IS is a web system that would be developed off premises (outsourced) and hosted on any of the following major cloud computing services platforms (IaaS, PaaS, SaaS): Google Cloud Platform, Amazon AWS or Microsoft Azure Platform.	- Short and long term plans are to have all information systems and applications running on the cloud and made available for school personnel to be accessed from anywhere, anytime. - Architecture design needs to reference patterns that are designed to strongly support information systems on the web/cloud.
REQ.CON.002	admin/IT policy	The IS security needs to be through the school's access and authorization system (at premises and off premises).	- For schools, security integrity is key, along with interoperability with the schools' current authentication and authorization systems, The purpose is to keep this functionality centralized helping schools with keeping logging of all of user activities across the systems and allow those users to remember only one criteria of authentication (same user/password) independent of the system. - The architecture design should reflect quality attributes of security and interoperability since the school's current A&A system should be used.
REQ.CON.003	admin/IT policy	The IS needs to use cloud-based data storage.	This relates to ASR.CON.001 (need of a web system) so there is a need to a web/cloud data management system.
REQ.CON.004	admin/IT policy	The IS needs to be accessed by users using a web browser.	This also supports ASR.CON.001 (need of a web system).
REQ.CON.005	admin/IT policy	The IS needs to be compatible with any of the following web browsers: Apple Safari, Mozilla Firefox, Google Chrome and Microsoft Explorer/Edge running over Mac OS or MS Windows.	The web system client should be a compatible web browser. This relates also to ASR.CON.001 (need of a web system).
REQ.CON.006	admin/IT policy	The IS needs to re-use related data already produced by any other system to minimize data duplication and inconsistency.	QA: Interoperability with other school learning/curriculum management systems.
REQ.CON.007	admin/IT policy	School allows the use of open source/open standards tools over proprietary-commercial tools, as long as permission to use them is requested with supporting documentation to be submitted to and approved by the administration.	QA: Interoperability with open source/open standard.
REQ.CON.008	admin/IT policy	The IS needs to let school choose and load a copy of one or more ASC Sets published by different body authorities (providers) to be available before starting the academic year.	QA: Interoperability with external IS through data
REQ.CON.009	admin/IT policy	The IS needs to allow parameters configuration before new data from other systems is loaded.	QA: Usability. Configurable system to allow behavior that changes at runtime (through systems parameters stored as part of the data model).

(continua en la siguiente página)

REQ.CON.010	admin/IT policy	The IS needs to keep the loaded ACS Sets for a period of at least one (1) year and no more than three (3) years. This period can be reduced or extended.	
REQ.CON.011	curriculum and instruction specialist	The IS needs to keep current curriculum-aligned data for at least one (1) year and no more than two (2) years. This could change over time.	
REQ.CON.012	curriculum and instruction specialist	IS needs to let school update the current ASC Sets to the latest version before starting the academic year.	
REQ.CON.013	general research	Schools' curriculum-related data currently exists either on paper, OSF (open standard format), compatible app files (specifically Word, Excel and PDF) or created and stored by information systems (LMS, Curriculum Management or similar) within their own data repository (database, file system, other).	QA: Interoperability. The IS should be able to read data that is provided in different formats.
REQ.CON.014	general research	School's curriculum-related data produced by other information systems may or may not be accessible by other means other than the system's own access methods.	This is not an ASR by itself at this point since schools legally owns data. The curriculum provider should be able to provide it in <i>OSF: open standard format</i> (CSV, XML, JSon, etc.) or compatible digital file (Word, Excel, PDF) anytime is requested by a school. However it is included as an ASR as it relates to REQ.CON.013.
REQ.CON.015	admin/IT policy	IS is not required to provide access to curriculum, ASC and alignment information to students and parents right now but it may needed in the future but as a functionality for all other ACS and curriculum-related systems. For now, this information can be made available by other means.	
REQ.CON.016	admin/IT policy	No mobile device access is needed. This may be a separate sub-system/app in the future.	

