



**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**FACULTAD 6**

*TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN CIENCIAS INFORMÁTICAS*

“Sistema para el análisis espacial de los resultados  
académicos territoriales en la Educación Superior”

**Autora:** Elizabeth Maria Mesa Lago

**Tutores:** MSc. Yuniel Eliades Proenza Arias

Ing. Adrián Gracia Aguila

“Año 58 de la Revolución”  
La Habana, julio de 2016

**Frase**

*Para triunfar en  
la vida, no es  
importante  
llegar el primero.  
Para triunfar  
simplemente hay  
que llegar,  
levantándose  
cada vez que se  
cae en el camino.*

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis especialmente a mi hermanita Diana Karla Mesa Lago, para que este logro le sirva de ejemplo para superarse en la vida.

A mis padres y mis abuelos por todo su esfuerzo y apoyo incondicional y estar cuando más los he necesitado en especial a mi abuelita Marta que está en el cielo... ¡Los quiero mucho!!!!

A mi abuelo Pancho que sentía un enorme orgullo de que su nieta fuera universitaria, gran parte del esfuerzo para llegar aquí hoy lo dedico a él donde quiera que se encuentre.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi madre Maria Isabel Lago García, una de las máximas responsables de que hoy esté dando un paso tan importante en el escalón de la vida. Siempre creyó en mí incondicionalmente.

A mi papá Carlos Alberto Mesa Pérez; por convertir el sacrificio en amor, por hacer que todos los días haya un motivo demasiado fuerte para seguir luchando y por haberme ayudado a forjar valores claves en la vida.

A mi hermanita Diana Karla Mesa Lago por el apoyo, la confianza, la voluntad inquebrantable de ayudarme siempre y darme un motivo más para querer superarme y ser alguien mejor para que siga mi ejemplo.

Un agradecimiento especial a mi abuelita Marta, que desde el cielo continúa ayudándome y dándome fuerzas para alcanzar mis metas y objetivos.

A mis abuelos, Pancho (que ahora está en el cielo), Juana y Pipo, en especial a los maternos que prácticamente me criaron.

A todos mis tíos principalmente a mi tía Tairy que es la que más me ha apoyado y ayudado incondicionalmente con todo lo que me ha hecho falta y la que más cerca tengo para molestarla.

A todos mis primos y en especial a Pichi, que siempre ha estado presente, Adrianita que con sus tareas siempre me hace investigar y aprender más de lo que me toca, a Cassandra y Vlady que, aunque están muy lejos nunca dejaron de preocuparse por mí y a Yudith que aún con mi primito Kevin me ayuda en lo que puede.

A Cano por todo su apoyo en el transcurso de la tesis y gran parte de la vida universitaria.

Mita, Julio, Elvia, Papi, Yami, Pablo y toda la familia de July que han sido incondicionales conmigo y en especial a su niña Vanessa que logró ganarse mi corazón y me ha hecho quererla como si fuera mi niña.

A Chabelys, Deborah, Claudia, Ivonne, Iván, Nelsy, Karel, Dayana, José Antonio, Migdalia (la mejor instructora de la

UCI)... por compartir momentos tan inolvidables en la universidad y convertirse en mis mejores amigos. A mis compañeras de apartamento en todos los años en especial a María.

No puedo dejar de mencionar que este último año ha sido muy especial, conocí personas ejemplares que sin duda supieron ganarse un lugar más que especial en mi corazón, por tantas noches de desvelo, tantas confesiones, tantos cafés, tantos consuelos, tanto cariño y tantas cosas en común Yosvany (El ninfo), Reinier (Rey) y Adrián Gracia, que además desempeñó un excelente papel como tutor, gracias!!!!

A Yuniel E. Proenza que siempre creyó en mí y me apoyó desde el principio con la confianza que depositó en mí.

Al tribunal por el empeño puesto en este trabajo de diploma.

Armando Batista por ser tan detallista y claro en los comentarios del documento.

No puedo dejar de mencionar a todo el que de una forma u otra aportó su granito de arena para que hoy llegara hasta aquí y sea lo que soy hoy incluso sin saberlo:

Pedro Palau, Carlos Luis Serrano, Eridniel, Eliecer, Maricel, Yoan Mandina, Camilo, Lafi, Bárbaro, Omar Mar, Irina, Yurima, Yanelis Benitez, Dieter, Odiel, los que han bailado conmigo en los festivales.

En general agradezco a todos mis compañeros y amigos. A los profesores desde la primaria hasta la universidad. Y agradezco a Dios por darme el entendimiento y la sabiduría necesaria para salir adelante.

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro ser autor de la tesis “Sistema para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior” y reconozco los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo, a la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI).

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_días del mes de \_\_\_\_\_del año\_\_\_\_\_.

MSc. Yuniel Eliades Proenza Arias

Ing. Adrián Gracia Aguila

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

Elizabeth Maria Mesa Lago

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

## DATOS DE CONTACTO

Autora: Elizabeth Maria Mesa Lago

Dirección de correo electrónico: [emmesa@estudiantes.uci.cu](mailto:emmesa@estudiantes.uci.cu)

Tutor: MSc. Yuniel Eliades Proenza Arias

Dirección de correo electrónico: [yproenza@uci.cu](mailto:yproenza@uci.cu)

Tutor: Ing. Adrián Gracia Aguila

Dirección de correo electrónico: [agracia@uci.cu](mailto:agracia@uci.cu)

## **RESUMEN**

El análisis e interpretación de los datos académicos para el Ministerio de Educación Superior es de gran importancia, para conocer el comportamiento de cada institución en todos los territorios. En la actualidad, esta información se recoge de forma local, dificultando así la toma eficiente de decisiones. Por tanto, se hace necesario la implementación de un sistema que permita tener la información de manera centralizada, accesible e identificada por zona geográfica.

La presente investigación contempla el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para gestionar los datos académicos en la Educación Superior. Su objetivo es visualizar y manejar información académica en la Educación Superior, geográficamente. Además, contribuirá en la disponibilidad de los datos y mejorará la toma de decisiones, logrando mayor calidad y exactitud.

## **PALABRAS CLAVE**

Análisis Espacial, Gestión Académica, Información Académica, Sistema de Información Geográfica.

## **ABSTRACT**

The analysis and interpretation of academic data for the Higher Ministry of Education is of a great importance to know the behaviour of every institution in all territories. Today this information is gathered locally, making it difficult in this way for the decision making. Therefore, it is necessary the implementation of a system that allows having the information centralized, accessible and identified according to the geographic area.

The present research is about the use of a Geographic Information System (GIS) to manage academic data in Higher Education. Its goal is to visualize and handle academic information in higher education geographically. It will also contribute to data availability and will improve decision making, achieving greater quality and accuracy.

## **KEYWORDS**

Academic Management, Academic Information, Geographic Information System, Spatial Analysis.

# Contenido

Introducción .....	1
<b>Capítulo 1: Fundamento teórico del Sistema de información Geográfica para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior.</b>	
<b>Herramientas y tecnologías .....</b>	<b>5</b>
1.1. Introducción .....	5
1.2. SIG .....	5
1.2.1. Componentes de un SIG .....	5
1.2.2. Conceptos asociados a los SIG .....	6
1.3. Gestión Académica .....	7
1.4. Análisis de soluciones similares.....	8
1.5. Herramientas y Tecnologías a utilizar para dar solución al problema .....	10
1.5.1. Plataforma GeneSIG 2.0 .....	11
1.5.2. Entorno de Desarrollo Integrado (IDE). NetBeans 8.1 .....	12
1.5.3. Metodología de desarrollo. <i>Agile Unified Process (AUP)</i> .....	13
1.5.4. Lenguaje de Modelado .....	15
1.5.5. Herramienta CASE. <i>Visual Paradigm for UML 8</i> .....	15
1.5.6. Sistema gestor de Base de Datos. PostgreSQL 9.3.....	16
1.5.7. PostGIS: la extensión geográfica del gestor seleccionado.....	16
1.5.8. Servidor de aplicaciones Apache 2.4.7 .....	17
1.5.9. Servidor de mapas MapServer 6.4.1.....	17
1.5.10. Lenguajes de programación del lado del servidor .....	18
1.5.10.1. PHP .....	18
1.5.10.2. PHP MapScript.....	18
1.5.10.3. HTML.....	19
1.5.11. Lenguajes de programación del lado del cliente.....	19
1.5.11.1. ExtJS 3.4 .....	19
1.6. Conclusiones parciales del capítulo.....	20
<b>Capítulo 2. Modelado del SIG para el análisis espacial de los resultados académicos .....</b>	<b>21</b>
2.1. Introducción .....	21
2.2. Modelo de dominio .....	21
2.2.1. Diagrama de clases del dominio .....	22
2.2.2. Glosario de términos del dominio .....	22
2.3. Requisitos.....	23

2.3.1.	Requisitos Funcionales.....	24
2.3.2.	Requisitos No Funcionales .....	27
2.4.	Descripción del Sistema.....	30
2.4.1.	Descripción de los Actores del Sistema.....	30
2.4.2.	Descripción de los Requisitos Funcionales.....	31
2.4.3.	Módulo de gestión.....	31
2.5.	Conclusiones Parciales del capítulo .....	32
<b>Capítulo 3: Construcción y validación del Sistema para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior .....</b>		<b>33</b>
3.1.	Introducción .....	33
3.2.	Arquitectura de software .....	33
3.2.1.	Patrones arquitectónicos .....	33
3.2.2.	Estilo arquitectónico.....	34
3.3.	Modelo de diseño .....	34
3.3.1.	Diagrama de clases del diseño para el <i>plugin</i> Gestionar Universidad .....	35
3.3.2.	Patrones de diseño de software .....	37
3.4.	Modelo de datos .....	38
3.5.	Modelo de implementación .....	39
3.6.	Modelo de despliegue .....	39
3.7.	Diagrama de componentes .....	40
3.8.	Pruebas al sistema.....	40
3.8.1.	Pruebas de caja negra.....	41
3.9.	Diseños de Casos de Prueba .....	42
3.10.	Resultados de las pruebas realizadas .....	43
3.11.	Conclusiones parciales.....	45
<b>Conclusiones generales .....</b>		<b>46</b>
<b>Recomendaciones.....</b>		<b>47</b>
<b>Referencias.....</b>		<b>48</b>

## Índice de tablas y figuras

Tabla # 3. Actores del sistema.....	30
Figura # 1. Diagrama de clases del modelo de dominio.....	22
Figura # 2. Representación del Diagrama de Clases del Diseño para el plugin Gestionar Universidad.....	36
Figura # 3. Modelo entidad-relación de la base de datos.....	38
Figura # 4. Representación del Diagrama de despliegue.....	39
Figura # 5. Representación de la Vista de componentes.....	40

## Introducción

La Gestión Académica se encarga de las tareas relativas a las cuestiones administrativas y académicas relacionadas con profesores y alumnos, así como de las tareas de soporte del servicio de la docencia que se imparte en sus diversos espacios. Esta juega un papel muy importante en el sector de la educación superior, para mejorar los índices de eficiencia y eficacia, como aporte al mejoramiento de la calidad de la educación (Blanco Hernández, y otros, 2007).

El poder competitivo de una organización educativa se basa entre otras cosas, en la calidad y volumen de la información que sea capaz de utilizar en la toma de decisiones.

El desarrollo actual de las tecnologías para el análisis de datos, facilita a las organizaciones comprender en mayor medida sus procesos y actuar de manera efectiva sobre los mismos. Las universidades son organizaciones donde es viable utilizar estas tecnologías para aumentar la eficiencia y calidad en el proceso de formación. (Reyes Dixon, y otros, 2015)

En la actualidad, la mayoría de las organizaciones educativas cuentan con sistemas de información que soportan gran parte de las actividades diarias propias del sector de negocios que corresponda.

Analizar los resultados de las evaluaciones es una tarea que se debería realizar para la toma de decisiones para el siguiente año o semestre. La clave está en comparar los resultados del año con los resultados de años anteriores y con los de otras instituciones. El análisis territorial de las variables académicas es un proceso vital para la dirección del Ministerio de Educación Superior en Cuba. Este proceso ocurre mediante encuentros o reuniones, donde participan representantes de todos los territorios del país. La información proviene de numerosas fuentes de información académica, procesada y centralizada para este proceso, pero manejada en distintas herramientas (Access, Visual Studio, Excel) para añadir, borrar, modificar y analizar los datos, lo que hace que estos posean diferentes formatos y estructuras. Cuando se realiza el análisis, lo territorial podría interpretarse más fácilmente si se usa una referencia en un mapa, para resaltar determinada región o zona del país, ya que un mapa tiene propiedades métricas, lo que significa que ha de ser posible tomar medidas de distancias, ángulos o superficies sobre él y obtener un resultado que se puede relacionar con las mismas medidas realizadas en el mundo real. Existen diferentes tipos de reportes estadísticos que no pueden realizarse teniendo en cuenta la información espacial o geográfica de los resultados, que podría mejorar la interpretación espacial de los mismos, es decir, clasificar teniendo en cuenta las regiones o zonas geográficas e identificar territorios con mayores problemas.

Gran parte de la información tratada por instituciones educativas tienen relación con datos espaciales, lo que demuestra que la toma de decisiones depende de la calidad, exactitud y actualidad de esta información espacial; es aquí donde intervienen los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que según (Olaya, 2011) “...es un sistema que integra tecnología informática e información geográfica y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados”.

Este tipo de sistema tiene gran importancia porque provee soluciones para muchos problemas frecuentes, como el acceso a varios tipos de información como distribución o dispersión de la población, número de habitantes, nivel cultural, costumbres, desarrollo económico y social, calidad del transporte, calificaciones, eficiencia de los programas de estudio y muchos más, que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Además, esta tecnología permite almacenar y manipular información usando análisis de patrones, relaciones y tendencias en la información, con el objetivo de ayudar en la toma de mejores decisiones.

Los SIG, se emplean en el mundo en casi todas las ramas de la ciencia y la tecnología, donde se destacan: las investigaciones científicas, la evaluación del impacto ambiental, el *marketing*, entre otras.

A partir de esta situación problemática se identifica el siguiente **problema a resolver** ¿Cómo mejorar los resultados del análisis territorial de la promoción en la Educación Superior cubana?

Se define como **objeto de estudio** el análisis espacial de la información académica. Devenido consecuentemente de éste, se propone como **campo de acción** el análisis espacial de los resultados de la promoción en instituciones de la Educación Superior en Cuba. Para solucionar el problema expuesto anteriormente, se plantea como **objetivo general** elaborar un SIG para realizar el análisis espacial de información de resultados de la promoción en la Educación Superior Cubana.

