

**UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS**



**Facultad 6**

**Centro Geoinformática y Señales Digitales**

**Facultad 5**

**Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos**

**Extensiones para el control de la ejecución de  
proyectos basadas en el análisis de la  
dimensión geográfica**

---

**Trabajo final presentado en opción al título de  
Máster en Gestión de Proyectos Informáticos**

**Autor:**

Ing. Gerdys Ernesto Jiménez Moya

**Tutores:**

Dr.C Pedro Yobanis Piñero Pérez

MSc. José Alejandro Lugo García

Dr.C José Tomás González González

**La Habana, Octubre de 2013**

## **DEDICATORIA**

*A mi hijito querido, por ser mi razón de ser y mi tesoro más preciado.*

*A mi esposa, por estar a mi lado en los buenos momentos y en los no tan buenos.*

*A mis padres y hermana, con mucho cariño y anhelo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis tutores José Alejandro y Pedro; por guiarme y exigirme en todo momento para alcanzar este resultado y por su amistad.*

*Al MSc. Vladimir Martell Fernández; por su amistad, apoyo y ayuda incondicional.*

*A la MSc. Yeleny Zulueta Veliz; por brindarme su experiencia, su confianza y ese impulso indispensable para llegar a la meta.*

*Al Dr.C Maikel Yelandi Leyva Vázquez; por sus sugerencias y contribución a este trabajo.*

*A mis compañeros del proyecto “Aplicativos-SIG”, sin su ayuda desinteresada no hubiera sido posible. En especial a Alain León Companioni, Adrián Gracia Águila y Alejandro Orgelio Hernández Cebrian.*

*A los miembros del consejo de dirección del Centro GEYSED y profesionales del Departamento de Geoinformática; por su apoyo y preocupación.*

*A todos con muchísima humildad, ¡Gracias!*

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo **Gerdys Ernesto Jiménez Moya** del registro de inscripción de nacimiento, con carné de identidad **84100812440**, soy el autor principal del trabajo final de maestría “*Extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica*” desarrollada como parte de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 2013.

---

Gerdys Ernesto Jiménez Moya  
**Autor**

## RESUMEN

Los indicadores derivados del proceso de recolección de medidas y análisis de métricas son extensamente utilizados para el control de la ejecución de proyectos en organizaciones productoras de software. La competitividad existente en el mercado obliga a los decisores a ser más precisos a la hora de tomar decisiones. Los decisores, apoyados por algunas herramientas informáticas de gestión de proyectos actuales pueden obtener indicadores necesarios para cumplir con esta tarea. Sin embargo, en la mayoría de los casos y durante el control de la ejecución de proyectos, no se tiene en cuenta el análisis de la dimensión geográfica de conjunto con los indicadores como complemento vital para conseguir un proceso de toma de decisiones eficiente y eficaz. El objetivo de la investigación consiste en desarrollar extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica, que contribuya a mejorar la capacidad de ayuda a la toma de decisiones en la *Suite* GESPRO 13.05. Los resultados obtenidos están asociados con: la explotación por las extensiones de ocho indicadores relacionados con áreas claves de la gestión de proyectos calculados automáticamente en la *Suite* GESPRO; la propuesta de dos indicadores que permiten obtener la evaluación histórica del proyecto y de las entidades desarrolladoras para la clasificación de zonas geográficas mediante el uso de operadores OWA en la Plataforma GeneSIG v1.5; y un módulo de ayuda a la toma de decisiones implementado en la herramienta GESPRO 13.05 que integra todas estas características.

**Palabras claves:** control de la ejecución, dimensión geográfica, indicadores.

## ABSTRACT

*The indicators derived from the process of collecting and analyzing metrics measures are widely used to control the execution of projects in software producing organizations. The competitiveness in the market forces decision makers to be more precise when making decisions, which supported by some current project management tools get the necessary indicators to accomplish this task. However, in most cases, and for controlling the execution of the project is not taken into account the analysis of the geographic dimension with the indicators as a vital complement for a decision process efficient and effective. The objective of the research is to develop an extensions for controlling the develop of projects based on the analysis of the geographical dimension, which contributes to improve the ability of aid to decision-making in the Suite GESPRO 13.05. The results obtained are associated with: the exploitation by extensions of eight indicators related to key areas of project management automatically calculated by Suite GESPRO, the proposal of two indicators that allow to get the historical evaluation of the project and developers entities for the classification of geographical areas by using OWA operators in GeneSIG Platform v1.5, and a module to aid decision making implemented in GESPRO 13.05 tool that integrates all these features.*

**Keyword:** execution control, geographical dimension, indicators

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1 ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO.....	9
1.2 CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS.....	9
1.3 TENDENCIAS ACTUALES DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	11
1.3.1 <i>Instituto de Ingeniería de Software</i> .....	11
1.3.2 <i>Asociación Internacional de Administración de Proyectos</i> .....	12
1.3.3 <i>Normas ISO 10006:2003</i> .....	13
1.3.4 <i>Normas Cubanas para la Gestión de Proyectos</i> .....	14
1.3.5 <i>Proyectos en entornos controlados PRINCE2</i> .....	14
1.3.6 <i>Instituto de Administración de Proyectos</i> .....	15
1.3.7 <i>Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos UCI</i> .....	16
1.4 TOMA DE DECISIONES .....	17
1.4.1 <i>Métodos de decisión multicriterio</i> .....	18
1.4.2 <i>Operadores de agregación</i> .....	20
1.4.3 <i>Familia de operadores OWA</i> .....	21
1.5 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) .....	23
1.5.1 <i>Partes fundamentales de un SIG</i> .....	24
1.5.2 <i>Aplicaciones de los SIG para la toma de decisiones</i> .....	25
1.5.3 <i>Plataforma GeneSIG</i> .....	26
1.6 TENDENCIAS SOBRE EL CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS Y LA DIMENSIÓN GEOGRÁFICA..	26
1.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	27
<b>CAPÍTULO 2: EXTENSIONES PARA EL CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS.....</b>	<b>28</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS EXTENSIONES.....	28
2.2 COMPONENTES .....	28
2.2.1 <i>Componente Tematizaciones</i> .....	29
2.2.2 <i>Componente Clasificación de zonas geográficas</i> .....	33
2.2.3 <i>Componente Integración con SIG</i> .....	36
2.3 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	43
<b>CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>44</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN Y LA MUESTRA SELECCIONADA.....	44
3.2 APLICACIÓN DE LAS EXTENSIONES A TRAVÉS DE GESPRO 13.05.....	45
3.3 COMPARACIÓN RESPECTO A LA VARIABLE INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE.....	48
3.4 ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DE LA PROPUESTA .....	59
3.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	61
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

# INTRODUCCIÓN

## Antecedentes y situación problemática

La competitividad en el mercado mundial es una de las principales características que ha alcanzado en la actualidad una alta prioridad para las empresas o entidades dedicadas al desarrollo de proyectos de *software*. A su vez la complejidad y el volumen de los proyectos ha crecido de manera considerable y acelerada (del Caño, et al., 1995) (García, et al., 2006) (López, 2011). La necesidad de predecir y controlar los costos, plazos, recursos, la calidad del producto así como satisfacer los requerimientos de la gerencia en función de las exigencias y necesidades del cliente está entre los aspectos claves en la Dirección Integrada de Proyectos (DIP) (Delgado, et al., 2003).

La DIP es el proceso de optimización de los recursos puestos a disposición del proyecto, con el fin de obtener sus objetivos (de Heredia, 1995). El Instituto de Administración de Proyectos (del inglés *Project Management Institute, PMI*) lo define como el arte de dirigir y coordinar los recursos humanos y materiales, a lo largo del ciclo de vida del proyecto mediante el uso de técnicas actuales, para conseguir los objetivos prefijados de alcance, coste, plazo, calidad y satisfacción de los partícipes o partes interesadas en el proyecto (PMI, 2009).

Hoy día, el uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en la DIP es fundamental para optimizar los recursos necesarios y alcanzar el nivel de eficacia y eficiencia previsto en la ejecución de un proyecto. La ejecución es una de las etapas más importantes en el desarrollo por su complejidad y por la importancia en la toma de las decisiones para lograr los objetivos definidos, en el menor plazo de tiempo posible, en el marco del presupuesto y con la calidad requerida por el cliente y las partes interesadas. Un proyecto bien planificado, con estudio de alternativas, evaluaciones, definiciones de calidad y presupuesto, facilita la tarea de dirección en la etapa de ejecución (Delgado, 2003).

Para lograr el éxito en la ejecución de proyectos es necesario desarrollar un trabajo de dirección en equipo donde el papel del director como líder es decisivo, evaluando por cortes un conjunto de indicadores (Piñero, et al., 2013). Estos indicadores están estrechamente relacionados con las siguientes áreas de conocimiento de la dirección de proyectos: costo, tiempo, calidad, logística y rendimiento de los recursos humanos. El control y evaluación de proyectos se realiza chequeando el estado de la información resultante de los procesos de planificación y ejecución mediante el uso de indicadores.

Cada organización debe establecer un proceso para la colección de los datos y definir este proceso lo más natural posible (Lugo, 2012). Los indicadores tienen como objetivo identificar los problemas y sus causas. A través de la ponderación de sus valores obtenidos en los cortes, se determina la evaluación final sobre la ejecución del proyecto. Sin embargo en la mayoría de los casos no se tiene en cuenta la dimensión geográfica combinada con este tipo de medidas como complemento para el proceso de toma de decisiones en la gestión de proyectos.

La *dimensión geográfica* se define como un conjunto de procesos que maniobrados sobre una colección de datos estructurada de acuerdo a las necesidades de un proyecto o empresa propicia

recopilar, elaborar y distribuir la información respecto a su ubicación espacial. Dicho conjunto de procesos resulta de vital importancia para la acción, dirección y control de las actividades en función de las estrategias del proyecto o la empresa. Es una nueva y sencilla aproximación que se orienta al proceso de gestión. Este enfoque inspirado en las tradiciones de la planificación del desarrollo regional, resuelve sistemáticamente la necesidad de coordinar, concertar y articular procesos de gestión regional e interregional, que se localizan en lugares y espacios continuos. (Andreu, et al., 1996)

El proceso de gestión tiene, mediante la *dimensión geográfica* la posibilidad de integrar eficientemente: la actuación del estado, la sociedad y la empresa en los procesos mencionados anteriormente (Lama, 2010). Es un atributo que describe los datos evaluados, pero sin profundizar en su concepto espacial y su representación en un mapa, lo cual sí se realiza a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Los SIG son considerados como herramientas tecnológicas muy útiles para el análisis y manipulación de los datos espaciales o geo-referenciados en apoyo a la toma de decisiones de negocios empresariales o gubernamentales (Marble, 1996). Estos sistemas, al ser implementados en una organización, generan un impacto potencial que condiciona las actividades humanas. Propiciado por el cambio de los procedimientos tradicionales de procesamiento de información geográfica a nuevos procedimientos automatizados, permiten optimizar el flujo organizacional mediante la eficacia en la toma de decisiones y el análisis espacial (Montilva, 1994).

A nivel nacional se evidencian dificultades que atentan contra el desarrollo de los proyectos de manera exitosa, no obstante existe la intención y la voluntad política para definir nuevas alternativas o enfoques que faciliten la toma de decisiones por parte de los decisores en los distintos niveles de dirección. Dentro de este marco se trazaron un grupo de políticas a nivel nacional vinculadas con la implementación de los Lineamientos aprobados en el Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC, 2011), entre las que se encuentra el perfeccionamiento de las regulaciones, los procedimientos de evaluación y la definición de indicadores que permitan el control.

Según queda expresado en el Lineamiento 7 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, el país debe encaminarse hacia el logro de un sistema empresarial constituido por entidades eficientes, bien organizadas y eficaces. Para alcanzar la necesitada eficiencia, deben sumarse varios factores de tipo organizativo (Fernández, 2012). Estos son elementos vitales para cualquier equipo de dirección de proyectos pues les obliga a realizar la DIP de manera sistémica. Se debe contar con diferentes alternativas para la toma de decisiones que provean una visión más acertada sobre los problemas que atenten con los compromisos pactados y a la vez permitan elevar la competitividad de la empresa.

En la actualidad existen en el mercado gran cantidad de productos de *software* orientados a la gestión de proyectos, muchos de ellos son ampliamente utilizados en las organizaciones con vistas a viabilizar los procesos de gestión de proyectos. Estas herramientas ofrecen diversos módulos con capacidades para definir, planear y administrar la cartera de proyectos y los proyectos definidos, que incluso se basan en las mejores prácticas sugeridas por el *PMI* y el Instituto de Ingeniería de Software (del inglés, *Software Engineering Institute*, SEI) (SEI, 2010). Sin embargo, a pesar de que algunas

cuentan con varios módulos para dar un seguimiento detallado a la información requerida en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto, tienen varias limitaciones como las que a continuación se describen:

- ✓ Los resultados del seguimiento y control se trabajan por separado para generar informes utilizados por herramientas de inteligencia de negocios.
- ✓ La experiencia ganada en los proyectos no impacta los procesos de la empresa directamente.
- ✓ No se incluye la dimensión geográfica para el análisis de indicadores durante el control de la ejecución de proyectos para la toma de decisiones.

La presente investigación se desarrolla en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Entre sus objetivos principales está llevar a cabo la informatización de todos los sectores del país. Fue creada sobre la base del concepto de universidad productiva, en ella se combinan los procesos de docencia, investigación y producción para propiciar el desarrollo tecnológico de la industria cubana del *software* como renglón estratégico para la economía. Al cierre del año 2012, según el informe realizado y presentado por (Febles, 2012), en la Universidad se gestionaban un total de 279 proyectos. El 70% se desarrollaban para entidades externas, de estos el 32% son proyectos con entidades extranjeras y el 38% de proyectos con entidades nacionales, lo que evidencia la existencia de disímiles proyectos en desarrollo equidistantes en cuanto a su posición geográfica. Es de señalar que el 19% de los proyectos están detenidos y varios de ellos por más de 6 meses. Esto implica en muchos casos que los recursos humanos y la tecnología destinada a estos no están en la práctica responsabilizados con el cumplimiento de los hitos y no son redistribuidos de manera eficiente hacia otros proyectos con mayor necesidad en otras zonas geográficas dentro y fuera del país.

Desde los inicios de su actividad productiva, la alta gerencia de la Universidad identificó la necesidad de institucionalizar una herramienta computacional que permitiera centralizar la información asociada con la gestión de su proceso productivo. Luego de un estudio de factibilidad se abogó por el desarrollo de la *Suite* de Gestión de Proyectos GESPRO (Piñero, et al., 2010) la cual se ha implantado en la red de centros de desarrollo de la UCI como solución integral para la gestión de los proyectos de *software*. Está basada en herramientas de código abierto construidas en la propia organización y alineada con los estándares propuestos por el PMI y el SEI.

Como resultado de la investigación desarrollada por Lugo (Lugo, 2012), GESPRO en su versión 12.05, permite obtener la evaluación de la ejecución recibida por los proyectos en un corte partiendo del análisis de indicadores propuestos para controlar el estado de los costos, el tiempo, la calidad, la logística y el rendimiento de los recursos humanos. Esta versión no incluye el análisis de la dimensión geográfica y resulta muy engorroso conocer la ubicación geográfica de los proyectos o entidades desarrolladoras para realizar el control de la ejecución haciendo uso de esta dimensión.

Además no se le provee a los decisores la evaluación histórica de la ejecución de los cortes anteriores para identificar tendencias sobre la evaluación del proyecto y/o la entidad desarrolladora en el proceso de toma de decisiones respecto a una zona geográfica. Existen dificultades para localizar los problemas detectados en cuanto a la distribución de los recursos materiales y humanos destinados para el cumplimiento en los proyectos. Se evidencian limitaciones de la DGP para la realización de la DIP al no tenerse en cuenta la clasificación de zonas geográficas mediante el



manejo de la incertidumbre contenida en la información, pues los datos obtenidos son registrados por seres humanos. Se aprecia la ausencia de herramientas informáticas para la gestión de proyectos de código abierto en el mercado, que permitan automatizar los procesos de control de la ejecución de proyectos basados en el análisis de la dimensión geográfica.

### **Problema**

Teniendo en cuenta la situación expuesta anteriormente se define el siguiente **problema de investigación**: Las deficiencias existentes en el control de la ejecución de proyectos, haciendo análisis de la dimensión geográfica, afectan la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de las herramientas informáticas de gestión de proyectos.

### **Objeto de investigación**

Control de la ejecución de los proyectos.

### **Objetivo general**

Desarrollar extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica, que contribuya a mejorar la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la Suite GESPRO 13.05.

### **.Objetivos específicos**

- ✓ Elaborar un marco teórico sobre el control de la ejecución de proyectos en torno al empleo de herramientas de ayuda a la toma de decisiones en la gestión de proyectos utilizando SIG.
- ✓ Extender un modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa existente, mediante la incorporación de componentes para el análisis de la dimensión geográfica de dichos proyectos utilizando un SIG.
- ✓ Validar las extensiones propuestas a partir de su aplicación en la *Suite* GESPRO 13.05, su explotación por la DGP y el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos de la UCI.

### **Campo de acción**

Control de la ejecución de proyectos haciendo uso de la dimensión geográfica.

### **Tipo de investigación**

Descriptiva, donde se cuenta con el suficiente conocimiento precedente acerca del problema como para plantear una hipótesis a nivel descriptivo. La representación del problema es clara en lo referente a la caracterización del fenómeno en sus aspectos externos. Como objetivo de la investigación se encuentra establecer las caracterizaciones estructurales y funcionales, así como las correlaciones y clasificaciones (Hernández, et al., 2002).

### **Hipótesis**

Si se desarrollan extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica, se contribuirá a mejorar la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la *Suite* GESPRO 13.05.

## Operacionalización de las variables

Tabla 1: Operacionalización de las variables (del autor).

Variable Independiente	Dimensión	Indicador	Índice
Extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica.	Calidad de las extensiones al modelo	Usabilidad	Muy Alta
			Alta
			Media
			Baja
		Competitividad en el mercado	Porcentual
Muy Baja			
Variable Dependiente	Dimensión	Indicador	Índice
Capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la <i>Suite</i> GESPRO 13.05.	Evaluación de proyectos basada en la dimensión geográfica	Maneja incertidumbre	Sí o No
		Cantidad de Tematizaciones	Cantidad (Unidad)
		Cantidad de áreas de conocimiento analizadas	Cantidad (Unidad)
	Usabilidad	Representa la incertidumbre	Sí o No
		Tiempo para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidad desarrolladora	Más de 8 horas
			1 a 8 horas
			30 – 60 segundos
			5 – 30 segundos
		Subjetividad en la clasificación de una zona geográfica	Alta
			Media
Baja			

### Población

La población está constituida por el personal directivo de la DGP y miembros del equipo de desarrollo de la *Suite* GESPRO 13.05.

### Muestra

La muestra está constituida por 17 personas, lo que representa el 56.7% del total que laboran en el Grupo de control y seguimiento de la DGP y el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, siendo respectivamente 5 y 12 de cada área.

### Diseño de experimentos

Se realizará un pre experimento con pre y post prueba con un solo grupo. El diseño se diagrama de la siguiente manera:

G    O<sub>1</sub>    X    O<sub>2</sub>

## **Descripción de las variables**

G: Grupo de experimentación compuesto por los especialistas de la DGP y del Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos.

O<sub>1</sub>: Observación de la capacidad de ayuda a la toma de decisiones en la DIP antes de aplicar la propuesta en la versión 12.05 de la *Suite* GESPRO.

X: Aplicación de la propuesta al grupo de experimentación a través del despliegue de la versión 13.05 de GESPRO.

O<sub>2</sub>: Observación de la capacidad de ayuda a la toma de decisiones en la DIP después de aplicar la propuesta en la versión 13.05 de la *Suite* GESPRO.

## **Análisis estadístico a realizar**

Test de *Wilcoxon* para comparar dos muestras relacionadas. En esta investigación las muestras son los resultados de comparar los indicadores establecidos para la variable dependiente donde está desplegado GESPRO antes y después de su aplicación (SPSS-Inc, 2004).

## **Instrumentos**

Se utilizará una matriz de comparación de funcionalidades para herramientas de gestión de proyectos, entrevistas y encuestas.

## **Novedad**

La aplicación de la dimensión geográfica en herramientas informáticas para el control de la ejecución de proyectos a través de la clasificación de zonas geográficas, a partir de la utilización de un modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa.

## **Aporte práctico de la investigación**

La propuesta y aplicación en GESPRO 13.05 de:

- ✓ Un módulo para el análisis de la dimensión geográfica de los proyectos que permite la clasificación de las zonas geográficas en cuanto a la tematización de los valores de los indicadores obtenidos en los cortes del proyecto.

## **Listado de publicaciones, eventos y avales de la investigación**

1. **Jiménez Moya, Gerdys E.** et al. (2009), Diseño e implementación de una base de datos centralizada para el Sistema de Gestión de Datos Geológicos. Aval de producto, Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de la Industria Básica. La Habana, Cuba.
2. **Jiménez Moya, Gerdys E.** et al (2009), Sistema para estandarizar los nomencladores del Sistema de Gestión de Datos Geológicos. Aval de producto, Oficina Nacional de Recursos Minerales, Ministerio de la Industria Básica. La Habana, Cuba.
3. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2009) et al., Sistema de Gestión de Datos geológicos: Rol diseñador de base de datos. VII Fórum de Ciencia y Técnica, Premio Destacado en el evento de base, Facultad 9. La Habana, Cuba.

4. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2009) et al., Sistema para estandarizar los nomencladores del Sistema de Gestión de Datos geológicos. VII Fórum de Ciencia y Técnica, Premio Destacado en el evento de base, Facultad 9. La Habana, Cuba.
5. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2009), Sistema de Gestión de Datos geológicos. Certificado de la IV Peña Tecnológica, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba.
6. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2010), Soporte a sistemas instalados en los Centros de Diagnóstico Integral y Centros de Alta Tecnología. Estado Falcón, República Bolivariana de Venezuela, Convenio de colaboración MINSAP Cuba Venezuela.
7. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2011) et al., Portal Oficina Nacional de Recursos Minerales. Centro Nacional de Derecho de Autor, Nro. De Registro: 2381-2011. La Habana, Cuba.
8. Santiesteban R., José C.; **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2011), Utria Pérez, Dianet, Herramienta para la migración de base de datos de la ONRM. Memorias del Taller Temático de la Décima Semana Tecnológica de FORDES, ISSN: 2076-9792. La Habana, Cuba.
9. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2012) et al., Módulo de representación geoespacial de Proyectos e Indicadores para GESPRO 12.05. II Taller de Gestión de Proyectos, Conferencia Científica UCIENCIA 2012. La Habana, Cuba.
10. Rodríguez L., Yudiel; Rodríguez Puente, Rafael; **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2012) et al., Sistema de información al viajero: Aplicaciones actuales. I Taller de Geoinformática, IV Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCIENCIA 2012, ISBN: 978-959-286-019-3. La Habana, Cuba.
11. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2012) et al., Evaluación del proceso de aseguramiento de la calidad a través de la aplicación de indicadores. Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Vol. 5, Nro. 9. La Habana, Cuba.
12. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2012) et al., Experiencias en la evaluación del proceso de aseguramiento de la calidad en el departamento Geoinformática mediante la aplicación de indicadores. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Vol. 6, Nro. 3, ISSN: 1994-1536 | e-ISSN: 2227-1899, RNPS: 0547 | e-RNPS: 2301. La Habana, Cuba.
13. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2012) et al., Módulo de representación geoespacial de Proyectos e Indicadores para GESPRO 12.05. II Taller de Gestión de Proyectos, Conferencia Científica UCIENCIA 2012. La Habana, Cuba.
14. **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2013) et al., Extensiones para la toma de decisiones basado en la representación geoespacial de los proyectos. III Taller Internacional Las TIC en la gestión de las organizaciones. Informática 2013, ISBN: 978-959-7213-02-4. La Habana, Cuba.
15. Cruz Castro, Liester; Rodríguez Larrazabal, Yudiel; **Jiménez Moya, Gerdys E.** (2013), Sistema de información geográfica para dispositivos móviles sobre protocolo para aplicaciones inalámbricas. VIII Congreso Internacional de Geomática. Informática 2013, ISBN: 978-959-7213-02-4. La Habana, Cuba.

## **Estructura de la tesis**

La investigación se presenta en tres capítulos de acuerdo a la distribución siguiente:

**Capítulo 1:** Se elabora un marco teórico de la investigación. Se presenta una revisión y actualización del estado del arte en torno al control de la ejecución de proyectos según las áreas de conocimiento de la DIP, así como el estado actual de los SIG y su aplicación en la toma de decisiones para la gestión de proyectos.

**Capítulo 2:** Se presentan extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en la clasificación de zonas geográficas. Se detallan sus partes y características fundamentales así como algunas indicaciones metodológicas para su comprensión y utilización. Además se presenta un método para obtener la evaluación dinámica de la ejecución de un proyecto.

**Capítulo 3:** Se muestra la aplicación de las extensiones en la versión 13.05 de la herramienta GESPRO. Contiene la validación de la solución en función de las pruebas experimentales propuestas.

Finalmente se exponen las conclusiones generales y las recomendaciones de la investigación.

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

En el presente capítulo se elabora el estado del arte sobre las principales tendencias en la gestión de proyectos a través de un acercamiento hacia el control de la ejecución de proyectos a partir de su evaluación y la utilización de la dimensión geográfica. Se exponen las formas de agregación de la información a través de los operadores OWA para los problemas de toma de decisión. Se caracterizan los SIG y su aplicación en la toma de decisiones haciendo uso de la dimensión geográfica.

## 1.1 Análisis bibliométrico

Para la investigación se realizaron búsquedas asociadas a la utilización de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en las principales escuelas de la gestión de proyectos, la implementación de métodos de decisión multicriterio, la utilización de los operadores OWA para la agregación de la información y la aplicación de los SIG para la tomas de decisiones. A continuación se muestra en la Tabla 2 el desglose de las fuentes bibliográficas referenciadas durante el desarrollo de la investigación en función de diferentes categorías y los momentos de consulta para determinar el nivel de actualización.

Tabla 2: Análisis bibliométrico (del autor).

Tipo de publicación	Últimos 5 años	Años anteriores
Libros y monografías	7	7
Tesis de doctorado	6	1
Tesis de maestría	3	0
Artículos de revistas indexadas	18	15
Memorias de eventos	8	2
Artículos publicados en la web	17	7
Reportes técnicos y conferencias	18	9
Entrevistas personales	2	0

En el trabajo hay un total de 115 referencias bibliográficas, donde el 64.5% de la bibliografía se corresponde a los últimos 5 años y el 35.5% a años anteriores, por lo que se considera abundante y actualizada. De los últimos 5 años los más representativos son el 2012 con el 29.2% y el 2011 con el 27.8%. Las categorías de artículos de revistas indexadas y artículos publicados en la web son las más reflejadas con 18 y 17 fuentes bibliográficas respectivamente. Es de señalar que el 42 % de la bibliografía utilizada se encuentra en idioma Inglés. El número moderado de tesis de doctorado y maestría citado en su mayoría se corresponden a los últimos 5 años, lo que demuestra el grado de actualidad y pertinencia del tema de investigación.

## 1.2 Control de la ejecución de proyectos

Según el sitio digital de la (RAE, 2013) se define “control” como la “comprobación, inspección, fiscalización, intervención o regulación manual o automática sobre un sistema.”

Un clásico de la ciencia de la dirección (Koontz, et al., 1973) cataloga al control como “...la medida y la corrección del desempeño de las actividades de los subordinados para asegurar que los objetivos y

*planes de la empresa diseñados para conseguirlos se estén llevando a cabo...*". Por su parte, otro autor plantea que "*...se trata de un proceso para garantizar que las actividades reales se ajusten a las actividades planeadas...*" (Stoner, et al., 1996).

Dentro de la DIP (Rodríguez, et al., 2010), define como objetivo principal del subsistema de control la observación para poder corregir los errores o defectos y comparar los resultados obtenidos con lo programado para estimular a los que lo merezcan y perfeccionar cada vez más la actuación de todo el sistema. Dentro del control se realiza la coordinación para conocer dificultades y problemas en el funcionamiento de la estructura organizativa y tener la información para poder prever futuras dificultades. Seguidamente se deben hacer los ajustes en el proceso antes que éstas se produzcan.

De no existir planes, objetivos a lograr y normas que cumplir, no existirá nada que controlar, o peor, el control será un ejercicio ciego de una autoridad sin guía. El directivo necesita información para analizar y estudiar los planes y programas pasados para determinar las dificultades que ocurrieron, los puntos débiles que se presentaron, las causas de los incumplimientos, pero también las fortalezas y aciertos. Luego en correspondencia se deben tomar las medidas que garanticen evitar la repetición de los errores y potenciar los logros positivos. Necesita también que esa información le guíe para evitar que ocurran las desviaciones negativas, anticipándose a las mismas antes que ocurran. El proceso de control requiere de tres actividades básicas (Blanco, 2011):

1. Diseño y establecimiento de planes, normas y objetivos a alcanzar.
2. Medición del desempeño y comparación con esos planes, normas y objetivos.
3. Acciones para corregir y rectificar las desviaciones de esos planes, normas y objetivos.