QUALITY ATTRIBUTES			
Also known as non-functional requirements (NFR), quality attributes are the factors that broadly affect the system's run-time behavior and design, and the overall user experience.			
Req. ID/Code	As a school	We want to have	ASR Note
REQ.QAT.001	stakeholders group	<p><b>Interoperability [compatibility + portability]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- We need data interoperability with our internal/external systems (security, curriculum related) and internal/external systems (ACS related).</li> <li>- We also want to use open source standards and data management standards so our IS can benefit of the main advantages those technologies offer.</li> <li>- Also, Is it possible to use (modify, extend) this architecture to build a similar system for future alignment needs but using different data or related to different aspect of our business? For example, school needs compliance with certain "x" certification-related standards (e.g. ISO-certified) so our processes other elements of our business can be aligned to those standard?</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 9 (HH): HIGH-HIGH</p>
REQ.QAT.002	stakeholders group	<p><b>Modifiability</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- One of our main concerns is about the flexibility to modify (change) the type of academic standards and competencies data (set) we are using for another newer or different one.</li> <li>- Also, if more information is needed, especially regarding the lesson plans components, the IS should be able to adapt to those changes. Basically, we want an IS that can last longer than other systems we had before.</li> <li>- Anything else, shouldn't be difficult and expensive when developers are required to make changes, and this shouldn't have a negative effect on the current behavior of the system.</li> <li>- This quality attribute is related to <b>maintainability</b> for the following reasons: <ul style="list-style-type: none"> <li>a) The IS's aptitude to undergo modifications for repair and evolution.</li> <li>b) The ease which the IS can be modified to correct faults, improve performance or other attributes, or adapt to a changed environment.</li> </ul> </li> <li>- This somehow relates to <b>configurability</b> so system's behavior can be "modified" at run-time through the use of parameters) in order to configure and load ACS and curriculum-related data.</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 8 (HM): HIGH-MEDIUM</p>
REQ.QAT.003	stakeholders group	<p><b>Usability [functional suitability]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- It is very important that this system provides a very friendly user interface to help users perform their actions in an easy, simple, and fast way (minimum number of steps).</li> <li>- Interacting with the system for lesson plan creation and alignment functionality should make sense (intuitive).</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 7 (HL): HIGH-LOW</p>
REQ.QAT.004	stakeholders group	<p><b>Performance [performance efficiency]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- We need reasonable performance, but as far as we believe and expect, the alignment process doesn't need lots of resources to work. For this reason, the main functionality where the system needs high performance is when viewing/accessing de ACS data to perform alignment to the lesson plan.</li> <li>- Major configuration and data loading actions are required only once, may be twice a year, so this won't be a performance-related concern.</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 5 (MM): MEDIUM-MEDIUM</p>
REQ.QAT.005	stakeholders group	<p><b>Availability [reliability]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- The IS availability should be at least 12 hours a day, 5 days a week (12/5).</li> <li>- This availability is strongly expected during school days and school hours (M-F/7-5p).</li> <li>- The IS shouldn't be down more than 24 hours.</li> <li>- Lack of alignment (functionality) availability won't affect teachers ability to perform their teaching. The impact is not immediate, it is short term.</li> <li>- It would be ideal to make alignment functionality independent of other IS functionality, so if something else fails, teachers can still work in alignment tasks.</li> <li>- When system is down it mainly affects loss of time (for users) but causes a minimum impact on financial and operational cost for the business.</li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 4 (ML): MEDIUM-LOW</p>
REQ.QAT.006	stakeholders group	<p><b>Securability [security]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Security is not a major concern at this point for the following reasons: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) the system will be running on a protected virtual cloud environment over a cloud platform (PAAS).</li> <li>2) the system's authentication and authorization mechanism needs to work with the schools' already implemented LDAP system (AD, OpenDirectory).</li> <li>3) none of the data generated by the system is confidential.</li> </ol> </li> <li>- Main functionality is to provide access as follows: <ol style="list-style-type: none"> <li>1) log on process with user/pwd at premises or off-premises, with AD/OpenDirectory credentials and security</li> <li>2) Timed session when access is off-premises.</li> </ol> </li> </ul>	<p>It is a system's quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 3 (LH): LOW-HIGH</p>
REQ.QAT.007	stakeholders group	<p><b>Testability [maintainability]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- This is not a major concern from the school's side, however, the school wants to be able to test it (especially interaction with the system, GUI), but most of the workload should be on the developers's side.</li> </ul>	<p>It is a systems' quality attribute and would be expected to be handled by the architecture according to its priority.</p> <p>Priority is 2 (LM): LOW-MEDIUM</p>

## B.6. ADL y modelos utilizados

Para esta descripción arquitectónica se utilizaron modelos de uso común en la industria como los siguientes (con sus referencias bibliográfica):

- Modelos basados en UML estándar: [18] y [19]
- BPMN: [10]
- C4Model®: [5, p. 4].
- Diseño propio del autor

Patrones arquitectónicos:

- Aplicación web en capas: [34]
- MVC: [34]

Tanto UML como BPMN son estándares de la industria<sup>103</sup> y no necesitan ser descritos en esta documentación. Sin embargo, aunque C4Model® está basado en UML, no es un estándar y no es tan conocido como UML, por lo que al utilizarse en varias de las vistas de la sección 4.3.5-*Vistas arquitectónicas* se incluye una descripción de este modelo a continuación.

### El modelo C4Model®

El modelo C4Model® creado por Simon Brown para el diseño de vistas arquitectónicas de software (entiéndase aquí software como cualquier producto creado con base en código de programación, como sistemas de información, páginas web, APIs, microservicios, etc.).