Durante el transcurso de esta investigación se sostienen las siguientes **preguntas científicas**:

- ¿Qué factores influyen negativamente en la precisión de los análisis territoriales de la promoción?
- ¿Cómo influye la imposibilidad de asignar un carácter geográfico o espacial a las variables de promoción en los análisis estadísticos?
- ¿Cómo se puede mejorar la precisión de los análisis territoriales de la promoción?

- ¿Qué elementos deben considerarse para el análisis espacial de resultados de promoción?
- ¿Cómo influye el empleo de los SIG en la representación y análisis de los resultados de promoción?

Para guiar la investigación y brindar solución al problema planteado anteriormente, se planifican las siguientes **tareas**:

1. Análisis de los problemas que afectan la Gestión Académica.
2. Caracterización de sistemas similares existentes en el mundo.
3. Selección de las herramientas y tecnologías a utilizar en el proceso de desarrollo del SIG para la gestión académica en la educación superior.
4. Implementación de las funcionalidades definidas para el sistema.
5. Realización de pruebas al sistema para la verificación del cumplimiento de las funcionalidades de dicha aplicación.

Para guiar la investigación se utilizan Métodos Científicos tanto teóricos como empíricos.

#### **Métodos teóricos:**

- Analítico - Sintético, para realizar un estudio en profundidad de la bibliografía especializada en cuanto a los SIG y en otros aspectos esenciales de la gestión académica, con el fin de identificar elementos claves que contribuyen a la solución del problema planteado. Este método permitió entender la problemática, el proceso de análisis de promoción, así como identificar los elementos que se relacionan con el tema espacial.
- Histórico - Lógico con el objetivo de observar la evolución del proceso de gestión académica, cuando fue cobrando importancia el análisis espacial al crear gran número de universidades y aumentar el proceso de enseñanza educativa y con esto el desarrollo de los sistemas de Gestión Académicas.

#### **Métodos empíricos:**

- Entrevista, para definir los requisitos funcionales y no funcionales con los que debe cumplir el SIG, actividad que constituye el cimiento para el diseño y la implementación. Además, este último ayuda a comprender la relación de las clases del dominio relacionado con el proceso que se desea informatizar.

La investigación tiene como **posibles resultados** un SIG para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior, proponiendo como nombre del sistema **SIGES** (Sistema de Información Geográfica para la Educación Superior), así como los artefactos ingenieriles asociados al desarrollo del sistema.

Esta investigación está estructurada en tres capítulos. El primer capítulo recoge toda la teoría relacionada con el proceso a automatizar, así como las tecnologías y herramientas a utilizar. En el segundo capítulo se determinan las funcionalidades que brinda el sistema además, se recoge el modelado y diseño del mismo; en el tercer capítulo se cuenta con el modelo de implementación, muestra los resultados, de los casos de prueba realizados y del estudio de factibilidad.

# Capítulo 1: Fundamento teórico del Sistema de Información Geográfica para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior. Herramientas y tecnologías

## 1.1. Introducción

En la actualidad, el uso de los SIG se encuentra ampliamente diversificado, permitiendo que se aprovechen sus ventajas en muchas áreas de la ciencia y la tecnología. Para lograr un mejor entendimiento, en este capítulo se definen conceptos de gran importancia para la investigación, se analizan soluciones existentes hasta el momento en Cuba y en otros países ante situaciones similares. Además, teniendo en cuenta el estudio del estado del arte y la caracterización de los SIG desarrollados, se definen las tecnologías a utilizar para dar solución al problema.

## 1.2. SIG

Debido al creciente uso y desarrollo de los SIG, existen diversas definiciones formales con respecto a ellos. Según el autor (Olaya, 2011) *“(...) un SIG es un sistema que integra tecnología informática e información geográfica y cuya principal función es capturar, analizar, almacenar, editar y representar datos georreferenciados”*. El mismo autor argumenta que es una herramienta para trabajar con información georreferenciada y que en esa definición puede entrar un gran número de tecnologías y de otros elementos no tecnológicos.

Por otra parte, (Esri, 2010) afirma que un SIG *“(...) integra hardware, software y datos para capturar, gestionar, analizar y mostrar todas las formas de información geográficamente referenciada. Un SIG nos permite ver, comprender, cuestionar, interpretar y visualizar los datos de muchas maneras que revelan las relaciones, patrones y tendencias en forma de mapas, globos terráqueos, informes y gráficos. Un SIG ayuda a responder preguntas y resolver problemas al examinar sus datos de una manera que se entienda de forma rápida y fácil de compartir”*

De las definiciones anteriormente analizadas, en la presente investigación se considera y se adopta la dada por Olaya, considerando que integra todos los elementos necesarios a tener en cuenta.

### 1.2.1. Componentes de un SIG

Según (Olaya, 2011), los elementos que conforman un SIG son los siguientes:

**Equipos (Hardware):** Equipo tecnológico en donde opera el SIG.

**Programas (Software):** Brindan las herramientas que posibilitan la entrada y manipulación de los datos, el análisis, la visualización, las búsquedas y la administración de las bases de datos. Estos son los elementos de un SIG:

- Sistema gestor de base de datos.
- Una interfaz gráfica de usuarios para el fácil acceso a las herramientas.
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica.
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

**Datos:** Son elementos clave de un SIG, pues sin ellos el resto de los componentes no tienen utilidad alguna.

**Recurso humano:** Para el correcto funcionamiento de los SIG se necesita personal capacitado para operar, desarrollar y administrar el sistema. Los usuarios de SIG varían desde especialistas técnicos, que diseñan y mantienen el sistema, hasta aquellos que lo utilizan para ayudar a realizar sus tareas diarias.

**Procedimientos:** Los SIG deben operar acorde con un plan bien diseñado, con reglas claras del negocio, que son los modelos y las prácticas operativas características de cada organización.

### 1.2.2. Conceptos asociados a los SIG

En aras de lograr un mejor entendimiento de los temas abordados en la investigación, se hace necesario esclarecer un conjunto de conceptos asociados, los cuales se muestran a continuación:

**Georreferencia:** *“Consiste en ubicar un objeto en el espacio tridimensional con respecto a la tierra utilizando un sistema de coordenadas.”* (Aviation, 2000)

**Cartografía:** *“El término cartografía se refiere al ejercicio de hacer mapas. La palabra es una mezcla muy interesante del francés y del griego, Carte es una palabra francesa que significa mapa, mientras que grafía es de origen griego y se refiere a escritura.”* (Biblioteca virtual- BR, 2014)

**Mapa:** *“Representación geográfica de la Tierra o parte de ella en una superficie plana. Representación geográfica de una parte de la superficie terrestre, en la que se da información relativa a una ciencia determinada. Representación gráfica de la distribución de las estrellas o de la superficie de un cuerpo celeste”* (Real Academia Española, 2013). También se conoce como una *“representación gráfica y métrica de una porción de territorio sobre una superficie*

*bidimensional, que por lo general suele ser plana, aunque también puede ser esférica como en el caso de los globos terráqueos” (Hernández Barrios, 2011).*

**Zoom:** *“Objetivo fotográfico o cinematográfico que mantiene enfocada la imagen al variar la distancia focal” (The free dicctionary, 2014).*

### **1.3. Gestión Académica**

La Gestión Académica tiene como objetivo principal llevar un control detallado del rendimiento académico del alumno, tomando como referencia la información relativa a las materias, contenidos entregados y evaluaciones de profesores. La información histórica de los programas de estudio, los resultados finales de los alumnos y el contenido de materias realizadas a los efectos de la trazabilidad de esta información incide en el otorgamiento de créditos académicos, certificados y títulos expedidos. Realizar un análisis estadístico de las promociones en los diferentes centros de enseñanza superior es una tarea fundamental para la Educación Superior. Con estos datos se puede crear una imagen clarificadora del estado actual, que ayude a mejorar la gestión de los resultados académicos para siguientes años. (Teconología y Servicio S.A., 2009)

### **1.4. Análisis espacial**

El análisis espacial estudia las relaciones de proximidad-distancia de los elementos en el espacio, optimizando su ubicación y ayudando a la correcta toma de decisiones. El análisis espacial pone en evidencia estructuras y formas de organización espacial recurrentes, que resumen por ejemplo los modelos centro-periferia, los campos de interacción de tipo gravitatorio, las tramas urbanas jerarquizadas, los diversos tipos de redes o de territorios, etc.

Analiza los procesos que se encuentran en el origen de esas estructuras, a través de conceptos como los de distancia, de territorialidad, de interacción espacial, de alcance espacial, de polarización, de centralidad, de estrategia o elección espacial.

Las leyes de la espacialidad vinculan esas formas y esos procesos, y están integradas en las teorías y los modelos del funcionamiento y la evolución de los sistemas espaciales.

Este tipo de análisis se aplica en campos relacionados con la ordenación del territorio (urbanismo, *geomarketing*, desarrollo rural, realización de obras públicas, ubicación óptima

de elementos, prevención de riesgos naturales, turismo, etc.), y sus resultados han dado interesantes frutos en estudios de otras disciplinas afines a la geografía como la economía espacial, la historia, la agronomía, la arqueología o las ciencias medioambientales. A través de ellos se establecen: (Gealntec, 2016)

- Relaciones de proximidad.
- Conectividad.
- Áreas de influencia.
- Cálculo de rutas.
- Control de flotas.
- Estudio de redes.

### **1.5. Análisis de soluciones similares**

Actualmente en Internet se encuentran publicados diversos sistemas que permiten gestionar la información académica y se dedican a facilitar la planificación, organización, gestión y control académico de los datos. Sin embargo, las funcionalidades que estos brindan no permiten asignar un carácter geográfico o espacial a las variables de promoción en análisis estadísticos. No obstante, poseen características comunes, por lo cual los sistemas creados con otros fines, sirven de referencia para la construcción de un sistema que brinde solución al problema a resolver.

A continuación, se presentan los principales Sistemas de Gestión Académica estudiados:

**El Servicio de Gestión Académica de la Universidad de Cantabria:** tal y como se describe en (Universidad de Cantabria, 2015), este sistema tiene como objetivo principal lograr la satisfacción del estudiante en los procesos administrativos y de gestión de su vida académica. Procesos como la gestión de la oferta académica y de los planes de estudios oficiales y propios, información académica, acceso a la Universidad, procesos de preinscripción, admisión y matrícula, gestión de expedientes, becas y ayudas al estudio, solicitud de títulos, así como coordinar, dar soporte y apoyo a las Secretarías de los Centros y Departamentos Universitarios.

El sistema cuenta con varias funcionalidades como consultar el resultado de las evaluaciones en las asignaturas matriculadas en el curso actual, consulta del expediente para obtener las calificaciones finales en el curso actual y los anteriores. Al pie del expediente se incluye la nota media oficial y la suma de créditos superados, matriculados y que faltan para completar la titulación. También se consulta del plan de estudios con un listado completo de las asignaturas del plan de estudios en el que el alumno está matriculado, con indicación de

horario y profesor de cada asignatura, y número de plazas libres. Información de asesoramiento, instancias para realizar solicitudes académicas (cambio de asesor, renuncia de convocatoria, etc.). Además, contiene un historial de rendimiento y nota media con el histograma de rendimiento académico por cursos, con indicación del número de créditos superados en las convocatorias ordinarias y extraordinarias de cada curso. Se incluye también la nota media de la Escuela, y el ranking del alumno en su promoción. El ranking se muestra únicamente a los alumnos que han superado todas las asignaturas de su titulación, sin contar el Proyecto Fin de Carrera. Muestra el horario del curso académico actual, comprobación previa a la automatrícula para verificar que se cumplen los requisitos para acceder a la matrícula de un nuevo curso, todas las asignaturas matriculadas en el curso anterior están calificadas, el plazo de automatrícula está abierto, no hay documentación pendiente.

A pesar de que el Servicio de Gestión Académica de la Universidad de Cantabria no es un SIG, se observa que este ofrece un listado de funcionalidades para gestionar la información académica docente. Elementos que también se toman como referencias para la confección la solución propuesta.

**Área de Gestión Universitaria de Murcia:** como se describe en (Universidad de Murcia, 2015), junto con las Secretarías de los Centros, el Área tiene la misión de ser el soporte administrativo de la vida académica de los alumnos de Grado, generando gran parte de la información administrativa relativa a las siguientes funciones.

Gestión administrativa de las pruebas de acceso a la Universidad, Planes de Estudio y Oferta de Enseñanzas, Gestión de los procesos de preinscripción, matrícula y normativa general académica de títulos de Grado, Coordinación de las Secretarías de los Centros y de la información académica, Gestión de las solicitudes y reclamaciones en materia de gestión académica y Gestión de las solicitudes de Evaluación Curricular por Compensación.

En el caso de Cuba, entre algunos de los ejemplos se encuentran los Sistemas de Gestión Universitaria de la Universidad Central de Las Villas (UCLV) y la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI) los cuales vinculan a toda la comunidad educativa, mejorando todos los procesos de aprendizaje y la gestión institucional. Ambos logran la eficiencia en el proceso de gestión académica.

Estos sistemas son de gran importancia, sin embargo, no resuelve el problema de la presente investigación. No obstante, aportan elementos que se toman como referencias en la confección de la solución, tales como los resultados académicos de los estudiantes.

Por otra parte, existen diversos SIG referentes a la toma de decisiones en numerosos países, los cuales son de gran ayuda para facilitar el análisis espacial y las tareas administrativas, pero ninguno de estos se utiliza para mejorar la precisión de los análisis territoriales de las promociones en la educación.

La UCI ha contribuido significativamente al desarrollo de los SIG. Uno de sus principales logros es GeneSIG, una plataforma soberana desarrollada conjuntamente con la Empresa de Tecnologías de Información para la Defensa (XETID) y los especialistas de la empresa GEOCUBA (UCI, 2010). La misma es una herramienta web, donde uno de sus objetivos es servir de soporte en el desarrollo de aplicaciones SIG.

**El SIG-ESAC** como se describe en (Fernández Nuñez, Héctor Manuel, 2006), puede ser utilizado por todo el personal de salud pública que requiere de la realización de mapas y de gráficos, ya sea para la confección de informes, presentación de resultados, ponencias etc. y al mismo tiempo, con pequeñas adaptaciones en la representación espacial de la información, se pueden hacer algunos estudios epidemiológicos o de otros tipos.

Es un SIG especializado en epidemiología y que contiene múltiples herramientas, entre las que se destacan la posibilidad de la estimación de riesgo, el cálculo de diferentes tipos de tasas, construcción de índices complejos de salud y otras.

