

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

Facultad 7 Centro de Informática Médica

Facultad 5 Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos.



Modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos

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

Autor: Ing. Filiberto López Palenzuela

Tutores: Msc. Michael González Jorrín

Msc. Filiberto López Cossío

Consultante: Dr.C Pedro Y. Piñero Pérez

Ciudad de La Habana, Junio de 2013

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer al Dr.C Pedro Piñero, quien me orientó durante la realización de la tesis e impregnó en mí su entusiasmo y confianza.

Al segundo tutor, mi padre, mi mejor amigo y guía en esta vida, quien siempre será mi fuente de inspiración.

A toda mi familia, en particular a mi mamá y mi abuela; en especial a mi novia Lis, mi amor, quien me ha aportado la energía y ánimo necesario en muchos momentos de la vida.

Agradecimientos a todos los que, de una forma u otra, han hecho posible la culminación exitosa de esta investigación que ha contribuido a elevar mí nivel investigativo y científico.

A Nuestra Revolución y en particular a la Universidad de las Ciencias Informáticas, producto del genio creador de nuestro Comandante en Jefe, por hacer posible que hijos suyos alcancen grados científicos.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Declaro por este medio que yo Filiberto López Palenzuela, con carnet de identidad 85032218329 soy el autor principal del trabajo final de maestría Modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos desarrollado como parte de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos y que 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 _____.

Ing. Filiberto López Palenzuela

Firma del autor

RESUMEN

En el ambiente competitivo y globalizado actual, las organizaciones enfrentan diariamente el proceso de toma de decisiones, tanto en el nivel estratégico, como en el táctico, siendo fundamentales para la supervivencia de las mismas. En la siguiente investigación se propone un modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos, para ayudar en la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO v13.05. El modelo contiene seis etapas, donde a partir de las evaluaciones de los expertos, se aplican métodos matemáticos para la comparación de las diferentes alternativas y la selección de las mejores. Se desarrolló una estrategia cooperativa para la selección de alternativas y para mejorar la calidad de las decisiones a tomar a través de la combinación de los métodos matemáticos propuestos. Con la incorporación de estas nuevas funcionalidades a GESPRO, se robustece la misma y se mejoró la capacidad de ayuda a la toma de decisiones, evitándose la necesidad de adquirir herramientas alternativas para esta vital actividad de dirección. Además se valida el modelo propuesto obteniéndose resultados satisfactorios.

Palabras claves: Criterio de expertos, gestión de proyectos, métodos matemáticos, selección de alternativas, toma de decisiones.

ABSTRACT

In current globalized and competitive environment, the organizations face decision-making process daily, in the strategic level, as in the tactical, being essential for the survival of the species. In the following investigation it proposes a model for decision making in software projects based on expert's criteria to assist in the selection of alternatives and criteria in the feasibility analysis, human resource selection and prioritization of projects in the project management platform GESPRO v13. 05. The model contains six phases; where from the assessments of experts are applied mathematical methods for comparing alternatives and to select the better. It developed a cooperative strategy for the alternative selection and to improve the decision quality to take through the mathematical methods combination proposed. With the addition of these new features to GESPRO, it is strengthened and improved the aid ability to decision-making, avoiding the necessity to acquire alternative tools for this vital activity of leadership. Additionally the proposed model is validated with satisfactory results.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA.....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT	4
ÍNDICE.....	5
INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	13
1.1 Análisis bibliométrico	13
1.2 Gestión de proyectos.....	13
1.3 Análisis de las principales metodologías de gestión de proyectos respecto a la aplicación de técnicas de toma de decisiones.....	15
1.3.1 PRINCE2	15
1.3.2 ISO 10006.....	16
1.3.3 ISO 21500.....	17
1.3.4 IPMA (ICB).....	17
1.3.5 PMI(PMBOK).....	18
1.4 Análisis de las principales herramientas para la gestión de proyectos.....	20
1.5 Toma de decisiones en las organizaciones.....	23
1.6 Modelos de Toma de Decisión en Grupo	24
1.7 Métodos para la toma de decisiones	27
1.7.1 Método de Expertos.....	27
1.7.1.1 Método Delphi.....	28
1.7.2 Método de Jerarquías Analíticas (AHP).....	29
1.8 Evaluaciones en los proyectos de software	30
1.9 Conclusiones parciales del capítulo.....	30
CAPÍTULO 2 MODELO DE TOMA DE DECISIONES.....	32
2.1 Caracterización de las etapas del proceso de toma de decisiones	32
2.1.1 Primera etapa: Planteamiento de la problemática de gestión de proyecto.	32
2.1.2 Segunda etapa: Planteamiento de los objetivos a alcanzar.	33
2.1.3 Tercera etapa: Elaboración de alternativas para la consecución de los objetivos.....	34
2.1.4 Cuarta etapa: Selección de criterios de valoración para determinar los resultados de acuerdo con los objetivos planteados.	35
2.1.5 Quinta etapa: Comparación de las diferentes alternativas de acuerdo a los resultados y los objetivos planteados. Selección de la mejor alternativa.	35
2.1.5.1 Estrategia cooperativa para la toma de decisiones.....	36
2.1.6 Sexta etapa: Toma de decisiones.	36
2.1.6.1 Principio de Pareto	37
2.2 Método Delphi Aplicado.....	37
2.3 Modelo para la toma de decisiones basado en el método de expertos para la generación y valoración de alternativas.....	38
2.4 Descripción de los métodos matemáticos del modelo para la toma de decisiones.	39
2.4.1 Método Máximo-Mínimo (Maximin o Wald).....	39

2.4.2	Método Máximo-Máximo (Maximax)	40
2.4.3	Método Hurwicz	40
2.4.4	Método Laplace	41
2.4.5	Método López.....	41
2.4.6	Método Cooperativo	42
2.5	Descripción de la aplicación del modelo propuesto	42
2.6	Conclusiones parciales del capítulo.....	44
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DEL MODELO.....		46
3.1	Análisis del modelo aplicado	46
3.1.1	Análisis de resultados respecto a la variable independiente	46
3.1.2	Análisis de resultados respecto a las variables dependientes	47
3.1.3	Conclusiones parciales del análisis del modelo planteado.	48
3.2	Validación del modelo	49
3.2.1	Resumen de las muestras.....	50
3.2.2	Proceso de evaluación.....	50
3.2.1	Análisis de los resultados de la validación del modelo	51
3.3	Incidencia económica y social de la propuesta	58
3.4	Conclusiones parciales del capítulo.....	61
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		65
ANEXOS.....		71

INTRODUCCIÓN

Desde que hace decenios la informática ha ido desarrollando su campo de acción, se ha ido convirtiendo en una herramienta imprescindible en la gestión de las empresas de cualquier ámbito de todo el mundo. Además de permitir gestionar la información que se almacena relativa a una empresa, se utiliza cada vez más para la gestión del conocimiento, es decir, debe de ayudar a la toma de decisiones, a establecer nuevas líneas de actuación y a ser finalmente, un arma de competencia en el mercado.

En el ambiente competitivo actual, las organizaciones enfrentan diariamente la toma de decisiones, tanto en el nivel estratégico, como en el táctico, siendo en muchas ocasiones fundamentales para la supervivencia de las mismas.

La toma de decisiones es una actividad constante de todos los seres humanos. En cualquier momento de la vida se pueden identificar multitud de materias sobre las que no sólo es concebible que se tome una decisión, sino que se toma sin darse cuenta de ello. Para tomar una decisión no importa su naturaleza, sino que es necesario comprender, conocer y analizar un problema, para así poder darle solución, en algunos casos por tan simple y cotidianos, este proceso se realiza de forma implícita y se soluciona muy rápidamente. Sin embargo, no sólo ocurre para individuos aislados; muchos problemas de decisión tienen que ser resueltos por un grupo de personas, normalmente expertos, que tienen que decidir de forma conjunta qué alternativa de entre todas es mejor en una situación concreta.

Cuando se toma una decisión, primeramente se considera alguna cuestión que causa incertidumbre, debate o disputa y luego se elige o se elabora un juicio que da como resultado una conclusión más o menos definitiva que explique la deliberación sobre el asunto. De este modo, la toma de decisiones es la consideración y elección consciente de un curso de acción entre dos o más alternativas disponibles para obtener un resultado deseado. (1)

Cualquier actividad involucra de una u otra manera, la evaluación de un conjunto de alternativas a partir de criterios de expertos, donde muy frecuentemente estos criterios están en conflicto unos con otros. El responsable de tomar la decisión se puede encontrar influenciado por sus patrones o modelos mentales, por la influencia de quienes se encuentran en una posición jerárquica superior o inferior, incluyéndose también el estado de ánimo y sus relaciones familiares y sociales, lo cual determina las prioridades al momento de abordar el problema, y añaden desde luego, mayores elementos de complejidad. Es por ello, que es vital contar con la información adecuada para tomar la mejor decisión.

En el caso del proyecto, la adopción de decisiones reviste una especial trascendencia por su carácter inhabitual e inusual. Es difícil que hayan podido ser tomadas las mismas decisiones con anterioridad, que se hayan plasmado en normas e instrucciones precisas o que se haya podido sentar por jurisprudencia, como ocurre con las actividades de tipo continuas. El proyecto es el reino de lo imprevisto y lo novedoso. No hay más remedio que abrir nuevos caminos, improvisar respuestas originales y tomar las decisiones en ausencia de precedentes que sirvan de apoyo. (2)

En la actualidad, los preceptos básicos de la gestión de proyectos están representados por el triángulo del proyecto, un símbolo que popularizó Harold Kerzner en su obra de referencia, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. (3)

El triángulo sugiere que el cambio de la longitud de un lado debe ir acompañada de un cambio en una de las otras partes a fin de mantener el triángulo. Más adelante se identificó la importancia de los criterios de calidad, esto ha dado paso a un diamante de gestión de proyectos, con el tiempo, costo, alcance y calidad de los cuatro vértices y las expectativas del cliente como un tema central. Todo líder de proyecto debe jugar con cada una de estas variables para lograr diseñar el proyecto en cada una de estas dimensiones satisfaciendo las necesidades del cliente.

La gestión de proyectos ha evolucionado progresivamente, convirtiéndose en la actualidad en un área del conocimiento interdisciplinaria donde las técnicas de dirección y de gestión de recursos humanos, así como los conocimientos técnicos del área específica de aplicación se funden en un sistema único de trabajo, dirigido por un líder.

La gestión de proyecto de software se puede clasificar como un sistema complejo e imposible de formalizar totalmente. Precisamente por esta característica no es posible abordar la optimización de este tipo de sistema solo por medio de métodos matemáticos. En el análisis de sistemas complejos, surgen problemáticas que se salen del marco de solución de los modelos matemáticos formales de planteamiento de problemas. Se hace necesario el concurso de expertos, los cuales con su poder de análisis, conocimiento, razonamiento, experiencia e intuición, pueden disminuir la complejidad de la problemática a resolver cuantificando sus criterios en un rango de valores.

Actualmente herramientas de gestión de proyectos tales como Dotproject, Microsoft Project y Redmine entre otras, solo ofrecen en su mayoría, funcionalidades para la gestión de contactos, planificación de cronogramas a partir de la descomposición de sus tareas y la estimación de recursos, entre otros; sin embargo no integran técnicas para la selección de alternativas, juicios de expertos, métodos o modelos para la toma de decisiones, que permitan resolver problemas complejos, en los que se puedan realizar análisis más científicos de las alternativas para tomar la mejor decisión.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se ha adoptado como herramienta la suite GESPRO, que es un paquete para la gestión de proyectos desarrollado por la UCI y comercializable desde las empresas comercializadoras asociadas a la universidad. (4)

A la suite GESPRO se le ha realizado una personalización para cada entorno en los centros productivos y continúa un proceso constante de desarrollo de mejoras para el sistema. Sin embargo, elementos como funcionalidades que permitan ayudar la toma de decisiones mediante técnicas o métodos a diferentes niveles en las organizaciones son escasas y en muchas ocasiones, surgen cuestiones en las que se hace necesario optar por una herramienta de desarrollo, seleccionar un candidato para trabajar en un determinado rol, seleccionar

cuáles son los proyectos que mayores beneficios reportarán así como un orden de atención o prioridad a los mismos, entre otras situaciones.

Problema de investigación

Las insuficiencias de las herramientas de gestión de proyectos para la toma de decisiones basado en técnicas de criterios de expertos, afecta la selección de alternativas y criterios en el análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos de software en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Objeto de investigación

Toma de decisiones en la gestión de proyectos.

Objetivo general:

Desarrollar un modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos, para ayudar en la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Para el logro de este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Elaborar los fundamentos teóricos de la toma de decisiones en la gestión de proyectos basados en los criterios de expertos.
2. Construir un modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos.
3. Validar el modelo propuesto en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Campo de Acción

Selección de alternativas basadas en criterios de expertos.

Tipo de Investigación

Descriptiva: Se realiza una descripción detallada del proceso de toma de decisiones en los proyectos de software, proponiéndose un modelo para la toma de decisiones basado en los criterios de expertos que permita ayudar en la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Hipótesis

Si se desarrolla e implementa un modelo que aplique técnicas de toma de decisiones basada en criterios de expertos en las herramientas de gestión de proyectos se mejorará la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Definición de variables:

Variable independiente (VI):

- Modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos.

Variables dependientes (VD):

- Mejora en la toma de decisiones en la selección de alternativas y criterios en el análisis de factibilidad en GESPRO.
- Mejora en la toma de decisiones en la priorización de proyectos en GESPRO.
- Mejora en la toma de decisiones en la obtención de alternativas y criterios en la selección de recursos humanos en GESPRO.

Muestreo:

Se toma como población para esta investigación un conjunto de 13 proyectos ejecutados por la red centros productivos de la UCI, tomándose como muestra un total de 8 proyectos de los cuales existen datos suficientes para la toma de decisiones para la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos. La muestra seleccionada corresponde el 62% de la población y fue tomada de forma no probabilística y determinística.

Diseño Investigación

En la presente investigación se desarrollan pre experimentos con pre y post prueba con un solo grupo. Se aplica el modelo propuesto a toda la muestra con su implementación en la versión 13.05 del sistema GESPRO.

Análisis estadístico a realizar: Para las pruebas de comparación primeramente se utiliza el test de Friedman para verificar si hay diferencias significativas en la muestra y se ordena de menor a mayor según las diferencias para cada elemento de la muestra. De existir diferencias significativas se realiza la comparación de la muestra con el test de Wilcoxon, realizando un análisis de cada muestra identificando sus diferencias.

Instrumentos

Documento datos de proyectos: donde se recogen todos los datos necesarios de los proyectos para posteriormente poder aplicar el modelo.

Aporte

Modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos para ayudar en la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Listado de publicaciones, eventos y avales de la investigación.