La siguiente descripción del modelo es una traducción y adaptación del original en inglés [5]:

### Introducción

El modelo C4Model® se creó como una forma de ayudar a los equipos de desarrollo de software a describir y comunicar la arquitectura del software, tanto durante las sesiones de diseño iniciales como en la documentación en retrospectiva de código base existente.

Es una forma de crear mapas de código, con varios niveles de detalle, de la misma manera que se puede usar, por ejemplo, Google Maps para acercar y alejar un área de interés en un mapa.

---

<sup>103</sup> Administrados por el Object Management Group (OMG).

Aunque está dirigido principalmente a arquitectos y desarrolladores de software, el modelo C4Model® proporciona una forma de comunicación eficiente y efectiva de la arquitectura, con diferentes niveles de detalle, para públicos diferentes. El modelo C4Model® utiliza un enfoque de *primero la abstracción*<sup>104</sup> para la visualización de arquitecturas, basado en abstracciones que reflejan cómo los arquitectos y desarrolladores de software piensan y crean software.

El pequeño conjunto de abstracciones y tipos de diagramas hace que el modelo C4Model® sea fácil de aprender y usar.

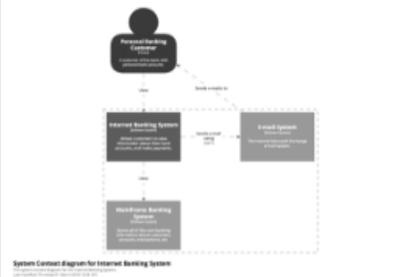
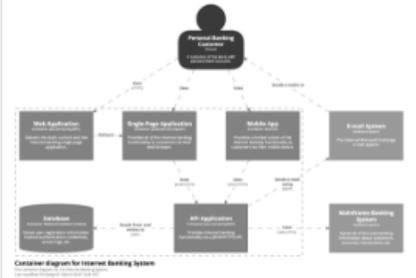
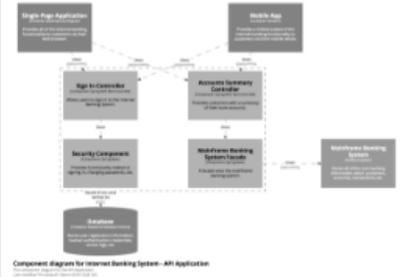
El modelo C4Model® se inspiró en el modelo UML estándar y el modelo "4 + 1" para descripción de arquitecturas de software de Kruchten, diseñado para (1) facilitar que los desarrolladores de software describan y entiendan cómo funciona un sistema de software y (2) minimizar la brecha entre el modelo o descripción de la arquitectura del software y el código fuente.

Las siguientes secciones describen la organización del modelo y una descripción de cómo se representan los elementos y sus relaciones en cada vista.

---

<sup>104</sup> Del inglés *abstraction-first approach*.

## Organización de las vistas

Tipo de vista	Alcance (scope)	Elementos permitidos	Ilustración
<b>Contexto del sistema</b>	Contexto de cualquier sistema de software (sistema de información, aplicación, API, microservicio, etc.)	Sistemas de software Gente	 <p>System Context Diagram for Internet Banking System</p> <p>This diagram shows the Internet Banking System as a central component within a larger system boundary. It is connected to external systems: 'Personnel Banking System', 'Credit System', and 'Accounting System'. The connections are labeled with 'Data' and 'Control' dependencies.</p>
<b>Contenedor</b>	Cualquier sistema de software (sistema de información, aplicación, API, microservicio, etc.)	Sistemas de software Gente Contenedores dentro del sistema de software en el alcance	 <p>Container Diagram for Internet Banking System</p> <p>This diagram shows the internal structure of the Internet Banking System. It features a 'Personnel Banking System' container at the top, which contains several sub-containers: 'Web Application', 'Single Page Application', 'Mobile App', and 'Email System'. Below these are 'Database' and 'API Application' containers, which are connected to the sub-containers via 'Data' and 'Control' dependencies.</p>
<b>Componente</b>	Un contenedor	Sistemas de software Gente Otros contenedores dentro del sistema de software principal del contenedor en el alcance Componentes dentro del contenedor en el alcance	 <p>Component Diagram for Internet Banking System - API Application</p> <p>This diagram shows the internal structure of the API Application component. It includes 'Single Page Application' and 'Mobile App' components at the top, which depend on 'API Controller' and 'API Gateway' components. Below these are 'Security Component' and 'Web-Frame Banking System' components, which are connected to the controllers and gateway via 'Data' and 'Control' dependencies.</p>
<b>Código</b>	Un componente	Elementos de código (por ejemplo, clases, interfaces, etc.) que se utilizan para implementar el componente en el alcance	N/A

## Descripción de los elementos y relaciones

Tipo de elemento	Padre	Propiedades
<b>Persona</b>	Ninguno	Nombre* Descripción Ubicación (interna o externa)
<b>Sistema de software</b>	Ninguno	Nombre* Descripción Ubicación (interna o externa) El conjunto de contenedores que componen el sistema de software
<b>Contenedor</b>	Un sistema de software	Nombre* Descripción Tecnología El conjunto de componentes dentro del contenedor
<b>Componente</b>	Un contenedor	Nombre* Descripción Tecnología El conjunto de elementos de código (por ejemplo, clases, interfaces, etc.) que el componente es implementado por
<b>Elemento de código</b>	Un componente	Nombre* Descripción Tipo completamente calificado
<b>Relación**</b>		Descripción Tecnología

\* Todos los elementos en el modelo deben tener un nombre, y ese nombre debe ser único dentro del contexto principal.