**El SIG del municipio de Mérida** como se describe en (Dirección de Catastro Municipal, 2015), cuyo objetivo fundamental es la administración, modelado y análisis de información espacial, en este caso del Municipio de Mérida, para el conocimiento de su territorio y la ubicación de los diferentes elementos geográficos, es por lo anterior que la información que es representada está basada en la que día a día genera el Ayuntamiento de Mérida, así como elementos adquiridos de fuentes confiables que proporcionan una referencia idónea para la ubicación de algún sitio del equipamiento urbano y rural, información estadística de las diferentes situaciones socioeconómicas que se viven en el municipio entre otras.

Luego del análisis de diversos Sistemas de Gestión Académica, se aprecia que sirven de apoyo. Estos sistemas guardan estrecha relación con el objetivo de la investigación, pero solo sirven de guía para el desarrollo de la solución propuesta. Además, después del análisis realizado sobre los SIG desarrollados, se puede decir que no existe ninguno dedicado al tema en cuestión, aunque constituyen buenos ejemplos para el desarrollador.

## **1.6. Herramientas y tecnologías a utilizar para dar solución al problema**

Actualmente el desarrollo de las tecnologías de la información es cada vez más elevado. Esto trae consigo que exista gran diversidad de herramientas de software para el trabajo de

desarrollo de una aplicación informática. Por tal motivo, se hace imprescindible seleccionar cuidadosamente las herramientas a utilizar para desarrollar un buen producto informático. Es por ello que a continuación se analizan diversos métodos y herramientas.

### 1.6.1. Plataforma GeneSIG 2.0

La plataforma GeneSIG es una herramienta que permite realizar representaciones y análisis de información referenciada geográficamente (UCI, 2010). Posee una estructura basada en *plugins*, lo que la convierte en una plataforma con un alto grado de interoperabilidad debido a que permite agregar o quitar componentes de manera sencilla. De igual modo permite separar los servidores de bases de datos y web en dos estaciones de trabajo diferentes, balanceando la carga del sistema, aumentando su disponibilidad y disminuyendo la posibilidad de fallas (Castañeda Rodríguez, 2011).

El tema de seguridad en GeneSIG es primordial, por lo que incluye un módulo encargado del tratamiento de la información teniendo en cuenta criterios de roles y permisos sobre los recursos que maneja. Es un producto totalmente desarrollado y logrado sobre software libre que permite la personalización de sus funcionalidades a cualquier negocio que lo requiera a través de la reutilización de sus componentes. Brinda servicios de georreferenciación y localización de recursos, así como la inclusión de datos y ubicación de nuevos objetos sobre mapas.

Cumple y respeta la estructuración y el diseño propuestos por CartoWeb, pero solo utiliza los paquetes a los cuales le realizará cambios o aportes funcionales. Presenta también un abanico bastante completo de características propias de un geoportal<sup>1</sup>, con posibilidad de ir añadiendo o desarrollando nuevos *plugins*. Y es precisamente a través de estos *plugins* agregados de forma convencional, que GeneSIG posee un amplio conjunto de funcionalidades, que actúan como herramientas de la misma plataforma y le brindan la posibilidad de ser altamente modular y escalable.

Entre sus principales módulos se encuentran:

**Módulo de Navegación:** Se encarga de gestionar toda la interacción del usuario con la interfaz visual donde se encuentra el mapa y garantiza que este pueda realizar las operaciones de movimiento, acercamiento y alejamiento en sus diferentes variantes.

---

<sup>1</sup> Geoportal: es un punto de acceso vía Internet a información geográfica.

**Módulo de Selección:** Ofrece la posibilidad de selección de objetos geográficos dentro de las capas seleccionables definidas y realizar operaciones de consulta o persistencia de selección.

**Módulo de Consulta Espacial:** Permite consultar espacialmente objetos puntuales o los determinados por un área que defina el usuario, rectangular, circular o poligonal.

**Módulo de Análisis:** Ofrece la posibilidad de realizar análisis espacial sobre el mapa como cálculo de distancias, superficies y localizaciones.

**Módulo de Configuración del Mapa:** Permite la configuración de la aplicación para el manejo de los datos del mapa, unidades de medidas, tipo de coordenadas, proyección, entre otros.

**Módulo de Impresión:** Ofrece la posibilidad de impresión del área que defina el usuario en el formato de papel que corresponda.

**Módulo de Catálogo:** Posibilita la configuración de la representación del mapa en cuanto a estilos y simbología desde una interfaz amigable.

**Módulo de Servicios:** Realiza operaciones relacionadas con la gestión de las capas, como selección y agregado de nuevas capas en diferentes formatos y conexión a servicios de mapas.

**Módulo de Edición:** Realiza operaciones de edición que permiten a los usuarios insertar nuevos objetos geográficos a capas temporales.

**Módulo de Ayuda:** Relaciona opciones de apoyo al usuario para el trabajo con la plataforma. La arquitectura de la plataforma GeneSIG es una arquitectura distribuida, empleando como base cartográfica una información certificada por especialistas que laboran en su desarrollo, y sobre ella un conjunto de objetos representados geoespacialmente que contienen información asociada. El sistema tiene una arquitectura cliente-servidor, orientada a objetos y basada en componentes.

### 1.6.2. Entorno de Desarrollo Integrado. NetBeans 8.1

Netbeans es un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) que permite crear aplicaciones de escritorio, aplicaciones web, entre otras. Es una aplicación gratuita y sin restricciones de uso. La plataforma NetBeans permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos. Un módulo es un archivo Java el cual contiene un conjunto de clases escritas para interactuar con las API's (*Application Programming Interface*, por sus siglas en inglés) de NetBeans y un archivo especial (manifest file) que se encarga de identificarlo como módulo. Las aplicaciones construidas a partir de módulos pueden ser extendidas agregándole nuevos módulos. Debido a que los módulos pueden ser desarrollados independientemente, las

aplicaciones basadas en la plataforma NetBeans pueden ser extendidas fácilmente por otros desarrolladores de software. (Moreta Fernández, 2013)

Las principales características del NetBeans son:

- Entorno de desarrollo multiplataforma, multilenguaje y amigable tanto para usuarios novatos como para profesionales.
- Disponible en muchos idiomas.
- Es de código abierto.
- Desarrollado por módulos. Brinda la posibilidad de agregar nuevos módulos para aumentar su funcionalidad.
- Cuenta con una amplia documentación y una gran comunidad de usuarios.
- Admite distintos tipos de lenguaje como PHP, C++ y Java.

### **1.6.3. Metodología de desarrollo. *Agile Unified Process (AUP)***

Una metodología de desarrollo en ingeniería de software es un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo en sistemas informáticos.

Existen metodologías ágiles y robustas. Las metodologías ágiles son apropiadas para guiar proyectos de poco volumen que requieran una rápida implementación. Las metodologías robustas pueden ser empleadas para guiar el proceso de desarrollo de proyectos grandes o pequeños, aunque son más apropiadas para proyectos grandes que por su importancia requieren una fuerte planificación (Ramírez Martín, y otros, 2009).

El sistema a implementar es sencillo en cuanto a su volumen y su implementación se debe realizar en un tiempo relativamente corto y limitado. Teniendo en cuenta estas características y la definición de metodología ágil y robusta que se detalla anteriormente, lo más indicado es utilizar una metodología ágil.

Al no existir una metodología de software universal, ya que toda metodología debe ser adaptada a las características de cada proyecto (equipo de desarrollo, recursos, etc.) exigiéndose así que el proceso sea configurable. Se decide hacer una variación de la metodología AUP, de forma tal que se adapte al ciclo de vida definido para la actividad productiva de la UCI.

Una metodología de desarrollo de software tiene entre sus objetivos aumentar la calidad del software que se produce, de ahí la importancia de aplicar buenas prácticas, para ello es necesario apoyarse en el Modelo CMMI-DEV v1.3. El cual constituye una guía para aplicar las mejores prácticas en una entidad desarrolladora. Estas prácticas se centran en el desarrollo de productos y servicios de calidad.

- AUP abarca siete flujos de trabajo, cuatro ingenieriles y tres de apoyo: Modelado, Implementación, Prueba, Despliegue, Gestión de configuración, Gestión de proyectos y Ambiente. El Modelado agrupa los tres primeros flujos de RUP (Modelamiento del negocio, Requisitos y Análisis y Diseño).
- Dispone de cuatro fases igual que RUP: Creación, Elaboración, Construcción y Transición.
- La metodología AUP se basa en los principios de simplicidad y agilidad: todo se describe concisamente utilizando poca documentación, no miles de ellas. Además de centrarse en actividades de alto valor, no en todo el proyecto. Se puede usar cualquier conjunto de herramientas para trabajar con ella, siempre que sean las más adecuadas.

#### **Descripción de los Flujos de Trabajo ingenieriles:**

- Modelado: flujo de trabajo que tiene el objetivo de entender el negocio de la organización, el dominio del problema que se aborda en el proyecto y determinar una solución viable para resolver el problema.
- Implementación: tiene como objetivo transformar los modelos en código ejecutable y realizar un nivel básico de las pruebas, en particular, la unidad de pruebas.
- Prueba: tiene como objetivo realizar una evaluación objetiva para garantizar la calidad: incluye la búsqueda de defectos, validar que el sistema funciona tal como está establecido y verificar que se cumplan los requisitos.
- Despliegue: su objetivo es el plan para la prestación del sistema y la ejecución de dicho plan para que el sistema quede a disposición de los usuarios finales.

Esta metodología ya ha sido utilizada por el desarrollador anteriormente, por lo que se cuenta con experiencia en su uso; además es la utilizada en el proyecto donde radica el desarrollador. Todos estos aspectos hacen de AUP la metodología ideal para el desarrollo del producto.

#### **1.6.4. Lenguaje de Modelado**

Un lenguaje de modelado consta de vistas, diagramas, elementos de modelo, símbolos utilizados en los modelos y un conjunto de mecanismos generales o reglas que indican cómo utilizar los elementos.

En todas las disciplinas de la Ingeniería se hace evidente la importancia de los modelos ya que describen el aspecto y la conducta de "algo". Ese "algo" puede existir, estar en un estado de desarrollo o estar todavía en un estado de planeación. Para realizar los modelos del sistema propuesto se hará uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML, por sus siglas en inglés), porque permite “visualizar, especificar, construir y documentar los artefactos generados en el desarrollo de un sistema” (Jacobson, y otros, 2004). La visualización, especificación, construcción y documentación de los artefactos generados se realiza a través de diagramas, así como las relaciones entre los diferentes componentes y objetos.

Permite la modificación de todos sus miembros mediante estereotipos y restricciones. Su utilización es independiente del lenguaje de programación y de las características de los proyectos, ya que ha sido diseñado para modelar cualquier tipo de proyectos, tanto informáticos como de arquitectura, o de cualquier otra rama. Está consolidado como el lenguaje estándar en el análisis y diseño de sistemas de cómputo y se usa solo para modelar sistemas que usan tecnología orientada a objetos.

Este lenguaje de modelado es necesario para el sistema que se desea desarrollar, porque es de fácil entendimiento para todo tipo de roles. Además, este lenguaje de modelado genera la documentación de todo el ciclo de desarrollo, con vista a facilitar el mantenimiento, actualización y reutilización.

#### **1.6.5. Herramienta CASE. *Visual Paradigm for UML 8***

Las herramientas Ingeniería de Software Asistida por Computadora (CASE, por sus siglas en inglés) son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el coste de las mismas en términos de tiempo y de dinero.

Para apoyar el modelado de los diagramas se hará uso de la herramienta CASE *Visual Paradigm for UML 8*, la cual soporta hasta la versión 2.1 de UML y permite modelar los procesos del negocio, la base de datos y las clases del sistema de manera visual. También soporta patrones de diseño para lograr mejores prácticas y permite la conexión a repositorios como: el CVS (*Concurrent Versions/Versioning System*) y el Subversion.

Esta herramienta presenta gran usabilidad, porque los diagramas se agrupan por categorías, permitiendo al usuario una rápida localización de la información y configuración de los estilos y formatos de los diagramas incorporando imágenes y estereotipos. Así como la exportación de los diagramas en formato de imagen. Por último, se puede decir que es una herramienta multiplataforma, siendo esta la característica que decidió su uso. (VisualParadigm, 1999)

### **1.6.6. Sistema gestor de Base de Datos. PostgreSQL 9.3**

Un Sistema Gestor de Base de Datos es un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan, y controlar la entrada y salida de datos de la base de datos, manteniendo la integridad de la misma. La importancia de su uso es que proporcionan a los usuarios la capacidad de almacenar datos en la base de datos, acceder a ellos y actualizarlos.

Durante el transcurso de la investigación, se emplea PostgreSQL, el cual es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional. Se encuentra distribuido bajo licencia BSD y tiene su código fuente disponible libremente. Es uno de los sistemas de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado. Utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Esto ofrece como ventaja que un fallo en uno de los procesos no afecte al resto, garantizando así que el sistema continúe funcionando.

Entre sus principales características se encuentra la creación de copias de seguridad mientras se usa la base de datos, lo que permite salvar las operaciones realizadas cuando ocurra un suceso inesperado. Además, utiliza para el control de concurrencia un modelo multiversión, creando una “copia” de la base de datos para cada usuario. Los cambios que se realicen solo se reflejarán en la base de datos del sistema cuando hayan finalizado todas las operaciones, actualizando posteriormente todas las “copias” a todos los usuarios conectados. De esta forma se protegen las transacciones y permite que múltiples usuarios trabajen simultáneamente sobre una misma base de datos sin que ocurran interbloqueos en la ejecución de las consultas (PostgreSQL, 2009).

Debido a sus características y potencialidades, se selecciona a PostgreSQL en su versión 9.3 como el sistema de gestión de base de datos para el desarrollo de la aplicación.

### **1.6.7. PostGIS: la extensión geográfica del gestor seleccionado**

Es una extensión de datos espaciales para PostgreSQL. Añade soporte para objetos geográficos que permite consultas de ubicación para ser ejecutadas en SQL

PostGIS 2.1.0: Es una versión estable y liberada de PostGIS, extensión de PostgreSQL que la convierte en una Base de Datos Espacial. Posee soporte de datos raster y vectoriales. Es compatible con el servidor de mapas MapServer. (MappingGIS, 2015)

### **1.6.8. Servidor de aplicaciones Apache 2.4.7**

Apache es un servidor web multiplataforma de código abierto. Es modular (basado en módulos), donde cada módulo ofrece un grupo de funcionalidades específicas al servidor. Es uno de los servidores web más utilizado en Internet, lo que facilita el acceso a la documentación. Provee un alto nivel de seguridad y eficiencia, permitiendo además el uso de una versión local, la cual hace posible que el servidor actúe como servidor y cliente al mismo tiempo, creando así la posibilidad de pre visualizar y probar el código mientras este es desarrollado (Apache, 2013). A partir de estas características, se decide utilizar Apache versión 2.4.7 como servidor web.

