

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Desarrollo del Módulo de Planificación del Sistema de Gestión de  
Resultados de Aprendizaje (SISGRA)

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero en Computación**

Presentado por:

Verónica Vanessa Lara Marmolejo

Dalia Katherine Sánchez Cabezas

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2018

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, porque son ellos los merecedores de disfrutar conmigo el producto de un esfuerzo en conjunto, porque gracias a ellos pude acceder a una educación de calidad y no tuve más preocupaciones que las propias de mis estudios.

VERÓNICA LARA

El presente proyecto lo dedico a mis padres, a mi esposo y a mis hijas, porque ellos quienes me motivaron y me apoyaron en todo momento para no bajar los brazos y continuar hasta el final de mis estudios.

DALIA SÁNCHEZ.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi Tutor PhD. Luis Mendoza por su confianza y apoyo en este proceso, el cual fue indispensable para poder concluirlo exitosamente.

VERÓNICA LARA

Agradezco a Dios, a mi familia, y a mi Tutor que nos guio y apoyo en cada etapa de este proceso para garantizar el éxito del mismo. y de esta manera alcanzar esta meta.

DALIA SÁNCHEZ

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Verónica Vanessa Lara Marmolejo* y *Dalia Katherine Sánchez Cabezas* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Dalia Katherine  
Sánchez Cabezas

Verónica Vanessa Lara  
Marmolejo

## RESUMEN

El proceso de mejora continua de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), tiene la necesidad de automatizar el proceso de planificación de la medición de los Resultados de Aprendizaje (RA) definidos para cada una de las carreras, estableciendo las rutas de medición y asignando los responsables de dichas mediciones. Por este motivo, el presente proyecto integrador tuvo como objetivo desarrollar el Módulo de Planificación del Sistema de Gestión de Resultados de Aprendizaje (SISGRA), siguiendo los estándares de desarrollo de la Gerencia de Tecnologías y Sistemas de Información (GTSI) de la ESPOL.

Para la realización de este módulo se diseñó e implementó un algoritmo basado en el balanceo de cargas por profesor para la generación de las rutas de medición de cada carrera y se utilizaron las herramientas propuestas por el cliente, Webratio para el modelado y flujo del proceso de planificación, y PostgreSQL, como gestor de base de datos.

Como resultado, se obtuvo un prototipo 100% funcional que automatiza el proceso de planificación mediante la gestión de rutas de medición en las mallas curriculares y la asignación de los profesores al proceso de medición. Además, permite establecer los RA Institucionales (RAI) y los RA Disciplinarios (RAD) a ser medidos en conjunto en las materias que conforman las rutas, de acuerdo a los requerimientos de la acreditadora internacional Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) y establecidos por el proceso de mejora continua de la institución.

El módulo desarrollado ayuda a los coordinadores de acreditación de todas las carreras de la ESPOL a realizar el proceso de planificación de la medición de RA de manera eficiente, contando con la colaboración de los coordinadores de materia de las diferentes unidades académicas, quienes proporcionarán información relevante para dicho proceso.

**Palabras Clave:** Rutas medición, Resultados de Aprendizaje, planificación, ABET, WebRatio, BPMN

## ***ABSTRACT***

The continuous improvement process of the Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) has the need to automate the process of planning the measurement of Outcomes (RA) defined for each of the careers, by establishing the measurement routes and assigning those responsible for those measurements. For this reason, the objective of this integrating project was to develop the Planning Module of the Learning Results Management System (SISGRA), following the development standards of the Gerencia de Tecnologías y Sistemas de Información (GTSI) of ESPOL.

For the realization of this module an algorithm was designed and implemented based on load balancing by teacher, for the generation of the measurement routes of each career and the tools proposed by the client, Webratio for the modeling and flow of the process of planning, and PostgreSQL, as a database manager.

As a result, a 100% functional prototype was obtained that automates the planning process through the management of measurement routes in the curricular meshes and the assignment of teachers to the measurement process. In addition, it allows establishing the Institutional RAs (RAI) and the Disciplinary RAs (RAD) that will be measured jointly within the subjects that compose the routes, according to the requirements of the international Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) and established by the process of continuous improvement of the institution.

The module developed helps the accreditation coordinators of all the careers of the ESPOL to do the planning process of the measurement of RA in an efficient way, by counting with the collaboration of the subject coordinators of the different academic units, who will provide relevant information for that process.

Keywords: Measurement routes, Learning outcomes, planning, ABET, WebRatio, BPMN.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema .....	1
1.3 Objetivos .....	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
1.4.1 Acreditación ABET.....	2
1.4.2 Resultados de Aprendizaje.....	3
1.4.3 Desarrollo dirigido por modelos .....	4
1.4.4 Modelado de Procesos con BPMN .....	5
1.4.5 IFML .....	6
CAPÍTULO 2.....	8
2. Metodología .....	8
2.1 Plan de Recolección de datos.....	8
2.2 Fiabilidad de los datos.....	10
2.3 Herramientas de Desarrollo .....	10
2.3.1 WebRatio.....	10
2.3.2 Arquitectura WebRatio.....	10

2.3.3	PostgreSQL.....	11
2.4	Propuesta de solución – Arquitectura Kruchten .....	12
2.4.1	Vista de Escenario.....	12
2.4.2	Vista Lógica – Diagrama Entidad Relación.....	15
2.4.3	Vista de Implementación .....	16
2.4.4	Vista de Procesos.....	18
2.4.5	Vista de Despliegue.....	18
2.5	Plan de Desarrollo.....	19
CAPÍTULO 3.....		22
3.	Resultados Y Análisis .....	22
3.1	Modelo BPMN .....	22
3.2	Fase 1 - Ponderación de RA.....	23
3.3	Fase 2 - Definición de Ruta.....	24
3.3.1	Algoritmo de automatización de Planificación .....	25
3.4	Fase 3 – Aprobación de Ruta.....	28
3.5	Resultados .....	28
3.5.1	Datos Antes.....	29
3.5.2	Datos Después .....	29
CAPÍTULO 4.....		31
4.	Conclusiones Y Recomendaciones .....	31
4.1	Conclusiones.....	31
4.2	Recomendaciones .....	31
BIBLIOGRAFIA.....		33
APÉNDICE .....		36
ANEXOS.....		38

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
RA	Resultados de Aprendizaje
SISGRA	Sistema de Gestión de Resultados de Aprendizaje
GTSI	Gerencia de Tecnología Y Sistemas de Información
ABET	Accreditation Board For Engineering And Technology
IES	Instituciones de Educación Superior
RAI	Resultados de Aprendizaje Institucionales
RAD	Resultados de Aprendizaje Disciplinarios
BPMN	Business Process Modeling Notation
IFML	Interacion Flow Modeling Languaje
WebML	Web Modeling Language
SAAC	Sistema de Administración Académica
OMG	Object Management Group
ER	Entidad Relación
HTML	Hyper Text Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
MVC	Model-View-Controler

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Elementos de modelado BPMN .....	5
Figura 1.2 Ejemplo de proceso BPMN . .....	6
Figura 1.3 Elementos esenciales de IFML .....	7
Figura 2.1 Ingreso a diseño de Ruta en sistema SAAC. ....	9
Figura 2.2 Diseño de Ruta en sistema SAAC.....	10
Figura 2.3 Arquitectura de WebRatio. ....	11
Figura 2.4 Modelo de Vistas 4+1 .....	12
Figura 2.5 Modelo BPMN de proceso de planificación. ....	14
Figura 2.6 Diagrama Entidad Relación de la Base de datos. ....	15
Figura 2.7 Arquitectura de una aplicación generada con WebRatio .....	18
Figura 2.8 Diagrama de despliegue.....	19
Figura 2.9 División de fases del modelo BPMN.....	20
Figura 3.1 Modelo BPMN final.....	22
Figura 3.2 Modelo ER de la base de datos. ....	23
Figura 3.3 Pantalla de Parámetros y segmentación de Malla.....	24
Figura 3.4 Pantalla de Ponderación de Resultados.....	25
Figura 3.5 Formulación del modelo matemático para la asignación de rutas. ....	26
Figura 3.6 Pantalla de Asignación Paralelo .....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Relación RAI y RAD de la carrera de computación [6]. .....	4
Tabla 2.1 Roles y Acceso del Sistema .....	13
Tabla 2.2 Historia de Usuarios .....	13
Tabla 2.3 Historia de Usuario "Solicitar Ponderación de los RA" .....	14
Tabla 3.1 Tiempo Estimado antes de automatización proceso. ....	29
Tabla 3.2 Datos después de aplicar la automatización. ....	29
Tabla 3.3 Comparación de tiempos de la generación de las rutas de medición.....	30

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a su misión, la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) es un espacio de Innovación, pensamiento crítico, progreso e investigación científica, donde se forman profesionales y especialistas en las diferentes áreas del conocimiento, quienes, a su vez, deben ser formados como ciudadanos responsables y comprometidos en su realidad social. [1]

Para asegurar que lo anteriormente expuesto se cumpla, la ESPOL tiene como meta la acreditación internacional en todas las carreras que ofrece. Obtener una acreditación no es un proceso sencillo, ya que es una tarea que requiere la colaboración de un equipo de trabajo y, como en todo equipo, es necesario tener una organización para que cada miembro del mismo desarrolle sus tareas de forma organizada y a tiempo.

### 1.1 Descripción del problema.

Como parte de los requisitos para la obtención de la acreditación internacional de las carreras de la ESPOL, la cual forma la base del proceso de mejora continua de la institución, en cada una de las materias que conforman una carrera se realiza la evaluación o medición de los Resultados de Aprendizaje (RA).

Previo a esta tarea, el Coordinador de acreditación debe realizar una planificación de los RA a medir en las diferentes materias. Este es un proceso que consume muchas horas de trabajo, haciendo ineficiente el proceso de planificación, por lo que requiere ser optimizado.

### 1.2 Justificación del problema

La tarea de organizar quiénes serán los responsables y qué se va a medir por cada materia demanda a los Coordinadores de Acreditación muchas horas de trabajo no incluidas en su carga académica, lo que implica una sobrecarga de trabajo para ellos. Un ejemplo de esto se encuentra en la carrera de Ingeniería de Computación, la cual consta de 53 materias en su malla curricular y los RA a medir son 12; entonces, el coordinador de acreditación debe realizar 53x12 veces el

mismo proceso, que implica definir, por cada materia, los RA a evaluar en el periodo académico y el responsable de evaluar los RA seleccionados.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar el prototipo 100% funcional del Módulo de Planificación del Sistema de Gestión de Resultados de Aprendizaje (SISGRA), siguiendo los estándares de desarrollo de la Gerencia de Tecnologías y Sistemas de Información (GTSI), que automatice la planificación de las mediciones de los RA mediante la gestión de rutas de medición a lo largo de las mallas curriculares y la asignación de los profesores al proceso de medición, así como los criterios a ser medidos en conjunto en las materias que conforman las rutas, de acuerdo a los requerimientos de la acreditación internacional Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) y establecidos por el proceso de mejora continua de la ESPOL.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- a. Definir y modelar el proceso de Planificación del SISGRA.
- b. Diseñar la arquitectura del módulo de Planificación del SISGRA.
- c. Desarrollar el flujo de interacción para los procesos modelados.
- d. Efectuar las pruebas de Aceptación.

### **1.4 Marco teórico**

El marco teórico que se muestra a continuación nos permite conocer los conceptos básicos necesarios para la comprensión del desarrollo de este proyecto. Iniciaremos con la definición de la Acreditación ABET con el fin de comprender la importancia de esta acreditación en las Instituciones de Educación Superior (IES) basados en los RA. Considerando que el desarrollo del proyecto será en la plataforma WebRatio, requerimiento institucional, el cual se basa en Business Process Model and Notation (BPMN) e Interaction Flow Modeling Languages (IFML), también serán definidos estos estándares.