\*\* Las relaciones están permitidas entre cualquier elemento en el modelo, en cualquier dirección.

## C: Acerca de atributos de calidad

---

Los siguientes son los atributos de calidad que se consideraron para el diseño de la arquitectura de sistemas de información StandardME.

Primero, se asocia cada atributo con una pregunta clave que el sistema debe responder, y luego se incluye una tabla con una breve descripción de cada atributo y su impacto sobre los otros (mayor, menor o neutral).

### Preguntas claves

<u>Modificabilidad:</u>	¿Cuán fácil es corregir defectos o modificarse para agregar nueva funcionalidad?
<u>Disponibilidad:</u>	¿Está disponible cuándo y dónde se necesita usarlo?
<u>Rendimiento:</u>	¿Qué tan rápido responde o ejecuta?
<u>Seguridad:</u>	¿Qué tanta protección ofrece contra el acceso no autorizado?
<u>Interoperabilidad:</u>	¿Con qué facilidad se integra y opera con otros sistemas? Este proyecto se enfoca en <i>interoperabilidad de datos (migración de datos)</i> .
<u>Usabilidad:</u>	¿Qué tan fácil es para las personas aprender y usar?
<u>Capacidad de pruebas:</u>	¿Qué tan fácil es para probarse y verificar su correctitud <sup>105</sup> ?

---

<sup>105</sup> 'Correctitud' es una palabra acuñada en el TEC como traducción de 'correctness'. Expresa la cualidad de ser o estar correcto.

Categoría	Atributo de calidad	Descripción								
			Modificabilidad	Disponibilidad	Rendimiento	Interoperabilidad	Seguridad	Capacidad de prueba	Usabilidad	
Cualidades de diseño (no observable en tiempo de ejecución)	Modificabilidad	La capacidad de modificabilidad es la capacidad del sistema para experimentar cambios con un grado de facilidad. Estos cambios podrían afectar a los componentes, servicios, características e interfaces al agregar o cambiar la funcionalidad, corregir errores y cumplir con nuevos requerimientos.		+	-				+	
	Disponibilidad	La disponibilidad define la proporción de tiempo que el sistema está o no funcionando. Se puede medir como un porcentaje del tiempo de inactividad total del sistema durante un periodo predefinido. La disponibilidad se verá afectada por errores del sistema, problemas de infraestructura, ataques maliciosos y carga del sistema.			+					
Cualidades de tiempo de ejecución (observable en tiempo de ejecución)	Rendimiento	El rendimiento es una indicación de la capacidad de respuesta de un sistema para ejecutar cualquier acción dentro de un intervalo de tiempo dado. Se puede medir en términos de latencia o rendimiento. Latencia es el tiempo necesario para responder a cualquier evento. El rendimiento es la cantidad de eventos que tienen lugar dentro de un periodo de tiempo determinado.	-			-		-	-	
	Interoperabilidad	La interoperabilidad es la capacidad de un sistema o de diferentes sistemas para operar con éxito al comunicar e intercambiar información con otros sistemas externos escritos y administrados por terceros. Un sistema interoperable facilita el intercambio y la reutilización de información tanto interna como externamente.				-				
	Seguridad	La seguridad es la capacidad de un sistema para prevenir acciones intencionales, maliciosas o accidentales fuera del uso diseñado, y para evitar la divulgación o la pérdida de información. Un sistema seguro tiene como objetivo proteger los activos y prevenir la modificación no autorizada de la información.								
Cualidades del sistema	Capacidad de prueba	La capacidad de prueba es una medida de lo fácil que es crear criterios de prueba para el sistema y sus componentes, y ejecutar estas pruebas para determinar si se cumplen los criterios. La buena capacidad de prueba aumenta la probabilidad que las fallas en un sistema se puedan aislar de manera oportuna y efectiva.	+	+	-					+
Cualidades del usuario	Usabilidad	La usabilidad define qué tan bien la aplicación cumple con los requisitos del usuario y el consumidor al ser intuitiva, fácil de localizar y globalizar, lo que proporciona un buen acceso para los usuarios con o sin discapacidad, resultando en una buena experiencia general del usuario.			-			-		

Notas:

1. En la tabla, el símbolo + denota **mayor impacto** y el símbolo - denota **menor impacto**. Por ejemplo, decisiones de diseño en beneficio de **modificabilidad** tendrán un **mayor impacto** sobre **disponibilidad** y un menor impacto sobre **rendimiento**.
2. Esta información fue traducida y adaptada del libro *Software Requirements* de K. Wiegers [64].