En el ciclo de vida de un proyecto, el proceso de control de la ejecución constituye uno de los más importantes por su complejidad e importancia en la toma de las decisiones para el logro de los objetivos, acortando el plazo de tiempo, en el marco del presupuesto, con el suministro programado y con la calidad requerida por el cliente y las partes interesadas. Con el fin de lograr el objetivo de facilitar la toma de decisiones en los cortes durante el control de la ejecución, es primordial que en el proceso de planificación se elaboren las estrategias de control que se llevarán a cabo.

El desarrollo de las TIC y su esencia para el control se apoya en la retroalimentación, un elemento clave para la DIP. Este constituye prácticamente la base de los procesos de auto-organización, mando y control. La retroalimentación se apoya en la información sobre el estado del sistema, y a través de ella se manifiesta el carácter de la medida de la incertidumbre en el proceso de dirección (Delgado, 2003) (Blanco, 2011).

Para la realización del proceso de control de la ejecución en la DIP se requiere de una preparación inicial en el cronograma de ejecución, donde debe estar toda la información elaborada durante el desarrollo del proceso de planificación. En la realización del corte I se dispone de la información generada en el corte (I - 1), se obtienen los valores de los indicadores de gestión, se realiza la evaluación y se definen las acciones operativas, tácticas y estratégicas para la organización como metas a alcanzar con sus respectivas prioridades en el corte (I + 1). Luego se elabora un informe de estado donde se incluyen todos los elementos relacionados con el corte I, así como los de (I - 1) e (I + 1). Este es un proceso continuo por cortes donde todos los integrantes y partes interesadas

intervienen actualizando la información en cada intervalo analizado, procesando e interpretando los resultados según el desarrollo de sus funciones (Delgado, et al., 2011). El proceso descrito se puede observar en la Figura 1.

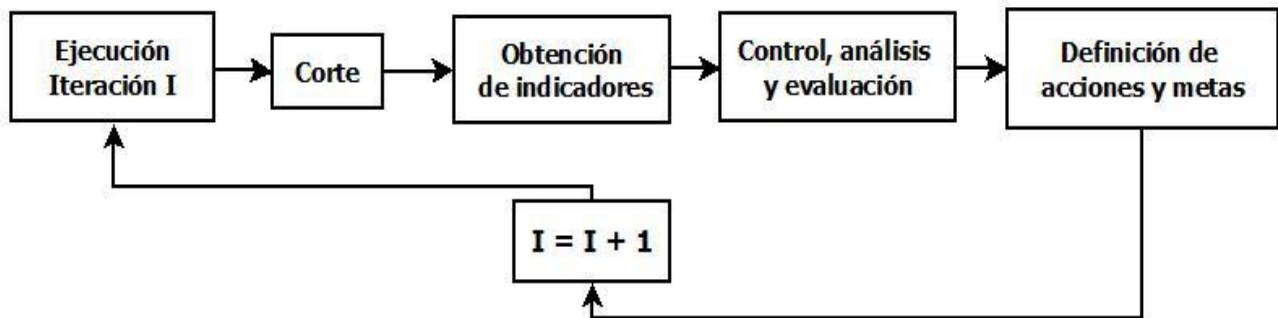


Figura 1: Proceso de control de la ejecución de proyectos (del autor).

Es de resaltar que los valores obtenidos a partir del cálculo de los indicadores de gestión permiten enfocar la proyección estratégica de la organización y realizar su gestión a largo plazo. En este sentido como plantea (Díaz, 2010) “...los valores encausan la visión estratégica en los procesos cotidianos. Nos llevan en el día a día a alcanzar los resultados deseados”. De esta manera se garantiza la continuidad y la estabilidad de las organizaciones a través del tiempo. Mediante la retroalimentación de la experiencia alcanzada de los cortes realizados se pueden hacer estudios de tendencias para la toma de decisiones. Sin embargo, debido a la variedad de los indicadores obtenidos y al dinamismo de los escenarios donde se aplican, no siempre se tienen en cuenta los valores obtenidos en cortes anteriores para obtener la última evaluación del proyecto. La necesidad de considerar los entornos diversos para la toma de decisiones durante la realización del control de la ejecución, aún no incluyen la dimensión geográfica para el análisis de tendencias de zonas geográficas asociadas a la evaluación de proyectos.

### 1.3 Tendencias actuales de la gestión de proyectos.

Las tendencias actuales de la gestión de proyectos están dadas por las buenas prácticas, normas, procedimientos y metodologías en torno a la gestión de proyectos. Se enmarcan no sólo en la propia institución donde se realiza la investigación, sino también en el plano nacional e internacional.

#### 1.3.1 Instituto de Ingeniería de Software

El SEI desarrolla y distribuye el modelo de capacidad y madurez integrado (del inglés *Capability Maturity Model Integration*, CMMI) (SEI, 2010). CMMI es un modelo de madurez de mejora de los procesos para el desarrollo de productos y servicios. Consiste en las mejores prácticas que tratan las actividades de desarrollo y de mantenimiento que cubren el ciclo de vida del producto, desde la concepción a la entrega y el mantenimiento (Chrissis, et al., 2009).

Las mejores prácticas de CMMI se publican en tres documentos llamados “modelos”, los cuales están dirigidos a las áreas de Desarrollo, Adquisición y Servicios. CMMI para Desarrollo propone cinco niveles de madurez, distribuidos entre: 1- Inicial, 2- Administrado, 3- Definido, 4- Administrado cuantitativamente y 5- Optimizado. El modelo otorga por defecto el nivel 1 para cada organización que desea obtener una certificación de este tipo (Lugo, 2012).



CMMI define 22 áreas de procesos distribuidas en los cinco niveles mencionados anteriormente dentro de las cuales se encuentra la monitorización y control del proyecto (del inglés *Project Management Control*, PMC) como área prevista para desarrollar el control de la ejecución aun cuando prevé la realización de acciones correctivas más allá del puro control del seguimiento. Esta área pertenece al nivel dos de madurez y tiene como propósito proporcionar una comprensión del progreso del proyecto para que se puedan tomar las acciones correctivas apropiadas, cuando el rendimiento del proyecto se desvíe significativamente del plan.

Cada área de proceso está compuesta, entre otras, por metas y prácticas específicas las cuales aseguran el éxito del área. Una meta específica describe las características únicas que deben estar presentes en el área para ser satisfecha, una práctica específica es la descripción de una actividad que se considera importante para alcanzar la meta específica asociada. Las prácticas específicas describen las actividades que se espera que produzcan la consecución de las metas específicas de un área de proceso. PMC cuenta con dos metas específicas y nueve prácticas específicas según se describe en (Chrissis, et al., 2009).

El autor sobre el análisis de CMMI, refiere la utilización de indicadores derivables de la obtención de métricas, aunque estos no son específicos para la evaluación de la ejecución de proyectos. Reconoce que a partir del análisis y la interpretación de los indicadores, los cuales deben ser definidos por cada institución, se deben obtener las evaluaciones del proceso en general. Esta escuela no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.2 Asociación Internacional de Administración de Proyectos**

La Asociación Internacional de Administración de Proyectos (del inglés *International Project Management Association*, IPMA) (IPMA, 2012) es una federación que cuenta con más de 55 asociaciones que son miembros de ella. Estas asociaciones desarrollan sus competencias de gestión de proyectos en sus áreas geográficas de influencia. Interactúan con miles de profesionales y desarrollan relaciones con empresas, agencias gubernamentales, universidades y colegios, así como organizaciones de formación y empresas de consultoría.

Esta asociación promueve las mejores prácticas de administración de proyectos, diversos niveles de certificación de acuerdo a la experiencia acumulada en esta disciplina y la competencia en la gestión de proyectos para las personas, los equipos de proyectos, empresas, organizaciones y agencias gubernamentales de todo el mundo. Para aumentar el reconocimiento y la eficacia de la Administración de proyectos IPMA:

- ✓ Certifica a los administradores de proyectos en una amplia gama de funciones específicas.
- ✓ Publica, mejora y aumenta las competencias conductuales y contextuales de todas las partes interesadas de proyectos y programas.
- ✓ Reconoce y adjudica excelentes y exitosos equipos de proyectos y proyectos de investigación.
- ✓ Evalúa y certifica el vencimiento de los niveles de administración de proyectos de organizaciones enteras.
- ✓ Ofrece publicaciones de gestión de proyectos distintivos y útiles.

Para llevar a cabo la competencia en la dirección de proyectos *IPMA* establece un estándar denominado *ICB (IPMA Competence Baseline)*. La última versión se corresponde con la publicada en marzo de 2006 y se identifica como *ICB v3.0*. Además, las directrices *ICB* se usan para certificar y evaluar las capacidades necesarias de los gestores de proyectos de acuerdo con 4 niveles de certificación (*ICB*, 2008). Su objetivo fundamental es estandarizar y reducir las tareas básicas necesarias para completar un proyecto de la forma más efectiva y eficiente. Tiene como inconveniente las limitaciones al acceso de la literatura relacionada con el tema, pues esta no se encuentra disponible de manera libre y los usuarios deben abonar cuotas de pago para su acceso. Además esta escuela no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.3 Normas ISO 10006:2003**

La ISO 10006-2003, al igual que la revisión que la precede del año 1997, forma parte de la colección “ISO 9000” asociada a la gestión de la calidad. Esta ISO en particular proporciona una guía para aumentar la calidad en la gestión de proyectos (*Standard*, 2003). En la norma se detallan importantes principios y prácticas que son aplicables para la gestión de la calidad de estos procesos, y tienen un impacto significativo en el logro de los objetivos de calidad de los proyectos aun cuando no se considere una guía para la gestión de proyectos en sí misma (*Stanleigh*, 2011).

La Norma centra su esfuerzo en definir los procesos a realizar para asegurar la calidad en la gestión de los proyectos aunque no define el conjunto de técnicas a utilizar en cada caso, lo cual transfiere al equipo de proyecto. Según la versión del 2003, los procesos clave que se desarrollan en cualquier proyecto – y sobre los cuales se desarrolla el estándar- se refieren a los procesos siguientes: estratégicos, a los asociados a recursos no humanos y a la comunicación, a los relacionados con los riesgos y el alcance, a los relativos al tiempo y los recursos humanos así como a los relacionados con la interdependencia, al costo y a las compras.

Estos procesos incluyen una descripción pormenorizada del grupo de procesos que los componen, siendo un total de 37 dentro de los cuales no se establece un apartado dirigido particularmente al control de la ejecución, sino que se distribuyen las actividades referidas a esto por cada uno de los procesos referidos (*Salesiana*, 2004).

Un análisis del autor recoge entre las principales acciones referidas al control de la ejecución en la ISO 10006:2003 las siguientes: medir y evaluar el desarrollo del proceso proyecto-construcción y tomar medidas para canalizar las desviaciones, controlar el trabajo desarrollado en el proceso proyecto-construcción, controlar la ejecución de las actividades del proceso proyecto-construcción y tomar acciones correctivas en su caso, comparar con los costes reales y controlar las desviaciones sobre el presupuesto y controlar la comunicación según lo planificado. Esta norma hace referencia a la importancia del uso de indicadores para evaluar el proyecto pero no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.4 Normas Cubanas para la Gestión de Proyectos**

A nivel nacional la dirección del país establece un grupo de legislaciones y decretos agrupados en un conjunto de leyes que rigen la gestión de proyectos en Cuba. Estas leyes son aprobadas por los ministerios en dependencia del tipo de proyecto que desarrolle. En la Gaceta Oficial de la República de Cuba se actualizan periódicamente las normas cubanas y se encuentran publicadas con libre acceso para su consulta y estudio.

Según una revisión realizada por el autor en mayo de 2013 una de las últimas normas aprobadas para la gestión de proyectos se corresponde con la del año 2007, la cual coincide con la ISO 10006: 2003 ajustada a las características del entorno cubano. Otra de las normas aprobadas recientemente es la Resolución No. 44 del 2012, orientada a los proyectos de ciencia, tecnología e innovación como elementos claves para el desarrollo económico y social del país a corto, mediano y largo plazo (CITMA, 2012).

En cuanto al control, estas normas definen según el alcance y el nivel de responsabilidad, las instancias encargadas de llevar a cabo este proceso. Establecen como medios para realizar el control de la ejecución las evaluaciones parciales, intermedias o finales, las auditorías y las evaluaciones del impacto. Se evidencia una tendencia al reconocimiento de los estándares ISO como la opción más factible para llevar a cabo los procesos de producción, pues no solo guía metodológicamente el proceso sino que permite obtener niveles de certificación y evaluación que favorecen al crecimiento del prestigio nacional e internacional de las empresas. Además se debe destacar que no reflejan explícitamente las medidas o indicadores a utilizar, quedando la responsabilidad de su definición por las instancias encargadas de su realización. Esta escuela no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.5 Proyectos en entornos controlados PRINCE2**

Proyectos en entornos controlados (del inglés *Projects in Controlled Environments*, PRINCE2) (PRINCE2, 2009) es un método efectivo para la gestión de proyectos desarrollado por la Agencia Central de Informática y Telecomunicaciones del Reino Unido y publicado en el año 1996. Actualmente es un estándar ampliamente usado por el gobierno del Reino Unido, al mismo tiempo que es muy reconocido y utilizado en el sector privado británico. Poco a poco, su uso también se está haciendo importante en los países de la Mancomunidad Británica de Naciones y de forma más discreta en el resto de Europa.

El método se organiza fundamentalmente en tres partes: los componentes, los procesos y las técnicas. Los componentes son áreas de conocimiento que deben aplicarse al proyecto cuando corresponda, los componentes son implementados mediante los procesos, que son los elementos que explican qué debe ocurrir y cuándo a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Las técnicas ofrecidas son métodos de trabajo de uso opcional pero son muy recomendables en todos los casos (Ramírez, 2012). PRINCE2 define 8 componentes, 8 procesos y 3 técnicas según se especifica en (PRINCE2, 2009).

El proceso Controlar una Fase (del inglés *Controlling a Stage*, CS) es el referido al control de la ejecución de proyectos y cuenta con dos salidas fundamentales. Una de ellas es el Informe de desarrollo, el cual refleja un resumen de la fase contra el plan de la fase, también maneja la información sobre las tolerancias y los problemas potenciales. La otra salida se corresponde con el Informe de excepción, este se crea únicamente si la fase que culmina no terminará de acuerdo con el plan previsto. Ofrece una visión general de por qué es probable que la fase se salga de la tolerancia incluyendo diferentes opciones para poner el proyecto nuevamente en marcha (Turley, 2010).

De acuerdo con la descripción anterior el control de la ejecución dentro de PRINCE2 se encuentra representado en un proceso del modelo el cual se dirige a controlar una fase determinada del proyecto. El control de la fase describe las tareas diarias de vigilancia y de control que realiza el Jefe de Proyecto sobre el proyecto, en esta es donde el Jefe de Proyecto pasa la mayor parte de su tiempo en un proyecto. A pesar de ir evolucionando esta metodología resulta muy complicada por su alta curva de aprendizaje para equipos de proyectos con poca experiencia y excluye el área de gestión del rendimiento de los recursos humanos. Otro factor negativo es el asociado al precio para adquirir una certificación como practicante de esta metodología, el cual varía en dependencia del tipo de certificación. Esta escuela no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.6 Instituto de Administración de Proyectos**

El Instituto de Administración de proyectos (del inglés, *Project Management Institute*, PMI) desarrolla, promueve y distribuye la Guía de los fundamentos para la Dirección de Proyectos (del inglés, *Project Management Body of Knowledge*, PMBOK) considerándola como una referencia fundamental en el ámbito de la dirección de proyectos. PMBOK proporciona pautas para la dirección de proyectos tomados de forma individual y es una norma reconocida en esta profesión. Define la dirección de proyectos y otros conceptos relacionados, y describe el ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos conexos (PMI, 2009).

En cuanto a su estructura, PMBOK está dividido en 5 grupos de procesos que cubren desde la iniciación y planificación, pasando por ejecución y seguimiento y control, hasta el cierre del proyecto. Cada uno de estos grupos cuenta con un conjunto de procesos específicos (42 en total) que aseguran el éxito de los objetivos del proyecto. Asimismo, otra organización metodológica de PMBOK identifica áreas de conocimientos fundamentales que inciden en mayor o menor medida en cada uno de los grupos de procesos mencionados. Particularmente, el control de la ejecución en PMBOK – analizado desde la perspectiva anterior de grupos de procesos- ocupa un lugar decisivo e integrador dada la naturaleza de la dirección de proyectos. Este grupo, interactúa con los demás procesos durante todo el ciclo de vida del proyecto a diferencia de los demás que ocurren en un momento puntual del tiempo.

El Grupo del Proceso de Seguimiento y Control está compuesto por aquellos procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, para identificar áreas en las que el plan requiera cambios y para iniciar los cambios correspondientes. El beneficio clave de este grupo de procesos radica en que el desempeño del proyecto se observa y se mide de manera sistemática y regular, a fin de identificar variaciones respecto del plan para la dirección del proyecto.

PMBOK incluye los procesos siguientes: *Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto, Realizar el Control Integrado de Cambios, Verificar el Alcance, Controlar el Alcance, Controlar el Cronograma, Controlar los Costos, Realizar el Control de Calidad, Informar el Desempeño, Monitorear y Controlar los Riesgos y Administrar las Adquisiciones.*

El proceso definido como *Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto* es el más cercano al control de la ejecución y consiste en revisar, analizar y regular el avance a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto. Monitorear implica realizar informes de estado, mediciones del avance y proyecciones. Los informes de desempeño suministran información sobre el desempeño del proyecto en lo relativo al alcance, cronograma, costos, recursos, calidad y riesgos, que puede utilizarse como entrada para otros procesos (PMI, 2009). Hace referencias al uso de indicadores como mecanismo para el control de la ejecución, donde en algunos casos define su formulación matemática pero en otros solamente refleja su definición teórica, lo que provoca incertidumbre en cuanto a la interpretación de la forma de obtener el indicador. Esta escuela no hace referencias al análisis de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución en la gestión de proyectos, ver detalles en la sección 1.6.

### **1.3.7 Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos UCI**

A partir de las necesidades para el control y seguimiento de proyectos en el Centro de Tecnologías de Almacenamiento y Análisis de Datos (CENTALAD) de la UCI se inicia en el año 2008 el análisis de factibilidad de varias herramientas de gestión de proyectos, entre las que se destacan: *Microsoft Project, Redmine, OpenProject, Dot Project, Project.Net, Trac, Jira, Primavera* entre otros. A partir de las insuficiencias de las plataformas señaladas se decide desarrollar una nueva herramienta basada en software libre y en un conjunto de investigaciones para extender la misma. Este trabajo se continuó por parte de la Dirección Técnica de Producción que desarrolló el sistema GESPRO en su versión 10.05 el cual fue instalado en la red de centros de la Universidad.

En sus inicios se propusieron un grupo de indicadores que se calculaban automáticamente por fechas de cortes asociados a la variación del cronograma, al índice de ejecución, al índice del rendimiento del proyecto, al índice del valor ganado, entre otros. Debido al estudio continuo y a la preparación de la herramienta GESPRO para satisfacer las necesidades de la alta gerencia de la Universidad por parte del Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, surgen alternativas como el resultado de la investigación realizada por (Lugo, 2012). Este propone un modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa; el cual se fundamenta por criterios objetivos a partir de evidencias, hace tratamiento a la incertidumbre y a la ambigüedad de los conceptos de cálculos y se basa en prioridades para el control y seguimiento del proyecto. Actualmente mediante su aplicación en la Suite GESPRO 12.05, se obtienen con frecuencia semanal los valores de 180 indicadores, entre los que se destacan ocho que se utilizan para evaluar los proyectos en ejecución (Ver Tabla 3). Estos son utilizados por los decisores que laboran en los diferentes niveles de dirección implicados en los procesos productivos de la Universidad. A pesar de que se cuenta con dichos indicadores, los cuales cubren las principales áreas de conocimiento de la gestión de proyectos, estos no se combinan con la dimensión geográfica de los proyectos para la realización del control de la ejecución.

**Tabla 3: Indicadores calculados por área de conocimiento (Lugo, 2012).**

Indicador	Notación	Área de conocimiento
Índice de Ejecución	<i>IE</i>	Integración, Tiempo
Índice de Rendimiento de la Ejecución	<i>IRE</i>	Integración, Tiempo
Índice de Rendimiento de la Planificación	<i>IRP</i>	Tiempo
Índice de Rendimiento de Costos	<i>IRC</i>	Costo
Índice de Calidad del Dato	<i>ICD</i>	Calidad (del dato)
Índice de Rendimiento de la Logística	<i>IRL</i>	Logística
Índice de Rendimiento de los RRHH	<i>IRRH</i>	Recursos Humanos
Índice de Rendimiento de la Eficacia.	<i>IREF</i>	Calidad

## 1.4 Toma de decisiones

La toma de decisiones es la actividad principal de cualquier ejecutivo. Esta tarea constituye la actividad cotidiana más difícil y riesgosa, pues implica la necesidad de evaluar opciones y elegir de entre todas las alternativas aquella que mejor se adecue a los objetivos perseguidos. Una mala decisión puede llegar a perjudicar una institución, afectando a los individuos, empresas, países, entre otros.

Una acción de toma de decisiones surge de la necesidad de resolver un problema determinado. Dependiendo de la gravedad de las consecuencias de la decisión y de la complejidad del estado de la situación, será necesario un proceso sistemático de análisis. Debe permitir que refleje con la claridad necesaria la problemática que ocupa (Sánchez, 2002).

La toma de decisiones hace referencia al conjunto de operaciones que comprenden desde el momento en que se detecta un problema o una situación que hace necesaria la toma de decisiones hasta que esta es adoptada y ejecutada (Munier, 2011). Autores como (Koontz, et al., 1998), (Herrera, et al., 2009) y (Álvarez, et al., 2011) definen la siguientes actividades como las principales para la toma de decisiones: Definir el problema de tomas de decisiones, Realizar un análisis del problema y la información con que se cuenta, Identificar las alternativas de solución, Establecer criterios o expertos por los cuales pueden ser evaluadas las alternativas y Evaluar las alternativas y seleccionar la mejor opción.

Para la realización del proceso de toma de decisiones se parte de construir una matriz de decisión (Merigó, 2008). La información existente en dicha matriz puede ser precisa, imprecisa, borrosa, o lingüística y varía en dependencia del dominio del problema.

$$\begin{array}{c}
 N_1 \quad N_2 \quad \dots \quad N_n \\
 \begin{array}{c} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_m \end{array} \left[ \begin{array}{cccc} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{array} \right]
 \end{array}$$

La matriz de decisión está compuesta por los siguientes elementos:

- ✓  $N_i$ : Representa los diferentes estados de naturaleza del problema de decisión.
- ✓  $E_i$ : Representa las diferentes alternativas de decisión o estrategias que puede adoptar el decisor.
- ✓  $a_{nm}$ : Constituye los resultados que surgen de combinar una estrategia con los diferentes estados de naturaleza. Estos resultados pueden ser exactos o imprecisos en dependencia de la información disponible para la resolución del problema.

La matriz puede ser diseñada a partir de la utilización de múltiples expertos (Yan, et al., 2011) o a través de métodos de decisión multicriterio (Pedrycz, et al., 2011). Esta manera de diseño de la matriz de decisión se conoce como la construcción a través de la fijación de criterios.

En dependencia de los contextos o ambientes donde se toman las decisiones, estas se clasifican según el conocimiento y el control que se tenga de las variables que intervienen en el problema. Teniendo en cuenta estos aspectos los ambientes de decisión se clasifican según (Merigó, 2008) en:

- ✓ Ambiente de certidumbre: Se conoce la mejor variante de decisión posible y se toma de manera inmediata. Las opciones de solución que se planteen van a causar siempre resultados conocidos e invariables.
- ✓ Ambiente de incertidumbre: A pesar de que se conocen los posibles resultados futuros se desconoce la probabilidad asociada a ellos.
- ✓ Ambiente de riesgo: No se conoce cuál es la mejor solución posible, pero sí se puede asociar un grado de probabilidad a las posibles situaciones futuras.

#### **1.4.1 Métodos de decisión multicriterio**

El modelo clásico para la toma de decisiones multicriterio (del inglés *Multiple-Criteria Decision Making, MCDM*) (Yoon, et al., 1995) (Yager, et al., 1998) (Wittmann, et al., 2008) (Pedrycz, et al., 2011) prescribe formas de evaluar, priorizar y seleccionar la alternativa más favorable de un conjunto de alternativas disponibles. Estas se caracterizan por estar a diferentes niveles de logros, por lo general en conflicto, para un conjunto de atributos.

Hoy día la mayoría de los problemas de decisión son dinámicos. En el sentido de que la decisión final se define cuando se realiza un proceso exploratorio exhaustivo donde las alternativas y los criterios pueden variar durante su ejecución. En principio el *MCDM* podría ser utilizado en un entorno dinámico considerando cada decisión tomada completamente independiente una de la otra. Siendo así constituiría una simplificación en un ambiente dinámico en el que las evaluaciones anteriores afectan las posteriores sin tener en cuenta este factor clave para los problemas que ocurren en ambientes dinámicos.

El problema de la toma de decisiones en un entorno dinámico ha sido objeto de estudio en muchos campos diferentes. Ha recibido una atención especial por parte de la comunidad científica en la psicología y las ciencias cognitivas (Brehmer, 1992) (Townsend, et al., 1995) (Diederich, 1997) (Busemeyer, 2001) (González, 2005) (Wittmann, et al., 2008) (Paulus, et al., 2009). En los últimos años el área de soporte de decisión y la toma de decisiones ha recibido un auge en su aplicación

apoyada en teorías de optimización para la resolución de este tipo de problemas (Chang, et al., 2009) (Yu, et al., 2012) (Ting, et al., 2011) (Campanella, et al., 2011) (Marques, et al., 2011) (Caniëls, et al., 2012) (Vahdani, et al., 2013) y aplicada para la agregación en mapas cognitivos difusos (Leyva, et al., 2013). El autor de la investigación para la propuesta de solución utilizará el marco de trabajo propuesto por (Campanella, et al., 2011), este se representa matemáticamente de la siguiente manera:

**Definición 1:** Dado un conjunto (posiblemente infinito) de instantes de tiempos  $T = \{1, 2, \dots\}$  se denota  $A_t$  como conjunto de alternativas disponibles en el momento  $t \in T$ ,  $C_t: A_t \rightarrow [0, 1]^n$  es la función de asignación de cada alternativa de los valores del vector correspondiente para cada criterio de las  $n$  alternativas evaluadas, y  $w_t \in [0, 1]$ ,  $\sum_{w \in W_t} w = 1, \forall t \in T$  un vector de peso para expresar la importancia de cada criterio.

La notación del conjunto anterior se utiliza en lugar de la notación matricial comúnmente utilizada en el modelo *MCMD*, pero debido al ambiente dinámico del problema se hace imposible asociar posiciones fijas a elementos de un conjunto de alternativas que estén cambiando constantemente. La calificación en cada momento  $t \in T$ , denotado como  $R_t: A_t \rightarrow [0, 1]$ , está definida sobre la base del modelo clásico en  $C_t$  y  $W_t$  y representa la agregación (no dinámica) de todos los valores de los criterios, posibilitando tener en cuenta la importancia relativa para cada una de las alternativas.

La naturaleza dinámica del proceso de decisión se aborda por medio de un mecanismo de retroalimentación, controlado por una segunda función de agregación que hace uso de un conjunto de alternativas históricas, conocida también como "memoria histórica". El conjunto histórico de alternativas se define como:

$$\mathcal{H}_0 = \emptyset \text{ and } \mathcal{H}_t \subseteq \cup A_{t'}, t \in T \quad t' \in T, t' \leq t \quad (1)$$

En la práctica será necesario definir el subconjunto de alternativas que se incluyen en el conjunto histórico y realizar la siguiente iteración mediante una regla de selección, denominada "política de retención". Finalmente la función de evaluación  $E_t: A_t \cup \mathcal{H}_{t-1} \rightarrow [0, 1]$ ,  $t \in T$  es definida como:

$$E_t(a) = \begin{cases} R_t(a) & a \in A_t \setminus \mathcal{H}_{t-1} \\ D_E(E_{t-1}(a), R_t(a)) & a \in A_t \cap \mathcal{H}_{t-1} \\ E_{t-1}(a) & a \in \mathcal{H}_{t-1} \setminus A_t \end{cases} \quad (2)$$

Donde  $D_E$  es una función de agregación. Para toda alternativa  $A_t$  o alguna otra constituida anteriormente por medio del conjunto histórico  $\mathcal{H}_{t-1}$  se tiene que:

1. Si la alternativa  $a$  sólo pertenece al conjunto actual de alternativas, pero no al conjunto histórico  $\mathcal{H}_{t-1}$ , la evaluación  $E_t(a)$  simplemente coincide con  $R_t(a)$ .
2. Si la alternativa  $a$  pertenece al conjunto actual y al histórico,  $a \in A_t \cap \mathcal{H}_{t-1}$ , su evaluación es la agregación de la iteración anterior con la evaluación actual.
3. Finalmente, si la alternativa  $a$  no pertenece al conjunto actual de alternativas  $A_t$  pero está contenida en el conjunto histórico  $\mathcal{H}_{t-1}$ , su evaluación se realiza considerando la iteración anterior  $E_t(a) = E_{t-1}(a)$ .