#### **1.4.1 Acreditación ABET**

En la actualidad se hace notorio un sistema de competitividad entre las instituciones educativas, y con mayor énfasis en las IES, donde sus

autoridades constantemente buscan brindar a sus estudiantes una educación al nivel de las mejores instituciones del mundo. Esto incluye las denominadas *habilidades blandas*, las cuales son habilidades que se reflejan en aptitudes, rasgos de personalidad, conocimientos y valores adquiridos por el estudiante [3].

Las habilidades blandas son el punto de interés en las grandes empresas sobre los profesionales que llegan por una plaza de trabajo. La ESPOL, en consonancia con su proceso de mejora continua, busca cerrar la brecha que existe entre las destrezas desarrolladas por los estudiantes durante su vida estudiantil y lo que busca el mercado laboral, potenciando estas habilidades a la par de sus capacidades técnicas.

Para alcanzar este objetivo, la ESPOL ha encontrado en las acreditaciones internacionales el medio para conseguirlo, ya que [4]: 1) proporcionan medios estructurados que le permiten a una carrera valorar, evaluar y mejorar su calidad; y, 2) habilitan la elaboración de “acuerdos de reconocimiento educacional de ambas partes y tratados de prácticas a través de las fronteras”.

ABET es una organización establecida en el año 1932, reconocida en los EEUU, que acredita los programas de ingeniería, tecnología, computación y ciencia aplicada de IES y de las universidades [5]. Siendo la ESPOL una universidad mayormente técnica, encontró en la acreditación ABET una excelente opción para regular la calidad de la Educación y llegar a la acreditación.

#### **1.4.2 Resultados de Aprendizaje**

En la ESPOL, basados en los requerimientos de la acreditación ABET, se definió que un estudiante debe ser formado y medido, y esto debe realizarse a través del logro de los objetivos y los RA de cada una de las carreras que se ofrece. Luego de un proceso conjunto, entre los coordinadores de acreditación, quiénes realizaron un estudio, se llegó a la definición de estos RA. [4].

En la actualidad, en la ESPOL está definidos 7 Resultados de Aprendizaje Institucionales (RAI) (ver Tabla 1.1):

**Tabla 1.1 Relación RAI y RAD de la carrera de computación [6].**

RAI		RAD	
	DESCRIPCION		DESCRIPCION
RAI - 1	Comprender la responsabilidad ética y profesional.	E	Comprensión de las responsabilidades profesionales, éticas, legales, de seguridad y sociales. (RAI-1).
RAI - 2	Tener la habilidad para comunicarse efectivamente de forma oral y escrita en español.	F	Habilidad para comunicarse efectivamente en un rango de audiencias. (RAI-2).
RAI - 3	Tener habilidad para comunicarse en inglés.	12 (F)	Tener habilidad para comunicarse en inglés (RAI-3)
RAI - 4	Reconocer la necesidad y tener la habilidad para involucrarse en el aprendizaje a lo largo de la vida.	H	Reconocer la necesidad y habilidad de involucrarse en un desarrollo profesional continuo. (RAI-4).
RAI - 5	Comprender temas contemporáneos.	10	Comprender temas contemporáneos (RAI-5)
RAI - 6	Tener la capacidad para trabajar como parte de un equipo multidisciplinario.	D	Habilidad para funcionar efectivamente en equipos para alcanzar una meta común. (RAI-6).
RAI - 7	Reconocer la necesidad y tener las habilidades para emprender.	J	Reconocer la necesidad y tener las habilidades para emprender (RAI-7)
		A	Habilidad para aplicar conocimientos de computación y matemáticas adecuados a su disciplina.
		B	Habilidad para analizar un problema e identificar y definir los requerimientos computacionales apropiados para su solución.
		C	Habilidad para diseñar, implementar, y evaluar un sistema basado en computadoras, procesos, componentes, o programas que cumplan necesidades específicas.
		G	Habilidad para analizar el impacto local y global de la computación sobre los individuos, organizaciones y sociedad.
		I	Habilidad para usar técnicas, habilidades, y herramientas actuales, necesarias para la práctica de la computación.

Adicionalmente, cada carrera tiene definidos sus Resultados de Aprendizaje Disciplinario (RAD), que dependen de su malla curricular, y la cantidad de estos, puede variar. Por ejemplo, para la carrera de Computación, están definidos 12 RAD (ver Tabla 1.1).

### 1.4.3 Desarrollo dirigido por modelos

El desarrollo dirigido por modelos es una mejora importante en las prácticas de desarrollo, de gran aporte a los modelos de negocio cambiantes, ya que permite responder con la velocidad necesaria [2].

#### 1.4.4 Modelado de Procesos con BPMN

BPMN es una notación que permite modelar procesos internos y externos de un negocio a través de un diagrama de flujo, que lo hace de fácil entendimiento y mantenimiento [9]. Estos procesos son definidos como una secuencia de tareas que tienen como fin alcanzar los objetivos centrales del negocio [8]. La notación BPMN tiene varios elementos para modelar procesos, y están divididos en varias categorías, las mismas que se detallan en la Figura 1.1.

**Eventos.** Son algo que transcurre durante la ejecución de un proceso de negocio; éstos afectan el flujo de dicho proceso.

**Actividades.** Es un término genérico para trabajos que realiza una empresa; existen tres tipos: tarea, proceso, subprocesso.

**Gateways.** Son puertas de enlace que determinan la bifurcación de un flujo.

**Sequence Flows.** Son usados para mostrar el orden de ejecución de las actividades.

**Message Flows.** Muestran el flujo de mensajes entre los participantes del proceso

**Associations.** Usadas para asociar información de Objetos de flujo.

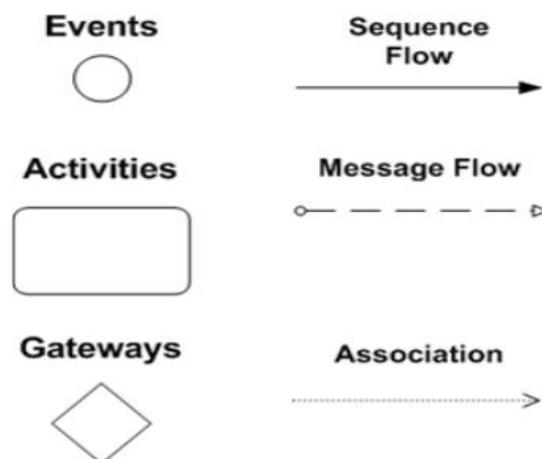
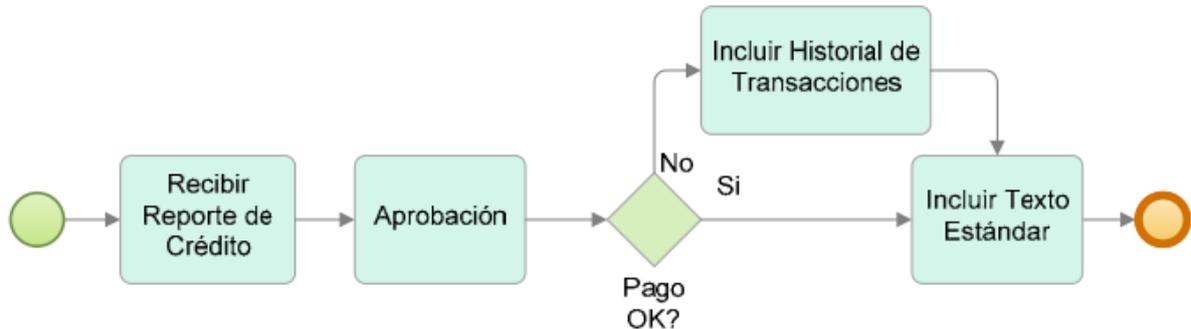


Figura 1.1 Elementos de modelado BPMN [9].

En la Figura 1.2 se muestra un ejemplo de un proceso de negocio privado muy simple y básico modelado con BPMN, en el cual se especifican las acciones que

se han de realizar dentro de una institución financiera ante una petición de un solicitante de crédito.



**Figura 1.2 Ejemplo de proceso BPMN [13].**

#### 1.4.5 IFML

IFML nace como una evolución del Web Modeling Language (WebML), el lenguaje visual creado por WebRatio y usado para la generación automática de aplicaciones Web a través de notaciones gráficas [10].

IFML se fundamenta en WebML, el cual es una metodología de diseño web cuyo objetivo original fue soportar el diseño e implementación de las aplicaciones web llamadas "data-intensive", definidas como sitios web para acceso y mantenimiento de gran cantidad de datos estructurados, normalmente almacenados en registros en un sistema para administración de base de datos [11].

IFML tiene las siguientes Características [12]:

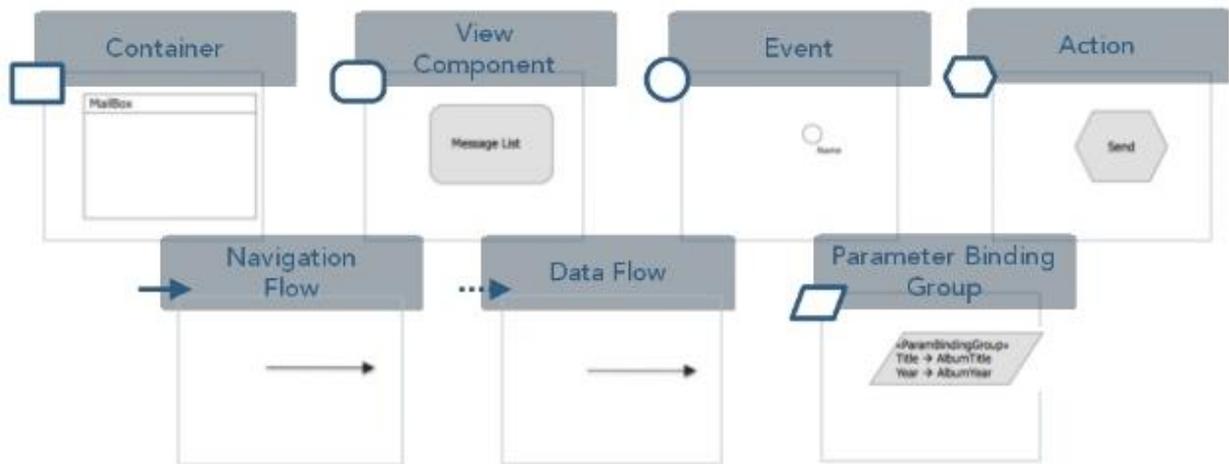
- Define una estructura lógica y permite la organización de componentes en jerarquías y módulos.
- Permite interacción entre los componentes.
- El enlace entre los componentes de visualización y datos, lógica y procesos de negocio.

IFML además aporta las siguientes ventajas [12]:

- Especificación formal de las diferentes perspectivas del front-end.
- Aislamiento de la problemática de la implementación de las UIs.
- Separación de conceptos (interacción de usuario vs. backend).

- Facilitar la comunicación del diseño de la interacción a los stakeholders no técnicos.
- Generación automática de código y también generación automática de la parte de front-end.

En la Figura 1.3 se muestran los elementos gráficos de este lenguaje visual:



**Figura 1.3 Elementos esenciales de IFML [12]**

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

En este capítulo vamos a analizar la propuesta de solución al problema descrito en el capítulo anterior, basados en los requerimientos solicitados por el cliente y la información recolectada a partir de esta con los expertos; así también, las herramientas y tecnología a usar.