## D: ATAM®

---

El método de análisis arquitectónico conocido como ATAM® (*Architecture Tradeoff Analysis Method*) [24] fue desarrollado por el Instituto de Ingeniería de Software de la Universidad Carnegie Mellon.

De acuerdo con la descripción de Kazman [25], este método se ha utilizado por años para evaluar sistemas de software en varias áreas, desde la industria automotriz hasta en áreas como el sistema financiero-bancario, la industria de componentes electrónicos y organizaciones gubernamentales como el departamento de defensa de los EEUU.

ATAM® fue diseñado de modo que no se requiriera que los evaluadores estuviesen familiarizados con la arquitectura ni los objetivos de la organización, ni tampoco que el sistema estuviera construido ni que fuera necesario involucrar un gran número de interesados.

### Equipos participantes en ATAM

#### 1) El equipo de evaluación de la arquitectura

Este grupo es externo al proyecto de cuya arquitectura se está evaluando. Por lo general, consta de tres o cinco personas. A cada miembro del equipo se le asignan varios roles específicos que deben cumplir durante la evaluación; es permitido que una sola persona asuma varios roles.

El equipo de evaluación puede ser una unidad permanente que realiza evaluaciones de arquitecturas regularmente, o sus miembros se pueden elegir a partir de un grupo de personas con conocimientos arquitectónicos. Pueden trabajar para la misma organización que la del equipo de trabajo cuya arquitectura se está desarrollando, o pueden ser consultores externos. En ambos casos, ellos necesitan reconocerse como personas competentes e imparciales, sin agendas ocultas o subjetivas.

#### 2) El equipo de quienes toman decisiones del proyecto

Estas personas están facultadas para hablar por el proyecto de desarrollo o tienen la autoridad para ordenar que se realicen cambios en él. Por lo general, incluyen al gerente del proyecto, y si se ha identificado un cliente que es quien está pagando la factura de desarrollo, él o ella pueden estar presentes (o representados) también. El arquitecto siempre está incluido: una regla fundamental de la evaluación de la arquitectura es que el arquitecto debe participar voluntariamente.

#### 3) El equipo de las partes interesadas en la arquitectura

Los interesados tienen un gran interés en que la arquitectura funcione como se espera. Su capacidad de trabajo depende de que la arquitectura promueva la modificabilidad, la seguridad, la alta confiabilidad u otros atributos de calidad similares. Las partes interesadas incluyen desarrolladores, *testers*, integradores, usuarios, constructores de sistemas que interactúan con el que se está considerando, entre otros. Su trabajo durante una evaluación es articular los objetivos de atributos de calidad específicos que la arquitectura debe cumplir para que el sistema se considere un éxito.

Como regla informal es que debe contarse con la participación de 12 a 15 interesados para evaluar una arquitectura grande y crítica para la empresa. A diferencia del equipo de evaluación y los encargados de la toma de decisiones del proyecto, los interesados no participan en todo el proceso de evaluación.

Figura 49: Equipos que participan durante la ejecución de ATAM.  
Traducido y adaptado de *Software Architecture in Practice* [9].

