



**ARQUITECTURA EJECUTABLE PARA LA SIMULACIÓN DE ARTEFACTOS  
ARQUITECTURALES EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS INTEGRALES  
ORGANIZACIONALES - LASIO - : UN MODELO DE GESTIÓN ESCOLAR EN  
EDUCACIÓN SUPERIOR.**

**JORGE ANDRES BUENO BARAJAS  
LUZ AMPARO TORRES CARREÑO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2015**



**ARQUITECTURA EJECUTABLE PARA LA SIMULACIÓN DE ARTEFACTOS  
ARQUITECTURALES EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS INTEGRALES  
ORGANIZACIONALES - LASIO - : UN MODELO DE GESTIÓN ESCOLAR EN  
EDUCACIÓN SUPERIOR.**

**JORGE ANDRES BUENO BARAJAS  
LUZ AMPARO TORRES CARREÑO**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Sistemas**

**Director  
PhD. RICARDO LLAMOS A VILLALBA**

**Codirector  
MsC. DARÍO JOSÉ DELGADO QUINTERO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTA DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA  
BUCARAMANGA  
2015**

## CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCIÓN .....	11
DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA .....	16
1 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	17
1.1 ARQUITECTURAS EMPRESARIALES .....	17
1.1.1 Marcos de Referencia de Arquitecturas .....	17
1.2 ARQUITECTURAS EJECUTABLES.....	21
1.2.1 Objetivos del desarrollo de una Arquitectura Ejecutable.....	22
1.2.2 Técnicas de Modelado.....	22
1.3 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN .....	23
1.3.1 CPN Tools.....	23
1.3.2 Simevents .....	24
1.4 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE MODELADO Y HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN.....	24
2 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE ARQUITECTURAS EJECUTABLES .....	27
2.1 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA .....	27
2.2 SELECCIÓN DE ARTEFACTOS .....	28
2.3 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EJECUTABLE .....	29
2.4 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS .....	30
2.4.1 Planteamiento de Validación.....	30
3 ARQUITECTURA EJECUTABLE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EDUCATIVOS .....	32
3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EDUCATIVOS.....	32
3.2 DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA EJECUTABLE .....	34
3.2.1 Selección de la Técnica .....	34
3.2.2 Selección de Artefactos .....	34

3.2.3 Construcción del modelo ejecutable .....	38
3.2.4 Experimentación y Análisis .....	41
4 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	49
4.1 CONCLUSIONES POR OBJETIVO.....	49
4.2 LECCIONES APRENDIDAS .....	57
4.3 TRABAJO FUTURO .....	57
CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
ANEXOS .....	63

## LISTA DE TABLAS

	Pág
<b>Tabla 1.</b> Marcos Arquitecturales y sus características más relevantes .....	18
<b>Tabla 2.</b> Técnicas de Modelado y Simulación .....	22
<b>Tabla 3.</b> Criterios de Selección de la plataforma de Simulación adaptado de Ryan y Hanoka[17].....	25
<b>Tabla 4.</b> Técnicas de Análisis adaptado de Ryan y Hanoka [17].....	28
<b>Tabla 5.</b> Transformación entre los modelos producto de DODAF y las técnicas de modelado y simulación .....	29
<b>Tabla 6.</b> Concepto de Mapeo Estructural .....	39
<b>Tabla 7.</b> Equivalencia entre UML y simevents.....	39
<b>Tabla 8.</b> Comparación de los diagramas de actividades y sus respectivos resultados de simulación .....	43
<b>Tabla 9.</b> Propiedades de los Sistemas .....	46

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
Figura 1. Noción ejecutable de un artefacto arquitectural en algún marco de desarrollo arquitectura .....	21
Figura 2. Línea base para la construcción de arquitecturas ejecutables .....	26
Figura 3. Metodología para la creación de Arquitecturas Ejecutables .....	27
Figura 4. Componentes del Sistema de Gestión de procesos Educativos.....	33
Figura 5. Metodología de Construcción para Arquitecturas Ejecutables Basadas en DES .....	34
Figura 6. Artefactos seleccionados para la construcción del modelo de simulación .....	36
Figura 7. Matriz de interacción de negocio usada para la construcción del modelo Ejecutable .....	37
Figura 8. Diagrama de Actividades usado para construir el modelo ejecutable.....	38
Figura 9. Diagrama de Actividades versión 1 .....	42
Figura 10. Resultados del análisis de uso generados por el modelo ejecutable....	43
Figura 11. Modelo Ejecutable sin el subsistema Autoría .....	47
Figura 12. Resultados de Simulación sin el subsistema de Autoría.....	48

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág</b>
<b>Anexo A.</b> Arquitectura Empresarial del Sistema.....	63
<b>Anexo B.</b> Capturas de Pantalla del Modelo de Simulación.....	108

## RESUMEN

### TÍTULO

**ARQUITECTURA EJECUTABLE PARA LA SIMULACIÓN DE ARTEFACTOS ARQUITECTURALES EN EL LABORATORIO DE SISTEMAS INTEGRALES ORGANIZACIONALES - LASIO - : UN MODELO DE GESTIÓN ESCOLAR EN EDUCACIÓN SUPERIOR**

### AUTOR(ES)

Jorge Andrés Bueno Barajas, Luz Amparo Torres Carreño

### PALABRAS CLAVES

Arquitecturas ejecutables, simulación, marcos arquitecturales

### DESCRIPCIÓN

Arquitecturas de Sistemas han sido desarrolladas con el fin de abordar la complejidad de los sistemas y dar soporte al proceso de toma de decisiones. Sin embargo estas arquitecturas se han visto limitadas a la hora de proveer un análisis dinámico del comportamiento de los sistemas modelados debido a que las descripciones a partir de las cuales son construidas son inherentemente estáticas y no permiten analizar cuellos de botella, retardos operacionales y latencias.

Para el desarrollo de las arquitecturas ejecutables se tomó como base los marcos arquitecturales DODAF y TOGAF. Dado que no existía una metodología para la creación de estos modelos de simulación a partir de descripciones arquitecturales, en este trabajo se desarrolló una metodología para la creación de arquitecturas ejecutables basada en investigaciones anteriores. Una vez propuesta la metodología, se implementó en el Sistema de Gestión de Procesos Educativos del CIDLIS. La arquitectura ejecutable resultante permitió validar la metodología propuesta, además permitió realizar la validación de los artefactos arquitecturales a partir de los cuales fue desarrollada y la corroboración de la propiedad emergente del sistema.

Este trabajo constituye el primer paso para la evaluación de arquitecturas de sistemas, la cual puede ser implementada para la validación de un sistema en etapas tempranas del diseño y conceptualización, en la evaluación de nuevas capacidades del sistema y como soporte para la adquisición e implementación de nuevas tecnologías.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Fisicomecánicas. Escuela Ingeniería de Sistemas. Director Ph.D Ricardo Llamasa Villalba. Codirector M. Sc. Darío José Delgado Quintero

## ABSTRACT

### TITLE

**EXECUTABLE ARCHITECTURE FOR SIMULATION OF ARCHITECTURAL ARTIFACTS IN THE LABORATORY OF INTEGRATED ORGANIZATIONAL SYSTEMS - LIOS - A MODEL OF SCHOOL MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION**

### AUTHORS

Jorge Andrés Bueno Barajas, Luz Amparo Torres Carreño

### KEY WORDS

Executable Architecture, Simulation, Architectural Frameworks

### DESCRIPCIÓN

Systems architectures have been developed to address the complexity of the systems and support the decision making process. However, these architectures have been limited when used to provide a dynamic analysis of the behavior of the modeled systems, because the descriptions from which they are built are inherently static and do not allow to analyze bottlenecks, operational delays and latencies.

For the development of executable architectures DODAF and TOGAF architectural frameworks were used. Since there was no methodology for creating these simulation models from architectural descriptions in this paper a methodology for creating executable architectures based on previous research was developed. Once created the proposed methodology, this was implemented in the Educational Management System Processes CIDLIS. The resulting executable architecture allowed to validate the proposed methodology also allowed to validate the architectural artifacts from which it was developed and corroboration of the emergent property of the system.

This work constitutes the first step in the evaluation of system architectures, which can be implemented for the validation of a system early in the design and conceptualization stage, in evaluating new capabilities of the system and as support for the acquisition and implementation of new technologies.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ciencias Fisicomecánicas. Escuela Ingeniería de Sistemas. Director Ph.D Ricardo Llamosa Villalba. Codirector M. Sc. Darío José Delgado Quintero

## INTRODUCCIÓN

Las arquitecturas de sistemas, también conocidas como arquitecturas empresariales o arquitecturas organizacionales han permitido afrontar retos complejos de ingeniería [12]. Estas arquitecturas son desarrolladas bajo una serie de lineamientos llamados marcos arquitecturales, con los cuales las organizaciones establecen un conjunto de prácticas y conocimientos que les permiten construir su propia arquitectura. Estos marcos arquitecturales generan modelos, documentos, reportes y análisis llamados artefactos arquitecturales, que constituyen los bloques de construcción para la arquitectura [28].

Las arquitecturas empresariales le proporcionan a la organización soporte a los procesos de negocio y a la toma de decisiones, por esto es importante asegurar que los artefactos arquitecturales que describen las diferentes perspectivas de la organización sean coherentes. Con este fin, surgió el concepto de las arquitecturas ejecutables.

Las arquitecturas ejecutables son un soporte para la administración de capacidades<sup>1</sup> de un sistema, Estas proveen un análisis dinámico que permite conocer las propiedades emergentes [26] del comportamiento surgido a partir de la interacción de los componentes del sistema, que no son visibles si se observan a partir de elementos aislados del sistema En general las arquitecturas ejecutables se utilizan para entender el comportamiento y el desempeño del sistema en función del tiempo.

<sup>1</sup> Capacidad: habilidad para alcanzar un efecto para ejecutar un curso de acción específico.

En este trabajo se realiza un estudio con el fin de encontrar el método adecuado para la construcción de una arquitectura ejecutable, con base en la investigación, este ejercicio permitió establecer una metodología para la creación de modelos ejecutables, la cual facilitara la creación de una arquitectura ejecutable en futuros trabajos. A partir de la metodología creada se desarrolló un ejemplo de Arquitectura ejecutable basada en la técnica de simulación de eventos discretos, en el contexto del Sistema de Gestión de Procesos Educativos, este producto ejecutable nos permitió ver el comportamiento del sistema respecto al tiempo y validar la lógica del modelo.

Este documento está compuesto de 5 capítulos, en el primero se plantea una introducción para contextualizar el contenido del trabajo, en el segundo se hace una revisión de la literatura, a partir de los resultados de la investigación, en el tercer capítulo se plantea una metodología la cual nos permite construir una arquitectura ejecutable, en el capítulo 4 se realiza una arquitectura ejecutable a partir de la metodología establecida anteriormente y finalmente en el capítulo 5 se obtienen los resultados y conclusiones del trabajo.

## DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN PROBLEMA

La creciente complejidad de los sistemas ha impulsado el desarrollo de herramientas que permiten componer holísticamente tales sistemas para diseñar estrategias que permitan alcanzar sus objetivos misionales. Construir la arquitectura del sistema implica descomponer la organización haciendo uso de estándares de modelado formal como UML, SysML, BPMN, para especificar, visualizar, construir y documentar cada componente.

Entre más coherentes sean los modelos que constituyen la arquitectura más cercanos estarán de representar la realidad, de esta forma será más efectiva la arquitectura, proporcionando información guía para alcanzar efectivamente los objetivos organizacionales.

Actualmente, los modelos sobre los cuales se construyen las Arquitecturas no permiten evaluar la lógica, el comportamiento y el desempeño de acuerdo a factores dinámicos de los sistemas, dado que estos modelos son inherentemente estáticos [12], a partir de lo cual, surge la necesidad de desarrollar herramientas que nos permita observar el comportamiento dinámico de un sistema, basado en la descripción de los modelos que lo constituyen [2].

# 1 REVISIÓN DE LA LITERATURA

## 1.1 ARQUITECTURAS EMPRESARIALES

Las arquitecturas empresariales (AE) son el eje central para este trabajo. El concepto nació en estados unidos [5], en un artículo titulado *Un Marco de Referencia para Arquitecturas de Sistemas de Información* elaborado por J.A. Zachman, en este artículo Zachman habla sobre el reto de manejar la complejidad de los sistemas distribuidos, su visión consistía en proporcionarle más valor al negocio de cualquier organización a partir de una perspectiva holística de la arquitectura de los sistemas desde diferentes vistas.

Tras un par de décadas de evolución, las AE se han convertido en una forma de alinear los procesos de negocio, la infraestructura tecnológica, la información y las aplicaciones de una organización para desarrollar una estructura o modelo coherente que le permita a la organización diseñar estrategias que la lleven a alcanzar sus objetivos a través del soporte a los procesos de negocio.

Con el fin de construir AE de una forma eficiente, se desarrollaron marcos de referencia de arquitecturas. A continuación se realiza una descripción de estos marcos arquitecturales

### 1.1.1 Marcos de Referencia de Arquitecturas

Los marcos de referencia de arquitecturas establecen un conjunto de prácticas y herramientas, que le permiten a una organización crear, interpretar, validar y dar mantenimiento a las arquitecturas.

Entre los marcos de trabajo de arquitecturas empresariales se destacan TOGAF [28][5], Zachman[5][34], FEAF[5][8], DoDAF[28][6] (Ver Tabla 1), entre otros. Todos estos marcos están enfocados a construir un modelo holístico que describa el sistema u organización. Sin embargo, cada uno de los marcos se diferencia en los modelos que implementan, las vistas en las que se descompone el sistema y en la metodología para construir la arquitectura.

**Tabla 1.** Marcos Arquitecturales y sus características más relevantes

<b>Marco Arquitectural</b>	<b>Descripción</b>	<b>Características Importantes</b>
<b>Marco Arquitectural del Departamento de Defensa (DODAF)</b>	Marco de referencia del Departamento de Defensa (DoDAF), es en general un modelo conceptual para el desarrollo de arquitecturas, creado con la finalidad de administrar las capacidades del Departamento de Defensa de los Estados Unidos. [31]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Creada con el propósito de gobernar las capacidades de un sistema integrado[9]</li> <li>• Facilita la integración de manera rápida y la integración flexible de sistemas de gran escala[9]</li> </ul>
<b>Marco Arquitectural de Open Group (TOGAF)</b>	TOGAF es un marco de referencia de arquitectura. En términos simples, es	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Está basado en un modelo iterativo de procesos apoyado por las mejores</li> </ul>

	<p>una herramienta para asistir en la aceptación, creación, uso, y mantenimiento de arquitecturas. Está basado en un modelo iterativo de procesos apoyado por las mejores prácticas y un conjunto reutilizable de activos arquitectónicos existentes. [29]</p>	<p>prácticas (Metodología ADM)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descompone la organización en componentes o vistas: arquitecturas de Tecnología, Aplicación , Datos y Negocio</li> <li>• La metodología permite al arquitecto asegurar que un conjunto complejo de requerimientos se aborden adecuadamente [30].</li> </ul>
<p><b>Marco Arquitectural Empresarial Federal (FEAF)</b></p>	<p>Marco arquitectural del gobierno federal. Proporciona un enfoque común para la integración estratégica, empresarial y gestión de la tecnología como parte del diseño de la organización y la mejora del rendimiento. [7]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta la planificación y el proceso de toma de decisiones a través de la documentación que proveen vistas abstraídas de una organización.[8]</li> </ul>
<p><b>Marco Arquitectural Zachman</b></p>	<p>Este marco arquitectural propuesto por Zachman consiste en un esquema de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La arquitectura está basada en un esquema de clasificación de dos dimensiones</li> </ul>

	clasificación en dos dimensiones para hacer representaciones descriptivas de una empresa u organización. [34]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con una de las taxonomías arquitecturales más completa [5]</li> </ul>
--	---	---

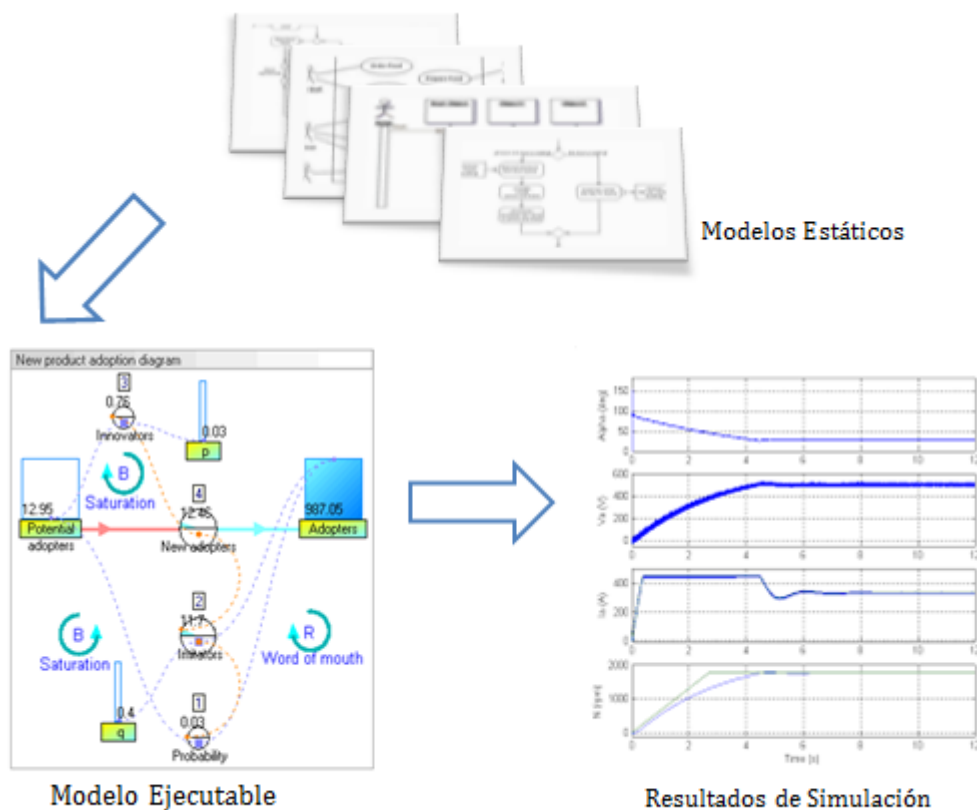
La tabla 1 resume algunas características que se tomaron en cuenta para elegir el marco arquitectural más adecuado para el propósito de este trabajo. Se tomaron los componentes necesarios de TOGAF y DoDAF para cumplir con los objetivos de describir la arquitectura del sistema y de esta forma llevar esta a modelos de simulación. Los criterios que se tuvieron en cuenta para construir la arquitectura del sistema con base en DODAF y TOGAF fueron en primer lugar, que el marco arquitectural contara con una guía práctica para el desarrollo de la arquitectura, dado que en algunas investigaciones recomiendan la implementación de TOGAF en organizaciones que no poseen ningún tipo de arquitectura y por otro lado el marco arquitectural que cuente con investigaciones anteriores en el campo de la simulación.

A pesar de que los marcos arquitecturales nombrados anteriormente pueden describir tanto los aspectos estructurales como los de comportamiento. En un sistema, estos modelos son inherentemente estáticos en naturaleza y deben ser complementados con la simulación dinámica durante las fases de análisis y diseño conceptual, a partir de esto surge el concepto de arquitecturas ejecutables las cuales permiten entender el comportamiento y el desempeño del sistema en función del tiempo y sus limitaciones. [9][21][22][2][19][17].

## 1.2 ARQUITECTURAS EJECUTABLES

Las Arquitecturas Ejecutables son simulaciones dinámicas ejecutables que pueden ser generadas a partir de artefactos arquitecturales [10]. Una representación de lo que puede ser un producto ejecutable se muestra en la Figura 1, en esta se ilustra un conjunto de modelos o artefactos, los cuales son descripciones arquitecturales de diferentes vistas de un sistema en un lenguaje formal de modelado tal como UML, BPMN, SysML entre otros. El modelo ejecutable o modelo de simulación creado a partir de esos artefactos, en este caso un modelo de dinámica de sistemas y sus resultados representados a través de información estadística producto de la simulación.

**Figura 1.** Noción ejecutable de un artefacto arquitectural en algún marco de desarrollo arquitectura



### 1.2.1 Objetivos del desarrollo de una Arquitectura Ejecutable

Según H. Philipp y L. Pascal los objetivos para el desarrollo de una arquitectura ejecutable son: [12]

1. Determinar la contribución de un componente a las capacidades generales del sistema y revelar propiedades emergentes.
2. Probar las capacidades del sistema para el alcanzar los objetivos de la organización.
3. Identificar cuellos de botella en procesos y redes de comunicación y estimar las actividades optimas de comando y control.

### 1.2.2 Técnicas de Modelado

Algunas de las técnicas de modelado empleadas para la creación productos ejecutables a partir de artefactos arquitecturales que han sido usadas en investigaciones anteriores han sido: las Cadenas de Markov, Simulación de Eventos Discretos (DES), Redes de Petri, Dinámica de Sistemas. La tabla 2 hace una breve descripción de algunas de las técnicas de modelado usadas para la creación de arquitecturas ejecutables en investigaciones anteriores y las áreas de análisis relacionadas a cada una de ellas.

**Tabla 2.** Técnicas de Modelado y Simulación

<b>Técnica de Modelado</b>	<b>Descripción</b>	<b>Potenciales Áreas de Análisis</b>
<b>Cadenas de Markov</b>	Proceso aleatorio discreto, que cuenta con un espacio de estados el cual experimenta transiciones de un estado a otro, dependiendo únicamente del estado actual y no de ninguno de los estados anteriores. [17] Se emplean para la extracción de los aspectos dinámicos de un	Análisis de transición de estados para un número de variables aleatorias e independientes

	sistema o un SoS (System of Systems) representados en los artefactos dinámicos de los marcos arquitecturales. [20]	
<b>Simulación de Eventos Discretos (DES)</b>	Empleado para el análisis numérico de sistemas cuyas variables de estado cambian solo en puntos discretos de tiempo, ideal para análisis de la evolución de los sistemas en el tiempo. [33][19][17][18]	Análisis temporal de una secuencia de eventos dentro de un sistema o proceso
<b>Redes de Petri Coloreadas</b>	Lenguaje de modelado gráfico y matemático para la construcción de modelos de sistemas concurrentes y analizar sus propiedades. [17][3]	Análisis gráfico de protocolos de comunicación, sistemas distribuidos, flujos de trabajo.
<b>Dinámica de Sistemas</b>	Enfoque para modelar y simular el comportamiento de sistemas complejos y procesos. [17][1][14][18].	Análisis del comportamiento de sistemas complejos en el tiempo.

Existen diferentes herramientas que soportan las técnicas de modelado mencionadas en la tabla 2 , estas plataformas de software permiten la creación de modelos ejecutables a partir de modelos basados en lenguajes formales de modelado tales como UML y SysML que forman parte de las arquitecturas empresariales seleccionadas en este trabajo.

### 1.3 HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN

El enfoque de este estudio se centró principalmente en analizar CPN Tools y Matlab/Simulink dado que ambas pueden ser potencialmente útiles en el campo de las arquitecturas ejecutables. [19] [17]

#### 1.3.1 CPN Tools

Es una herramienta gráfica para editar, simular y analizar Redes de Petri coloreadas, introducida inicialmente para analizar sistemas concurrentes. Las Redes de Petri permiten modelar sistemas de eventos discretos, distribuciones para

análisis estadístico, y análisis temporal para evaluar el desempeño. Entre las aplicaciones más comunes de esta herramienta se encuentran: análisis de protocolos de comunicación, redes de datos, algoritmos distribuidos, sistemas embebidos, procesos de negocio, flujos de trabajo y sistemas de manufactura. Existen varios trabajos desarrollados sobre esta herramienta, sacando provecho de las áreas de análisis mencionadas anteriormente.