### 2.1 Plan de Recolección de datos

Para el desarrollo del sistema de planificación del SISGRA existe la facilidad de contar con el asesoramiento directo de los expertos. Dada esta facilidad, queda definido que el principal instrumento de recolección de información para este proyecto es la Entrevista Semiestructurada.

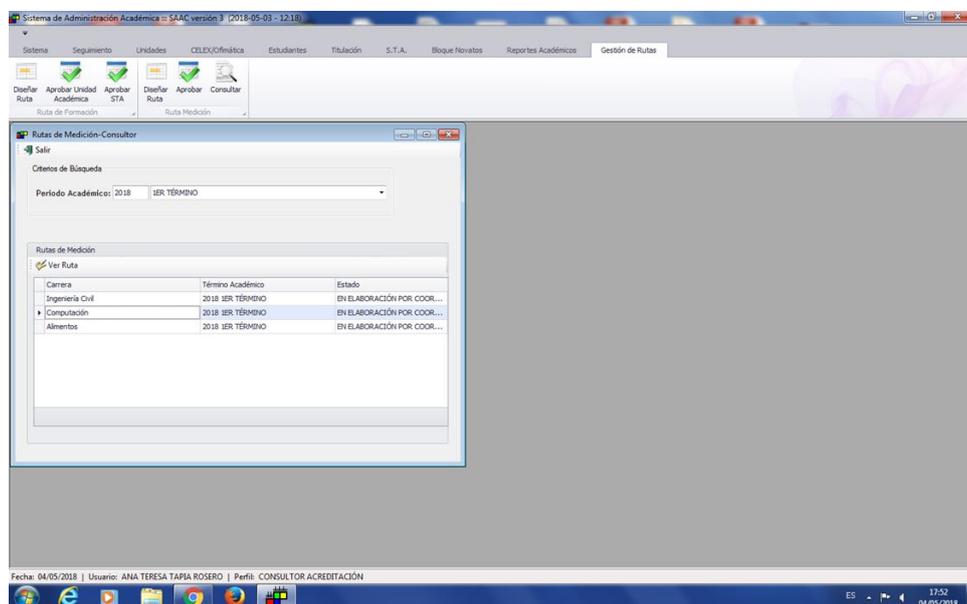
En una entrevista Semiestructurada se define un esquema a seguir, pero se da la apertura a que el curso de las preguntas hacia el entrevistado cambie dependiendo de la información que se va obteniendo en las respuestas a las preguntas previas[20].

Para recolectar la información para este módulo del SISGRA, se definen los siguientes entrevistados:

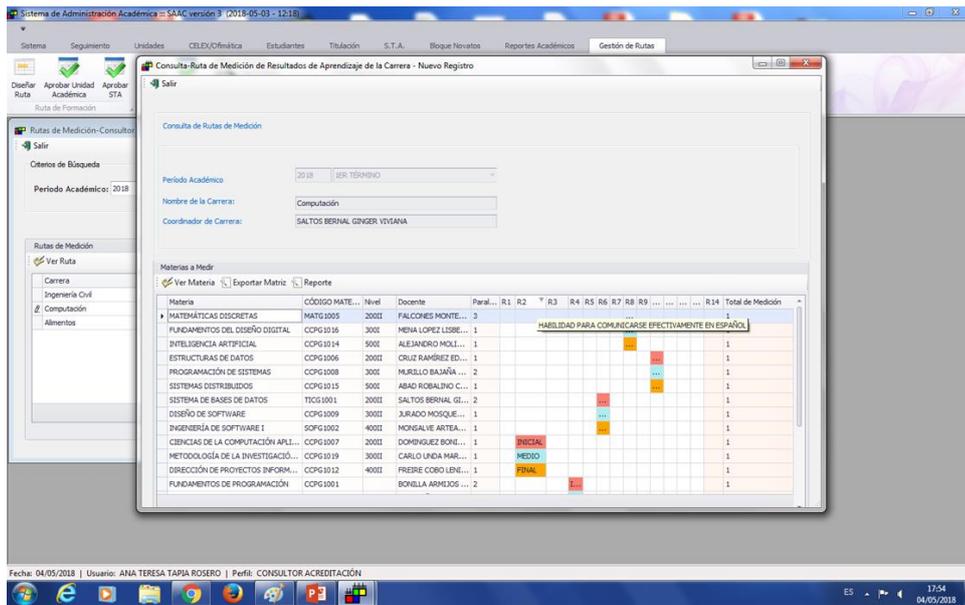
- Ing. Martín Bustamante – Representante del Vicerrectorado Académico.
- Ing. Ginger Saltos – Coordinadora ABET de la carrera de Ingeniería en Computación.
- Ing. Alan Avendaño – Colaborador de la Coordinadora ABET de la carrera de Ingeniería en Computación.
- Ing. Lisbeth Mena – Coordinadora de acreditación de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Automatización.
- Ing. Johanna Toledo – Colaboradora del GTSI, encargada del sistema de definición de ruta de medición.
- Ing. Carlos Rodríguez – Coordinador ABET Institucional.

Los entrevistados proporcionaron documentos y formatos relacionados al proceso de planificación, los cuales son una fuente de información relevante. El documento principal que fue proporcionado por los expertos fue el Reporte Coordinación Medición RAs para Coordinadores de Carrera (Actualizado 14-03-2017).xlsx, el cual se incluye en el Anexo A.

En otra entrevista también obtuvimos información por medio de una observación participante, en la cual se nos permitió ver el funcionamiento del módulo de Gestión de Ruta, usado actualmente para planificación y creado por la GTSI, que forma parte del Sistema de Administración Académica (SAAC). Pudimos identificar que este módulo no tiene totalmente automatizado este proceso, ya que sólo permite transcribir una planificación previamente elaborada por el coordinador de acreditación en una hoja de Excel. Esto también fue una observación que nos hizo la Coordinadora de Acreditación de la carrera de Ingeniería en Computación. En las Figuras 2.1 y 2.2 podemos observar pantallas de la aplicación mencionada anteriormente. Esta es una aplicación de escritorio que está desarrollada en Visual Basic .net.



**Figura 2.1 Ingreso a diseño de Ruta en sistema SAAC.**



**Figura 2.2 Diseño de Ruta en sistema SAAC.**

## 2.2 Fiabilidad de los datos

Los datos recolectados a través de las entrevistas tienen alta fiabilidad porque están basadas en el juicio de los expertos y validados a través de retroalimentaciones que corroboraron que los requerimientos plasmados en la propuesta de solución son efectivamente los solicitados por los usuarios.

## 2.3 Herramientas de Desarrollo

### 2.3.1 WebRatio

WebRatio es una plataforma visual de desarrollo basado en procesos, maneja la notación BPMN y soporta IFML que es una notación que favorece la experiencia de usuario y, además, es un estándar del Object Management Group (OMG). Entre sus principales características tenemos que proporciona una reducción del tiempo de desarrollo. [14]

### 2.3.2 Arquitectura WebRatio

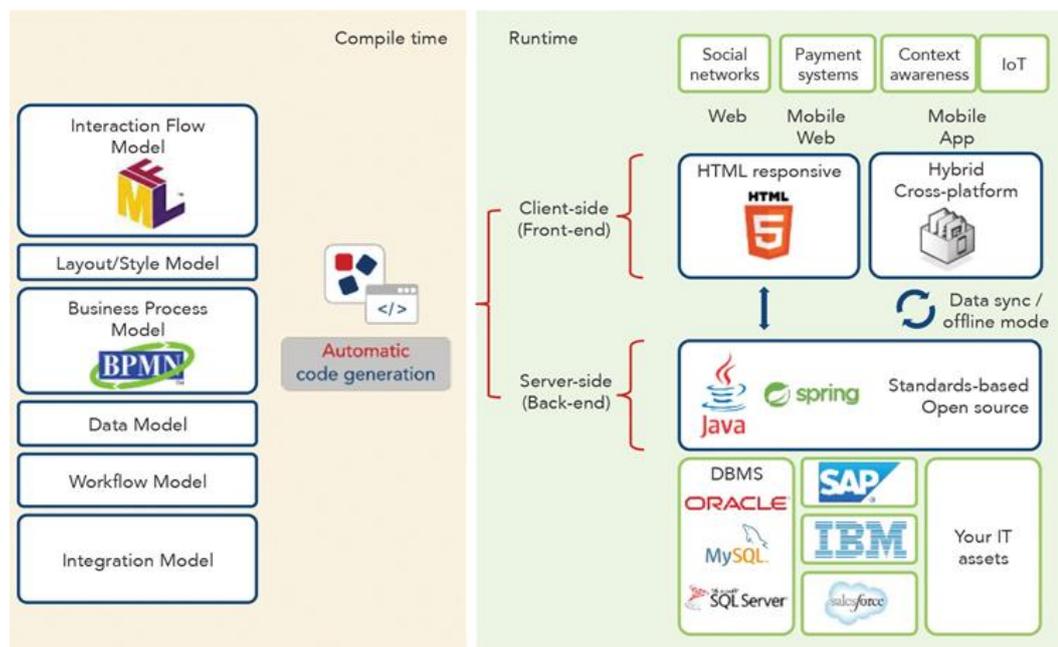
La arquitectura de WebRatio está dividido en dos fases, tiempo de compilación y tiempo de ejecución [14], tal como se muestra en la Figura 2.3.

En tiempo de compilación encontramos los modelos soportados para desarrollo: BPMN que permite plasmar el proceso que manejan los usuarios, IFML que permite personalizar las pantallas para dar mayor

facilidad de usuarios finales y dataModel donde se define el modelo de datos a través de un diagrama Entidad Relación (ER) de la base de datos de la aplicación [14].

En tiempo de ejecución, soporta lenguajes para generación de código responsivo y dinámico. En el front-end, se basa en el lenguaje de markup en su versión 5 Hyper Text Markup Language (HTML), el cual da la estructura al contenido de la web presentada al usuario. Para dar estilo se usa la versión 3 de Cascading Style Sheets (CSS) y Javascript, y finalmente en el back-end tenemos Java, Spring e Hibernate [14].

En la figura 2.3 se muestra la Arquitectura de webRatio.



**Figura 2.3 Arquitectura de WebRatio. [14]**

### 2.3.3 PostgreSQL

Postgres es un gestor de base de datos relacional. Es open-source y proporciona una gran variedad de opciones avanzadas siendo considerado uno de los motores de base de datos más avanzado en la actualidad. Sus características principales son [17]:

- Posee control de concurrencias multiversión, ofreciendo grandes ventajas en cuanto al rendimiento.

- No requiere utilizar bloqueos de lectura al momento de realizar una transacción lo que nos permite obtener una mayor escalabilidad.
- Posee Hot-Standby, permitiendo que los usuarios realicen búsqueda solo de lectura en los servidores, para realizar tareas de mantenimiento o recuperación sin necesidad de bloquear por completo el sistema.
- Es flexible porque permite personalizar funciones a varios lenguajes de programación.
- Se encuentra disponible para una gran cantidad de plataformas.

## 2.4 Propuesta de solución – Arquitectura Kruchten

A continuación, se detalla la propuesta de solución. La misma que sigue el “Modelo de Vistas 4+1” de Kruchten [19]. Este modelo indica que la arquitectura de una solución de software debe contener 5 vistas como se muestra a continuación (Ver Figura 2.4).



Figura 2.4 Modelo de Vistas 4+1 [15].

### 2.4.1 Vista de Escenario

A continuación, en la Tabla 2.1, se detallan los roles y accesos para los usuarios del sistema.