1. Tania María Palenzuela Carmona, Filiberto López Palenzuela. "Acerca de la factibilidad de proyectos para el control de su gestión en la Universidad de las Ciencias Informáticas". V Taller de Calidad, Ingeniería, Arquitectura y Gestión de Software, en memorias de la V Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCIENCIA 2010, con ISBN: 978-959-286-011-7, 2010. La Habana, Cuba.
2. Lisette González Gallo, Filiberto López Palenzuela. "Componente de software para la transferencia segura de datos entre aplicaciones cliente-servidor". V Taller de Telecomunicaciones y Seguridad en Redes y Sistemas, en memorias de la V Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCIENCIA 2010, con ISBN: 978-959-286-011-7, 2010. La Habana, Cuba.
3. Filiberto López Palenzuela, Lisette González Gallo. "Visualización tridimensional de neuroimágenes". V Taller Hacia la Informatización de los Servicios de Salud, en memorias de la V Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCIENCIA 2010, con ISBN: 978-959-286-011-7, 2010. La Habana, Cuba.
4. Filiberto López Palenzuela, Lisette González Gallo. "Aceleración del procesamiento de imágenes sobre arquitectura CUDA". VI Taller de Procesamiento Digital de Imágenes y Señales Aplicadas, en memorias de la V Conferencia Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, UCIENCIA 2010, con ISBN: 978-959-286-011-7, 2010. La Habana, Cuba.
5. Filiberto López Palenzuela, Lisette González Gallo. "Arquitectura del sistema Alas TraumaView". VIII Congreso Internacional de Informática en la Salud, en memorias de la XIV Convención y Feria Internacional, Informática 2011, con ISBN: 978-959-7213-01-7. La Habana, Cuba.
6. Filiberto López Palenzuela, Alexander Rodríguez Bonet. "Procesamiento de estudios imagenológicos de cardiología". VIII Congreso Internacional de Informática en la Salud, en memorias de la XIV Convención y Feria Internacional, Informática 2011, con ISBN: 978-959-7213-01-7. La Habana, Cuba.
7. Nuvia Angelica Estevez Rojas, Filiberto López Palenzuela. "Solución para la planificación quirúrgica ortopédica de caderas y rodillas". VIII Congreso Internacional de Informática en la Salud, en memorias de la XIV Convención y Feria Internacional, Informática 2011, con ISBN: 978-959-7213-01-7. La Habana, Cuba.
8. Lisette González Gallo, Filiberto López Palenzuela. "Plataforma tecnológica de salud para PDVSA: su impacto". En la temática Desarrollo de Aplicaciones Informáticas en la Sociedad-Formación y Desarrollo, en memorias de la Duodécima Semana Tecnológica de FORDES Tecnologías Convergentes: Presente y Futuro, con ISSN: 2076-9792, 2012. La Habana, Cuba.

9. Lissete González Gallo, Filiberto López Palenzuela. "Impacto de la plataforma tecnológica de salud para PDVSA". Presentado en forma de artículo en la Convención de Salud, Cuba Salud 2012. La Habana, Cuba.

Estructura del documento

El documento está estructurado en tres capítulos, que incluyen todos los aspectos relacionados con el trabajo investigativo realizado, además de la Introducción, Conclusiones de la investigación, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas, así como el Glosario de Términos.

Capítulo 1: Se exponen los elementos que brindan la base teórico conceptual para la Gestión de Proyectos y su relación con la toma de decisiones. Se realiza el estudio y evaluación de las metodologías y herramientas para la Gestión de Proyectos Informáticos. Además se hace un análisis de la herramienta de gestión de proyectos GESPRO, y se explican los diferentes métodos para la toma de decisiones.

Capítulo 2: Se presenta el modelo para la toma de decisiones basado en método de expertos adaptable a diferentes problemáticas en la gestión de proyectos. Se propone un modelo analítico para la toma de decisiones, con el objetivo de poder realizar la fundamentación racional de las decisiones y que permita la utilización de métodos matemáticos y heurísticos en su formalización, en el que se combine la informática con la teoría normativa de la toma de decisiones.

Capítulo 3: Se analiza los resultados obtenidos luego de la aplicación del modelo propuesto en la versión actual del sistema GESPRO v13.05. Además se valida el modelo propuesto y se comparan los resultados de los distintos métodos matemáticos propuestos con un patrón real. La validación se realiza a través de un pre-experimento que se aplica al modelo propuesto sobre la muestra seleccionada. Por último, se realiza un análisis económico y social de la propuesta desarrollada a través de comparaciones con herramientas alternativas existentes en el mercado internacional.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el Capítulo se exponen los elementos que brindan la base teórico conceptual para la Gestión de Proyectos y su relación con la toma de decisiones. Se realiza el estudio y evaluación de las metodologías y herramientas para la Gestión de Proyectos Informáticos. Además se hace un análisis de la herramienta de gestión de proyectos GESPRO, y se explican los diferentes métodos para la toma de decisiones.

1.1 Análisis bibliométrico

En esta sección se realiza un análisis de las bibliografías consultadas, identificando las principales fuentes y escuelas de esta área del conocimiento. Dentro de la revisión se destaca fundamentalmente el estudio de artículos publicados en la web y libros donde se tratan fundamentalmente los temas de toma de decisiones, así como la selección de alternativas y criterios de problemáticas de gestión de proyectos de software. Se hace uso además de tesis de doctorado y maestrías actualizadas en la temática de la investigación. Las referencias están en un 73% entre los últimos 5 años, y muchos de los artículos de la web pertenecen a páginas oficiales, para una mayor actualización y veracidad de las temáticas estudiadas.

Tabla. 1 Análisis bibliométrico (del autor).

Tipo de publicación	Últimos 5 años	Años anteriores
Libros y monografías	13	12
Tesis de doctorados	3	0
Tesis de maestrías	4	0
Artículos en Revistas referenciadas en Web of Science, SCOPUS	0	0
Memorias de eventos	0	0
Artículos publicados en la web	27	6
Reportes técnicos y conferencias	1	0
Entrevistas personales	0	0
Total	48 (73 %)	18 (27 %)

1.2 Gestión de proyectos

La administración de proyectos, comenzó a fortalecerse hace algunos años. A partir de la década del 60, las empresas comprendieron las ventajas de organizar el trabajo en forma de proyectos. Esta organización centrada en proyectos, se desarrolló aún más cuando las organizaciones empezaron a entender la necesidad fundamental de la comunicación y colaboración de sus empleados, a la vez que integraban su trabajo en diferentes organizaciones.

Para comprender la gestión de proyectos es necesario conocer la definición de lo que constituye un proyecto. Según el PMBOK (5), un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

Los proyectos tienen un objetivo claro y concreto, que se descompone en una serie de tareas interdependientes entre sí, siempre con un principio y un final establecido. Todo proyecto sigue un proceso organizado.

Kerzner define la gestión de proyectos como:

“Gestión de proyectos es la planificación, organización, dirección y control de los recursos de la empresa para un objetivo relativamente a corto plazo que se ha establecido para completar sus objetivos específicos.” (3)

Otra definición de alta aceptación es la de Lewis basada en el PMBOK (6):

La gestión de proyectos es “...aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para proyectar actividades para lograr requerimientos del proyecto. La gestión de proyectos se logra mediante la integración de los procesos de la gestión de proyectos de iniciación, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre” (7)

Después de analizar los conceptos dados por los diferentes autores sobre la gestión de proyectos, el autor de la investigación la define como: el proceso de planeación, organización y supervisión de todos los aspectos de un proyecto, que implica el uso de las herramientas y conocimientos necesarios, con el fin de cumplir con los objetivos definidos dentro del plazo de tiempo, costo y criterios de calidad definidos al iniciarse el proyecto.

Cuando se gestiona un proyecto, no sólo debe tenerse en cuenta cumplir con los objetivos del mismo, sino que también debe facilitar todo el proceso para satisfacer las necesidades y expectativas de las personas involucradas o afectadas por las actividades del proyecto. (8)

Es importante resaltar que la gestión de proyectos es una herramienta principal para una empresa que quiere mantenerse en el mercado, ya que esta se aplica a todos los niveles organizacionales dentro de la empresa.

La gestión de proyectos ha generado mucha cultura y conocimiento en diferentes ámbitos y sectores de la sociedad, esto ha permitido desarrollar metodologías apropiadas para la gestión de proyectos cumpliendo a cabalidad con los objetivos del mismo.

Muchas de las grandes empresas en el mundo, en el cual el desempeño exitoso de los proyectos es absolutamente decisivo, tienen sus propias normas internas para la gestión de proyectos.

Estas normas internas y las normas para la gestión del proyecto incluyen: (9)

- Manual de proyecto
- Modelo de proyecto
- Modelo de gestión de proyecto
- Herramientas de proyecto

1.3 Análisis de las principales metodologías de gestión de proyectos respecto a la aplicación de técnicas de toma de decisiones

1.3.1 PRINCE2

PRINCE2 (Proyectos en Entornos Controlados) es un método basado en procesos para la gestión eficaz de los proyectos. Es un estándar de facto utilizado ampliamente por el Gobierno del Reino Unido y es ampliamente reconocido y utilizado en el sector privado, tanto en el Reino Unido como internacionalmente.

En todo el mundo PRINCE2 está siendo utilizado cada vez más como método para la gestión de proyectos. El método es genérico, resultando en que sea independiente del tipo de proyecto. Se crea una clara distinción entre los aspectos intrínsecos y los aspectos de gestión dentro de los proyectos. En consecuencia, el método es sencillo de usar y puede ser fácilmente introducido como un estándar dentro de las organizaciones. (10)

Las principales características de PRINCE2 son las siguientes: (11)

- Su enfoque en la justificación de negocio
- Una organización de estructura definida para el equipo de gestión de proyectos
- Su producto basado en la planificación de enfoque
- Su énfasis en la división del proyecto en fases manejables y controlables
- Su flexibilidad para ser aplicado a un nivel apropiado para el proyecto.

Uno de los elementos de Prince2 lo constituyen los procesos, está estructurado en 7 procesos. Todos estos procesos proporcionan un conjunto de actividades que muestran cómo administrar varias partes de un proyecto. Las actividades incluyen el trabajo de gestión desde el momento justo antes del inicio del proyecto hasta el final del proyecto. Los procesos muestran que roles deben ser responsables de cada actividad y que documentos de gestión podrían ser útil para crear, revisar o actualizar en ese momento. (12). Estos procesos son los siguientes:

- Comenzando el proyecto
- Dirigir proyecto
- Iniciar proyecto
- Controlar etapa
- Gestión de la entrega del producto
- Gestión de un límite de fase
- Cierre del proyecto

El análisis y toma de decisiones se menciona en los procesos Dirigir proyecto y Controlar etapa pero no se muestra como llevar a cabo este proceso ni que herramientas utilizar para ello.

Cabe mencionar que esta metodología no provee de herramientas como lo son el uso de diagramas de Gantt, análisis de redes, análisis financiero, cuadros de riesgo, y otros. Más bien esta metodología deja abierto para

que cada gerente de proyecto utilice las herramientas que desee, ya que de igual forma las utilizará para el desarrollo del mismo, pero no limita su uso. (13)

1.3.2 ISO 10006

Los fundamentos en la gestión de proyectos consisten en la suma de los conocimientos en la dirección de proyectos, para esto la Organización Internacional de Estándares (ISO) ha creado una serie de normas de calidad en gestión de proyectos llamada ISO 10006:2003 en sus inicios llamada ISO 10006:1997.

La ISO 10006: “Sistemas de Gestión de Calidad-Directrices para la gestión de calidad en los proyectos pretende proporcionar orientación sobre los elementos del sistema de calidad, conceptos y prácticas donde su implementación es importante...” (14)

La norma está muy estrechamente relacionada con las partes del libro Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK) como el último documento que se utiliza en gran medida durante la redacción de la norma. Sin embargo, ISO subraya que ISO 10006 no es una guía para la gestión del proyecto en sí. Esto refleja la crítica de que la norma entra en gran detalle sobre algunos aspectos de la gestión del proyecto mientras que el suministro de información es insuficiente sobre los demás. ISO 10006 es probablemente más utilizado como una herramienta adicional para comparar el desempeño en algunas áreas del proyecto. (15)

La orientación para la gestión de la calidad de los proyectos en esta norma internacional se basa en ocho principios de gestión de calidad:

- Enfoque en el cliente
- Liderazgo
- Participación de las personas
- Enfoque basado en procesos
- Sistema de enfoque en la gestión
- La mejora continua
- Enfoque basado en hechos para la toma de decisiones.
- Relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores.

Uno de los principios de esta norma es el enfoque basado en hechos para la toma de decisiones, donde se describe que el progreso del proyecto y el rendimiento debe ser registrado en un documento, las evaluaciones de desempeño y el progreso deben llevarse a cabo con el fin de evaluar el estado del proyecto. La organización del proyecto deberá analizar la información de las evaluaciones de desempeño y el progreso para tomar decisiones efectivas sobre el proyecto y para revisar el plan de gestión de proyectos. (16)

ISO 10006 no detalla de una manera eficaz las fases del proyecto ni describe los procesos necesarios para su ejecución, tampoco describe la manera de realizar la toma de decisiones, su éxito radica, en la manera en que

se aplica y la experiencia que se tenga con otras normas ISO o estándares. Pero sí recomienda que deba fomentarse y desarrollarse la toma de decisiones basadas en consenso. La resolución estructura de los conflictos y las decisiones relativas a las acciones únicamente deberían tomarse basándose en hechos tras analizar las implicaciones para otros procesos del proyecto.

1.3.3 ISO 21500

La ISO 10006 no ha ganado la popularidad de la norma ISO de calidad de la serie 9000, ni tampoco en el mundo las principales normas de Administración de Proyectos como la Guía del PMBOK o PRINCE 2. La norma ISO 21500 es una iniciativa de crear una norma en Administración de Proyectos aceptada universalmente. (17)

Nadie duda que la futura ISO 21500 se convertirá en la norma de referencia universal común para toda la comunidad de profesionales e interesados en la dirección de proyectos y facilitará la transferencia de conocimientos y la armonización de los principios, el vocabulario y los procesos existentes en las normas nacionales actualmente vigentes (a las que no pretende sustituir sino complementar) o en las normas que puedan surgir en otros países en el futuro. (18)

La ISO 21500:2012 proporciona una guía para la gestión de proyectos y puede ser utilizado por cualquier tipo de organización, incluida pública, privada o de organizaciones de la comunidad, y para cualquier tipo de proyecto, independiente de la complejidad, tamaño o duración. (19)

Los beneficios adicionales de la ISO 21500 incluyen:

- Fomentar la transferencia de conocimientos entre proyectos y organizaciones para mejorar la ejecución de los proyectos.
- Facilitar eficientemente los procesos de licitación mediante el uso de terminología coherente de gestión de proyectos.
- Habilitar la flexibilidad de los empleados de administración de proyectos y su capacidad para trabajar en proyectos internacionales.
- Proporcionar los principios universales de gestión de proyectos y procesos. (20)

Esta metodología no provee un mecanismo para la selección de alternativas a los problemas que se presentan en los proyectos. La toma de decisiones solo se plantea a través de listas de decisiones que son entradas y salidas de los procesos de gestión de proyectos.