### **1.6.9. Servidor de mapas MapServer 6.4.1**

MapServer es un entorno de desarrollo o plataforma de código abierto para la publicación de datos espaciales y aplicaciones cartográficas en Internet/Intranet. Permite visualizar, consultar y analizar información geográfica a través de la red mediante la tecnología Internet MapServer. Ofrece la posibilidad de ser utilizado como servidor de mapas de terceros programas y admite múltiples formatos de datos vectoriales, características que hacen de MapServer una herramienta potente (Sphinx, 2014).

Por otra parte, esta es la herramienta utilizada en el proyecto donde radica el equipo de desarrollo, por lo que se cuenta con abundante bibliografía y con personal experimentado en su uso. Todo esto hace de MapServer el servidor de mapas ideal para el desarrollo de la aplicación que brinda solución al problema de la investigación, por tal motivo se decide emplear la versión 6.4.1 de esta plataforma.

Entre las características más relevantes de este servidor se destaca la presencia de soporte para datos ráster (TIFF/GeoTIFF, EPPL7) y vectoriales (ESRI shapefiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL) y la posibilidad de integración con las bibliotecas GDAL y OGR, para aumentar el número de formatos soportados. Otra característica importante es su capacidad de trabajar de forma interoperable con diversos SIG y aplicaciones que siguen las especificaciones establecidas por el OGC. Esta última característica es la que permite la

publicación de un fichero de mapa como servicio Web de mapas, posibilitando que puedan establecerse mecanismos de caché entre las aplicaciones clientes y el servidor de mapas.

## **1.6.10. Lenguajes de programación del lado del servidor**

### **1.6.10.1. PHP**

“Acrónimo recursivo de *Hypertext Preprocessor*, PHP es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML” (Anónimo, 2013).

Es un lenguaje del lado del servidor, por lo que su código se ejecuta en el servidor y el cliente solo recibe una página con el código HTML resultante de la ejecución PHP independientemente del código origen en el servidor. Las páginas que se ejecuten en el servidor tendrán acceso a bases de datos, conexiones de red y otras funcionalidades para crear la página resultante.

Es soportado por un grupo de programadores, lo que posibilita que los fallos de funcionamiento se encuentren y reparen rápidamente. Es simple comparado con otros lenguajes, facilitando el proceso de actualización y/o migración de código, además soporta conexiones a una gran cantidad de bases de datos (como: PostreSQL, MySQL, Oracle, entre otras), y ofrece una solución simple y universal a la paginación dinámica (Anónimo, 2013).

Se escoge PHP5 como lenguaje de programación debido a que, complementando lo planteado anteriormente, proporciona una gran mezcla entre rendimiento y flexibilidad en la realización de páginas dinámicas, además el equipo de desarrollo cuenta con experiencia en la implementación de aplicaciones web usando PHP como lenguaje.

### **1.6.10.2. PHP MapScript**

Es un módulo para PHP que permite acceder a la API (Application Programming Interface) de MapServer. Carga las capas configuradas en un mapfile al inicializar y permite modificar, cambiar e incluso agregar más capas.

Las librerías MapScript de PHP constituyen la vía de comunicación de las aplicaciones SIG con el servidor de mapas MapServer y por otra parte rompen en cierta medida ésta rigidez de la representación de mapas a través de los ficheros “Mymapfile.map” permitiendo modificar el mapfile en tiempo de ejecución, a los cuales se les conoce como mapfile dinámicos, facilitando de esta forma la creación de aplicaciones con un grado de personalización mayor. (Jaime M. Tan Nozawa, 2007)

### **1.6.10.3. HTML**

Se utiliza el lenguaje de marcado diseñado para estructurar textos y generar páginas Web, HTML, por sus siglas en inglés: HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto); específicamente para describir la estructura y el contenido en forma de texto, así como completar el texto con objetos tales como imágenes.

La mayoría de las etiquetas del lenguaje HTML son semánticas. Este es extensible por lo que se pueden añadir características, etiquetas y funciones adicionales para el diseño de páginas Web, generando así un producto rápido y sencillo.

Además de ser el lenguaje utilizado para la creación de páginas Web, se puede decir que los documentos HTML no son documentos de texto normal, sino documentos de hipertexto ya que en el propio documento aparecen enlaces a otros documentos. Es un estándar reconocido en todo el mundo. Este posibilita que una misma página HTML se visualice de forma muy similar en cualquier navegador de cualquier sistema operativo y es un lenguaje reconocido universalmente por lo que permite publicar información de forma global. Además, puede ser utilizado en muchas aplicaciones electrónicas como buscadores, tiendas online y bancos electrónicos para dar estructura a una página Web. (Galeano Gil, y otros, 2016)

### **1.6.11. Lenguajes de programación del lado del cliente**

Usado principalmente en su forma del lado del cliente, JavaScript es un lenguaje interpretado, es decir que su código no se compila, sino se ejecuta a través de un intérprete. Este lenguaje es utilizado mayormente en páginas web. Todos los navegadores modernos interpretan el código JavaScript de las páginas web, el cual tiene integrado para tal propósito una implementación del Modelo de Objetos de Documentos (Mozilla Developer Network, 2005).

Es un lenguaje débilmente tipado, orientado a objetos y dinámico. Esta última característica permite responder a eventos en tiempo real y cambiar el aspecto de la página a gusto del usuario. Dado que el código JavaScript puede ejecutarse localmente en el navegador del usuario en lugar de hacerlo en un servidor remoto, puede responder a las acciones del usuario con rapidez, haciendo a la aplicación más sensible. Incluye los elementos necesarios para que los scripts puedan acceder a la información de una página y puedan actuar sobre la interfaz del navegador.

Teniendo en cuenta lo anterior, se selecciona a JavaScript como el lenguaje de programación del lado del cliente ya que garantiza flexibilidad y rapidez a la aplicación, independientemente del navegador que utilice el cliente.

#### **1.6.11.1. ExtJS 3.4**

JS Ext o ExtJS es una biblioteca JavaScript que incluye: componentes UI del alto rendimiento y personalizables, modelo de componentes extensibles, un API fácil de usar y licencias *OpenSource* y comerciales. Permite crear aplicaciones complejas utilizando componentes predefinidos, así como un manejador de *layouts*, que le posibilita proveer una experiencia consistente sobre cualquier navegador, evitando validar que el código escrito funcione bien en cada uno (Firefox, IE, Safari, etc.). La ventana flotante que provee JS Ext se considera excelente por la forma en la que funciona. Al moverla o redimensionarla solo se dibujan los bordes haciendo que el movimiento sea fluido. Además, brinda los siguientes beneficios:

- Balance entre Cliente– Servidor: La carga de procesamiento se distribuye, permitiendo que el servidor, al tener menor carga, pueda manejar más clientes al mismo tiempo.
- Comunicación asíncrona: En este tipo de aplicación el motor de render puede comunicarse con el servidor sin necesidad de estar sujeta a un clic o una acción del usuario, dándole la libertad de cargar información sin que el cliente lo note.
- Eficiencia de la red: El tráfico de red puede disminuir al permitir que la aplicación elija que información desea transmitir al servidor y viceversa, sin embargo, la aplicación que haga uso de la pre-carga de datos puede que revierta este beneficio por el incremento del tráfico (No Hay Límites, 2011).

## **1.7. Conclusiones parciales del capítulo**

En este capítulo quedan reflejados los conceptos y la teoría necesaria para comprender todo lo relacionado con el problema que se plantea. Se le da cumplimiento a la tarea de seleccionar las herramientas y tecnologías a utilizar en el proceso de desarrollo del SIG para la gestión académica en la educación superior permitiendo un mayor conocimiento acerca del proceso a automatizar. Se define la metodología de desarrollo AUP para guiar todo el proceso, UML como lenguaje de modelado y *Visual Paradigm* como herramienta CASE.

## Capítulo 2. Modelado del SIG para el análisis espacial de los resultados académicos

### 2.1. Introducción

En este capítulo se exponen los artefactos generados que corresponden al flujo de trabajo de Modelado. Estos artefactos ayudan a comprender mejor el desarrollo de la solución propuesta. Permiten ver desde varias perspectivas a través de diagramas y descripciones todo el diseño del SIG. De esta forma se garantiza una buena base para el siguiente flujo de trabajo que es la Implementación.

### 2.2. Modelo de dominio

La IEEE, sostiene que los modelos de dominio son representaciones de un dominio de aplicación que se puede utilizar para una variedad de objetivos operacionales en apoyo de tareas o procesos de ingeniería de software específicos (IEEE, 2014).

Por su parte (Larman, 2003) plantea que *“...el modelo del dominio muestra (a los modeladores) clases conceptuales significativas en un dominio del problema; es el artefacto más importante que se crea durante el análisis orientado a objetos. (...) es una representación de las clases conceptuales del mundo real, no de componentes software. No se trata de un conjunto de diagramas que describen clases software, u objetos software con responsabilidades...”*

En otro momento, el mismo autor señala, que *“...todos los modelos son aproximaciones del dominio que estamos intentando entender. Un buen modelo del dominio captura las abstracciones y la información esenciales necesarias para entender el dominio en el contexto de los requisitos actuales, y ayuda a la gente a entender el dominio -sus conceptos, terminología y relaciones-...”* (Larman, 1999).

En síntesis, es la representación visual de los conceptos u objetos de interés para el negocio, sus características y las relaciones entre ellos. Es el mecanismo fundamental para comprender el dominio del problema y para establecer conceptos comunes. Se emplea principalmente cuando la información tiene múltiples orígenes, facilitando el análisis y la comprensión de la misma.

En el caso de la presente investigación, se decide desplegar un modelo de dominio ya que no se tienen bien definidos los procesos del negocio para la aplicación a desarrollar. En la figura # 1 se muestra el modelo de dominio:

### 2.2.1. Diagrama de clases del dominio

Actualmente el negocio funciona de la siguiente manera, un trabajador de MES necesita consultar información docente, la información docente contiene uno o muchos datos de promociones. La promoción se encuentra en los grupos. Uno o muchos grupos pertenecen a una facultad, una o muchas facultades pertenecen a una universidad, una o varias universidades pertenecen a un municipio, uno o muchos municipios pertenecen a una provincia.

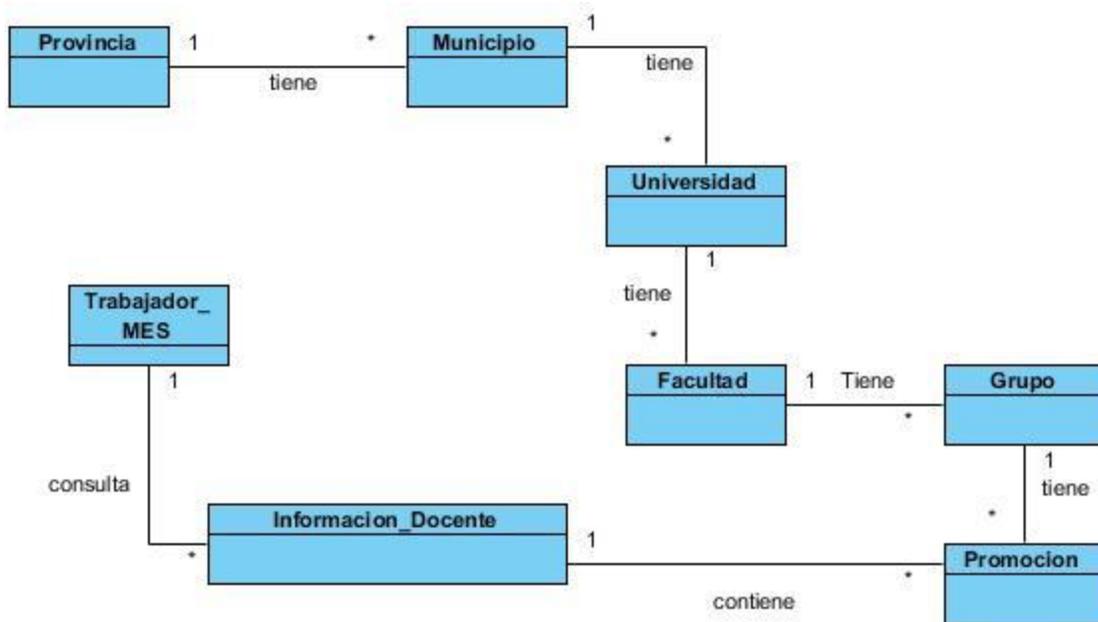


Figura #1. Diagrama de clases del modelo de dominio.

### 2.2.2. Glosario de términos del dominio

**Trabajador\_MES:** Persona que trabaja vinculada en el MES encargada de participar en el proceso de análisis de la promoción en la educación superior.

**Universidad:** Entidad orgánica o sistema de unidades operativas de enseñanza superior, investigación y creación de cultura científica y humanística.

**Facultad:** Es un centro docente donde se imparten estudios superiores especializados en alguna materia o rama del saber. Constituye una subdivisión de una universidad.

**Grupo:** Conjunto de estudiantes que asisten al mismo grado y aula de clase.

**Promocion:** Resultados de la cantidad de estudiantes promovidos en cada grupo.

**Datos de Promoción:** Información estadística de la cantidad de estudiantes promovidos en cada universidad.

**Provincia:** División administrativa territorial en que se organizan algunos estados.

**Municipio:** Un municipio es una entidad administrativa que puede agrupar una sola localidad o varias y que puede hacer referencia a una ciudad, un pueblo o una aldea.

### 2.3. Requisitos

(Pressman, 2010), considerado el padre de la Ingeniería, declaró que *“...la ingeniería de requisitos ayuda a los ingenieros de software a entender mejor el problema en cuya solución trabajarán. Incluye el conjunto de tareas que conducen a comprender cuál es el impacto del software, qué es lo que el cliente final quiere y cómo interactuarán los usuarios finales con el software”*.

Dicho de otro modo, la ingeniería de requisitos permite visualizar de un modo más claro lo que el cliente desea del software, permitiendo comprender las necesidades, analizar la factibilidad y negociar soluciones razonables. Para una mayor organización, los requisitos son divididos en dos grandes grupos: requisitos funcionales y requisitos no funcionales.

La obtención y análisis de los requisitos es un proceso de gran importancia para el correcto desarrollo de un sistema. Este proceso involucra el uso de diversos métodos que facilitan la comunicación con clientes, usuarios finales o potenciales, y demás personas legales o jurídicas que facilitan la comprensión del sistema (Sommerville, 2009). Uno de los métodos que se emplea para la obtención y análisis de los requisitos, es la tormenta de ideas.