**Tabla 2.1 Roles y Acceso del Sistema**

<b>ROL</b>	<b>Descripción</b>	<b>Acceso</b>
Coordinador de Materia	Persona encargada de proporcionar una sugerencia por medio de la ponderación de los RAs en la materia que coordina.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar Ponderación de los RAs solicitada por el Coordinador de Acreditación.</li> </ul>
Coordinador de Acreditación	Persona encargada de realizar el proceso para la planificación de las rutas de medición.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar Ponderación de los RAs.</li> <li>• Definir niveles de medición de la malla.</li> <li>• Generar ruta de medición.</li> <li>• Modificar ruta de medición</li> <li>• Notificar sobre las rutas de medición establecidas.</li> </ul>
Coordinador de Carrera	Persona encargada de aprobar o rechazar en primera instancia la planificación de las rutas de medición establecida por el coordinador de acreditación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobar rutas de medición.</li> <li>• Rechazar rutas de medición</li> <li>• Notificar al coordinador de acreditación.</li> </ul>
Decano	Persona encargada de aprobar o rechazar en segunda instancia la planificación de las rutas de medición establecida por el coordinador de acreditación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprobar rutas de medición.</li> <li>• Rechazar rutas de medición</li> <li>• Notificar al coordinador de acreditación.</li> </ul>
Colaborador	Persona encargada colaborar con el coordinador de acreditación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualizar las rutas de medición establecidas por el coordinador de acreditación.</li> </ul>

Una vez realizadas las entrevistas con los expertos, se realizó un análisis de la información recolectada sobre las necesidades que el sistema requiere cubrir. Estas necesidades se las lista en forma de historias de usuario para describir de forma simplificada los requerimientos funcionales del sistema; los mismos que están detallados en el Apéndice A.

En la Tabla 2.2 se lista las historias de usuario definidas, y en la Tabla 2.3 se muestra la historia de usuario “Solicitar Ponderación de los RA” a manera de ejemplo.

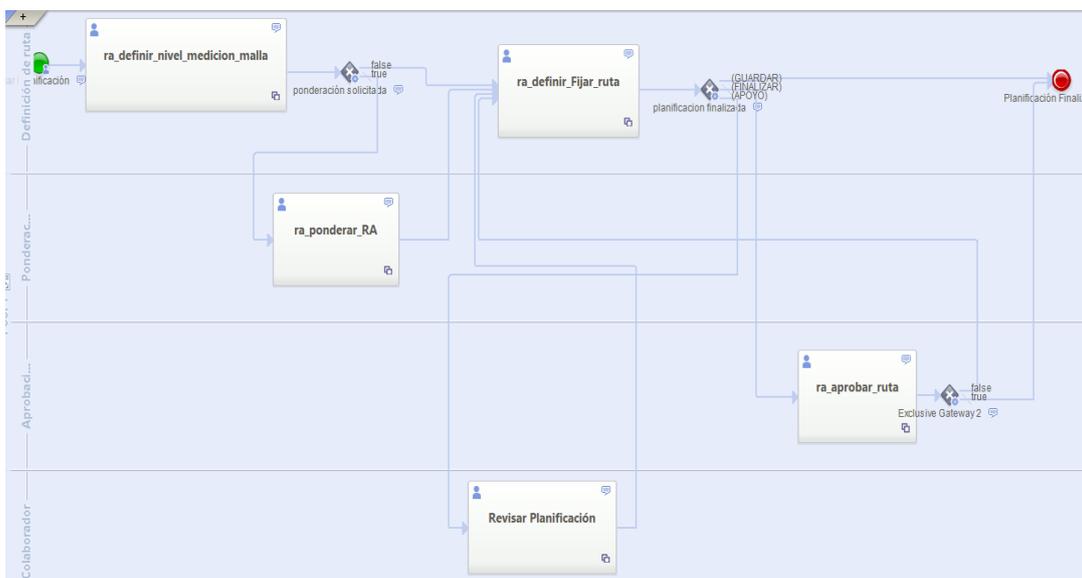
**Tabla 2.2 Historia de Usuarios**

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
HU_01	Solicitar Ponderación de los RA.
HU_02	Definir Nivel de Medición en la malla.
HU_03	Generar Ruta de Medición.
HU_04	Modificar Ruta de Medición.
HU_05	Notificar las Rutas de Medición Establecidas.
HU_06	Ingresar Ponderación de los RA.
HU_07	Aprobar las Rutas de Medición Establecidas.
HU_08	Rechazar las Rutas de Medición Establecidas.
HU_09	Notificar Aprobación de las Rutas de Medición.
HU_10	Visualizar las Rutas de Medición Establecidas.

**Tabla 2.3 Historia de Usuario "Solicitar Ponderación de los RA"**

<b>NOMBRE:</b>	Solicitar Ponderación de los RA	<b>Número:</b> HU_01
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero Solicitar el ingreso de la ponderación de los Resultados de Aprendizaje a los Coordinadores de Materia.	

También, como parte de esta Vista, tenemos el modelo BPMN que se muestra la Figura 2.5



**Figura 2.5 Modelo BPMN de proceso de planificación.**

Como ya se lo ha mencionado, WebRatio es una plataforma de desarrollo basada en procesos. Con BPMN podemos diagramar el proceso de negocio. Una vez diagramado este proceso, WebRatio brinda la opción de ejecutarlo y así se puede tener un prototipo previo al desarrollo, que puede ser mostrado al cliente y recibir retroalimentación al respecto.

En la Figura 2.5 se muestra el modelo definido para la solución del proceso de planificación de SISGRA. Este proceso está compuesto por tres Lanes, cada una corresponde a un tipo de usuario: Coordinador de Acreditación (CA), Coordinador de Materia (CM) y Decano (D). Para iniciar este proceso el CA solicita a los CMs que los RAs sean ponderados de acuerdo a la materia que coordina. Luego el CA debe asignar un nivel de medición a cada una de las materias (Inicial, Medio, Avanzado). Con los datos

obtenidos a partir de la ponderación y la asignación de niveles, el sistema proporciona una sugerencia de planificación, la cual, bajo el criterio del CA, será aceptada o será modificada para luego llegar al Decano, quien define en última instancia si se aprueba o no la planificación.

## 2.4.2 Vista Lógica – Diagrama Entidad Relación

Para esta vista tenemos el diagrama ER del módulo de planificación de SISGRA que se detalla en la Figura 2.6.

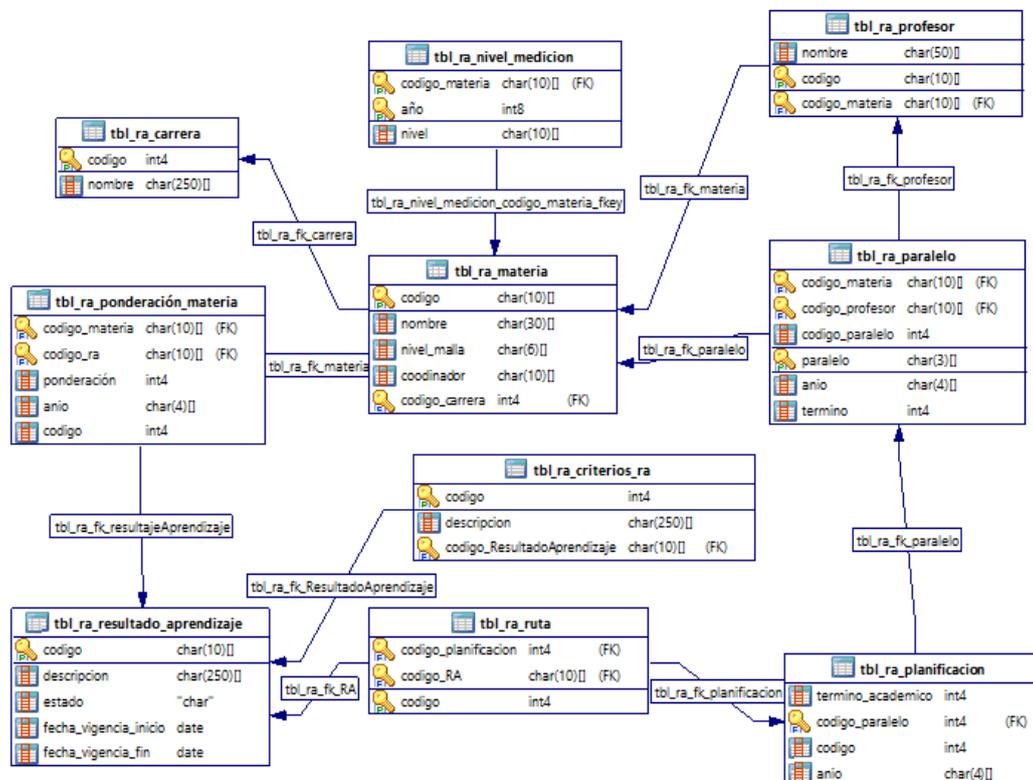


Figura 2.6 Diagrama Entidad Relación de la Base de datos.

En el diagrama ER de la Figura 2.6 podemos visualizar tablas de catálogos como `tbl_ra_carrera`, `tbl_ra_profesor`, `tbl_ra_materia`, `tbl_ra_tbl_ra_paralelo`, `tbl_ra_criterios_ra`, `tbl_ra_resultados_aprendizaje`, las cuales son llenadas por medio de WebServices con información requerida para el funcionamiento de la aplicación. Las tablas `tbl_ra_ponderacion_materia`, `tbl_ra_ruta` y `tbl_ra_planificación`, son básicamente las que manejan la planificación que define un Coordinador de Acreditación.

### 2.4.3 Vista de Implementación

WebRatio permite implementar una solución web siguiendo el patrón "Model-View-Controller" (MVC) que, complementado con la personalización de la lógica del negocio, proporciona el 100% de características deseadas en dicha solución. Para esto, es importante conocer cómo es aplicado el patrón MVC en WebRatio [14].

El Patrón MVC consiste en dividir una solución en tres capas [14]:

- El "Modelo", que se contiene la lógica del negocio.
- La "Vista", la interfaz de usuario.
- El "Controlador", las reglas que permiten interactuar entre el modelo y la vista a través de los eventos ejecutados por el usuario.

En WebRatio, cada nivel del patrón MVC se implementa siguiendo una tecnología específica. En ambiente de tiempo de ejecución, se aplica la arquitectura Java Enterprise Edition (JEE). El "Controlador" es implementado como un conjunto de servlets creados bajo el framework strut. La "Vista" se implementa mediante plantillas de Java Server Pages (JSP) con etiquetas personalizadas para servir páginas HTML. En cuanto al "Modelo", se convierte a cada elemento en un conjunto de recursos utilizados por la arquitectura.

Las aplicaciones que genera la plataforma de WebRatio son construidas bajo la misma arquitectura de software; una arquitectura MVC mejorada para aprovechar el clásico MVC. Los principales elementos de una aplicación WebRatio corresponden a los conceptos IFML de "Páginas", "Componentes de vista" y "Operaciones".

#### **Elementos de página.**

Cada página modelada se mapea en cuatro elementos [14]:

- Una "acción de página" en el "Modelo".
- Un "Servicio de Página" en el "Nivel de Negocio".
- Una "Plantilla JSP" en la "Vista".
- Una "Acción de Página" en el "archivo de configuración del Controlador".

La "Acción de Página" corresponde a una instancia de una clase Java, que invoca el controlador, cuando una página ha sido solicitada por el usuario.

La solicitud HTTP proveniente del cliente es extraída haciendo uso de la clase "Acción de página", la cual hace una llamada al "Servicio de páginas" en el nivel de negocio, pasando a esta los parámetros necesarios. Al finalizar el procesamiento de la página, la "Acción de la Página" envía una notificación al "Controlador" indicando que el contenido de dicha página está listo para ser mostrado.