1.3.4 IPMA (ICB)

IPMA es una asociación internacional para la gestión de proyectos, es una organización sin fines de lucro líder mundial de la gestión de proyectos, que representa a más de 50 asociaciones de gestión de proyectos de todos los continentes del mundo. (21)

IPMA ha creado una metodología para evaluar y certificar capacidades necesarias de los gerentes de proyectos conocida por Línea Base de Competencia, en sus siglas en inglés ICB (International Competence Baseline). A través de sus esfuerzos, las buenas prácticas de administración de proyectos son ampliamente conocidas y aplicadas de forma apropiada en todos los niveles de las organizaciones del sector público y privado.

El enfoque de IPMA para la gestión del proyecto se divide en 46 elementos de competencia, que abarca la competencia técnica para la gestión de proyectos (20 elementos), el comportamiento profesional del personal de gestión de proyectos (15 elementos) y las relaciones con el contexto de los proyectos, programas y portafolios (11 elementos). (22)

Como se muestra en la figura 1 el ojo de la competencia, que representa la integración de todos los elementos de la gestión de proyectos vistos a través del ojo del jefe de proyecto en la evaluación de una situación específica. El ojo representa la claridad y la visión. (22)



Figura. 1: Ojo de la competencia de ICB-IPMA Competence Baseline Version 3.

En este modelo el proceso de toma de decisiones se describe en los capítulos de trabajo en equipo, liderazgo, y conflictos y crisis, dicha actividad es tratada como un elemento propio del cuerpo de conocimientos de esta disciplina. No obstante, solo se menciona que el proceso de toma de decisiones puede ser apoyado con diversos métodos y no se especifica el camino ni la manera de llevar a cabo tan importante proceso.

1.3.5 PMI(PMBOK)

El Project Management Institute (PMI) es una de las mayores asociaciones de miembros profesionales del mundo, con medio millón de miembros y personas certificadas en más de 185 países. Es una organización sin fines de lucro que los avances de la profesión de gestión de proyectos a través de estándares reconocidos a nivel mundial y certificaciones, comunidades de colaboración, un extenso programa de investigación y oportunidades de desarrollo profesional. (23)

A principios de los años 1990 se publicó la primera edición de la Guía del PMBOK® (Project Management Body of Knowledge), la cual se convirtió en un pilar básico para la gestión y dirección de proyectos. La Guía del PMBOK es un estándar reconocido a nivel mundial para la gestión de proyectos en el mercado actual. Está

aprobada como American National Standard (ANS) por el American National Standards Institute (ANSI). PMI está comprometido con la mejora continua y la expansión de la Guía del PMBOK, así como la elaboración de normas adicionales. (24)

El Project Management Institute considera el PMBOK como una norma de referencia fundamental en el ámbito de la dirección de proyectos para sus certificaciones y programas de desarrollo profesional. En sus secciones de herramientas y técnicas es muy utilizado el juicio de expertos. El juicio de expertos puede obtenerse mediante consultas individuales (reuniones personalizadas, entrevistas, etc.) o mediante un formato de panel (grupos de discusión, encuestas, etc.) (5)

El proceso de toma de decisiones en grupo, ayuda a generar y dar prioridades a los requisitos del producto, y existen muchos métodos para llegar a la decisión en grupo, por ejemplo:

- Unanimidad. Todos están de acuerdo en seguir una única línea de acción.
- Mayoría. Se cuenta con el apoyo de más del 50% de los miembros del grupo.
- Pluralidad. El bloque más grande del grupo toma la decisión, aun cuando no se alcance la mayoría.
- Dictadura. Una persona toma la decisión en nombre del grupo. (5)

Existen cuatro estilos básicos de toma de decisiones que los directores del proyecto utilizan normalmente: ordenar, consultar, consensuar y lanzar la moneda (aleatorio). Existen cuatro factores principales que afectan el estilo de la toma de decisiones: las restricciones de tiempo, la confianza, la calidad y la aceptación. Los directores del proyecto pueden tomar decisiones individualmente o hacer que el equipo del proyecto participe en este proceso.

Los directores del proyecto y los equipos del proyecto utilizan a veces un modelo o proceso de toma de decisiones, tal como el modelo de seis fases que se muestra más abajo.

1. Definición del problema—Explorar completamente el problema, aclararlo y definirlo.
2. Generación de la solución del problema—Prolongar el proceso de generación de nuevas ideas elaborando soluciones múltiples mediante la tormenta de ideas y desalentando las decisiones prematuras.
3. Pasaje de las ideas a la acción—Definir los criterios de evaluación, evaluar los pros y los contras de las alternativas, elegir la mejor solución.
4. Planificación de la implementación de la solución—Implicar a los participantes clave para que acepten la solución elegida y se comprometan en hacer que funcione.
5. Planificación de la evaluación de la solución—Analizar la solución tras su implementación, evaluarla y recoger las lecciones aprendidas.

6. Evaluación del resultado y del proceso—Evaluar en qué medida se resolvió el problema o se alcanzaron las metas del proyecto. (5)

En su carácter de referencia fundamental, esta norma se trata de una guía más que de una metodología, no abarca todos los conocimientos. Para su implementación se pueden utilizar diferentes metodologías y herramientas.

PMBOK es una guía abstracta sobre cómo gestionar los proyectos, lo que obliga a quien quiera tenerlo como referencia, a un trabajo mayor de concreción y de toma de decisiones sobre cómo adaptarlo o personalizarlo a cada escenario.

1.4 Análisis de las principales herramientas para la gestión de proyectos

Estas herramientas posibilitan que los equipos de desarrollo de un proyecto colaboren entre sí, aprendan de experiencias pasadas y obtengan la información necesaria para actuar con rapidez y dar una solución efectiva a los problemas. También permiten que los miembros de los proyectos actualicen y analicen de forma segura la información de los proyectos y recursos que disponen.

La característica principal de las herramientas de gestión de proyectos es que permiten realizar cronogramas a través de la descomposición de tareas y la estimación de los recursos que requieren. En la administración, cierre y evaluación de proyecto intervienen actividades fundamentales como el seguimiento de tareas y la generación de información histórica para la toma de decisiones.

Actualmente existen en el mercado varias herramientas informáticas dedicadas a la gestión de proyectos. A continuación se presentan un grupo de ellas de las más utilizadas en la universidad.

DotProject: es una aplicación de gestión de proyectos de código abierto, mantenido por voluntarios comprometidos con el objetivo de proporcionar un entorno de gestión de proyectos libre para todo el mundo. DotProject permite crear, controlar y mantener sus proyectos en línea. Le ofrece a nivel de empresa herramientas de gestión de proyectos que incluyen la gestión de contactos, un sistema de notificación por correo electrónico, y un sistema en línea para crear y gestionar proyectos. (25)

Es una aplicación web programada en PHP¹, multiusuario, soporta varios lenguajes y utiliza MySQL² como base de datos.

Esta herramienta facilita enormemente la gestión de proyectos en los que estén implicadas varias personas y equipos de trabajo en distintas localizaciones, asigna permisos concretos a cada uno de ellos y permite ocultar o mostrar información.

¹ PHP: PHP Hypertext Pre-processor, lenguaje de programación interpretado de alto rendimiento y está diseñado para la creación de páginas web dinámicas.

² MySQL: sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario.

No cuenta con ningún módulo para la selección de alternativas, solo permite ordenar los proyectos en función de un estado: en curso, pendientes y cerrados.

Redmine: Es una herramienta para la gestión de proyectos libre y de código abierto, escrita usando el framework Ruby on Rails y multiplataforma.

Algunas de las características principales de Redmine son: (26)

- Soporta múltiples proyectos.
- Roles flexibles basados en control de acceso.
- Sistema de seguimiento de errores flexible.
- Diagramas de Gantt y calendario
- Noticias, documentos y gestión de archivos
- Fuente web y notificaciones por correo electrónico
- Integración SMC (SVN, CVS, Git, Mercurial, Bazaar y Darcs)
- Creación de una cuestión a través de correo electrónico
- Soporte para múltiples autenticación LDAP
- Soporte multilinguaje
- Soporte para múltiples bases de datos

La principal ventaja que aporta como gestor de proyectos es la posibilidad de tener toda la información asociada a un proyecto acotada dentro del mismo. Además a través de una interfaz web permite de manera sencilla el control de ejecución de los proyectos.

Es un sistema que soporta la inclusión de plugins³, pero solo presenta un plugin encaminado a las decisiones que es Arch Decisions Plugin (27). Este componente solo tiene como objetivo principal el seguimiento de las decisiones técnicas tomadas en un proyecto, son recogidas y visualizadas en todo momento así como las razones por las cuales se tomó la decisión. Pero no brinda un mecanismo para el proceso de toma de decisiones.

Trac: Es una wiki y un sistema de seguimiento de errores mejorado para los proyectos de desarrollo de software (28). Es una herramienta libre y de código abierto para la gestión de proyectos. Dentro de sus funcionalidades permite seguir un completo control de los errores del código que se está implementando. Trac es una herramienta muy completa, pues está construido sobre una wiki que permite documentar todo el software sobre una única plataforma, integrando la documentación con el control de funcionalidades y errores a implementar así como también con el propio código.

Ayuda a los desarrolladores a escribir software de excelente calidad mientras busca no interferir con el proceso y políticas de desarrollo. Incluye una interfaz para el seguimiento de tareas, mejoras y reporte de errores.

³ Plugin: Componente de software que adiciona funcionalidades específicas a un existente sistema informático.

Además, todas estas capacidades son extensibles por medio de plugins desarrollados específicamente para Trac.

No presenta ninguna funcionalidad para la toma de decisiones ni selección de alternativas a problemas en los proyectos.

Microsoft Project 2010: Es un software propietario de gestión de proyectos desarrollado por Microsoft para auxiliar a los gestores de proyecto en la asignación de recursos a tareas, seguimiento del progreso del proyecto y administración del presupuesto. Aplica los procedimientos descritos en el PMBOK del Project Management Institute.

El Microsoft Project 2010 ayuda a las organizaciones en: reducir los costos y aumentar la eficiencia a través del proyecto unificado y gestión de los portafolios; mejorar la productividad a través de una experiencia de usuario sencilla e intuitiva; escalabilidad y una plataforma conectada de gestión de gran alcance de trabajo a través de herramientas familiares y conectadas. (29)

Existe un grupo grande de herramientas dentro del Project, de las cuales se destacan para el análisis de datos las siguientes: rutas críticas, diagramas de Gantt⁴, sobrecarga de recursos, resumen de proyecto, cálculo de costos y control de proyecto. En conjunto con las rutas críticas es posible utilizar los árboles de decisión que proveen otras herramientas de Microsoft como el Word y Excel para trazar las tareas críticas con el objetivo de establecer los plazos y objetivos del proyecto.

El Project contribuye a planificar mejor el trabajo y permite garantizar que los proyectos se entreguen a tiempo y sin sobrepasar el presupuesto, pero presenta un grupo grande de inconvenientes:

- No se puede medir la productividad de las máquinas ni de las personas.
- Muy caro, comparado con las alternativas que presenta la competencia.
- La aplicación para trabajar en Internet se compra independiente.
- No se trata de un programa multiplataforma, de manera que tiene restringido su uso a ciertos usuarios.
- No cuenta tampoco con las herramientas básicas para la planeación de la mayoría de proyectos.

Gespro v12.05: Paquete de Gestión de Proyectos desarrollado por la UCI, registrado en el Centro Nacional de Derecho de Autor (CENDA) con el No. Registro 1540-2010. (4)

Entre sus principales características se tienen las siguientes:

- Soporte a múltiples proyectos.
- Publicación de noticias, documentos, wiki y archivos.
- Foros.
- Seguimiento al tiempo (Time Tracking).

⁴ Diagrama de Gantt: herramienta gráfica cuyo objetivo es mostrar el tiempo de dedicación previsto para diferentes tareas o actividades a lo largo de un tiempo determinado.

- Integración con manejadores de configuración de código tales como SVN (Subversion), CVS y otros.
- Gestión de Riesgos.
- Integración con múltiples herramientas.

Los principales módulos que componen el sistema son los siguientes:

- Subsistema de correo y mensajería: permite las notificaciones al usuario ante determinados cambios.
- Herramientas para el monitoreo y la administración del entorno:
 - Monitorización del estado de Explotación de los servidores (Munin).
 - Monitorización del uso del Servidor Apache (Bacula).
 - Monitorización del servidor de salvos (Awstats)
- Herramientas para la generación dinámica de reportes y el análisis estadístico.
 - PATDSI-CHART Server
 - PATDSI-Generador de Reportes
 - PATDSI-RServer
- Herramientas para el trabajo colaborativo (foros, wiki, vigilancia tecnológica, metabuscadores)
- Gestión documental con el eXcriba/Alfresco.
- Herramientas para el control de versiones (Subversion)
- Seguridad y acceso controlado. (4)

Las herramientas que soportan la toma de decisiones son a través de reportes (PATDSI⁵-Generador de Reportes y Gespro Reportes Plugin) lo cual tienen el inconveniente que la decisión debe ser tomada analizando estos reportes y no brinda una herramienta que auxilie en su interpretación. Además no tiene facilidades para la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos de software.

1.5 Toma de decisiones en las organizaciones

En la actualidad la toma de decisiones es un proceso complejo, los administradores de proyectos triunfadores necesitan buenas capacidades de toma de decisiones para planear, organizar, dirigir y controlar de manera eficiente y eficaz los proyectos de software.

Los autores Richard Daft y Dorothy Marcic, definen una decisión como: "... una elección que se hace a partir de las alternativas disponibles" (30) y el proceso de toma de decisiones como: "... el proceso de identificar problemas y oportunidades y resolverlos." (30).

Según James P. Lewis, una de las características fundamentales de la gestión empresarial es la de utilizar la información que obtiene la empresa para seleccionar aquellas acciones que produzcan resultados óptimos de acuerdo con algún criterio de optimización. A ese proceso de conversión de la información en acción es lo que se denomina Toma de decisiones. (6)

⁵ PATDSI: Paquete de herramientas para la ayuda de toma de decisiones, que cuenta con un generador de reportes dinámicos con soporte PostgreSQL y paquete para la captura de datos y procesamiento estadístico.

Toda una serie de decisiones deben hacerse en los proyectos. Es posible diferenciar entre las decisiones individuales y decisiones del equipo. La capacidad del equipo para visualizar las opciones de decisión y los criterios y entender claramente la decisión, son la clave para el éxito.