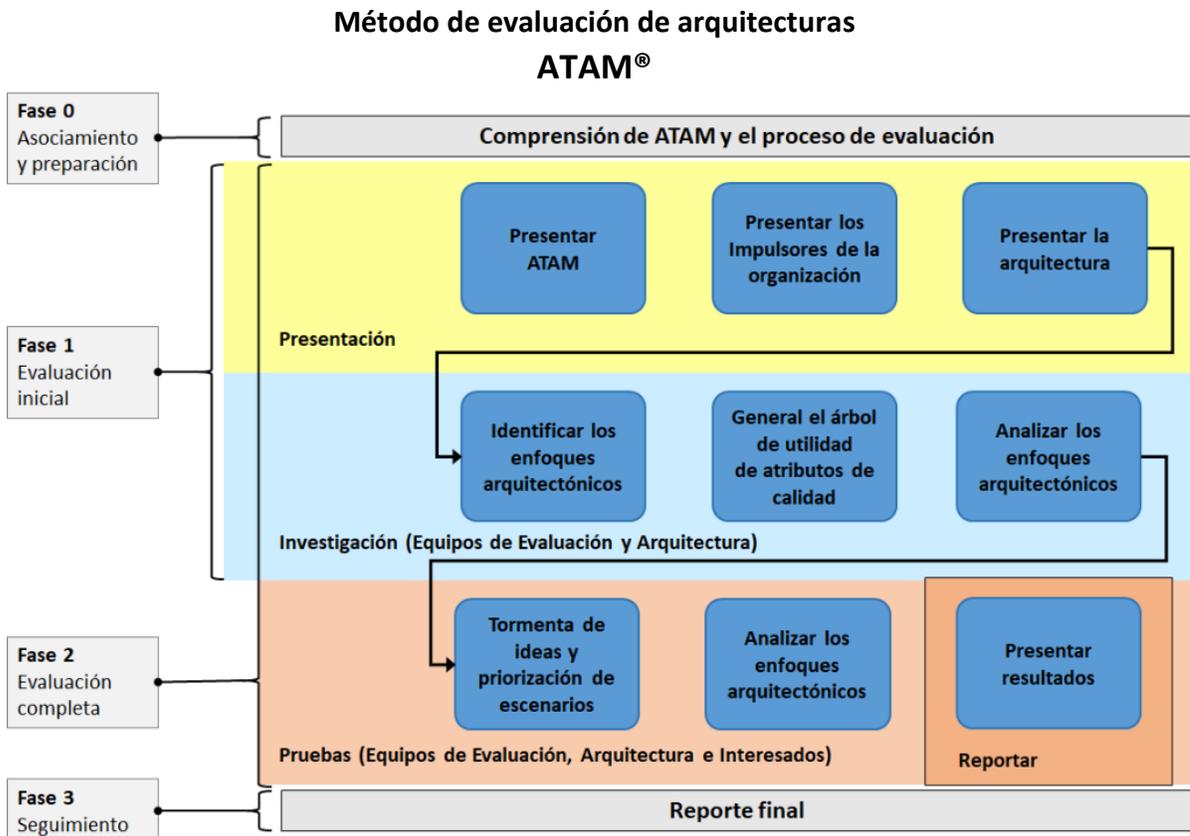
## 7.1. Aplicación de ATAM®

Para la aplicación de ATAM®, como se diseñó originalmente, se requiere la participación y la cooperación mutua de tres equipos o grupos (*Figura 49*):

- 1) el equipo de evaluación de la arquitectura,
- 2) el equipo de los que toman las decisiones, y
- 3) el equipo de las partes interesadas en la arquitectura

Los equipos de trabajo participan y colaboran en diferentes fases de la evaluación en conjunto con el o los arquitectos de software.

La *Figura 50* muestra en resumen las fases y participantes que se requieren para la ejecución de cada fase de ATAM®.



*Figura 50: El método de evaluación ATAM®.  
Traducido y adaptado de Software Architecture in Practice [25].*

La aplicación completa de ATAM® puede requerir 10 o más personas y hasta más de 3 semanas en completarse, por lo que se recomienda utilizarlo para proyectos grandes y complejos donde el margen de riesgo y tolerancia a errores es mínimo.

## 7.2. Aplicación de ATAM® Simplificado

Esta versión de ATAM®, resumida en la tabla de la *Figura 51*, se utiliza para proyectos de poca a mediana complejidad, que puede ser completado en medio día y no requiere la participación de tantas personas.

ATAM® Simplificado		
Paso	Tiempo	Notas
1. Presentar ATAM	0 hrs	Si los participantes están familiarizados con el proceso, este paso puede ser omitido.
2. Presentar controladores de negocios	0.25 hrs	Se espera que los participantes comprendan el sistema, sus objetivos respecto a la organización y prioridades. Quince minutos se asignan para una breve revisión para asegurar que estén frescos en la mente de todos y que no haya sorpresas.
3. Presentar arquitectura actual	0.5 hrs	De nuevo, se espera que todos los participantes estén familiarizados con el sistema y, por lo tanto, se presenta una breve descripción de la arquitectura, utilizando al menos el módulo y las vistas, y se identifican de uno a dos escenarios a través de estas vistas.
4. Identificar enfoques arquitectónicos	0.25 hrs	Los enfoques de arquitectura para los atributos de calidad específicos son identificados por el arquitecto. Esto también puede hacerse como parte del paso 3.
5. Generar un árbol de utilidad de atributos de calidad	Variable: 0.5 hrs - 1.5 hrs	Si ya existen escenarios, partes de evaluaciones anteriores, partes del diseño y partes de la obtención de requisitos, se re-utilizan aquí. Puede construirse un árbol de utilidad de atributos de calidad, en media hora, no más. Si el árbol de utilidades ya existe, el equipo lo revisa y actualiza, si es necesario, con nuevos escenarios, nuevos objetivos de respuesta, o nuevas prioridades de escenarios y evaluaciones de riesgos.
6. Analizar los enfoques arquitectónicos	2-3 hrs	En este paso de mapeo de los escenarios altamente priorizados en la arquitectura, consume la mayor parte de el tiempo y puede ampliarse o contraerse según sea necesario.
7. Generar lluvia de ideas y priorizar escenarios	0 hrs	Este paso puede omitirse ya que se espera que las partes interesadas ensambladas (internas) hayan contribuido con escenarios que expresaron sus preocupaciones en el paso 5.
8. Analizar enfoques arquitectónicos	0 hrs	Este paso puede omitirse, si el análisis ya se realizó en el paso 6.
9. Presentar resultados	0.5 hrs	Al final de una evaluación, el equipo revisa donde hay y no hay riesgos, las áreas sensibles y concesiones existentes que se han descubierto recientemente, analizándose si han surgido nuevos aspectos de riesgo.
TOTAL	4-6 hrs	