El "Servicio de página" es una función de negocio que soporta el cálculo de contenido de una página. Al finalizar la ejecución de este, se encuentran disponibles un conjunto de objetos Java cuyo contenido corresponde a los componentes de la página llamados "Beans". Según el contenido del "Modelo", la plantilla JSP calcula la página HTML que será enviada como respuesta a la solicitud del usuario.

Finalmente, el mapeo de acción es una declaración ubicada en el archivo de configuración del Controlador que relaciona la solicitud del usuario, la "Acción de Página" y la plantilla de página.

#### **Elementos de vista.**

Cada componente de la plataforma WebRatio se mapea en dos componentes de la arquitectura MVC: un "Servicio de componentes" en la capa de negocio y un conjunto de "Etiquetas personalizadas" en la "Vista". Un "Servicio de componentes" es una clase de Java que computa el contenido del componente y produce una colección de "componentes Beans" manteniendo el contenido del Componente.

La clase encapsula las instrucciones necesarias para ensamblar la consulta de recuperación de datos, ejecutarla y empaquetar los resultados en "componentes Beans" adecuados.

Se requieren "etiquetas personalizadas" para implementar las plantillas de página de la "Vista" para transformar el contenido almacenado en los "Componentes Beans" en HTML. Dichas etiquetas se pueden tomar de una biblioteca de etiquetas estándar o definidas específicamente para que coincidan con las características de sus componentes.

#### **Elementos de operación.**

Las operaciones se mapean en tres componentes de la arquitectura MVC:

- Una "Acción de Operación" en el "Modelo", que es equivalente a una "Acción de Página".
- Un "Servicio de operación" en la capa de negocios, que es equivalente a un "Servicio de componentes".
- Una "Asignación de acciones" en el archivo de configuración del Controlador, que define el flujo de control después completar la ejecución de la "Acción de Operación".

En la Figura 2.7 se muestra la arquitectura de una aplicación que es generada con webRatio

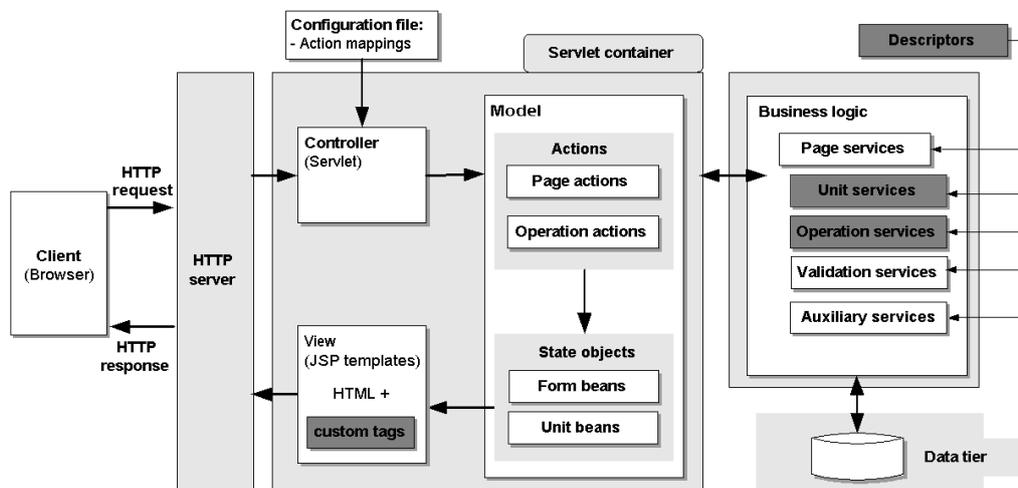


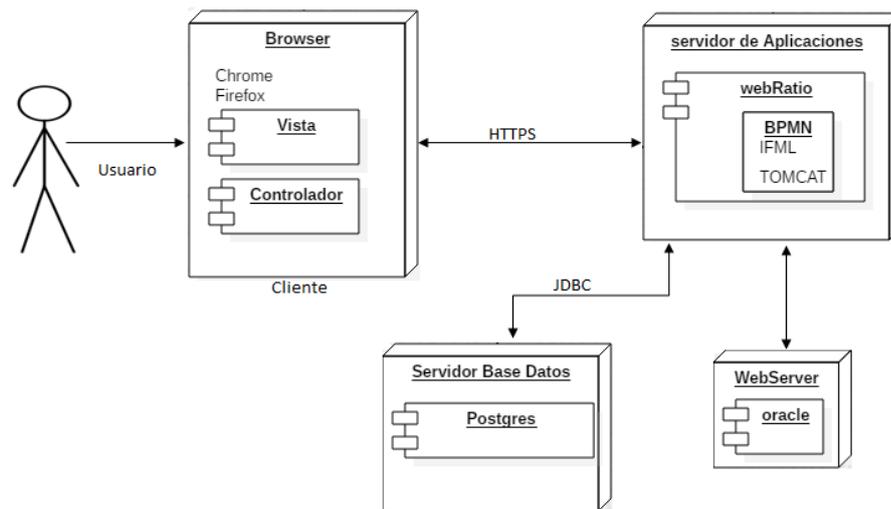
Figura 2.7 Arquitectura de una aplicación generada con WebRatio [18].

#### 2.4.4 Vista de Procesos

La vista de Procesos se enfoca en los requerimientos no funcionales, tales como rendimiento, concurrencia, disponibilidad, etc. Esta vista no se analiza en este documento ya que el GTSI cuenta con herramientas que soportan estas tareas y son los encargados de asegurar el cumplimiento de los mismos.

#### 2.4.5 Vista de Despliegue

Para entender mejor el sistema desarrollado, a continuación, en la Figura 2.8, presentamos el diagrama de despliegue, donde se muestra cada componente de hardware con su respectivo software.



**Figura 2.8 Diagrama de despliegue.**

El usuario accede a la aplicación por medio de un navegador instalado en su computador personal. El front-end es lo que visualiza el usuario, y dado que la aplicación es construida bajo el patrón MVC, en el lado del cliente se hace uso de la Vista y el Controlador.

El servidor de Aplicaciones es donde deben estar instaladas las librerías necesarias para que la aplicación construida por WebRatio funcione correctamente, esto es el back-end.

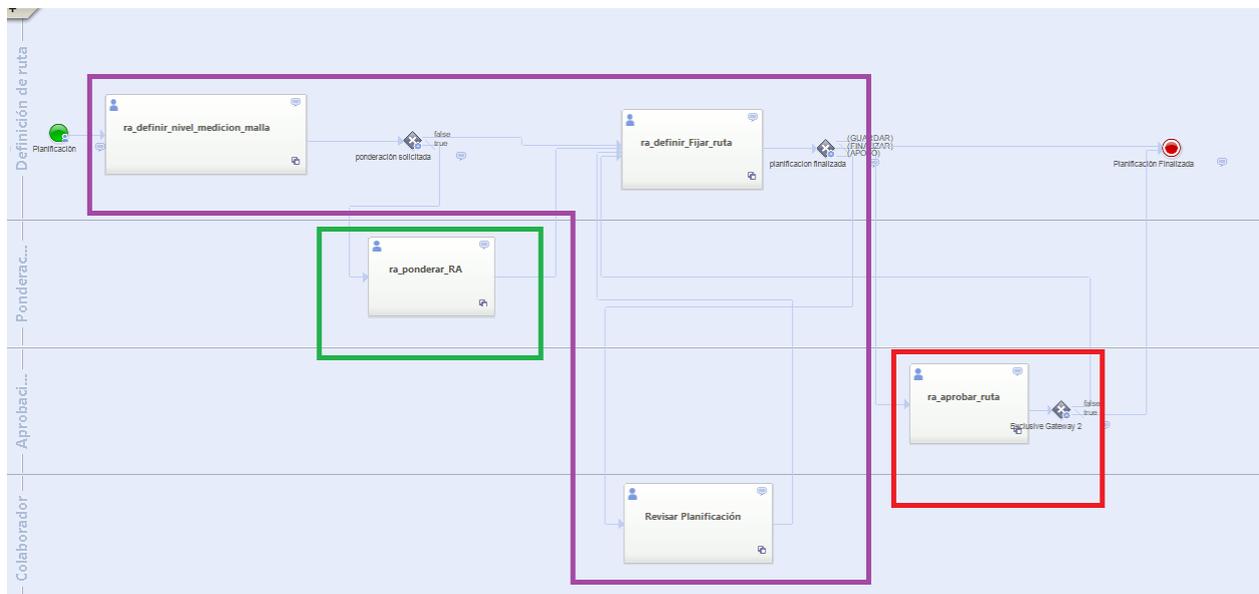
Un componente muy importante es el servidor de base de datos y el WebServer, ya que es donde se van a almacenar los datos para la planificación y consultar catálogos de objetos requeridos respectivamente.

## 2.5 Plan de Desarrollo

Para facilitar el desarrollo es necesario dividir la implementación del módulo en etapas, las cuales quedaron de la siguiente forma (ver Figura 2.9) de acuerdo al modelo del proceso de planificación:

- Fase 1: Ponderación de RA
  - CA solicita la ponderación de RA.
  - CM ingresa la ponderación de los RAs relacionado con la materia.
- Fase 2: Definición de Ruta
  - CA define los niveles a los que pertenece cada materia de la malla.

- CA define Ruta, aceptando o modificando la planificación sugerida por el sistema.
- Fase 3: Aprobación de Planificación
  - Decano Aprueba o Rechaza la planificación que ha sido ingresada por el CA.
  - Una notificación automática es enviada al CA luego de ser aprobada la planificación.



**Figura 2.9 División de fases del modelo BPMN.**

Para el desarrollo del Módulo de Planificación del SISGRA se realiza la segmentación del proceso en tareas y objetivos semanales. Se da inicio al desarrollo en IFML en la Etapa 2, debido a que esta etapa contiene el proceso principal del módulo de planificación y, en base a esta, se pueden ajustar los tiempos de desarrollo de las siguientes etapas, en caso de ser necesario.

La segmentación del proceso queda definida como se indica a continuación:

- Semana 1: 2/07/2018 – 8/07/2018
  - Definición de Roles a usar en modelo BPMN.
  - Definición de Objetos de negocio.
  - Modelado de solución en Webratio – BPMN.
  - Definición de base de datos.
- Semana 2: 9/07/2018 – 15/07/2018
  - Desarrollo de módulo 2 en IFML.

- Niveles de medición de malla.
  - Definir Ruta de medición.
  - Pruebas unitarias.
- Semana 3: 16/07/2018 – 22/07/2018
  - Desarrollo de módulo 1 en IFML.
  - Ponderación de RA por materia.
  - Pruebas unitarias.
- Semana 4: 23/07/2018 – 29/07/2018
  - Desarrollo de módulo 3 en IFML.
  - Aprobación de planificación.
  - Pruebas unitarias.
- Semana 5: 30/07/2018 – 05/07/2018
  - Pruebas de Aceptación
  - Ajustes en módulos.
  - Pruebas Finales.