Conseguir que el éxito sea un referente en la gestión empresarial depende de la habilidad de tomar buenas decisiones. Las decisiones inteligentes hacen que los proyectos prosperen, en cambio las decisiones tomadas a la ligera bloquearán y perjudicarán el rendimiento del equipo de trabajo del proyecto.

1.6 Modelos de Toma de Decisión en Grupo

Los modelos de toma de decisiones en grupo, implica la colaboración y participación de un conjunto de individuos o expertos que tienen que tomar decisiones en colectivo, con vista de alcanzar objetivos específicos de un determinado problema.

Un proceso de Toma de Decisión en el que participan varios individuos o expertos, cada uno de ellos aportando sus propios conocimientos, experiencia y creatividad, proporcionará una decisión de mayor calidad que aquella aportada por un único experto. Por esta razón, el estudio de problemas de Toma de Decisión en Grupo ha sido ampliamente tratado en la literatura. (31)

Los grupos aumentan la diversidad de puntos de vista, lo que da la oportunidad de considerar más métodos y alternativas. Las pruebas indican que un grupo superará casi siempre incluso al mejor individuo; por tanto, los grupos toman decisiones de más calidad. (32) La cantidad y la variedad de información son mayores cuando los miembros del grupo representan distintas especialidades y poseen una amplia gama de conocimientos.

Un problema de Toma de Decisión en Grupo se define (ver figura 2) cuando hay que dar solución a un problema determinado, se cuenta con un conjunto de alternativas a seleccionar y participan un conjunto de expertos que expresan sus opiniones sobre las distintas alternativas. La solución al problema será seleccionar una o varias alternativas de mayor aceptación por parte de los expertos.

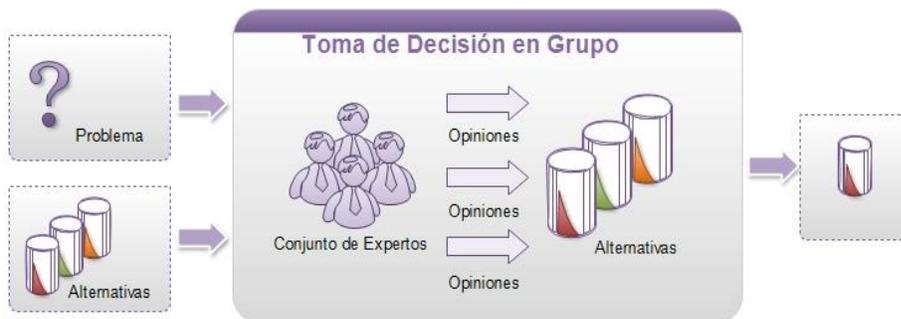


Figura. 2: Toma de Decisión en Grupo (del autor).

En un proyecto u organización se producen un complejo conjunto de situaciones para la toma de decisiones, por lo que se han propuesto los siguientes modelos: modelo racional, modelo de la racionalidad limitada, modelo de la administración basada en evidencias y modelo político. (33)

A continuación se hace un resumen de las características de estos modelos.

Modelo racional

El modelo racional implica el proceso de elegir entre varias alternativas a efecto de maximizar los beneficios para la organización. Este modelo incluye una amplia definición del problema, una extensa recolección de datos, un análisis profundo y una cuidadosa evaluación de alternativas. Las preferencias y las opciones de individuos y organizaciones están en función de la mejor alternativa para la organización entera. Por lo tanto, el modelo racional de la toma de decisiones está fundado en los supuestos explícitos de que:

1. Se ha obtenido toda la información disponible respecto a las alternativas,
2. estas alternativas se pueden clasificar con base en criterios explícitos y
3. la alternativa elegida proporcionará la máxima ganancia posible a la organización. (33)

El modelo racional es conocido como el modelo clásico para las decisiones, constituye el primer intento por explicar los procesos que hay en la decisión. Incluye siete pasos lógicos:

Paso 1: Identificar las situaciones en la decisión.

Paso 2: Desarrollar los objetivos y los criterios.

Paso 3: Generar alternativas.

Paso 4: Analizar las alternativas

Paso 5: Seleccionar la alternativa

Paso 6: Implementar la decisión

Paso 7: Verificar y evaluar los resultados. (34)

Modelo de la racionalidad limitada

El modelo de la racionalidad limitada describe las limitaciones de la racionalidad y hace hincapié en los procesos de la toma de decisiones que las personas o los equipos utilizan con frecuencia. También reconoce la realidad de que un individuo o equipo tal vez no puedan obtener información completa respecto a las alternativas disponibles o el resultado de algún curso de acción, independientemente de la cantidad de tiempo y recursos que invierta en la tarea. El modelo refleja la tendencia del individuo y el equipo a:

1. elegir lo menor en lugar de lo mejor en cuanto a metas o soluciones alternativas (mínimo satisfactorio),
2. emprender una búsqueda limitada de soluciones alternativas, y
3. lidiar con información y control inadecuado de las fuerzas del entorno interno y externos que influyen en los resultados de las decisiones. (33)

Este modelo en forma parcial explica por qué diferentes individuos toman decisiones diferentes cuando tiene exactamente la misma información. Ver Anexo 1 donde se representan los factores claves en el modelo de racionalidad limitada. (35)

Modelo de la administración basada en evidencias

El modelo parte de la premisa de que el uso de diagnóstico mejor y más profundo y de hechos, en la medida de lo posible, permite a los gerentes hacer un mejor trabajo. Este modelo abarca elementos centrales del modelo racional, pero en una versión ampliada y aplicada en la toma de decisiones gerenciales. También reconoce y trata de reducir los problemas identificados a través del modelo de racionalidad limitada. (33)

Este modelo cuenta con algunas limitaciones de uso significativas, pues es muy difícil definir que constituye un hecho, cuales son los que de verdad cuentan y cuales se incluyen o rechazan. Se dificulta grandemente la toma de decisiones basada en hechos.

Modelo político

El modelo político describe la toma de decisiones por parte de personas, grupo de unidades cuando las partes perciben que tienen intereses, metas y valores diferentes y por separado. La forma en que está distribuido el poder en una organización y la efectividad de las tácticas que utilizan los gerentes y los empleados determinan el efecto de las decisiones. (33)

En el modelo político son comunes el desacuerdo y el conflicto, de manera que se necesitan el poder e influencia para lograr tomar una decisión. La información es ambigua e incompleta. Se refiere de manera particular a las organizaciones que luchan por la participación democrática en la toma de decisiones mediante el empowerment⁶ a los empleados. (36)

Se enfoca en los empleados y estimula la creatividad para descubrir problemas, oportunidades y hacer elecciones novedosas para resolver dichos problemas. Es necesario establecer un ambiente de trabajo para motivar la creatividad e innovación. Estos dos aspectos son fundamentales en los proyectos para descubrir e implementar ideas únicas y útiles.

Cada modelo tiene su campo de aplicación, sus ventajas y desventajas. Estos modelos constituyen una idealización, una descripción de lo que haría un decisor para tomar decisiones e implementarlas. Son modelos normativos, que describen los pasos a seguir para una buena decisión pero no brindan todas las herramientas necesarias para las diversas etapas del proceso de toma de decisiones.

Entre los trabajos realizados en la Universidad de las Ciencias Informáticas, como parte de la maestría de Gestión de Proyectos Informáticos, se encuentran algunos relacionados con la ayuda a la toma de decisiones. Por citar algunos trabajos “Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones” (37) y “Modelo para el control y seguimiento de proyectos basado en

⁶ Empowerment: Potenciación. Empleados tienen el poder para tomar decisiones sin tener que requerir la autorización de sus superiores. Quienes se hallan directamente relacionado con una tarea son los indicados para tomar la decisión al respecto.

indicadores y lógica borrosa” (38), siendo solamente el último aplicado en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO. El modelo propuesto en esa investigación provee mecanismos para el control de ejecución de proyectos, incluyendo técnicas de soft computing ⁷ para procesar la incertidumbre contenida en la información primaria. Este modelo carece de un mecanismo que permita seleccionar la mejor alternativa para la toma de decisiones a partir de un conjunto de posibles variantes.

1.7 Métodos para la toma de decisiones

Según la información que se disponga y de las consecuencias de la decisión o decisiones que se tomen en una organización pueden considerarse para su evaluación diferentes métodos. (39)

Existen 2 tipos de decisiones: decisiones de certidumbre y decisiones de incertidumbre. Las decisiones de certidumbre son cuando el decisor cuenta con toda la información sobre la decisión, conoce su resultado final y cómo se va a comportar. Las decisiones de incertidumbre son aquellas que el decisor toma sin un conocimiento completo de la situación y cada estrategia corresponde a diversos resultados.

Existen técnicas o métodos para la toma de decisiones, como es la cinética, método para crear ideas por medio de una actividad de grupo. La decisión por consenso generalmente es una técnica que conlleva la aportación de expertos. Estos, se configuran dentro del método Delphi en el cual el grupo de expertos predicen los eventos futuros haciendo uso de su experiencia. (40)

En muchos casos, esa decisión puede tener importantes consecuencias y, particularmente en estos casos, es común que la elección debe hacerse sin tener suficientes elementos de juicio. En tales situaciones, la opinión de los expertos es la mejor base para tomar la decisión, siempre que pueda obtenerse de manera efectiva. (41)

1.7.1 Método de Expertos

La gestión de proyecto de software es clasificada como un sistema complejo e imposible de formalizar totalmente. En el análisis de sistemas complejos, surgen problemáticas que se salen del marco de solución de los modelos matemáticos formales de planteamiento de problemas. Se hace necesario el concurso de expertos, los cuales con su poder de análisis, conocimiento, razonamiento, experiencia e intuición, pueden disminuir la complejidad de la problemática a resolver cuantificando sus criterios en un rango de valores. Los mismos pueden ser tratados por métodos matemáticos, lo que disminuye la complejidad en el procesamiento de las causas y alternativas que inciden en la problemática tratada.

Los expertos poseen una amplia capacidad de auto organización, así como una intuición que les permite anticipar determinadas vías de solución a los problemas que se presentan. Ellos se distinguen por sus profundos conocimientos sobre distintas áreas temáticas. (40)

⁷ Soft computing: Diversas técnicas empleadas en la informática para solucionar problemas que manejan información incompleta, con incertidumbre e inexacta.

Un factor importante que influye en el trabajo de los expertos es el factor psicológico. Ante todo, los expertos deben ser liberados de la responsabilidad sobre la decisión que se tome, pues constituye una barrera psicológica sobre el carácter de las decisiones y principalmente influye en la etapa de valoración de alternativas. También influyen en la valoración de los expertos factores tales como: el conocimiento por parte de otros expertos de las valoraciones que da, los intereses individuales de cada experto, su autocomplacencia, el carácter, entre otras cualidades de la personalidad.

Por otro lado, en ocasiones la complejidad de una problemática desborda las capacidades individuales de un experto y se hace necesario recurrir a métodos colectivos de trabajo como forma de reactivar las potencialidades y capacidades de los expertos.

El juicio de expertos se establece recopilando opiniones emitidas por informantes calificados acerca de los niveles de validez de una técnica, entendiéndose por validez la coherencia entre lo que la técnica observa y lo que con ella se pretende observar. En otras palabras, lo que se busca es constatar si es coherente la relación entre las preguntas que incluyen el formato de la técnica, los indicadores, temas o preguntas orientadoras, con los resultados o dimensiones de análisis. (42)

Para resolver este problema se propone utilizar el Criterio de Expertos. Este método permite consultar un conjunto de expertos para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos, y otros. Da la posibilidad a los expertos de analizar el tema con tiempo, sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Generalmente sus ocupaciones lo impiden por los niveles de responsabilidad de cada uno y la dispersión de los lugares de ubicación de los mismos. Esta vía se caracteriza por permitir el análisis de un problema complejo dando independencia y tranquilidad a los participantes, es decir, a los expertos.

El método de experto presenta algunas desventajas como: demasiada sensibilidad de los resultados a la ambigüedad de preguntas y dificultad para la selección de expertos miembros del consejo. Pero a pesar de estas limitaciones y teniendo en cuenta sus cualidades positivas tales como: varios expertos pueden llegar a un mejor pronóstico que una sola persona, posibilidades de aplicación a un gran número de situaciones o escenarios, sencillez de uso cuando se dispone de expertos bien informados, consenso logrado respecto a las alternativas sobre la base de criterios es muy confiable y tiene altas probabilidades de ser eficiente; se sugiere su utilización ya que su potencial excede a sus limitaciones.

1.7.1.1 Método Delphi

Este método tiene como objetivo alcanzar un consenso sobre una estimación, a través de reuniones, cuestionarios y encuestas. Muchos proyectos poseen un considerable elemento de especialización y no se puede esperar que los gestores de proyectos sean expertos en cada uno de los aspectos. Permite mediante la utilización de herramientas estadísticas lograr consensos entre especialistas sin la necesidad de que estos se encuentren en un mismo sitio simultáneamente. (43)

El método Delphi se basa en la idea que la crítica influye positivamente en los expertos si ésta no está ligada psicológicamente con la confrontación personal. Por ello uno de los principios básicos es el anonimato de las valoraciones que cada experto da a las causas y alternativas, lo que permite que un miembro del grupo no sea influenciado por la reputación de otro o por el peso que supone oponerse a la mayoría. Esto constituye una importante ventaja ya que elimina el efecto del líder sobre los encuestados y garantiza la libertad de opiniones.

En un proceso Delphi se realizan varias iteraciones. Después de cada una se presentan los resultados, de tal manera que para la siguiente repetición los expertos conozcan los distintos puntos de vista y puedan ir modificando su opinión, si los argumentos presentados les parecen más apropiados que los suyos. (44)

El Delphi es un método de estructuración de la comunicación entre un grupo de personas que pueden aportar contribuciones valiosas para la resolución de un problema complejo; es uno de los métodos de pronosticación más confiables, constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, a través de la elaboración estadística de las opiniones de un grupo de expertos en el tema tratado. Permite rebasar el marco de las condiciones actuales más señaladas de un fenómeno y alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución, reflejando las valoraciones individuales de los expertos que pueden estar basadas en un análisis lógico, como en su experiencia intuitiva. (45)

Como todo método presenta sus desventajas, las más significativas son: muy laborioso y costoso su implementación y precisa buenas comunicaciones para la búsqueda y recepción de las respuestas.

1.7.2 Método de Jerarquías Analíticas (AHP)

Es un método que se basa en descomponer jerárquicamente el problema a tratar en sus elementos componentes. En el más alto nivel de la jerarquía se ubica entonces el objetivo a alcanzar. El segundo nivel está constituido por los subobjetivos y criterios que permitirán evaluar el grado de logro de los mismos por las diferentes alternativas, que están en el tercer nivel, como se puede ver en la figura 3. (46) De esta manera las alternativas serán ordenadas jerárquicamente a través de los pesos globales calculados mediante el método.