### 1.3.2 Simevents

Proporciona un motor de simulación y componentes de la biblioteca de eventos discretos para Simulink ®. Permite modelar la comunicación basada en eventos entre los componentes de un sistema para analizar y optimizar latencias, cuellos de botella, pérdida de paquetes, y otras características de rendimiento. [15] Una vez representado un artefacto arquitectural como un diagrama de actividades en Simevents, este permite realizar análisis del comportamiento, simulación estadística basada en la técnica Monte Carlo y análisis de sensibilidad. Simevents también permite la incorporación de métodos más sofisticados para ser incorporados en los modelos ejecutables, como lo son las redes neuronales y los algoritmos genéticos. La flexibilidad en el manejo de los datos de Matlab/Simevents es bastante útil para realizar análisis en conjunto con otras plataformas. [19]

## 1.4 SELECCIÓN DE LA TÉCNICA DE MODELADO Y HERRAMIENTA DE SIMULACIÓN

A partir del análisis de las herramientas de modelado mencionadas anteriormente y con base en el trabajo desarrollado por Ryan y Hanoka [17] se construyó la arquitectura ejecutable sobre Matlab/ Simevents, entre los criterios de selección se encuentra el potencial que tiene Simevents como herramienta de simulación para crear diversos escenarios de simulación, la facilidad de uso [19] y finalmente la similitud que tiene con UML/SysML permite la fácil transición de diagramas que definen el comportamiento, y que hacen parte de las descripciones arquitecturales que componen la arquitectura del sistema. La tabla 3, es una adaptación de un

estudio realizado anteriormente, en el cual se muestran algunos criterios que se tuvieron en cuenta a la hora de escoger a Matlab/Simulink por encima de CPN Tools.

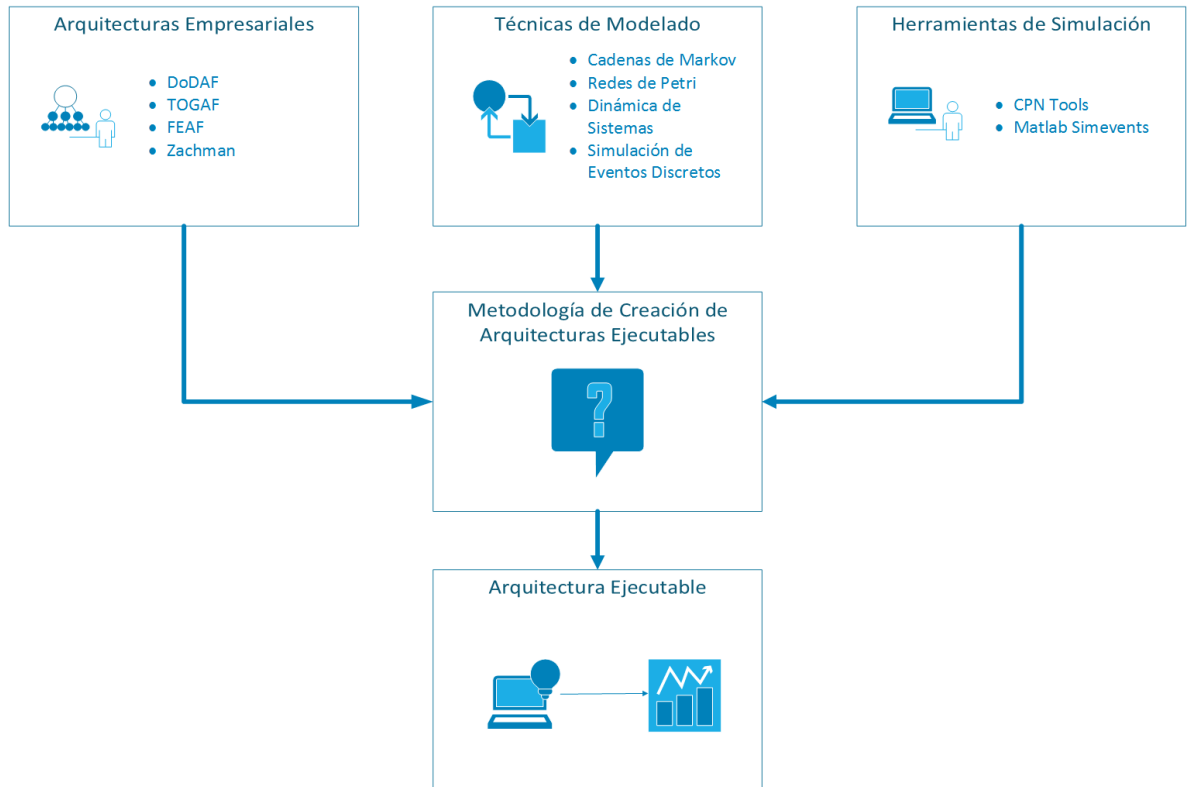
**Tabla 3.** Criterios de Selección de la plataforma de Simulación adaptado de Ryan y Hanoka[17]

Criterio	CPN Tools	Matlab/Simulink
Investigaciones previas realizadas como herramienta de Arquitecturas Ejecutables	Varios estudios Previos	Pocos
Uso en la Industria	Poco	Extensivo
Facilidad de uso	Entrenamiento requerido	Entrenamiento requerido
Usabilidad	Moderada	Alta
Flexibilidad	Poca	Extensiva
Análisis	Limitado	Ilimitado
Capacidad de incorporar métodos sofisticados	Poca	Alta
Compatibilidad con Artefactos Arquitecturales	Si	Si

Fuente: MICHAEL H. RYAN, WESTON J. HANOKA. A Study of Executable Model Based Systems Engineering From DoDAF Using Simulink.

La figura 2 resume la revisión de la literatura, en la cual se identificaron tres conceptos claves para la construcción de las arquitecturas ejecutables: las arquitecturas empresariales, técnicas de modelado y herramientas de simulación. Sin embargo, no es claro el proceso para relacionar estos tres elementos con el fin de construir un modelo ejecutable por lo tanto se hace necesario el planteamiento de una metodología que integre eficientemente los conceptos nombrados y permita la creación de productos ejecutables de forma estándar.

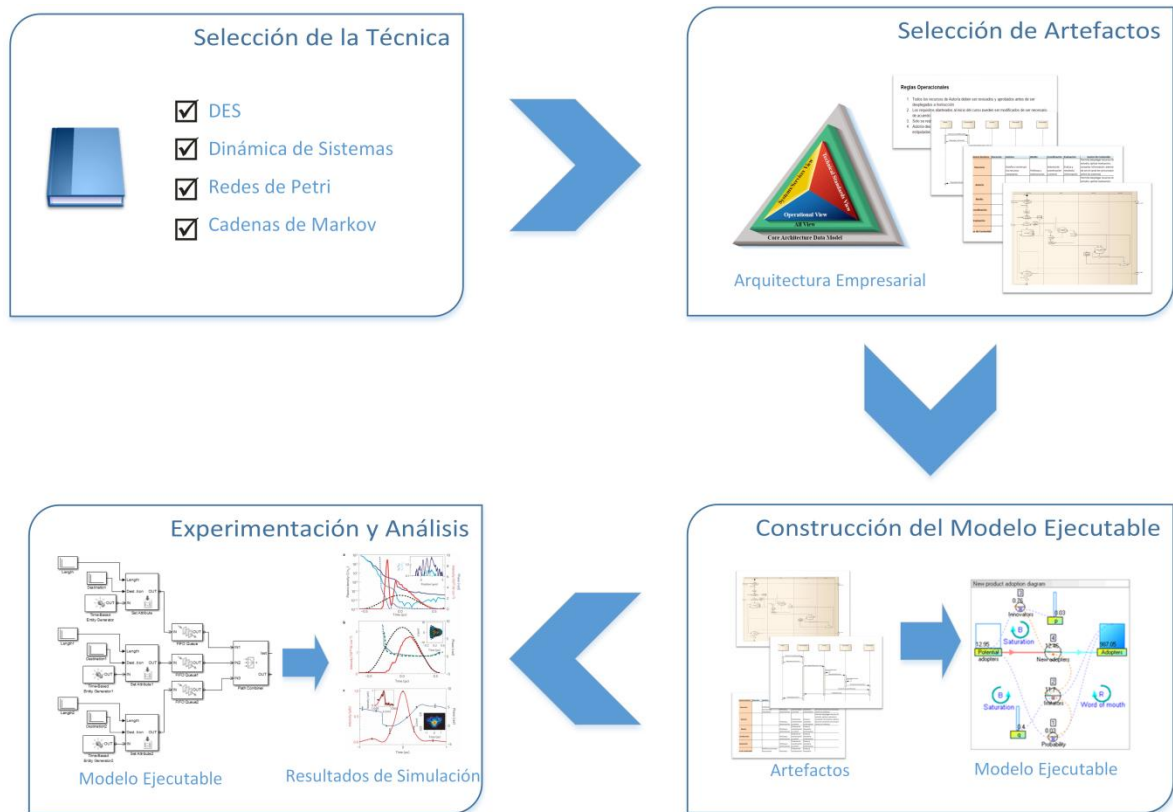
**Figura 2. Línea base para la construcción de arquitecturas ejecutables**



## 2 METODOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE ARQUITECTURAS EJECUTABLES

Con base en estudios anteriores, se diseñó una metodología general para la construcción de una arquitectura ejecutable. La Figura 3 ilustra las etapas fundamentales para desarrollar un modelo ejecutable.

**Figura 3.** Metodología para la creación de Arquitecturas Ejecutables



### SELECCIÓN DE LA TÉCNICA

Existen diferentes técnicas para el desarrollo de una arquitectura ejecutable, cada una de estas provee diferentes tipos de análisis como se ilustra en la tabla 4, Para seleccionar la técnica más adecuada es necesario analizar las necesidades de los interesados y las preguntas que se espera que responda el modelo.

**Tabla 4.** Técnicas de Análisis adaptado de Ryan y Hanoka [17]

Potenciales Áreas de Análisis	
Redes de Petri Coloreadas	Análisis gráfico de protocolos de comunicación, sistemas distribuidos, flujos de trabajo.
Cadenas de Markov	Análisis de transición de estados para un número de variables aleatorias e independientes
Latencia	Análisis basado en el tiempo para determinar la latencia o retardos de diferentes nodos de un sistema.
Bottlenecking	Análisis para encontrar que nodos de una operación del sistema tiene la mínima capacidad o actúa como una vulnerabilidad
Simulación de Eventos Discretos (DES)	Análisis temporal de una secuencia de eventos dentro de un sistema o proceso
Riesgo	Como varios escenarios afectarán el costo, el calendario o el desempeño
Simulaciones Monte Carlo	Probabilidades basadas en un número de variables aleatorias dependientes

Fuente: MICHAEL H. RYAN, WESTON J. HANOKA. A Study of Executable Model Based Systems Engineering From DoDAF Using Simulink.

Es importante que la organización tenga claro la información que espera obtener de los modelos ejecutables, de esta forma será más fácil elegir la técnica de modelado que más se ajuste a sus necesidades.

## 2.1 SELECCIÓN DE ARTEFACTOS

Una vez seleccionada la herramienta para crear modelos ejecutables se seleccionan los artefactos necesarios para el desarrollo de esta. Cada una de las técnicas requiere diferentes artefactos y vistas que son proporcionados por las arquitecturas empresariales las cuales describen la organización bajo una serie de vistas.

Existen trabajos que proponen la creación de arquitecturas ejecutables con base en diferentes técnicas de modelado y artefactos arquitecturales de DODAF, como se puede ver en la tabla 5 [3].

**Tabla 5.** Transformación entre los modelos producto de DODAF y las técnicas de modelado y simulación

Artefacto Arquitectural	Descripción	Técnicas de de Simulación
<b>OV- 5</b>	Modelo de actividad operacional	Cadenas de Markov, Redes de Petri, Dinamica de sistemas, Simulación de Eventos Discretos
<b>OV-6</b>	Reglas operacionales y estado operacional	Cadenas de Markov, Redes de Petri, Dinamica de sistemas, Simulación de Eventos Discretos
<b>OV-7</b>	Modelo de datos logicos	Redes de Petri
<b>SV-1</b>	Descripcion de la interfaz del sistema	Modelos de Redes
<b>SV-2</b>	Descripcion del sistema de comunicaciones	Modelos de Redes
<b>SV-4</b>	Descripcion funcionalidad del sistema	Dinamica de Sistemas
<b>SV-5</b>	Actividades operacionales a trazabilidad de las funciones de los sistema	Dinamica de Sistemas

Fuente: Delgado, D. J., Torres-Sáez, R., & Llamosa-Villalba, R. (2014). Develop an Executable Architecture for a System of Systems: A Teaching Management Model.

Sin embargo no hay un modelo estricto para seleccionar los artefactos requeridos por cada técnica de modelado, y estos pueden variar de acuerdo a las necesidades de información del modelador y al marco arquitectural sobre el cual se está trabajando.

## 2.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EJECUTABLE

Una vez Seleccionados los artefactos que se van a utilizar, es necesario identificar los elementos que componen los modelos estáticos y su equivalente en el modelo

de simulación, en algunos casos es fácil identificar elementos equivalentes dada la similitud entre ambos lenguajes, como es el caso de UML y SysML con Simevents [17][9], en otros casos, requiere más de la experticia del modelador para componer el modelo de simulación como es el caso de Dinámica de Sistemas [1]. Es importante aclarar que no existe una metodología general para relacionar cada uno de los elementos de un modelo estático de UML o SysML por ejemplo, a una técnica de modelado de las mencionadas anteriormente.

### 2.3 EXPERIMENTACIÓN Y ANÁLISIS

Por último, a partir de las ejecuciones y simulaciones de las arquitecturas ejecutables, se realizara el análisis de los resultados, para obtener información valiosa que permita gestionar el sistema estudiado, además, se pretende en esta etapa, validar a partir de los resultados los modelos arquitecturales que fueron desarrollados para construir la arquitectura.

#### 2.3.1 Planteamiento de Validación

Se propone una serie de pasos para llevar a cabo la validación de modelos arquitecturales en Simevents. Es necesario aclarar que en los pasos se usan los términos: servicio y entidad, correspondientes a Simevents para referirnos a las acciones y los objetos que fluyen en el sistema.

1. Adecuación de los parámetros del modelo ejecutable de acuerdo a tiempos esperados de servicio, consultas con los encargados del proceso y con el histórico de datos del sistema. Adicionalmente se debe definir el tiempo de simulación apropiado de acuerdo a los parámetros establecidos.
2. Configuración del modelo ejecutable para desplegar información relevante que permita analizar el comportamiento del sistema, tal como:
  - Número de entidades atendidas en servicio específico.

- Número de entidades en un servicio.
  - Entidades pendientes, presentes en el servicio.
  - Tiempo promedio de espera.
  - Utilización.
  - Número de entidades fuera de tiempo.
  - Tiempo que le toma a una entidad pasar a través de un conjunto de servicios definidos
  - Tiempo promedio en la cola
  - Número promedio de entidades en una cola
3. Comparación con el comportamiento esperado por los interesados del sistema. Los resultados son sometidos a análisis por los interesados, quienes definen si estos corresponden a lo esperado y representado en el diagrama de actividades.

### 3 ARQUITECTURA EJECUTABLE DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EDUCATIVOS

Para probar la metodología creada, la cual será implementada posteriormente en el Laboratorio de Sistemas Integrales (LASIO) [16], se aplicó la metodología sobre el Sistema de Gestión de Procesos Educativos.

A continuación se hace una breve descripción del sistema sobre el cual se realizó el estudio. Vale la pena destacar, que para la realización de este trabajo, El sistema no contaba con una arquitectura definida sobre la cual aplicar la metodología que se desarrolló en el capítulo anterior, por lo tanto, parte de los esfuerzos de este trabajo se enfocaron en construir dicha arquitectura, basada en los marcos arquitecturales y criterios de selección definidos en el capítulo dos,

El resumen de los logros alcanzados en la arquitectura y los modelos que sustentan el trabajo arquitectural se encuentran en el Anexo 1.

#### 3.1 SISTEMA DE GESTIÓN DE PROCESOS EDUCATIVOS

Es un sistema enfocado en gestionar los procesos educativos, su modelo conceptual define un conjunto de elementos o sistemas (Ver Figura 4) que trabajan en conjunto para dar soporte al proceso de enseñanza – aprendizaje. Este último sigue una serie de actividades para llevar a cabo un curso, cada uno de los sistemas involucrados en este proceso cumple funciones específicas:

**Figura 4.** Componentes del Sistema de Gestión de procesos Educativos.

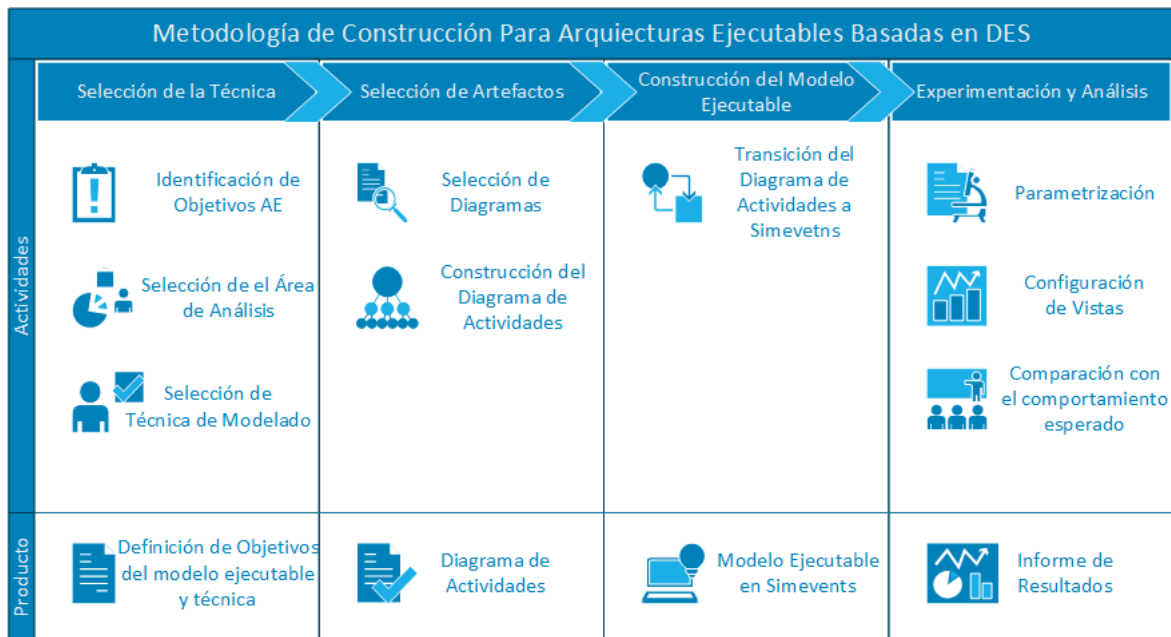


En la figura 4, está representado el sistema de coordinación encargado de controlar, Analizar y tomar decisiones en el transcurso del curso. El Sistema de autoría encargado de crear y validar los recursos necesarios para llevar a cabo el curso. El sistema de instrucción encargado de compartir los conocimientos haciendo uso de los recursos creados en autoría. El Sistema de Evaluación, encargado de evaluar para entregar resultados que puedan ser analizados con el fin de ver el desempeño del sistema o realizar cambios y el gestor de contenidos y comunicaciones, que permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de servir de canal de comunicación entre los sistemas.

### 3.2 DESARROLLO DE LA ARQUITECTURA EJECUTABLE

A partir del modelo general para la construcción de una arquitectura ejecutable propuesto, se instancia la metodología para la construcción de un modelo ejecutable basado en Simulación de Eventos Discretos (DES) representada en la figura 5.

**Figura 5.** Metodología de Construcción para Arquitecturas Ejecutables Basadas en DES



#### 3.2.1 Selección de la Técnica

Obedeciendo a la metodología descrita anteriormente, se planteó realizar un análisis temporal de la secuencia de eventos involucrados en el proceso de ejecución de un curso del sistema de gestión de procesos educativos, se seleccionó simulación de eventos discretos como la técnica de modelado más apropiada para ser desarrollada en Matlab/Simevents.

#### 3.2.2 Selección de Artefactos

A partir de la Arquitectura empresarial son seleccionados los artefactos necesarios para el desarrollo de la simulación. La arquitectura empresarial del sistema de

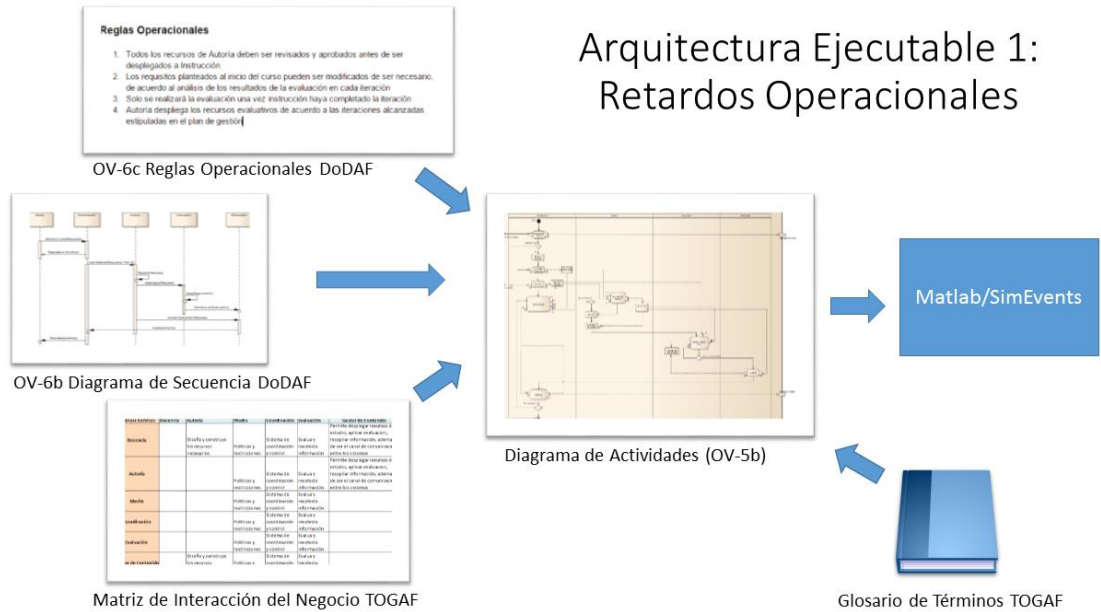
gestión de procesos educativos está basada principalmente en dos marcos arquitecturales, DODAF y TOGAF [Ver Anexo 1].

DODAF establece un conjunto de descripciones o vistas que están enlazadas entre ellas y cada una de ellas contiene información sobre el sistema desde una perspectiva particular, generalmente se utilizan las vistas operacionales para construir modelos ejecutables ya que estas describen las tareas, actividades, elementos operativos y los intercambios de información necesarios para llevar a cabo las operaciones [14].

Por otro lado se utilizaron principalmente las fases A, B, C y D de TOGAF, donde se define la visión de la arquitectura, la arquitectura del negocio, de sistemas de información y de tecnología, en las cuales se establecen los artefactos que contribuyen a definir el comportamiento del sistema.

Basado en el trabajo desarrollado por Ryan y Hanoka [17] se seleccionan cuatro artefactos arquitecturales para llevar a cabo la construcción del diagrama de actividades, el cual también representa una vista operacional (OV) del sistema. Una vez creado este diagrama se puede realizar una transición para la construcción de la arquitectura ejecutable, basada en la técnica de simulación de eventos discretos, este paso será descrito posteriormente.