*“La entrevista es una conversación planificada entre el investigador y el entrevistado para obtener Información. Su uso constituye un medio para el conocimiento cualitativo de los fenómenos o sobre características personales del entrevistado”* (Hernández León, y otros, 2011). Suele ser empleada cuando el problema de estudio no se puede observar o es muy difícil hacerlo por ética o complejidad (Hernández Sampieri, y otros, 2006). Debido a que el desarrollador no guarda estrecha relación con el manejo de los datos de Gestión Universitaria, se decide entrevistar a la secretaria docente y las especialistas que se encargan de la gestión, registro y reportes de la promoción en las universidades, el cual contribuye significativamente al proceso de obtención y análisis de requisitos. Para complementar la información recopilada, se decide emplear la tormenta de ideas.

La tormenta de ideas consiste en realizar reuniones grupales encaminadas a generar ideas en un ambiente libre de críticas o juicios. En ella las propuestas de cada participante impulsan a los demás a intentar formular alguna otra. Esto facilita la obtención de mejores resultados

y la toma de decisiones más acertadas, enriqueciendo la visión y brindando una perspectiva más amplia de la tarea a realizar. Estimula tanto los aportes creativos como las discusiones sobre las fallas o los errores en que podría incurrirse (González, 2008). Para el uso de este método se selecciona un facilitador que posee dominio del tema de la investigación, y que además cuenta con una gran experiencia en el desarrollo de SIG y en el trabajo de científico. Como fruto de los métodos empleados, se obtuvo un conjunto de Requisitos Funcionales (RF) y Requisitos no Funcionales (RNF) con los cuales debe cumplir el sistema SIGES. Dichos requisitos se encuentran especificados en el documento “GEYSED\_SIGES\_Especificacion\_de\_requisitos\_de\_software”, adjunto a la presente investigación.

### **2.3.1. Requisitos Funcionales**

Según (Sommerville, 2009), los Requisitos Funcionales (RF) *“...son declaraciones de los servicios que debe proporcionar el sistema, de la manera en que éste debe reaccionar ante entradas particulares y de cómo se debe comportar en situaciones particulares”*. A continuación, se identifican los RF de la aplicación a desarrollar, los cuales se agrupan en módulos para una mejor organización y están asociados a la representación, modelación y análisis de la información geográfica de los resultados académicos de la Educación Superior en Cuba.

**Navegación:** Este módulo tiene el objetivo de modificar la visualización del mapa en la pantalla. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 1. Acercar determinada región del mapa.

RF 2. Alejar determinada región del mapa.

RF 3. Visualizar todo el mapa.

RF 4. Modificar el centro del mapa.

RF 5. Visualizar diferentes regiones del mapa.

RF 6. Navegar a través del mapa de referencia.

**Identificación:** Este módulo tiene el objetivo mostrar la información asociada a las universidades y facultades. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 7. Realizar identificación puntual.

RF 8. Realizar identificación rectangular.

RF 9. Realizar identificación poligonal.

**Localización:** Este módulo tiene el objetivo de localizar en el mapa una región determinada mediante un elemento determinado. Para ello, este módulo cuenta con el siguiente RF:

RF 10. Localizar por elemento.

**Visualización:** Este módulo tiene el objetivo de realizar el control de las capas que se visualizan y modificar la escala del mapa. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 11. Habilitar capas del mapa.

RF 12. Deshabilitar capas del mapa.

RF 13. Modificar escala del mapa.

**Impresión:** Este módulo tiene el objetivo de exportar un mapa o vista de este a un fichero en formato imagen para su posterior impresión. Para ello, este módulo cuenta con el siguiente RF:

RF 14. Exportar mapa como imagen.

**Análisis:** Este módulo tiene el objetivo de realizar análisis económicos y análisis espaciales en el mapa. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 15. Realizar tematización por colores.

RF 16. Realizar tematización por gráficas.

RF 17. Medir distancia.

RF 18. Calcular área y perímetro.

**Seguridad:** Este módulo tiene el objetivo de gestionar los usuarios que van a interactuar con el sistema, autenticarse, cerrar sesión y editar el perfil. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 19. Autenticar usuario.

RF 20. Cerrar Sesión.

RF 21. Editar perfil.

RF 22. Adicionar usuario.

RF 23. Eliminar usuario.

RF 24. Modificar usuario.

**Gestión:** Este módulo tiene el objetivo de que el especialista pueda adicionar, modificar o eliminar la información relacionada con la educación superior. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 25: Limpiar campos.

RF 26. Adicionar universidad.

RF 27. Modificar universidad.

RF 28. Eliminar universidad.

RF 29. Adicionar facultad.

RF 30. Modificar facultad.

RF 31. Eliminar facultad.

RF 32. Adicionar grupo.

RF 33. Modificar grupo.

RF 34. Eliminar grupo.

RF 35. Adicionar asignatura.

RF 36. Modificar asignatura.

RF 37. Eliminar asignatura.

RF 38. Adicionar período.

RF 39. Modificar período.

RF 40. Eliminar período.

RF 41. Adicionar promoción.

RF 42. Modificar promoción.

RF 43. Eliminar promoción.

RF 44. Filtrar información.

**Reportes:** Este módulo tiene el objetivo de obtener reportes del comportamiento docente de una universidad. Para ello, este módulo cuenta con los siguientes RF:

RF 45. Mostrar las cinco universidades con mayor promoción académica.

RF 46. Mostrar las diez facultades con mayor promoción académica.

RF 47. Mostrar la promoción académica por grupos mediante gráficas.

RF 48. Mostrar la promoción académica por asignatura.

### **2.3.2. Requisitos No Funcionales**

(Sommerville, 2009) afirma que los requisitos no funcionales (RNF) “como *su nombre lo sugiere, son aquellos requerimientos que no se refieren a las funciones específicas que proporciona el sistema, sino a las propiedades emergentes de este como la fiabilidad, el tiempo de respuesta y la capacidad de almacenamiento*”. Estos requisitos se encargan de especificar las propiedades que debe tener el producto, así como las restricciones del entorno o de la implementación, rendimiento, dependencias de la plataforma, facilidad de mantenimiento, extensibilidad, fiabilidad, entre otras. Seguidamente se definen los RNF pertenecientes a la aplicación a desarrollar:

- **Usabilidad:**

Su objetivo es definir la usabilidad del sistema, para ello se describen las características del usuario final que usará el sistema, el tipo de aplicación informática, el objetivo que persigue la aplicación y las características de hardware y software requeridas para desplegar y utilizar la aplicación.

#### **RNF 1 Tipo de usuario final**

Los usuarios finales de la aplicación deben poseer nivel preuniversitario y ser especialistas con más de un año de experiencia profesional.

#### **RNF 2 Tipo de Aplicación Informática**

La aplicación debe ejecutarse en un entorno Web para el acceso desde cualquier dispositivo conectado a la red.

### **RNF 3 Finalidad**

La aplicación debe permitir el análisis y representación geoespacial de la información académica manejada por la Educación Superior.

### **RNF 4 Ambiente**

#### **Requisitos de Hardware y Software para Servidor Base de Datos y Servidor de Mapas**

##### **Hardware:**

- Procesador: 3 GHz.
- Memoria RAM: 4 Gb.
- Disco Duro: 1 Tb.

##### **Software:**

- Sistema Operativo: GNU/Linux Ubuntu 14.04, 64 bit.
- Servidor Web Apache 2.0 o superior, con módulo PHP 5 configurado con la extensión pgsql incluida.
- PostgreSQL 9.3 como Sistema Gestor de Base de Datos.
- PostGis 2.1.0 como extensión de PostgreSQL como soporte de datos espaciales.
- MapServer 6.4.1, con extensión PHP MapScript.

#### **Requisitos de Hardware y Software para estaciones clientes.**

##### **Hardware:**

- Procesador: 512 MHz.
- Memoria RAM: 512 Mb como mínimo.
- Tarjeta de red.

##### **Software:**

- Un navegador como Mozilla Firefox, Safari u otro que cumpla con los estándares W3C.

- **Confiabilidad:**

### **RNF 5 Requisito de confiabilidad**

El objetivo de este requisito es describir los aspectos que garantizarán la seguridad de la información que se maneja en el sistema propuesto, evitando la pérdida de datos y la disponibilidad de la misma.

- Si se interrumpe la energía en el servidor, una vez reanudada, el sistema deberá ser capaz de iniciar de forma automática los servicios.
- Luego de ocurrir una excepción el sistema muestra un mensaje de error al usuario y registra dicha excepción.

- **Eficiencia:**

Este requisito tiene como objetivo definir las características de la eficiencia del sistema, definiendo los tiempos de respuestas de la aplicación al realizar cualquier operación.

#### **RNF 6      Tiempo de respuesta**

El tiempo de respuesta estará dado por la cantidad de información a procesar, entre mayor cantidad de información mayor será el tiempo de procesamiento, este tiempo no debe exceder los 30 segundos. Para un mapa con extensión municipal, el tiempo de respuesta promedio debe ser menor que 1 segundo. Para una cartografía de extensión de datos igual a Cuba, por cada capa podría demorarse hasta 2 y 3 segundos dependiendo necesariamente de la cantidad de objetos de la misma. Para capas PostGIS el tiempo de respuesta se incrementa unos 10 ms debido al factor de respuesta del servidor y la cantidad de pequeñas consultas que son necesarias realizar.

Al igual que el tiempo de respuesta, la velocidad de procesamiento de la información, la actualización y la recuperación dependerán de la cantidad de información que tenga que procesar la aplicación, pero no debe exceder los 30 segundos.

- **Restricciones de diseño.**

El objetivo de este requisito es definir las restricciones de diseño del sistema a construir.

#### **RNF 7      Requisito para la documentación de usuarios en línea y ayuda del sistema**

El sistema deberá brindar a sus clientes finales un manual de usuario en el que se especificarán todas las funciones que pueden realizar y cómo hacerlo.

- **Interfaz de usuario:**

El objetivo de este requisito es definir las interfaces que deben ser soportadas por la aplicación.

Interfaces de usuario

-Deben tener un diseño sencillo, con pocas entradas, donde no sea necesario mucho entrenamiento para utilizar el sistema.

-El sistema debe mostrar interfaces con íconos intuitivos representando las funcionalidades que se pueden realizar.

-El sistema debe brindar la posibilidad de ocultar los paneles laterales para visualizar el mapa en toda la amplitud de la pantalla.

-El sistema debe tener un paginado para cada listado de elementos, de forma tal que se pueda mostrar solo una cantidad determinada de elementos por página.

- **Estándares aplicables:**

El objetivo de este requisito es describir por referencia cualquier norma o estándar aplicable y las secciones específicas que aplican al sistema.

**RNF 8** Estándares aplicables

Se emplearán estándares definidos por el OGC (*Open Geospatial Consortium*), para desarrollar e implementar contenidos y servicios geoespaciales.

## 2.4. Descripción del Sistema

### 2.4.1. Descripción de los Actores del Sistema

Un actor es un agente externo que interactúa con el sistema con el objetivo de obtener un resultado esperado. En la tabla 3, se especifican los actores con los que cuenta el sistema:

**Tabla 1. Actores del sistema**

Actor	Descripción
<b>Cliente</b>	Usuario que podrá realizar todas las funcionalidades correspondientes a los módulos de autenticación, navegación, identificación, localización, visualización, análisis e impresión.

<b>Especialista</b>	Usuario que podrá realizar las funcionalidades del Cliente y además tendrá acceso a los de gestión y reportes.
<b>Administrador</b>	Usuario que tendrá acceso al módulo de administración y además puede realizar las funcionalidades del cliente.

### 2.4.2. Descripción de los Requisitos Funcionales

Los Requisitos Funcionales son la entrada esencial para realizar el análisis, diseño, implementación y pruebas del sistema. Es por ello que realizar la descripción de los mismos, es de gran importancia. La solución estará compuesta por nueve módulos establecidos por la plataforma GeneSIG.

Debido a que es muy amplia la información que se maneja en el SIG para el análisis espacial de los resultados académicos en la Educación Superior, a continuación, se presenta una breve descripción de los requisitos del Módulo de Análisis. El resto de la especificación de los requisitos funcionales del sistema, se encuentra en el documento “GEYSED\_SIGES\_Especificación\_de\_Requisitos\_de\_Software”, el cual se encuentra adjunto a esta investigación.

### 2.4.3. Módulo de gestión.

**Tabla 4. Requisitos funcionales del paquete de Análisis**

Nº	Nombre	Descripción	Prioridad para el cliente	Complejidad	Referencias cruzadas
RF 15	Realizar tematización por colores.	Permitirá al usuario realizar un análisis sobre el mapa, observando los elementos dibujados según los colores establecidos.  Los criterios de análisis son: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Universidades con por encima de la media de promoción.</li> <li>2. Universidades por debajo de la media de promoción.</li> <li>3. Universidades en la media</li> </ol>	Alta	Alta	Descripcion_de_requisito_agil

		<p>de promoción.</p> <p>4. Facultades con por encima de la media de promoción.</p> <p>5. Facultades por debajo de la media de promoción.</p> <p>Facultades en la media de promoción.</p>			
RF 16	Realizar tematización por gráficas.	<p>Permitirá al usuario realizar un análisis sobre el mapa, observando gráficas que posibilitarán comparar los valores del criterio seleccionado.</p> <p>Los criterios de análisis son: Datos de promoción.</p>	Alta	Alta	Descripcion_de_requisito_agil
RF 17	Medir distancia.	Permitirá medir la distancia entre dos o más puntos especificados sobre el mapa.	Media	Media	Descripcion_de_requisito_agil
RF 18	Calcular área y perímetro.	Permitirá calcular el área y perímetro de un polígono dibujado sobre el mapa por el usuario.	Baja	Media	Descripcion_de_requisito_agil

## 2.5. Conclusiones Parciales del capítulo

En este capítulo se responde como se puede mejorar la precisión de los análisis demográficos y/o territoriales de la promoción, además de los elementos que deben considerarse para el análisis espacial de resultados de promoción. Quedó expresada la etapa de descripción de la solución propuesta, arrojando como resultado un grupo de artefactos para organizar y entender los principales conceptos manejados en el sistema y como se relacionan. Luego de obtener estos resultados, se considera que se puede comenzar la implementación del sistema para cumplir con los objetivos planteados desde un inicio y darle respuesta a la situación y el problema a resolver.