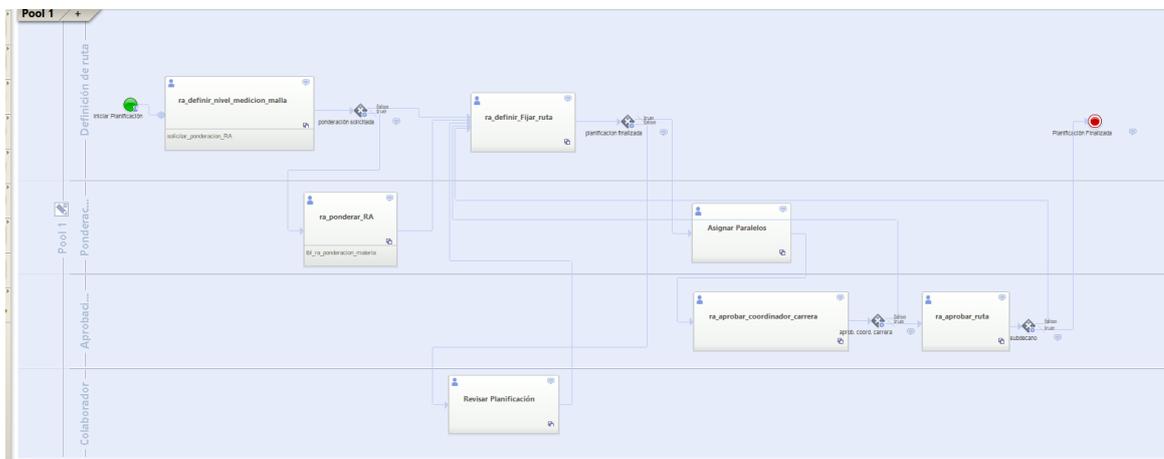
# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo vamos detallar el proceso de desarrollo que se realizó para la construcción de la aplicación, haciendo uso de la plataforma Webratio. Para el desarrollo de la solución propuesta en el capítulo anterior nos basamos en las tres fases de implementación definidas en el mencionado capítulo.

### 3.1 Modelo BPMN

En Webratio, el primer paso para construir una solución de software es definir el modelo BPMN. En el capítulo anterior se describió un modelo inicial, pero con cada una de las iteraciones del desarrollo fue surgiendo la necesidad de ajustarlo para cubrir cada uno de los requerimientos del usuario, de esta forma obtuvimos una versión final del modelo BPMN, el cual se presenta en la Figura 3.1



**Figura 3.1 Modelo BPMN final.**

En la definición del modelo BPMN se especificaron los objetos de negocio a partir de los cuales se creó el modelo de base de datos. Estos objetos de negocio también sufrieron cambios en el transcurso del desarrollo, ya que fue necesario incluir nuevos campos y relaciones para el mejor manejo de la información. Como resultado se obtuvo el modelo que se muestra en la Figura 3.2.

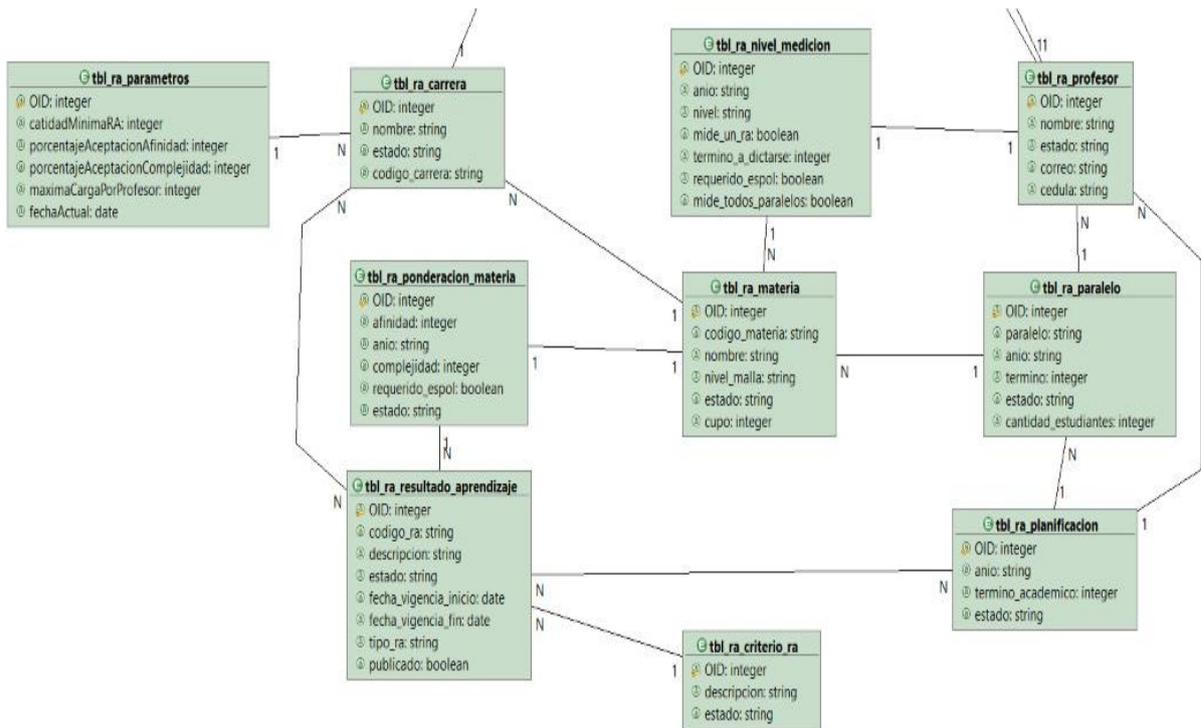


Figura 3.2 Modelo ER de la base de datos.

### 3.2 Fase 1 - Ponderación de RA

Esta fase corresponde a la Definición de Ruta de Medición. Es la fase de mayor nivel de complejidad; este factor motivó a que sea la primera en desarrollarse. Dentro de esta fase se incluye la segmentación de una malla de una determinada carrera en niveles de medición y parámetros iniciales basados en el criterio de los coordinadores de Acreditación. Todos estos parámetros son la base para generar la sugerencia de planificación de la ruta de medición de un RA para una carrera. La sugerencia es realizada a través del algoritmo que se definió en esta fase y que automatiza el proceso manual que se lleva actualmente. En la Figura 3.3 se muestra la pantalla que gestiona esta fase.



COORDINADOR DE ACREDITACIÓN - SALIR

Parámetros

**Nota**  
En esta sección se realiza la segmentación de malla de una carrera, e ingresar parámetros adicionales previo a iniciar la planificación.

**Parametros Iniciales**

Año: 2018  
Carrera: Ingeniería en computacion

Niveles de Malla | Parámetros de Medición | Asignación de RAI | Resumen

**Materias de Carrera**

Código	Materia	Nivel Malla	Nivel de Medición	¿Mide solo 1 RA?	Todos los Paralelos	Coordinador
CCPG1001	Fundamentos de Programación	100-I	MEDIO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Estefania Arias
CCPG1005	Programación orientada a objetos	200-I	INICIAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Dennis Romero
CCPG1007	...	...	...	...	...	...

Figura 3.3 Pantalla de Parámetros y segmentación de Malla.

### 3.3 Fase 2 - Definición de Ruta

Esta fase se basa en el desarrollo que corresponde a la ponderación de RAs. Como resultado de acuerdos con el cliente y viendo la criticidad de la ponderación, se decidió no iniciar el desarrollo en esta fase.

En esta fase se recibió retroalimentación del cliente, quien sugirió una forma diferente a la planteada inicialmente sobre cómo presentar la información que se solicita al usuario Coordinador de Materia. Esta nueva forma facilita la colaboración que estos usuarios darán para alimentar los parámetros usados posteriormente en la generación de la planificación sugerida.

En la Figura 3.3 se visualiza la pantalla para ingresar la ponderación de los RAs. En dicha pantalla cada Coordinador de Materia va a ingresar la ponderación de Afinidad y Complejidad del RA en relación a la materia que coordina.



COORDINADOR DE MATERIA ▾ SALIR ▾ REPORTE

🏠 > Ponderación Resultados de Aprendizaje

**Nota**  
En esta sección el Coordinador de Materia debe seleccionar las los RA relacionadas a la materia y asignar una ponderación y afinidad y dificultad para medir.

Año 2018  
Carrera Ingeniería en computacion  
Materia Computación y Sociedad  
RA 3 seleccionado

**ponderacion materia**

Código		Afinidad	Complejidad
10	<input checked="" type="checkbox"/> Comprender temas contemporáneos	5	1
12(F)	<input checked="" type="checkbox"/> Tener habilidad para comunicarse en inglés	4	3
A	<input checked="" type="checkbox"/> Habilidad para aplicar conocimientos de computación y matemáticas adecuados a su conocimiento	4	2

Finalizar Ponderación Cancelar

**Figura 3.4 Pantalla de Ponderación de Resultados.**

### 3.3.1 Algoritmo de automatización de Planificación

Generar una planificación automática de estas rutas de medición básicamente es ejecutar un algoritmo que use los parámetros ingresados inicialmente para generar una ruta óptima de medición.

Previo a obtener la definición de este algoritmo, se tuvo que consultar a un nuevo experto; un experto en modelamiento matemático. Para este proyecto el experto fue la MSc. Heidy Roa, profesora del Instituto de Matemáticas de la ESPOL, quien ya ha realizado trabajos como este anteriormente. En entrevistas con la MSc. Roa, se sugirió buscar información sobre Modelos para asignación de carga de trabajo. Basándonos en esta información y con ayuda de nuestra experta, logramos llegar a un modelo matemático que se ajuste a nuestra problemática, cuya formulación se presenta en la Figura 3.5.

El objetivo del modelo propuesto consiste en asignar los RAs a los profesores que dictan una determinada materia, con el propósito de equilibrar la carga de RAs, minimizando la cantidad de RAs asignados a un profesor, dado que el mismo puede dictar más de una materia en un término académico.

$t$ : Término académico

$i$ : Profesores       $n$ : nivel de medición

$k$ : Resultado de Aprendizaje

$c_{kin}$ : Carga asignada del  $RA_k$  en el periodo  $t$ ,  
para el nivel de medición  $n$

$C$ : máxima carga permitida en cualquier periodo  $t$   
para cualquier profesor  $i$

$U$ : máxima carga de RA total de todos los profesores

$L$ : mínima carga de RA total de todos los profesores

$x_{ikn}$  elección de asignación    1 si el  $RA_k$  es asignado, profesor  $i$ , nivel  $n$

Min  $U - L$

$$\sum_{i=1}^M x_{ikn} \leq 1; k = 1, \dots, P; n = 1, 2, 3 \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^P c_{kin} \leq C; i = 1, \dots, M; t = 1, \dots, T; n = 1, 2, 3 \quad (2)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^3 \sum_{k=1}^P c_{knt} x_{ikn} \leq U; i = 1, \dots, M \quad (3)$$

$$\sum_{t=1}^T \sum_{n=1}^3 \sum_{k=1}^P c_{knt} x_{ikn} \geq L; i = 1, \dots, M \quad (4)$$

% Aceptación de Afinidad y Complejidad

$$A_X \geq 0,8$$

$$C_P \leq 0,5$$

**Figura 3.5 Formulación del modelo matemático para la asignación de rutas.**

Para la elección de asignación de los RA se ha tomado en consideración los porcentajes de aceptación de afinidad y complejidad de los mismos para una materia; éstos son definidos por el Coordinador de Acreditación.

La ecuación (1) define que un profesor puede tener máximo 1 RA asignado por término académico.

La ecuación (2) define que la carga de RAs del periodo para todos los profesores sea acotada superiormente.

Las ecuaciones (3) y (4) se utilizan para definir el máximo y el mínimo total de carga de RAs.

Dado que nuestra solución es un módulo del SISGRA (es decir, una aplicación de software), fue necesario convertir nuestro modelo a un algoritmo que pueda ser ejecutado a través de la aplicación desarrollada. Dadas las limitaciones de la herramienta de desarrollo, se decidió que el algoritmo sería implementado a nivel de base de datos, ya que facilita el manejo de los datos previos con los que se cuenta para alimentar al algoritmo.