**Figura 6.** Artefactos seleccionados para la construcción del modelo de simulación



Los Artefactos Arquitecturales Requeridos para la construcción del modelo de simulación son:

- Modelo de Reglas operacionales (OV-6a - DoDAF)

Especifica las reglas de operación o negocio que son limitaciones en la forma de hacer negocios en la organización. (Ver Anexo 1)

- Descripción de Eventos Operacionales (OV-6c- DoDAF)

Es un modelo utilizado para describir las actividades operacionales, traza acciones o secuencia de eventos en un escenario o actividad. (Ver Anexo 1)

- Matriz de Interacción del Negocio (TOGAF)

Representa las relaciones entre las organizaciones y funciones del negocio

**Figura 7.** Matriz de interacción de negocio usada para la construcción del modelo Ejecutable

Consuming Business Services	Providing Business Services					
	Docencia	Autoria	Medio	Coordinación	Evaluación	Gestor de Contenido
Docencia		Diseña y construye los recursos necesarios	Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	Permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de ser el canal de comunicación entre los sistemas
Autoria			Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	Permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de ser el canal de comunicación entre los sistemas
Medio			Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	
Coordinación			Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	
Evaluación			Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	
Gestor de Contenido		Diseña y construye los recursos necesarios	Políticas y restricciones	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	

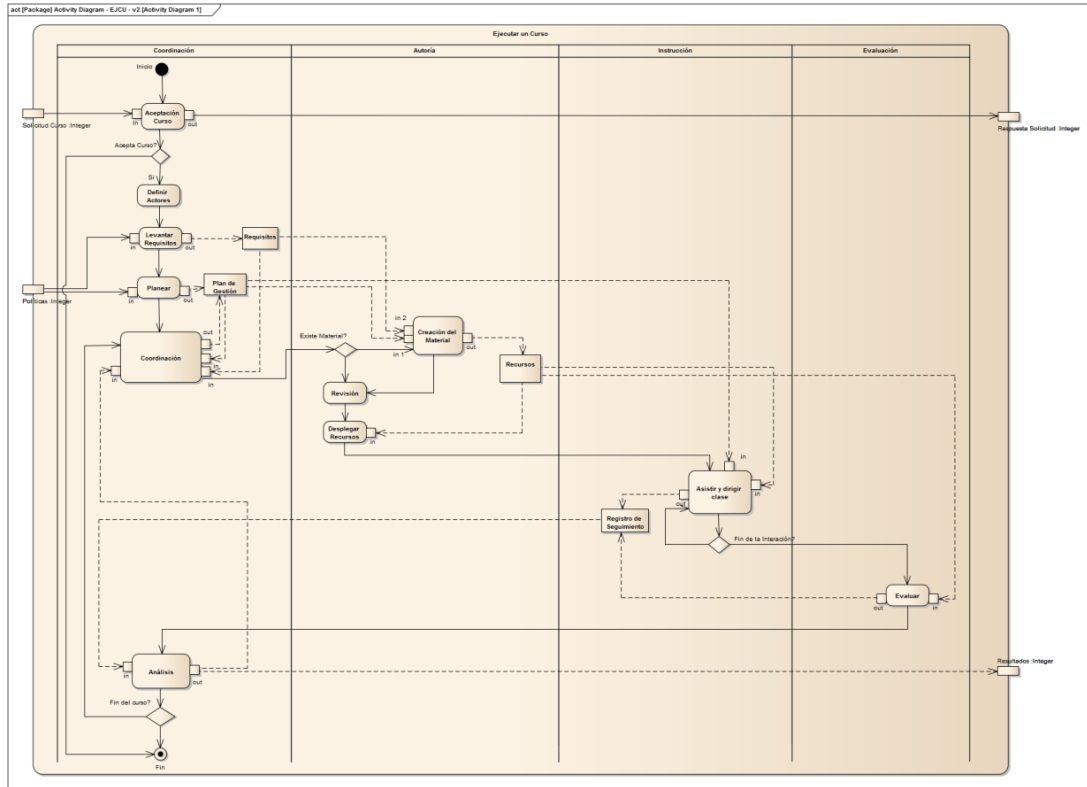
- Glosario de Términos (TOGAF)

Proporciona un medio para describir los términos y abreviaturas relacionadas con la arquitectura.

- Diagrama de Actividades OV-5b

Este diagrama describe el contexto de las capacidades y las actividades operacionales y sus relaciones entre actividades, entradas, salidas, desempeño y objetos de datos.

**Figura 8.** Diagrama de Actividades usado para construir el modelo ejecutable



### 3.2.3 Construcción del modelo ejecutable

Algunos de los elementos que ofrece la herramienta seleccionada para este trabajo: Matlab/Simulink, tienen una estrecha relación con los componentes de los lenguajes formales de modelado SysML y UML lo cual permite hacer la transferencia de los artefactos arquitecturales de DoDAF y TOGAF al modelo ejecutable de manera más sencilla.

**Tabla 6. Concepto de Mapeo Estructural**




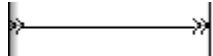
Concepto en Simulink	Concepto en UML
Bloque primitivo	Clase
Bloque de Subsistema	Clase, que contiene propiedades correspondientes a los bloques contenidos
Linea	Conector
Ramificación	Conector
Puerto	Puerto




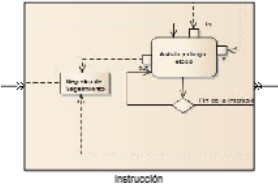
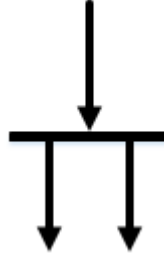
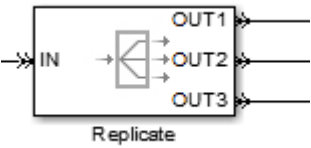
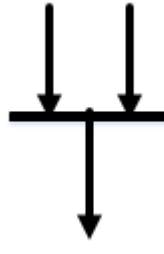
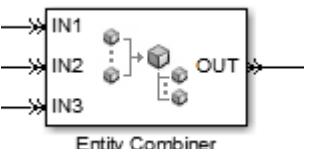
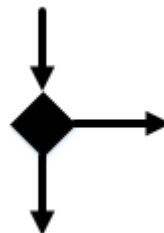
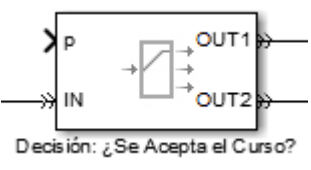
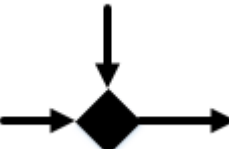
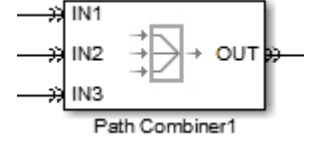
Fuente: Sjostedt, C.-J. (n.d.). Mapping Simulink to UML in the design of embedded systems: Investigating scenarios and transformations.



La tabla anterior creada por Carl-Johan Sjötedt [23], muestra las relaciones entre las entidades de UML y conceptos de Simulink.

Analizando específicamente Simulink, y teniendo en cuenta el trabajo realizado por Ryan & Hanoka [17] y Nakhla, N. M. & Wheaton [19] se propone una relación directa sobre algunos de los bloques de Simevents y su equivalente en el diagrama de actividades de UML, atendiendo a la metodología planteada anteriormente.

**Tabla 7. Equivalencia entre UML y simevents**

Diagrama de Actividades de UML	Elemento Simevents Equivalente
<b>Nodo Inicial:</b> punto inicial del proceso 	 <b>Generador de Entidades:</b> Generador de eventos discretos
<b>Flujo de Control:</b> conexión entre acciones en el flujo de un proceso 	 <b>Transición:</b> conexiones entre bloques que permite la transición de un estado a otro.

<p><b>Acción:</b> paso de una actividad donde se realiza alguna tarea</p>			<p><b>Servicio:</b> permite realizar tareas y atender entidades</p>
<p><b>Piscina:</b> Partes del sistema, involucradas en el proceso</p>			<p><b>Subsistema:</b> contiene un subconjunto de bloques o código, dentro de un sistema más general.</p>
<p><b>Bifurcación:</b> Convierte un flujo de control de entrada en múltiples flujos de control paralelos de salida.</p>			<p><b>Replicar:</b> Convierte una transición de entrada en múltiples transiciones paralelas de salida.</p>
<p><b>Combinar:</b> Convierte múltiples flujos de control de entrada paralelos en un flujo de control de salida.</p>			<p><b>Combinar Entidades:</b> Convierte múltiples transiciones de entrada paralelas en una transición de salida.</p>
<p><b>Decisión:</b> punto de decisión en el flujo de un proceso</p>			<p><b>Conmutador de Entradas:</b> recibe entidades las cuales salen por una o múltiples puertos de salida de entidades</p>
<p><b>Unir:</b> une flujos que se dividieron en el flujo del proceso</p>			<p><b>Combinar Caminos:</b> recibe entidades a través de cualquiera de sus entradas y salen por un único puerto de salida.</p>

<p><b>Nodo Final:</b> Finalización de la actividad</p>			<p><b>Sumidero :</b> las entidades que han atravesado todo el proceso son almacenadas en este bloque</p>
--	---	--	--

Fuente: MICHAEL H. RYAN, WESTON J. HANOKA. A Study of Executable Model Based Systems Engineering From DoDAF Using Simulink.

### 3.2.4 Experimentación y Análisis

#### **Validación de la Lógica de los artefactos**

Una vez desarrollada la arquitectura ejecutable, se procedió a utilizarla para validar los artefactos arquitecturales a partir de los cuales fue construida. Es importante aclarar el enfoque de validación que se definió para este:

Validación: comparar que tan adecuado es el comportamiento del modelo simulado para cumplir con los requerimientos de los usuarios finales. En otras palabras la validación consiste en analizar en qué medida el modelo ejecutable representa el comportamiento esperado por los interesados. [32]

En este caso en particular, la validación no se realiza sobre el modelo ejecutable, sino, sobre los modelos a partir de los cuales fue desarrollado en etapas anteriores, en especial el diagrama de actividades OV-5b. Actualmente no existe una metodología formal para la validación de artefactos arquitecturales [11], por lo tanto, se propone analizar los resultados de la simulación y definir si el comportamiento observado, el cual es el comportamiento del modelo estático en el cual se basó para su construcción, es el esperado y responde a las necesidades de los interesados.

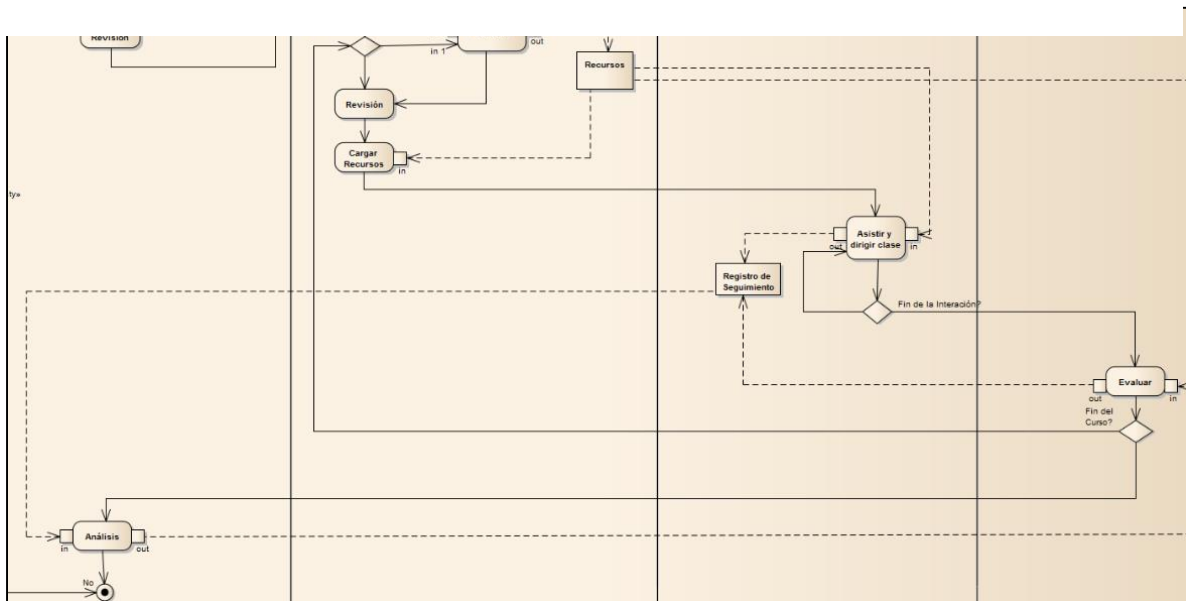
Con este paso se busca mejorar los artefactos arquitecturales y hacerlos más confiables y no perfectos, ya que el modelo perfecto es el sistema real, por lo tanto

se dice que un modelo es confiable en la medida en que se pueda corroborar que no es incorrecto. [32]

## Resultados

La figura 9 muestra el diagrama de actividades en una versión temprana, a partir del cual fue construido el primer prototipo del modelo de simulación.

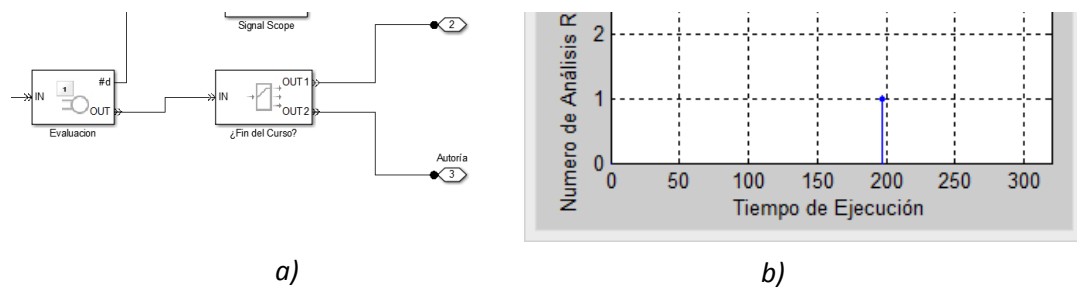
**Figura 9.** Diagrama de Actividades versión 1



Este prototipo fue usado para implementar el planteamiento de validación mencionado en el capítulo anterior. Se desplegó el tiempo que le toma a una entidad pasar a través de un conjunto de servicios definidos, el tiempo promedio de espera, el tiempo promedio en cola y la utilización, como información de interés a partir de la cual se observó que una vez realizada una iteración completa o módulo, el sistema pasaba directamente al subsistema de autoría, solicitando los recursos necesarios para la siguiente iteración.

En la figura 10-a se ilustra la representación de una decisión del diagrama de actividades de la Figura 9 por la cual el proceso de análisis era realizado una sola vez al final de la simulación como muestra la gráfica de utilización de la figura 10-b. Esto representa una inconsistencia con las políticas del sistema de gestión de

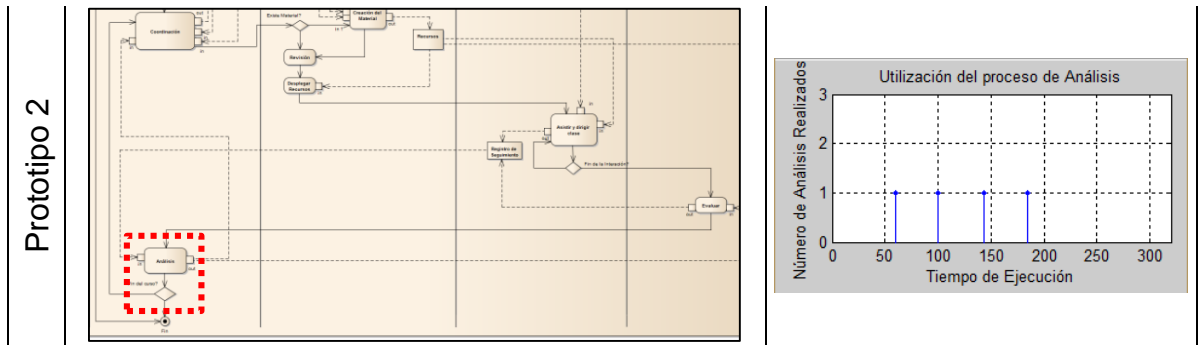
**Figura 10.** Resultados del análisis de uso generados por el modelo ejecutable



procesos educativos, de acuerdo al criterio de los interesados que analizaron los resultados de utilización arrojados por el servicio de análisis en el subsistema de Coordinación del modelo ejecutable, el proceso de análisis debe realizarse a lo largo del curso y no solo al final, por lo tanto se modificó el diagrama de actividades tomando en cuenta esta consideración, para que el análisis se realizara al final de cada evaluación y no al final del curso como se tenía previsto inicialmente. La tabla 8 muestra una comparación entre el diagrama de actividades de la figura 9 y la nueva versión planteada a partir del análisis de validación con sus respectivos resultados de utilización.

**Tabla 8.** Comparación de los diagramas de actividades y sus respectivos resultados de simulación

	Diagrama de Actividades	Utilización del proceso de Análisis
Prototipo 1		



A partir del análisis realizado para el prototipo uno, se encontraron posteriormente más inconformidades que tuvieron que ser analizadas y corregidas en el diagrama de actividades aplicando los mismos pasos descritos en el planteamiento de la solución.

### Comportamientos emergentes

Con el fin de analizar la emergencia, en el modelo de simulación construido, se realizó una revisión de las perspectivas de diferentes autores con respecto a las propiedades emergentes.

Dennett (1995, pp 412-419) [4] habla de propiedades que no pueden ser predecibles o aquellas que son sorprendidas.

Cariani (1991, p. 775) [2] dice, “El problema clásico de la emergencia envuelve el origen cualitativo de nuevas estructuras y funciones que no pueden ser reducibles a aquellas ya existentes”.

Steels (1991, p. 451) [24] dice, “Las funcionalidades emergentes significan que una función no es alcanzada directamente por un componente o un sistema en una jerarquía de componentes, pero si es obtenida indirectamente por la interacción de múltiples componentes”.

Stephan (1998, p. 640) [25] dice, “Es controversia el criterio por el cual una propiedad emergente es distinguida de una propiedad no emergente, el distingue tres tipos de emergencia:

- Sincrónica: una propiedad es emergente si es irreducible en términos de la disposición y de las partes del sistema.
- Diacrónica: las propiedades son consideradas emergentes si no pueden, en principio, ser predichas antes de su instalación.
- Débiles: Propiedades que son basadas de por lo menos otras dos que no son emergentes, sin embargo la mayoría de las propiedades de los sistemas caen en esta categoría.”

(Szabo y Meng 2013) [27] La simulación sirve para validar las propiedades emergentes del sistema. A través de esta podemos obtener:

- Representación de las propiedades emergentes
- Identificación
- Validación

El paradigma sistémico [13] dice: “El paradigma de sistemas se basa en la idea de que existen múltiples fenómenos que poseen características similares a las de un organismo vivo. Un organismo es una unidad bien diferenciada, que presenta propiedades que ninguna de sus partes posee, define propiedades emergentes como la propiedad que ninguna de las partes que componen ese algo, posee pero que como conjunto relacionado entre sí, esas partes dan lugar a dicha propiedad.”

### **Planteamiento para la Corroboración de las Propiedades Emergentes**

Según las definiciones mencionadas anteriormente y teniendo en cuenta que el sistema de gestión de procesos educativos no presentó comportamientos fuera del

propósito para el cual fue diseñado, propiedades no predichas o sorpresivas [4], las cuales se denominaron propiedades emergentes inesperadas, se propone la corroboración de las propiedades emergentes del sistema a partir de la simulación [27], es decir, validar las cualidades que surgen de la interacción de un conjunto de componentes que conforman un sistema y que no se puede obtener a partir de ninguno de sus componentes por sí solo [24] [2] [13] [25].

Teniendo en cuenta el planteamiento anterior, se identificaron las propiedades de cada uno de los sistemas que componen el sistema de gestión de procesos educativos (Ver Tabla 9).

**Tabla 9.** Propiedades de los Sistemas

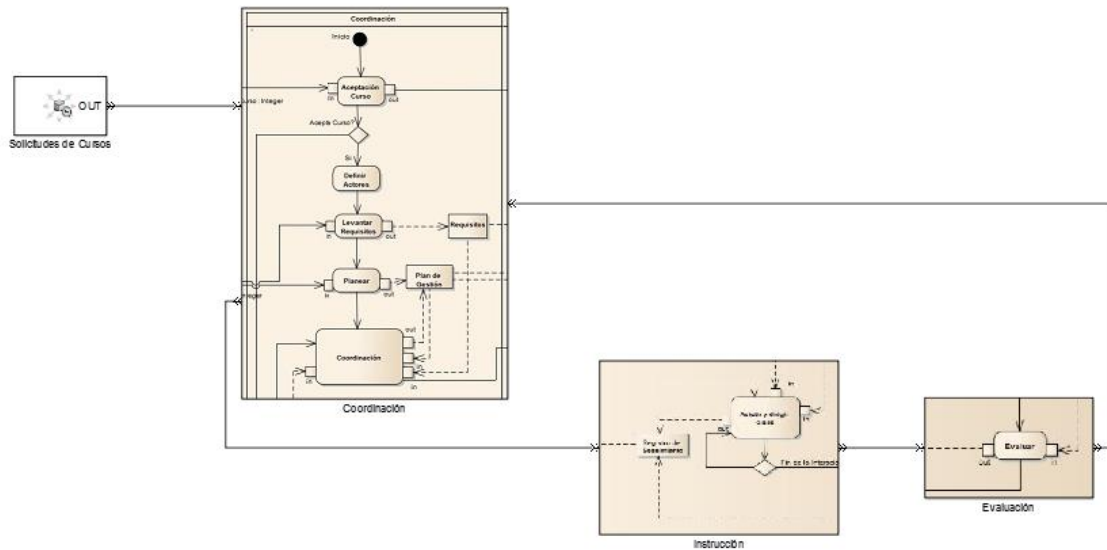
<b>Sistemas</b>	<b>Propiedades</b>
<b>Autoría</b>	Creación de recursos
	Despliegue de recursos
<b>Instrucción</b>	Direccionamiento de las clases
	Utilización de los recursos
<b>Coordinación</b>	Control del sistema
	Validación de recursos
	Toma de Decisiones
<b>Evaluación</b>	Evaluación de los sistemas

Cada uno de los sistemas nombrados en la tabla 9 posee diferentes propiedades. Solo a partir de la interacción de estos sistemas emerge la propiedad esperada del sistema, la cual es la ejecución de un curso gestionado, cumpliendo con la definición de propiedad emergente propuesta anteriormente.

A partir del modelo de simulación podemos comprobar, que cada uno de los componentes definidos en el sistema de gestión de procesos educativos es elemental para la obtención de la propiedad emergente esperada. La figura 11 muestra el modelo ejecutable modificado, al desconectar uno de sus componentes

o subsistemas, con el fin de analizar si es indispensable para conseguir la propiedad emergente esperada.

**Figura 11.** Modelo Ejecutable sin el subsistema Autoría

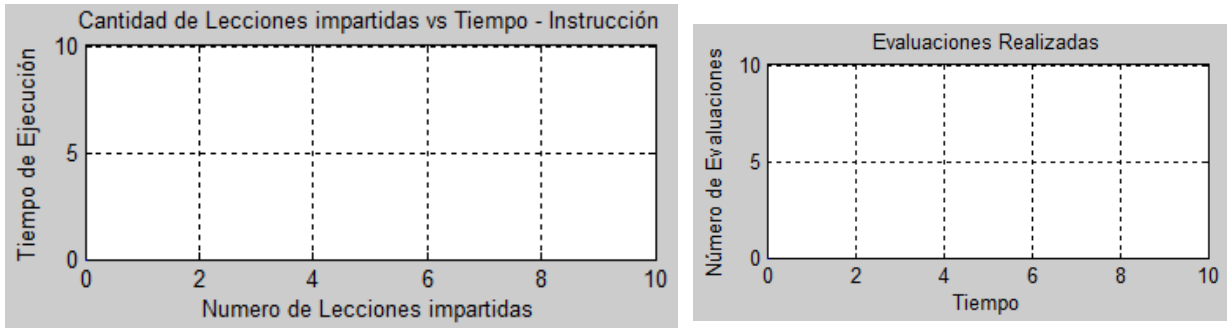


A partir de las modificaciones realizadas en el modelo ejecutable mostradas en la figura 11, se obtuvieron los resultados de simulación mostrados en la figura 12 con respecto a diferentes variables que representan las salidas de cada uno de los sistemas. A partir de estos se pudo comprobar que las salidas del subsistema de Autoría, son indispensables para el funcionamiento de otros subsistemas y en últimas, para alcanzar el objetivo del sistema.