## **Capítulo 3: Construcción y validación del Sistema para el análisis espacial de los resultados académicos territoriales en la Educación Superior**

### **3.1. Introducción**

En el capítulo anterior se realiza la descripción de la solución propuesta, a partir de la cual, en el presente capítulo se selecciona una arquitectura para la construcción del software a desarrollar, así como el modelo de diseño. Se realiza el modelo entidad-relación de la base de datos y el modelo de clases persistentes. Además de confeccionar el modelo de despliegue y el modelo de implementación. Finalmente, se realizan pruebas de caja negra al sistema, con el fin de detectar y corregir las no conformidades, para conseguir que el producto tenga mayor calidad y aceptación por parte del cliente.

### **3.2. Arquitectura de software**

Con el propósito de facilitar la implementación del sistema, se procede a diseñar su arquitectura. *“La arquitectura de software es un conjunto de patrones que proporciona un marco de referencia necesario para guiar la construcción de un software, permitiendo a los programadores, analistas y todo el conjunto de desarrolladores del software compartir una misma línea de trabajo y cubrir todos los objetivos y restricciones de la aplicación. Es considerada el nivel más alto en el diseño de la arquitectura de un sistema, puesto que establece la estructura, funcionamiento e interacción entre las partes del software”* (La Arquitectura de Software, 2014).

Se le considera un elemento fundamental para la creación de sistemas informáticos, ya que constituye un modelo relativamente pequeño y comprensible de cómo será estructurado el sistema y cómo trabajan juntos sus componentes (Bass, y otros, 2003). Se caracteriza por incluir los componentes del software, las propiedades visibles externamente de esos componentes y las relaciones entre ellos (Pressman, 2010).

Muchas de las herramientas tecnológicas siguen determinadas arquitecturas, que son transferidas a los sistemas que se desarrollan haciendo uso de ellas. Tal es el caso de la plataforma GeneSIG, la cual emplea la arquitectura orientada a objetos y basada en componentes. Seguidamente se argumenta al respecto.

#### **3.2.1. Patrones arquitectónicos**

**Patrón de Arquitectura Orientada a Objetos:** Esta arquitectura tiene la gran ventaja de descomponer el trabajo en módulos, lo cual disminuye la complejidad. De igual modo fomenta la escalabilidad y la modularidad, a la vez que facilita la reutilización de códigos.

En el caso del producto a desarrollar, cuyo nombre es SIGES (Sistema de Información Geográfica para la Educación Superior), su base arquitectónica se modela haciendo uso de este patrón, dado que el *framework* que se emplea para su desarrollo es CartoWeb y este posee dichas características. Se evidencia que existen relaciones de herencia, agregación y composición dentro de diferentes clases del sistema. “*En estudios arquitectónicos sobre estilos, esta arquitectura aparece relativamente relacionada a las arquitecturas basadas en componentes*” (Reynoso, y otros, 2004).

**Patrón de arquitectura basada en componentes:** En opinión de (Reynoso, y otros, 2004), este patrón se centra en el diseño y construcción de sistemas computacionales que utilizan componentes de software reutilizables. Este patrón aboga por la utilización de componentes prefabricados, es por ello que una de sus principales características es la reusabilidad. De igual modo, la compatibilidad, la modularidad y la robustez, forman parte de sus peculiaridades. Su premisa es que los componentes cumplan con alta cohesión y bajo acoplamiento.

Debido a la filosofía del *framework* utilizado, también se hace uso de este patrón en SIGES, lo que se evidencia en la estructura de CartoWeb ya que está compuesto por *plugins* los cuales se dividen en dos grupos, los *core-plugins* y los *plugins*. Los primeros son de obligatoria presencia ya que son los utilizados por el sistema y los segundos son los creados por los desarrolladores. Esta posibilidad que brinda el *framework* permite que la arquitectura del sistema sea flexible y fácil de personalizar, ya que posibilita agregar o modificar *plugins* sin que se vea afectado el resto de los componentes.

### 3.2.2. Estilo arquitectónico

Se selecciona el estilo llamada y retorno, el cual permite obtener una estructura de programa que resulta relativamente fácil de modificar y cambiar de tamaño. Esta familia son los más generalizados en sistemas en gran escala (Reynoso, y otros, 2004).

### 3.3. Modelo de diseño

El modelo de diseño, según la IBM, se basa en describir con mayor detalle, la estructura y el funcionamiento del sistema. En él se representan los componentes de la aplicación y se determina la ubicación y el uso adecuado dentro de la arquitectura general (IBM, 2013).<sup>2</sup>

En el modelo de diseño, los paquetes contienen los elementos de diseño del sistema, tales como clases de diseño, interfaces y subsistemas de diseño, que se desarrollan a partir de las clases de análisis. Estas capas arquitectónicas constituyen la base de una organización y la implementación del sistema.

En resumen, el modelo de diseño sirve para mostrar una vista general del sistema a construir, ayuda a entender, aclarar y transmitir las ideas sobre el código y los requisitos. Describe las relaciones y los comportamientos de los requisitos y las estructuras de un sistema. Es por ello que son ampliamente usados en el proceso del diseño de los sistemas y los componentes que se encargaran del funcionamiento y la relación entre ellos. Entre los artefactos que genera el modelo de diseño se encuentra el Diagrama de Clases del Diseño donde se muestran las clases, interfaces y colaboraciones, así como las relaciones entre ellas.

En la figura # 2 se expone la representación de uno de los diagramas de clases de diseño correspondiente al *plugin* “*Gestionar Universidad*” de SIGES, que cuenta con 17 diagramas de clases de diseño. Esta representación contribuye a una correcta implementación del producto. El resto de los diagramas de clases de diseño de la aplicación, se encuentran en el artefacto “GEYSED\_SIGES\_Modelo\_de\_disenno”, el cual se encuentra asociado a la investigación.

### **3.3.1. Diagrama de clases del diseño para el *plugin* Gestionar Universidad**

---

<sup>2</sup> IBM: International Business Machines Corp. es una reconocida empresa multinacional estadounidense de tecnología y consultoría con sede en Armonk, Nueva York.

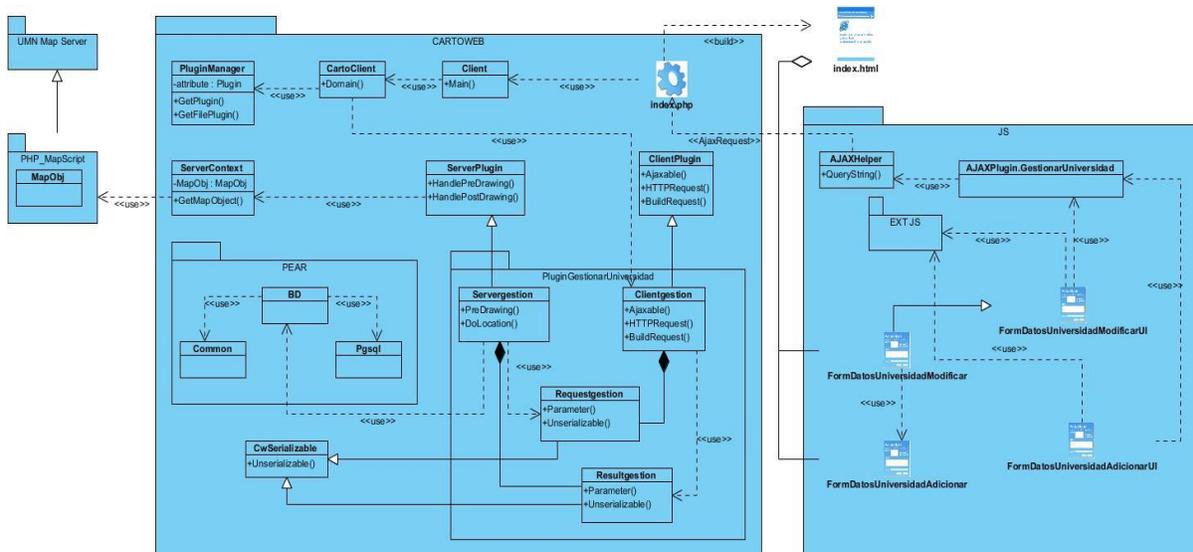


Figura #2. Representación del Diagrama de Clases del Diseño para el plugin Gestionar Universidad

**index.html:** Es la encargada de mostrar en el mapa la información necesaria para la gestión de universidades.

**AJAXPluing.GestionarUniversidad:** Es la encargada de gestionar el pedido y de las respuestas a las peticiones del usuario por ajax.

**FormDatosUniversidadModificar:** Esta clase es la controladora de la interfaz FormDatosUniversidadModificarUI.

**FormDatosUniversidadModificarUI:** Tiene como objetivo mostrar los datos necesarios para modificar las universidades existentes en el sistema.

**FormDatosUniversidadAdicionar:** Esta clase es la controladora de la interfaz FormDatosUniversidadAdicionarUI.

**FormDatosUniversidadAdicionarUI:** Tiene como objetivo mostrar los datos necesarios para adicionar universidades al sistema.

**Clase Servergestion:** Es la clase servidora, la cual tiene como principal función la conexión con la base de datos para efectuar los cambios requeridos y enviar las respuestas necesarias al Clientgestion.

**Clase Clientgestion:** Recoge y selecciona de las .js contenidas en el paquete JS, toda la información correspondiente a los datos a precisar, entrados a través de los formularios, y los envía al Servergestion.

**Clase Requestgestion:** Es una clase común encargada de transportar los datos recogidos en Clientgestion desde la interfaz y transportarlos a la clase Servergestion (con propósito general).

**Clase Resultgestion:** Es una clase común encargada de transportar los datos generados en Servergestion a la clase Clientgestion.

### 3.3.2. Patrones de diseño de software

“El diseño basado en patrones es una técnica que reutiliza elementos de diseño que han probado ser exitosos en el pasado” (Pressman, 2010). Estos patrones son muy útiles en el proceso de desarrollo de software, dado que ofrecen soluciones probadas y documentadas, ante problemas comunes de desarrollo de software. Un patrón de diseño identifica: Clases, Instancias, Roles, Colaboraciones y la distribución de responsabilidades. De forma general, se clasifican en dos grupos: Patrones de Principios Generales para Asignar Responsabilidad (GRASP) y Patrones de Diseño Pandilla de los Cuatro o *Gound-of-Four* (GoF) (Larman, 2003). Para el desarrollo del producto SIGES, se hace uso de patrones pertenecientes a ambos grupos. Seguidamente, se argumenta sobre el tema.

#### ✓ Patrones GoF empleados:

Acción: Se utiliza en el proceso de petición de una información cualquiera al sistema por un cliente, mediante la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) (Larman, 2003). En SIGES uno de los aspectos más importantes son las GUI, ya que el usuario interactúa constantemente con ellas y por eso se aplica la solución propuesta por este patrón de diseño. Este patrón es utilizado en la clase *AjaxHelper*, la cual se encarga de manejar las peticiones desde la interfaz de usuario y el servidor.

Solitario: Este patrón se aplica para garantizar el acceso único a una clase mediante una única instancia, lo cual permite controlar el acceso a las clases (Reynoso, y otros, 2004). En el presente caso, se utiliza para modificar el *framework* CartoWeb, con el fin de crear el objeto “*mapa*” para que no se cree cada vez que se hace una petición en la aplicación. Esto se evidencia en la clase *ServerContex*.

#### ✓ Patrones GRASP empleados:

Experto: Se emplea para asignar una responsabilidad a la clase que posee la información necesaria para cumplir con la responsabilidad (Larman, 2003). Dentro del sistema se utiliza este patrón en clases que deben ser las encargadas de proporcionar los datos cargados de una fuente de datos, así como modificar los mismos.

Creador: Es usado para asignar a la clase B la responsabilidad de crear una instancia de clase A (Larman, 2003). Dentro del sistema se evidencia su uso en los casos de la instanciación de las clases dentro de la interfaz, los controladores y otros que contienen objetos como Map.

Bajo acoplamiento: Se utiliza para asignar las responsabilidades de modo que se mantenga bajo acoplamiento (Larman, 2003). Este patrón se utiliza en la asignación de responsabilidades a clases de manera que un cambio en una de estas genere poco cambio en otras.

Alta cohesión: Se emplea para asignar las responsabilidades de modo que se mantenga una alta cohesión (Larman, 2003). Se da una alta cohesión funcional cuando los elementos de un componente colaboran para producir algún comportamiento bien definido.

### 3.4. Modelo de datos

El modelo de datos permite describir los elementos de la realidad que intervienen en un problema dado y la forma en que se relacionan esos elementos entre sí (Roca Díaz., y otros, 2012). Por tal motivo, se le considera un aspecto fundamental para el desarrollo de cualquier aplicación que necesite almacenar datos. En la figura # 3 se presentan el diagrama correspondiente al modelo entidad-relación de base de datos utilizada para el manejo de información socioeconómica del sistema SIGES.

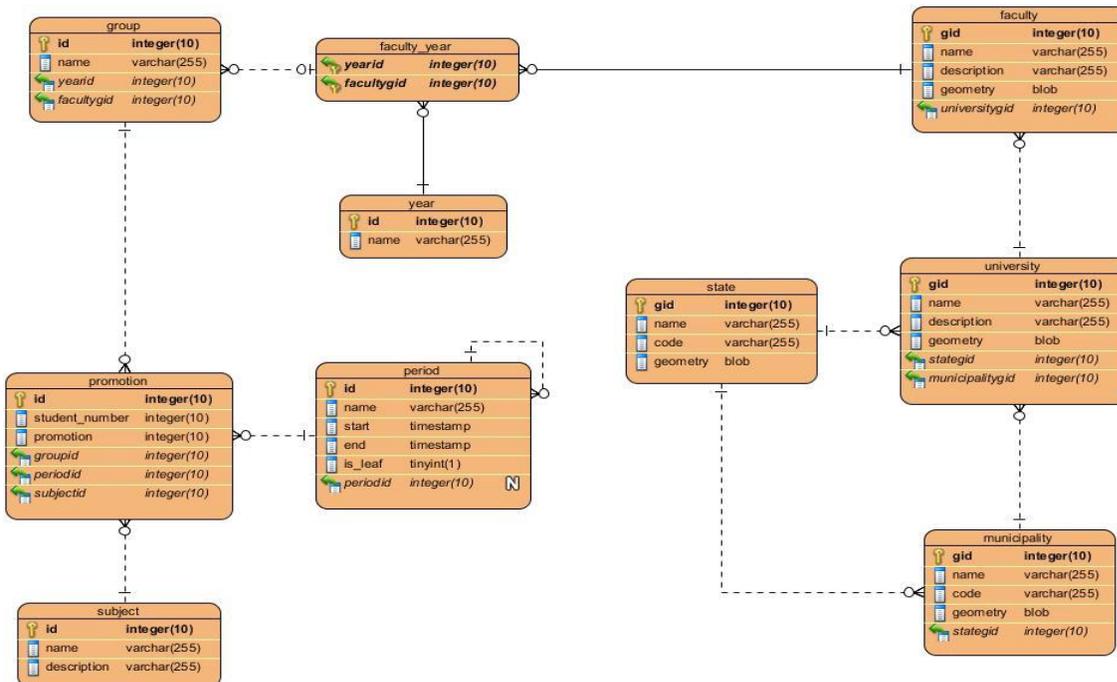


Figura #3. Modelo entidad-relación de la base de datos.