En la Figura 3.6 se muestra la pantalla donde se gestiona la planificación de rutas, la cual cuenta con un botón que permite generar la sugerencia de planificación. Internamente, esto es ejecutar el algoritmo mencionado anteriormente. En esta pantalla también se muestran las rutas generadas, las mismas que pueden ser modificadas por el Coordinador de Acreditación si así lo amerita.

**SISGRA - Planificación**  
Sistema de Gestión de Resultados de Aprendizaje

COORDINADOR DE ACREDITACIÓN - SALIR -

User Input

Año: 2018  
Carrera: Ingeniería en computación

Generar Rutas de Medición Visualizar Rutas de Medición General Resumen

Resultados de Aprendizaje

Buscar

Número RA	descripcion	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
C	Habilidad para diseñar, implementar, y evaluar un sistema basado en computadoras, procesos, componentes, o programas que cumplan necesidades específicas.	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
D	Habilidad para funcionar efectivamente en equipos para alcanzar una meta común	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
E	Comprensión de las responsabilidades profesionales, éticas, legales, de seguridad y sociales.	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
G	Habilidad para analizar el impacto local y global de la computación sobre los individuos, organizaciones y sociedad.	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
H	Reconocer la necesidad y habilidad de involucrarse en un desarrollo profesional continuo	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
I	Habilidad para usar técnicas, habilidades, y herramientas actuales, necesarias para la práctica de la computación.	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
10	Comprender temas contemporáneos	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
J	Reconocer la necesidad y tener las habilidades para emprender	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
12(F)	Tener habilidad para comunicarse en inglés	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica
A	Habilidad para aplicar conocimientos de computación y matemáticas adecuados a su disciplina.	Visualizar Ruta de Medición	Criterios de Rúbrica

Planificación por RA

idPlanificacion	codigo_materia	nombremat	nombrefrof	nivelmalla	nivel	rs.codigo_rs
14	TICG1001	Sistema de Base de Datos	Ginger Salto	200-II	INICIAL	D
21	CCPG1009	Diseño de Software	David Jurado	300-II	MEDIO	D
29	SOFG1002	Ingeniería de Software I	Monica Villavicencio	400-II	FINAL	D

enviar\_s\_colaborador

Cancelar Finalizar Planificación

**Figura 3.6 Pantalla de Planificación**

En esta fase también se implementa la revisión de la planificación; una funcionalidad que es opcional y se activa en caso de que así lo requiera el coordinador de acreditación.

### 3.4 Fase 3 – Aprobación de Ruta

Esta última fase corresponde a la aprobación de la planificación; esta fase se basa en los parámetros ingresados en la fase anterior. Visualmente se presenta la misma información de las rutas generadas; la diferencia es que en esta fase la información no puede ser modificada, sólo se muestra información para que sea verificada por el coordinador de Carrera y el SubDecano.

Dado que el modelo inicial tuvo cambios, en esta fase se implementó una tarea que fue agregada después al modelo BPMN, esta tarea consiste en asignar los paralelos de las materias contenidas en una ruta de medición.



#### SISGRA - Planificación Sistema de Gestión de Resultados de Aprendizaje

The screenshot displays the SISGRA interface. At the top, there is a navigation bar with links: HOME, COMPLETED PROCESSES, ACTIVE ITEMS, COORDINADOR DE MATERIA, and COORDINADOR DE ACREDITACIÓN. Below this is a table with the following data:

OID	OID	codigo_materia	nombre	OID	codigo_ra	descripcion	anio	OID
922	5	MATG1005	Matemáticas Discretas	3	C	Habilidad para diseñar, implementar, y evaluar un sistema basado en computadoras, procesos, componentes, o programas que cumplan necesidades específicas.	2018	13
934	5	MATG1005	Matemáticas Discretas	12	12(F)	Tener habilidad para comunicarse en inglés	2018	42

Below the table is a pagination control: '???en\_US DataTable.paginate.sPrevious???' followed by buttons for 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, and '???en\_US DataTable.paginate.sNext???'.

The main content area is titled 'Paralelos' and contains a form with the following fields:

- año: 2018
- codigo RA: 12(F)
- nombre RA: Tener habilidad para comunicarse en inglés
- codigo Materia: MATG1005
- Nombre Materia: Matemáticas Discretas

To the right of the form is a 'Paralelos' list with a scrollable area containing the number '1'. Below the list is a red error icon and a blue 'Asignar' button.

Figura 3.6 Pantalla de Asignación Paralelo

### 3.5 Resultados

Como resultado, se obtuvo la automatización del proceso de planificación de las rutas de medición para ABET, mediante la implementación de un módulo que cumple con los requerimientos solicitados por el cliente.

El automatizar el proceso antes mencionado mejora el tiempo de respuestas a las tareas repetitivas que son realizadas por los coordinadores de acreditación en las diferentes carreras que imparte la ESPOL.

### 3.5.1 Datos Antes

Se realizó un análisis a las carreras que son impartidas por la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC), sobre las tareas que realizan actualmente los coordinadores de acreditación para la elaboración del proceso de planificación de las rutas de medición.

En la Tabla 3.1 se detalla las carreras de la FIEC, el número de materias y RAs por carrera, así también el número de veces que se repite dicho proceso.

**Tabla 3.1 Tiempo Estimado antes de automatización proceso.**

Carrera	# Materias	# RA	Total	Tiempo estimado
Ingeniería en Electricidad.	57	12	684	2 meses
Ingeniería en Electrónica y Automatización.	57	13	741	2 semana
Ingeniería en Telecomunicaciones.	57	12	684	2 meses
Ingeniería en Telemática.	58	12	696	2 meses
Ingeniería en Computación.	53	12	636	3 días

### 3.5.2 Datos Después

El primer paso que se realizó para la automatización del proceso fue la segmentación de la malla curricular por carrera como se detalló al inicio del capítulo, con el objetivo de disminuir el número de materias que se toman en consideración para la generación de las rutas de medición. Otro dato importante es la información brindada por los coordinadores de materia sobre la ponderación de los RA en cuanto al nivel de complejidad y afinidad. En la Tabla 3.2 se muestra los tiempos que toma realizar las tareas mencionadas anteriormente por los diferentes coordinadores.

**Tabla 3.2 Datos después de aplicar la automatización.**

Carrera	Segmentación malla (minutos)	Ponderación (minutos)	Generar rutas (segundos)
Ingeniería en Electricidad.	20	10	1.2354
Ingeniería en Electrónica y Automatización.	20	10	1.625
Ingeniería en Telecomunicaciones.	20	10	1.741
Ingeniería en Telemática.	20	10	1.145
Ingeniería en Computación.	20	10	1.0362

En la Tabla 3.3 se muestra la comparación de los tiempos antes y después de la implementación del módulo para automatizar la generación de las rutas de medición.

**Tabla 3.3 Comparación de tiempos de la generación de las rutas de medición.**

<b>Carrera</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Ingeniería en Electricidad.	2 meses	≈ 30 minutos
Ingeniería en Electrónica y Automatización.	2 semana	≈ 30 minutos
Ingeniería en Telecomunicaciones.	2 meses	≈ 30 minutos
Ingeniería en Telemática.	2 meses	≈ 30 minutos
Ingeniería en Computación.	3 días	≈ 30 minutos

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con el desarrollo del módulo de Planificación del SISGRA los coordinadores de acreditación de todas las carreras de la ESPOL realizarán de forma eficiente el proceso de generación de las rutas de medición, para el proceso de mejora continua basada en la acreditación ABET. Para ello es de vital importancia contar con la colaboración de los coordinadores de materia de las diferentes unidades académicas, quienes proporcionarán información de vital importancia para que las rutas de medición sean generadas con un alto grado de confiabilidad.

### 4.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos específicos definidos al inicio de este proyecto, podemos concluir que se logró definir y modelar el proceso de planificación de las rutas de medición en notación BPMN. A partir de esto se llegó a la exitosa elaboración del modelo haciendo uso de la herramienta WebRatio.

Se diseñó la arquitectura de la base de Datos para la automatización de la planificación del SISGRA.

Haciendo uso también de la herramienta Webratio, se logró desarrollar el flujo de interacción para los procesos modelados en el Módulo de Planificación del SISGRA.

Se realizaron las pruebas de aceptación del módulo de planificación de SISGRA con los usuarios involucrados.

### 4.2 Recomendaciones

Para mejor visualización de los resultados obtenidos de la generación de rutas de medición, se recomienda implementar una solución gráfica, basado en el seguimiento de malla por carrera que usan los profesores en el sistema de Gestión de cursos que también fue implementada con la herramienta WebRatio.

Se debe tomar en cuenta que para la generación de las rutas de medición se implementó a nivel de base de datos una función en Postgres que ejecuta el algoritmo desarrollado. Al momento de implementar el sistema en un ambiente de producción, se usará base de datos Oracle, por lo que la función debe ser migrada.

Dado que WebRatio ya es una herramienta institucional, sería favorable que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Computación cuenten con la opción de capacitación sobre esta herramienta. De esta forma se puede cubrir la posibilidad de que los estudiantes realicen nuevos desarrollos con la herramienta, y así disminuir la curva de aprendizaje previo a un desarrollo.

# BIBLIOGRAFIA

[1] Visión y misión, Accedido el 26 de mayo de 2018, de: <http://www.espol.edu.ec/es/nosotros/vision-y-mision>

[2] Jesús García, Félix O. García, Vicente Pelechano, Desarrollo de Software Dirigido por Modelos Conceptos, Métodos y Herramientas. Accedido el 27 de mayo del 2018, desde <http://www.lcc.uma.es/~av/Publicaciones/12/LibroDSDM.pdf>.

[3] Magdalena Silva, habilidades blandas, fundamentales para el desarrollo personal. Accedido el 27 de mayo del 2018, desde [http://www.cide.cl/documentos/Revista\\_educar\\_Habilidades\\_blandas\\_MJValdebenito.pdf](http://www.cide.cl/documentos/Revista_educar_Habilidades_blandas_MJValdebenito.pdf).

[4]. Chiluiza K, Villacrés M., Duque J. En búsqueda de la acreditación ABET: Estrategias exitosas en una institución de educación superior pública de Sudamérica. Accedido el 20 de mayo 2018 desde <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP126.pdf>

[5] ¿Qué es ABET?, Accedido el 20 de mayo del 2018 desde <http://www.abet.espol.edu.ec/inicio/2-i-que-es-abet.html>.

[6] Resultados de Aprendizaje Institucionales. Accedido el 20 de mayo del 2018 desde <http://www.cise.espol.edu.ec/es/resultados-de-aprendizajes-institucionales-rai>

[7] Objetivos Educativos y Resultados de Aprendizaje. Accedido el 22 de mayo del 2018 desde: <https://www.fiec.espol.edu.ec/es/oera-telematica>

[8] Stephen A, Miers D. (2009). Guía de referencia y modelado. Estados Unidos: Future Strategies Inc.

[9] Stephen A. White , Introduction to BPMN , accedido el 23 de mayo del 2018, desde: [http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction\\_to\\_BPMN.pdf](http://www.omg.org/bpmn/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf)

[10] WebRatio. (2013). OMG adopta el estándar IFML, ideado por WebRatio . Accedido el 23 de mayo del 2018, de WebRatio Sitio web: <https://www.webratio.com/site/content/es/detalle-noticias/omg-adopta-el-estandar-ifml-ideado-por-webratio>

[11] Bambilla M., Comai S., Fraternali P., Matera M. (2010). Designing Web Applications with WebML and WebRatio. Accedido el 23 de mayo del 2018, de Dipartimento di Electronica e Informazione, Politecnico di Milano Sitio web: <http://www.csun.edu/~twang/595WEB/Slides/WebML.pdf>

[12] Gómez C(2016). Desarrollo de una aplicación web para acceso y consulta de datos electorales. Accedido el 23 de mayo del 2018, de Universidad De Castilla-La Mancha Escuela Superior De Informática desde: [https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/11315/TFG\\_Claudio\\_Gomez.pdf?sequence=1](https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/11315/TFG_Claudio_Gomez.pdf?sequence=1).