Un análisis similar fue llevado a cabo para comprobar que cada uno de los componentes es indispensable para alcanzar el comportamiento emergente esperado del sistema. Se encontró que la ausencia de cualquiera de los componentes que se habían definido en el sistema afecta el funcionamiento de los demás subsistemas. De acuerdo con la definición propuesta anteriormente de comportamiento emergente y con base en los resultados obtenidos al modificar el

modelo ejecutable variando los subsistemas involucrados, concluimos que la ejecución de un curso gestionado, es la propiedad emergente del sistema analizado.

**Figura 12.** Resultados de Simulación sin el subsistema de Autoría



## 4 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

### 4.1 CONCLUSIONES POR OBJETIVO

Objetivo General		Cumplimiento Total
<p><b>Desarrollar una Arquitectura ejecutable para la simulación de artefactos arquitecturales en el Laboratorio de Sistemas Integrales Organizacionales - LASIO- del CIDLIS con el fin de analizar dinámicamente la gestión escolar y descubrir sus comportamientos emergentes para mejorarla.</b></p>		<p><b>Cumplido</b></p>
Objetivos Específicos	Cumplimiento	
<p><b>Elaborar los artefactos arquitecturales necesarios, que permitan el desarrollo de la Arquitectura Ejecutable.</b></p> <p><b>Conclusión:</b> Este trabajo demostró que es posible el desarrollo de simulaciones a partir de artefactos arquitecturales de DoDAF y TOGAF que definen el comportamiento del sistema, sin embargo, con el fin de hacer más robustas y consistentes las descripciones arquitecturales del sistema, se recomienda abordar más de una vista del marco de referencia arquitectural.</p> <p>Existe información adicional requerida para la construcción de los modelos ejecutables que no es otorgada por ninguna descripción arquitectural, especialmente para la parametrización del modelo. Es necesario que los productos arquitecturales incluyan información necesaria estandarizada para la creación de los modelos ejecutables.</p>	<p><b>Cumplido</b></p>	

<p><b>Identificar la información necesaria que debemos obtener de los artefactos arquitecturales elaborados para construir la Arquitectura Ejecutable.</b></p> <p><b>Conclusión:</b> La metodología planteada en este trabajo demostró que es suficiente la información que ofrecen un conjunto de artefactos arquitecturales de DoDAF y TOGAF para la construcción de un modelo ejecutable basado en simulación de eventos discretos. Se recomienda definir técnicas de modelado, tanto estáticas como dinámicas que sean compatibles para hacer más fácil y más precisa la transición a la simulación. En este trabajo se encontró que el diagrama de actividades de UML y su similitud con los elementos de simulación de Simevents, es ideal para la creación de arquitecturas ejecutables basadas en simulación de eventos discretos.</p>	<p><b>Cumplido</b></p>	
<p><b>Construir a partir de los artefactos arquitecturales una Arquitecturas Ejecutable, empleando como caso de estudio el modelo de gestión escolar en los cursos de la UIS que se imparten en el CIDLIS.</b></p> <p><b>Conclusión:</b> Sobre el modelo ejecutable desarrollado en este trabajo, se realizó la validación de los artefactos arquitecturales del sistema, a partir de los cuales se creó el modelo de simulación. El análisis dinámico permitió encontrar errores en el diagrama de actividades de la ejecución del curso, en el cual, un bloque de decisión después de la acción de evaluación impedía realizar en cada interacción la acción de análisis, fundamental para implementar acciones de control en el curso. Este tipo de validación permite la realimentación de los modelos arquitecturales, haciéndolos más precisos, y confiables para los procesos de análisis y toma de decisiones. A pesar de que en este caso se simuló un proceso que el sistema actualmente lleva a cabo, esta herramienta de simulación también puede resultar útil para validar las propiedades esperadas y capacidades de un sistema que aún no ha sido implementado.</p>	<p><b>Cumplido</b></p>	

<b>Objetivo Adicional Alcanzado</b>	<b>Cumplimiento</b>
<p><b>Desarrollar una metodología estándar para la construcción de arquitecturas ejecutables.</b></p> <p><b>Conclusión:</b> En este trabajo se identificaron los aspectos claves para la construcción de arquitecturas ejecutables, de la misma forma, se identificó la falencia que existe actualmente para integrar esos elementos y obtener el modelo de simulación adecuado para validar la arquitectura modelada. Se propuso una metodología basada en varios trabajos anteriores, esta fue unificada y refinada, para hacer más eficiente la tarea de llevar a modelos de simulación artefactos estáticos.</p> <p>Esta metodología fue validada a través de un caso de estudio basado en Simulación de Eventos Discretos en Matlab/Simevents.</p>	<p><b>Cumplido</b></p>

### **Conclusiones Técnicas**

De acuerdo a la metodología y el plan de desarrollo del proyecto, se realizó una retrospectiva, comparando cada una de las iteraciones propuestas en el cronograma del plan del proyecto con los resultados obtenidos. Esto nos permitió definir qué tan acertado fue el plan presentado en la propuesta, e identificar mejoras para futuros proyectos.

<b>Iteración I</b>	<p><b>Alcance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de los marcos de referencia arquitectural necesarios para obtener las descripciones arquitecturales suficientes que definan el comportamiento del sistema.</li> <li>• Inicio del proyecto de arquitectura.</li> <li>• Validación de los interesados de las vistas arquitecturales.</li> </ul> <p><b>Resultados</b></p> <p>Definición del proyecto de arquitectura: alcance, interesados, requisitos, roles, objetivos y principios, construcción de los artefactos correspondientes a la vistas de negocio.</p> <p><b>Conclusiones</b></p> <p>La selección de TOGAF como uno de los marcos de referencia del proyecto, resulto bastante útil dada su metodología para el desarrollo de la arquitectura del sistema.</p> <p><b>Observaciones:</b> En esta iteración no se pudo desarrollar un prototipo de modelo ejecutable que permitiera realizar experimentación, a pesar de que lo que se tenía previsto en el planteamiento inicial. Esto debido a que el desarrollo y validación por parte de los interesados de los artefactos arquitecturales tomó más tiempo del planeado, y los descripciones arquitecturales necesarias aún no estaban completamente terminadas, por esta razón, se decidió modificar el modelo metodológico que se estaba siguiendo, desplazando la construcción de los prototipos de modelos ejecutables y su correspondiente experimentación, para etapas posteriores en las cuales se cuenten con las descripciones arquitecturales necesarias completas para los modelos programados.</p>
--------------------	---

<b>iteración II</b>	<p><b>Alcance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalización del proyecto de arquitectura del sistema.</li> <li>• Estudio de las técnicas para el desarrollo de una arquitectura ejecutable.</li> <li>• Estudio de la metodología para la construcción de la arquitectura ejecutable.</li> </ul> <p><b>Resultados</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la arquitectura en los cuatro dominios definidos en el planteamiento del proyecto de arquitectura: Negocio, Aplicaciones, datos y tecnología.</li> <li>• Análisis de las técnicas de modelado propuestas por otros autores para la creación de arquitecturas ejecutables.</li> <li>• Planteamiento inicial de la metodología general para la construcción de arquitecturas ejecutables</li> </ul> <p><b>Conclusiones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La elección de abordar las 5 primeras etapas de la metodología de TOGAF fue acertada, dado que a medida que se avanzaban en cada una de ellas, nos permitía validar la vista arquitectural previa, haciendo los modelos más robustos y coherentes.</li> <li>• Debido a que ya se había finalizado la definición de la arquitectura del sistema desde las vistas de TOGAF, la construcción de los modelos de DoDAF fue más fácil. Estos modelos son recomendados por otros autores en investigaciones anteriores para la construcción de modelos ejecutables.</li> </ul> <p><b>Observaciones:</b> La revisión de la literatura, permitió identificar y definir las diferentes técnicas útiles para la creación de arquitecturas ejecutables. Además se encontró que existe una falencia en la definición de una metodología para la creación de arquitecturas ejecutables, por lo tanto, se propuso una metodología general, para la implementación de cualquier técnica de modelado.</p>
---------------------	--

<b>Iteración III</b>	<p><b>Alcance</b> Implementación de la metodología creada para el desarrollo del primer prototipo del modelo ejecutable.</p> <p><b>Resultado</b> Creación de la arquitectura ejecutable del Sistema de Gestión de Procesos Educativos basada en Simulación de Eventos Discretos.</p> <p><b>Conclusiones</b> La arquitectura ejecutable fue construida con base a la metodología propuesta, la cual fue adecuada a Simulación de Eventos Discretos. Esto permitió alcanzar de manera más eficiente el objetivo de esta etapa, para iniciar el proceso de experimentación.</p> <p><b>Observaciones:</b> Las arquitecturas ejecutables permiten evaluar la lógica del modelo y encontrar las propiedades emergentes del sistema, por esto fue necesario realizar una iteración IV que nos permita realizar este análisis</p>
----------------------	---

<b>Iteración IV</b>	<p><b>Alcance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo del segundo prototipo del modelo ejecutable.</li> <li>• Validación de la lógica del modelo.</li> <li>• Desarrollo del tercer prototipo del modelo ejecutable.</li> <li>• Modificación de los artefactos arquitecturales de acuerdo a los resultados de validación.</li> <li>• Definición de los comportamientos emergentes del sistema.</li> </ul> <p><b>Resultado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La arquitectura ejecutable del sistema de Gestión de procesos Educativos.</li> <li>• Corroboración de la propiedad emergente del sistema.</li> <li>• Artefactos arquitecturales del sistema validados por la arquitectura ejecutable.</li> </ul> <p><b>Conclusiones</b></p> <p>La validación de la lógica del modelo permitió encontrar una inconsistencia en el diagrama de actividades, por lo tanto fue necesario modificar los artefactos arquitecturales y el modelo ejecutable. Para el caso de este estudio este proceso se realizó dos veces, dentro del tiempo definido en el cronograma.</p> <p><b>Observaciones:</b> La iteración IV puede ser repetida, las veces que sean necesarias para lograr la validación de la arquitectura.</p>
---------------------	---

ACTIVIDADES		MESES					
		1	2	3	4	5	6
Factibilidad							
Iniciación							
Planificación							
ITERACIÓN 1	1. Conceptualización						
	2. Documentación de la Solución						
	3. Modelo Conceptual						
	4. Modelo Comunicativo						
	5. Análisis de Resultados						
ITERACIÓN 2	1. Conceptualización						
	2. Documentación de la Solución						
	3. Modelo Conceptual						
	4. Modelo Comunicativo						
	5. Análisis de Resultados						
ITERACIÓN 3	1. Modelo Programado						
	2. Experimentación						
	3. Análisis de Resultados						
ITERACIÓN 4	1. Conceptualización						
	2. Documentación de la Solución						
	3. Modelo Conceptual						
	4. Modelo Comunicativo						
	5. Modelo Programado						
	6. Experimentación						
	7. Análisis de Resultados						
Cierre							

## 4.2 LECCIONES APRENDIDAS

Matlab/Simevents es una herramienta potencial para la creación y análisis de arquitecturas ejecutables, dada su capacidad para incorporar funciones de Matlab en los modelos ejecutables y la flexibilidad para soportar una variedad de técnicas de análisis. Otra de sus ventajas es la similitud de sus componentes con UML/SysML, la cual permite la fácil transición entre artefactos arquitecturales a su espacio de trabajo. Por último, esta plataforma soporta la interoperabilidad con otras herramientas de software, ampliando la capacidad de análisis.

## 4.3 TRABAJO FUTURO

A partir de la metodología desarrollada en este trabajo para la construcción de arquitecturas ejecutables, se propone la implementación de esta, para la evaluación formal y rigurosa de arquitecturas empresariales, implementando las diferentes áreas de análisis que soporta Matlab/Simevents.

Dada la carencia de estándares para la implementación de técnicas de análisis a partir de una arquitectura ejecutable, se propone el desarrollo de estos, que permitan evaluar diferentes aspectos de los modelos estáticos de forma integrada.

Se propone también el desarrollo de una metodología para llevar artefactos arquitecturales a modelos ejecutables con base en técnicas de simulación diferentes a la propuesta en este trabajo.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bueno, A., Torres, L. C., Delgado, D. J., & Llamosa-Villalba, R. (2014). Executable Architecture based on System Dynamics: An Integrated Methodology Composed by Standard System Dynamics Modelling and DoDAF Operational View Models. *Procedia Computer Science*, 36, 87–92. doi:10.1016/j.procs.2014.09.042
- [2] CARIANI, P., 1991, Emergence and artificial life. In *Artificial Life II* edited by C. G. Langton, C. Taylor, J. D. Farmer and S. Rasmussen (Redwood City, CA : Addison-Wesley), pp. 775± 797
- [3] Delgado, D. J., Torres-Sáez, R., & Llamosa-Villalba, R. (2014). Develop an Executable Architecture for a System of Systems: A Teaching Management Model. *Procedia Computer Science*, 36, 80–86. doi:10.1016/j.procs.2014.09.041
- [4] DENNETT, D. C., 1991, *Consciousness Explained* (Boston, Massachusetts: Little, Brown and Company); 1995, *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life* (London: Penguin).
- [5] Developer Network. A comparison of the Top Four Enterprise-Architecture Methodologies 2007. [en línea] [Fecha de consulta: 25 de Marzo de 2014] Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb466232.aspx>
- [6] DoDAF: Chief Information Officer U.S. Department of Defense. 2007 [en línea] [Fecha de consulta: 24 de Noviembre de 2014] Disponible en: <http://dodcio.defense.gov/TodayinCIO/DoDArchitectureFramework.aspx>
- [7] FEA Consolidated Reference Model Document Version 2.3 October 2007.

[8] FEAF: Federal Enterprise Architecture Framework [en línea] [Fecha de consulta: 17 de Noviembre de 2014] Disponible en: [http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/egov\\_docs/fea\\_v2.pdf](http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/assets/egov_docs/fea_v2.pdf)

[9] Feng, N. I., Ming-zhe, W., Cui-rong, Y., & Zhi-gang, T. A. O. (2010). Executable Architecture Modeling and Validation, 1, 10–14.

[10] Garcia, J. (n.d.). Executable Architecture Analysis Modeling, 2, 177–184.

[11] Griendling, K. A., & I. P. (2011). ARCHITECT: The Architecture-Based Technology Evaluation and Capability Tradeoff Method. (Degree Doctor of Philosophy). School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology.

[12] H. Philipp, L. Pascal. From integrated architecture to integrated executable architecture

[13] Hugo Andrade, Isaac Dyner, Ángela Espinosa, Hernán López, Ricardo Sotaquirá. Chapter 3. In: Pensamiento Sistémico -Diversidad en búsqueda de unidad. First Edition. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2001

[14] IBM. DoDAF Feature Overview. [en línea] [Fecha de consulta: 14 de Diciembre de 2014]. Disponible en: [http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SS6RBX\\_11.4.3/com.ibm.sa.dodaf.doc/topics/cdodafoverview.html?lang=es](http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/SS6RBX_11.4.3/com.ibm.sa.dodaf.doc/topics/cdodafoverview.html?lang=es)

[15] Javier Aracil, Fabio Gómez. *Introducción a Matlab y Simulink 2007*. [en línea] [Fecha de consulta: 14 de Noviembre de 2014] Disponible en: [http://www.esi2.us.es/~fabio/apuntes\\_matlab.pdf](http://www.esi2.us.es/~fabio/apuntes_matlab.pdf)

- [16] Laboratorio de Sistemas Organizacionales Orientados a Arquitecturas Empresariales -LASIO-, Quintero Ana, Llamosa Ricardo, 2012.
- [17] MICHAEL H. RYAN, WESTON J. HANOKA. A Study of Executable Model Based Systems Engineering From DoDAF Using Simulink, Ohio, 2012. Thesis (Master). Air Force Institute of Technology, Air University, Systems and Engineering Management.
- [18] Model building in System Dynamics and Discrete-event Simulation: A Quantitative Comparison. Tako, Antuela A. and Robinson, Stewart. Athens, Greece: System Dynamics Society, 2008.
- [19] Nakhla, N. M., & Wheaton, K. (2014). An Executable Architecture Tool for the Modeling and Simulation of Operational Process Models.
- [20] Panconesi, Alessandro. The Stationary Distribution of a Markov Chain. Rome: La Sapienza University of Rome, 2005.
- [21] R. Youssef, B. Kim, J. Pagotto, A. Vallerand, S. Lam, and P. Pace. Toward an Integrated Executable Architecture and M&S Based Analysis for Counter Terrorism and Homeland Security.
- [22] Ronald Fernandes, Biyan Li, Perakath Benjamin, Richard Mayer. Collaboration Support for Executable Enterprise Architectures.
- [23] Sjostedt, C.-J. (n.d.). Mapping Simulink to UML in the design of embedded systems: Investigating scenarios and transformations.

[24] STEELS, L., 1991, Towards a theory of emergent functionality. From Animals to Animats, Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior, edited by J.-A. Meyer and S. W. Wilson (Cambridge, MA: Bradford Books MIT press), pp. 451± 461; 1994, The artificial life roots of artificial intelligence. Artificial Life Journal, 1, 89± 125.

[25] STEPHAN, A., 1998, Varieties of emergence in artificial and natural systems. Zeitschrift für Naturforschung C, 53, 639-656

[26] Sterman, John. Business Dynamics, Systems Thinking and Modeling for a Complex World. United States of America: McGraw-Hill, 2000

[27] Szabo, C., & Teo, Y. M. (n.d.). Semantic Validation of Emergent Properties in Component-Based Simulation Models, 319–333.

[28] The Open Group Architectural Framework. Welcome to TOGAF. [en línea] [Fecha de consulta: 28 de Agosto de 2014] Disponible en: <http://pubs.opengroup.org/architecture/togaf7-doc/arch/>.

[29] The Open Group. “Introducción”. *Togaf Guía de Bolsillo. Versión 9.1. Van Haren Publishing, Zaltbommel.*

[30] The Open Group. “Método de Desarrollo de la Arquitectura”. *Togaf Guía de Bolsillo. Versión 9.1. Van Haren Publishing, Zaltbommel.*

[31] The Open Group, The Open Group Architecture Framework (TOGAF™ 9) and the US Department of Defense Architecture Framework 2.0 (DoDAF 2.0), 2010.

[32] VELÁZQUES RESTREPO, Paula. Diseño de Políticas Para la Disminución de la Saturación en el Servicio de Urgencias de la IPS Universitaria, Sede Clínica Leon XIII. Medellín. Tesis (Master). Universidad de Antioquia. Departamento de Ingeniería Industrial.

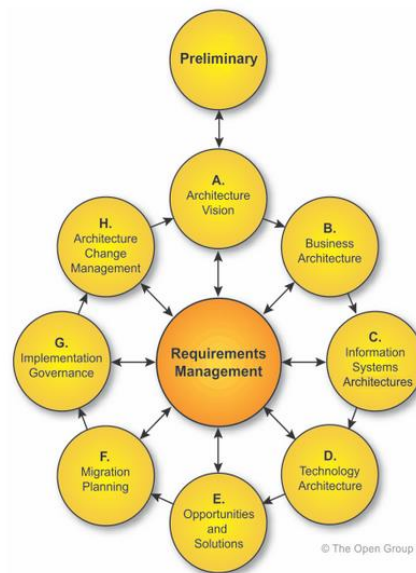
[33] Volovoi, Vitali. Modeling of System Reliability Using Petri Nets with Aging Tokens. Reliability Engineering and System Safety, Vol. 84, pp. 149-161. 23. Petri Nets: An Alternative to Markov Chains. Melnyk,

[34] Zachman International Architecture Framework 2007 [en línea] [Fecha de consulta: 17 de Noviembre de 2014] Disponible en: <http://www.zachman.com/about-the-zachman-framework>

## ANEXO A

### Arquitectura Empresarial del Sistema

En el desarrollo de la arquitectura empresarial se sigue la metodología ADM planteada por TOGAF, La estructura básica de la ADM se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Ciclo desarrollo de la arquitectura

#### **Fase Preliminar**

En esta fase se describe las actividades de preparación e iniciación para llevar a cabo la arquitectura de la empresa, se definen los siguientes aspectos:

- Alcance de la arquitectura
- Roles
- Principios de la arquitectura
- Terminología y glosario
- Adecuación de los procesos y etapas de la metodología ADM de TOGAF

#### **Alcance de la Arquitectura**

- a. Núcleo del negocio sobre el cual se centrará el trabajo de Arquitectura:
- **Escuela Ágil:** Consiste en un modelo que busca mejorar los resultados obtenidos en los procesos de enseñanza-aprendizaje, fomentando en los estudiantes fortalezas para desarrollar un proceso de auto-aprendizaje efectivo que a futuro les permita convertirse en profesionales proactivos con capacidad de análisis y proveedores de soluciones factibles, y de esta manera se logre un impacto positivo en la sociedad.
  - **Sistema de gestión del proceso educativo**
- b. Interesados externos a la organización que están involucrados en el proyecto: UIS, Facultad de ciencias Fisicomecánicas, Industria.
- c. Comunidades implicadas: CIDLIS( Centro de innovación y desarrollo para la investigación en ingeniería del software)

## Roles

**Tabla 1.** Relación de Roles con sus Responsabilidades y Habilidades

<b>Nombre</b>	<b>Rol</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>Habilidades</b>
Ricardo Llamosa Villalba	-IT Architecture Manager	Diseño de una arquitectura, y la creación de una descripción arquitectural	-Modelo de Negocios -Diseño procesos de negocio -Diseño de roles -Diseño de la organización -Integración de sistemas -Diseño de servicios

			<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño de principios de la arquitectura</li> <li>-Vistas de la arquitectura &amp; diseño de puntos de vista</li> <li>-Diseño bloques de construcción</li> <li>-Modelado de soluciones</li> <li>-Análisis de beneficio</li> <li>-Comportamiento de sistemas</li> <li>-Gestión del proyecto</li> </ul>
Darío José Delgado Quintero	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Project Managers</li> <li>-IT Architect for: Business, Data, Application, Technology.</li> </ul>	<p>Diseño de una arquitectura, y la creación de una descripción arquitectural</p> <p>El arquitecto tiene la responsabilidad de asegurar la integridad de la arquitectura, en términos de abordar adecuadamente todos los intereses pertinentes de las partes interesadas, y la integridad de la arquitectura, en cuanto a la conexión de todos los diferentes puntos de vista para entre sí, conciliar satisfactoriamente las preocupaciones contradictorias de las diferentes partes interesadas, y que muestra las</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelo de Negocios</li> <li>-Diseño procesos de negocio</li> <li>-Diseño de roles</li> <li>-Diseño de la organización</li> <li>-Diseño de datos</li> <li>-Diseño de aplicaciones</li> <li>-Integración de sistemas</li> <li>-Diseño de servicios</li> <li>-Diseño de principios de la arquitectura</li> <li>-Vistas de la arquitectura &amp; diseño de puntos de vista</li> <li>-Diseño bloques de construcción</li> </ul>

		compensaciones hechas al hacerlo	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelado de soluciones</li> <li>-Análisis de beneficio</li> <li>-Comportamiento de sistemas</li> <li>-Gestión del proyecto</li> </ul>
Luz Amparo Torres Carreño	-IT Designer - Architect IT(Junior) for: Data, Application, Technology	El arquitecto tiene la responsabilidad de asegurar la integridad de la arquitectura, en términos de abordar adecuadamente todos los intereses pertinentes de las partes interesadas, y la integridad de la arquitectura, en cuanto a la conexión de todos los diferentes puntos de vista para entre sí, conciliar satisfactoriamente las preocupaciones contradictorias de las diferentes partes interesadas, y que muestra las compensaciones hechas al hacerlo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelo de Negocios</li> <li>-Diseño procesos de negocio</li> <li>-Diseño de roles</li> <li>-Diseño de la organización</li> <li>-Diseño de datos</li> <li>-Diseño de aplicaciones</li> <li>-Integración de sistemas</li> <li>-Diseño de servicios</li> <li>-Diseño de principios de la arquitectura</li> <li>-Vistas de la arquitectura &amp; diseño de puntos de vista</li> <li>-Diseño bloques de construcción</li> <li>-Modelado de soluciones</li> <li>-Análisis de beneficio</li> <li>-Comportamiento de sistemas</li> </ul>
Jorge Andrés	-IT Designer -Architect IT (Junior) for: Data,	"El arquitecto tiene la responsabilidad de asegurar la integridad de	-Modelo de Negocios