### 3.5. Modelo de implementación

El modelo de implementación representa la organización de las clases de un sistema en términos de componentes (González González, y otros, 2011). De igual modo, simboliza cómo dependen los componentes unos de otros, lo cual es de gran utilidad para el sistema.

### 3.6. Modelo de despliegue

“El modelo de despliegue es un modelo de objetos que describe la distribución física del sistema en términos de cómo se distribuye la funcionalidad entre los nodos de cómputo” (Hernández Couce, 2012). Se representa como un conjunto de nodos unidos por conexiones de comunicación que describen las relaciones físicas de los distintos nodos que componen un sistema y el reparto de los componentes sobre dichos nodos. En la figura # 4 se presentan el diagrama correspondiente al despliegue del sistema.

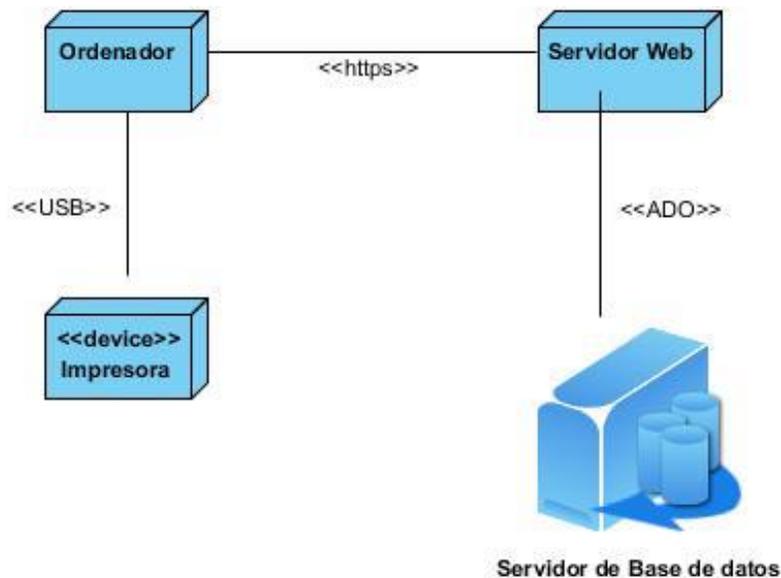


Figura #4. Representación del Diagrama de despliegue.

En el Servidor Web se ejecutan funcionalidades propias del mismo, entre las cuales se encuentra la construcción de interfaces de usuarios, el procesamiento de datos y el control de flujo. De igual modo, el servidor de base de datos se encargará de ejecutar el PostgreSQL con su extensión PostGIS. En este servidor se pueden tener las bases de datos socioeconómicas, la base de datos de configuración de la aplicación y la base de datos geográfica. La comunicación entre el servidor web y el servidor de base de datos se realiza a

través del protocolo ADO. El cliente, por su parte, podrán acceder a la aplicación haciendo uso del protocolo de comunicación HTTPs.

Como servidor Web se utiliza Apache v2.4.7, por sus características de Software Libre y compatibilidad con el lenguaje de desarrollo utilizado: PHP. El cliente podrá usar cualquier navegador que cumpla con los estándares W3C como Mozilla Firefox o Zafari; ejecutándose tanto en Sistema Operativo Windows, GNU/Linux o Mac OS.

### 3.7. Diagrama de componentes

El diagrama de componentes muestra la vista física de la aplicación a través de componentes y sus relaciones; representa cómo un sistema de software es dividido en elementos y muestra las dependencias entre estos elementos.

Por su parte, el sistema SIGES posee los mismos componentes que genera el *framework* con el cual se desarrolla: CartoWeb. Por tal motivo, en la figura # 5 se muestra su diagrama de componentes:

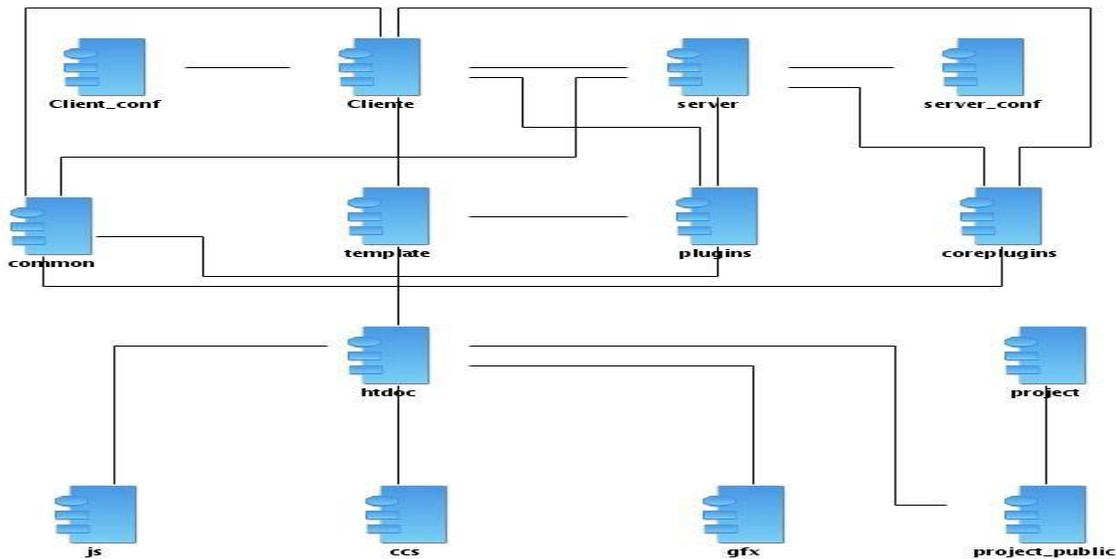


Figura #5. Representación de la Vista de componentes.

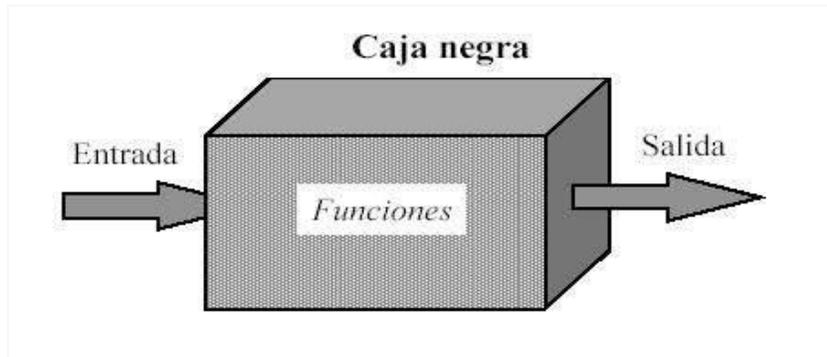
### 3.8. Pruebas al sistema

Cuando se realiza un software, es de gran importancia garantizar que posea la mayor calidad posible, por ello, es necesario realizarle pruebas. En esta etapa se aplican pruebas de validación, las cuales pueden ser divididas en dos grandes grupos, las pruebas de caja blanca

y las pruebas de caja negra. Estas últimas fueron las seleccionadas para garantizar la calidad del software SIGES.

### 3.8.1. Pruebas de caja negra

Estas pruebas permiten obtener un conjunto de condiciones de entrada que ejerciten completamente todos los requisitos funcionales de un programa. En ellas se ignora la estructura de control, concentrándose en los requisitos funcionales del sistema y ejercitándolos.



*Figura #6. Prueba de Caja Negra.*

Las pruebas de caja negra permiten encontrar:

1. Funciones incorrectas o ausentes.
2. Errores de interfaz.
3. Errores en estructuras de datos o en accesos a las Bases de Datos externas.
4. Errores de rendimiento.
5. Errores de inicialización y terminación.

Para preparar los casos de pruebas hacen falta un número de datos que ayuden a la ejecución de los casos y que permitan que el sistema se ejecute en todas sus variantes, pueden ser datos válidos o inválidos para el programa, según lo que se desea hallar, si un error o probar una funcionalidad. Los datos se escogen atendiendo a las especificaciones del problema, sin importar los detalles internos del programa, a fin de verificar que el programa funcione correctamente.

Para desarrollar las pruebas de caja negra existen varias técnicas, entre ellas están:

1. Técnica de la Partición de Equivalencia: esta técnica divide el campo de entrada en clases de datos que tienden a ejercitar determinadas funciones del software.

2. Técnica del Análisis de Valores Límites: esta Técnica prueba la habilidad del programa para manejar datos que se encuentran en los límites aceptables.
3. Técnica de Grafos de Causa-Efecto: es una técnica que permite al encargado de la prueba validar complejos conjuntos de acciones y condiciones.

Dentro del método de Caja Negra la técnica de la Partición de Equivalencia es una de las más efectivas, pues permite examinar los valores válidos e inválidos de las entradas existentes en el software, descubre de forma inmediata una clase de errores que, de otro modo, requerirían la ejecución de muchos casos antes de detectar el error genérico. La partición equivalente se dirige a la definición de casos de pruebas que descubran clases de errores, reduciendo así el número de clases de prueba que hay que desarrollar. Por lo anteriormente planteado esta es la técnica seleccionada para realizar las pruebas del sistema.

### 3.9. Diseños de Casos de Prueba

Un diseño de caso de prueba (DCP) está compuesto por un conjunto de entradas, respuesta que emite el sistema de acuerdo a esas entradas y el flujo central que indica el camino del escenario descrito. Estos se desarrollan para verificar el cumplimiento total o parcial de un requisito. Las entradas representan las variables que se pueden especificar y las mismas contienen: V, I, o N/A. V indica válido, I indica inválido, y N/A que no es necesario proporcionar un valor del dato en este caso, ya que es irrelevante. A continuación, se presenta un ejemplo de los DCP realizados para comprobar el funcionamiento del requisito Mover el mapa.

**DCP:** Mover el mapa.

<b>Descripción general</b>				
Permitirá al usuario mover el mapa para visualizar otras regiones.				
<b>Condiciones de ejecución</b>				
El usuario debe estar autenticado.				
Para visualizar mejor los cambios debe haber acercado el mapa anteriormente.				
<b>SC 1: Mover mapa.</b>				
<b>Escenario</b>	<b>Descripción</b>	<b>Variable 1</b>	<b>Respuesta del sistema</b>	<b>Flujo central</b>
EC 1.1 Mover el mapa.	El usuario mueve el mapa para poder visualizar otra región del mismo.	N/A	Actualiza la visualización del mapa.	Selecciona la opción "Mover mapa", luego da clic en un punto determinado y manteniendo el clic presionado arrastra el cursor.

### 3.10. Resultados de las pruebas realizadas

Con la realización de las pruebas de caja negra aplicando la técnica de partición equivalente fueron detectadas un total de seis no conformidades durante tres iteraciones, las cuales fueron corregidas a medida que se fue avanzando en el proceso de prueba. En la figura # 7 se muestra un gráfico de barras donde se evidencia el resultado de estas pruebas:

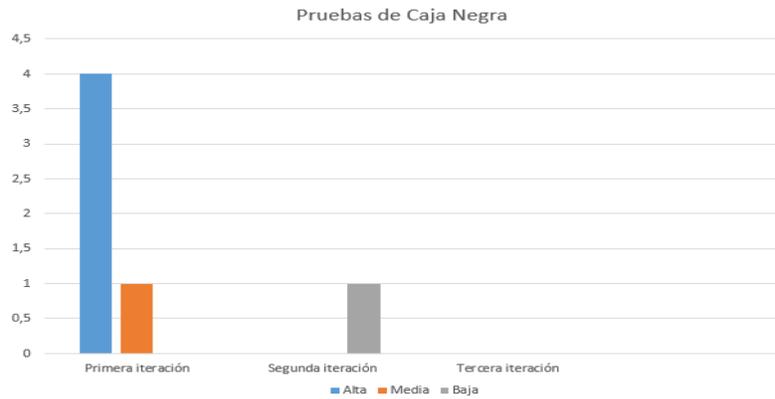


Figura #7. Resultado de las pruebas de Caja Negra

En la table # 5 se muestra el “Registro de defectos y dificultades detectados” contiene ejemplos de las no conformidades detectadas durante las pruebas a la aplicación y la respuesta.

Tabla 5. Requisitos funcionales del paquete de Análisis

Elemento	No.	No conformidad (NC)	Alta	Media	Baja	Respuesta del equipo de desarrollo
Aplicación	1	Cuando el usuario selecciona la opción Gestionar Universidad y adiciona una nueva Universidad, al seleccionar las coordenadas para la ubicación de la misma, no carga los valores.	X			Se corrigieron los permisos de cada tipo de usuario, ya que no permitía capturar los datos de las coordenadas.

Aplicación	2	Cuando el usuario selecciona la opción Gestionar Universidad y modificar una Universidad, al seleccionar las coordenadas para la ubicación de la misma, no carga los valores.	X			Se corrigieron los permisos de cada tipo de usuario, ya que no permitía capturar los datos de las coordenadas.
Aplicación	3	Cuando el usuario selecciona la opción Gestionar Facultad y adiciona una nueva Facultad, al seleccionar las coordenadas para la ubicación de la misma, no carga los valores.	X			Se corrigieron los permisos de cada tipo de usuario, ya que no permitía capturar los datos de las coordenadas.
Aplicación	4	Cuando el usuario selecciona la opción Gestionar Facultad y modifica una Facultad, al seleccionar las coordenadas para la ubicación de la misma, no carga los valores.	X			Se corrigieron los permisos de cada tipo de usuario, ya que no permitía capturar los datos de las coordenadas.
Aplicación	5	Al seleccionar la opción localizar por elemento, al introducir los datos no mostraba los resultados necesarios para localizar.	X			Al declarar el combo de los datos, estaba mal declarado.
Ortografía	6	En el plugin Gestionar Promoción, faltaba la tilde.			X	Se corrigió el error ortográfico.

### **3.11. Conclusiones parciales**

En este capítulo se seleccionó la arquitectura, se estableció el modelo de datos, se realizó el modelo de despliegue y el modelo de implementación, todos estos elementos permitieron construir satisfactoriamente el sistema propuesto. Con la realización de las pruebas de caja negra aplicando la técnica de partición equivalente se determinaron 5 no conformidades en su primera iteración y en la segunda iteración 1, las cuales fueron solucionadas. Estas pruebas permitieron afirmar que el producto cuenta con todos los requisitos definidos, a la vez que demostraron la calidad de la aplicación.