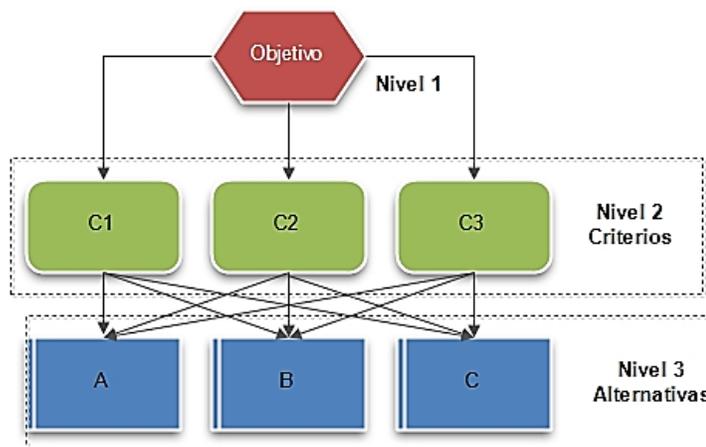


Figura. 3: Descomposición jerárquica de un problema mediante AHP (del autor).

Entre los inconvenientes de esta técnica se encuentra que si hay muchos subcriterios o alternativas, el número de comparaciones puede ser muy elevado y resultar una tarea tediosa para el decisor. (47)

Una aplicación útil del método es que posibilita determinar los coeficientes de la matriz de decisión cuando no se conocen sus valores, ya sea por falta de datos o por incertidumbre, dado que permite determinarlos sobre la base de las preferencias del centro decisor y en función de los criterios. (46)

1.8 Evaluaciones en los proyectos de software

La evaluación es la medición de factores concurrentes y coadyuvantes, cuya naturaleza permite definir la factibilidad de ejecución del proyecto. La evaluación de un proyecto, se fundamenta en la necesidad de establecer las técnicas para determinar lo que está sucediendo y como ha ocurrido y apuntar hacia lo que encierra el futuro si no se interviene. (48)

Es importante aclarar que las evaluaciones en los proyectos promueven aumentar la eficiencia en la asignación de recursos a una determinada tarea. Además recomienda a través de diferentes técnicas que una iniciativa determinada tenga prioridad sobre otras alternativas dando un orden lógico de ejecución.

La evaluación de proyectos puede llevarse a cabo desde dos perspectivas distintas: el criterio privado y el criterio social. De la perspectiva que se seleccione, dependerá la decisión a tomar sobre la realización del proyecto y su futuro desarrollo.

En un proyecto es importante poseer elementos y métodos que ayuden en el análisis de factibilidad y evaluación de proyectos, recursos humanos e interesados, que permitan mayor seguridad en la inversión de recursos económicos, tecnológicos, materiales y humanos en el proyecto de una manera eficiente y eficaz. Los interesados afectan de manera positiva o negativa al proyecto, tienen información crucial para el desarrollo del mismo por lo que es importante priorizarlos según el nivel de interés y poder.

En el sector empresarial, donde los factores económicos han golpeado la estabilidad de las organizaciones y donde los resultados y la rentabilidad de los proyectos, en un buen porcentaje de los casos no se pueden cuantificar, se hace necesario tener criterios claros del resultado y el impacto que se pretende generar con las acciones, es por esto que conocer la elaboración, así como la evaluación de proyectos de desarrollo, es de vital importancia como especialistas en el área, para permitir la asesoría a las altas directivas en la toma de decisiones sobre inversión y la evaluación del impacto de la gestión de proyectos. (49)

1.9 Conclusiones parciales del capítulo

Si bien existe un grupo de herramientas informáticas para el control y seguimiento de los proyectos, estas no son tan abarcadoras en la temática del proceso de toma de decisiones que permitan elevar la eficiencia y la eficacia en la gestión de proyectos. Son escasas en los paquetes informáticos existentes las funcionalidades para la toma de decisiones en los diferentes niveles jerárquicos de la organización.

Disímiles metodologías se utilizan para la gestión de proyectos, entre ellas PMBOK se destaca por ser la que más aborda el tema de la toma de decisiones, propone un modelo o proceso para la toma de decisiones y utiliza como herramienta el juicio de expertos mediante paneles de discusión. Para el trabajo del consejo de experto se selecciona el método Delphi que permite su aplicación a un gran número de situaciones o escenarios en la gestión de proyectos.

Después de haber realizado el estudio de los referentes teóricos de la investigación, quedó evidenciada la necesidad de utilizar el método de experto para la toma de decisiones en los proyectos, así como la implementación de un modelo propio que se ajuste a las características de la suite GESPRO para integrar técnicas de evaluación por criterio de expertos que ayude a la toma de decisiones en la selección de alternativas y criterios en los diferentes análisis y evaluaciones que se realizan en los proyectos.

CAPÍTULO 2 MODELO DE TOMA DE DECISIONES

En este capítulo se presenta el modelo para la toma de decisiones basado en método de expertos adaptable a diferentes problemáticas en la gestión de proyectos. Se propone un modelo analítico para la toma de decisiones, con el objetivo de poder realizar la fundamentación racional de las decisiones y que permita la utilización de métodos matemáticos y heurísticos en su formalización, en el que se combine la informática con la teoría normativa de la toma de decisiones. Finalmente se hace una descripción de la aplicación del modelo.

El modelo propuesto está conformado por 6 etapas y tiene definido sus entradas (problema, listado de alternativas), controles (método de experto), mecanismos (métodos matemáticos, expertos) y salidas (alternativas ordenadas, alternativas representativas) como se muestra en la figura 4.

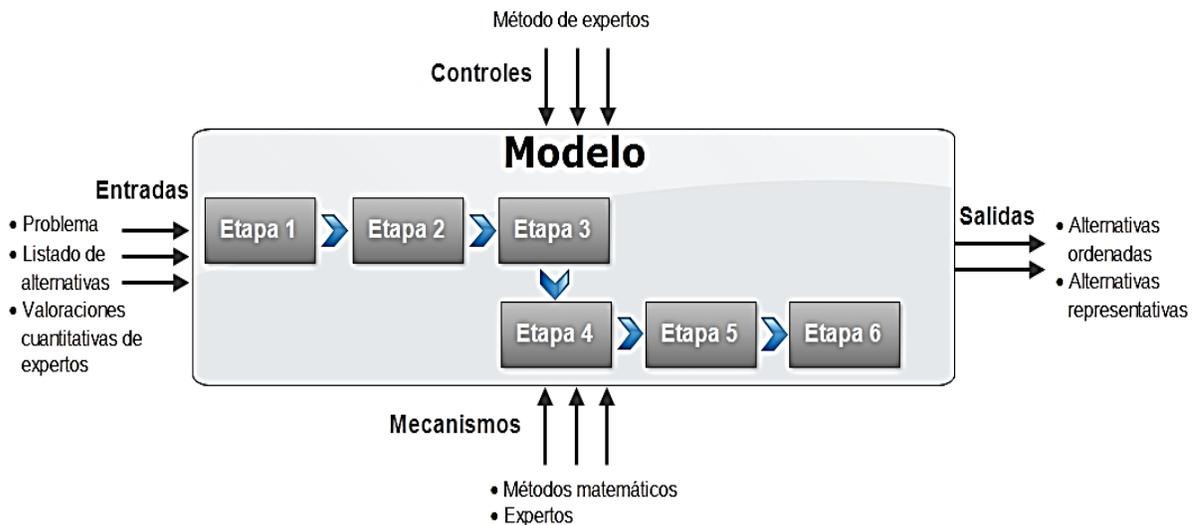


Figura. 4: Vista general del modelo propuesto (del autor).

Al analizar las etapas del proceso de toma de decisiones, sus características y sus interrelaciones se perciben la complejidad del proceso, el cual se caracteriza como se describe a continuación.

2.1 Caracterización de las etapas del proceso de toma de decisiones

2.1.1 Primera etapa: Planteamiento de la problemática de gestión de proyecto.

En esta etapa se debe dar respuesta a las preguntas: ¿Cuál es la problemática existente y bajo qué condiciones se deben tomar las decisiones? ¿Con qué fuerzas y medios se cuenta para dar solución a la problemática planteada? y se procede de la siguiente forma:

Primero: se define y se describe la problemática que es necesaria o se requiere resolver;

Segundo: se determina el tiempo necesario y permisible para tomar la decisión;

Tercero: se definen los recursos necesarios para tomar las decisiones.

El término problemática se plantea como una interrelación de problemas a resolver que por separados en la realidad no existen. Se deben concebir, lo más abarcador y concreto posible las fronteras de la problemática.

La definición y descripción de la problemática se realiza utilizando las técnicas de análisis sistémico. Es un proceso que se caracteriza fundamentalmente por un análisis cualitativo de la situación en el cual se determina la estructura interna de la problemática planteada.

La etapa de planteamiento de la problemática de gestión de proyecto es un caso particular de toma de decisiones donde preliminarmente se debe tomar la decisión de continuar con el proceso integralmente o aplazarlo para el futuro donde las condiciones existentes permitan tomar la decisión acertada.

Esta decisión se toma teniendo en consideración los recursos en tiempo, humanos y materiales disponibles para el proceso de toma de decisiones. Si no están dadas las condiciones objetivas para comenzar el proceso de toma de decisiones se pospone para cuando éstas existan.

El proceso de preparación de las decisiones conlleva a un análisis integral de la situación existente, las causas que dieron lugar a la problemática planteada y la búsqueda de alternativas de solución.

Toda decisión acertada depende de conocer claramente los problemas y de qué manera afecta cada uno de ellos a los objetivos de la empresa. (50)

2.1.2 Segunda etapa: Planteamiento de los objetivos a alcanzar.

El objetivo define el resultado final o futuro que se quiere alcanzar. Si el proceso de toma de decisión no se inicia con el establecimiento de objetivos concretos y precisos, muy difícilmente se llegará a una decisión que permita afrontar con eficacia la propia situación.

Los objetivos se definen sobre la base de un análisis integral de la problemática planteada y la investigación de la estructura interna de ésta. Constituyen el antídoto de la problemática.

En dependencia de la complejidad de la problemática, el objetivo a alcanzar se puede concebir como un sistema de representación más o menos complejo sobre los resultados que se desean lograr. En este sentido no se puede hablar de objetivo en singular, sino de un sistema de objetivos en el cual es necesario garantizar la interrelación entre ellos y la integridad de cada objetivo en particular. Los objetivos se definen a partir del análisis de la situación real existente y no de postulados formulados teóricamente. La calidad de las decisiones que se toman en gran medida depende de los resultados del análisis realizado en la definición de los objetivos.

Durante el proceso de planteamiento de los objetivos se debe tener en consideración que los objetivos pueden variar con el tiempo no sólo en su forma, dado por el perfeccionamiento en su planteamiento, sino también en su contenido, producto de cambios en las condiciones objetivas y subjetivas del proyecto de software.

Después de definidos los objetivos, o sea el estado final deseado, se puede comenzar el estudio de alternativas y los recursos para alcanzarlos.

2.1.3 Tercera etapa: Elaboración de alternativas para la consecución de los objetivos.

Sobre la toma de decisiones se puede hablar si y solo si en primer lugar para la consecución de los objetivos existen diferentes alternativas y recursos, y en segundo lugar si los directivos pueden seleccionar entre ellos.

La complejidad fundamental en la gestión de proyectos radica en poder elaborar un conjunto de alternativas en el cual se encuentren todas las posibles variantes de acción para la consecución de los objetivos planteados. Será efectiva la selección de alternativas, si dentro de este conjunto está la mejor variante; en caso de no encontrarse en este conjunto, ningún método podrá seleccionar la mejor variante. Por ello la etapa de generación de alternativas constituye el punto culminante en cuanto a creación intelectual del proceso de toma de decisiones.

Para garantizar una efectiva etapa de elaboración de alternativas se debe crear un ambiente adecuado de trabajo del consejo de expertos, sobre el cual influyen factores psicológicos y factores externos, relacionados con el entorno del proceso.

En la metódica de trabajo del consejo de expertos se abordan las técnicas que éste utilizará para garantizar un conjunto de alternativas que den solución a la problemática planteada.

En la etapa de elaboración de alternativas el énfasis se concentra en las variables controladas por el decisor, aunque es necesario también el análisis de aquellas variables no controlables.

Un factor que interviene en esta división es el relacionado con el período de elaboración de las decisiones, mientras más largo es el período de elaboración, mayor cantidad de variables se hacen controlables.

El análisis del entorno contempla la definición de todas aquellas variables no controlables que tienen mayores incidencias en la formulación de la problemática y en la solución de ésta, así como el pronóstico de aquellas que puedan incidir durante la materialización de la decisión tomada.

La realización de cualquier actividad, sea organizativa, técnica o de otro tipo conlleva a determinados resultados relacionados o no con los objetivos a alcanzar planteados.

Los resultados obtenidos por la realización de las alternativas en sentido general es un producto multivalente, compuesto por diferentes componentes cualitativos. Por ello es necesario determinar no solo todas las componentes sustanciales definitorias de los resultados, sino el lugar y el tiempo en que ellos se revelan. No se debe limitar el análisis sólo a los principales resultados relacionados con los objetivos planteados. Los resultados colaterales, desde el punto de vista del conjunto de objetivos planteados pueden ser tan significativos que determinan la factibilidad o no en la aplicación de una determinada variante de acción.

Para cada alternativa planteada en las condiciones cambiantes del entorno se valoran las características cualitativas y cuantitativas de los resultados que se puedan obtener.

2.1.4 Cuarta etapa: Selección de criterios de valoración para determinar los resultados de acuerdo con los objetivos planteados.

Uno de los problemas que se presentan en el proceso de gestión de proyectos es la selección de criterios de valoración que sean capaces de valorar en toda magnitud los resultados que se obtendrán.

La cantidad de criterios a tener en consideración está en dependencia de la complejidad del conjunto de objetivos planteados y de la problemática a resolver. Se debe señalar que en muchas ocasiones algunos problemas se resuelven con solo encontrar los criterios para valorar su efectividad, lo que sin duda constituye un proceso complejo y difícil de lograr.

La experiencia que acumulan los expertos de determinada problemática, agrupados y con técnicas apropiadas de trabajo, ayuda a la selección empírica de criterios. El trabajo en grupo eleva considerablemente la efectividad en la selección de criterios de valoración y la determinación de posibles resultados de acuerdo a los objetivos planteados. Un equipo de trabajo produce sinergia, la cual permite que la suma total del desempeño del equipo sea superior a las aportaciones de cada uno de sus miembros. (51)

2.1.5 Quinta etapa: Comparación de las diferentes alternativas de acuerdo a los resultados y los objetivos planteados. Selección de la mejor alternativa.