Para asegurar que se realice la repetición por pares, la función de agregación  $D_E: [0, 1]^2 \rightarrow [0, 1]$  se requiere que sea asociativa y producirá para un tiempo  $t$ , el mismo resultado que la aplicación sobre el conjunto de valores pasados  $E_{t'}, t' \in \{1, \dots, t\}$ .

$$D_E(D_E(x, y), z) = D_E(x, D_E(y, z)), \forall x, y, z \in [0, 1] \quad (3)$$

Esta condición es sumamente importante, pues permite realizar el cálculo de manera incremental sin la necesidad de almacenar los valores anteriores. La elección de la función de agregación para obtener la evaluación dinámica es independiente a la función utilizada para obtener la alternativa en la parte no dinámica.

### 1.4.2 Operadores de agregación

Los procesos de agregación de información surgen en multitud de aplicaciones relacionadas con el desarrollo de sistemas inteligentes. Se pueden encontrar agregaciones en redes neuronales, controladores basados en lógica borrosa, sistemas de visión, sistemas expertos y problemas de toma de decisión multicriterio (Doña, 2008). Como se expone en el epígrafe anterior los operadores o funciones de agregación constituyen un componente clave para asociar los valores de cada alternativa. Es por ello que las propiedades matemáticas de estas funciones tienen un impacto en la producción de los valores para la clasificación final de las alternativas en la toma de decisiones multicriterio.

**Definición 2:** Un operador de agregación se define como la función matemática empleada para la fusión de información. Combina  $n$  valores en un dominio  $D$  y devuelve un valor en ese mismo dominio. Las funciones se denotan con el símbolo  $\mathbb{C}$  y tienen la forma siguiente (Torra, et al., 2007):

$$\mathbb{C}: N^n \rightarrow N \quad (4)$$

Algunos de los operadores más utilizados en los problemas de tomas de decisiones son los siguientes:

- ✓ *Media ponderada:* es uno de los operadores de agregación más utilizados en la literatura y se denota como *WA* (del Inglés, Weighted Averaging). La media ponderada se define mediante la siguiente formulación:

**Definición 3:** Un operador *WA* tiene asociado un vector de peso  $W = \{w_1, \dots, w_n\}$  con  $w_i \in [0, 1]$  y  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ , teniendo la siguiente forma:

$$WA(a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_i a_i \quad (5)$$

- ✓ *Integrales difusas:* parten de la obtención de medidas difusas ( $\mu$ ). Las integrales difusas más empleadas son la integral de Sugeno y la integral de Choquet (Marichal, 2000).
- ✓ *Familia de operadores OWA (Ordered Weighted Averaging* o media ponderada ordenada por su traducción al español): esta técnica fue introducida por (Yager, 1988) y actualmente es una de las familias de operadores más utilizados en la actualidad en la solución de diversos problemas de toma de decisión, modelado de redes, base de datos, sistemas borrosos y fusión de información.

Es necesario destacar que los operadores mencionados anteriormente a partir de sus características permiten modelar gran variedad de situaciones. La *WA* permite representar los niveles de fiabilidad e importancia por la posibilidad de asignar pesos a la fuente de información. A través de la utilización de las integrales difusas es posible modelar las interacciones y la redundancia entre criterios pero estas tienen como limitante el crecimiento exponencial de sus coeficientes al incrementar el número de criterios e implica que se eleve el costo computacional al implementar los algoritmos asociados a este tipo de agregación.

Por su parte los operadores *OWA* permiten asignarle pesos a los datos para alcanzar la compensación en dependencia de sus valores y la representación de conceptos borrosos. Otra de las ventajas de este operador está dada por la gran flexibilidad que aportan en los esquemas de decisión para modelar una gran cantidad de reglas de agregación.

### 1.4.3 Familia de operadores OWA

**Definición 4:** Un operador *OWA* se define como una función de dimensión  $n$  del tipo  $F: R^n \rightarrow R$  a la que se le asocia un vector  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$  de longitud  $n$ , donde  $w_i \in [0, 1]$  y  $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ . Además se cumple que  $f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n w_j * b_j$  donde  $b_j$  es el  $j$ -ésimo valor mayor de las  $a_n$ .

A los operadores *OWA* se le asocian una serie de propiedades, las cuales se detallan a continuación (Yager, 1988):

**Propiedad 1:** Para todo operador *OWA*  $F$

$$F_*(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq F(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq F^*(a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (6)$$

Lo que indica que los operadores *OWA* súper y sub estrella representan los límites superior e inferior respectivamente para cualquier operador *OWA* definido. De lo que se deduce que para cualquier  $F$ :

$$\text{Min}(a_i) \leq F(a_1, a_2, \dots, a_n) \leq \text{Max}(a_i) \quad (7)$$

**Propiedad 2 (Conmutatividad):** Sea  $(a_1, a_2, \dots, a_n)$  un conjunto de elementos a agregar y sea  $(d_1, d_2, \dots, d_n)$  una permutación del mismo. Para cada operador *OWA* se cumple que:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = F(d_1, d_2, \dots, d_n) \quad (9)$$

**Propiedad 3 (Monotonía):** Sea  $a_i$  y  $c_i$  conjuntos a agregar con  $i = 1, \dots, n$  tal que para cada  $i$ ,  $c_i \leq a_i$  entonces:

$$F(c_1, c_2, \dots, c_n) \leq F(a_1, a_2, \dots, a_n) \quad (10)$$

**Propiedad 4 (Idempotencia):** Si  $a_i = a$  para todo  $i = 1, \dots, n$ ; entonces:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n) = a \quad (11)$$

Además de las propiedades antes mencionadas, (Yager, 1988) define dos medidas de importancia asociadas a los operadores *OWA*. La primera de ellas se denomina dispersión o entropía de un vector. Esta brinda la medida del grado con que se realiza la agregación de todos los elementos de igual forma y se define formalmente mediante la siguiente formulación:

$$\text{Disp}(W) = - \sum_{i=1}^n w_i * \ln(w_i) \quad (12)$$

La segunda medida introducida es la denominada *orness* y se define formalmente como:

$$orness(W) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n ((n-i) * w_i) \quad (13)$$

Donde se puede comprobar que:

- ✓  $orness(W^*) = 1$
- ✓  $orness(W_*) = 0$
- ✓  $orness(W_{ave}) = 0.5$

De esta forma se puede definir una medida de *andness* como:

- ✓  $andness(W) = 1 - orness(W)$ .

Dentro de la familia de operadores OWA parametrizados se encuentra el operador ME-OWA (O'Hagan, 1988), refiriéndose las siglas ME a máxima entropía, el Step-OWA u operadores de tipo escalón (Yager, 1993), el OWA ponderada (del inglés, Weighted Ordered Weighted Averaging, WOWA) (Torra, et al., 2007), la media ponderada inmediata (del inglés, Immediate Weighted Average, IWA) (Merigó, 2011) y el operador OWAWA ( del inglés Ordered Weighted Averaging Weighted Averaging (OWAWA) (Merigó, 2008).

El operador OWAWA permite la agregación de un conjunto de valores haciendo uso de dos vectores de peso. Unifica los operadores OWA y WA, permitiéndole reflejar el grado en que se desea reflejar cada uno de ellos. Uno de los vectores se corresponde al de la media aritmética y el otro al del operador OWA. Por tanto resulta muy ventajosa su aplicación para tener en cuenta la prioridad del proyecto en la agregación de la información. Su definición formal está dada por:

**Definición 5:** Un operador OWAWA es una función  $OWAWA: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$  de dimensión  $n$  si tiene un vector de ponderaciones  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$  asociado, con  $w_j \in [0, 1]$  y  $\sum_{i=1}^n w_j = 1$  tal que:

$$OWAWA(a_1, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n \hat{v}_j * b_j \quad (14)$$

Donde  $b_j$  es el  $j$ -ésimo valor más grande de las  $a_i$ , cada argumento  $a_i$  tiene asociada una ponderación  $v_i$  con  $v_i \in [0, 1]$  y  $\sum_{i=1}^n v_i = 1$  y  $\hat{v}_j = \beta w_j + (1 - \beta)v_j$  con  $\beta \in [0, 1]$  y  $v_j$  es la ponderación  $v_i$  ordenada según  $b_j$ , es decir, según el  $j$ -ésimo valor más grande de las  $a_i$ .

Otra de las familias de operadores OWA de gran importancia son los Neat-OWA (Doña, 2008) y se caracterizan por la dependencia de los pesos con respecto a los valores a agregar. Como parte de estos también se encuentran los operadores de mayoría MA-OWA, la definición de este proceso de agregación se realiza utilizando la nomenclatura de los operadores Neat-OWA:

**Definición 6:** El operador MA-OWA es una función  $F_{MA}: R^n \times N^n \rightarrow R$  definida como:

$$F_{MA}((a_1, \delta_1), \dots, (a_n, \delta_n)) = \sum_{j=1}^n w_j * b_j = \sum_{j=1}^n f_j(b_1, \dots, b_n) * b_j \quad (15)$$

Donde  $w_j \in [0, 1]$  y  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ ; se ha realizado la conversión del vector original con repeticiones a un vector de tuplas  $(a_i, \delta_i)$  donde el primer elemento representa el valor a agregar sin repeticiones y el segundo elemento su cardinalidad y  $b_j$  es el  $j$ -ésimo mayor elemento ordenado por  $\delta_i$ .

El cálculo de los pesos de la agregación se formaliza de la siguiente manera:

$$w_i = \begin{cases} \frac{1}{n} & \text{si } i = 1 \\ \frac{\gamma_i^k + w_{i-1}}{u_i} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (16)$$

donde  $\gamma_i^k = \begin{cases} 1 & \text{si } \delta_i \geq k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$  y,

$$\theta_i = \begin{cases} (\text{número de etiquetas con cardinalidad } \geq i) + 1 & \text{si } i \neq \delta_{\min} \\ \text{número de etiquetas con cardinalidad } \geq i & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Los operadores de mayoría realizan la agregación en función del valor  $\delta_i$  que generalmente toma el valor de la cardinalidad del elemento  $i$  para representar su importancia en la agregación. El método de cálculo del valor  $\delta_i$  es independiente de la definición del operador de mayoría, siendo el más usado por su simplicidad la función de distancia siguiente:

$$\text{dist}(b_i, b_j) = \begin{cases} 1 & \text{si } |b_i - b_j| \leq x \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (17)$$

El valor de  $x$  modela el tamaño final de cada grupo y mide la flexibilidad de los decisores para formar grupos con el objetivo de reforzar sus posiciones. La cardinalidad de  $b_i$  es la suma de todos los valores de  $\text{dist}(b_i, b_j)$  para  $j=1, \dots, n$  siendo  $n$  el número de etiquetas a agregar y se formula de la siguiente manera:

$$\delta_i = \sum_{j=1}^n \text{dist}(S_i, S_j) \quad (18)$$

El operador MA-OWA resuelve uno de los principales problemas de toma de decisión, pues en el proceso de agregación contempla todas las opiniones o criterios expuestos de manera tal que se reflejen la mayoría de estos en el proceso de evaluación. Por tanto permite obtener resultados más fieles teniendo en cuenta el criterio de la mayoría sin desestimar la opinión de la representación minoritaria de la agregación.

## 1.5 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Según el Centro Nacional de Información Geográfica y Análisis (del inglés, National Center for Geographic Information and Analysis) (The University of Mayne, 2010) un SIG se define como un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

Los SIG son sistemas computacionales que permiten consultar de manera interactiva información geográfica digital (latitud, longitud, altitud), facilitando la combinación e integración de múltiples cartografías, manejadas como capas superpuestas de datos digitales que se observan simultáneamente y como características de un mismo espacio, para la generación de información aplicable a proyectos o cuestiones específicas (Chang, 2002) (Reyna, 2005) (Misatova, et al., 2008).

Los sistemas de este tipo intentan adelantarse a los sistemas de información tradicionales para pasar a ofrecer un entorno adecuado para la captura, almacenamiento y gestión tanto de información

alfanumérica (como hacían los sistemas tradicionales) como de información geográfica. Por información geográfica se entiende en este contexto a la información referente a la localización en el espacio de los objetos sobre los que se quiere almacenar determinada información.

El aspecto gráfico adquiere un papel especialmente relevante en estos sistemas. Las relaciones entre datos geográficos o entre estos y datos alfanuméricos se pueden hacer más identificables para el usuario mediante una adecuada representación gráfica (Brisaboa, et al., 2004).

En el marco de la investigación, se entiende por SIG lo referenciado y definido por (Hernández, 2002): los SIG son un sistema organizado de equipo informático, software, datos geográficos y descriptivos así como diseños personales para hacer más eficientes la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y despliegue de todas las formas de información geo-referenciada.

### **1.5.1 Partes fundamentales de un SIG**

Según la propia definición asumida en la investigación, un SIG está compuesto fundamentalmente por información geo-referenciada, atributos descriptivos, equipo informático y software (Hernández, 2002).

El equipo informático: Corresponde a la parte física del sistema y forma el núcleo medular de un SIG. Puede estar constituido por un ordenador, en donde se realizan todas las operaciones geográficas; digitalizador y escáner, para convertir una imagen en formato digital; equipos para sistemas de posicionamiento global (del inglés, *Global Positioning Systems*, GPS) u otros.

Atributos descriptivos: Corresponden a la información que cada elemento tiene, representados por puntos, líneas o polígonos en su forma más simple. Estos se almacenan en una tabla que se encuentra relacionada con el elemento por medio de un indicador común.

Software: Es esencial para introducirse en el ambiente de trabajo de un SIG. Provee de las funciones y herramientas necesarias para el almacenamiento, análisis y despliegue de la información.

La geo-referenciación es un concepto relativamente nuevo que aún no es reconocido por la Real Academia de Lengua Española, sin embargo, es comúnmente empleado en la bibliografía científica (Chávez, 2011), (Beltran, 2012). La definición más acertada hace referencia al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante un punto, vector, área o volumen) en un sistema de coordenadas determinado (Chávez, 2011), (SIGIS, 2012). Es un proceso realizado frecuentemente en los SIG.

Información geo-referenciada: Con el equipo informático y el software seleccionado se introducen los elementos que forman el "mundo real", ubicándolos geo-referencialmente. Esto se logra gracias a la interrelación de diferentes campos como son: el catastro, la topografía, la cartografía, el levantamiento, la fotogrametría, el procesamiento de imágenes, la percepción remota, la planificación rural y urbana, la ciencia de la tierra y la geografía.

### **1.5.2 Aplicaciones de los SIG para la toma de decisiones**

Gracias a los SIG es posible realizar tres actividades como: visualizar datos en forma espacial, manejar información geo-referenciada para su análisis y modelarla. Los SIG permiten desarrollar modelos de datos geo-referenciados (geográficos, ambientales, estadísticos, sociales o sus combinaciones) de simulaciones, de proyecciones o de corte explicativo, que ayuden a comprender mejor los fenómenos estudiados o de los cuales se deriven aplicaciones específicas (Reyna, 2005).

Sirven de apoyo a la toma de decisiones y contribuyen al seguimiento y control de la información socioeconómica de cualquier sector de la sociedad a partir de su representación y análisis espacial (Geoinformática, 2012). Esta gran diversidad está dada porque el 80% de la información necesaria para realizar las actividades de cualquier organización está relacionada con la geografía. Más de las tres cuartas partes de las actividades realizadas por el hombre pueden ser referenciadas a través de coordenadas geográficas. Si se acepta esta máxima se puede deducir la importancia que tiene el software capaz de gestionar y analizar la información espacial, en suma, los datos geográficos (Garrido, 2004).

La utilización de este tipo de sistemas para resolver diversos problemas ha resultado una práctica habitual para los organismos gubernamentales (Arai, et al., 2002) (Weihua, et al., 2006) (Lu, 2009) (Wang, et al., 2010) y para varias universidades (The University of Mayne, 2010) (UCGIS, 2011) (Geoinformática, 2011). Para el manejo de indicadores se reporta el trabajo de (Barbero, et al., 2008) que aplica las ventajas de los SIG para el manejo en este caso de indicadores de vida. En el área de la mejora de la gestión y la toma de decisiones difusa se reporta el resultado de (Araque Ibañez, 2012) aplicado en entornos de cultivos del olivo.

Actualmente se ha expandido el uso de estos sistemas de manera creciente, su estudio y desarrollo ha permitido que se encuentren en variados organismos e instituciones como pilares fundamentales para el trabajo diario y la toma de decisiones. Tal es la importancia y el interés que estos sistemas han generado que se crea en 1991 la Sociedad Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (SIBSIG) encargada de organizar la Conferencia Iberoamericana de Sistemas de Información Geográfica (CONFIBSIG), que constituye la reunión científico-tecnológica de mayor alcance de la especialidad en América Latina y se desarrolla con un espacio de 2 años desde la fecha (Buzai, 2011). En Cuba se desarrollan varios eventos relacionados con la temática, en el año 2009 se realizó el primer GISDay (Gómez, 2009), en el 2012 se desarrolló el I Taller de Geoinformática en el marco de UCIENCIA 2012 y en el evento internacional Informática 2013 desarrollado en La Habana se ejecutó el VII Congreso Internacional de Geomática, el cual se desarrolla desde el año 2007.

Los usuarios de los SIG en Cuba son en su mayoría geólogos, cartógrafos, geógrafos, arquitectos, ingenieros y gestores a diferentes niveles, que conocen, aplican y operan SIG en sus investigaciones y proyectos (Celada, et al., 2006). Pese a las limitaciones de toda índole, el desarrollo de los especialistas cubanos en el campo de los SIG no se ha detenido, por el contrario, Cuba ha sido pionera en el desarrollo de estos sistemas siendo el único país del tercer mundo en la región que ha logrado desarrollar SIG propios, implementados y puestos en marcha por especialistas y para especialistas cubanos.

Estos desarrollos han estado centrados en dos áreas de aplicación principales: aplicaciones en la salud, entre las que se pueden mencionar resultados asociados a la epidemiología y medio ambiente (Serpa, 2001), (Martínez, et al., 2001), (Pérez, et al., 2004), (Rodríguez, et al., 2008).

### **1.5.3 Plataforma GeneSIG**

Este producto fue creado por el centro de desarrollo Geoinformática y Señales Digitales (GEySED) de la UCI, el MINFAR y GEOCUBA (GENESIG, 2010). Permite la representación geográfica asociada a cualquier negocio. Proporciona servicios de acceso a la información geográfica para su consulta, análisis y visualización. Es altamente extensible y personalizable, pues puede integrarse con sistemas de gestión para la toma de decisiones. Por otra parte, la realización de las personalizaciones sobre la Plataforma se desarrollan a partir de un modelo de producción en forma de Línea de Productos de Software (LPS), cumpliendo además con las políticas de soberanía tecnológica y de código abierto establecidas en el país (Samon, et al., 2007).

Mediante la utilización de la plataforma se han implementado varios sistemas. Ejemplos de estos lo constituyen el *SIGUCI* (Pantoja, et al., 2010), *SIGSalud* (Gracia, et al., 2012), *SIGEnergía* (León, et al., 2011), *SIGPetroleo* (López, et al., 2012), *SIGRutas* (Gracia, et al., 2012), *SIGMIC* (Gracia, et al., 2012), entre otros.

El SIGMIC es el SIG desarrollado para el antiguo Ministerio de Informática y las Comunicaciones (MIC) para el control del estado de los proyectos que llevaba a cabo dicho ministerio en la República Bolivariana de Venezuela. Este permite mantener el control de la ejecución de proyectos haciendo uso de indicadores y de la dimensión geográfica sobre los recursos logísticos y humanos desplegados para cada territorio venezolano. Sin embargo tiene como principal limitante que los valores de los indicadores son obtenidos a partir de los datos introducidos por un módulo de gestión que tiene el propio sistema. No está integrado con una herramienta de gestión de proyectos que facilite a partir de su propia naturaleza los datos requeridos para el análisis de la dimensión geográfica para el control de los proyectos en ejecución.

### **1.6 Tendencias sobre el control de la ejecución de proyectos y la dimensión geográfica**

En el análisis de la bibliografía consultada sobre las metodologías o normas se evidencia la realización del control de la ejecución respecto al cumplimiento de la planificación del cronograma, los costos, la calidad, los recursos y los riesgos como compendios fundamentales para garantizar el éxito del proyecto. Estos elementos unidos al proceso de gestión del control facilitan la toma de decisiones y permiten corregir el rumbo del proyecto hacia el cumplimiento de sus objetivos. A la vez, las metodologías en la mayoría de los casos no hacen énfasis en evaluar integralmente el proyecto a partir de la obtención de medidas o indicadores como herramientas fundamentales para el control de cada una de las variables mencionadas. Algunas escuelas sí reportan explícitamente el indicador con su respectiva formulación matemática a utilizar para cada caso pero otras sólo hacen alusión verbal a la necesidad de su utilización, provocando poca claridad e incertidumbre para su implementación.

No se reportan en ninguno de los casos estudiados evidencias sobre la utilización de la dimensión geográfica como complemento en el proceso de control de la ejecución para la toma de decisiones en la DIP. Sin embargo se pueden identificar indicadores, que combinados con la dimensión geográfica,

pueden proveerle a los decisores un nuevo enfoque para llevar a cabo el control de la ejecución. Los indicadores más utilizados son los siguientes:

- ✓ **EV:** Earned Value o Valor Ganado (VG).
- ✓ **CPI:** Cost Performance Index o Índice de Rendimiento de Costos (IRC).
- ✓ **SPI:** Schedule Performance Index o Índice de Rendimiento de la Planificación (IRP).
- ✓ **ROI:** Return On Investment o Retorno de la Inversión (RI).
- ✓ **NPV:** Net Present Value o Valor Neto Presente (VNP).
- ✓ **CV:** Cost Variance o Variación de Costos (VC).

Como consecuencia de lo anterior, aún no se puede realizar un análisis de tendencias respecto a determinadas zonas geográficas según las evaluaciones obtenidas para cada indicador. En sentido general, se precisa la necesidad de realizar revisiones permanentes de la ejecución del proyecto lo que conlleva a definir un sistema de control que posibilite medir el avance físico y el uso de los recursos materiales y financieros, así como la relación entre el tiempo y el costo teniendo en cuenta la dimensión geográfica para la toma de decisiones.

## 1.7 Conclusiones del capítulo

- ✓ La bibliografía consultada precisa la utilización de indicadores como la alternativa más viable para llevar a cabo el control de la ejecución de los proyectos, siendo los más empleados el VG, el IRC, el IRP, el RI, el VNP y la VC.
- ✓ No se reportan en las escuelas estudiadas evidencias sobre la utilización de la dimensión geográfica lo que limita a los decisores de la utilización de este elemento, que combinado con los valores obtenidos de los indicadores, facilitan el proceso de control de la ejecución para la toma de decisiones en la DIP.
- ✓ El sistema de control debe permitir la retroalimentación del sistema y la mejora de los procesos organizacionales en función de garantizar los objetivos de los proyectos, pues este es un proceso continuo que termina con el fin del proyecto.
- ✓ La utilización de los operadores *OWAWA* y *MA-OWA* facilitan la flexibilidad y la adaptabilidad al obtener la clasificación de una zona geográfica respecto a los valores calculados de los indicadores del proyecto, permitiendo realizar un tratamiento adecuado de la incertidumbre durante la toma de decisiones en la DIP.
- ✓ A través de la utilización de los SIG integrados con las herramientas de gestión de proyectos se puede realizar el análisis de la dimensión geográfica para la toma de decisiones, pero no se reportan aplicativos con esta característica que permita realizar satisfactoriamente el control de la ejecución de los proyectos.
- ✓ Se plantea la necesidad de elaborar extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica.



## CAPÍTULO 2: EXTENSIONES PARA EL CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS

En el presente capítulo se describe la concepción de las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica. Se exponen las características que lo definen así como los componentes que lo conforman. Se establecen las relaciones entre cada componente y a través de su realización se obtiene la evaluación dinámica de los proyectos y entidades desarrolladoras. Se clasifican las zonas geográficas según la evaluación obtenida y se exponen los escenarios de integración de la herramienta de gestión de proyectos (HGP) con el SIG.

### 2.1 Características de las extensiones

Las extensiones para el control de la ejecución de proyectos propuesto parten de la base de la investigación realizada por (Lugo, 2012), el cual propone un modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa. Además contempla la propuesta realizada por (Pantoja, et al., 2012), donde se propone un modelo de desarrollo basado en LPS para SIG sobre la base de la Plataforma GeneSIG. A continuación se mencionan las características de las extensiones:

- ✓ Se utilizan las evidencias obtenidas de los indicadores calculados a partir de los sistemas de gestión de proyectos.
- ✓ Se tienen en cuenta las evaluaciones históricas realizadas en los cortes anteriores para emitir una evaluación a partir de los valores obtenidos de los indicadores calculados, tanto para los proyectos como para las entidades desarrolladoras.
- ✓ Se basan en las prioridades de los proyectos y en criterios de mayoría para realizar la clasificación de las zonas geográficas mediante la asignación de pesos.

### 2.2 Componentes

La propuesta está formada por tres componentes fundamentales:

1. Componente *Tematizaciones*.
2. Componente *Clasificación de zonas geográficas*.
3. Componente *Integración con SIG*.

En la Figura 2 se muestra una vista general de la propuesta con la interrelación entre sus componentes. Su funcionamiento sistémico permite la utilización de la dimensión geográfica para la clasificación de zonas geográficas durante el control de la ejecución de proyectos.

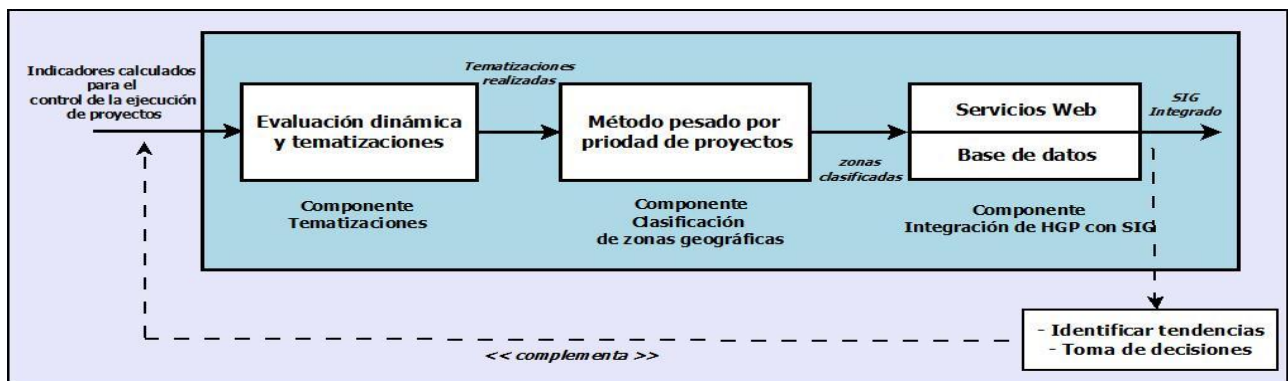


Figura 2: Extensiones para el control de la ejecución de proyectos. (del autor).

A continuación se detallan los componentes que conforman la propuesta de extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica.

### 2.2.1 Componente *Tematizaciones*

En la investigación el término “tematizaciones” se refiere a la acción y efecto de tematizar un mapa respecto a la evaluación obtenida de un indicador. Se parte como premisa que se cuenta con los valores de los indicadores calculados obtenidos a partir de la formulación matemática expuesta por (Lugo, 2012). Estos se corresponden según el dominio de la solución, con los definidos para el control y seguimiento y están relacionados con las áreas de conocimiento claves de la gestión de proyectos. Para aplicar el componente propuesto se desarrolla el proceso descrito en la Figura 3. Los indicadores calculados se corresponden con los mostrados en la Tabla 3 y se desarrolla a través de las siguientes actividades:

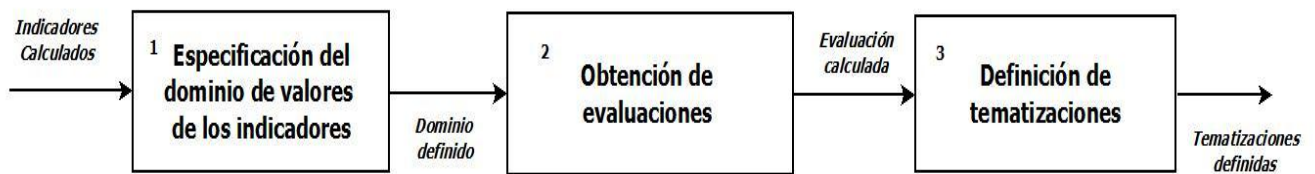


Figura 3: Proceso que describe las tematizaciones según los indicadores obtenidos (del autor).