## Conclusiones generales

Luego de concluida la investigación se concluye que:

- El desarrollo de un SIG permitió mejorar la precisión de los análisis demográficos y/o territoriales de la promoción, además de ofrecer soluciones a diversas necesidades de información, ubicación y análisis, permitiendo gestionar grandes volúmenes de datos a diferentes escalas y proyecciones.
- Las herramientas y tecnologías que se emplean en la realización del sistema son libres lo cual contribuye al desarrollo de la Informática en Cuba, y al ahorro de recursos.
- La realización de un SIG para el análisis espacial de resultados académicos territoriales en la Educación Superior (SIGES) constituye un gran aporte al proceso de toma de decisiones.
- Al concluir el desarrollo de este sistema se le realizaron pruebas, lo cual permitió comprobar que el producto cuenta con todos los requisitos definidos, a la vez que demuestra la calidad de la aplicación.

## Recomendaciones

A partir de los resultados o beneficios que proporciona este trabajo investigativo y basándose en las experiencias acumuladas a lo largo del desarrollo de la misma, se proponen las siguientes recomendaciones:

- Ampliar la información que se tienen de los datos de las de promociones en otras universidades, que servirían de ayuda en la optimización de los reportes consultados.
- Integrar SIGES con el Sistema de Gestión Universitaria (AKADEMOS).

---

## Referencias

[En línea] <http://php.net/manual/es/intro-whatism.php>.

**Acosta Álvarez, Martha y Mandariaga Dozaret, Camilo. 2014.** *Sistema de Información Geográfica para la Feria Internacional del Libro de La Habana*. La Habana : s.n., 2014.

**Anónimo. 2013.** php. [En línea] 2013. [Citado el: 8 de Noviembre de 2013.] <http://php.net/manual/es/intro-whatism.php>.

**Apache. 2013.** Documentación del Servidor Apache. [En línea] 2013. [Citado el: 2016 de abril de 23.] <http://httpd.apache.org/docs/2.0/es/>.

**Apache Software Foundation. 1997.** Apache. [En línea] 1997. [Citado el: 20 de Enero de 2014.] <http://httpd.apache.org/>.

**Aplicativos SIG. 2013.** *SIGApícola Especificación de Requisitos de Software v2.0*. La Habana : s.n., 2013.

—. 2013. *SIG-EON Especificación de Requisitos de Software v2.0*. La Habana : s.n., 2013.

**Aviation. 2000.** 2000 Aviation. *2000 Aviation*. [En línea] 2000. [Citado el: 5 de junio de 2016.] <http://www.2000aviation.com/index.php/component/k2/item/11-georeferenciacion>.

**Bass, L., P. Clements y Kazaman, R. 2003.** *Software Architecture in Practice*. s.l. : Adison - Wesley, 2003.

**Biblioteca virtual- BR. 2014.** Banco de la República(Cartografía). *Banco de la República(Cartografía)*. [En línea] 2 de septiembre de 2014. [Citado el: 5 de junio de 2016.] <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/geografia/cartografia>.

**Blanco Hernández, Ingrid y Quesada Ibarquien, Víctor . 2007.** *LA GESTIÓN ACADÉMICA, CRITERIO CLAVE DE LA CALIDAD DE LA GESTIÓN*. 2007.

**Castañeda Rodríguez, Siomelis. 2011.** *Sistema de Información Geográfica para Campesinismo Popular*. La Habana : s.n., 2011.

**CONACULTA. 2013.** CONACULTA. *CONACULTA*. [En línea] 2013. [Citado el: 7 de Noviembre de 2013.] <http://www.conaculta.gob.mx/>.

**Dirección de Catastro Municipal. 2015.** Sistema de Información Geográfica del municipio de Mérida. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de mayo de 2016.] <http://www.merida.gob.mx/sig/>.

**Domínguez Bravo, Javier. 2000.** *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Madrid : CIEMAT, 2000. 1135-9420.

**Escalona Griff, Lisandra. 2010.** *Sistemas de Información Geográfica para dispositivos móviles basados en principios*. Ciudad de La Habana : s.n., 2010.

**Esri. 2010.** Esri. [En línea] 2010. [Citado el: 4 de Febrero de 2014.] <http://www.esri.es/es>.

**2013.** fergarciaac. [En línea] 21 de enero de 2013. [Citado el: 23 de abril de 2016.] <https://fergarciaac.wordpress.com/2013/01/25/entorno-de-desarrollo-integrado-ide/>.

- 
- Fernández Nuñez, Héctor Manuel. 2006.** *SIG-ESAC: Sistema de Información Geográfica para la gestión de la estadística de salud de Cuba.* La Habana : Rev Cubana Hig Epidemiol, 2006.
- Galeano Gil, Germán , Díaz Márquez, Pablo y Sánchez Alonso, José Carlos. 2016.** *Manual de HTML4.* Barcelona : Anaya Multimedia-Anaya Interactiva, 2016. 1ª ed.
- Gealntec. 2016.** Análisis Espacial. [En línea] 2016. [Citado el: 28 de junio de 2016.] <http://www.geaintec.cl/servicios/informacion-sig/analisis-modelado/analisis-espacial/>.
- González González, Yanisley y Sierra Dumitrescu, Midia Elena. 2011.** *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica utilizando Google Web Toolkit y OpenLayers.* [Documento] La habana : s.n., 2011.
- González, María del Carmen. 2008.** SciELO. [En línea] 2008. [Citado el: 23 de Abril de 2014.] [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352008000400011&script=sci\\_arttext&lng=pt.1024-9435](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1024-94352008000400011&script=sci_arttext&lng=pt.1024-9435).
- Hernández Barrios, Misbel. 2011.** *Desarrollo de un Sistema de Información.* Ciudad de La Habana : s.n., 2011.
- Hernández Couce, Daryl. 2012.** *Sistema de Información Geográfica para la Universidad de las Ciencias Informáticas sobre dispositivos móviles basado en los servicios Web estandarizados por la Open Geospatial Consortium.* [Documento] La Habana : s.n., 2012.
- Hernández León, Rolando Alfredo y Coello González, Sayda. 2011.** *El proceso de investigación científica.* Ciudad de La Habana : Editorial Universitaria, 2011. 978-959-16-1307-3.
- Hernández Sampieri, Roberto, Hernández-Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2006.** *Metodología de la Investigación Científica.* Mexico D. F. : McGrawHill, 2006. 970-10-5753-8.
- Hernández, Jaime P. 2009.** *Cartografía y Teledetección: Georreferencia.* [Documento] 2009.
- IBM. 2013.** IBM. [En línea] 2013. [Citado el: 17 de Noviembre de 2013.] <http://www-01.ibm.com/software/rational/rup/>.
- IBM. IBM. [En línea] [Citado el: 13 de Marzo de 2014.] <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/rsmhelp/v7r0m0/index.jsp?topic=/com.ibm.rsm.nav.doc/topics/cde-signmodel.html>.
- IEEE. 2014.** IEEE. [En línea] 2014. [Citado el: 11 de Marzo de 2014.] <http://ieee.org>.
- IN. 2012.** SlideShare. *SlideShare.* [En línea] 16 de noviembre de 2012. [Citado el: 5 de junio de 2016.] <http://es.slideshare.net/henryhvelarde/sig-y-sus-componentes>.
- 2012.** Ingeniería y Soluciones Gráficas. *Ingeniería y Soluciones Gráficas.* [En línea] 9 de enero de 2012. [Citado el: 5 de junio de 2016.] <http://ingeosolutions.blogspot.com/2012/01/los-componentes-de-un-sig.html>.
- Jacobson, Ivar, Booch, Grady y Rumbaugh, Jame. 2004.** *El Proceso Unificado de Desarrollo. Vol I, Vol II.* La Habana : Felix Varela, 2004.
- Jaime M. Tan Nozawa. 2007.** PHP Experto. [En línea] 5 de noviembre de 2007. [Citado el: 14 de mayo de 2016.] <http://phpexperto.blogspot.com/2007/11/php-mapscrip-de-mapserver-parte-1.html>.

- 
- Joanquín. 2010.** Creacion Geoportal. *Creacion Geoportal*. [En línea] 1 de septiembre de 2010. [Citado el: 26 de junio de 2016.] <http://creaciongeoportal.blogspot.com/2010/09/definicion-de-geoportal.html>.
- Jorge Rodríguez, Saily . 2011.** *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica utilizando el framework Geomoose*. La Habana : s.n., 2011.
- La Arquitectura de Software. 2014.** La Arquitectura de Software. [En línea] 2014. [Citado el: 5 de Marzo de 2014.] [arquitecturadesoftware.com](http://arquitecturadesoftware.com).
- Larman, Craig. 2003.** *UML y Patrones. 2da Edición*. España : Pearson Educación, 2003. 28.
- . **1999.** *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. Mexico : PRENTICE HALL, 1999. ISBN: 970-17-0261-1.
- MappingGIS. 2015.** MappingGIS. [En línea] 2 de octubre de 2015. [Citado el: 14 de mayo de 2016.] <http://mappinggis.com/2012/09/por-que-utilizar-postgis/>.
- Moreta Fernández, Maricet . 2013.** *Desarrollo de una aplicación web que permita incrementar la celeridad en el procesamiento de la información generada en las secciones sindicales de la Universidad de las Ciencias Informáticas*. La Habana : UCI, 2013. 1.
- Mozilla Developer Network. 2005.** MDN. [En línea] 2005. [Citado el: 11 de Noviembre de 2013.] <https://developer.mozilla.org/es/docs/JavaScript>.
- NetBeans. 2016.** NetBeans. *NetBeans*. [En línea] 2016. [Citado el: 25 de abril de 2016.] [https://netbeans.org/index\\_es.html](https://netbeans.org/index_es.html).
- No Hay Límites. 2011.** Ventajas de ExtJS. [En línea] 2011. [Citado el: 19 de enero de 2016.] <http://www.nohaylimites.com/?p=162>.
- Olaya, Víctor. 2011.** *Sistemas de Información Geográfica*. [Documento] 2011.
- OMG. UML.** [En línea] [Citado el: 30 de Noviembre de 2013.] <http://www.uml.org>.
- Paret Fuentes, Alejandro. 2011.** *Sistema de Información Geográfica para la Ciudad de La Habana* : s.n., 2011.
- PostgreSQL. 2009.** PostgreSQL-es. [En línea] 2009. [Citado el: 7 de Diciembre de 2013.] [http://www.postgresql.org.es/sobre\\_postgresql](http://www.postgresql.org.es/sobre_postgresql).
- Pressman, Roger S. 2010.** *Ingeniería de Software, un enfoque práctico*. 2010.
- rae. 2000.** sdd. sds. [En línea] sdsd, 1 de 12 de 2000. [Citado el: 3 de 12 de 2013.] [www.rae.es](http://www.rae.es).
- Ramírez Martín, Carlos E. y Rodriguez Donatien, Ariagna. 2009.** *Sistema para la Identificación de Aguas en Pozos Petroleros (SIAPP)*. La Habana : s.n., 2009.
- Real Academia Española.** Diccionario de la Real Academia Española. [En línea] [Citado el: 10 de Diciembre de 2013.] <http://rae.es/recursos/diccionarios/drae.28014>.
- . **2013.** Real Academia Española5. [En línea] 2013. <http://rae.es/recursos/diccionarios/drae.28014>.

- 
- Reyes Dixson, Yusnier y Nuñez Maturel, Lissette. 2015.** *El análisis estadístico aplicado a la gestión de la enseñanza para la toma de decisiones.* La Habana : Rev cuba cienc informat, 2015. ISSN 2227-1899.
- Reynoso, Carlos y Kiccilof, Nicolás. 2004.** *Estilos y Patrones en la Estrategia de Arquitectura de Microsoft Versión.* [Documento] Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires, 2004.
- Roca Díaz., Yanet y Pérez González, Miguel Yoandy. 2012.** *Sistema de Información Geográfica para el transporte obrero de la Universidad de las Ciencia Informáticas. Versión 2.0.* [Documento] La Habana : s.n., 2012.
- 2009.** Sistema de Gestión Académica. [En línea] 2009. [Citado el: 12 de noviembre de 2015.]
- Sommerville, Ian. 2009.** *Ingeniería de Software.* Madrid : Pearson Educación, 2009. 84-7829-074-5.
- Sphinx. 2014.** MapServer. [En línea] 2014. [Citado el: 17 de Enero de 2014.] <http://www.mapserver.org/es/about.html#about>.
- Teconología y Servicio S.A. 2009.** Sistema de gestión académica. [En línea] Teconología y Servicio S.A. Slideshare, 2009. [Citado el: 19 de enero de 2016.] <http://www.slideshare.net/tys2009/sistema-de-gestion-academica>.
- The free dicctionary. 2014.** The free dicctionary. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de Abril de 2014.] <http://thefreedictionary.com/zoom>.
- UCI. 2010.** *Registro en el Centro Nacional de Derecho de Autor de Cuba (CENDA).* La Habana : s.n., 2010. DSL-C-42-2010.
- Universidad de Cantabria. 2015.** Universidad de Cantabria. *Universidad de Cantabria.* [En línea] UC, 2015. [Citado el: 10 de diciembre de 2015.] <http://web.unican.es/>.
- . 2015.** Universidad de Cantabria. *Universidad de Cantabria.* [En línea] SWAP, 5 de diciembre de 2015. [Citado el: 10 de diciembre de 2015.] <http://web.unican.es/>. 12.
- Universidad de Murcia. 2015.** Universidad de Murcia. *Universidad de Murcia.* [En línea] UM, 2015. [Citado el: 10 de diciembre de 2015.] <https://www.um.es/>.
- Varen Caballero, Eliani. 2010.** *Estrategia para la implementación de Sistemas de Información Geográfica del petróleo sobre la base de la Plataforma GeneSIG.* La Habana : s.n., 2010.
- . 2010.** *Estrategia para la implementación de Sistemas de Información Geográfica del petróleo sobre la base de la Plataforma GeneSIG“Sistema de Información Geográfica para Campismo Popular”, Siomelis.* La habana : s.n., 2010.
- Vázquez Manso, Ruben. 2011.** *Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para la. Ciudad de La Habana* : s.n., 2011.
- VisualParadigm. 1999.** VisualParadigm. [En línea] 1999. [Citado el: 5 de Febrero de 2014.] <http://www.visual-paradigm.com/product/vpuml/>.