En esta etapa se realiza una integración del análisis efectuado en las etapas precedentes. Se concentra toda la información, tanto cuantitativa como cualitativa. Se comparan y evalúan todas las posibles alternativas que se plantean con el análisis de resultados directos e indirectos que se obtendrán de forma integral con la aplicación de cada una de ellas, tomando en consideración la predicción de su proyección futura.

El conjunto de alternativas debe diferenciarse teniendo en consideración el alcance de cada una de ellas y su interrelación. Posteriormente se ordenan jerárquicamente en un proceso de comparación y valoración integral de cada alternativa.

Para la valoración y comparación de las alternativas existen diferentes métodos. Se propone que se valoren todas las alternativas posibles en un rango entre 0 y 1 por parte de los expertos y que se comparen integralmente de acuerdo a algoritmos matemáticos elaborados al efecto.

La valoración cuantitativa refleja el peso específico que el experto da a cada alternativa de acuerdo al conocimiento sobre la problemática y la experiencia acumulada por éste.

Tabla. 2 Matriz de pesos de las alternativas dada por los expertos (del autor).

Alternativa/Experto	E ₁	E ₂	E ₃	...	E _m
A ₁	P ₁₁	P ₁₂	P _{1m}
A ₂	P ₂₁	P ₂₂
...

A_n	P_{n1}	P_{n2}	P_{nm}
-------	----------	----------	-----	-----	----------

La decisión seleccionada debe ser la de mejor resultado entre las que tienen la más alta probabilidad de no ser la peor en correspondencia con el método seleccionado. Es a ésta la que se denomina la mejor decisión.

En esta etapa además de la utilización de los métodos matemáticos por separados, se propone la utilización de una estrategia cooperativa para la toma de decisiones, en la cual se combinen las respuestas de diferentes métodos.

2.1.5.1 Estrategia cooperativa para la toma de decisiones.

En la toma de decisiones, el objetivo que se persigue con la cooperación es mejorar la selección de las alternativas y la calidad de las decisiones a tomar, aumentando la eficiencia y la eficacia de los métodos matemáticos propuestos.

La cooperación entre los diferentes métodos no resulta compleja y es posible definir con claridad los patrones de la cooperación para obtener un resultado único con las respuestas de cada uno.

Se propone un esquema cooperativo centralizado que esté formado por los diferentes métodos que cumplen una función determinada y donde un método coordina la cooperación entre los demás métodos, ver figura 5.

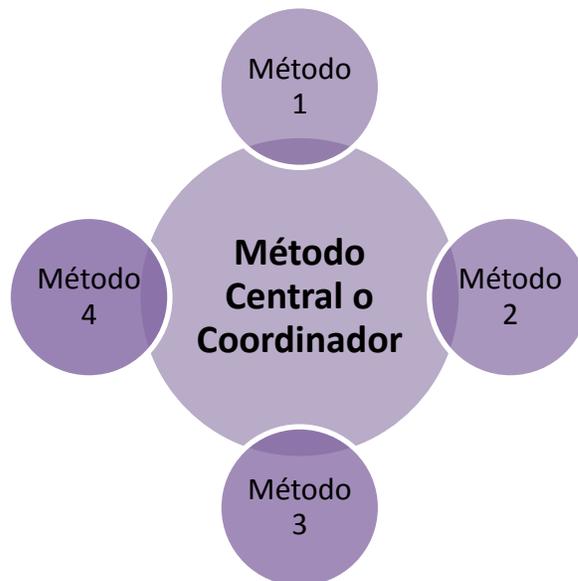


Figura. 5: Esquema cooperativo centralizado por un método coordinador (del autor).

2.1.6 Sexta etapa: Toma de decisiones.

Se toman las decisiones de acuerdo a la problemática planteada. Es importante destacar como primer aspecto, que la toma de decisiones tiene sobre todo un carácter heurístico.

Como segundo aspecto se debe diferenciar el acto en sí de la toma de decisiones con las etapas del proceso completo de preparación.

Con el objetivo de tomar en consideración solo aquellas causas o alternativas más representativas, una vez concluido el procesamiento y ordenadas las alternativas se puede a voluntad del decisor aplicar el Principio de Pareto.

2.1.6.1 Principio de Pareto

El Principio de Pareto se utiliza con el propósito de separar los pocos vitales de los muchos triviales. El análisis de Pareto ayuda a priorizar y enfocar recursos donde más se necesitan y/o donde causen un mayor impacto. (52)

En una determinada problemática influyen un conjunto de causas y alternativas de solución, pero estas no están uniformemente distribuidas y sólo un pequeño número de ellas son sustanciales, o sea, un pequeño grupo de causas determinan la problemática y un pequeño grupo de alternativas pueden darle solución. Para resolver eficientemente una problemática se deben concentrar los esfuerzos en aquellos pocos vitales, pero no se deben desechar los muchos triviales ya que constituyen elementos para profundizar en el análisis, o como elementos para futuras problemáticas relacionadas con la actual, ver figura 6.

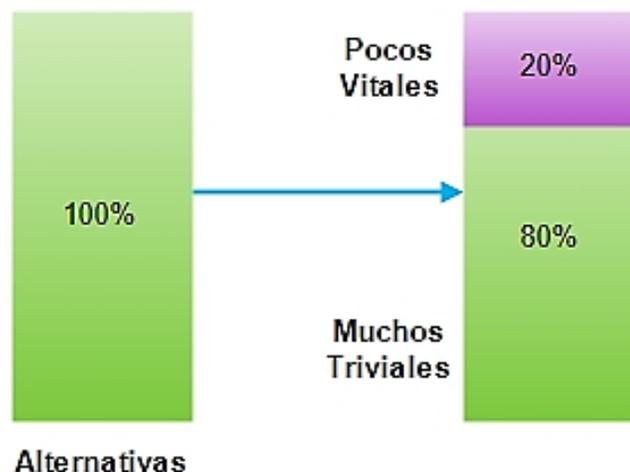


Figura. 6: Principio de Pareto (del autor).

2.2 Método Delphi Aplicado

Se incluye el término aplicado en el método para diferenciarlo de su concepción teórica pura. A continuación se describe como se aplica el método Delphi en el modelo que se propone.

Dada una problemática planteada, los expertos, basados en los conocimientos que poseen de la gestión de proyectos, señalan individualmente las causas que influyen en la problemática y dan sus valoraciones en una escala entre 0 y 1; también generan las alternativas de solución y las valoran entre 0 y 1.

Los expertos pueden tener conocimiento de las causas y alternativas dadas por otros expertos de su consejo, aunque no conocerá la paternidad de ellas, ni las valoraciones que han dado otros expertos.

Por medio de las valoraciones de los expertos se elimina la complejidad dada por la no estructuración de la información y se pueden aplicar métodos matemáticos que agilicen el proceso de preparación de decisiones. Las valoraciones de expertos cuantifican su análisis cualitativo.

Una característica fundamental del método es su carácter iterativo, lo que permite a cada experto incluir y valorar nuevas causas y alternativas durante todo el proceso de preparación de las decisiones.

Una vez procesadas las valoraciones se reúnen los expertos y se dan a conocer los resultados. En esta reunión los expertos, de considerarlo oportuno, pueden emitir sus criterios, dando nuevos argumentos y se puede pasar a otra ronda de valoraciones de causas y alternativas si así lo desea algún experto. Después de concluido este ciclo se obtienen los resultados finales que serán los que utilizará el decisor para la toma de decisiones.

El anonimato de las valoraciones de los expertos se conserva hasta que finalice el trabajo, o incluso posteriormente a ello, si así lo desea el experto.

El procesamiento del análisis, generación y valoración de alternativas realizado por los expertos debe soportarse sobre un modelo que eleve la efectividad de todo el proceso.

Con el objetivo fundamental de generar alternativas, se convoca a los expertos para el trabajo en grupos con la utilización de este método.

2.3 Modelo para la toma de decisiones basado en el método de expertos para la generación y valoración de alternativas

La modelación matemática en el marco del sistema informático para la toma de decisiones comprende el modelo matemático para la generación de las causas y alternativas que permitan el perfeccionamiento del proceso de toma de decisiones en la gestión de proyectos.

La preparación del modelo se concibió en las etapas descritas con anterioridad, las cuales se consideran invariables independientemente de la problemática a considerar. Los métodos que se utilizan en cada etapa para elevar la efectividad del proceso, dependen en gran medida del grado de estandarización y estructuración de la problemática y el grado de definición de las variables del entorno.

Existen diferentes puntos de vistas al enfrentar la modelación del proceso de toma de decisiones los cuales están dados fundamentalmente por las características de las decisiones a tomar, las características de las problemáticas, la caracterización de las etapas del proceso de toma de decisiones y el nivel jerárquico de dirección; así como de las herramientas y métodos a utilizar en las diferentes etapas del proceso de toma de decisiones.

Precedido de un análisis integral de la problemática y de acuerdo a los objetivos propuestos, en la presente investigación se propone un modelo para la toma de decisiones fundamentado en criterios de expertos y en la utilización del método Delphi para la elaboración de alternativas descrito en la etapa 3.

El modelo planteado está compuesto por seis métodos matemáticos adaptables a la gestión de proyectos de acuerdo a sus características, lo que permite elevar la efectividad del sistema.

El modelo al estar fundamentado en las valoraciones y criterios de expertos abarca de forma implícita todo el ciclo de preparación para la toma de decisiones y deja sentado de forma explícita la etapa de formulación de criterios de decisión con la incorporación al modelo de métodos matemáticos para el procesamiento, el análisis de la problemática, la elaboración de alternativas para la consecución de los objetivos y su valoración que posibilita la comparación y la selección de la mejor alternativa.

Los métodos matemáticos considerados en el modelo para la comparación de las diferentes alternativas y selección de la mejor son los siguientes:

1. Método Máximo-Mínimo (Maximin)
2. Método Máximo-Máximo (Maximax)
3. Método Hurwicz
4. Método Laplace
5. Método Lopez
6. Método Cooperativo

El modelo se fundamenta en dar solución a la matriz $C [i,j]$

Dónde: i - representa las causas o alternativas de una determinada problemática.

j - representa a los expertos que dieron su valoración.

$C [i,j]$ - representa las valoraciones que da un experto a una alternativa.

2.4 Descripción de los métodos matemáticos del modelo para la toma de decisiones.

2.4.1 Método Máximo-Mínimo (Maximin o Wald)

Por este método la variante de causa o alternativa óptima se obtiene al dar solución al algoritmo:

$$C = \max_i \min_j C_{ij}$$

Dónde: C - es la valoración que emite el experto de las causas o alternativas,

i - es el número de causa o alternativa,

j - es el número de experto.

Si el sujeto de gestión de proyectos actúa bajo este método obtendrá la mejor de las peores variantes. El método presupone un pesimismo patológico.

El uso de este criterio, que revela una actitud pesimista del decisor, puede ser útil en situaciones muy inciertas o cuando alguno de los resultados pueda resultar desastroso y no se quiera incurrir en riesgos. (53)

2.4.2 Método Máximo-Máximo (Maximax)

Este método encuentra la solución del óptimo por el algoritmo:

$$C = \max_i \max_j C_{ij}$$

Dónde: **C**- es la valoración que emite el experto de las causas o alternativas,

i- es el número de causa o alternativa,

j- es el número de experto.

Orienta al sujeto de gestión de proyecto a buscar el mejor de los mejores criterios. El método Maximax conlleva a tener un optimismo no fundamentado del sujeto de gestión de proyecto con respecto a una problemática dada del objeto de dirección. Esta es una estrategia optimista y supone que el estado natural es generoso con nosotros. Maximax equivale a "maximizar la retribución máxima posible". (54)

Solo toma en consideración las más altas valoraciones. Obvia el análisis del resto de los expertos.

Este método al igual que el método Maximin selecciona valores extremos. La valoración extrema, por el mínimo o por el máximo en dependencia del método, dada por uno de los expertos anula las valoraciones realizadas por el resto del consejo de expertos.

2.4.3 Método Hurwicz

Este método también llamado método pesimismo-optimismo, establece un balance entre los métodos anteriores. Buscar un compromiso entre los extremos.

La variante óptima se obtiene por el algoritmo:

$$C = \max_i [\alpha \min_j C_{ij} + (1-\alpha) \max_j C_{ij}]$$

Dónde: **C**- es la valoración que emite el experto de las causas o alternativas,

i- es el número de causa o alternativa,

j- es el número de experto,

α - es un coeficiente de compromiso valorado entre 0 y 1 por el sujeto de dirección en dependencia de su carácter y la problemática que se esté analizando. Cuando α equivale a 1, quien toma las decisiones es 100% pesimista acerca del futuro. Cuando α equivale a 0, quien toma las decisiones se encuentra 100% optimista con respecto al futuro. La ventaja de esta metodología es que permite a quien toma las decisiones generar sentimientos personales de optimismo o pesimismo relativos. (55)

La principal característica del método es que solo toma en consideración los valores extremos que den los expertos a cada variante, obviando los valores intermedios.

2.4.4 Método Laplace

De acuerdo con el método Laplace se tienen en consideración no solo los valores extremos sino todas las valoraciones de los expertos sobre una causa o alternativa determinada. La valoración de cada variante es un valor medio de todas las valoraciones y se expresa:

$$C = \max_i 1/e \sum_{j=1}^e C_{ij}$$

Dónde: **C**- es la valoración que emite el experto de las causas o alternativas,

i- es el número de causa o alternativa,

j- es el número de experto.

e- es la cantidad de expertos que emiten su criterio.

Las características fundamentales de este método radican, en primer lugar que se toma como mejor variante el valor máximo de los valores medios para cada variante lo que hace presuponer un óptimo no fuertemente avalado, y como segundo aspecto la variante a obtener puede estar en dependencia de la cantidad de expertos que realizan su valoración. Cuando el que decide no tiene ninguna razón particular (ni ninguna información) para suponer que un acontecimiento posible es más importante o más probable que otro, es conveniente utilizar este criterio.

2.4.5 Método López

Este método es elaborado por el autor de la presente investigación. Encuentra la mejor alternativa al dar solución al siguiente algoritmo:

$$C = \max | 1/c \sum_{i=1}^c 1/e \sum_{j=1}^e c_{ij} - 1/e \sum_{j=1}^e c_{ij} |$$

Dónde: **C**- es la valoración que emite el experto de las causas o alternativas,

i- es el número de causa o alternativa,

j- es el número de experto,

e- es la cantidad de expertos que conforman el consejo y que emiten sus valoraciones, c es la cantidad de causas o alternativas que los expertos consideraron para la problemática planteada.

Se obtiene como resultado aquella variante que tiene la desviación absoluta máxima entre el valor medio de todas las medias y las medias por cada variante. Es un método de consenso.

Con su utilización no solo se tiene en consideración las valoraciones extremas dadas por los expertos, sino todos los valores, incluso si estos son 0, pues de esta forma el modelo tiene conocimiento que la causa o alternativa dada fue evaluada o analizada por el experto y que éste no le asignó ningún valor, lo que indica que el experto en cuestión consideró que la causa o alternativa de referencia no tiene peso en la problemática que se analiza.