Descripción detallada del proceso:

#### **Actividad 1: Especificación del dominio de valores de los indicadores.**

**Definición 7:** Sea  $E^k = \{e_1^k, \dots, e_8^k\}$  el conjunto de indicadores obtenidos en el corte  $k$  donde la correspondencia de cada  $e_i^k$  está dada por:

$e_1^k$ : Índice de Ejecución (IE).

$e_2^k$ : Índice de Rendimiento de la Ejecución (IRE).

$e_3^k$ : Índice de Rendimiento de la Planificación (IRP).

$e_4^k$ : Índice de Rendimiento de Costos (IRC).

$e_5^k$ : Índice de Calidad del Dato (ICD).

$e_6^k$ : Índice de Rendimiento de la Logística (IRL).

$e_7^k$ : Índice de Rendimiento de los RRHH (IRRH).

$e_8^k$ : Índice de Rendimiento de la Eficiencia (IREF).

A continuación se especifica el dominio de valores sobre el cual se obtiene su evaluación:

1. *Índice de Ejecución (IE)*: Adquiere valores entre 0 y 100.

Interpretación: Está dada por; a mayor por ciento, mayor nivel de ejecución. Se realiza la comparación con el por ciento que debe encontrarse el proyecto según el plan de ejecución hasta la fecha de corte.

2. *Índice de Rendimiento de la Ejecución (IRE)*: Adquiere valores mayores que 0.

Interpretación: Está dada por;  $IRE < 1$ , baja;  $IRE = 0$ , atrasada;  $IRE = 1$ , buena;  $IRE > 1$ , adelantada.

3. *Índice de Rendimiento de la Planificación (IRP)*: Adquiere valores mayores que 0.

Interpretación: Está dada por;  $IRP < 1$ , atraso;  $IRP = 0$ , atraso por no haber comenzado;  $IRP = 1$ , en tiempo;  $IRP > 1$ , adelantado.

4. *Índice de Rendimiento de Costos (IRC)*: Adquiere valores mayores que 0.

Interpretación: Está dada por;  $IRC < 1$ , sobregirado;  $IRC \geq 1$ , en presupuesto.

5. *Índice de Calidad del Dato (ICD)*: Adquiere valores entre 0 y 1.

Interpretación: Está dada por; si el valor obtenido está más cercano a 1, es mejor la evaluación del indicador.

6. *Índice de Rendimiento de la Logística (IRL)*: Adquiere valores entre 0 y 1.

Interpretación: Está dada por; si el valor obtenido está más cercano a 1, es mejor la evaluación del indicador.

7. *Índice de Rendimiento de los RRHH (IRHH)*: Adquiere valores entre 0 y 100.

Interpretación: Está dada por; entre más cercano a 100 el valor obtenido, es mejor la evaluación del indicador.

8. *Índice de Rendimiento de la Eficacia (IREF)*: Adquiere valores entre 0 y 1.

Interpretación: Está dada por; si el valor obtenido está más cercano a 1, es mejor la evaluación del indicador.

El autor propone dos nuevos indicadores denominados Evaluación histórica del proyecto (*EPH*) y Evaluación histórica de la entidad desarrolladora (*EHE*). Estos se obtienen a partir de la descripción de la **Actividad 2**. El dominio de valores sobre el cual se obtiene su evaluación se especifica a continuación:

9. *Evaluación histórica del proyecto (EPH)*: Adquiere valores entre 0 y 1.

Interpretación: Está dada por; si el valor obtenido está más cercano a 1, es mejor la evaluación del indicador.

10. *Evaluación histórica de la entidad desarrolladora (EHE)*: Adquiere valores entre 0 y 1.

Interpretación: Está dada por; si el valor obtenido está más cercano a 1, es mejor la evaluación del indicador.

### **Actividad 2: Obtención de evaluaciones del proyecto.**

Se realiza la evaluación del proyecto y la entidad desarrolladora utilizando la técnica *MCDM* en un entorno dinámico, es decir, contempla tanto la evaluación de un corte como de un conjunto de cortes para emitir una evaluación final. Primeramente se obtiene la evaluación del proyecto y la entidad desarrolladora en un corte y luego la evaluación dinámica para ambos casos.

**Definición 8:** Sea  $W^k = \{w_1^k, \dots, w_8^k\}$  el vector de peso asociado a los indicadores  $E^k$  donde  $w_i^k \in [0, 1]$ ,  $\sum_{i=1}^8 w_i^k = 1$  y cuyo componente genérico  $w_i^k, i = 1, \dots, 8$  se corresponde con el peso asociado al indicador  $e_i^k$ .

El valor del peso se asigna por defecto equitativamente para cada indicador, es decir, se divide 1 entre la cantidad de indicadores que se tendrán en cuenta para la evaluación (8 en total) y se obtiene un peso relativo para cada indicador de 0,125. Ello significa que cada indicador tendrá inicialmente la misma importancia relativa para la obtención de la evaluación del proyecto.

En dependencia del interés del decisor de asignarle una importancia mayor o menor a determinado indicador durante la realización de un corte, este puede reajustar los pesos asignados a los indicadores, pero debe cumplirse que  $\sum_{i=1}^8 w_i^k = 1$ .

Como se describe en la **Actividad 1** en los indicadores *IE* e *IRHH* se obtienen valores entre 0 y 100 (porcentuales), por tanto se divide el valor entre 100 para obtener un valor del indicador que se corresponda con el intervalo especificado, es decir, valores entre 0 y 1. Los indicadores *IRE*, *IRP* e *IRC* adquieren valores mayores que 1, por tanto deben normalizarse para obtener el valor del indicador normalizado ( $\hat{e}^k$ ) en dicho intervalo. Para obtener su valor se aplica la siguiente formulación:

$$\hat{e}_i^k = \frac{e_i^k}{\sum_{k=1}^8 e_i^k} \quad \text{donde } k \text{ es el corte analizado.} \quad (19)$$

### Obtención de la evaluación del proyecto en un corte

**Definición 9:** Sea la evaluación del proyecto en un corte ( $EPC^k$ ) una función de agregación de la forma  $EPC^k: [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$ . Se obtiene a partir de la suma ponderada de los indicadores normalizados  $\hat{e}^k$  por el peso asociado a los indicadores normalizados ( $w^k$ ) en un corte determinado. Su formulación matemática se define de la siguiente manera:

$$EPC^k = \sum_{i=1}^8 w_i^k * \hat{e}_i^k \quad \text{donde } k \text{ es el corte analizado.} \quad (20)$$

### Obtención de la evaluación dinámica

La evaluación dinámica a diferencia de la evaluación en un corte de un proyecto o entidad desarrolladora contempla un conjunto de cortes para su obtención. Su valor se calcula utilizando una función de agregación para combinar los valores obtenidos en cada corte.

El cálculo de la evaluación dinámica se realiza teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- ✓ Se cuenta con el conjunto de los momentos de las evaluaciones realizadas al proyecto  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ , es decir, los cortes realizados.
- ✓  $A_k$  es el conjunto de cortes realizados disponibles en el momento  $k \in K$ .
- ✓  $EPC^k$  es la evaluación calculada del proyecto para el instante  $k \in K$  en cada uno de los cortes realizados.

En cada iteración se cuenta con el conjunto histórico de evaluaciones, este es el mecanismo de retroalimentación que permite controlar un conjunto de evaluaciones históricas o memorias históricas

de los cortes realizados al proyecto. El conjunto de las evaluaciones históricas del proyecto se define a partir de una de las siguientes **políticas de retención** en cada momento de evaluación:

1. Todos los cortes realizados al proyecto forman parte del conjunto histórico, esta variante se define como; conjunto histórico total.
2. Selección de las  $k$  últimas alternativas sobre las evaluaciones obtenidas en los cortes al proyecto.
3. Selección de las  $k$  alternativas que tienen evaluación del proyecto superior al resto de los cortes realizados o a un umbral predefinido sobre las variables  $e^k$  y  $EPC^k$ .

**Definición 10:** Sea la Evaluación histórica de un proyecto ( $EPH^k$ ) una función del análisis dinámico dada por  $EPH^k: A_k \cup \mathcal{H}_{k-1} \rightarrow [0, 1], k \in K$ . Para garantizar que se realice la repetición por pares, la función de agregación utilizada se requiere que sea asociativa, por tanto se utiliza la suma probabilística reforzada hacia arriba y se define formalmente como:

$$EPH^k(c) = \begin{cases} EPC^k & c \in A_k \setminus \mathcal{H}_{k-1} \\ EPC^k + EPC^{k-1} - EPC^k * EPC^{k-1} & c \in A_k \cap \mathcal{H}_{k-1} \end{cases} \quad (21)$$

**Definición 11:** La Evaluación histórica de un proyecto ( $EPH^k$ ) donde el conjunto de momentos de tiempo se corresponde con  $K = \{1\}$ , el valor de  $EPH^k = EPC^k$ .

#### Evaluación de la entidad desarrolladora en un corte.

Para obtener la evaluación en un corte de una entidad desarrolladora  $ECE^k$  se utilizan los indicadores definidos para la evaluación de un proyecto (ver Tabla 3). La importancia relativa de cada proyecto se determina mediante la prioridad definida de los proyectos en ejecución que tiene la entidad desarrolladora para el momento del corte. La prioridad del proyecto está dada por un valor entre 1 y 1000, mientras más cercano a 1000 es más alta la prioridad.

**Definición 12:** El peso normalizado ( $\hat{p}_i^k$ ) de un proyecto para obtener la evaluación de una entidad desarrolladora, se obtiene del cociente entre la prioridad del proyecto ( $p_i^k$ ) y la sumatoria de las prioridades de los proyectos en ejecución en el momento del corte  $k$ . Se determina mediante la siguiente formulación matemática:

$$\hat{p}_i^k = \frac{p_i^k}{\sum_{i=1}^n p_i^k} \quad \text{donde } n \text{ es la cantidad de proyectos.} \quad (22)$$

El valor del indicador de la entidad desarrolladora ( $v^k$ ) para un corte, se determina por la sumatoria del producto de los pesos normalizados ( $\hat{p}^k$ ) de los  $n$  proyectos por el valor del indicador ( $e^k_i$ ) que obtuvieron los proyectos en ejecución en el momento del corte. Se determina a través de la siguiente formulación matemática:

$$v_i^k = \sum_{i=1}^n \hat{p}_i^k * e^k_i \quad \text{donde } n \text{ es la cantidad de proyectos.} \quad (23)$$

**Definición 13:** Sea la Evaluación de la entidad desarrolladora en un corte ( $ECE^k$ ) una función de agregación de la forma  $ECE^k: [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$ . Se obtiene a partir de la suma ponderada de los indicadores  $v^k$  por el peso asociado a los indicadores normalizados ( $\hat{p}^k_i$ ) en un corte determinado. Su formulación matemática se define de la siguiente manera:

$$ECE^k = \sum_{i=1}^8 \hat{p}_i^k * v_i^k \quad \text{donde } k \text{ es el corte analizado.} \quad (24)$$



















Finalmente para obtener la evaluación histórica de la entidad desarrolladora ( $EHE^k$ ) se utiliza la técnica aplicada para la evaluación de un proyecto. Por tanto se obtiene  $EHE^k$  a partir de un conjunto de momentos de tiempo  $K = \{1, 2, \dots, k\}$ .

### Actividad 3: Definición de tematizaciones.

Para la realización de las tematizaciones se propone la evaluación cualitativa Bien (B), Regular (R) o Mal (M) de los proyectos utilizando un sistema de inferencia borroso Sugeno Grado Cero (Sugeno, 1977), empleando como variables de entrada los valores de los indicadores (Lugo, 2012). Para cada caso se le asigna un color para su representación, el verde para los resultados evaluados de B, el amarillo para los evaluados de R y el rojo para los evaluados de M.

Teniendo en cuenta la tematización del indicador, en caso de que se tematicé el valor de la evaluación, se mostrará el proyecto en el mapa con un círculo con el color correspondiente según la evaluación cualitativa obtenida y para una entidad desarrolladora con una estrella como símbolo predefinido. De igual manera procede para el caso de la tematización relacionada con los indicadores *IRL* e *IRHH*, aunque para estos es diferente el símbolo utilizado con respecto a la evaluación, pues se representa con un triángulo para el primer indicador y un cuadrado para el segundo, tanto para proyectos como para entidades desarrolladoras. En la Tabla 4 se muestra la tematización con los colores para cada caso según el valor obtenido del indicador y el símbolo que le corresponde.

Tabla 4: Tematizaciones definidas por valores obtenidos de indicadores (del autor).

Evaluación o indicador	Evaluación		
	B (Verde)	R (Amarillo)	M (Rojo)
Evaluación del proyecto ( $EPC^k$ )			
Evaluación de la entidad desarrolladora ( $ECE^k$ )			
Evaluación histórica del proyecto ( $EPH^k$ )			
Evaluación histórica de la entidad desarrolladora ( $EHE^k$ )			
Índice de Rendimiento de la Logística ( <i>IRL</i> )			
Índice de Rendimiento de los RRHH ( <i>IRRH</i> )			

### 2.2.2 Componente Clasificación de zonas geográficas

Mediante la obtención de las evaluaciones de los proyectos y las entidades desarrolladoras a partir de los valores de los indicadores así como de las tematizaciones, se procede a realizar la clasificación de las zonas geográficas. El proceso que se muestra en la Figura 4 se realiza utilizando los valores obtenidos a partir de los indicadores y las evaluaciones antes mencionadas. Se realiza a través del desarrollo de la siguiente actividad:

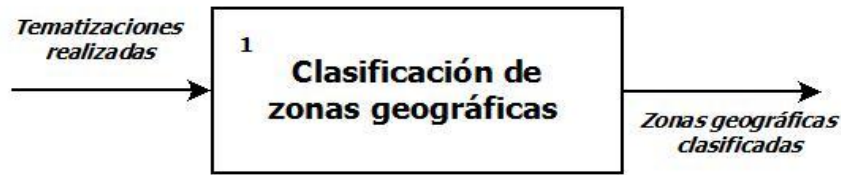


Figura 4: Proceso de clasificación de zonas geográficas (del autor).

Descripción detallada del proceso:

### **Actividad 1: Clasificación de zonas geográficas**

**Definición 14:** Dada una selección ( $S$ ) de un mapa ( $M$ ), la clasificación de la zona geográfica está dada por la agregación de la evaluación del conjunto de objetos espaciales contenidos dentro de la selección. La zona geográfica se clasifica cualitativamente según los criterios de evaluación *Bien*, *Regular* o *Mal*.

**Definición 15:** Se define como objeto espacial dentro de una selección ( $S$ ) al proyecto o entidad desarrolladora contenida dentro del dominio de selección.

Para obtener la clasificación de una zona geográfica ( $CG_i$ ) en el corte  $i$  donde los elementos tematizados se corresponden con un conjunto de objetos espaciales, “proyecto” o “entidad desarrolladora”, se realiza a través de la agregación de los valores tematizados de los indicadores en el momento de la clasificación. El autor propone dos variantes haciendo uso de operadores OWA.

#### **Variante 1:**

La primera variante se realiza utilizando la prioridad del proyecto para obtener la clasificación de la zona geográfica. Esta variante es aplicable para la tematización del conjunto de objetos espaciales “proyecto”. El autor propone la utilización del operador OWAWA para obtener la agregación de los valores obtenidos a través del cálculo de los indicadores. La utilización de este operador permite combinar las ventajas del operador OWA y WA en la obtención de la clasificación de la zona geográfica. Se desarrolla a través de la realización de los siguientes pasos:

1. *Obtención de valores de los indicadores:* se selecciona el indicador o la combinación de los indicadores que se desean analizar. Los valores de los indicadores se obtienen a partir de la formulación matemática expuesta por (Lugo, 2012) y los descritos en la **Actividad 2** del epígrafe 2.2.1.
2. *Calcular vectores de peso:* Se determinan los vectores de pesos que reflejan la importancia que se le otorga a cada una de las medidas y el nivel de compensación que determine el decisor. Los valores que conforman el vector de peso de la media ponderada  $v_i$  se obtienen a partir de la prioridad normalizada de los proyectos que se encuentran dentro de la selección del área geográfica y se corresponden con el valor de  $\hat{p}^k, v_j$ ; se determina por la ponderación de  $v_i$  ordenada por el  $b_j$ , es decir, el  $j$ -ésimo valor mayor de los  $a_i$ . El valor de  $v_i$  se calcula mediante la siguiente formulación matemática:

$$v_i = \hat{p}^k = \frac{p^k}{\sum_{j=1}^n p^k} \quad (25)$$

El vector de peso  $w_j$  se obtiene utilizando el operador OWA centrado (C-OWA). En este caso para el cálculo de los pesos se emplea la propuesta de (Yager, 2007), para  $j \leq n/2$  se tiene que:

$$w_j = \frac{2(2j-1)}{n^2} \quad (26)$$

Los pesos para  $j > n/2$  se obtienen por simetría.

3. *Determinar la clasificación de la zona geográfica:* Se alcanza una medida compuesta de centralidad. La agregación de los valores normalizados se realiza mediante el operador OWAWA. La clasificación de la zona geográfica ( $CG_i$ ) se determina de la siguiente forma:

$$CG_i = \sum_{j=1}^n \hat{v}_j * b_j \quad (27)$$

Donde  $\hat{v}_j = \beta w_j + (1 - \beta)v_j$  con  $\beta \in [0, 1]$ , siendo  $\beta = 0.5$  para darle la misma importancia a la agregación del operador OWA respecto a la WA.

### Variante 2:

La segunda variante se realiza utilizando el concepto de mayoría para obtener la clasificación de una zona geográfica. Mediante esta se determina la clasificación de la zona teniendo en cuenta tanto la tematización del objeto espacial “proyecto” como “entidad desarrolladora”. El autor propone la utilización del operador MA-OWA, este proceso de agregación se realiza a través de la formación de grupos de coalición. Estas comparan equitativamente los valores para obtener un valor de representación para realizar comparaciones con nuevos grupos que surjan durante el proceso. Se desarrolla a través de la realización de los siguientes pasos:

1. *Obtención de los valores de los indicadores:* Este paso se realiza de la misma manera en que se ejecuta el paso 1 en la variante 1.
2. *Calcular vectores de peso:* Los pesos  $w_i$  en el operador MA-OWA se determinan dependiendo de la cardinalidad. Su valor se obtiene mediante la siguiente expresión recursiva:

$$w_i = \begin{cases} \frac{1}{n} & \text{si } i = 1 \\ \frac{\gamma_i^{k+w_{i-1}}}{u_i} & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (28)$$

$$\text{Donde } \gamma_i^k = \begin{cases} 1 & \text{si } \delta_i \geq k \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \text{ y } u_i = 1 + \sum_{j=1}^n \gamma_i^k \quad (29)$$

3. *Determinar la clasificación de la zona geográfica:* La agregación de los valores normalizados se realiza a través del operador MA-OWA. Se procede a seleccionar de cada grupo un elemento para la comparación. El valor obtenido de esta comparación formará parte de un nuevo grupo con un único representante y se realiza nuevamente la comparación donde se incluye el nuevo valor obtenido. La clasificación de la zona geográfica ( $CG_i$ ) mediante el criterio de mayoría se determina de la siguiente forma:



$$CG_{MA} = \sum_{j=1}^n w_j * b_j \quad (30)$$

Como se mencionó anteriormente, en los procesos de mayoría se considera la formación de grupos de discusión o grupos de mayoría en función de la coincidencia del valor de la evaluación, de forma que todos los valores dentro de un radio de separación son considerados dentro de un mismo grupo.

### 2.2.3 Componente *Integración con SIG*

Se ha seleccionado la plataforma GeneSIG v1.5 como SIG para realizar la personalización del módulo de representación geoespacial de los proyectos para el análisis de la dimensión geográfica. El proceso que se describe en la Figura 5 se realiza teniendo en cuenta dicha plataforma y se desarrolla a través de las siguientes actividades:

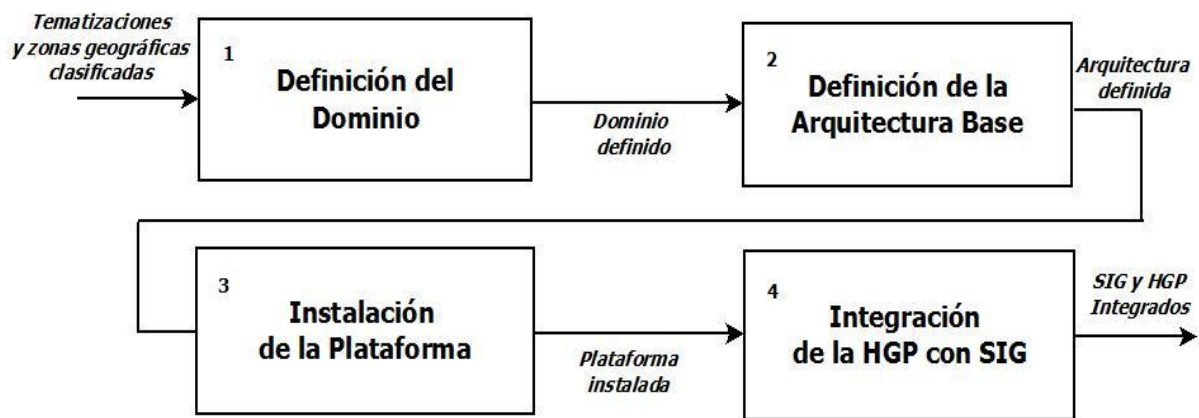


Figura 5: Proceso de integración de SIG con HGP (del autor).

Descripción detallada del proceso:

#### **Actividad 1: Definición del dominio.**

Para la definición del dominio se hace necesario realizar el aseguramiento metodológico para la implantación exitosa del negocio identificado. Su objetivo fundamental está dirigido a lograr minimizar el impacto organizacional que implica la implantación de este tipo de sistema. Debe permitir establecer un balance de eficiencia y efectividad en cuanto a su uso, así como facilitar la obtención de datos de alta calidad que favorezcan la producción de resultados fiables para la toma de decisiones.

A continuación se detallan las sub-actividades claves para el aseguramiento del dominio para la implantación sistémica del SIG. Para cada caso se realiza una breve descripción, se definen los objetivos y se especifican los ejecutores implicados (Ver Tabla 5).

Tabla 5: Sub-actividades claves para la definición del dominio (basado en (Pantoja, et al., 2012)).

Sub-actividad	Descripción	Objetivos	Ejecutores
1. Presentación de la plataforma GeneSIG.	Actividad inicial del proceso, prevé el intercambio sobre los métodos existentes relacionados con la	Asegurar el nivel de partida en el entorno de despliegue desde el punto de vista del conocimiento a	✓ Roles involucrados en la actividad de Análisis del dominio. (Líder.

	temática y dar a conocer el producto base.	manejar y las funcionalidades disponibles en el producto base GeneSIG.	Arquitecto, Analista, ) ✓ Clientes
2. Identificación de funcionalidades SIG de alta prioridad	Se determinan instrumentos y tecnologías más adecuados que permitan establecer el ambiente de desarrollo deseado. Culmina con la identificación de los requisitos.	Determinar las funcionalidades y prestaciones principales que tendrá el aplicativo SIG.	✓ Clientes y usuarios
3. Evaluación y selección tecnológica	Se ejecuta de acuerdo a una matriz de evaluación y teniendo en cuenta el futuro funcionamiento del sistema desde el punto de vista de hardware y software que se empleará.	Determinar las tecnologías y herramientas que soportarán el aplicativo SIG resultante.	✓ Usuarios y desarrollador
4. Recopilación y revisión de la cartografía base	Se entregan por parte de los clientes los datos geográficos a utilizar para su posterior revisión. Culmina con un acta de certificación estatal.	Validar y certificar la calidad de los datos geográficos que se gestionarán en el aplicativo SIG.	✓ Equipo de Bases de Datos Espaciales ✓ Proveedor de cartografía. (GEOCUBA)
5. Elaboración de la cartografía socioeconómica	Se geo-referencian los datos socioeconómicos solicitados sobre la cartografía base certificada.	Creación de las capas de información geográfica socioeconómica de la entidad cliente.	✓ Equipo de Bases de Datos Espaciales. ✓ Proveedor de cartografía.

Con la realización de la *sub-actividad 3* se definen las principales librerías y tecnologías utilizadas para el funcionamiento del sistema. En la mayoría de los casos se corresponde con paquetes para la representación de mapas y sus dependencias, así como otras encargadas de la lógica de negocio con información espacial y de interfaces (Ver Tabla 5).

El ambiente de desarrollo establecido cumple con las políticas de soberanía tecnológica y de código abierto establecidas en el país. Para todos los casos se corresponde con herramientas que su distribución se realiza bajo Licencia Pública General (del inglés, *General Public License, GPL*). Por tanto se puede realizar la distribución por terceros sin necesidad de obtener la autorización de sus respectivos titulares (Ver Tabla 6).

**Tabla 6: Herramientas y tecnologías que componen el ambiente de desarrollo (del autor).**

Nombre y versión	Descripción
Cartoweb v3.5.0	Framework de desarrollo del núcleo de GeneSIG.
ExtJS v3.0	Biblioteca para el montaje de la interfaz del sistema.
Postgres v9.1	Sistema gestor de base de datos.
PostGIS 1.5.2	Extensión de <i>Postgres</i> para el trabajo de datos espaciales.
Mapserver 5.2.0	Motor de representación de mapas.
Apache v2.2	Servidor Web.
GDAL	Biblioteca para análisis de datos sobre el terreno.
PgRouting v1.0.2 (Opcional)	Módulo para el análisis de rutas.
GNU/Linux Ubuntu Server 11.04 (o superior)	Sistema operativo utilizado para el servidor de aplicaciones y de base de datos.

Además se identifican las características del *hardware* necesario para el correcto funcionamiento del aplicativo desarrollado sobre GeneSIG (Ver Tabla 7).

**Tabla 7: Requerimientos de Hardware (del autor).**

Elementos de Hardware	Características (mínimas)
<b>PC clientes</b>	
Microprocesador	512 MHz
RAM	128 MB
Unidad de almacenamiento	40 GB
<b>Servidor de aplicaciones</b>	
Microprocesador	3.0 MHz
RAM	2 GB
Unidad de almacenamiento	40 GB
<b>Servidor de base de datos</b>	
Microprocesador	3.0 MHz
RAM	2 GB
Unidad de almacenamiento	40 GB

Las *sub-actividades* 4 y 5 tienen como elemento común los ejecutores definidos. En el caso del ejecutor GEOCUBA, este constituye el proveedor oficial de la cartografía desarrollada sobre el territorio nacional y es la única institución certificada legalmente para su distribución comercial. A su vez podría dejar de ser parte de los ejecutores si para el cliente en cuestión no fuera imprescindible contar con una cartografía certificada y con un nivel alto de detalle. Para este caso se puede utilizar la cartografía del mundo publicada por *OpenStreetMap*<sup>1</sup>. Es un mapa libremente editable, los datos disponibles son libres y se puede utilizar bajo licencia abierta. Por tanto para el cliente podría

<sup>1</sup> Disponible en: <http://www.openstreetmap.org/>

implicarle un ahorro importante por concepto de pago de cartografía a instituciones especializadas en el tema.

**Actividad 2: Definición de la arquitectura base.**

La arquitectura base está definida por las características de GeneSIG. Esta cuenta con 5 paquetes arquitectónicamente significativos que funcionan como base de cada uno de los Aplicativos generados (Ver Figura 6).

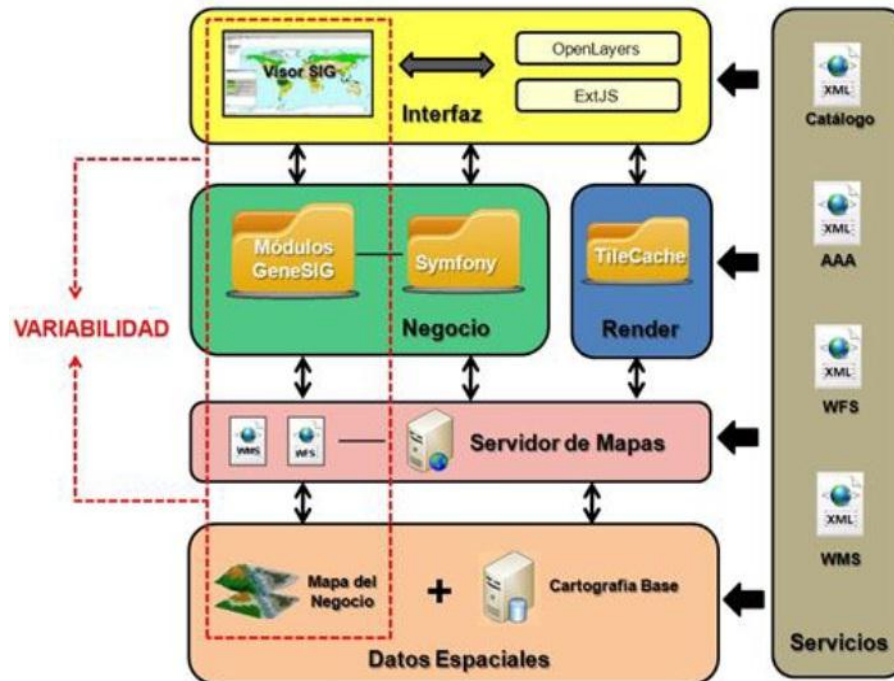


Figura 6: Vista de paquetes arquitectónicamente significativos (Pantoja, et al., 2012).