[13] Tutorial interactivo de BPMN, Accedido el 27de mayo de 2018 desde <http://bpmn.16mb.com/bpmn.php>

[14] WebRatio Platform Architecture and MVC, Accedido el 12 de junio del 2018 desde <https://my.webratio.com/learn/learningobject/webratio-platform-architecture-and-mvc-v-72?hold=-&link=oln72ae.redirect&pcp1x=webratio-platform-architecture-and-mvc-v-72&nav=26&cbck=wrReq58112>

[15] Diseño Arquitectura Del Software, Accedido el 18 de junio del 2018 desde [http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS0930IS08/Documentos/SAD\\_ZuGym.pdf](http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS0930IS08/Documentos/SAD_ZuGym.pdf)

[16] Kruchten P., Planos Arquitectónicos: El Modelo de “4+1” Vistas de la Arquitectura del Software, Accedido el 18 de junio del 2018 desde [http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:modelo4\\_1.pdf](http://cic.puj.edu.co/wiki/lib/exe/fetch.php?media=materias:modelo4_1.pdf)

[17] PostgreSQL: The World's Most Advanced open source relational database, Accedido el 18 de junio del 2018 desde <https://www.postgresql.org/>

[18] WebRatio Web Application Architecture, Accedido el 21 de junio del 2018 desde <https://my.webratio.com/learn/learningobject/webratio-web-application-architecture>.

[19] Philippe b. Kruchten, The 4+1 View Model of Architecture. Accedido el 22 de junio del 2018 desde <https://www.ics.uci.edu/~andre/ics223w2006/kruchten3.pdf>.

[20] Corbetta, P, Metodología y técnicas de investigación social., Edición Revisada, Madrid, McGrawHill,2003

# APÉNDICE

## Apéndice A

<b>NOMBRE:</b>	Solicitar Ponderación de los RA	<b>Número:</b> HU_01
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero Solicitar el ingreso de la ponderación de los Resultados de Aprendizaje a los Coordinadores de Materia.	

<b>NOMBRE:</b>	Definir Nivel de Medición en la malla	<b>Número:</b> HU_02
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero ingresar los niveles de medición en cada una de las materias de la malla.	

<b>NOMBRE:</b>	Generar Ruta De Medición.	<b>Número:</b> HU_03
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero Generar ruta de medición, de acuerdo a la ponderación ingresada por los Coordinadores de materias.	

<b>NOMBRE:</b>	Modificar Ruta De Medición.	<b>Número:</b> HU_04
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero Modificar ruta de medición que ha sido generada por el sistema.	

<b>NOMBRE:</b>	Notificar las rutas de Medición Establecidas	<b>Número:</b> HU_05
<b>USUARIO:</b>	Coordinador Acreditación	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador Acreditación Quiero notificar a los coordinadores de materias las rutas de medición que han sido definidas en el sistema.	

<b>NOMBRE:</b>	Ingresar Ponderación de los RA	<b>Número:</b> HU_06
<b>USUARIO:</b>	Coordinador de Materia	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Coordinador de Materia, Quiero ingresar la ponderación de los Resultados de Aprendizaje solicitados por el Coordinador Acreditación.	

<b>NOMBRE:</b>	Aprobar las rutas de Medición Establecidas	<b>Número: HU_07</b>
<b>USUARIO:</b>	Decano	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Decano, Quiero Aprobar las rutas de medición que han sido establecidas.	

<b>NOMBRE:</b>	Rechazar las rutas de Medición Establecidas	<b>Número: HU_08</b>
<b>USUARIO:</b>	Decano	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Decano, Quiero Rechazar las rutas de medición que han sido establecidas.	

<b>NOMBRE:</b>	Notificar Aprobación de las rutas de medición.	<b>Número: HU_09</b>
<b>USUARIO:</b>	Decano	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Como Decano, Quiero Notificar al Coordinador Acreditación la aprobación de las rutas de medición Establecidas.	

<b>NOMBRE:</b>	Visualizar las Rutas de Medición Establecidas.	<b>Número: HU_10</b>
<b>USUARIO:</b>	Coordinador de materia, Coordinador de acreditación, Decano	
<b>PRIORIDAD:</b>	Alta	
<b>DESCRIPCIÓN:</b>	Quiero visualizar las rutas de medición establecidas	

# ANEXOS

## Anexo A

Criterios	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
<b>Total Aportaciones Semestrales por Criterio de Resultado de Aprendizaje</b>																											
1 Fundamentos de Programación	Rafael Bonilla	3001																									
2 Computación y Sociedad	Lissette Cabello	3001																									
3 Programación Orientada a Objetos	Rocio Mera	3001																									
4 Cursos de la Computación aplicados a la salud	Eduardo Cruz	3001																									
5 Matemáticas Discretas	Enya Lago	3001																									
6 Informática de Datos	Lenin Freire	3001																									
7 Sistemas de Base de Datos	Ginger Salto	3001																									
8 Fundamentos del diseño digital	Lisbeth Mena	3001																									
9 Estudios de Negocios	Cristina Abad	3001																									
10 Programación de Sistemas	Eduardo Murillo	3001																									
11 Metodología de la Investigación en computación	Lenin Freire	3001																									
12 Definir de Datos	Lenin Freire	3001																									
13 Organización de Computadoras	Lenin Freire	3001																									
14 Diseño de Software	David Jurado	3001																									
15 Seguridad de la Información	Rafael Bonilla	3001																									
16 Ingeniería de Programación	Bernita Romero	3001																									
17 Desarrollo de Aplicaciones Web	María Ledesma	3001																									
18 Sistemas de Información	Luis Eduardo	3001																									
19 Dirección de Proyectos Informáticos	Luis Freire	3001																									
20 Interacción Humano-Computador	Guido Lacobelli	3001																									
21 Ingeniería de Software	Nora Villavicencio	3001																									
22 Sistemas Operativos	Bernita Romero	3001																									
23 Inteligencia Artificial	Otilia Alejandra	3001																									
24 Sistemas Distribuidos	Cristina Abad	3001																									
25 Ingeniería de Software II	Luis Eduardo	3001																									
26 Metodología de la Investigación	Federico Dominguez	3001																									

Criterios	A	B	D	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
<b>CORD. DE RESULTADO</b>															
21 Sistemas de Información	Luis Eduardo Mendoza	4001													
22 Dirección de Proyectos Informáticos	Lenin Freire	4001													
23 Interacción Humano-Computador	Guido Lacobelli/Katherine	4001													
24 Ingeniería de Software I	Carlos Monsalve/Monica	4001													
25 Sistemas Operativos	Daniel Ochoa	4001													
26 Inteligencia Artificial	Enrique Polanco	5001													
27 Sistemas Distribuidos	Cristina Abad	5001													
28 Ingeniería de Software II	Mónica V/Carlos M	5001													
29 Materia Integradora	Boris V/Daniel Ochoa	5001													
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															
48															

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2				<b>2018-I</b>						<b>2018-II</b>	
3				<b>A) Habilidad para aplicar conocimientos de computación y matemáticas</b>						<b>J) Reconocer la necesidad y tener las habilidades para aprender (RAI-7)</b>	
4				<b>Coord. Ras</b> Cruz Falcones (matemáticas discretas)						<b>Coord. Ras</b> Federico Dominguez(ARP2)	
5				<b>Materia 1</b> Lisbeth Mena (Fundamentos del diseño digital)						<b>Materia 1</b> Allan Avendaño (DAW)	
6				<b>Materia 2</b> Otilia Alejandro (Inteligencia Artificial)						<b>Materia 2</b> Sistemas Distribuidos(2018 II)	
7				<b>C) Habilidad para diseñar, implementar, y evaluar un sistema basado en</b>						<b>12[F] Tener habilidad para comunicarse en inglés (RAI-3)</b>	
8				<b>Coord. Ras</b> Eduardo Cruz (Estructura de Datos)						<b>Coord. Ras</b> David Jurado (Diseño de Software)	
9				<b>Materia 1</b> Eduardo Murillo (Programación de Sistemas)						<b>Materia 1</b> Daniel Ochoa (Materia Integradora)	
10				<b>Materia 2</b> Cristina Abad (Sistemas Distribuidos)						<b>Materia 2</b> Federico Dominguez(ARP2)	
11				<b>D) Habilidad para funcionar efectivamente en equipos para alcanzar una meta</b>						<b>B) Habilidad para analizar un problema e identificar y definir los</b>	
12				<b>Coord. Ras</b> David Jurado (Diseño de Software)						<b>Coord. Ras</b> Rocio Mera (Programación Orientada a Objetos)	
13				<b>Materia 1</b> Ginger Salto (Sistemas de Base de Datos)						<b>Materia 1</b> Lorena Carlo (Metodología de la Investigación en computación)	
14				<b>Materia 2</b> Carlos Monsalve (Ingeniería de Software I)						<b>Materia 2</b> Otilia Alejandro (Inteligencia Artificial)	
15				<b>F) Habilidad para comunicarse efectivamente en un rango de audiencias. (RAI-2)</b>						<b>E) Comprensión de las responsabilidades profesionales, éticas, legales, de</b>	
16				<b>Coord. Ras</b> Federico Dominguez(ARP2)						<b>Coord. Ras</b> Rafael Bonilla (Seguridad de la Información)	
17				<b>Materia 1</b> Lorena Carlo (Metodología de la Investigación en computación)						<b>Materia 1</b> Mónica Villavicencio (Ingeniería de Software I)	
18				<b>Materia 2</b> Lenin Freire (Dirección de Proyectos Informáticos)						<b>Materia 2</b> Eduardo Cruz (Estructura de Datos)	
19				<b>H) Reconocer la necesidad y habilidad de involucrarse en un desarrollo profesional</b>						<b>G) Habilidad para analizar el impacto local y global de la computación sobre los</b>	
20				<b>Coord. Ras</b> Allan Avendaño (DAW) - Eduardo Murillo (Coordina)						<b>Coord. Ras</b> Luis Eduardo Mendoza (Sistemas de Información)	
21				<b>Materia 1</b> Monica Villavicencio (Ingeniería de Software II)						<b>Materia 1</b> Lenin Freire (Dirección de Proyectos Informáticos)	
22				<b>Materia 2</b> Rafael Bonilla (Fundamentos de Programación)						<b>Materia 2</b> Lissette Cabello (Computación y Sociedad)	
23				<b>I) Habilidad para usar técnicas, habilidades, y herramientas actuales, necesarias</b>							
24				<b>Coord. Ras</b> Rocio Mera (Programación Orientada a Objetos)							
25				<b>Materia 1</b> Boris Vintimilla (Materia Integradora)							
26				<b>Materia 2</b> Xavier Ochoa (Análisis de Algoritmos)							
27				<b>10. Comprender temas contemporáneos (RAI-5)</b>							
28				<b>Coord. Ras</b> Lissette Cabello (Computación y Sociedad)							
29				<b>Materia 1</b> Carlos Monsalve (Ingeniería de Software II) 2do Término							
30				<b>Materia 2</b> Luis Eduardo Mendoza (Sistemas de Información)							