2.4.6 Método Cooperativo

Este método es elaborado por el autor de la presente investigación. Encuentra la mejor alternativa al combinar los resultados de los métodos matemáticos y obtener un orden jerárquico de las alternativas. Se diseñó un método de ponderación combinado que responde al siguiente algoritmo:

$$C = \min_m \sum_{i=1}^c O_{im}$$

Dónde: **m**- es el método,

c- la cantidad de causas o alternativas y

O- el orden calculado de un método para un criterio o alternativa. Se ordenan las mejores alternativas en orden ascendente.

2.5 Descripción de la aplicación del modelo propuesto

A partir del modelo propuesto se desarrolló una aplicación informática para la toma de decisiones que constituirá un módulo adicional en el Paquete de Gestión de Proyectos GESPRO v13.05. Con la utilización de esta aplicación integrada a esta herramienta de gestión de proyectos se podrá realizar la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos. Constituye una adecuada herramienta para los órganos decisores en el proceso de toma de decisiones.

Para su fácil utilización se desarrolló un paquete informático en la misma plataforma del GESPRO con los siguientes módulos e interfaces:

1. En la interfaz “Selección de Proyectos para la Toma de Decisiones” (ver figura 7), se muestra todos los problemas de toma de decisiones y permite seleccionarlos para su análisis.



Figura. 7: Interfaz Selección de Proyectos para la Toma de Decisiones (del autor).

- Para la creación de problemas se implementó la interfaz “Nuevo Problema para la Toma de Decisiones” (ver figura 8), donde se selecciona a los expertos y se introducen los criterios del problema en cuestión.

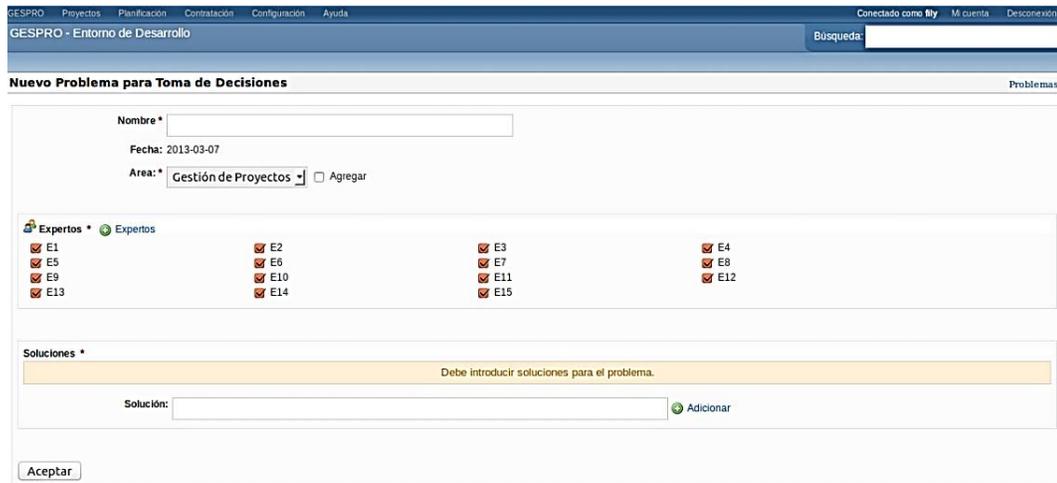


Figura. 8: Interfaz Nuevo Problema para la Toma de Decisiones (del autor).

- La valoración de los diferentes criterios se realiza a través de la interfaz “Ponderar Criterios por Expertos” (ver figura 9), donde solo es permitido seleccionar valores de 0 a 1.

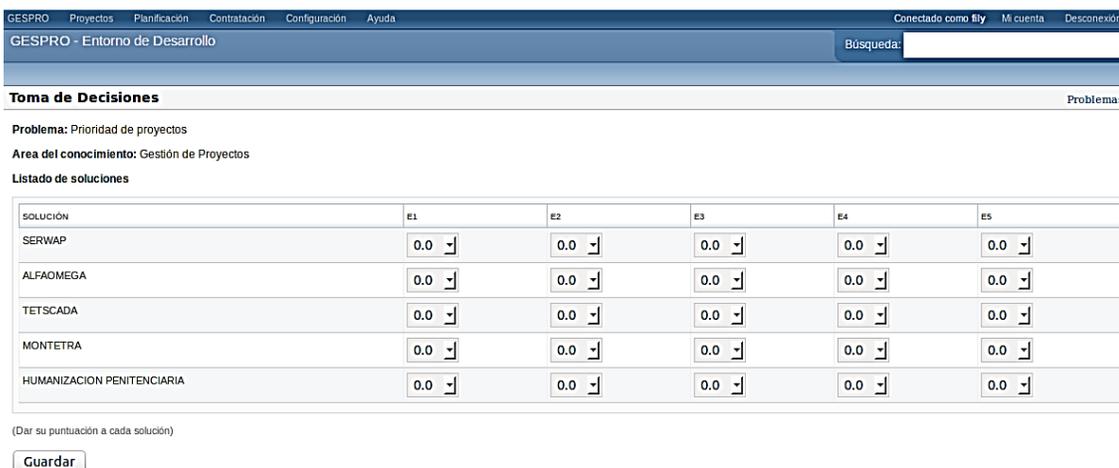


Figura. 9: Interfaz Ponderar Criterios por Expertos (del autor).

- Para ordenar los criterios a través de los diferentes métodos matemáticos y tomar la decisión se utiliza la interfaz “Toma de Decisiones” (figura 10), la cual permite seleccionar el método a utilizar. Se brinda una descripción de los criterios, los cuales pueden ser ordenados y discriminados según el Principio de Pareto. Se visualiza el peso de cada criterio con el objetivo de su evaluación y así centrar los esfuerzos en los pocos vitales.

Los criterios en azul representan los criterios sustanciales o vitales seleccionados por Pareto y los demás pueden ser guardados como elementos para profundizar en el análisis de futuros problemas relacionados con el actual. Por último se dan los resultados de todos los métodos matemáticos y del método cooperativo.

Toma de Decisiones

Problema: Prioridad de proyectos
 Area del conocimiento: Gestión de Proyectos

► Listado de soluciones con sus puntuaciones por experto

SOLUCION	E1	E2	E3	E4	E5
SERWAP	0.18	0.18	0.22	0.14	0.2
ALFAOMEGA	0.23	0.14	0.19	0.15	0.22
TETSCADA	0.19	0.19	0.2	0.14	0.19
MONTETRA	0.18	0.21	0.2	0.13	0.16
HUMANIZACION PENITENCIARIA	0.21	0.14	0.17	0.09	0.24

Métodos: MaxMin

Método Máximo-Mínimo: Se obtiene como resultado la mayor de las más bajas variantes. Puede ser útil en situaciones muy inciertas o cuando algunos de los resultados pueda resultar desastroso y no se desee incurrir en riesgos.

Ejecutar todos los métodos (Método cooperativo de decisiones)

Percentil 10%

Aceptar

Resultados del método cooperativo de decisiones

Solución

ALFAOMEGA

SERWAP

TETSCADA

MONTETRA

HUMANIZACION PENITENCIARIA

Resultados de todos los métodos

MaxMin	MaxMax	Hurwicz	Laplace	Lopez
SERWAP	HUMANIZACION PENITENCIARIA	ALFAOMEGA	ALFAOMEGA	HUMANIZACION PENITENCIARIA
ALFAOMEGA	ALFAOMEGA	SERWAP	SERWAP	ALFAOMEGA
TETSCADA	SERWAP	TETSCADA	TETSCADA	SERWAP
MONTETRA	MONTETRA	MONTETRA	MONTETRA	MONTETRA
HUMANIZACION PENITENCIARIA	TETSCADA	HUMANIZACION PENITENCIARIA	HUMANIZACION PENITENCIARIA	TETSCADA

Figura. 10: Interfaz Toma de Decisiones (del autor).

2.6 Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se propone un modelo para la toma de decisiones aplicable a proyectos de software basado en el criterio de experto que tiene aplicación fundamentalmente para la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos.

Además se puede concluir lo siguiente del modelo en cuanto a sus potencialidades y limitaciones:

Potencialidades:

- Se define la metodología de trabajo en grupo del Consejo de Expertos.

- Se definen seis etapas para el proceso de toma de decisiones: Planteamiento de la problemática de gestión de proyecto, Planteamientos de los objetivos a alcanzar, Elaboración de alternativas para la consecución de los objetivos, Selección de criterios de valoración para determinar los resultados de acuerdo con los objetivos planteados, Comparación de las diferentes alternativas de acuerdo a los resultados y los objetivos planteados y Toma de decisiones. Las cuales garantizan implícitamente la metodología de trabajo en grupo de los expertos y el cumplimiento de las etapas del proceso de toma de decisiones. Se definieron herramientas y métodos a utilizar en cada etapa.
- Se propone la utilización de seis métodos matemáticos, entre ellos dos de la creación del autor para la comparación de las diferentes alternativas, su ordenamiento y selección de las mejores variantes para la toma de decisiones por parte de los decisores. Cada método tiene sus ventajas y desventajas, y su selección depende del decisor y las características de la problemática planteada.
- Brinda la posibilidad de seleccionar aquellas causas o alternativas más representativas a través de la utilización del Principio de Pareto.
- Se obtiene como resultado final un listado de alternativas ordenadas según el método o los métodos utilizados.

Limitaciones:

- El modelo no incluye métodos de análisis multicriterios de toma de decisiones que permita la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión.
- El modelo no brinda la posibilidad de seleccionar los expertos mejores calificados para participar en las valoraciones a las alternativas del método Delphi.
- El modelo no permite evaluar las decisiones tomadas para contribuir a una retroalimentación del proceso de toma de decisiones.

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DEL MODELO

En el presente capítulo se analiza los resultados obtenidos luego de la aplicación del modelo propuesto en la versión actual del sistema GESPRO v13.05. Además se valida el modelo propuesto y se comparan los resultados de los distintos métodos matemáticos propuestos con un patrón real. La validación se realiza a través de un pre-experimento que se aplica al modelo propuesto sobre la muestra seleccionada. Por último, se realiza un análisis económico y social de la propuesta desarrollada a través de comparaciones con herramientas alternativas existentes en el mercado internacional.

3.1 Análisis del modelo aplicado

Para evaluar el potencial del modelo aplicado, se realizaron comparaciones respecto a las variables independientes y dependientes. Para el análisis de los resultados respecto a las variables independientes y dependientes se tuvieron en cuenta diferentes indicadores que fueron comparados permitiendo con ello dar una valoración por cada caso.

3.1.1 Análisis de resultados respecto a la variable independiente

Para efectuar el análisis de la variable independiente del modelo para la toma de decisiones en los proyectos de software basado en los criterios de expertos se realizó una comparación del sistema GESPRO v13.05 integrando el modelo propuesto con un grupo de 15 herramientas (ver tabla 3) seleccionadas de gestión de proyectos utilizadas mundialmente. (56) En la comparación se señala si en la misma se encuentran funcionalidades tales como:

- (1) Funcionalidad: recopilación de soluciones para un determinado problema de gestión de proyectos emitidas por expertos en un área del conocimiento.
- (2) Funcionalidad: ponderación en valores numéricos de las soluciones a problemas de gestión de proyectos de acuerdo a su nivel de importancia.
- (3) Funcionalidad: utilización de métodos matemáticos (Maximin, Maximax, Laplace, Hurwicz, López) para ordenar prioritariamente soluciones.
- (4) Funcionalidad: Utilización de una Estrategia Cooperativa para la toma de decisiones.
- (5) Funcionalidad: Selección de soluciones dominantes de un problema a través del Principio de Pareto.

Tabla. 3 Comparación de GESPRO 13.05 con otras herramientas de gestión de proyectos (del autor).

No.	Herramienta de Gestión de Proyecto	1	2	3	4	5	Total
1	GESPRO v12.05	-	-	-	-	-	0
2	GESPRO v13.05	X	X	X	X	X	5
3	Tenrox	-	-	-	-	-	0
4	Daptiv PPM	-	-	-	-	-	0
5	DotProject	-	-	-	-	-	0

6	AtTask	-	-	-	-	-	0
7	Clarizen	-	-	-	-	-	0
8	Genius Project	-	-	-	-	-	0
9	Comindwork	-	-	-	-	-	0
10	Project Management Jetpack	-	-	-	-	-	0
11	MS Project	-	-	-	-	-	0
12	B-kin Project Monitor	-	-	-	-	-	0
13	LiveProject	-	-	-	-	-	0
14	PlanningForce	-	-	-	-	-	0
15	Assembla	-	-	-	-	-	0

En la tabla comparativa se aprecia que ninguna de las herramientas de gestión de proyectos utilizadas mundialmente presenta funcionalidades para la ayuda a la toma de decisiones basado en criterios de expertos y la generalidad de ellas su planificación se centra en las diferentes áreas de la gestión de proyectos. A partir de la investigación realizada se determinó que es necesario contemplar dichas funcionalidades para poder ayudar en la toma de decisiones en los proyectos, priorizar los criterios de mayor impacto que influyen en el éxito o fracaso de un proyecto y determinar el índice de prioridad y orden de ejecución de los mismos.

Entre las ventajas obtenidas respecto al modelo propuesto y a los diferentes modelos de toma de decisiones en grupo visto con anterioridad, se tiene que se definieron seis etapas y seis métodos matemáticos a utilizar para la comparación y selección de las diferentes alternativas.

3.1.2 Análisis de resultados respecto a las variables dependientes

Las variables dependientes propuestas son:

- Mejora en la toma de decisiones en la selección de alternativas y criterios en el análisis de factibilidad en GESPRO.
- Mejora en la toma de decisiones en la priorización de proyectos en GESPRO.
- Mejora en la toma de decisiones en la obtención de alternativas y criterios en la selección de recursos humanos en GESPRO.

Para realizar el análisis de estas variables se realizó una comparación entre la versión 12.05 de GESPRO con la versión actual la 13.05, donde los indicadores para la evaluación son las propias variables.

Tabla. 4 Comparación entre versiones de GESPRO respecto a variables dependientes (del autor).

Indicador	GESPRO v12.05	GESPRO v13.05
Incluye métodos que ayudan en la selección de criterios de	No	Si

mayor impacto que influyen en el éxito o fracaso de un proyecto (I1).		
Incluye métodos que ayudan a determinar el índice de prioridad y un orden de ejecución para los proyectos de software (I2).	No	Si
Incluye métodos que ayudan en la obtención de alternativas y criterios en la selección de recursos humanos (I3).	No	Si

Como se aprecia en la figura 11 de comparación la versión actual del sistema 13.05 supera en todos los indicadores referidos a la toma de decisiones de la versión 12.05.