**Datos Espaciales:** Concibe la información cartográfica que se gestiona en los aplicativos resultantes. Parte de una cartografía base y se complementa con los datos socioeconómicos geo-referenciados entregados por los clientes.

**Servidor de Mapas:** Definido por la tecnología servidora de los mapas resultantes de cada gestión sistémica. Se redefinen sus funciones en dependencia de la configuración del consumo de los mapas a través de servicios *WebMapService* (WMS) y *WebFeatureService* (WFS).

**Negocio:** Incluye la mayoría de los activos de código disponibles desde la base de los módulos arquitectónicos de la plataforma GeneSIG.

**Interfaz:** Está soportado por tecnologías Web para la gestión de mapas e interfaces elaboradas previamente con la librería gráfica basada en JavaScript.

**Servicios:** Representa el paquete de comunicación entre los aplicativos resultantes y otras aplicaciones y viceversa. Incluye control de acceso y administración de mapas por servicio de consumo así como la publicación de resultados a través de estándares SIG internacionales.

**Render:** Es un paquete opcional encargado de optimizar el proceso de renderización de los mapas mediante tecnologías de caché. Es recomendado para la implementación de aplicativos que se desplegarán en infraestructuras de pocas prestaciones técnicas.

Como parte de la instanciación de la arquitectura base se procede a realizar la definición de la familia de productos. Esta establece la organización conceptual para la geo-referenciación de objetivos socioeconómicos y dispone de funcionalidades para su representación espacial y atributiva. Este tipo de familia incluye las siguientes características:

- ✓ Se establecen relaciones de bases de datos alfanuméricas con datos socioeconómicos de los objetivos geográficos representados (proyectos y entidades desarrolladoras).
- ✓ Incluye módulo de estructura y composición para la gestión de niveles jerárquicos organizacionales.
- ✓ Se definen subsistemas de administración y gestión de la información atributiva.
- ✓ Incluye módulo de tematización multifuncional.
- ✓ Incluye módulo de análisis y representación estadística.

Mediante la realización de la **Actividad 1** y la definición de la familia de productos, al determinar las funcionalidades y prestaciones principales que tendrá el Aplicativo SIG se procede a realizar el modelado de características. Este define un árbol donde quedan especificados los elementos del dominio analizado en la solución propuesta. En el Anexo 1 se muestra el árbol de características obtenido a partir del repositorio de tipologías definidas sobre GeneSIG v1.5 para la propuesta de solución.

**Actividad 3: Instalación de la Plataforma.**

Para la instalación del módulo de análisis de la dimensión geográfica para el control de la ejecución de proyectos se cuenta inicialmente con un *backup* de la base de datos y un fichero de la aplicación con extensión *.tar.gz*. Las características del software instalado en los servidores deben corresponderse con las especificadas en la Tabla 6. Los pasos a seguir para la realización de esta actividad pueden ser consultados en el Anexo digital 1 “*Instalación y configuración de la Plataforma GeneSIG v1.5 para SIGESPRO*”.

**Actividad 4: Integración de la HGP con el SIG.**

Se procede a realizar la integración del SIG con la HGP. La integración se puede efectuar de dos maneras; a través de la base de datos de la HGP o mediante la implementación de servicios web. Para cualquiera de las dos variantes se hace necesario definir cuál es la información socioeconómica sobre los proyectos o entidades desarrolladoras que se desea mostrar a través del SIG. En la Tabla 8 se presenta una propuesta de la información mínima a mostrar.

**Tabla 8: Propuesta de información del objeto espacial a mostrar en el SIG (del autor).**

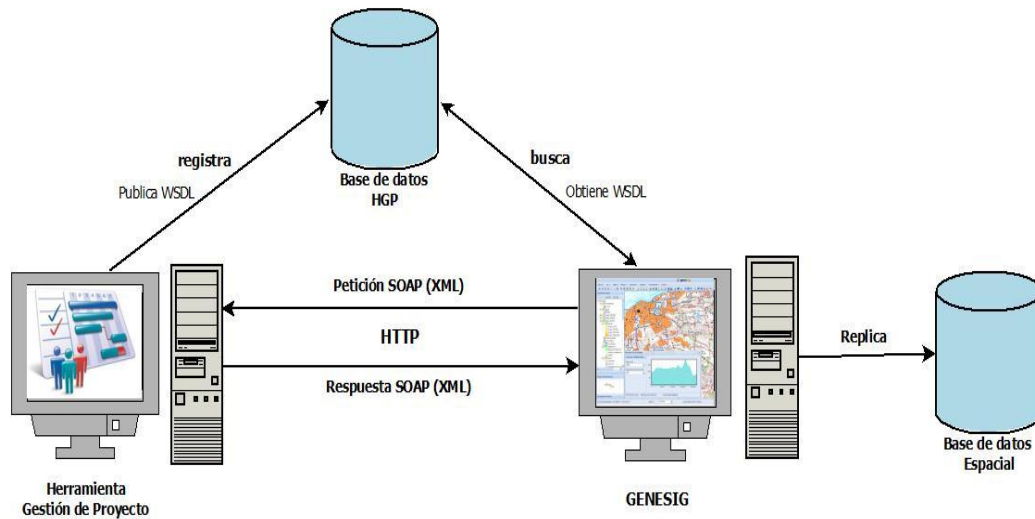
Proyecto	Entidad desarrolladora
Identificador	Identificador
Nombre	Nombre
Entidad desarrolladora (a que pertenece)	Descripción
Descripción	Indicadores
Indicadores	

Como se mencionó anteriormente la integración se puede realizar a través de dos escenarios diferentes. Estos están dirigidos a satisfacer las necesidades de integración según las características

del escenario y en correspondencia de las facilidades que los sistemas tengan se podrá seleccionar uno u otro indistintamente.

### **Integración a través de servicios web.**

La variante de integración a través de servicios web se realiza cuando la HGP utiliza un sistema gestor de base de datos diferente al utilizado por el SIG, es decir, que no coincida con *PostgreSQL v9.1*. Otra alternativa es para el caso donde el cliente desee tener sus aplicaciones desplegadas en entornos aislados (Ver Figura 7).



**Figura 7: Vista de integración a través de servicios Web (del autor).**

Pasos a seguir para la integración a través de servicios web:

1. Identificar los atributos socioeconómicos a mostrar en el SIG (Ver Tabla 8).
2. Crear las tablas *Proyecto* y *Entidad\_Desarrolladora* con su respectivo campo espacial de tipo *POINT*<sup>2</sup> en la base de datos espacial.
3. Crear las capas cartográficas *Proyecto.lay* y *Entidad\_Desarrolladora.lay* para ser utilizadas por el SIG.
4. Implementar los servicios *Obtener\_atrib\_proyectos* y *Obtener\_atrib\_EntidadD*.
5. Actualizar la información socioeconómica de los proyectos y entidades desarrolladoras en la base de datos espacial a través de las peticiones SOAP (*Simple Object Access Protocol*) haciendo uso del protocolo HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*).

Se debe destacar que este escenario de integración se caracteriza por su flexibilidad, un bajo costo para la integración y un bajo acoplamiento con otros sistemas. Hace posible la escalabilidad, la reutilización y la interoperabilidad (Castell, 2012).

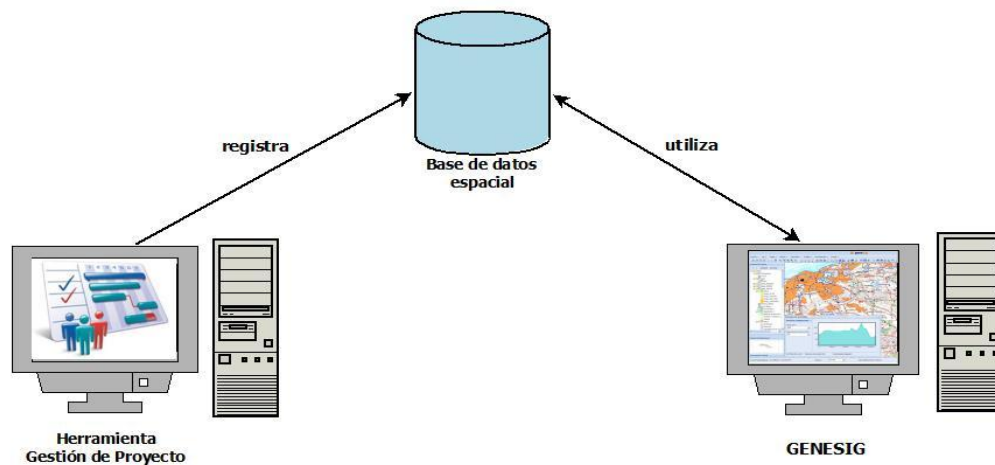
A pesar de los elementos expuestos esta variante presenta algunos inconvenientes, pues al utilizarse servicios web se abre un nuevo canal de comunicación para el intercambio de información de la

<sup>2</sup> Tipo de dato espacial que provee la extensión *Postgis* de *PostgreSQL*. Está dentro del dominio del tipo de dato genérico *geometry*.

institución que pudiera ser objeto de ataques informáticos por posibles brechas de seguridad. Este aspecto genera un nuevo punto de atención para minimizar las vulnerabilidades relacionadas con la seguridad e integridad de la información. Otro elemento a destacar es que se contará con información duplicada, es decir, habrá datos socioeconómicos de los proyectos y de las entidades almacenadas tanto en la base de datos de la HGP como en la del SIG. Al mismo tiempo el rendimiento de la aplicación hasta cierto nivel dependerá de la velocidad de la conectividad disponible para realizar la actualización de los datos.

### ***Integración a través de la base de datos.***

La variante de integración a través de la base de datos es la recomendada por el autor siempre que exista compatibilidad entre la base de datos de la HGP y el SIG. En la Figura 8 se muestra el esquema de integración a través de la base de datos.



**Figura 8: Vista de integración a través de la base de datos de la HGP (del autor).**

A pesar de que este escenario de integración implica un alto acoplamiento entre las aplicaciones, el hecho de compartir una misma base de datos permite obtener índices de rendimiento relativamente altos. Esta variante es común para sistemas de la misma organización o que han sido desarrollados por el mismo equipo de proyecto; donde existe la comunicación, el nivel de acceso y la seguridad suficiente para permitir el acceso a las bases de datos sin poner en riesgo la integridad de los datos.

Pasos a seguir para la integración a través de la base de datos de la HGP.

1. Realizar la instalación de la extensión *Postgis* asociada a la versión de *PostgreSQL v1.9* en el servidor de base de datos de la HGP.
2. Identificar en la base de datos de la HGP los objetos socioeconómicos que se desean representar en el SIG (proyectos y entidades desarrolladoras).
3. Crear en las tablas de los objetos socioeconómicos identificados el campo *geometry* (de tipo POINT).
4. Crear las capas cartográficas *Proyecto.lay* y *Entidad\_Desarrolladora.lay* para ser utilizadas por el SIG.

La gestión y recuperación de la información se realiza a través de la misma base de datos, por tanto se gana en rendimiento y tiempo de respuesta a las solicitudes del cliente. Además se minimiza el uso de los recursos tecnológicos necesarios para el funcionamiento de las aplicaciones.

## **2.3 Conclusiones del capítulo**

La propuesta de extensiones para el control de la ejecución proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica tiene como principal novedad la utilización de los valores de los indicadores obtenidos por cortes y la dimensión geográfica para la toma de decisiones. Con la implementación de la propuesta se cumplen las políticas de soberanía tecnológica y de código abierto que lleva a cabo el país. Por tanto se llegan a las siguientes conclusiones:

- ✓ La utilización de la técnica de análisis dinámico basado en los valores de los indicadores para la obtención de la evaluación de los proyectos y las entidades desarrolladoras, garantiza contar con las evaluaciones históricas obtenidas en cada uno de los cortes realizados durante el control de la ejecución y permite aprovechar los recursos para el almacenamiento de la información con mayor grado de eficiencia.
- ✓ La aplicación de los operadores *OWAWA* y *MA-OWA* para determinar la clasificación de una zona geográfica permitió obtener clasificaciones teniendo en cuenta la importancia relativa de un proyecto según el valor de su prioridad y la tendencia de la evaluación predominante dada una selección del mapa.
- ✓ La clasificación de zonas geográficas durante el control de la ejecución permite a los decisores realizar estudios de tendencias y análisis de variabilidad de la evaluación del estado de los proyectos en ejecución respecto a determinadas regiones geográficas.
- ✓ El empleo de software de código abierto en el entorno propuesto, permite la independencia de licencias privativas y un bajo costo para lograr la implantación de las extensiones propuestas para el control de la ejecución de proyectos.

Limitaciones de la propuesta de solución:

- ✓ En el proceso de agregación de la información mediante los operadores *OWA* no se utilizan variantes de este tipo que incluyan cuantificadores lingüísticos que permitan realizar el análisis de las zonas geográficas a través de este enfoque.
- ✓ No se utilizan indicadores que permitan medir el estado del área del conocimiento de gestión de riesgos para obtener la evaluación histórica del proyecto o la entidad desarrolladora, ni para realizar el análisis respecto a la dimensión geográfica.



### CAPÍTULO 3: RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se caracteriza la población y la muestra seleccionada para establecer una comparación respecto a la variable independiente y dependiente. Luego se realiza un análisis de la propuesta de solución mediante su aplicación a través de la integración de SIGESPRO y la *Suite* GESPRO 13.05. Se argumenta el impacto económico y social de la propuesta y finalmente se exponen las conclusiones del capítulo.

#### 3.1 Caracterización de la población y la muestra seleccionada

La población definida en la investigación se corresponde con las personas que laboran con la versión gerencial de GESPRO, es decir, los miembros del Grupo de control y seguimiento de la DGP y del Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos. La misma está formada por un total de 30 personas (7 y 23 respectivamente).

La muestra seleccionada está formada por un total de 17 personas, estos representan un 56.7% del total de la población definida, logrando un valor adecuado de representatividad. Como se observa en la Figura 9 está constituida por 5 personas de la DGP, los que representan el 71.4% del total de miembros del Grupo de control y seguimiento y por 12 personas del Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, representando el 52.2% del total de miembros. Ambos valores obtenidos se consideran también representativos en cuanto al total de personas que laboran en cada área analizada. La media de los años de experiencia de las personas que conforman la muestra es de 6 años, y 5 de ellos tienen categoría científica, siendo esta cifra el 29.4 % del total.

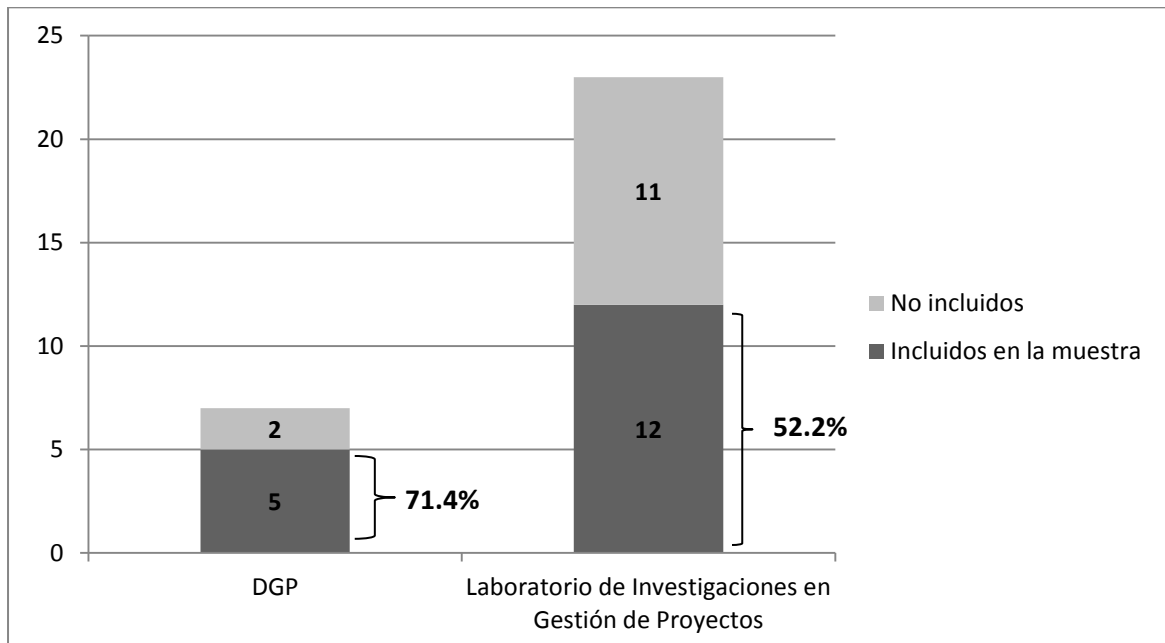


Figura 9: Caracterización de la muestra (del autor).

Los roles representados en la muestra son: Líder de Proyecto, Analista, Planificador, Especialista funcional, Desarrollador, Gestor del Conocimiento, Administrador de la Calidad, Implantador de Soluciones e Inspector OGP. En la Figura 10 se representa la distribución de personas por roles que conforman la muestra. Para obtener más detalles sobre esta puede consultar el Anexo 2.

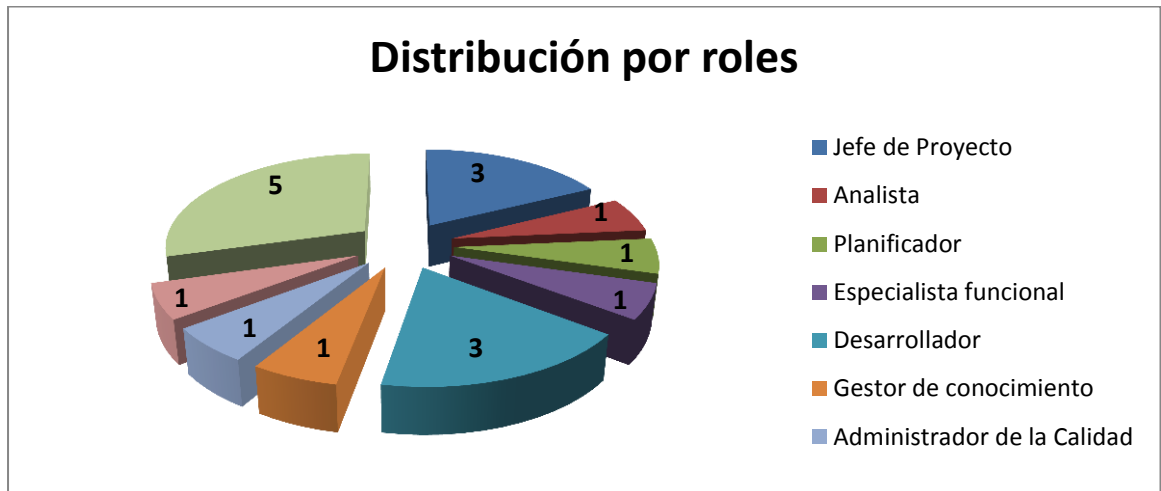


Figura 10: Roles representados en la muestra seleccionada (del autor).

### 3.2 Aplicación de las extensiones a través de GESPRO 13.05

Las extensiones se aplicaron en la *Suite* GESPRO 13.05, el cual está siendo utilizado por la DGP y el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos de la UCI desde abril del 2013 hasta la actualidad. Para su aplicación se desarrolló SIGESPRO, el cual constituye una Aplicativo SIG basado en la Plataforma GeneSIG v1.5. El mismo accede a los datos socio-económicos e indicadores de los proyectos y las entidades desarrolladoras a través de la integración por la base de datos de la HGP antes mencionada.

La cifra de proyectos gestionados en dicha institución asciende sobre los 200, de los cuales una parte se corresponde con proyectos nacionales y el resto con proyectos de exportación, estos últimos de vital importancia por los ingresos que reportan a la economía cubana por concepto de facturación de productos de *software* y servicios profesionales. Este permite a los decisores tener una visión respecto a la dimensión geográfica sobre el control de la ejecución de proyectos teniendo en cuenta su ubicación espacial. En la Figura 11 se muestra una vista de la ubicación geográfica de varios proyectos en ejecución en diferentes regiones geográficas.

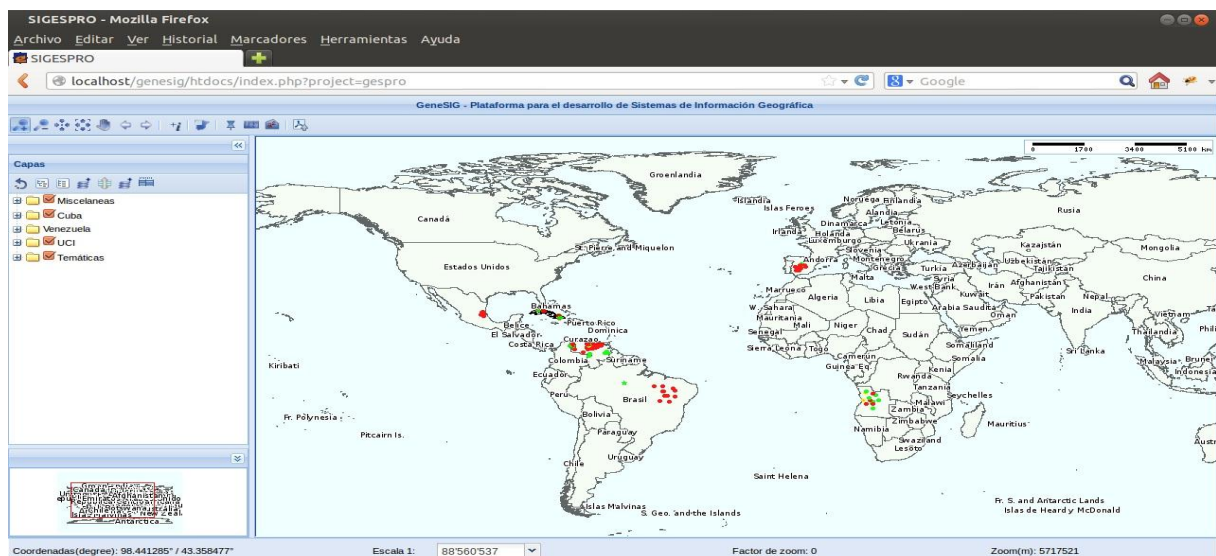
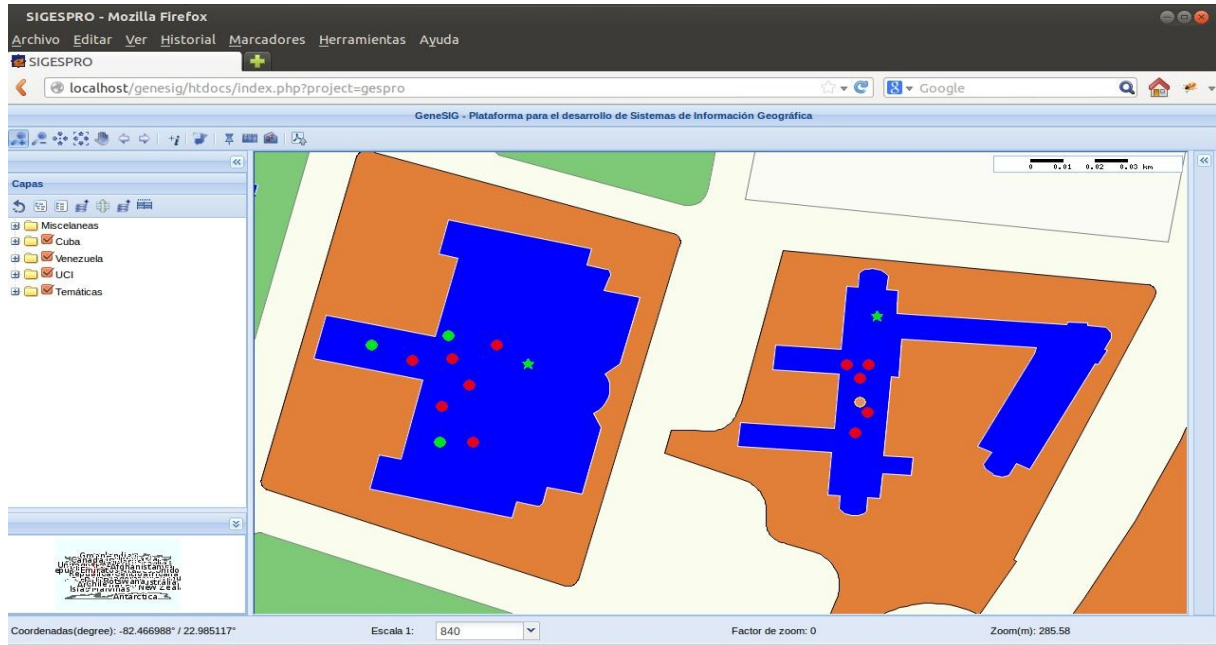


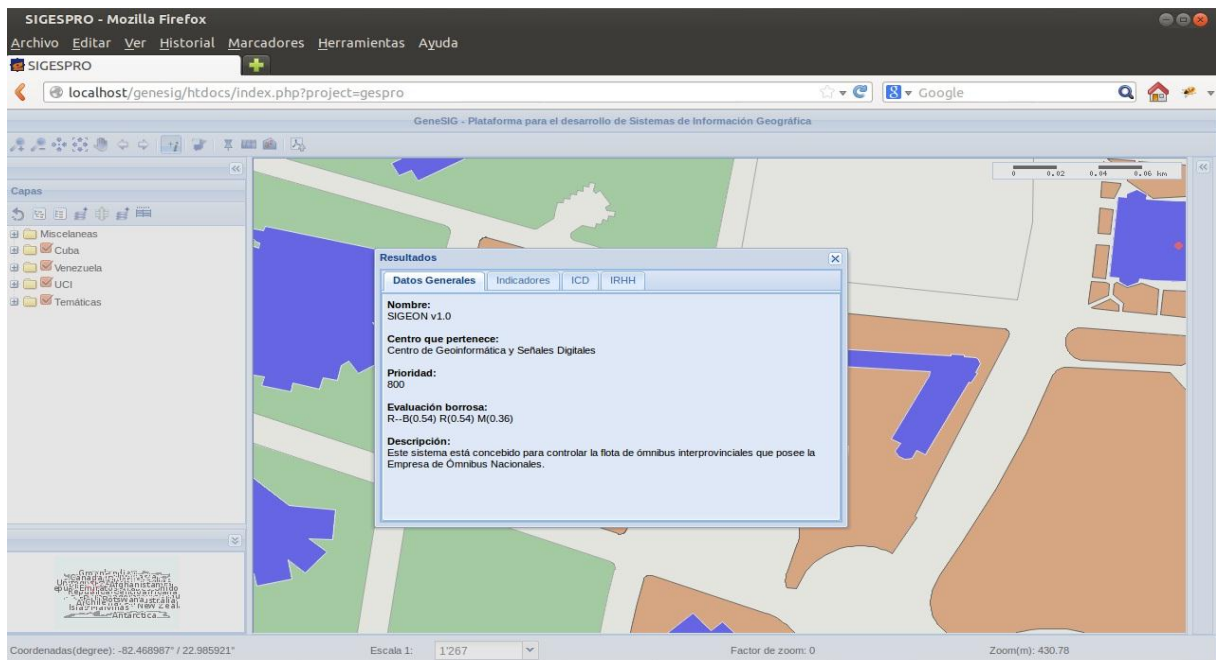
Figura 11: Representación espacial de proyectos equidistantes en diferentes regiones geográficas (del autor).

En la Figura 12 se muestra una vista de la ubicación geográfica de varios proyectos en ejecución dentro del área geográfica de la propia Universidad. Nótese que existe una diferencia en cuanto al símbolo utilizado para la representación de los proyectos y los centros de desarrollo, se representa mediante un círculo para el primero y una estrella para el segundo. Estos se representan en color verde, amarillo o rojo en dependencia del valor del indicador tematizado.



**Figura 12: Vista de proyectos en ejecución y centros de desarrollo ubicados en la UCI (del autor).**

En la Figura 13 se obtiene la información socio-económica de un proyecto que se encuentra geo-referenciado, este se muestra en el mapa con el símbolo correspondiente a la tematización seleccionada.