*Figura 51: Versión simplificada de ATAM.  
Traducido y adaptado de Software Architecture in Practice [25].*

Al completarse la evaluación, los resultados de aplicar ATAM® *Simplificado* se presentan en un reporte final incluyendo los aspectos arquitectónicos de riesgo, los puntos de sensibilidad y los puntos de concesión.

## 8. Bibliografía

- [1] Achieve, *US Common Core State Standards*. Achieve Inc., 2009.
- [2] Adey P., Shayer M., *Really raising standards*. 1994.
- [3] Advocate H. R., “World Top 20 Project 2017,” 16-Jan-2018. .
- [4] Barbacci M., “Quality Attribute Workshops (QAWs), Third Edition,” *Software*, 2003.
- [5] Brown S., “The C4 model for software architecture.” [Online]. Available: <http://c4model.com/#notation>. [Accessed: 25-Apr-2018].
- [6] Clements P., Ed., *Documenting software architectures: views and beyond*, 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Addison-Wesley, 2011.
- [7] CommonStandardsProject.com, *The Common Standards Project: Search tool*. 2017.
- [8] Curriculum C., Ed., *The Social Lesson Planner with Standards Built-In*. 2017.
- [9] Freeland, Julia et al., “Schools and software: What’s now and what’s next.” Clayton Christensen Institute.
- [10] Huerta A. H., “Arquitectura de Software: Attribute-Driven Design (ADD) 2.0,” *Arquitectura Software*, 10-Oct-2012. .
- [11] IBM, “IBM Knowledge Center - Introducción a BPMN.” [Online]. Available: [https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6RBX\\_11.4.2/com.ibm.sa.bpr.doc/topics/c\\_Intro\\_mdIng\\_BPMN.html](https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6RBX_11.4.2/com.ibm.sa.bpr.doc/topics/c_Intro_mdIng_BPMN.html). [Accessed: 25-Apr-2018].
- [12] IBO, *International Baccalaureate Organization: About the IB*. 2017.
- [13] International M., *Content Knowledge – Online Edition*. 2017.
- [14] ISO, “International Standard ISO/IEC/IEEE 42010: 2011 Systems and software engineering: Architecture description,” *International Standards Organisation*, 2011.
- [15] ISO, “ISO 21001:2018 - Educational organizations -- Management systems for educational organizations -- Requirements with guidance for use.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/66266.html>. [Accessed: 12-Dec-2018].
- [16] ISO, “ISO 9001:2015 - Quality management systems -- Requirements.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/62085.html>. [Accessed: 10-Oct-2017].
- [17] ISO, *Educational organization management systems: Briefing Note*. 2015.
- [18] ISO, *The main benefits of ISO standards*. 2017.
- [19] ISO, “ISO/IEC 19505-1:2012 - Information technology -- Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) -- Part 1: Infrastructure.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/32624.html>. [Accessed: 30-Apr-2018].
- [20] ISO, “ISO/IEC 19505-2:2012 - Information technology -- Object Management Group Unified Modeling Language (OMG UML) -- Part 2: Superstructure.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/52854.html>. [Accessed: 30-Apr-2018].
- [21] ISO, “ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models.” [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/35733.html>. [Accessed: 16-Apr-2018].
- [22] Kaplan, *Admission College Test / TOEFL, GMAT, GRE, LSAT, MCAT, SAT: ACT*, 2017.
- [23] Kazman R., “ATAM: Method for Architecture Evaluation,” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2000.
- [24] Kazman R., “The Architecture Tradeoff Analysis Method,” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, ATAM, 1998.