Bueno Barajas	Application, Technology	la arquitectura, en términos de abordar adecuadamente todos los intereses pertinentes de las partes interesadas, y la integridad de la arquitectura, en cuanto a la conexión de todos los diferentes puntos de vista para entre sí, conciliar satisfactoriamente las preocupaciones contradictorias de las diferentes partes interesadas, y que muestra las compensaciones hechas al hacerlo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño procesos de negocio</li> <li>-Diseño de roles</li> <li>-Diseño de la organización</li> <li>-Diseño de datos</li> <li>-Diseño de aplicaciones</li> <li>-Integración de sistemas</li> <li>-Diseño de servicios</li> <li>-Diseño de principios de la arquitectura</li> <li>-Vistas de la arquitectura &amp; diseño de puntos de vista</li> <li>-Diseño bloques de construcción</li> <li>-Modelado de soluciones</li> <li>-Análisis de beneficio</li> <li>-Comportamiento de sistemas</li> </ul>
Yesika Contreras Duarte	-IT Designer -Architect IT (Junior) for Business	"El arquitecto tiene la responsabilidad de asegurar la integridad (la aptitud para el propósito) de la arquitectura, en términos de abordar adecuadamente todos los intereses pertinentes de las partes interesadas, y la integridad de la arquitectura, en cuanto a la conexión de todos los diferentes puntos de vista para entre sí, conciliar satisfactoriamente las	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelo de Negocios</li> <li>-Diseño procesos de negocio</li> <li>-Diseño de roles</li> <li>-Diseño de la organización</li> <li>-Diseño de principios de la arquitectura</li> <li>-Vistas de la arquitectura &amp; diseño de puntos de vista</li> </ul>

		preocupaciones contradictorias de las diferentes partes interesadas, y que muestra las compensaciones hechas al hacerlo (como entre la seguridad y el rendimiento, por ejemplo)	-Diseño bloques de construcción -Modelado de soluciones -Análisis de beneficio
Raúl Francisco Valdivieso Bohórquez	- Architecture board member	<p>La Junta de Arquitectura se hace típicamente responsable y rinde cuentas, para lograr algunos o todos de los siguientes objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Coherencia entre los sub-arquitecturas</li> <li>• Identificación de los componentes reutilizables</li> <li>• La flexibilidad de la arquitectura de la empresa: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Para satisfacer las cambiantes necesidades de negocio</li> <li>○ Para aprovechar las nuevas tecnologías</li> </ul> </li> <li>• Ejecución de Arquitectura de Cumplimiento</li> <li>• Mejorar el nivel de madurez de la arquitectura la disciplina dentro de la organización</li> <li>• Asegurar que se adoptó la disciplina</li> </ul>	

		<p>de desarrollo basado en la arquitectura</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar la base para todas las decisiones con respecto a los cambios en las arquitecturas</li> <li>• El apoyo a una capacidad de escalada visible para las decisiones fuera de la cancha</li> </ul> <p>Otras responsabilidades desde una perspectiva operacional deben incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los aspectos de seguimiento y control del Contrato Arquitectura</li> <li>• Reunión sobre una base regular</li> <li>• Asegurar la gestión y la aplicación efectiva y coherente de las arquitecturas</li> <li>• Resolución de ambigüedades, problemas o conflictos que han sido escalados</li> <li>• La prestación de asesoramiento, orientación e información</li> <li>• Asegurar el cumplimiento de las arquitecturas, y la concesión de las dispensas que están en consonancia con la</li> </ul>	
--	--	---	--

		<p>estrategia y objetivos de la tecnología</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teniendo en cuenta la política (horario, de Nivel de Servicio (SLAs Acuerdos), etc) cambia cuando se solicitan y otorgan dispensas similares; por ejemplo, la nueva forma de requisitos de servicio</li> <li>• Garantizar que toda la información pertinente para la aplicación del Contrato de Arquitectura se publica bajo condiciones controladas y puesto a disposición las partes autorizadas</li> <li>• La validación de los niveles de servicio reportados, ahorro de costes, etc</li> </ul>	
--	--	---	--

### **Principios de la arquitectura**

Los principios fueron definidos por el grupo de trabajo que integra el sistema de gestión del proceso educativo y son críticos en el establecimiento de las bases para la gobernanza de la arquitectura, se dividen en 3 partes: principios de negocio, principios de arquitectura, principio de equipo de trabajo

## Principios de Negocio

- Objetivos claros - metas definidas
- Siempre pensar en el cliente.
- Desechar todo aquello que no genere valor
- El conocimiento es el recurso más importante
- La tecnología es el motor del sistema
- Los pilares de gestión le dan sentido a la Escuela Ágil
- Sin clientes no hay Escuela Ágil.
- Comunicación oportuna y efectiva
- Entrega oportuna de valor
- Socialización de avances
- Toda actividad debe aportar a la consecución de las metas
- Construir sobre lo construido

## Principios de Arquitectura

- La arquitectura debe definir tanto como sea posible, el comportamiento del sistema de gestión de procesos educativos, con el fin de llevar los artefactos estáticos a modelos ejecutables, que permitan simular el sistema.

## Principios de Equipo de Trabajo

- Contribuir con información desde cada área del sistema de gestión de procesos educativos para la creación de los artefactos arquitecturales.
- Responsabilidad y compromiso con las tareas asignadas de acuerdo a cada rol.
- Puntualidad en la entrega de los artefactos o entregables requeridos para la arquitectura

## Terminología y glosario

Proporciona un medio para describir los términos y abreviaturas relacionadas con la arquitectura, los cuales serán utilizados en el desarrollo de esta.

**Tabla 2.** Terminología y Glosario

Término	Descripción
---------	-------------

	<b>Sistemas</b>
Instrucción	Sistema encargado de compartir los conocimientos haciendo uso del material creado por el sistema de autoría.
Autoría	Sistema encargado de diseñar y construir los recursos necesarios para transferir el conocimiento.
Coordinación	Sistema encargado de controlar, Analizar y tomar decisiones en el transcurso del curso.
Evaluación	Sistema encargado de evaluar para entregar resultados que puedan ser analizados con el fin de ver el desempeño del sistema o realizar cambios.
Gestor de Contenido y Comunicaciones	Plataforma tecnológica de acceso web, que permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de servir de canal de comunicación entre los sistemas.
	<b>Roles</b>
Coordinador	Persona encargada de monitorear y controlar la actividad de cada uno del sistema de gestión de los procesos educativos.
Autor	Persona encargada de crear los materiales/recursos necesarios para la capacitación/entrenamiento de los candidatos/estudiantes.
Auxiliar	Persona que se encarga de realizar alguna de las tareas operativas estipuladas por coordinación.
Docente	Instructor, Profesor, persona que se encarga de capacitar a los candidatos/estudiantes.
Estudiante	Persona, candidata a recibir capacitación, matriculada en un curso, las cuales reciben entrenamiento por parte de los docentes
Evaluador	Encargado de aplicar los instrumentos de medición sobre los demás sistemas.

	<b>Stakeholder</b>
Estudiante	<i>Estudiante</i> ; interesado en hacer más eficiente el proceso de educación/capacitación más eficiente
Profesor	<i>Docente</i> ; interesado en hacer más eficiente el proceso de transferencia de conocimiento
Autor	<i>Autor</i> ; interesado en facilitar la administración del material de autoría, siguiendo los lineamiento del sistema
Evaluador	<i>Evaluador</i> ; Interesado en optimizar el proceso de medición/evaluación del sistema
Universidad	interesado en brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo
Departamento	interesado en brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo
CIDLIS	Interesado en brindar el conocimiento para el buen desarrollo del modelo de escuela ágil a implementar en el sistema
Industria	Interesado, en alternativas de capacitación ágil para la evolución e innovación de las organizaciones del sector industrial
	<b>Actividades</b>
Instrucción	Transferencia de conocimiento a través de clases.
Retrospectiva	Actividad de retroalimentación, realizada a partir de los resultados obtenidos en una actividad evaluativa.
Evaluación	Prueba en la cual se miden los conocimientos adquiridos por los discentes. Prueba a la que se somete una actividad o sistema para medir su desempeño

Confrontación	Actividad de debate, en el que los candidatos/estudiantes exponen sus ideas y son discutidos los planteamientos
Prueba de Salida	Prueba realizada al finalizar cada lección, con el fin de medir a los estudiantes acerca de lo aprendido durante la lección.
Prueba de Entrada	Prueba realizada al iniciar cada lección, con el fin de medir a los estudiantes acerca del conocimiento que tienen sobre el tema.
Presentación	Exposición del avance de los trabajos realizados.
Caso Docente	Material de trabajo propuesto por los docentes el cual abarca temas de la lección, este caso es desarrollado en el transcurso de las clases
Caso Discente	Informe propuesto por los estudiantes, basado en el caso docente, en el cual proponen diferentes preguntas o ejercicios para cada lección - Informe de actividades basado en los lineamientos de caso Discente/Docente
Proyecto de Curso	Proyecto en el cual los estudiantes muestran los resultados del trabajo realizado durante el curso
Taller	Ejercicios propuestos sobre cada lección.
Simulacro	Recolección de preguntas del módulo, con el fin de que los estudiantes puedan tener una simulación del parcial.
Módulo	Conjunto de lecciones de instrucción
Lección	Conjunto de clases
Clase	Sesión en la que un profesor imparte instrucción.
	<b>Entregables</b>
Mision del Curso	Descripción del propósito de la realización del curso, y sus metas

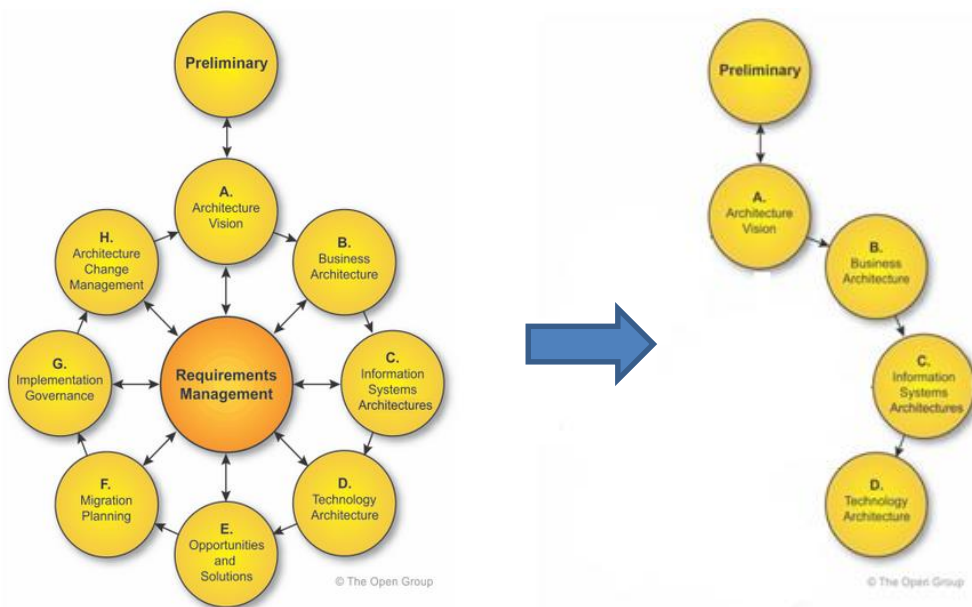
Visión del Curso	Visualización a futuro sobre las metas que se quieren lograr en el curso
Informe Caso	Informe realizado por los estudiantes, en el cual cumplen con los lineamientos requeridos y
Informe Proyecto	Informe sobre los logros totales o parciales del proyecto estipulado para el curso
Lineamientos de Caso	Especificaciones, normas, actividades, que deben realizar los discentes a la hora de presentar el caso
Lineamientos de Proyecto	Especificaciones , normas, actividades que deben realizar los discentes a la hora de presentar el informe de proyecto
Informes de Resultados	Presentación sintetizada de los resultados, obtenidos en diferentes actividades
Conferencia	Recurso de transferencia de conocimiento que aborda uno de los temas específicos que trata el curso
	<b>Etapas del Negocio</b>
Planificación	Etapa del ciclo de vida del sistema de gestión de procesos educativos en el cual se diseña con el plan de acción del curso
Cierre	Etapa final del ciclo de vida del sistema de gestión de procesos educativos en el cual se realizan actividades de retroalimentación y entrega de resultados
Inicio	Etapa inicial del ciclo de vida del sistema de gestión de procesos educativos en el cual se hace el lanzamiento oficial de un curso.
	<b>Términos Técnicos</b>
ADM (Architecture Development Method)	Es un proceso para la creación de una arquitectura empresarial que es parte del estándar TOGAF

Arquitectura de la aplicación	La arquitectura de una aplicación específica
Architect	Alguien, cuya responsabilidad es el diseño de una arquitectura, y la creación de una descripción arquitectural
Artefacto Arquitectural	Un documento específico, reporte, análisis, modelo, u otra creación tangible, que contribuye a una descripción arquitectural
Marco Arquitectural	Un esqueleto estructural, que define algunos artefactos arquitecturales sugeridos y describe como esos artefactos están relacionados con otros.
Proceso Arquitectural	Una serie de acciones definidas, dirigidas al objetivo de producir ya sea una arquitectura o una descripción arquitectural
Taxonomía Arquitectural	La metodología de organización y categorización de artefactos arquitecturales
Arquitectura	La organización fundamental de un Sistema expresada en sus componentes, sus interrelaciones, el ambiente, y los principios que guían su diseño y evolución
Arquitectura del Negocio	Una arquitectura que trata específicamente con el proceso de negocio y el flujo del negocio
CIO	Chief Information Officer, el ejecutivo a cargo de la información tecnológica de una corporación
Arquitectura de Datos	La arquitectura de los datos (comunmente almacenada en bases de datos) que le pertenece a la compañía
Arquitecto Empresarial	Un arquitecto que se especializa en arquitecturas empresariales
Arquitectura Empresarial	Una arquitectura en la cual, el sistema en cuestión es toda la organización, específicamente los procesos de negocios, tecnologías, y los sistemas de información de la organización

FEA (Federal Enterprise Architecture)	Una descripción arquitectural de una arquitectura empresarial del gobierno federal de los Estados Unidos que incluye varios modelos referenciales, procesos para la creación de arquitecturas organizacionales, que se ajustan en una arquitectura empresarial federal, y una metodología para la medición del éxito de una organización que usa arquitecturas empresariales
---------------------------------------	--

### Adecuación de los procesos y etapas de la metodología ADM de TOGAF


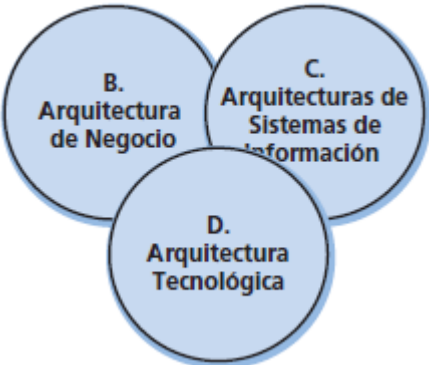
Teniendo en cuenta el alcance del proyecto, se abordarán principalmente las fases A, B, C, y D, en las cuales se establecen artefactos arquitecturales que contribuyen a definir el comportamiento del sistema.



**Figura 2.** Etapas de la Metodología ADM de TOGAF

La tabla 3 muestra las actividades a desarrollar en cada una de las fases:

**Tabla 3.** Actividades en cada una de las fases de TOGAF

Fase	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establece el alcance, las limitaciones y expectativas de un proyecto TOGAF.</li> <li>- Crea la visión de la Arquitectura.</li> <li>- Identifica a los interesados</li> <li>- Valida el contexto de negocio y crea la declaración de trabajo de arquitectura</li> <li>- Obtiene aprobaciones</li> </ul>
	<p>Desarrolla arquitecturas en cuatro dominios:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Negocio</li> <li>2. Sistemas de información - Aplicaciones</li> <li>3. Sistemas de Información - Datos</li> <li>4. Tecnología</li> </ol> <p>En cada caso, desarrolla la arquitectura de la línea de base y de destino y analiza las brechas entre ambas.</p>

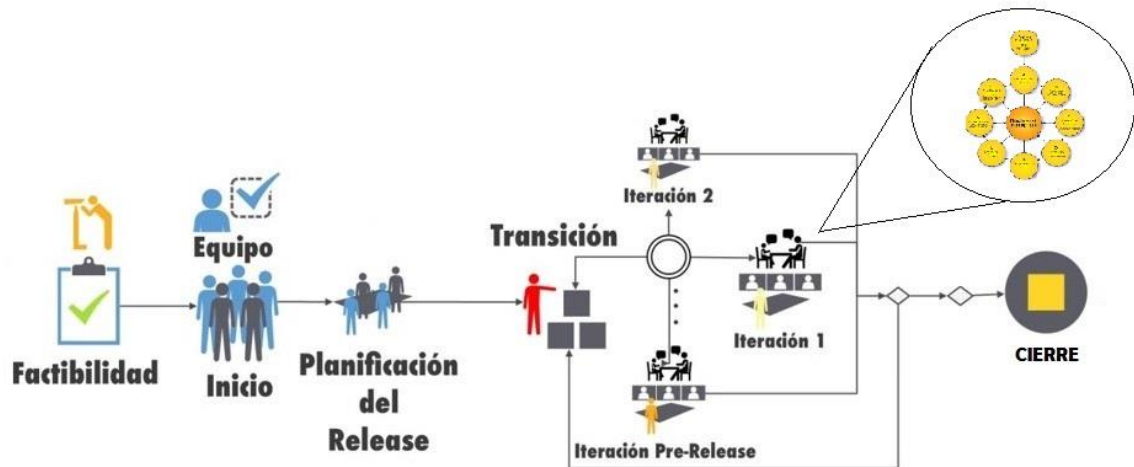
### Fase A - Visión de La Arquitectura

En esta fase se describe la fase inicial del método de desarrollo de la arquitectura, en la cual se establece:

- El proyecto de arquitectura
- Interesados, intereses y requerimientos del negocio
- Objetivos del negocio y sus restricciones
- Alcance de la arquitectura
- Principios de la arquitectura
- Visión de la arquitectura
- Propuesta de valor
- KPIs

### Proyecto de la Arquitectura

El proyecto de creación de la Arquitectura Empresarial para el sistema de gestión de procesos educativos está incorporado dentro del proyecto: “Arquitectura ejecutable para la simulación de artefactos arquitecturales en el Laboratorio de Sistemas Integrales Organizacionales – LASIO - : Un modelo de gestión escolar en educación superior”, el cual presenta una metodología de desarrollo de proyecto guiada por metodologías ágiles, dentro de la cual se incorpora la creación de la arquitectura:



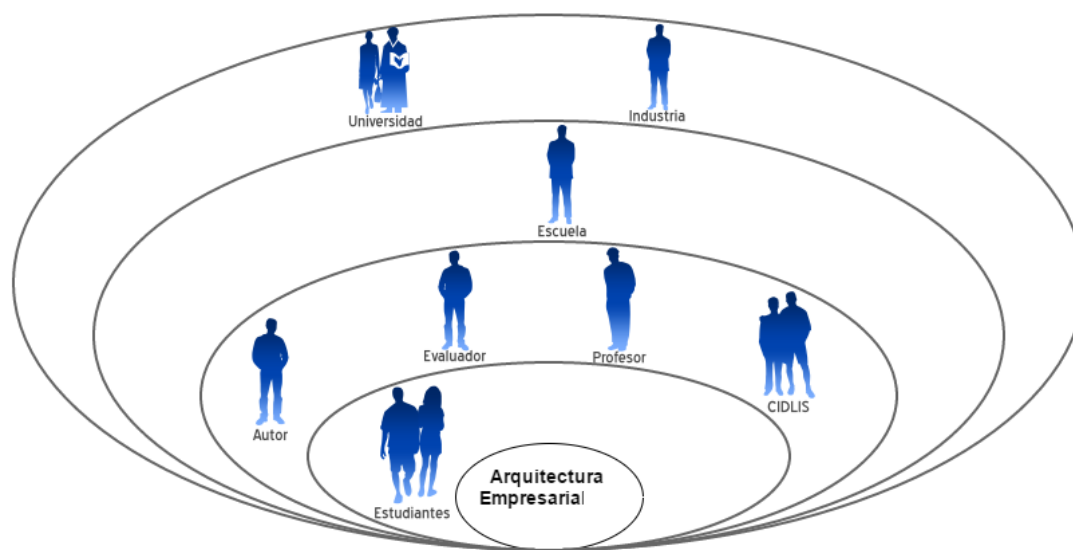
**Figura 3.** Proceso de un proyecto ágil, 2014.

La figura 3 muestra dentro de la iteración 1, la incorporación de la metodología ADM Togaf, dentro del proyecto principal mencionado anteriormente, dado que es el marco arquitectural principal con el cual se piensa desarrollar el proyecto de Arquitectura del sistema de gestión del proceso educativo.

### **Interesados, Intereses y Requerimientos del Negocio**

Identificar las partes interesadas y sus intereses con el fin de definir los requisitos empresariales claves que se abordaran en la arquitectura.

Se definieron cada uno de los interesados y sus intereses con un nivel de prioridad de 1 a 4 para cada uno de estos, siendo 1 la máxima prioridad (ver figura 4 y tabla 3)



**Figura 4.** Interesados en la arquitectural empresarial

**Tabla 3.** Interesado, prioridad e intereses

Interesado	Prioridad (1-4)	Intereses
Estudiante	1	Acceso fácil y oportuno al material educativo y de evaluación, así como una adecuada transferencia de conocimiento de parte de los docentes y de los recursos tecnológicos.
Profesor	2	Acceso fácil a material de autoría y de evaluación, recursos didácticos y fácil acceso y utilización del recurso tecnológico para facilitar su labor de transferencia.
Autor	2	Entrega oportuna de material de autoría y evaluación de acuerdo a los lineamientos del sistema.
Evaluador	2	Realización oportuna y correcta de las actividades de evaluación estipuladas por el sistema, recolección de información para medir el sistema en general.
Universidad	4	Brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la

		normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo.
Departamento o escuela	3	Brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo.
CIDLIS	2	Brindar el conocimiento para el buen desarrollo del modelo de escuela ágil a implementar en el sistema
Industria	4	Lineamiento para la evolución del sistema a otras instancias diferentes a las universitarias.

### **Objetivos del Negocio y sus Restricciones**

Se definieron los objetivos del negocio y las limitaciones específicas del proyecto

#### **Objetivos del negocio:**

- Gestionar eficientemente los procesos de enseñanza y aprendizaje en entornos de educación superior.
- Formar recurso humano de alta calidad.
- Hacer uso eficiente de las herramientas TI para la gestión de procesos de enseñanza y aprendizaje.