**Figura 13: Vista de la información socio-económica de un proyecto geo-referenciado (del autor).**

En la Figura 14 se muestra una vista de la información relacionada con los indicadores de un proyecto, se especifica el nombre del indicador, su nomenclatura, el valor obtenido, la fecha de corte y su respectiva evaluación lingüística.

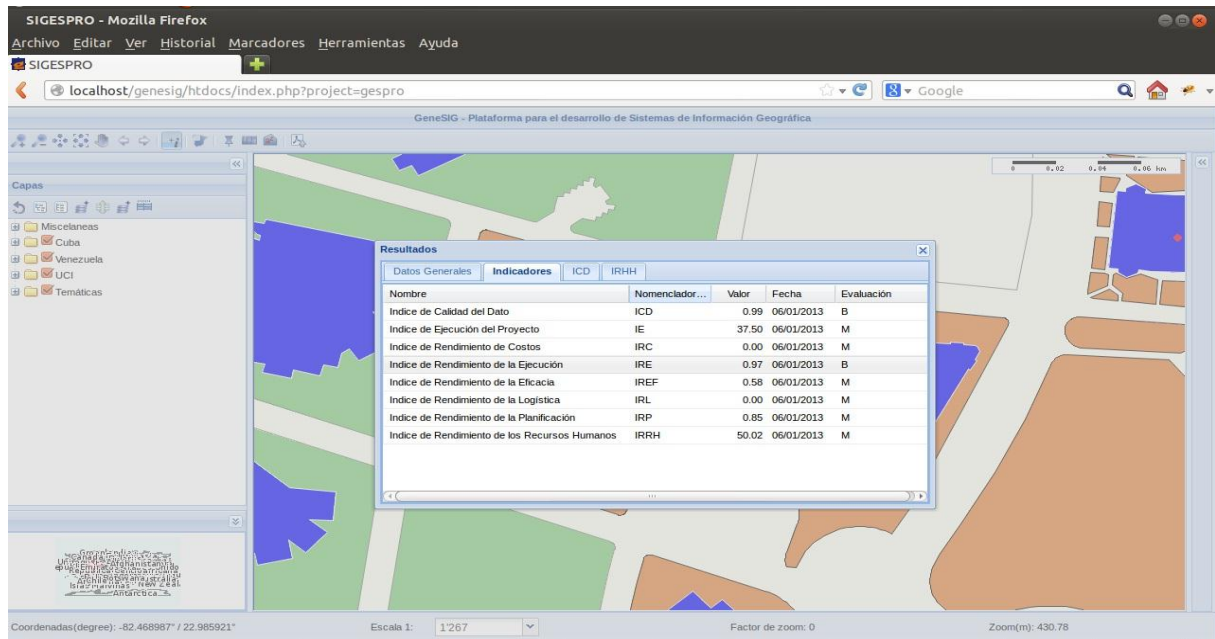


Figura 14: Vista de los valores obtenidos del cálculo de los indicadores de un proyecto (del autor).

En la Figura 15 se muestra un grupo de proyectos tematizados por el indicador IRRH. Para esta tematización el símbolo utilizado se corresponde con un cuadrado y la escala de colores se establece en dependencia del valor obtenido mediante el cálculo del indicador. En el ejemplo representado la mayoría de los proyectos respecto a este indicador están evaluados de Mal y Regular.

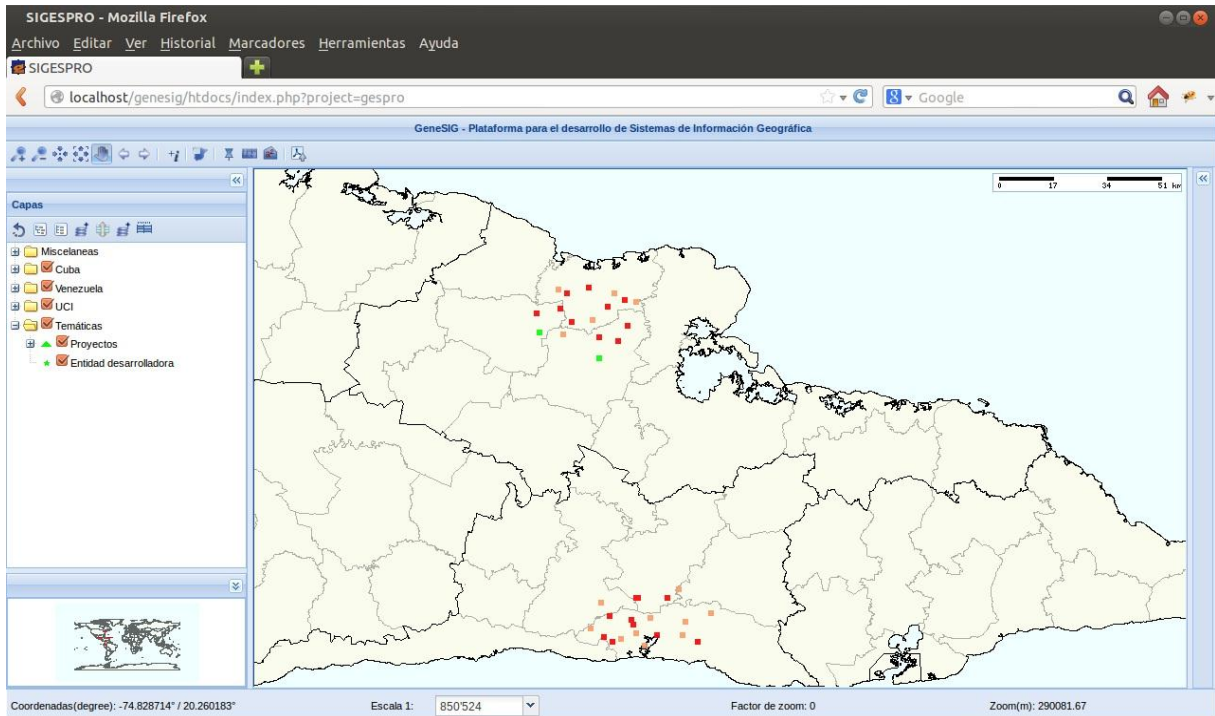


Figura 15: Vista de proyectos geo-referenciados tematizados por el indicador IRRH (del autor).

En la Figura 16 se muestra una vista sobre la clasificación de una zona geográfica. Se selecciona una región del mapa y utilizando el operador OWAWA se obtiene la agregación con respecto al indicador que se encuentra tematizado en el momento de la selección. Incluye para la clasificación a todos los proyectos que estén contenidos respecto a su ubicación geográfica dentro del dominio de la selección. El área de selección se dibuja en rojo si la agregación lanza como resultado la clasificación de Mal, amarillo de Regular y verde de Bien (en todos los casos con efecto de transparencia).

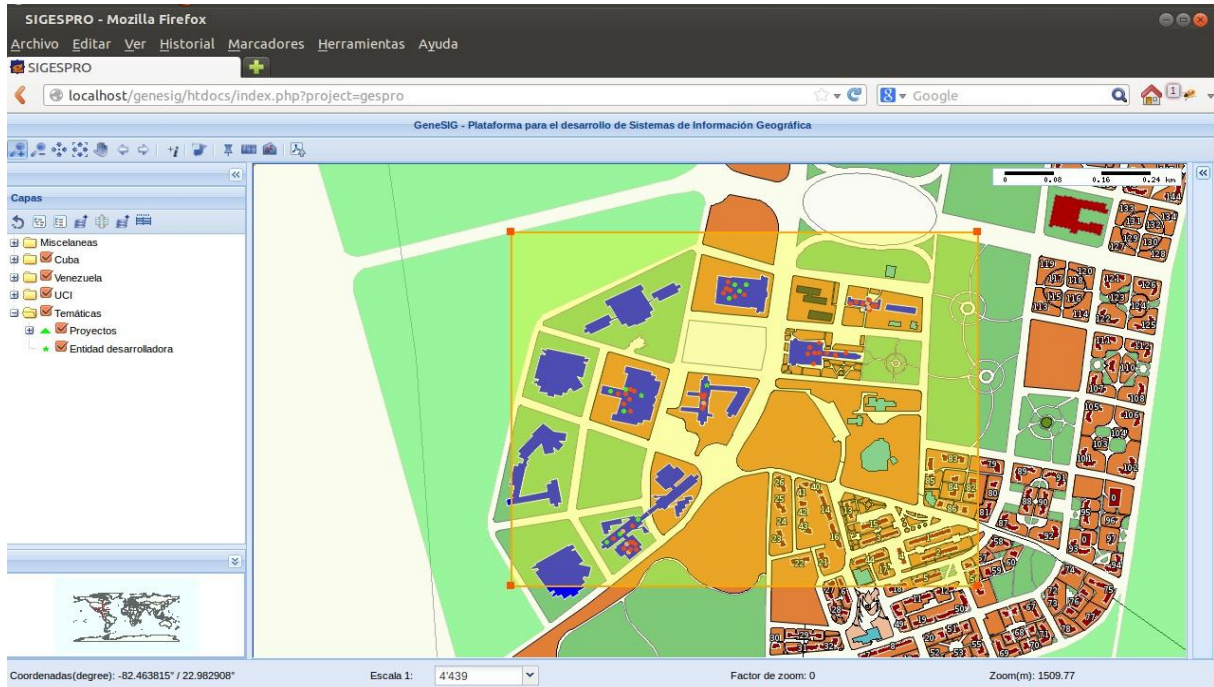


Figura 16: Vista de la clasificación de una zona geográfica dada una selección de una región del mapa.

### 3.3 Comparación respecto a la variable independiente y dependiente

En los sub epígrafes siguientes se desarrolla el análisis de las variables definidas en la investigación. En cada caso se evalúa los indicadores que la componen a través de pruebas estadísticas que comprueben los resultados obtenidos. Se utiliza el programa estadístico SPSS v13.0.

#### 3.3.1 Análisis de la variable independiente

La variable independiente fue operacionalizada a partir de la dimensión *Calidad de las extensiones al modelo* haciendo uso de los indicadores *Usabilidad* y *Competitividad en el mercado* de la propuesta. Se pretende evaluar el grado de usabilidad a través de sus niveles de comprensión, complejidad de su implementación y capacidad de generalización. Para evaluar la competitividad se establece una comparación con otros sistemas de gestión de proyectos que permita demostrar la superioridad de la propuesta con respecto a los demás elementos a comparar.

#### Indicador *Usabilidad*

Para este análisis se utilizó el método de conjuntos borrosos con números borrosos triangulares (NBT) (Yager, 1988) para obtener resultados más cercanos a la realidad debido al entorno donde fue aplicado.

**Definición 16:** Un NBT se denota mediante una terna de confianza donde los valores que la componen son el valor más pequeño posible ( $a_1$ ), el valor de mayor pertenencia o el valor central ( $a_2$ ) y el valor más elevado posible ( $a_3$ ), es decir  $\bar{A} = [a_1, a_2, a_3]$ .

La media aritmética es el promedio o medida de tendencia central que se utiliza con mayor frecuencia para el tratamiento de los NBT. Se conoce también en este ámbito como media muestral borrosa y se define formalmente de la siguiente manera:

**Definición 17:** Sea  $U$  el conjunto universo y  $F_x = [a_1, a_2, a_3]$  donde  $(a_{1i}, a_{2i}, a_{3i} \in R, i = 1, \dots, n)$  es una sucesión de muestras borrosas aleatorias de  $U$ . Entonces la media muestral borrosa se define:

$$F_x = \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{1i}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{2i}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_{3i} \right] \quad (31)$$

Para la obtención de los valores se utilizó la encuesta como instrumento de diagnóstico para la recopilación de la información. Fueron encuestados el 56.7 % de los profesionales que laboran en la DGP y en el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos. El cuestionario aplicado está conformado por 6 preguntas a valorar (ver Parte 1 del Anexo 3) y en la Tabla 9 se representan los NBT que se obtuvieron:

**Tabla 9: Valores obtenidos de la aplicación del instrumento de diagnóstico (del autor).**

		Preguntas																	
		1			2			3			4			5			6		
Encuestados	1	4	5	8	5	6	9	7	8	9	6	7	9	5	6	9	6	7	9
	2	6	8	10	7	9	9	6	9	9	7	8	8	7	9	9	7	10	10
	3	7	8	9	6	7	9	8	9	10	7	9	9	7	8	9	7	8	10
	4	6	9	9	7	8	9	7	9	9	7	8	9	6	9	9	6	9	9
	5	5	7	9	6	8	10	7	8	10	7	9	9	6	8	9	7	9	10
	6	7	8	9	6	9	9	6	9	9	6	8	9	7	8	10	7	9	9
	7	5	7	8	4	5	8	5	6	9	5	6	7	6	8	8	6	8	9
	8	7	8	9	5	6	9	7	8	9	6	7	10	5	6	9	6	7	8
	9	8	9	10	7	8	9	6	8	9	6	7	9	6	7	9	6	7	10
	10	6	7	9	7	7	9	6	6	9	7	8	9	5	7	8	5	6	8
	11	6	8	9	6	8	9	7	8	10	6	8	9	6	7	8	7	7	9
	12	6	9	10	6	7	9	8	9	9	6	8	9	7	9	10	8	9	9
	13	5	6	9	6	8	9	6	7	9	6	7	10	6	8	9	5	6	9
	14	6	7	9	6	7	9	6	8	8	7	8	9	6	7	9	7	8	9
	15	5	8	9	5	7	8	7	8	9	6	9	9	7	8	9	6	7	8
	16	6	7	9	6	8	9	5	6	8	6	7	9	5	6	8	6	7	9
	17	6	7	9	7	8	9	6	7	9	6	7	8	7	8	9	5	6	7
PROM	5.9	7.5	9.1	6	7.4	8.9	6.5	7.8	9.1	6.3	7.7	8.9	6.1	7.6	8.9	6.3	7.7	8.9	

La última fila obtenida representa la valoración promedio de cada pregunta según el criterio de los encuestados. Estas valoraciones deben ser normalizadas para que puedan ser comparables siendo la valoración máxima la unidad.

En el caso del método para NBT se propone, a diferencia del método tradicional de normalización (método CRISP), utilizar para la división el máximo límite superior obtenido, en este caso el valor 10. En la Tabla 10 se representan los valores normalizados que se obtuvieron:

**Tabla 10: Valores de los NBT normalizados (del autor).**

Pregunta	NBT Normalizados		
	1	0.59	0.75
2	0.60	0.74	0.89
3	0.65	0.78	0.91
4	0.63	0.77	0.89
5	0.61	0.76	0.89
6	0.63	0.77	0.89
<b>PROM</b>	<b>0.62</b>	<b>0.76</b>	<b>0.90</b>

La última fila representa el valor normalizado del promedio de las 6 preguntas, que al ser ubicados en la escala nominal propuesta para la valoración del indicador Usabilidad de la variable independiente resulta como se muestra en la Tabla 11:

**Tabla 11: Escala para la evaluación del indicador Usabilidad (del autor).**

Escala	
Numérica	Nominal
0.0 - 0.2	Muy baja
0.21 - 0.4	Baja
0.41 - 0.6	Medio
<b>0.61 - 0.8</b>	<b>Alta</b>
0.81 - 1.0	Muy alta

El resultado obtenido anteriormente (0.76 como medida de tendencia central) indica una valoración *Alta* del indicador *Usabilidad* basado en la comprensión, complejidad de su implementación y capacidad de generalización. El autor considera que la valoración sobre el indicador analizado es satisfactoria.

### **Validación del instrumento a través del método Alfa de Cronbach**

Para la validación de la fiabilidad del instrumento empleado se utilizó el método de Alfa de Cronbach (Cronbach, 1951) sobre los datos obtenidos a través de su ejecución. Este es denotado por la letra griega  $\alpha$  y es utilizado para determinar la correlación de cada elemento obtenido mediante el instrumento con los demás, con el objetivo de comprobar la estabilidad y consistencia de la medición. Se tomaron para la validación, los valores correspondientes al máximo nivel de opinión para cada pregunta, es decir, los  $v_2$  emitidos por los encuestados.

Los valores obtenidos de  $\alpha$  están comprendidos en la escala [0, 1] donde los valores de confiabilidad más cercanos a 1 se consideran mejores. Según se plantea en la bibliografía, se establece que un valor igual o mayor a 0.8 representa un valor alto de confiabilidad. Para la evaluación se utilizó el análisis de fiabilidad que implementa el programa estadístico SPSS donde se definieron cada uno de los valores expresados por los 17 encuestados (ver Anexo 4).

La conclusión del análisis puede ser consultada en la Figura 17 donde se muestra un resultado obtenido de  $\alpha = 0.813$  que supera el valor mínimo deseado de 0.8.

**Case Processing Summary**

		N	%
Cases	Valid	17	100.0
	Excluded <sup>a</sup>	0	.0
	Total	17	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

**Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.813	.814	6

Figura 17: Resultados del Alfa de Cronbach en la evaluación del instrumento (SPSS-Inc, 2004).

### **Indicador *Competitividad en el mercado***

Para la evaluación de este indicador se estableció una comparación de la propuesta de solución aplicada en la *Suite* GESPRO 13.05 con otros sistemas de gestión de proyectos. En (Stang, et al., 2010) se establece como criterios para la evaluación de sistemas de este tipo una serie de indicadores, donde se incluye la capacidad para ejecutarse y la integridad de la visión. Como parte de esta última está contenida la estrategia geográfica, lo que demuestra la necesidad del análisis de la dimensión geográfica en la gestión de proyectos para medir la competitividad de estos sistemas y por tanto es contemplada en la matriz de comparación de la Tabla 12.

Se realizó una comparación con 146 sistemas diferentes mediante la comprobación de la utilización del análisis de la dimensión geográfica y la integración con SIG para la realización del control de la ejecución de proyectos. Para obtener el porcentaje de cubrimiento se tuvo en cuenta además la presencia de los siguientes indicadores: entorno de colaboración, seguimiento de tickets, gestión del portafolio, planificación, gestión de recursos, gestión documental, flujos de trabajo, soportado por entorno web, reportes y análisis, software libre y representación de la incertidumbre.

En la Tabla 12 se muestra la comparación de la propuesta respecto a los sistemas de mayor porcentaje de cubrimiento de los indicadores definidos anteriormente y teniendo en cuenta además los casos donde se detectó la utilización de la dimensión geográfica. El resto de los elementos de la comparación pueden ser consultados en el Anexo digital 2 "*Comparación con sistemas de gestión de proyectos*".



Tabla 12: Comparación con sistemas de gestión de proyectos (del autor).

Sistemas de Gestión de Proyectos	1. Entorno de Colaboración	2. Seguimiento de Tickets	3. Gestión de Portafolio	4. Planificación	5. Gestión de Recursos	6. Gestión Documental	7. Flujo de Trabajo	8. Soportado sobre Web	9. Reportes y Análisis	10. Software Libre	11. Representan la Incertidumbre	12. Dimensión geográfica	13. Integración con SIG
enQUIRE	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Primavera Project	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí
Clarizen	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No
Microsoft Office Project	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No	No
OpenERP	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
Projektron BCS	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
QuickBase	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
WorkLenz	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
TACTIC	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	No
NetSuite	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	No
ConceptDraw Project	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No
GESPRO 12.05	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No
GESPRO 13.5 con Extensiones	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Como se puede apreciar solamente dos sistemas (*enQUIRE* y *Primavera Project*) hacen uso de la dimensión geográfica para el control de la ejecución de proyectos y que además están integrados para su análisis con SIG. Al mismo tiempo ambos están entre los sistemas de mayor porcentaje en cuanto al cubrimiento de los indicadores analizados, pero no están desarrollados sobre software de código abierto y por tanto implica el pago de licencias para su utilización. Otros sistemas como *Clarizen* y *NetSuite* hacen uso de la dimensión geográfica pero la utilizan para realizar análisis sobre la gestión de ventas y la gestión de clientes. Es el caso de *ConceptDraw Project*, un ejemplo de sistema que utiliza la dimensión geográfica a través de una herramienta de edición de mapas para representar los valores de los indicadores obtenidos a partir de la recolección de medidas, pero no utiliza ningún SIG para su análisis y por tanto lo limita en cuanto al aprovechamiento de las potencialidades que estos sistemas proveen.

En la Figura 18 se representa una vista donde se muestra el porcentaje de cubrimiento de cada uno de los sistemas antes mencionados. Se debe destacar que del análisis anterior, se evidencia que solamente el caso de la *Suite GESPRO 13.05 con extensiones* cubre el 100 % de los indicadores analizados. Por tanto se evidencian las potencialidades y las oportunidades que le permiten ser competitivo con respecto a los demás productos disponibles en el mercado.

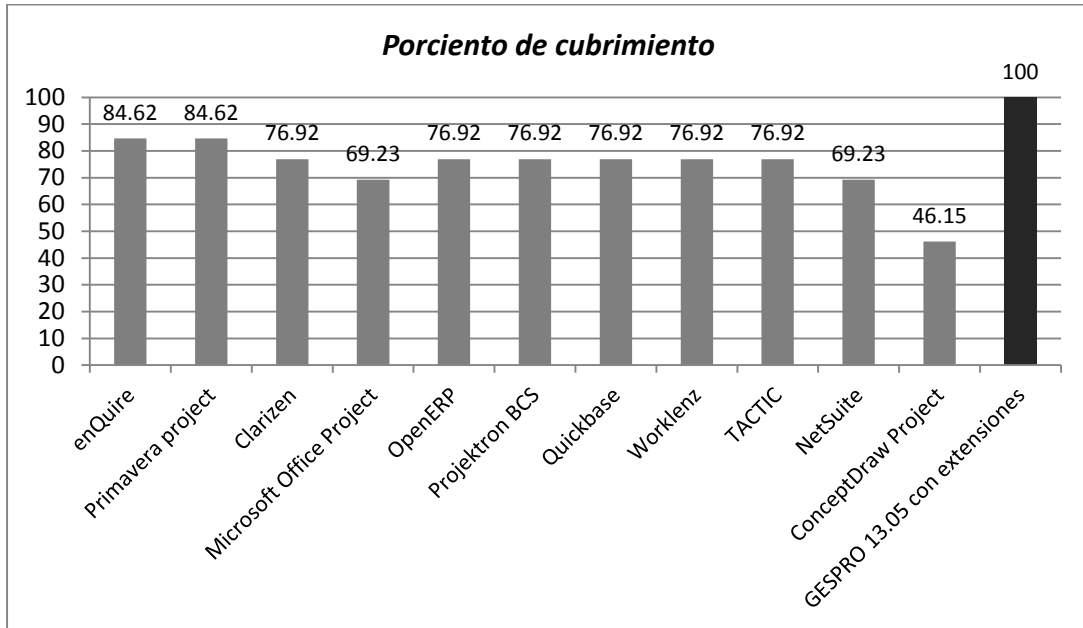


Figura 18: Porcentaje de cobertura en cuanto a funcionalidades deseadas en sistemas informáticos de gestión de proyectos (del autor).

### 3.3.2 Análisis de la variable dependiente

La variable dependiente fue operacionalizada a partir de dos dimensiones: *Evaluación de proyectos basada en la dimensión geográfica* y la *Usabilidad*. Se pretende demostrar que con la aplicación de las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica hubo mejoras en la capacidad de ayuda en la toma de decisiones de la herramienta GESPRO. Con el objetivo de lograr lo anterior se realiza una comparación entre las versiones 12.05 y 13.05 de dicho sistema.

#### Dimensión *Evaluación de proyectos basada en la dimensión geográfica*

Con el fin de establecer una comparación respecto a las facilidades que brinda GESPRO para conocer información sobre el control de la ejecución de proyectos basado en la dimensión geográfica, el autor propone una métrica denominada "Calidad de la Información geo-referenciada" (CALIG). Esta métrica puede ser utilizada para determinar cuantitativamente la calidad de la información geo-referenciada que ofrece la herramienta para un área de conocimiento de la gestión de proyectos. Los valores superiores con respecto a otra medición indican mayor calidad de la información para la toma de decisiones. La métrica se obtiene mediante la siguiente definición:

**Definición 18:** Sea (*MI*) el indicador *Maneja incertidumbre* y (*CT*) el indicador *Cantidad de tematizaciones*. El valor de *CALIG* se obtiene a través de la media de la suma de *MI* y *CT*, se representa por la formulación matemática siguiente:

$$CALIG = \frac{MI+CT}{2} \quad \text{Donde } MI = \begin{cases} 100 & \text{Sí} \\ 0 & \text{No} \end{cases} \quad (32)$$

En la Tabla 13 se establece la comparación entre ambas versiones, antes y después de aplicar la propuesta de solución. Se reflejan en la misma los indicadores *Maneja incertidumbre*, *Cantidad de tematizaciones* y *Cantidad de áreas de conocimiento analizadas*.

Tabla 13: Comparación de GESPRO 12.05 y 13.05 respecto a CALIG (del autor).

Indicadores	GESPRO 12.05										GESPRO 13.05											
	Áreas del conocimiento								Maneja la Incertidumbre	Cantidad de Tematizaciones	CALIG	Áreas del conocimiento								Maneja la Incertidumbre	Cantidad de Tematizaciones	CALIG
	Integración	Tiempo	Costo	Calidad	Logística	RRHH	Alcance	Riesgo				Integración	Tiempo	Costo	Calidad	Logística	RRHH	Alcance	Riesgo			
IE	x	x							x	0	50	x	x						x	1	50.5	
IRE	x	x							x	0	50	x	x						x	1	50.5	
IRP		x							x	0	50		x						x	1	50.5	
IRC			x						x	0	50		x						x	1	50.5	
ICD				x					x	0	50			x					x	5	52.5	
IRL					x				x	0	50				x				x	1	50.5	
IRRH						x			x	0	50					x			x	5	52.5	
IREF				x					x	0	50			x					x	1	50.5	
EPH										0	0	x	x	x	x	x	x		x	1	50.5	
EHE										0	0	x	x	x	x	x			x	1	50.5	
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>0</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>18</b>		

En cuanto a la cantidad de áreas de conocimiento analizadas, en ambos casos se tratan seis. Según (PMI, 2009) para la gestión de proyectos se proponen nueve áreas de conocimiento y teniendo en cuenta que al área de Gestión de Comunicaciones se recurre para informar sobre el control y seguimiento de los proyectos, se limitan a ocho en las que se aplica el control y seguimiento. Las áreas analizadas en la propuesta se corresponden con las principales que se hace referencia en la bibliografía (costo, tiempo, calidad, logística y rendimiento de los recursos humanos).

Según se representa en la Figura 19 las áreas de conocimiento analizadas constituyen el 75% del total, quedando fuera del análisis las áreas de Gestión de riesgos y Gestión del alcance. Se debe destacar que a pesar de que no hubo un incremento de las áreas analizadas en la versión 13.05 con respecto a la versión anterior, se incluyeron dos nuevos indicadores que para la obtención de sus valores combinan los resultados de los indicadores definidos para las seis áreas tratadas. Este elemento se considera como una fortaleza de la propuesta para la realización del control de la ejecución basado en la dimensión geográfica.

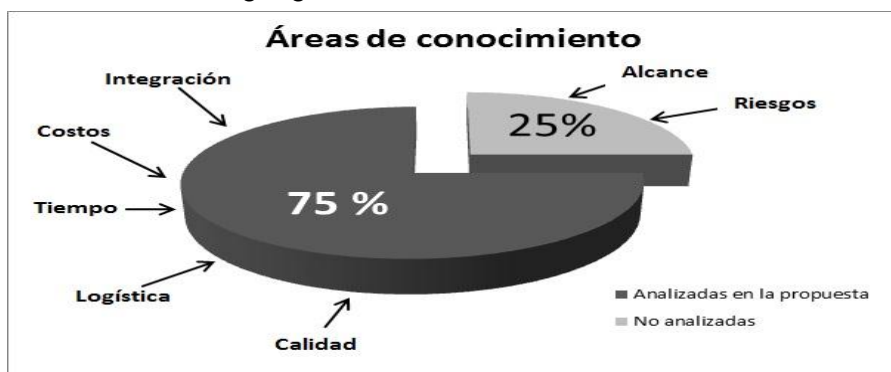


Figura 19: Cubrimiento de las áreas de conocimiento analizadas en la propuesta (del autor).

En la Figura 20 se observa el incremento de la calidad de la información geo-referenciada brindada por la herramienta luego de aplicarse la propuesta de solución en la versión 13.05 de GESPRO.