- [25] Kazman R., *Software Architecture in Practice 3rd*. Edition, Pearson Education Services, 2016.
- [26] Kruchten P., “Architectural Blueprints—The ‘4+1’ View Model of Software Architecture,” *Rational Software Corp*, 1995.
- [27] Lankhorst M., Ed., *Enterprise architecture at work: modelling, communication, and analysis*. Berlin; New York: Springer, 2005.
- [28] Latina T. A., “Reflexiones y Perspectivas de la Educación Superior en America Latina, Proyecto Tuning America Latina,” *Publicaciones de la Universidad de Deusto*, p. 81, 2007.
- [29] Lea K., *Meaningful Connections: Objectives and Standards*. Edutopia. 2017.
- [30] Lemaire W., “UI5 Architectural pattern – MVC, MVVM or MVWhatever | SAP Blogs.” [Online]. Available: <https://blogs.sap.com/2017/04/06/ui5-architectural-pattern-mvc-mvvm-or-mvwhatever/>. [Accessed: 26-Apr-2018].
- [31] LOMCE, *Competencias clave: ley orgánica para la mejora de la calidad educativa del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte de España*. 2013.
- [32] MEP Costa Rica, *Estructura del Sistema Educativo Costarricense*. 2017.
- [33] Merriam-Webster.com, *Definition of LEARNING*. 2017.
- [34] Microsoft, *Microsoft Application Architecture Guide*, 2nd Edition. 2009.
- [35] Moe.gov.sg, *Desired Outcomes of Education*. 2017.
- [36] Moe.gov.sg, *21st Century Competencies*. 2017.
- [37] MongoDB, “NoSQL Databases Explained,” *MongoDB*. [Online]. Available: <https://www.mongodb.com/nosql-explained>. [Accessed: 09-Apr-2018].
- [38] NCES, *NCES: Centro Nacional de Estadísticas en Educación (2017) Common Core of Data (CCD)*. .
- [39] NCES, “NCES: Centro Nacional de Estadísticas,” in *en Educación (2017) Elementary/Secondary Information System (EISi)*, .
- [40] Nces.gov, Ed., *The Structure of Education in the United States. National Center for Educations Statistics (NCES)*. 2017.
- [41] Nicola R., Fitzgerald M., Ross A., Rhodes D., *Architecting Systems of Systems with ilities: An Overview of the SAI Method*. 2014.
- [42] ObservatorioSocialLaCaixa.org, *Niveles ISCED de la Unesco: Clasificación Internacional Normalizada de la Educación y su equivalencia en España*. 2017.
- [43] Oxford, *Oxford Living Dictionaries*, 2017.
- [44] Partnership G. S., *The Glossary of Education Reform: Standards-Based*. 2014.
- [45] Pepper, David, *ICF GHK Consulting, «Education and Training 2020 Work Programme»*. Brussel, 2012.
- [46] P.M.I., “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide),” *Fifth Edition, Project Management Institute publication*, p. 589, 2013.
- [47] RAE, “Real Academia Española.” [Online]. Available: <http://www.rae.es/>. [Accessed: 03-Apr-2018].
- [48] Reform Support Network, “Education Enterprise Architecture Guidebook.” US Department of Education, 2014.
- [49] Sams B., *ISO 2020: The Importance of Standards in Education*. 2013.
- [50] SEI, “Attribute-Driven Design Method (ADD),” Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2017.

- [51] Singapore's Ministry of Education, "Singapore's Education System." [Online]. Available: <https://www.moe.gov.sg/education/education-system>. [Accessed: 03-Apr-2018].
- [52] Smith S., et al, "Choosing between traditional web apps and single page apps." [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/standard/modern-web-apps-azure-architecture/choose-between-traditional-web-and-single-page-apps>. [Accessed: 26-Apr-2018].
- [53] Spewak S. H., *Enterprise architecture planning developing a blueprint for data, applications and technology*. New York: Wiley, 2001.
- [54] STA, "Enterprise Technology Architecture - STA Group Chicago Consulting." [Online]. Available: <http://www.stagr.com/architecture/>. [Accessed: 13-Apr-2018].
- [55] TalentLMS.com, *What is an LMS / Definition and Uses - TalentLMS*. 2017.
- [56] The European Commission, "Key competences - Education and training - European Commission," *Education and training*. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/education/policy/school/competences\\_en](https://ec.europa.eu/education/policy/school/competences_en). [Accessed: 08-May-2018].
- [57] The Open Group, "TOGAF®, an Open Group standard," 2009. [Online]. Available: <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/togaf>.
- [58] Unesco, *Clasificación Internacional Normalizada de la Educación*. CINE, 2017.
- [59] UnideUsTo.org, *Tuning Project: Competences*. 2017.
- [60] US DoE, "Normas de preparación para la universidad y el trabajo," US Department of Education, 2017.
- [61] US DoE, "NCLB: No Child Left Behind Act," US Department of Education, 2001.
- [62] Vasconcelos A., Sousa P., Tribolet J., "Information System Architectures: Representation, Planning and Evaluation," *Systemics, Cybernetics and Informatics*, vol. 1, no. 6.
- [63] WhatIs.com, *What is deploy? - Definition from WhatIs.com*. 2017.
- [64] Wiegers K. E., Beatty J., *Software requirements*, 3rd ed. Redmond, Wash: Microsoft Press, 2013.
- [65] Zachman J. A., "The Framework for Enterprise Architecture: Background, Description and Utility by: John A. Zachman," *Zachman International | Enterprise Architecture*. [Online]. Available: <https://www.zachman.com/resources/ea-articles-reference/327-the-framework-for-enterprise-architecture-background-description-and-utility-by-john-a-zachman>. [Accessed: 29-Apr-2018].