#### **Restricciones:**

##### **Restricciones de Sistema de Gestión de Procesos Educativos**

- El sistema se debe adecuar a los lineamientos y la normatividad de la Universidad Industrial de Santander
- Se debe contar con una infraestructura tecnológica para el desempeño del sistema de gestión de procesos educativos

##### **Restricciones del Proyecto**

- El proyecto se debe desarrollar en un plazo máximo de 6 meses.
- Solo se podrá abarcar los aspectos necesarios de la arquitectura para la elaboración de esquemas de simulación.
- El costo del proyecto no debe superar el valor que se estipuló en el plan del proyecto

## **Alcance de la Arquitectura**

Se tendrán en cuenta las siguientes dimensiones para definir el alcance de la arquitectura:

### **Amplitud**

La arquitectura está limitada para el sistema gestión de procesos educativos el cual hace parte de Escuela Ágil, del grupo CIDLIS.

### **Profundidad**

Para el desarrollo de la arquitectura empresarial se abordarán las fases A, B, C, en las cuales se define el alcance y se desarrollan arquitecturas en cuatro dominios: negocio, aplicación, datos y tecnología.

Se llevará a cabo estas fases dado los objetivos del proyecto de creación de una Arquitectura Empresarial para el sistema de gestión de procesos educativos, la cual está incorporada dentro del proyecto: “Arquitectura ejecutable para la simulación de artefactos arquitecturales en el Laboratorio de Sistemas Integrales Organizacionales – LASIO - : Un modelo de gestión escolar en educación superior”

### **Periodo de tiempo**

Los periodos de tiempo para el desarrollo de la arquitectura empresarial están basados en el cronograma del proyecto principal “Arquitectura ejecutable para la simulación de artefactos arquitecturales en el Laboratorio de Sistemas Integrales Organizacionales – LASIO - : Un modelo de gestión escolar en educación superior” el cual esta basado en iteraciones, cada una de ellas con tres fases.

La fase A ( Visión de la Arquitectura) se pretende abordar en la fase I de la primera iteración en un periodo de 10 días.

Las fases B,C y D se abordarán en la fase II y III de la primera iteración, en un periodo de 40 días.

## **PRINCIPIOS DE LA ARQUITECTURA**

Principios bajo los cuales la arquitectura se va a desarrollar, basados en los principios definidos en la fase preliminar.

### **Principio 1: Alcance de la arquitectura**

**Declaración:** La arquitectura debe definir el sistema de gestión de procesos educativos.

**Justificación:** Cada uno de los sistemas deben estar incluidos en la arquitectura

**Implicaciones:** Se deben integrar cada uno de los sistemas pertenecientes al sistema de gestión de procesos educativos.

## **Principio 2: Acceso a la información**

**Declaración:** La información necesaria para el desarrollo de la arquitectura debe facilitarse

**Justificación:** El acceso a la información facilita el desarrollo de la arquitectura

**Implicaciones:** Todos los miembros pertenecientes al sistema deben brindar información necesaria para el desarrollo de artefactos útiles para crear la arquitectura

## **Principio 3: Describir la estructura tecnológica**

**Declaración:** definir la estructura tecnológica requerida para dar soporte a la organización, facilitando los procesos de enseñanza

**Justificación:** describir la estructura de hardware o software en la organización

**Implicaciones:** brindar soporte a la organización en el uso de las herramientas TI

## **Principio 4: Estructurar los procesos de la organización**

**Declaración:** identificar y definir los procesos claves en la organización

**Justificación:** Al estar bien definidos cada uno de los procesos permite un gestionamiento eficiente de estos.

## **Principio 5: Cumplir los objetivos de negocio**

**Declaración:** Los miembros pertenecientes al sistema de gestión de procesos educativos deben participar en las decisiones necesarias para lograr los objetivos del negocio

**Justificación:** todos los miembros del sistema de gestión de procesos educativos están interesados y son claves a la hora de definir y cumplir con los objetivos de la organización

**Implicaciones:** compromiso de parte de los miembros pertenecientes al sistema de gestión de procesos educativos.

## **VISIÓN DE LA ARQUITECTURA**

La Arquitectura Empresarial del sistema de gestión de procesos educativos, le permitirá a la organización alinear la gestión de los procesos de enseñanza aprendizaje en educación superior, con la infraestructura tecnológica, la información

y las aplicaciones, desde una perspectiva holística, con el fin de hacer más fácil la toma de decisiones y el diseño de estrategias para formar recurso humano de manera más eficiente.

La arquitectura le permitirá a la organización administrar eficientemente los recursos TIC de la organización, de manera que permita ofrecer propuestas de valor a los sectores de aplicación como la industria y el sector educativo, permitiendo la innovación y adaptación de recursos tecnológicos para la educación.

## PROPUESTA DE VALOR

Se definió la propuesta de valor de la arquitectura para cada uno de los interesados

**Tabla 4.** Propuesta de valor para cada interesado

Interesado	Intereses	Propuesta de valor de la Arquitectura
Estudiante	Acceso fácil y oportuno al material educativo y de evaluación, así como una adecuada transferencia de conocimiento de parte de los docentes y de los recursos tecnológicos.	La arquitectura tecnológica del sistema de gestión de procesos educativos permite usar eficientemente los recursos tecnológicos de la organización para dar soporte a los estudiantes en el proceso de Aprendizaje.
Profesor	Acceso fácil a material de autoría y de evaluación, recursos didácticos y fácil acceso y utilización del recurso tecnológico para facilitar su labor de transferencia.	La arquitectura tecnológica del sistema de gestión de procesos educativos permite usar eficientemente los recursos tecnológicos de la organización para dar soporte a los profesores en el proceso de Aprendizaje.
Autor	Entrega oportuna de material de autoría y evaluación de acuerdo a los lineamientos del sistema.	La arquitectura tecnológica y de información permiten la planeación estratégica de la administración y despliegue de información, haciendo la tarea de creación y entrega de recursos de aprendizaje más eficiente

Evaluador	Realización oportuna y correcta de las actividades de evaluación estipuladas por el sistema, recolección de información para medir el sistema en general.	La arquitectura permitirá estructurar, de acuerdo a los recursos TIC's la forma como se captura la información necesaria y con la definición de los KPI's medir el desempeño del sistema
Universidad	Brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo.	La arquitectura le permitirá a la universidad, gestionar eficientemente los recursos tecnológicos necesarios para la implementación.
Departamento o escuela	Brindar de manera adecuada y a tiempo la infraestructura suficiente para el desempeño del sistema, brindar la normativa y el entorno para el buen funcionamiento del mismo.	La arquitectura le permitirá a la Escuela, gestionar eficientemente los recursos tecnológicos necesarios para la implementación.
CIDLIS	Brindar el conocimiento para el buen desarrollo del modelo de escuela ágil a implementar en el sistema	La Arquitectura Empresarial del sistema de gestión de procesos educativos, permite la creación de esquemas de simulación basados en artefactos arquitecturales, o descripciones estructurales del sistema (Arquitecturas Ejecutables), las cuales le ofrecerán a la organización la capacidad de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar incorporación de nuevas tecnología</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la lógica de la arquitectura</li> </ul>
Industria	Lineamiento para la evolución del sistema a otras instancias diferentes a las universitarias.	La Arquitectura ofrece la estructura, sobre la cual adecuar e implementar rápidamente el proyecto de escuela ágil, en el sector industrial para la capacitación de personal

## Indicadores Claves de Rendimiento (KPIs)

Los KPIs sirven para reducir la naturaleza compleja del desempeño organizacional a pequeños números de indicadores claves, con el fin de hacer más entendible y asimilable.

**Figura 5. KPIs**

Objetivo Organizacional		KPQ (Key Performance Question)	KPIs
Formar estudiantes de alta calidad	Gestionar Eficientemente los Procesos de Enseñanza-Aprendizaje		
	Crear recursos de alta calidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Que tan útiles son los recursos educativos para el estudiante?</li> <li>2. ¿Que tan claros son los materiales de estudio?</li> <li>3. ¿Cuanto tiempo tarda crear recursos educativos?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Encuesta sobre material</li> <li>2. Evaluación los recursos</li> <li>3. Tiempo de entrega de recursos</li> </ol>
	Usar eficientemente los recursos tecnológicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿Está habilitada la plataforma cuando se necesita?</li> <li>2. ¿Permite la plataforma desplegar los recursos educativos?</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fallos del sistema/tiempo</li> <li>2. Capacidad de despliegue de recursos</li> </ol>

## Fase B - Arquitectura de Negocio

En esta fase se aborda el desarrollo de la arquitectura del negocio, la cual describe como la organización opera para alcanzar los objetivos, se desarrollan modelos, matrices que describen el proceso del negocio, funciones de los sistemas los cuales nos permiten entender el funcionamiento de la organización.

## Matriz Actor- Rol

El propósito de esta matriz es mostrar cuales actores desempeñan cuales roles, soportando la definición de seguridad y habilidades requeridas.

La matriz actor/rol nos permite ver:

- Roles
- Actores
- Relaciones de actor desempeñando roles

		Roles									
		Director Científico	Coordinador Docente	Auxiliar Administrativo	Docente	Auxiliar Docente	Auxiliar de Soporte	Administrador Táctico	Administrador Estratégico	Administrador Operativo	Gestor Administrativo
R = Responsable de llevar a cabo el papel A = Responsable de los agentes a cargo de la función C = Consultado en el desempeño de la función I = Informado en el desempeño de la función											
Actores	Coordinador	A	R					R	R	A	R
	Autor	R	A	C	R			I	C	R	C
	Auxiliar	I	A	A	C	R		I		R	C
	Docente	R	A		R	C		C		R	C
	Estudiante	I	I		A	A				R	I
	Evaluador	R	A	A	R	R	R		R		C

**Figura 6.** Matriz Actor -Rol

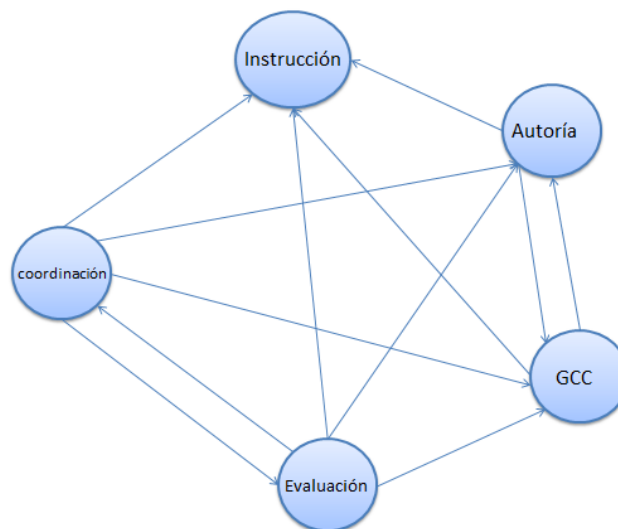
## Matriz de Interacción de Negocios

El propósito de esta matrix es describir las relaciones entre las organizaciones y funciones del negocio. Nos muestra que nos provee cada uno de los sistemas pertenecientes al sistema de gestión de procesos educativos y cuales sistemas hacen uso de esos servicios

Proveedores del servicio del negocio	Instrucción	Autoría	Coordinación	Evaluación	Gestor de Contenido
Consumidores del servicio del negocio					
Instrucción		Diseña y construye los recursos necesarios	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	Permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de ser el canal de comunicación entre los
Autoría			Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	Permite desplegar recursos de estudio, aplicar evaluación, recopilar información, además de ser el canal de comunicación entre los
Coordinación			Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	
Evaluación			Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	
Gestor de Contenido		Diseña y construye los recursos necesarios	Sistema de coordinación y control	Evalúa y recolecta información	

**Figura 7.** Matriz de Interacción de Negocios

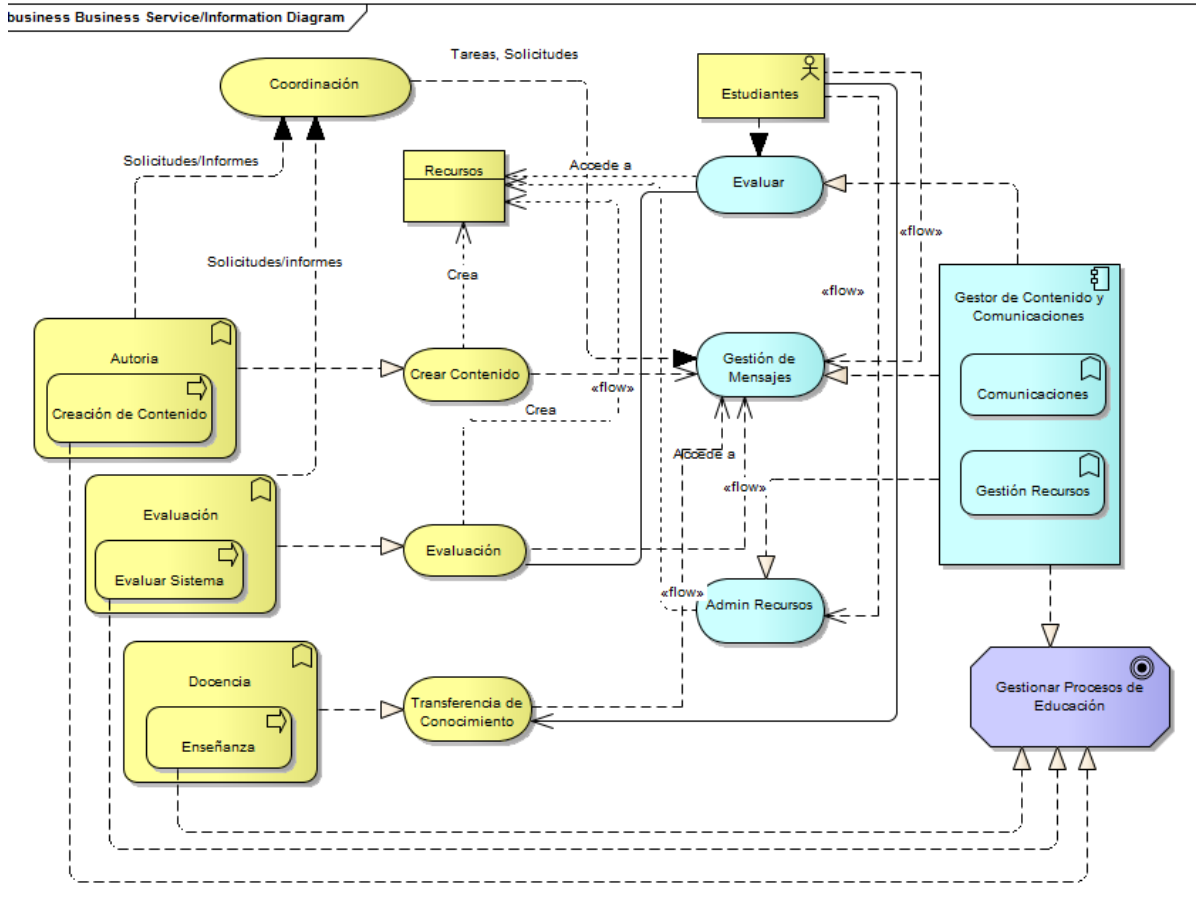
A partir de la figura 7, se obtiene un grafo el cual muestra las relaciones entre cada uno de los sistemas como se puede ver en la figura 8.



**Figura 8.** Grafo, relación entre sistemas

## Business Footprint Diagram

Este diagrama describe las relaciones entre los objetivos del negocio, actores del negocio, funciones y servicios.



**Figura 9.** Business Footprint Diagram

Descripción del modelo:

Docencia, subsistema fundamental del sistema de gestión de procesos educativos compuesto por Autoría, Evaluación e Instrucción, juntos influyen directamente en el logro de las metas del negocio

**Actores del Negocio:**

- Estudiantes

**Objetos de Negocio:**

- Recursos: conferencias, diapositivas, lecturas, talleres, trabajos y casos de estudio.
- Recursos de uso específico para evaluación

**Funciones:**

- Evaluación
- Autoría
- Instrucción
- Evaluar (Aplicación) : Capacidad del sistema Moodle para aplicar Evaluaciones
- Comunicaciones: Capacidad del sistema Moodle para administrar el envío y recepción de mensajes y publicación de información.
- Gestión de Recursos: Capacidad del sistema Moodle, para desplegar y administrar recursos de enseñanza, tales como documentos, videos, enlaces, imagenes.

**Servicios:**

- Evaluar: Despliega formularios y captura resultados, que son analizados y representados den calificaciones
- Administrar Recursos: Almacena, despliega, carga y modifica recursos educativos en una plataforma online
- Gestión de Mensajes: Permite el envío y recepción y almacenamiento de mensajes por parte de los usuarios, además de la publicación información en la página principal
- Crear Contenido: Provee material para la enseñanza de acuerdo a las especificaciones

- Evaluación: Aplica prueba o exámenes a los estudiantes
- Transferencia de Conocimiento: imparte clases, realiza actividades, da soporte, entre otras actividades para transferir conocimiento a los estudiantes.

**Procesos:**

- Gestión de Contenido: Conjunto de actividades para la creación de recursos de enseñanza tales como conferencias, diapositivas, lecturas, talleres, trabajos y casos de estudio.
- Evaluar Sistema: Conjunto de actividades que tienen como fin, medir el desempeño del sistema
- Enseñanza: Conjunto de actividades que tienen como finalidad transferir conocimiento a los estudiantes

**Business Service/Information Diagram**

Este diagrama muestra la información necesaria como actores, objetos del negocio para soportar uno o más servicios de la organización.

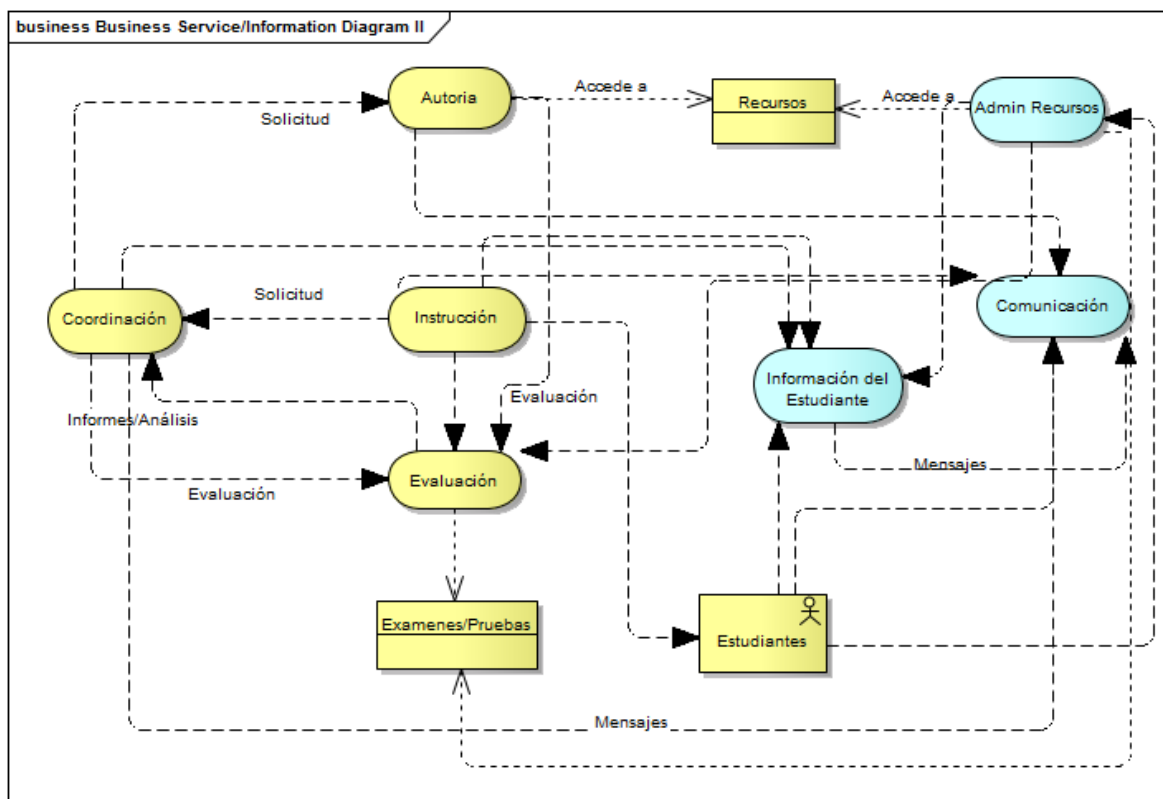


Figura 10. Business Service/Information Diagram

### Descripción del Modelo

**Paquete:** - Docencia: Subsistema que cumple con las metas funcionales de la organización directamente

### Actores del Negocio:

- Estudiantes:

### Objetos de Negocio:

- Recursos: conferencias, diapositivas, lecturas, talleres, trabajos y casos de estudio.
- Recursos de uso específico para evaluación

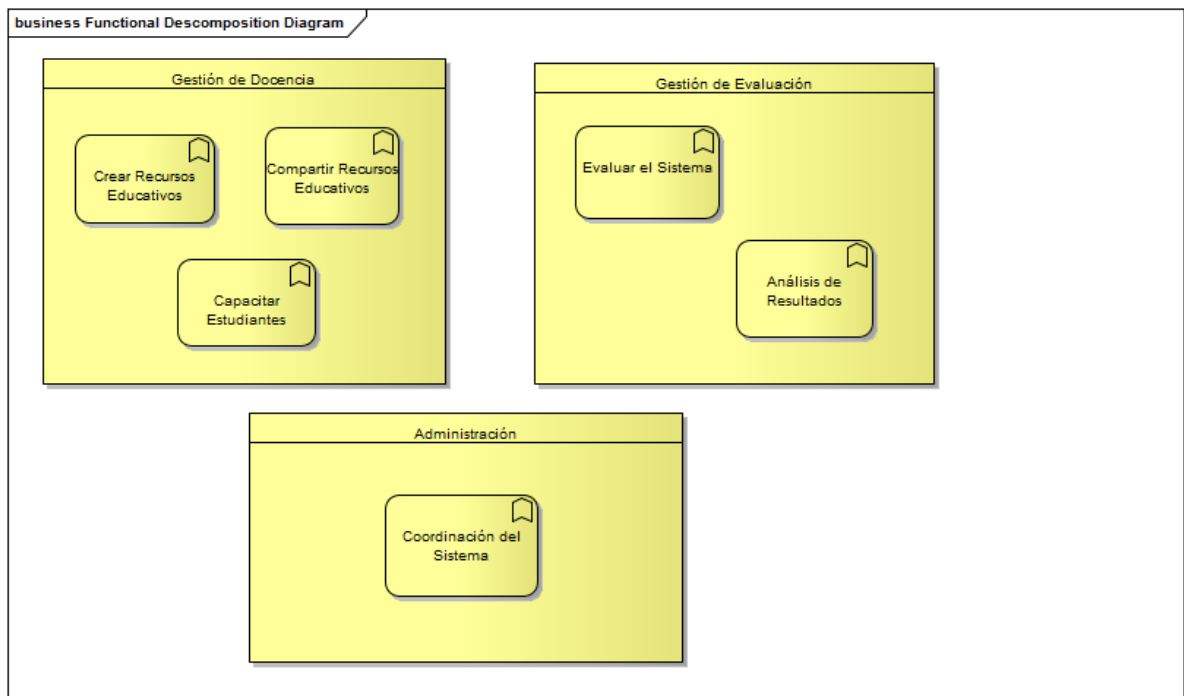
### Servicios:

- Autoría
- Evaluación
- Instrucción
- Coordinación)
- Administrar Recursos: Almacena, despliega, carga y modifica recursos educativos en una plataforma online

- Comunicaciones: Permite el envío y recepción y almacenamiento de mensajes por parte de los usuarios, además de la publicación información en la página principal
- Evaluación: Despliega formularios y captura resultados, que son analizados y representados den calificaciones

## Functional Decomposition Diagram

El propósito del diagrama es mostrar en una sola página las capacidades de la organización que son relevantes para la arquitectura.