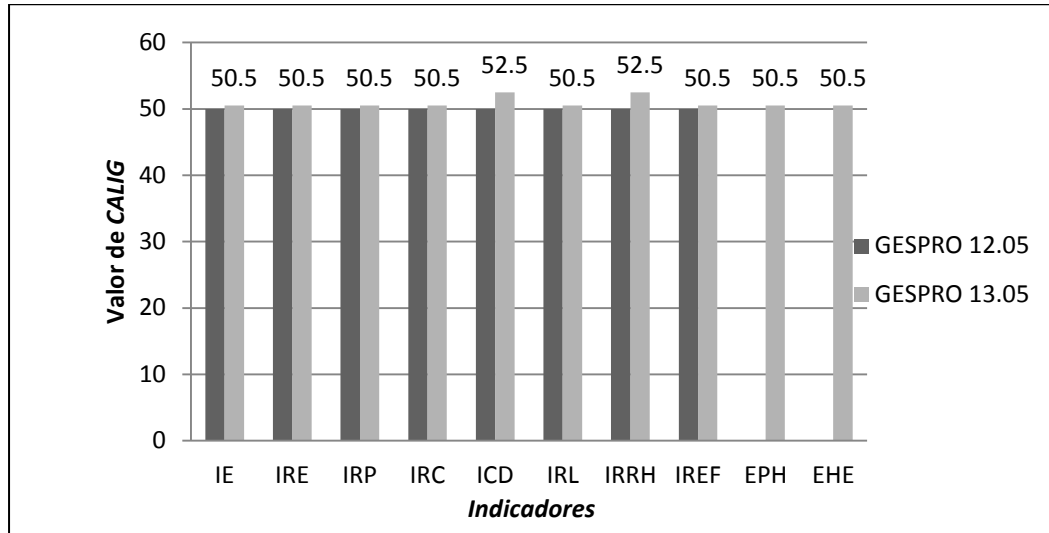


Figura 20: Calidad de la información geo-referenciada en GESPRO (del autor).

### Dimensión Usabilidad

Para evaluar la dimensión *Usabilidad* se definieron los siguientes indicadores: *Representa la incertidumbre*, *Tiempo para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidad desarrolladora* y *Subjetividad en la clasificación de una zona geográfica*. Con el objetivo de obtener los valores para establecer la comparación de las versiones de la Suite GESPRO 12.05 y 13.05; en esta última, donde se aplicaron las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica, se ejecutó una encuesta (Ver Parte 2 del Anexo 3) a las personas que laboran en el escenario donde está desplegada (Ver Anexo 2).

Se aplicó el test no paramétrico de *Wilcoxon* para dos muestras relacionadas con el método de Monte Carlo para un 99% de intervalo de confianza. Su utilidad en la investigación está dada por la necesidad de determinar la existencia o no de diferencias significativas para cada indicador analizado (antes y después de aplicar la propuesta). Se utilizó el programa SPSS v13.0 para la realización del test.

#### Indicador *Representa la incertidumbre*

La incertidumbre se refiere al estado de duda en el que predomina el límite de la confianza o la creencia en la certeza de un conocimiento determinado. Este es uno de los elementos más importantes a que se enfrentan los decisores y para ello es imprescindible el tratamiento de las herramientas de gestión de proyectos para minimizar este factor en la ayuda a la toma de decisiones. Con la aplicación de la propuesta de solución, la versión 13.05 de la Suite GESPRO garantiza el tratamiento a la incertidumbre en la evaluación del control de la ejecución basada en la dimensión geográfica de los proyectos y entidades desarrolladoras.

La aserción anterior se realiza a partir de los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de diagnóstico a los usuarios que laboran con la herramienta (Ver Anexo 3, Parte 2, pregunta 7). Los encuestados emitieron su opinión seleccionando una de las opciones siguientes:

- ✓ Respuesta positiva. (Se registró con el número 1)
- ✓ Respuesta Negativa. (Se registró con el número 2.)

En la Figura 21 se muestran los estadígrafos obtenidos de las valoraciones emitidas por cada una de las muestras analizadas. Fueron obtenidas a partir de la ejecución del test no paramétrico de *Wilcoxon*.

Descriptive Statistics								
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Incertidumbre_geo_12.05	17	1.8824	.33211	1.00	2.00	2.0000	2.0000	2.0000
Incertidumbre_geo_13.05	17	1.0588	.24254	1.00	2.00	1.0000	1.0000	1.0000

**Figura 21: Estadígrafos obtenidos para cada una de las muestras relacionadas (SPSS-Inc, 2004).**

Los resultados demostraron que para un 25%, la media y un 75% de los usuarios encuestados, expresaron que en la versión 13.05 se realiza el tratamiento a la incertidumbre de la evaluación del control de la ejecución basada en la dimensión geográfica. A pesar de que en la versión 12.05 se realiza el tratamiento a la incertidumbre este no es basado en la dimensión geográfica, razón principal del criterio negativo de los usuarios respecto a dicha versión. En la Figura 22 se muestran los valores finales de la aplicación del test de *Wilcoxon* para cada una de las muestras utilizando el método de simulación de Monte Carlo con un 99% de intervalo de confianza.

Test Statistics <sup>b,c</sup>				Incertidumbre _geo_13.05 - Incertidumbre geo_12.05
Z				-3.500 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)				.000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.			.001
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
				.002
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
				.001

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 957002199.

**Figura 22: Resultados del test de *Wilcoxon* bajo simulación de Monte Carlo (SPSS-Inc, 2004).**

Los valores obtenidos son inferiores a 0.05, por tanto se evidencian diferencias significativas en el análisis del indicador. La interpretación del resultado alcanzado está dada por la superioridad de la versión 13.05 respecto a la 12.05 en cuanto al tratamiento de la incertidumbre basada en la dimensión geográfica en la evaluación del control de la ejecución de proyectos.

### **Indicador *Tiempo para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidad desarrolladora***

La disminución del tiempo requerido para la ejecución de los procesos en las herramientas de gestión de proyectos para la ayuda a la toma de decisiones es uno de los elementos fundamentales para los

usuarios en la DIP. La aplicación de la propuesta de solución en la *Suite* GESPRO 13.05 permitió disminuir el tiempo empleado para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidades desarrolladoras.

La afirmación anterior se garantiza a través del análisis realizado sobre los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de diagnóstico (Ver Anexo 3, Parte 2, pregunta 8). Los encuestados emitieron su opinión seleccionando una de las opciones siguientes:

- ✓ 5 a 30 segundos. (Se registró con el número 1)
- ✓ 30 a 60 segundos. (Se registró con el número 2)
- ✓ 1 a 8 horas. (Se registró con el número 3)
- ✓ Más de 8 horas. (Se registró con el número 4)

En la Figura 23 se muestran los estadígrafos obtenidos de las valoraciones emitidas por cada una de las muestras analizadas. Fueron obtenidas a partir de la ejecución del test no paramétrico de *Wilcoxon*.

Descriptive Statistics								
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Localizar_geo_12.05	17	3.0000	.35355	2.00	4.00	3.0000	3.0000	3.0000
Localizar_geo_13.05	17	1.0588	.24254	1.00	2.00	1.0000	1.0000	1.0000

**Figura 23: Estadígrafos obtenidos para cada una de las muestras relacionadas (SPSS-Inc, 2004).**

Los resultados demostraron que para el 25%, la media y el 75% de los usuarios consideraron que el tiempo requerido para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidades desarrolladoras en la versión 13.05 disminuye en el orden de las horas a los segundos respecto a la 12.05. Además se evidenció una disminución de los valores en cuanto a la desviación estándar, por tanto se considera mayor similitud en las valoraciones de los encuestados. En la Figura 24 se muestran los valores finales de la aplicación del test de *Wilcoxon* para cada una de las muestras utilizando el método de simulación de Monte Carlo con un 99% de intervalo de confianza.

Test Statistics <sup>b,c</sup>				Localizar_ geo_13.05 - Localizar_ geo_12.05
Z				-3.877 <sup>a</sup>
Asymp. Sig. (2-tailed)				.000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000

a. Based on positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 221623949.

**Figura 24: Resultados del test de *Wilcoxon* bajo simulación de Monte Carlo (SPSS-Inc, 2004).**

Los valores obtenidos de la aplicación del test son inferiores a 0.05, por tanto se evidencian diferencias significativas en el análisis del indicador. La interpretación del resultado alcanzado está dada por la superioridad de la versión 13.05 respecto a la 12.05 en cuanto al tiempo empleado para visualizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidades desarrolladoras.

**Indicador *Subjetividad en la clasificación de zonas geográficas***

La subjetividad de la información se asocia con las apreciaciones personales, lo contrario a la objetividad, que se basa en hechos y/o evidencias. La (RAE, 2013) lo relaciona con “nuestro modo de pensar o de sentir y no al objeto en sí mismo”. Este es otro de los problemas que se evidencian en las HGP, pues la carencia de procesos automatizados incrementa la incidencia del factor humano sobre el tratamiento de la información. La carencia de valores fiables para la toma de decisiones disminuye la objetividad y la precisión de los resultados. Mediante la aplicación de las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica se garantiza un bajo nivel de la subjetividad durante la clasificación de zonas geográficas a través de los valores obtenidos de los indicadores calculados.

La aserción anterior se avala con los resultados alcanzados de la aplicación del instrumento de diagnóstico (Ver Anexo 3, Parte 2, pregunta 9). Los encuestados emitieron su opinión seleccionando una de las opciones siguientes:

- ✓ Alto. (Se registró con el número 1)
- ✓ Media. (Se registró con el número 2)
- ✓ Baja. (Se registró con el número 3)

En la Figura 25 se muestran los estadígrafos obtenidos de las valoraciones emitidas por cada una de las muestras analizadas. Fueron obtenidas a partir de la ejecución del test no paramétrico de *Wilcoxon*.

**Descriptive Statistics**

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
Subjetividad_geo_12.05	17	1.0588	.24254	1.00	2.00	1.0000	1.0000	1.0000
Subjetividad_geo_13.05	17	2.5294	.51450	2.00	3.00	2.0000	3.0000	3.0000

**Figura 25: Estadígrafos obtenidos para cada una de las muestras relacionadas (SPSS-Inc, 2004).**

Para este caso, los resultados obtenidos para la media y el 75% de los encuestados, consideraron la existencia de variación de la subjetividad de Alta a Baja dada fundamentalmente por la automatización del proceso de clasificación de zonas geográficas. En la Figura 26 se muestran los valores finales de la aplicación del test de *Wilcoxon* para cada una de las muestras utilizando el método de simulación de Monte Carlo con un 99% de intervalo de confianza.

Test Statistics<sup>b,c</sup>

			Subjetividad_ geo_13.05 - Subjetividad_ geo_12.05
Z			-3.624 <sup>a</sup>
Asy mp. Sig. (2-tailed)			.000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.000
		Upper Bound	.000
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.		.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.000
		Upper Bound	.000

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 303130861.

**Figura 26: Resultados del test de Wilcoxon bajo simulación de Monte Carlo.**

Los valores obtenidos de la aplicación del test son inferiores a 0.05, por tanto se evidencian diferencias significativas en el análisis del indicador. La interpretación del resultado alcanzado está dada por la baja subjetividad para la clasificación de zonas geográficas de la versión 13.05 de la Suite GESPRO respecto a la 12.05.

### 3.4 Análisis del impacto económico y social de la propuesta

#### Respecto al impacto económico

La utilización de la Plataforma GeneSIG v1.5 como SIG para el análisis de la dimensión geográfica integrado a las HGP, garantiza los principios de soberanía tecnológica del país y constituye un ahorro considerable debido a la sustitución de importaciones. En la Tabla 14 se muestra un listado de los SIG que se encuentran mejor posicionados en el mercado mundial con sus respectivos precios por concepto de licencias de software.

**Tabla 14: Costo de licencias de SIG por período de un año (Ortíz, 2012).**

Productos	País	Compañía	Costo licencia/ año
ArcView 9.2	EE.UU	ESRI	\$ 1,500.00
ArcEditor 9.2	EE.UU	ESRI	\$ 7,000.00
ArcInfo 9.2	EE.UU	ESRI	\$ 9,000.00
GeoMedia Pro	Perú	SOLGRAF	€ 14,000.00
AutoCAD Map3D 2012	EE.UU	AutoDesk	\$ 5,295.00
AutoCAD Raster Design	EE.UU	AutoDesk	\$ 2,095.00
Microstation XM	EE.UU	Bentley Systems	\$ 5,800.00
Bentley Map	EE.UU	Bentley Systems	\$ 1,500.00
MapInfo Profesional 10.0	EE.UU	MapInfo	\$ 12,940.00
CardCop (pckg)	Reino Unido	CardCop	€ 19,400.00
SuperMap	China	SMap Software Co Ltd	\$ 1,956.00

Nótese en la tabla anterior que las principales compañías son de origen estadounidense lo que implica una limitante para Cuba por motivos del bloqueo económico para el acceso a sus licencias.



Además el costo mínimo de la licencia de estos productos oscila sobre los \$1,500.00 y asciende hasta aproximadamente los \$ 19,400.00.

Sobre el tiempo de desarrollo de SIGESPRO e integración con la *Suite* GESPRO 13.05, este se ejecutó en un período de 45 días laborables. Para calcular el esfuerzo total del costo de desarrollo (*ED*) se utilizó la siguiente formulación matemática:

$$ED = (TD * CD * TH) + AFT * TD \quad (33)$$

*TD*: Total de tiempo de desarrollo.

*CD*: Cantidad de desarrolladores.

*TH*: Tarifa horaria.

*AFT*: Depreciación de activos fijos tangibles.

Se tomó como tarifa horaria 12.00 CUP por desarrollador (intervinieron 3 especialistas) y se definió un total de 8 horas laborables por día. SIGESPRO se desarrolló en el Centro de desarrollo GEySED de la UCI y este destina por concepto de *AFT* mensual un total de 100.00 CUP. Teniendo en cuenta que el centro cuenta con 13 equipos de trabajo, cada equipo contribuye con 7.69 CUP mensuales al valor de este importe y cada hora de trabajo equivale a 0.04 CUP.

**Tabla 15: Obtención del esfuerzo total del costo de desarrollo.**

TD	CD	TH	AFT*TD	ED
45 * 8h = 360h	3	12.00	14.40	<b>12,974.40</b>

Si se realiza la conversión del valor obtenido del cálculo del *ED* a CUC, se obtiene un equivalente de 518.98 CUC (1.00 CUC = 1.00 USD = 25.00 CUP según el Banco Central de Cuba en el momento de la conversión). Comparándolo con el costo de la licencia de software de este tipo de sistemas más económico y el más alto para un año, implica un ahorro que oscila entre \$ **918.02** y **18,881.02 USD**. Se debe destacar que en este análisis no se incluye el costo de la cartografía, el cual puede variar en dependencia de la calidad de la misma y los requerimientos solicitados por el cliente.

### **Respecto al impacto social**

En primera instancia, con la aplicación de las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica a través de SIGESPRO en la *Suite* GESPRO 13.05 se han beneficiado los especialistas de la DGP y el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos. A través de dicha herramienta se realizan los procesos de control de ejecución de proyectos teniendo en cuenta la dimensión geográfica de más de 200 proyectos que se ejecutan en los Centros de desarrollo de la Universidad.

Partiendo de la base de la Plataforma GeneSIG, la puesta en marcha de SIGESPRO integrado con la *Suite* GESPRO 13.05 u otra HGP posibilita el seguimiento y control de la información socioeconómica de sus proyectos en ejecución en diferentes ubicaciones geográficas. Garantiza a su vez una elevada eficiencia en la toma de decisiones a partir de su representación y análisis espacial. La integración de ambos sistemas permite la gestión de sus recursos sobre mapas y no sólo brinda resultados desde el punto de vista de la ubicación espacial, sino que amplía el escenario de evaluación de variables económicas mediante alternativas que incluyen nuevos criterios de medidas y factores geográficos.

Otro aspecto a destacar es la utilización de la propuesta de solución en las asignaturas del programa de la maestría en Gestión de Proyectos Informáticos. A continuación se mencionan las asignaturas donde se imparten temas relacionados con el control de la ejecución: Curso Básico de Gestión de Proyectos, Dirección Integrada de Proyectos, Gestión de los Recursos Humanos, Gestión de la Calidad y Herramientas para la Gestión de Proyectos.

Evidentemente el uso de SIGESPRO mediante la *Suite* GESPRO 13.05 en el programa de las asignaturas representa un beneficio social asociado a la formación de los egresados de la maestría. Al mismo tiempo a través de la retroalimentación de los resultados de las investigaciones generadas permite ser mejorado continuamente, lo cual contribuye a su establecimiento como un sistema competitivo frente a soluciones de su tipo tanto a nivel nacional como internacional.

La aplicación de la propuesta de solución a través de SIGESPRO puede ser extendida como punto de entrada de los datos utilizados en la investigación de (Rodríguez, 2012), la cual está dirigida a la representación y análisis de redes en SIG mediante grafos reducidos. A su vez su resultado tiene un impacto favorable en las mejoras para la gestión de la cadena de suministros en la gestión de proyectos. Además en la bibliografía se han reportado resultados como (Schmitz, 2007), (Schmitz, 2008), (Cheng, et al., 2011) y (Irizarry, et al., 2013) donde se utilizan los SIG para la gestión de la cadena de suministros en diferentes contextos.

### **3.5 Conclusiones del capítulo**

- ✓ Las extensiones para el control de la ejecución de proyectos basadas en el análisis de la dimensión geográfica fueron aplicadas con éxito. A través de la implementación de SIGESPRO en la *Suite* GESPRO 13.05 en el entorno de la UCI se llega a este resultado.
- ✓ Se incrementó la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la *Suite* GESPRO 13.05 respecto al resto de las HGP estudiadas al incluir el análisis de la dimensión geográfica durante el proceso de control de la ejecución de proyectos.
- ✓ La utilización de la Plataforma GeneSIG para el desarrollo de SIGESPRO garantizó los principios de soberanía tecnológica y la sustitución de importaciones que lleva a cabo el país, implicando un ahorro económico que oscila entre \$ 918.02 y \$18,881.02 USD por concepto de pago de licencias de *software*.
- ✓ La retroalimentación a partir de los resultados investigativos alcanzados como parte de la formación de los egresados de la maestría en Gestión de Proyectos Informáticos garantiza, a través de su impacto social, la mejora continua en la solución de la propuesta.

## CONCLUSIONES

Del contenido del trabajo presentado, su análisis y los antecedentes revisados en la literatura, se pudieron obtener las siguientes conclusiones principales:

- ✓ El estudio de las tendencias actuales sobre el control de la ejecución de proyectos evidenció la utilización de indicadores para la realización de la DIP, sin embargo estos no se combinan con el análisis de la dimensión geográfica durante los procesos de ayuda a la toma de decisiones.
- ✓ La integración de los SIG con herramientas informáticas de gestión de proyectos permite realizar un análisis de la dimensión geográfica de manera eficiente y eficaz.
- ✓ Como solución a la problemática de la investigación se desarrollaron extensiones al modelo original que soporta la investigación basadas en la aplicación de tres componentes fundamentales: (1) la definición de indicadores a utilizar y sus respectivas tematizaciones, (2) la clasificación de zonas geográficas y (3) la integración de los SIG con las HGP. Las extensiones tienen como novedad la obtención de evaluaciones históricas y la clasificación de zonas geográficas mediante la utilización de operadores OWA.
- ✓ Las extensiones utilizan como base un enfoque de tratamiento a la incertidumbre durante el procesamiento de los datos primarios lo cual contribuye a mejorar la representación de las dimensión geográfica de los proyectos durante su análisis y evaluación
- ✓ El aporte económico de la propuesta significó un ahorro económico que oscila entre \$ 918.02 y \$18,881.02 USD y un notable impacto social asociado al beneficio percibido por los usuarios, representados por las personas que laboran en la DGP, el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos de la universidad, así como los alumnos y egresados de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos.
- ✓ Con la aplicación de la propuesta en la *Suite* GESPRO 13.05, disminuyeron los tiempos empleados para localizar geográficamente la evaluación de los proyectos y/o entidades desarrolladoras, así como los niveles de subjetividad durante la clasificación de zonas geográficas. Por consiguiente, se logra una mejora en la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la *Suite* GESPRO 13.05

## RECOMENDACIONES

- ✓ Extender la propuesta a otros entornos del sistema empresarial cubano haciendo uso de la *Suite* GESPRO en su versión 13.05.
- ✓ Incluir indicadores de las áreas de conocimiento de Gestión de Riesgos y Gestión del Alcance para la realización de tematizaciones a partir de sus valores así como para la clasificación de zonas geográficas.
- ✓ Fomentar el uso de la dimensión geográfica con las extensiones propuestas para el control de la ejecución de proyectos a través de cursos de capacitación en diversos sectores de la dirección estratégica de nuestro país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, Martha María y Gastelúm Contreras, Yolanda Irma. 2011.** *Toma de decisiones*. Loja, Ecuador : Universidad Nacional de Loja, 2011.
- Andreu, R., Ricart, J. E y Valor, J. 1996.** *Estrategia y sistemas de información*. Madrid, España : McGraw-Hill, 1996.
- Arai, C., Matzuda, N. y Shjkada, M. 2002.** *Management of mapping in local government using remote sensing and the REAL TIME GIS*. In IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS '02), 2002. págs. 3145 – 3147. doi:10.1109/IGARSS.2002.1027113.
- Araque Ibañez, Antonio. 2012.** *Sistema de Información Geográfica para la mejora de la gestión y la toma de decisiones difusa en entornos oleícolas*. Departamento de Informática, Universidad de Jaén. Jaén, España : Escuela Politécnica Superior de Jaén, 2012. Tesis doctoral.
- Barbero, Dante A. y Rosenfeld, Elías. 2008.** *Modelo sistémico para el manejo con SIG*. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina., 2008. Tesis doctoral.
- Beltran, Gerson. 2012.** Geolocalización, redes sociales y turismo. [En línea] 14 de Junio de 2012. [Citado el: 20 de Enero de 2013.] <http://gersonbeltran.com/2012/06/14/diferencias-entre-geolocalizar-gps-y-localizar>.
- Blanco, Lázaro J. 2011.** *La informática en la dirección de empresas*. La Habana, Cuba : Félix Varela, 2011. ISBN 978-959-07-1629-4.
- Brehmer, B. 1992.** *Dynamic decision making: Human control of complex systems*. Uppsala University. Uppsala, Sweden : Elseiver, Acta Psychologica, 1992. págs. 211-241. Vol. 81 No. 3.
- Brisaboa, N. R. y Lema, J. A. C. . 2004.** *Sistemas de Información Geográfica: Revisión de su estado actual*. Laboratorio de Base de datos, Facultad de Informática, Universidade da Coruña. Coruña, España., 2004. 15071.
- Busemeyer, J. R. 2001.** *Dynamic decision making*. Indiana University. Bloomington Indiana, E.U.A : N.J. Smelser & P.B. Baltes. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences, 2001. págs. 3903–3908.
- Buzai, G. D. 2011.** *Sistemas de información geográfica en América Latina (1987-2010). Un análisis de su evolución académica basado en la CONFIBSIG*. Departamento de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Luján. Argentina. 2011.
- Campanella, Gianluca y Ribeiro, Rita. 2011.** *A framework for dynamic multiple-criteria making*. UNINOVA–CA3, Campus FCT–UNL. Caparica, Portugal : Journal Elsevier B.V.: Decision Support Systems, 2011. págs. 52-60.

- Caniëls, Marjolein C.J. y Bakens, Ralph J.J.M. . 2012.** *The effects of Project Management Information Systems on decision making in a multi project environment.* Faculty of Management Sciences, Open University of the Netherlands. International Journal of Project Management, Elseiver., 2012. págs. 162–175. Vol 8, No. 2.
- Castell, Jessie. 2012.** *Modelo para el desarrollo de un ecosistema de software orientado a soluciones para la gestión de proyectos.* Laboratorio de investigaciones en Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2012. Tesis de maestría.
- Celada, M. S. y Roffe, T. G. 2006.** *Estado del arte del uso de la tecnología SIG en la gestión del riesgo de desastres naturales en la agricultura a escala nacional.* La Habana, Cuba., 2006. pág. 23.
- Chang, K. T. 2002.** *Introduction to Geographic Information Systems.* New York, E.U.A : Mc Graw Hill, 2002.
- Chang, Tsung-Han y Wang, Tien-Chin. 2009.** *Using the fuzzy multi-criteria decision making approach for measuring the possibility of successful knowledge management.* Kao-Yuan University. Taiwan : Elseiver: Information Sciences, 2009. págs. 355–370. Vol. 179, No. 4.
- Chávez, María Evangelina. 2011.** *Introducción al concepto de geolocalización e instalación del software Google Earth.* [En línea] Ministerio de Educación de Argentina, 2011. [Citado el: 20 de Febrero de 2013.]  
[http://escritoriocentros.educ.ar/datos/Introduccion\\_geolocalizacion\\_google\\_earth.html](http://escritoriocentros.educ.ar/datos/Introduccion_geolocalizacion_google_earth.html).
- Cheng, Liang-Chieh y Phillips, Jeremy. 2011.** *Geographic information system applications in supply chains.* International Academy of Business and Economics. Texas, E.U.A : International Journal Business Research, 2011. Vol. 11, No. 5, ISSN: 1555-1296.
- Chrissis, M. B., Konrad, M. y otros. 2009.** *CMMI, Guía para la integración de procesos y la mejora de productos.* Segunda Edición. Madrid, España., 2009. pág. 630. 9788478290963.
- CITMA. 2012.** *Resolución No. 44-2012.* La Habana, Cuba : Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2012.
- Cronbach, J. L. 1951.** *Coefficient alpha and the internal structure of tests.* University of Illinois. Illinois, E.U.A : Springer: Psychometrika, 1951. págs. 297-334. Vol. 16 No. 3.
- de Heredia, Rafael. 1995.** *HEREDIA, Rafael de. Dirección Integrada de Proyecto–Project Management.* Universidad Politécnica de Madrid, 1995. Madrid, España : Universidad Politécnica de Madrid, 1995.
- del Caño, Alfredo y de la Cruz, Pilar. 1995.** *Conceptos básicos de la dirección integrada de proyectos.* Madrid, España : UNED, 1995.
- Delgado, Roberto. 2003.** *La Dirección Integrada de Proyectos haciendo uso de las Nuevas Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones.* La Habana, Cuba : CETA ISPJAE, 2003.

- Delgado, Roberto y otros. 2011.** *La Dirección Integrada de Proyecto como Centro del Sistema de Control de Gestión en el Ministerio del Poder Popular para la Comunicación y la Información.* CENDA. Caracas, Venezuela., 2011.
- Delgado, Roberto y Vérez, María Antonia. 2003.** *La Dirección Integrada por Proyectos en el marco de la Ciencia y la Innovación Tecnológica.* La Habana, Cuba., 2003.
- Díaz, C. 2010.** *Dirección por valores.* La Habana, Cuba : Editorial Ciencia y Técnica., 2010.
- Diederich, A. 1997.** *Dynamic stochastic models for decision making under time.* Ossietzky University. Oldenburg, Germany : Journal of Mathematical Psychology, 1997. págs. 260–274. Vol. 41, No. 3.
- Doña, Jesús María. 2008.** *Modelado de los procesos de toma de decisión en entornos sociales mediante operadores de agregación OWA.* Universidad de Málaga. Málaga, España., 2008. Tesis doctoral.
- Febles, Ailyn. 2012.** *Informe del Balance de la Producción.* Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2012.
- Fernández, Ivette. 2012.** *El reordenamiento laboral tiene que ser un proceso con vida.* [ed.] Granma. La Habana, Cuba., 20 de 4 de 2012.
- García, Juan, Muñoz, Rosario y Llanes Delgado, Wilde. 2006.** *Tendencias actuales de dirección.* La Habana, Cuba., 2006.
- Garrido, M. A. 2004.** *SIG y Medio Ambiente: principios básicos.* Madrid, España., 2004. pág. 19. Capítulo 2.
- GENESIG. 2010.** *Plataforma soberana GeneSIG.* La Habana, Cuba : Centro Nacional de Derecho de Autor, 2010. Software Reg. 2871-2010.
- Geoinformática. 2011.** *Sistema de información geográfica para la Universidad de las Ciencias Informáticas.* Geoinformática, Centro GEySED, Facultad 6. La Habana, Cuba., 2011.
- Geoinformática, Departamento Docente. 2012.** *Informe del Departamento de Geoinformática.* Centro de desarrollo GEySED, Universidad de las Ciencias informáticas. La Habana, Cuba : Facultad 6, 2012.
- Gómez, Y. 2009.** *Celebración del GIS Day por primera vez en Cuba.* La Habana, Cuba : Geografía y Sistemas de Información geográfica (GeoSIG), 2009. págs. 1-4.
- González, Carlos. 2005.** *Decision support for real-time, dynamic decision-making tasks.* Carnegie Mellon University. Pittsburgh, E.U.A : Organizational Behavior and Human Decision Processes, 2005. págs. 142–154. Vol. 96 No. 2.

- Gracia, Adrián, y otros. 2012.** *SIG-Rutas v1.0.* La Habana, Cuba. : Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA), 2012. 295-2012.
- Gracia, Adrián, y otros. 2012.** *SIG-Salud v1.0.* La Habana, Cuba : Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA), 2012. 294-2012.
- Gracia, Adrián, y otros. 2012.** *Sistema de Información Geográfica del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones (SIGMIC) v1.0.* La Habana, Cuba. : Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA)., 2012. 296-2012.
- Hernández, R. A. y Coello González, S. 2002.** Estrategia de investigación. En: El Paradigma Cuantitativo de la Investigación Científica. La Habana, Cuba : EDUNIV, 2002, págs. 79-82.
- Hernández, U. M. 2002.** *Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. Ingeniería del Terreno, Cartografía y Geofísica.* Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España., 2002. pág. 225.
- Herrera, F. y otros. 2009.** *Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects.* Hingham, E.U.A : Fuzzy Optimization and Decision Making, 2009. págs. 337-364. Vol. 8, No. 4.
- ICB. 2008.** *ICB-IPMA Competence Baseline Version 3.0.* BD Nijkerk, Netherlands : IPMA publications, 2008.
- IPMA. 2012.** © 2012 IPMA: *International Project Management Association.* BD Nijkerk, Netherlands : Disponible en: <http://ipma.ch/about/>, 2012.
- Irizarry, Javier, Karan, Ebrahim P. y Jalaei, Fazard. 2013.** *Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management.* Georgia Institute of Technology. Atlanta, E.U.A : Automation in Construction, 2013. págs. 241-254. Vol. 31.
- Koontz, H. y O´ Donell, C. 1973.** *Curso de administración moderna: un análisis de las funciones de la administración.* New Jersey, E.U.A : Mc Graw-Hill, 1973.
- Koontz, Harold y Weihrich, Heinz. 1998.** *Administración: una perspectiva global.* New Jersey, E.U.A : McGraw-Hil, 1998.
- Lama, Cesar. 2010.** *Elementos conceptuales sobre el enfoque territorial. La gestión concertada de proyectos.* Escuela de postgrado de la UPC. Lima, Perú : CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN EPG, 2010. Edición Nro. 10.
- León, Alain y Gracia Águila, Adrián. 2011.** *Sistema de Información Geográfica para el ahorro de energía eléctrica. (SIGEnergía v1.0).* Geoinformática, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2011.

- Leyva, Maikel Yelandi y Febles Estrada, Ailyn. 2013.** *Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en mapas cognitivos difusos*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2013. Tesis doctoral.
- López, Aliana, León Companioni, Alain y Bravo León, L. 2012.** *Sistema de información geográfica para la representación de objetivos petroleros*. La Habana, Cuba. : I Taller de Geoinformática, UCIENCIA, 2012. Disponible en: <http://uciencia.uci.cu/es/node/963>.
- López, Andrés. 2011.** *La dirección de proyectos y la ciencia del proyecto*. La Habana, Cuba : ENLACE, 2011. págs. 1-11. Vol. 17, No. 102.
- Lu, X. 2009.** *A Unified E-Government Information Management Platform Based on Web GIS Technology*. Wuhan, China : In International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering, 2009. págs. 1-4. doi:10.1109/CISE.2009.5362937.
- Lugo, José Alejandro. 2012.** *Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa*. Laboratorio de Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2012. Tesis de Maestría.
- Marble, Duane. 1996.** *The potential methodological impact of geographic information systems on the social sciences*. [ed.] The Ohio State University. Columbus, Ohio, EUA : Department of Geography, 1996.
- Marichal, J. L. 2000.** *On Choquet and Sugeno Integrals as Aggregation Functions*,. Department of Management, University of Liège. Liège, Belgium : Fuzzy measures and integrals: theory and applications, 2000. pág. 247. Vol. 40.
- Marques, Guillaume , Gourc, Didier y Lauras, Matthieu. 2011.** *Multi-criteria performance analysis for decision making in project management*. Universidad de Toulouse. Toulouse, Francia : International Journal of Project Management, 2011. págs. 1057-1069. Vol. 29, No. 8.
- Martínez, R, y otros. 2001.** *SIGEpi: Sistema de Información Geográfica en Epidemiología y Salud Pública*. Washington, E.U.A : Boletín Epidemiológico de la Organización Panamericana de la Salud, 2001. Vol. 22, No. 3.
- Merigó, J. M. 2011.** *A unified model between the weighted average and the induced OWA operator*. Barcelona, España : Expert Systems with Applications, 2011. págs. 11560-11572. Vol. 38.
- Merigó, J. 2008.** *New extensions to the OWA operators and its application in decision making*. Department of Business Administration, University of Barcelona. Barcelona, España., 2008. Tesis doctoral.
- Misatova, H. y Neteler, M. 2008.** *Open source GIS: A grass GIS approach*. The International Series in Engineering and Computer Science. Boston, E.U.A : Kluwer Academia Publishers, 2008.



- Montilva, Jonás A. 1994.** *Sistemas de Información Geográfica y Diseño de Geodatabases*. Manual de curso, Mérida, Venezuela : Universidad de los Andes, 1994.
- Munier, N. 2011.** *A Strategy for Using Multicriteria Analysis in Decision-making: A Guide for Simple and Complex Environmental Projects*. Valencia, España : Springer, 2011.
- O'Hagan, Michael. 1988.** *Aggregating template or rule antecedents in real-time expert systems with fuzzy set logic*. Stanford University, Twenty-Second Asilomar Conference on. IEEE. California, E.U.A : Signals, Systems and Computers, 1988. págs. 681-689.
- Ortíz, Gabriel. 2012.** Licencias de precios. [En línea] GabrielOrtiz.com, 2012. [Citado el: 28 de mayo de 2013.] [http://foro.gabrielortiz.com/topic.asp?TOPIC\\_ID=30600&SearchTerms=Licencias,precios](http://foro.gabrielortiz.com/topic.asp?TOPIC_ID=30600&SearchTerms=Licencias,precios).
- Pantoja, Yoenis y Torres López, Surayne. 2012.** *Modelo de desarrollo basado en líneas de productos de software para Sistemas de Información Geográfica sobre la base de la Plataforma GeneSIG*. La Habana, Cuba : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012.
- Pantoja, Yoenis, y otros. 2010.** *Sistema de Información Geográfica para la Universidad de las Ciencias Informáticas*. La Habana, Cuba. : Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA), 2010. 2012-2010.
- Paulus, M. P. y Wittmann, M. 2009.** *Temporal horizons in decision making*. Freiburg, Germany : Journal of Neuroscience, Psychology, and Economics, 2009. págs. 1-11. Vol 2, No. 1.
- PCC. 2011.** *Lineamientos de la política económica y social del partido y la Revolución*. VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. La Habana, Cuba., 2011.
- Pedrycz, Witold, Ekel, Petr y Parrerira, Roberta. 2011.** *Fuzzy multicriteria decision-making: models, methods and applications*. Canadá : Wiley, 2011.
- Pérez, D., y otros. 2004.** *Geosalud: relaciones geográficas entre salud y ambiente*. La Habana, Cuba : Revista Cubana de Higiene y Epidemiología, 2004. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1561-30032004000200003&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032004000200003&nrm=iso).
- Piñero, Pedro Yobanis y otros. 2013.** *Paquete para la Dirección Integrada de Proyectos y ayuda a la toma de decisiones: GESPRO*. Informática 2013. La Habana, Cuba : III Taller Internacional Las TIC en la Gestión de las Organizaciones, 2013. ISBN 978-959-7213-02-4.
- . 2010.** *Suite de Gestión de Proyectos GESPRO. 1540-2010* La habana, Cuba, 2010. Producto de software.
- PMI. 2009.** *Guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK)*. Pennsylvania, E.U.A : Project Management Institute, Inc., 2009. pág. 502. 978-1-933890-72-2.
- PRINCE2. 2009.** *Managing Successful Projects with PRINCE2*. Londres, Reino Unido : London: Renouf Pub Co Ltd, 2009.

- RAE. 2013.** Diccionario de la Lengua Española. [En línea] Vigésima Segunda Edición, 2013. [Citado el: 14 de marzo de 2013.] <http://lema.rae.es/drae/?val=control>.
- Ramírez, J. L. 2012.** *Introduciendo a PRINCE2*. LiderDeProyecto.com, 2012. Disponible en: [http://www.liderdeproyecto.com/articulos/introduciendo\\_a\\_prince2.html](http://www.liderdeproyecto.com/articulos/introduciendo_a_prince2.html).
- Reyna, A. 2005.** *El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) en el análisis demográfico de situaciones de desastre*. Distrito Federal, México : Notas de Población., 2005. pág. 34.
- Rodríguez, Lourdes I. y Espinet Vázquez, Salvador. 2010.** *Introducción a la dirección integrada de proyectos (DIP)- Project Management*. Grupo universitario de Dirección Integrada de Proyectos., Facultad de Ingeniería Civil. Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría". La Habana, Cuba., 2010. Folleto de apuntes.
- Rodríguez, M., y otros. 2008.** *Utilización de un Sistema de Información Geográfica para realizar los estudios de impacto ambiental en la Empresa Eléctrica Provincial de Santiago de Cuba*. Santiago de Cuba, Cuba : Ecosolar, 2008. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar24/HTML/articulo03.htm>.
- Rodríguez, Rafael. 2012.** *Modelo basado en grafos reducidos para la representación y*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, Cuba., 2012. Tesis doctoral.
- Salesiana, U. P. 2004.** Descripción de las actuales directrices de gestión de proyectos más usadas. [En línea] 2004. [Citado el: 4 de marzo de 2013.] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1892/3/02%20Descripcion%20actual.pdf> .
- Samon, R. P. y Villazon, Y. P. 2007.** *Guía cubana para la migración a software libre*. La Habana, Cuba., 2007.
- Sánchez, Ramiro. 2002.** *La toma de decisiones con múltiples criterios: Un resumen conceptual y teórico*. Centro de Planificación y Gestión. Universidad Mayor de San Simón, Universidad Católica de Leuven. Bélgica : CEPLAG-UMSS, 2002. 4.
- Schmitz, PMU. 2007.** *Use of supply chains and supply chain management to improve the efficiency and effectiveness of GIS units*. Facultad de Ciencias, University of Johannesburg. Johannesburg, South África., 2007. Tesis doctoral.
- . 2008.** *Using supply chain management to enable GIS units to improve their response to their customers' needs*. Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G). Cape Town, South Africa : Conference incorporating the GIsSA 2008 Conference, 2008. pág. 8.
- SEI. 2010.** *CMMI for Development v1.3*. [ed.] Carnegie Mellon University. Pittsburgh, E.U.A., 2010.
- Serpa, I. M. 2001.** *Los Sistemas de Información Geográfica en Epidemiología*. La Habana, Cuba. : Salud Pública y Nutrición., 2001. pág. 2.

**SIGIS. 2012.** SIGIS Soluciones Integrales GIS. [En línea] SIGIS, 2012. [Citado el: 20 de Febrero de 2013.] [http://www.sigis.com.ve/index.php?view=article&catid=58%3Aconceptos-basicos&id=94%3Aageorreferenciacion&tmpl=component&print=1&layout=default&page=&option=com\\_content&Itemid=63](http://www.sigis.com.ve/index.php?view=article&catid=58%3Aconceptos-basicos&id=94%3Aageorreferenciacion&tmpl=component&print=1&layout=default&page=&option=com_content&Itemid=63).

**SPSS-Inc. 2004.** *SPSS 13.0 Brief Guide*. Chicago, EUA : IBM Company, 2004.

**Standard, I. 2003.** *Quality management systems - Guidelines for quality ISO*. Geneva, Switzerland., 2003. pág. 40, Copyright Office, 2003. 10006.

**Stang, Daniel B. y Hanford, Michael. 2010.** *Magic quadrant for IT project and portfolio management*. Gartner RAS Core Research Note. Gartner Research, 2010.

**Stanleigh, M. 2011.** Combining the ISO 10006 and PMBOK To Ensure Successful Projects. [En línea] 2011. [Citado el: 21 de febrero de 2013.] <http://www.bia.ca/articles/pj-combining-iso-10006-pmbok-to-ensure-successful-projects.htm> .

**Stoner, James Arthur Finch, Freeman, R. Edward y Gilbert, Daniel R. 1996.** *Administración*. University of Wisconsin. Wisconsin, E.U.A : Prentice Hall, 1996. Vol. 10.

**Sugeno, M. 1977.** *Fuzzy Measures and fuzzy inte-grals. Fuzzy Automata and Decision Processes North-Holland, Amsterdam: A Survey*. Amsterdam, Holanda., 1977. págs. 89-102.

**The University of Mayne. 2010.** National Center for Geographic Informa-tion & Analysis. *Los sistemas de Información Geográfica*. [En línea] 2010. <http://www.ncgia.ucsb.edu/>.

**Ting, Hsin-I, Chang, Luh-Maan y Lee, Pin-Chan. 2011.** [ed.] IACSIT Press. Singapur, Malasia : 2nd International Conference on Construction and Project Management, 2011. Dynamic Multi-Attribute Decision Making Model with Grey Number. Vol. 15.

**Torra, V. y Narukawa, T. 2007.** *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. Universidad Autónoma de Barcelona. Catalonia, España : Springer Berlin Heidelberg New York, 2007. ISSN: 1611-2482.

**Townsend, J. T. y Busemeyer, J. 1995.** *Dynamic representation of decision-making*. Indiana University. Indiana, E.U.A : The MIT Press, 1995. págs. 101–120.

**Turley, F. 2010.** *El modelo de procesos de PRINCE2*. Londres, Reino Unido : Londres, Bizness Academy, 2010. pág. 60.

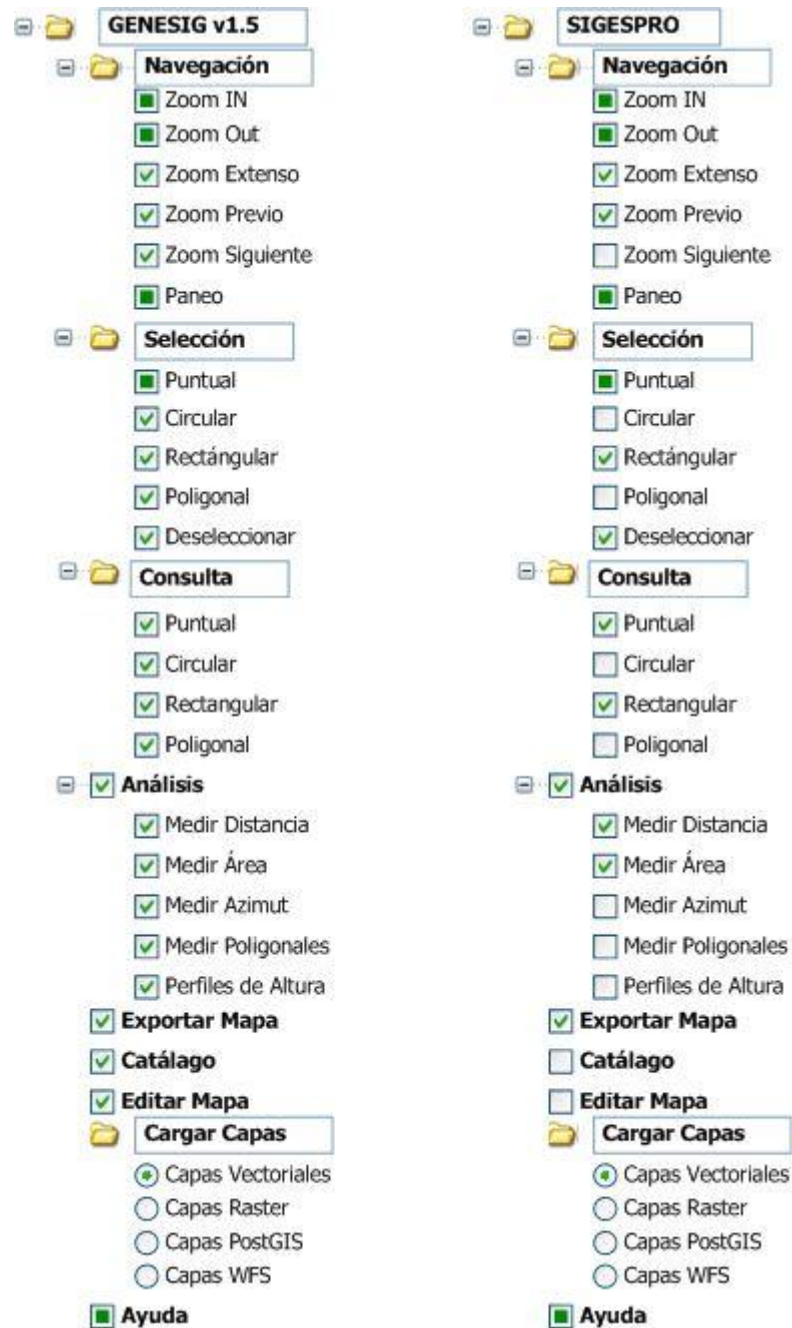
**UCGIS. 2011.** University Consortium for Geographic Information Science. [En línea] 2011. [Citado el: 14 de diciembre de 2012.] <http://www.ucgis.org/Default.asp>.

**Vahdani, Behnam , y otros. 2013.** *Soft computing based on new interval-valued fuzzy modified multi-criteria decision-making method*. Department of Industrial Engineering, University of Tehran. Tehran, Iran : Applied Soft Computing, 2013. págs. 165–172. Volume 13, Issue 1.

- Wang, L., y otros. 2010.** *Research on Government GIS Construction and Application Technology Based on CNGI*. Chinese Academy of Surveying & Mapping. Beijing, China : In International Conference on Web Information Systems and Mining, 2010. págs. 138 –142, Vol. 2. ISBN: 978-1-4244-8438-6 .
- Weihua, D., Jiping, L. y Qingsheng, G. 2006.** *Construction of E-Government GIS Based on Net Platform and Web Service*. Wuhan University. Wuhan, China : In IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2006), 2006. págs. 921 –923. doi:10.1109/IGARSS.2006.237.
- Wittmann, M. y Paulus, M. P. 2008.** *Decision making, impulsivity and time perception*. Department of Psychiatry, University of California. San Diego, E.U.A : Trends in Cognitive Sciences, 2008. págs. 7–12. Vol. 12, No. 1.
- Yager, R. R. 2007.** *Centered OWA operators*. Soft Computing-A Fusion of Foundations, Machine Intelligence Institute, Iona College, New Rochelle. New York, E.U.A : Methodologies and Applications, 2007. págs. 631-639. Vol. 11.
- **1993.** *Families of OWA operators*. Machine Intelligence Institute, Iona College, New Rochelle. New York, E.U.A : Fuzzy Sets and Systems, 1993. págs. 125-148. Vol. 59 No. 2.
- **1988.** *On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decisionmaking*. Machine Intelligence Institute, Iona College, New Rochelle. New York, E.U.A : IEEE Transactions: Systems, Man and Cybernetics, 1988. págs. 183-190. Vol. 18 ISSN: 0018-9472 .
- Yager, R.R. y Rybalov, A. 1998.** *Full reinforcement operators in aggregation techniques*,. Machine Intelligence Institute, Iona College, New Rochelle. New York, E.U.A : Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on, 1998. págs. 757–769. Vol. 28 No. 6 ISSN: 1083-4419 .
- Yan, H. B. y otros. 2011.** *A probabilistic model for linguistic multi-expert decision making involving semantic overlapping*. School of Business, East China University of Science and Technology. Shanghai, China : Expert Systems with Applications. Elseiver, 2011. págs. 8901-8912. Vol. 38 No. 7.
- Yoon, Paul K. y Hwang, Ching-Lai . 1995.** *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction, Quantitative Applications in*. Kansas State University. Kansas, E.U.A : Sage Publications, 1995.
- Yu, P. L. y Chen, Y. C. 2012.** *Dynamic multiple criteria decision making in changeable spaces: from habitual domains to innovation dynamics*. Institute of Information Management, National Chiao Tung University. HsinChu City, Taiwan : Annals of Operations, 2012. págs. 201-220. Vol. 197, No. 1, ISSN: 1572-9338.

# ANEXOS

## Anexo 1: Árbol de características definido para SIGESPRO



## Anexo 2: Datos sobre la muestra seleccionada.

No.	Nombre y Apellidos	Área	Rol	Exp.	CC.
1	Javier Menéndez Rizo	CDAE	Desarrollador	3	
2	Félix N. Abelardo Santana	CDAE	Desarrollador	3	
3	Ileana Pérez Pupo	CDAE	Jefe de Proyecto	5	Máster
4	Reinaldo Machado Peraza	CDAE	Especialista funcional	34	Máster
5	Rosel Sosa González	CDAE	Desarrollador	1	
6	Yunior M. Almaguer Bajuelo	CDAE	Jefe de Proyecto	5	
7	Rodrigo A. Capdevila Camacho	CDAE	Implantador de soluciones	1	
8	Jorge García Martín	DGP	Inspector OGP	6	
9	Beatriz Llanes Jiménez	DGP	Inspector OGP	4	
10	Yoanni Acanda Velázquez	DGP	Inspector OGP	4	
11	Marisleidy Mora Castillo	DGP	Inspector OGP	4	
12	Joel Pujols Silega	DGP	Inspector OGP	3	
13	Surayne Torres López	CDAE	Analista	5	Máster
14	Karina M. Torres Quiñones	CDAE	Planificador	3	
15	Indira Rodríguez Llanes	CDAE	Gestor de conocimiento	3	
16	Marielis Izquierdo Matías	CDAE	Administrador de la Calidad	5	Máster
17	Pedro Y. Piñero Pérez	CDAE	Jefe de Proyecto	13	DrC.

### Anexo 3. Encuesta aplicada.



## Instrumento para diagnóstico

Nombre de la persona: \_\_\_\_\_

Área donde labora: \_\_\_\_\_ Rol que desempeña: \_\_\_\_\_

Años de experiencia: \_\_\_\_\_ Categoría Científica (si posee): \_\_\_\_\_

#### Terminologías

Incertidumbre: estado de duda en el que predomina el límite de la confianza o la creencia en la certeza de un conocimiento determinado.

Subjetividad: La subjetividad se asocia con las apreciaciones personales, lo contrario a la objetividad, que se basa en hechos y/o evidencias.

Dimensión geográfica: Enfoque inspirado en las tradiciones de la planificación del desarrollo regional, resuelve sistemáticamente la necesidad de coordinar, concertar y articular procesos de gestión regional e interregional, que se localizan en lugares y espacios continuos. (Andreu, et al., 1996)

#### Desarrollo

Por favor, le pedimos que responda las siguientes preguntas, agradeciéndole de antemano su colaboración.

#### **Parte 1: Sobre la adecuación de las extensiones al modelo para el control de la ejecución basado en la dimensión geográfica de los proyectos.**

Para cada una de las preguntas siguientes, desarrolle sus respuestas en función de tres números reales, entre 0 y 10, significando el 0 el valor más débil de respuesta.

El primer valor se refiere al menor valor que considera posible para la pregunta ( $v_1$ ), el segundo al valor de su opinión personal sobre la pregunta ( $v_2$ ) y el tercero al mayor valor que considere posible para la pregunta ( $v_3$ ), donde ( $v_1 < v_2 < v_3$ ).

1. ¿Cómo valora usted la propuesta en cuanto al nivel de claridad en su redacción y al nivel de comprensión de sus componentes y actividades descritas?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

2. ¿Cómo valora el nivel de originalidad de la propuesta si la compara con otros métodos de evaluación o procesos de evaluación del control de la ejecución de proyectos?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

3. ¿En qué grado considera que la propuesta promueve el concepto de la dimensión geográfica para la realización del control de la ejecución de los proyectos?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

4. ¿Cómo valora usted el nivel de adaptabilidad de la propuesta para la realización del control de la ejecución de proyectos teniendo en cuenta las evaluaciones de los cortes anteriores?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

5. ¿Cómo valora usted las alternativas de integración de la propuesta con las herramientas de gestión de proyectos?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

6. ¿En qué grado considera que la propuesta pueda ser generalizada para la ayuda a la toma de decisiones en otros escenarios de la Dirección Integrada de Proyectos?

1		2		3	
---	--	---	--	---	--

**Parte 2: Sobre la capacidad de ayuda a la toma de decisiones de la suite GESPRO 13.05 respecto a GESPRO 12.05.**

7. Indique qué tiempo se tarda para localizar geográficamente la evaluación de proyectos y/o entidades desarrolladoras (Marque con una **X** la opción seleccionada):

GESPRO 12.05		GESPRO 13.05	
5 a 30 segundos.		5 a 30 segundos.	
30 a 60 segundos.		30 a 60 segundos.	
1 a 8 horas.		1 a 8 horas.	
Más de 8 horas.		Más de 8 horas.	

8. Indique si se considera la incertidumbre en la evaluación del control de la ejecución basado en la dimensión geográfica de proyectos y/o entidades desarrolladoras (Marque con una **X** la opción seleccionada):

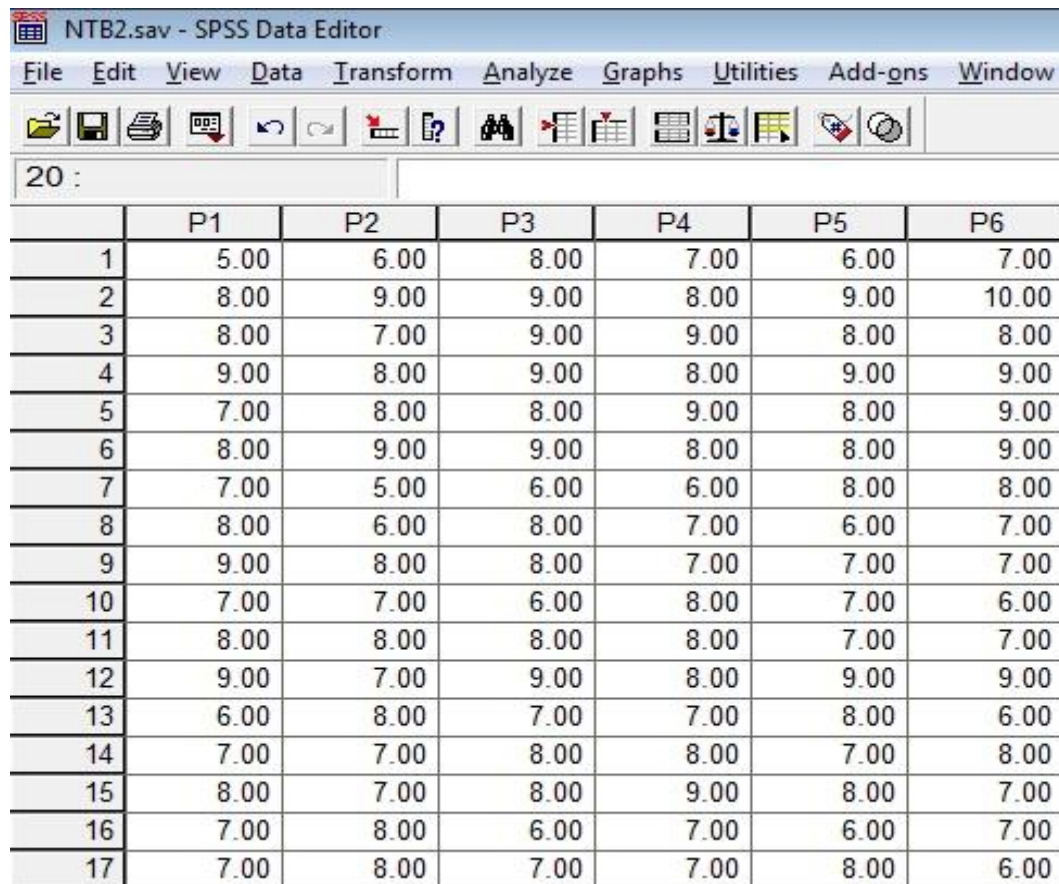
GESPRO 12.05		GESPRO 13.05	
Sí		Sí	
No		No	

9. Indique con qué grado de subjetividad se clasifican las zonas geográficas (Marque con una **X** la opción seleccionada):

GESPRO 12.05		GESPRO 13.05	
Alto		Alto	
Medio		Medio	
Bajo		Bajo	



#### Anexo 4. Valores utilizados para la validación del instrumento de diagnóstico



20 :

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	5.00	6.00	8.00	7.00	6.00	7.00
2	8.00	9.00	9.00	8.00	9.00	10.00
3	8.00	7.00	9.00	9.00	8.00	8.00
4	9.00	8.00	9.00	8.00	9.00	9.00
5	7.00	8.00	8.00	9.00	8.00	9.00
6	8.00	9.00	9.00	8.00	8.00	9.00
7	7.00	5.00	6.00	6.00	8.00	8.00
8	8.00	6.00	8.00	7.00	6.00	7.00
9	9.00	8.00	8.00	7.00	7.00	7.00
10	7.00	7.00	6.00	8.00	7.00	6.00
11	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00	7.00
12	9.00	7.00	9.00	8.00	9.00	9.00
13	6.00	8.00	7.00	7.00	8.00	6.00
14	7.00	7.00	8.00	8.00	7.00	8.00
15	8.00	7.00	8.00	9.00	8.00	7.00
16	7.00	8.00	6.00	7.00	6.00	7.00
17	7.00	8.00	7.00	7.00	8.00	6.00