**Figura 11.** Functional Descomposition Diagram

La figura 11 muestra las principales capacidades de la organización divididas en 3 grupos en el cual en cada uno de ellos actúan diferentes sistemas

### Gestión de Docencia

- Instrucción
- Autoría
- Gestor de contenidos

### Gestión de Evaluación

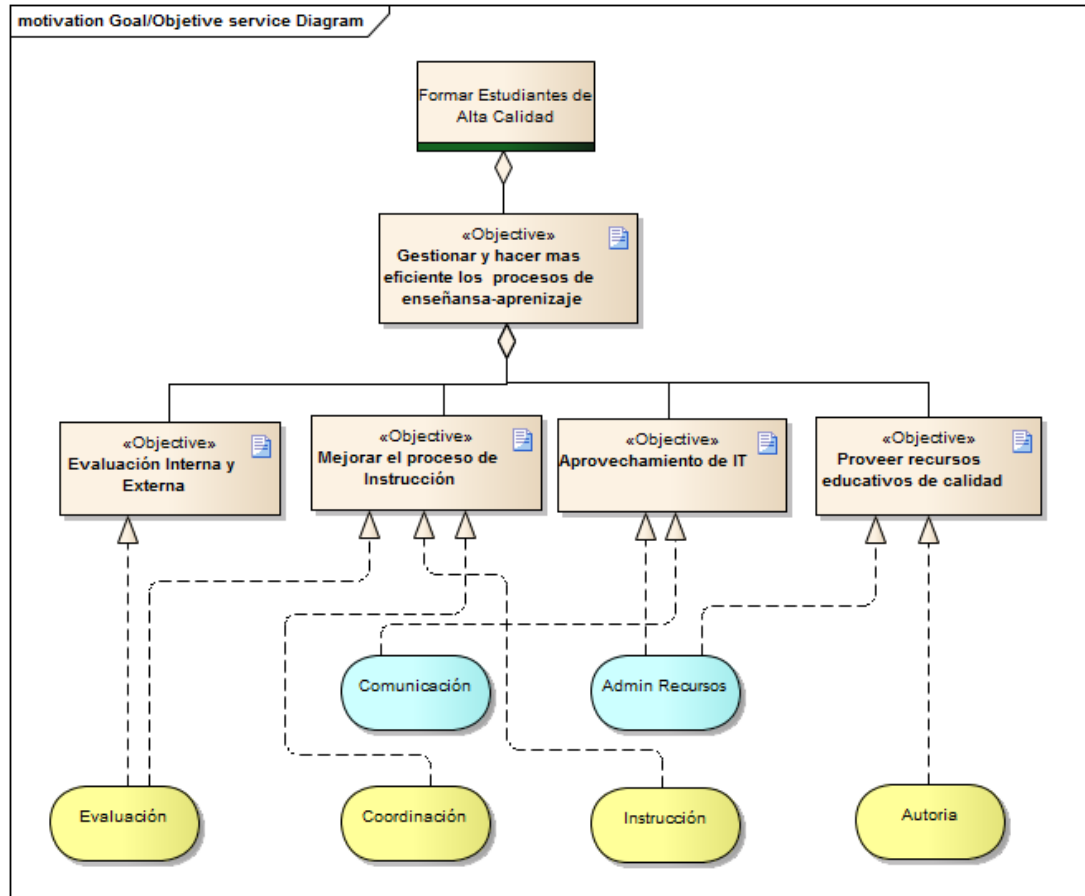
- Evaluación

### Administración

- Coordinación

## Goal/Objective Service Diagram

El propósito de este diagrama es definir la forma en que un servicio o sistema contribuye a la consecución de la visión o estrategia del negocio.



**Figura 12.** Goal/Objective service Diagram

La figura 12 muestra que sistemas y servicios influyen a la hora de cumplir con cada uno de los objetivos de la organización y a la vez llegar a la meta propuesta

**Meta:** Formar estudiantes de alta calidad

**Objetivo principal:**

- Gestionar y hacer más eficiente los procesos de enseñanza- aprendizaje

**Objetivos específicos:**

- Mejorar el proceso de instrucción
- Proveer recursos educativos de calidad

- Aprovechar las herramientas IT

### Sistemas y Servicios

- Evaluación
- Coordinación
- Instrucción
- Autoría
- Comunicación
- Administrador de recursos
- 

### Diagrama De Casos De Uso De Negocio

El propósito de este diagrama es ayudar a describir y validar la interacción entre los actores y sus roles en los procesos y funciones de la organización.

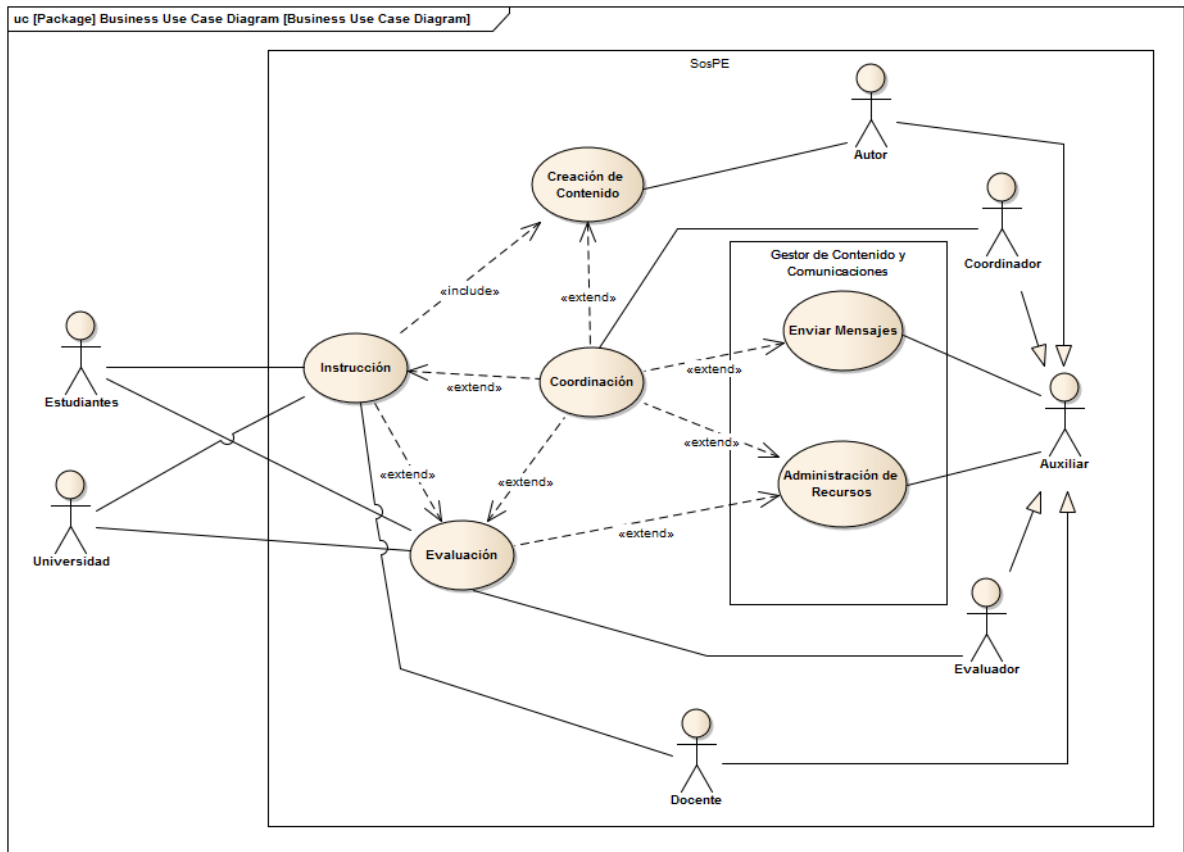


Figura 13. Diagramas de Casos de Uso de Negocio

## Diagrama de Flujo

El propósito de este modelo es mostrar una secuencia entre las actividades del negocio.

El siguiente diagrama nos muestra el flujo del proceso para llevar a cabo un curso en el grupo de investigación CIDLIS

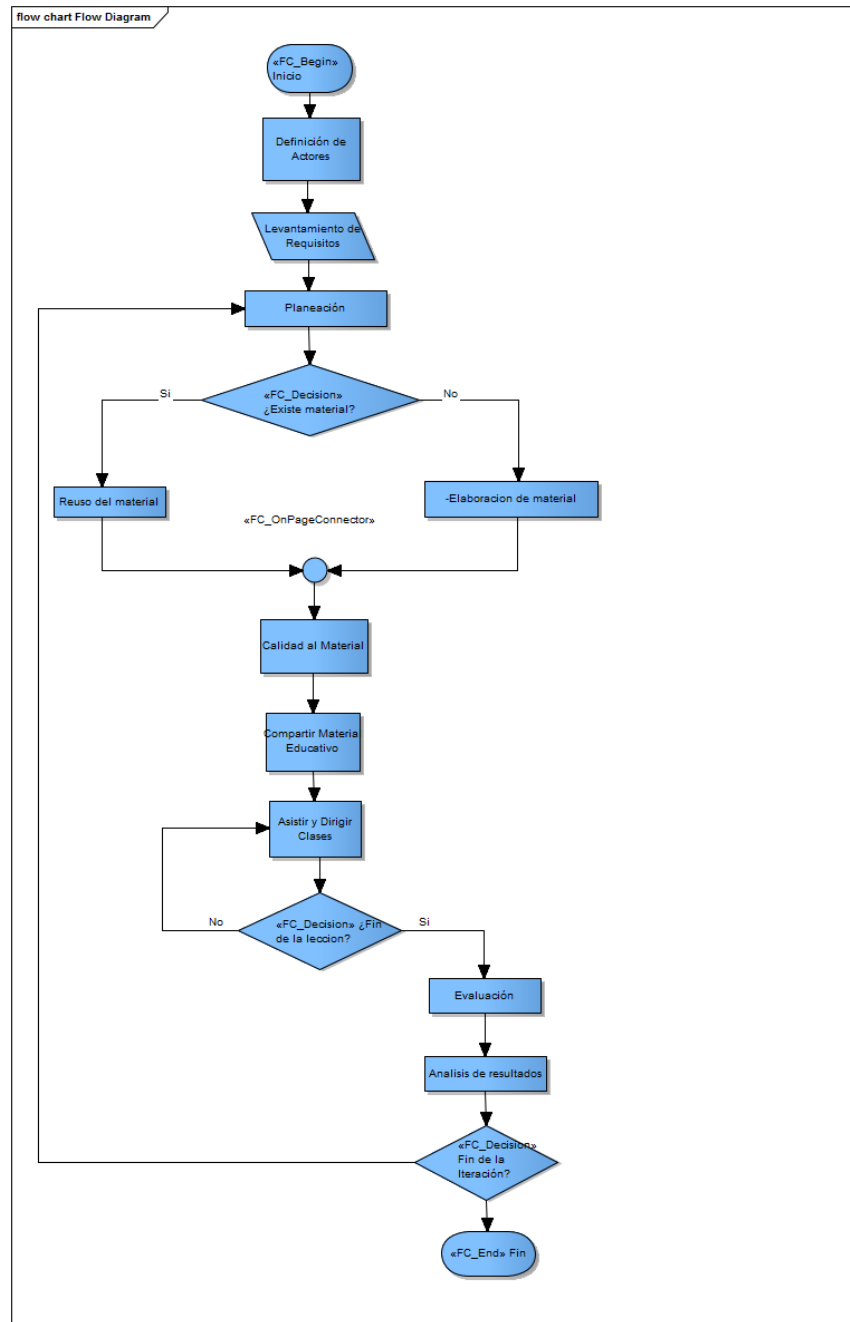


Figura 14. Diagrama de Flujo

## Diagrama de Eventos

El propósito del diagrama de eventos es representar la relación entre los eventos y los procesos.

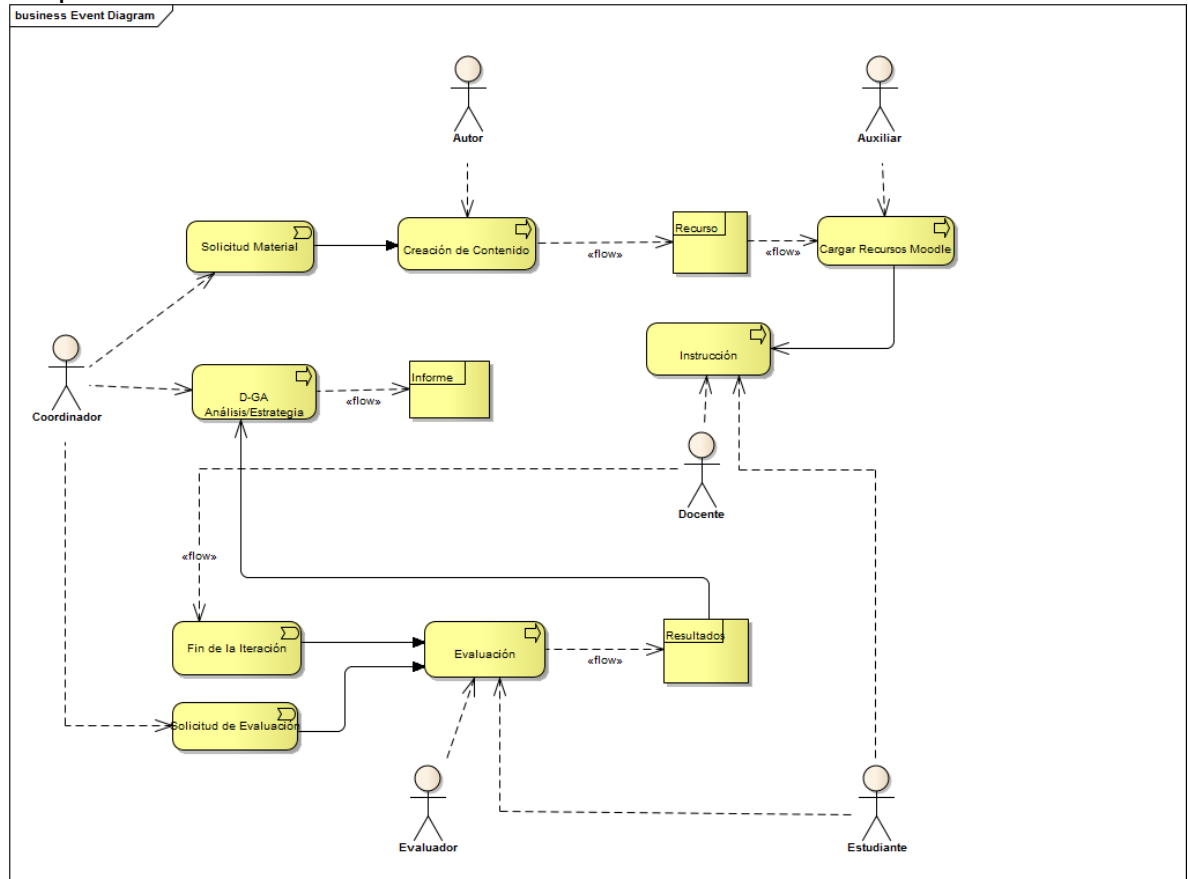


Figura 15. Diagrama de Eventos

## FASE C – ARQUITECTURA DE SISTEMAS DE INFORMACION

En esta fase se aborda la documentación de la organización fundamental de los sistemas de TI de una empresa, representada por los principales tipos de sistemas de información y aplicaciones que los utilizan. En esta fase hay dos pasos a desarrollar

- 1- Arquitectura de datos
- 2- Arquitectura de aplicación

### Arquitectura de Datos

Se desarrolla una arquitectura de datos de destino que sea funcional a la arquitectura del negocio y a la visión de la arquitectura

## Data Entity/Business Function Matrix

El propósito de esta matriz es representar las interacciones relacionadas entre las entidades de datos y las funciones del negocio a través de la empresa

Data Entity (x axis) Business Function (y axis)	Repositorio de Recursos	Master de Estudiantes	Registros de Comunicaciones	Registro/Control de Actividades
Creación de Recursos	- Acceso y almacenamiento de recursos educativos		- Acceso al historial de Mensajes, notificaciones, reportes, asignaciones, enviadas a l sistema de comunicación	- Revisión de solicitudes - Actualización de solicitudes
Capacitación de Estudiantes	- Acceso a recursos educativos - Entrega de tareas e informes (entregables)	- Acceso y edición al seguimiento del estudiante (Notas, Asistencia, participaciones)	- Acceso al historial de Mensajes, notificaciones, reportes, asignaciones, enviadas a l sistema de comunicación	
Administración de Recursos	- Despliegue de recursos educativos - Modificación de Acceso a Recursos			- Revisión de solicitudes - Actualización de solicitudes
Evaluar el Sistemas	- Creación de Registros del Sistema de Calidad	Acceso y edición al seguimiento del estudiante	- Creación, Acceso y Edición a los registros - Creación y almacenamiento de informes	- Revisión de solicitudes - Actualización de solicitudes
Análisis de Resultados	- Acceso a registros del Sistema de Calidad	Acceso al seguimiento del estudiante	- Acceso al historial de Mensajes, notificaciones, reportes, asignaciones, enviadas a l sistema de comunicación	
Coordinación del Sistemas	- Acceso a registros del Sistema de Calidad	- Acceso y edición al seguimiento del estudiante - Creación y edición de la información del estudiante	- Acceso al historial de Mensajes, notificaciones, reportes, asignaciones, enviadas a l sistema de comunicación	- Creación de solicitudes - Actualización de solicitudes - Edición de solicitudes

Figura 16. Data Entity/Business Function Matrix

## Application/Data Matrix

El propósito de esta matriz es representar la relación entre las aplicaciones y las entidades de datos que se acceden y se actualizan por ellos.

Data Entity Application	Repositorio de Recursos	Master de Estudiantes	Comunicaciones	Registro/Control de Actividades
Servicio de Almacenamiento	- Almacenamiento de recursos - Acceso a recursos - Restricción fr acceso - Servicio en la nube			
Administrador de la información del estudiante		- Creación de Registros - Edición de información - Actualización del seguimiento - Producción de Informes		
Servicio de Comunicaciones			- Registro de Mensajes	
Administrador de Recursos	- Despliegue de recursos educativos, talleres, trabajos, documentos, casos de estudio, enlaces, videos - Despliegue de recursos evaluativos, evaluaciones, quices, exámenes	- Actualización de resultados capturados por los recursos de evaluación		- Creación de Tareas/Solicitudes - Actualización de Tareas/Solicitudes

Figura 17. Application/Data Matrix

## Diagrama de Datos Logicos

El propósito fundamental del esquema lógico de datos es mostrar vistas lógicas de las relaciones entre las entidades de datos críticos dentro de la empresa. Este diagrama se ha desarrollado para atender las preocupaciones de:

- Los desarrolladores de aplicaciones
- Diseñadores de bases de datos

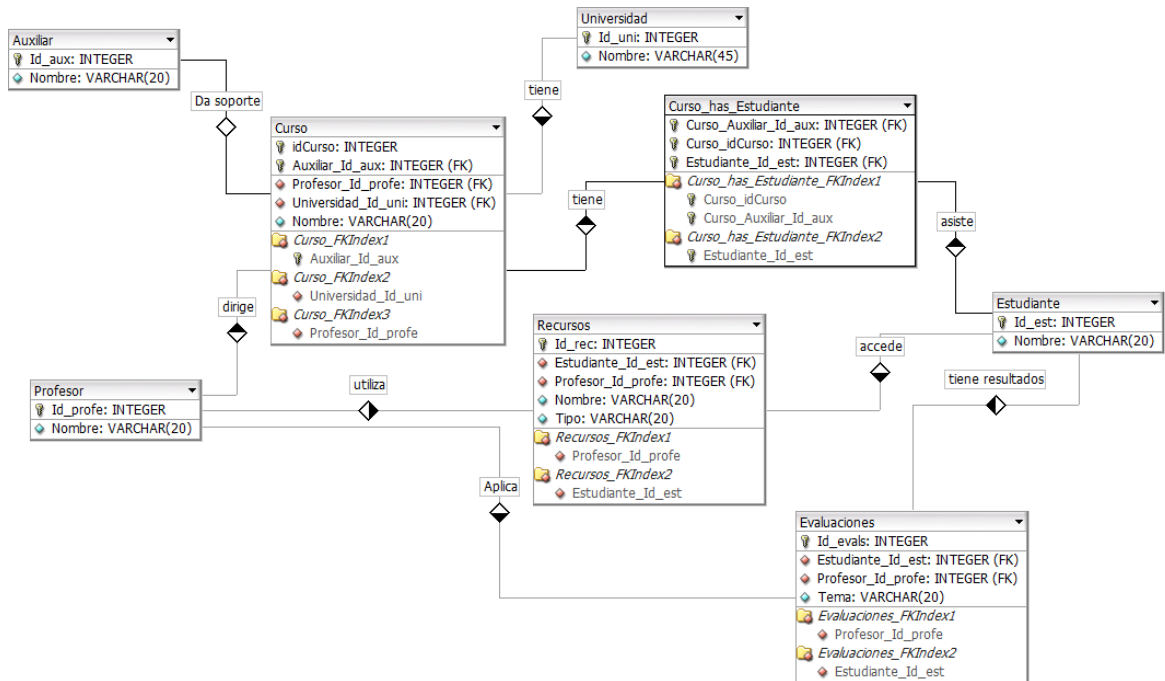
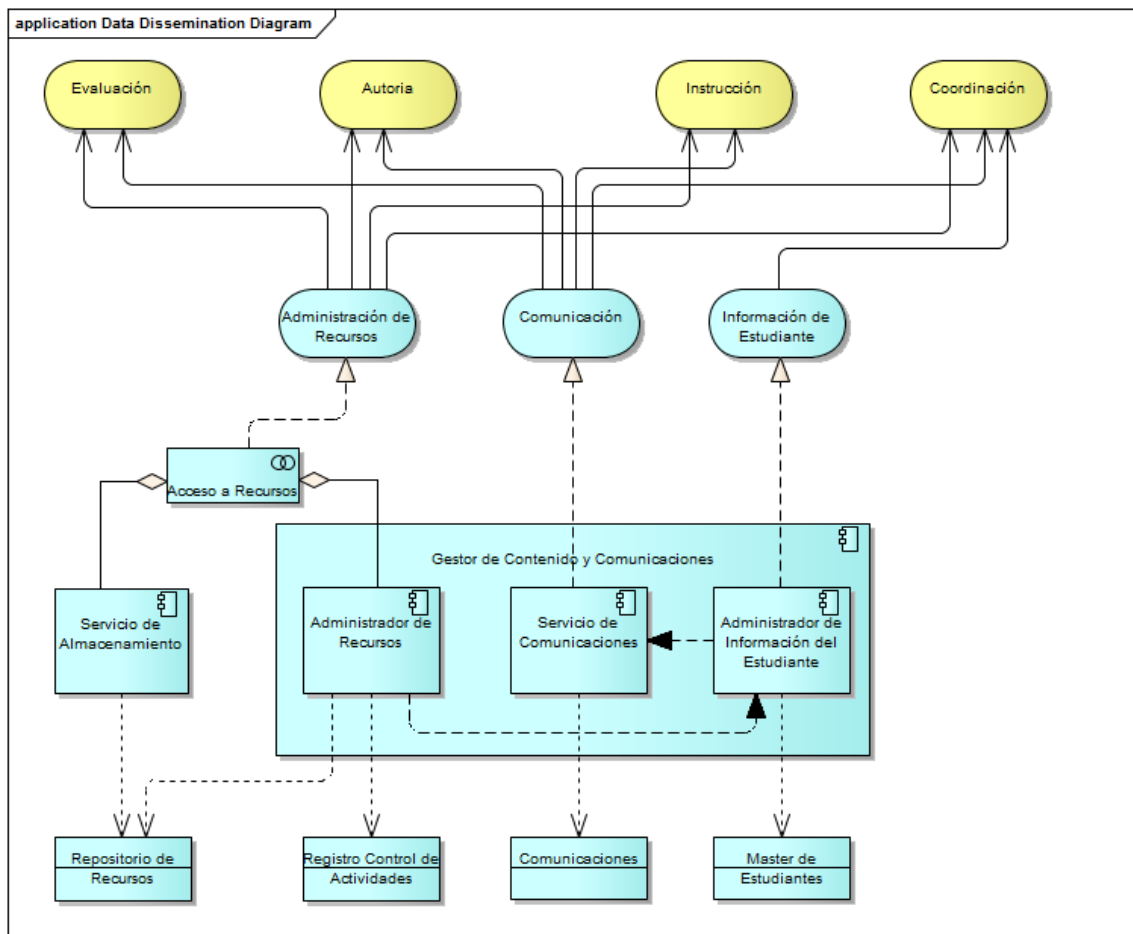


Figura 18. Diagrama de Datos Lógicos

## Data Dissemination Diagram

El propósito de este diagrama es mostrar la relación entre la entidad de datos, servicio de negocios, y los componentes de aplicaciones. El diagrama muestra cómo las entidades lógicas se han de realizar físicamente por componentes de la aplicación.



**Figura 19.** Data Dissemination Diagram

### Diagrama de Seguridad de Datos

El propósito del esquema de seguridad de datos es describir qué actor (persona, organización o sistema) pueden acceder a los datos que la empresa.

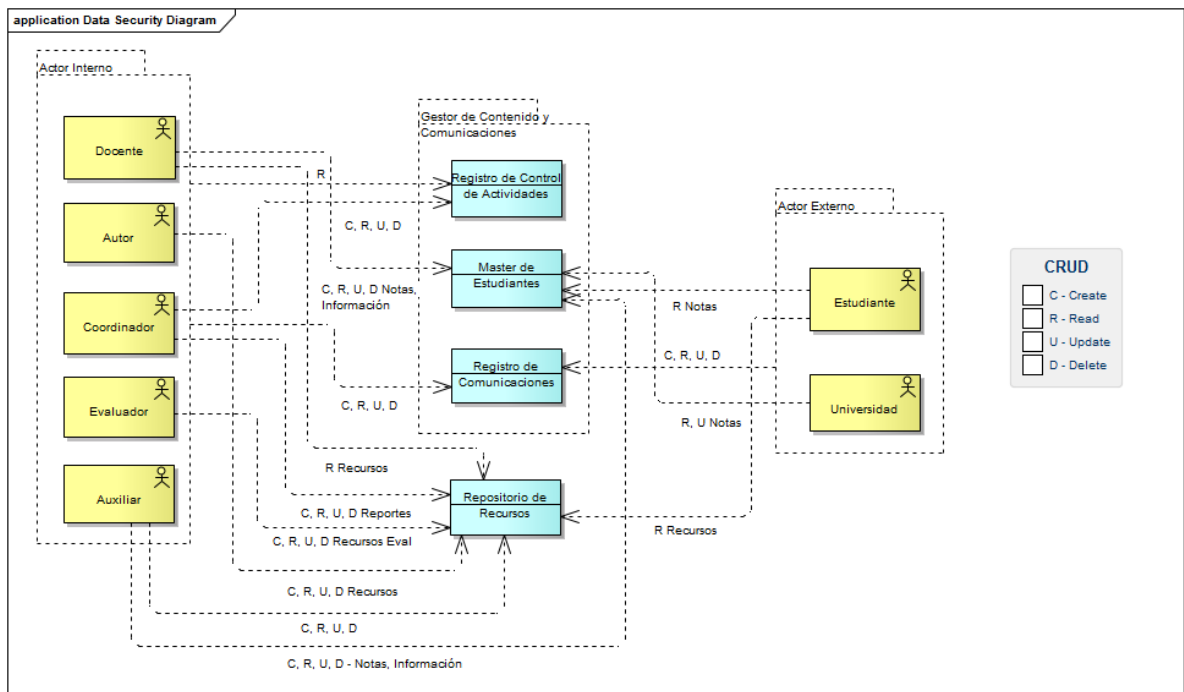


Figura 20. Diagrama de Seguridad de Datos

## Arquitectura de Aplicación

### Application/Organization Matrix

El propósito de esta matriz es representar la relación entre las aplicaciones y las unidades organizativas de la empresa.

Aplicación/Organización	Autoría	Instrucción	Coordinación	Evaluación
Servicio de Almacenamiento	X		X	X
Administrador de la información del estudiante		X	X	
Servicio de Comunicaciones	X	X	X	X
Administrador de Recursos	X	X	X	X

Figura 21. Application/Organization Matrix

## Role/Application Matrix

El propósito de esta matriz consiste en describir la relación entre las aplicaciones y los roles de negocio que los utilizan en la empresa.

Role	Autor	Docente	Coordinador	Estudiante	Evaluador	Auxiliar
Aplicación						
Servicio de Almacenamiento	X		X		X	X
Administrador de la información del estudiante		X	X	X		X
Servicio de Comunicaciones	X	X	X	X	X	X
Administrador de Recursos	X	X	X	X	X	X

Figura 22. Role/Application Matrix

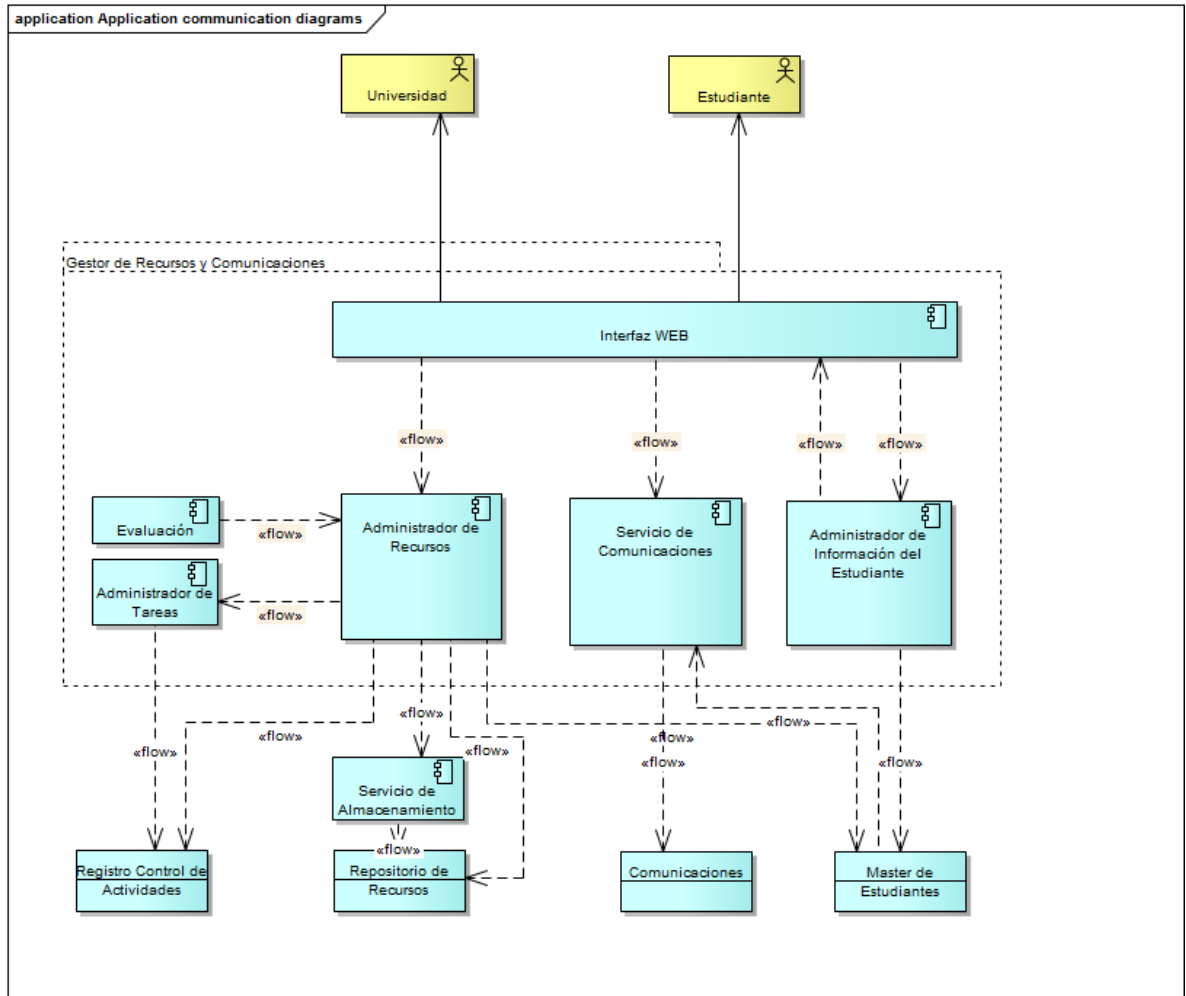
## Application/Function Matrix

El propósito de la matriz de Uso / función es representar la relación entre las aplicaciones y funciones de negocios dentro de la empresa.

Application (x axis)	Servicio de Almacenamiento	Administrador de la información del estudiante	Servicio de Comunicaciones	Administrador de Recursos
Business Function (y axis)				
Creacion de Recursos	X			X
Capacitación de Estudiantes			X	X
Administración de Recursos	X			X
Evaluar el Sistemas	X	X	X	X
Análisis de Resultados	X	X	X	
Coordinación del Sistemas	X	X	X	X

Figura 23. Application/Function Matrix

## Application Communication Diagram



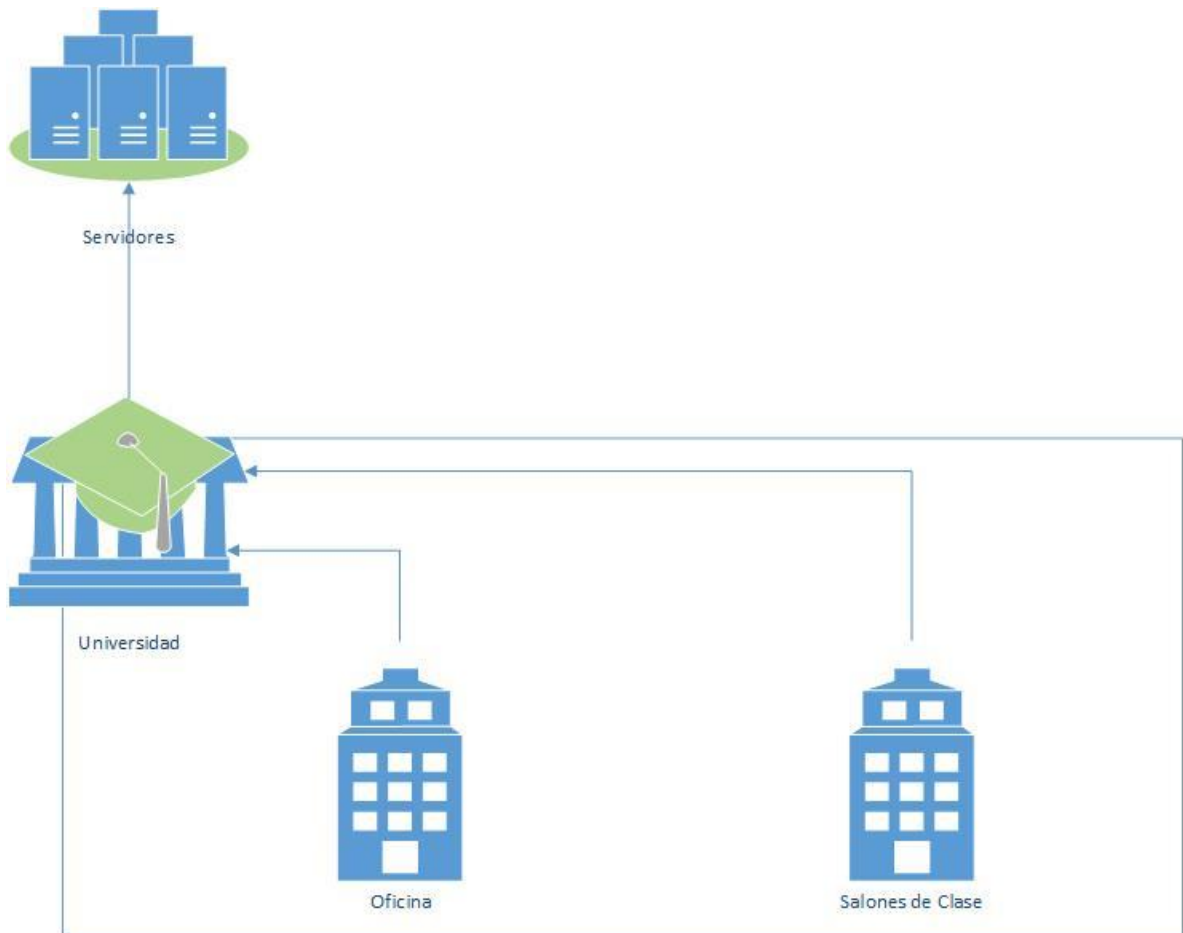
**Figura 24.** Diagrama de Comunicación de Aplicaciones

### FASE D – ARQUITECTURA DE TECNOLOGÍA

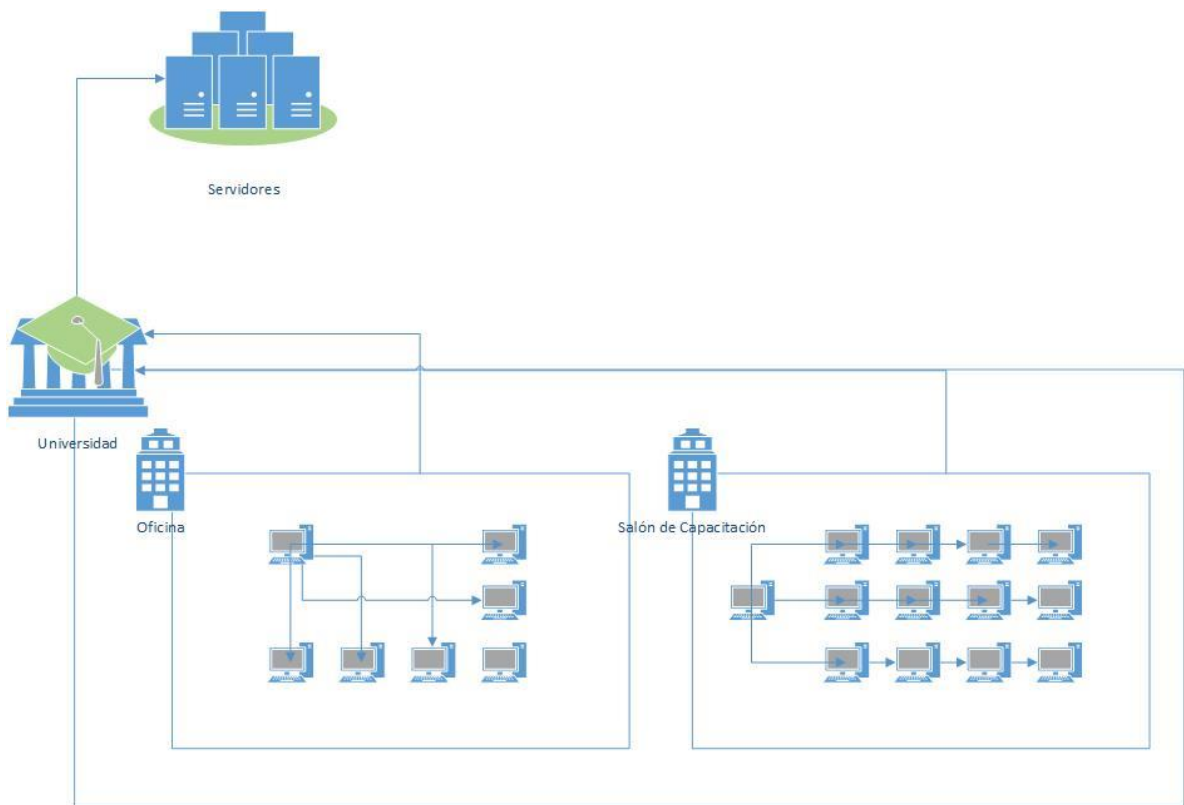
En esta fase se describe el proceso de desarrollo de la arquitectura de tecnología

## Diagrama de Locaciones y Ambientes

Este diagrama identifica los lugares en los cuales los usuarios pertenecientes al sistema interactúan con las aplicaciones, y las tecnologías o aplicaciones usadas en estos lugares.



**Figura 25.** Diagrama de Locaciones y Ambientes.



**Figura 26.** Diagrama de Locaciones y Ambientes.

## Artefactos DoDAF

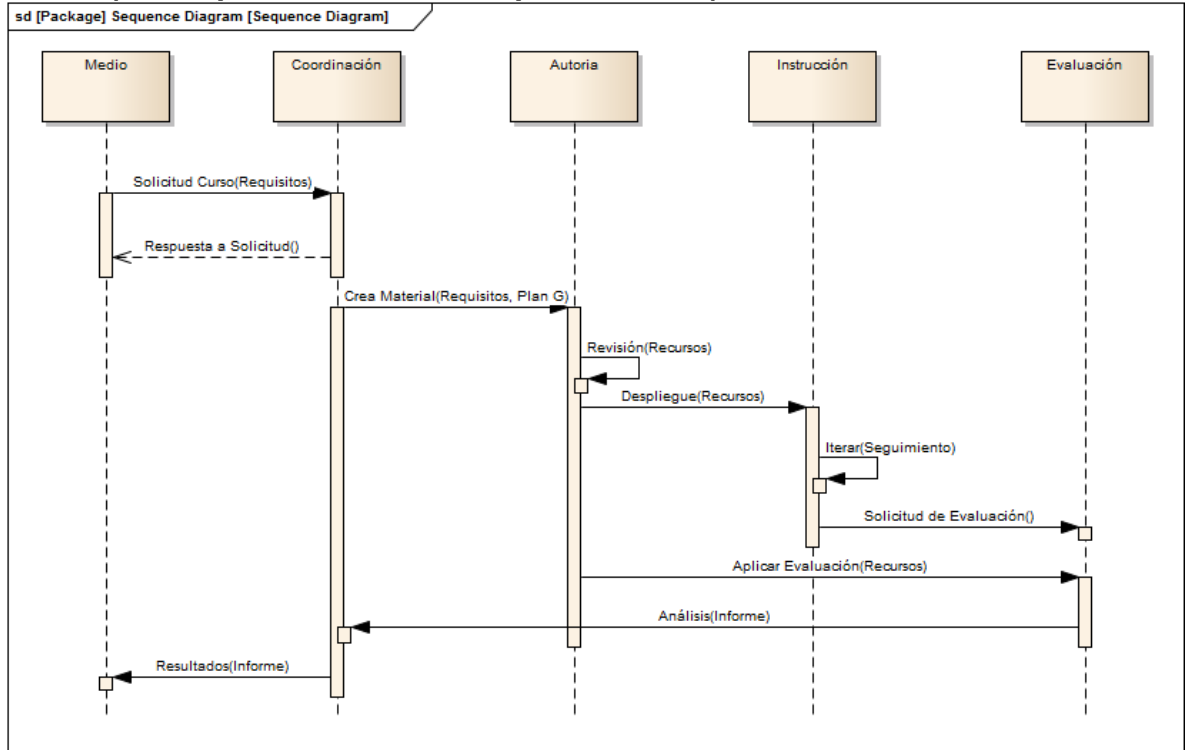
### OV-6 a (Reglas Operacionales)

#### Reglas Operacionales

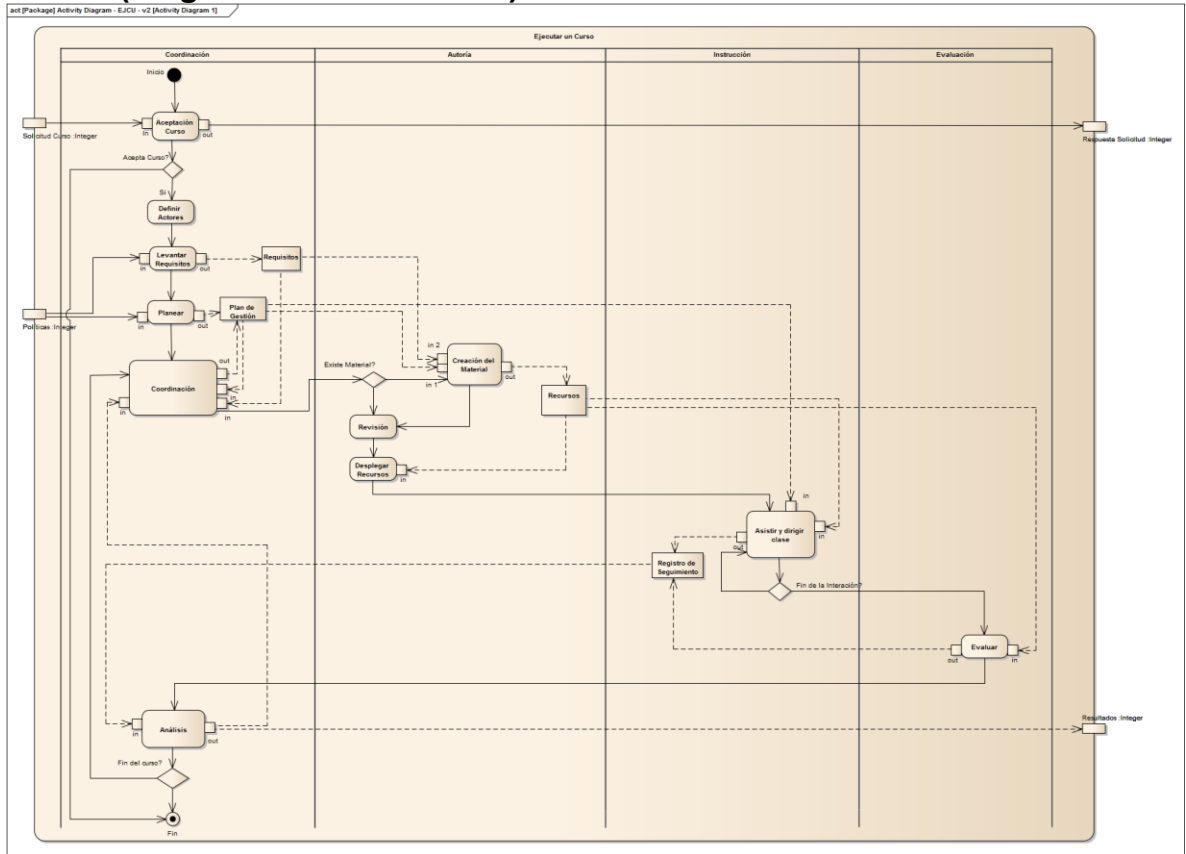
1. Todos los recursos de Autoría deben ser revisados y aprobados antes de ser desplegados a Instrucción.
2. Es necesario tener todos los recursos completos para que instrucción pueda impartir una lección
3. Es necesario que instrucción realice 3 lecciones antes de realizar una evaluación
4. Luego de cada evaluación, se debe hacer análisis de los resultados, antes de iniciar un nuevo módulo
5. Coordinación debe tomar intervenir en cada módulo, realizando las acciones de mejora necesarias.

**Figura 27.** OV-6c Reglas Operacionales

## OV-6c (Descripción de Eventos Operacionales)



## OV-5b (Diagrama de Actividades)



# ANEXO B

## Capturas de Pantalla del Modelo de Simulación