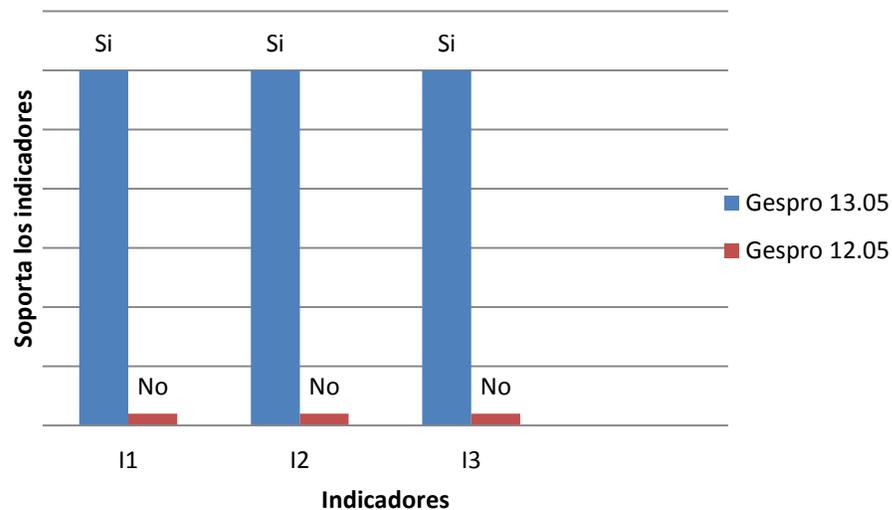


Figura.11: Comparación de versión 12.05 y 13.05 de GESPRO respecto a las variables dependientes (del autor).

3.1.3 Conclusiones parciales del análisis del modelo planteado.

Con la implementación del modelo propuesto en la versión 13.05 de la suite GESPRO se supera otras herramientas de gestión de proyectos porque incluye funcionalidades que ayuda a la toma de decisiones en las diferentes etapas de los proyectos de software.

Además se evidencia una mejora significativa al incorporar estas funcionalidades al sistema para ayudar en la toma de decisiones, donde se incluyen métodos matemáticos como: Maximin, Maximax, Laplace y Hurwicz, así como una estrategia cooperativa que engloba los resultados de todos estos métodos matemáticos y también el método López. Además es importante destacar la inclusión al sistema de la selección de las soluciones dominantes de un problema determinado.

3.2 Validación del modelo

Para la validación de la propuesta realizada se consideraron como muestra los proyectos que se describen a continuación:

- **SERWAP**

Este proyecto tiene como objetivo realizar un servidor de aplicaciones WAP que proveerá un conjunto de servicios que serán montados sobre una red inalámbrica TETRA. (37)

- **MONTETRA**

El alcance de esta solución abarca el desarrollo de una nueva versión de la herramienta de monitorización de interfaz aire, Monitoreo de Redes Tetras (MONTETRA). Esta nueva versión a desarrollar incluirá las funcionalidades ya existentes en la Herramienta logger para terminales TETRA (TTLT) y PEdit, además de otras nuevas funcionalidades. (37)

- **TETSCADA**

El alcance de esta solución abarca el diseño de un dispositivo conversor de alta disponibilidad que sirva como transporte entre los equipos industriales y Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA). El dispositivo será gestionado por un firmware que garantizará, la comunicación entre las interfaces PEI y las que permiten acceder a las redes de campo de la automatización. (37)

- **ALFAOMEGA**

El propósito de este proyecto es documentar e implementar, utilizando tecnología libre, una Plataforma Digital y los Contenidos Educativos que serán publicados en la misma, con el objetivo de conformar un Software educativo que servirá de ayuda a los docentes mexicanos. (37)

- **Humanización Penitenciaria**

Esta solución abarca la realización del Sistema de Gestión Penitenciaria (SIGEP) en su versión v.2.1, el completamiento del equipamiento ofimático, mobiliario y redes para el despliegue de las sedes penitenciarias pactadas en esta fase del contrato. (37)

- **Prioridad general de proyectos**

El objetivo de este proyecto es obtener una prioridad general de los proyectos descritos anteriormente que permita un orden de ejecución de ellos.

- **Portales del MINTUR**

Esta solución abarca la creación de portales especializados en la promoción del turismo cubano, que contenga especificaciones de los distintos destinos turísticos del país donde se muestren las bondades y particularidades de cada uno de ellos.

- **Selección de competencias en el departamento SWMI.**

El proyecto surge por la necesidad de ordenar los indicadores para medir las competencias y habilidades para la selección de programadores en el departamento Software Médico Imagenológico (SWMI) del Centro CESIM de la UCI.

3.2.1 Resumen de las muestras

Los expertos seleccionados para la evaluación fueron proporcionados por los mismos proyectos. A continuación se muestra una tabla resumen de las muestras utilizadas.

Tabla. 5 Resumen de las muestras utilizadas (del autor).

Proyecto	Tipo	Criterios	Expertos	Datos
MONTETRA	Factibilidad de Proyectos	27	8	Anexo 2 y 3
SERWAP	Factibilidad de Proyectos	27	8	Anexo 2 y 4
TETSCADA	Factibilidad de Proyectos	27	8	Anexo 2 y 5
ALFAOMEGA	Factibilidad de Proyectos	27	8	Anexo 2 y 6
Humanización Penitenciaria	Factibilidad de Proyectos	27	8	Anexo 2 y 7
Prioridad general de proyectos	Evaluación de proyectos	5	5	Anexo 8
Portales del MINTUR	Factibilidad de Proyectos	21	7	Anexo 9 y 10
Selección de competencias en el departamento SWMI	Evaluación de recursos humanos	22	7	Anexo 11 y 12

3.2.2 Proceso de evaluación

Para llevar a efecto el proceso de evaluación se utilizó la herramienta GESPRO v13.05 que implementa como un componente más el modelo propuesto. Se realizó el proceso con cada una de las muestras seleccionadas, donde se obtuvo a partir de la ponderación de los criterios por parte de los expertos los diferentes resultados después de aplicar los métodos matemáticos.

El resultado de cada muestra por el sistema es comparado con los resultados reales del proyecto (patrón ideal) para conocer el grado de precisión de la herramienta con respecto a la realidad. Para establecer la relación de semejanza entre lo arrojado por el sistema y la realidad es necesario medir la distancia entre uno y otro. La

distancia es el grado o cantidad de separación entre dos puntos, líneas superficies u objetivos. (57) Como medida de distancia se utilizó la siguiente formula:

$$D = |Rc - Sc|$$

Dónde: D= distancia entre el patrón ideal y un método específico.

Rc = Orden de criterio del patrón experto.

Sc = Orden de criterio del método matemático.

Esta técnica está basada en el concepto de que una muestra seleccionada debe tener la distancia más corta hacia la solución ideal.

Para realizar el análisis de los resultados obtenidos primeramente se aplica el test de Friedman, con el objetivo de conocer si existen diferencias significativas en la muestra y minimizar la cantidad de pruebas a realizar de ser significativas estas diferencias. Seguidamente, se aplica el test de Wilcoxon a dos muestras relacionadas en busca de la muestra o muestras que difieren con el patrón ideal. En ambas pruebas se utilizará el método de Monte Carlo para un 99% de intervalo de confianza y las distancias del patrón ideal a los métodos. Para la ejecución de estos test se utilizó la herramienta SPSS. (58) (59)

Las distintas muestras son clasificadas de acuerdo a sus resultados:

- Grupo 1 (Muestras positivas): Son aquellas que arrojan los mismos resultados que la realidad (patrón experto).
- Grupo 2 (Muestras negativas): Son aquellas que no arrojan los mismos resultados que la realidad (patrón experto).

3.2.1 Análisis de los resultados de la validación del modelo

A continuación se muestran los resultados arrojados por los test de cada muestra y son analizados los mismos.

Experimento 1 Muestra MONTETRA

La figura 12 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 12 b la tabla con la puntuación media.

N				27
Chi-Square				112.071
df				5
Asymp. Sig.				.000
Monte Carlo Sig.				.000
Sig.	99% Confidence	Lower Bound		.000
	Interval	Upper Bound		.000

a. Friedman Test

Figura. 12 a: Test Friedman de la muestra MONTETRA

	Mean Rank
MaxMin	2.89
MaxMax	3.07
Hurwicz	3.26
Laplace	2.89
Lopez	6.00
Cooperativo	2.89

Figura. 12 b: Test Friedman puntuación media

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método Hurwicz al método López como se muestra en la figura 13. Esto implica que el método López no arroja los resultados esperados en este proyecto.

			Lopez - Hurwicz
Z			-4.554 ^a
Asymp. 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 299883525.

Figura. 13: Test Wilcoxon de la muestra MONTETRA (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [Maxmin, MaxMax, Hurwicz, Laplace, Cooperativo]

Grupo 2: [López]

Constituyendo las positivas el 83.33%.

Experimento 2 Muestra SERWAP

La figura 14 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 14 b la tabla con la puntuación media.

N	27		
Chi-Square	100.972		
df	5		
Asymp. Sig.	.000		
Monte Carlo Sig.	Sig.	.000	
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.000
		Upper Bound	.000

a. Friedman Test

Figura. 14 a: Test Friedman de la muestra SERWAP (SPSS)

	Mean Rank
MaxMin	2.94
MaxMax	3.24
Hurwicz	3.02
Laplace	2.96
Lopez	5.89
Cooperativo	2.94

Figura. 14 b: Test Friedman puntuación media muestra SERWAP (SPSS)

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método MaxMax al

método López como se muestra en la figura 15. Esto implica que el método López no arroja los resultados esperados en este proyecto.

Test Statistics^{b,c}

			Lopez - MaxMax
Z			-4.352 ^a
Asymp. 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 624387341.

Figura. 15: Test Wilcoxon de la muestra SERWAP (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [Maxmin, MaxMax, Hurwicz, Laplace, Cooperativo]

Grupo 2: [López]

Constituyendo las positivas el 83.33%.

Experimento 3 Muestra TETSCADA

La figura 16 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 16 b la tabla con la puntuación media.

Test Statistics^a

N			27
Chi-Square			115.163
df			5
Asymp. Sig.			.000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	.000
		Upper Bound	.000

a. Friedman Test

Figura. 16 a: Test Friedman de la muestra TETSCADA (SPSS)

Ranks

	Mean Rank
MaxMin	2.94
MaxMax	3.13
Hurwicz	2.94
Laplace	3.17
Lopez	5.87
Cooperativo	2.94

Figura. 16 b: Test Friedman puntuación media muestra TETSCADA (SPSS)

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método Laplace al método López como se muestra en la figura 17. Esto implica que el método López no arroja los resultados esperados en este proyecto.

Test Statistics^{b,c}

				Lopez - Laplace
Z				-4.440 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)				.000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
				.000
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
				.000

a. Based on negative ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 754262874.

Figura. 17: Test Wilcoxon de la muestra TESTCADA (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [Maxmin, MaxMax, Hurwicz, Laplace, Cooperativo]

Grupo 2: [López]

Constituyendo las positivas el 83.33%.

En este experimento el método Cooperativo dio resultados idénticos al patrón ideal.

Experimento 4 Muestra ALFAOMEGA

La figura 18 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 18 b la tabla con la puntuación media.

Test Statistics^a

N				27
Chi-Square				44.678
df				5
Asymp. Sig.				.000
Monte Carlo Sig.	Sig.			.000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	Upper Bound	.000
				.000

a. Friedman Test

Ranks

	Mean Rank
MaxMin	3.50
MaxMax	3.98
Hurwicz	2.67
Laplace	2.35
Lopez	5.17
Cooperativo	3.33

Figura. 18 a: Test Friedman de la muestra ALFAOMEGA (SPSS)

Figura. 18 b: Test Friedman puntuación media muestra ALFAOMEGA (SPSS)

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método Cooperativo al método MaxMin como se muestra en la figura 19. Esto implica que los métodos MaxMin, MaxMax y López no arrojan los resultados esperados en este proyecto.

N				27
Chi-Square				44.678
df				5
Asymp. Sig.				.000
Monte Carlo Sig.				.000
Sig.	99% Confidence Interval	Lower Bound		.000
		Upper Bound		.000

a. Friedman Test

Figura. 19: Test Wilcoxon de la muestra ALFAOMEGA (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [Hurwicz, Laplace, Cooperativo]

Grupo 2: [MaxMin, MaxMax, López]

Constituyendo las positivas el 50%.

Experimento 5 Muestra Humanización Penitenciaria

La figura 20 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 20 b la tabla con la puntuación media.

N				27
Chi-Square				67.231
df				5
Asymp. Sig.				.000
Monte Carlo Sig.				.000
Sig.	99% Confidence Interval	Lower Bound		.000
		Upper Bound		.000

a. Friedman Test

Figura. 20 a: Test Friedman de la muestra Humanización Penitenciaria (SPSS)

	Mean Rank
MaxMin	3.20
MaxMax	2.91
Hurwicz	2.94
Laplace	2.54
Lopez	5.87
Cooperativo	3.54

Figura. 20 b: Test Friedman puntuación media muestra Humanización Penitenciaria (SPSS)

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método Cooperativo al método López como se muestra en la figura 21. Esto implica que el método López no arroja los resultados esperados en este proyecto.

Test Statistics^{b,c}

			Cooperativo - Lopez
Z			-4.509 ^a
Asymp. 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 positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 926214481.

Fig.ura 21: Test Wilcoxon de la muestra ALFAOMEGA (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [MaxMax, Hurwicz, Laplace, Cooperativo,MaxMin]

Grupo 2: [López]

Constituyendo las positivas el 83.33%.

Experimento 6 Muestra Prioridad general de proyectos

La figura 22 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 22 b la tabla con la puntuación media.

Test Statistics^a

N				5
Chi-Square				9.615
df				5
Asymp. Sig.				.087
Monte Carlo Sig.	Sig.			.077
	99% Confidence Interval	Lower Bound		.070
		Upper Bound		.084

a. Friedman Test

Figura. 22 a: Test Friedman de la muestra Prioridad general de proyectos (SPSS)

Ranks

	Mean Rank
MaxMin	2.50
MaxMax	4.50
Hurwicz	3.50
Laplace	3.50
Lopez	4.50
Cooperativo	2.50

Figura. 22 b: Test Friedman puntuación media muestra Prioridad general de proyectos (SPSS)

Los valores superiores a 0.05 obtenidos indicaron que no hay diferencias significativas en las muestras. Esto implica que los resultados arrojados por los métodos son aceptados en este proyecto.

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [MaxMin, Hurwicz, Laplace, Cooperativo, MaxMax y López]

Grupo 2: Vacío

Constituyendo las positivas el 100%.

En este experimento el método Cooperativo dio resultados idénticos al patrón ideal.

Experimento 7 Muestra Portales del MINTUR

La figura 23 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 23 b la tabla con la puntuación media.

N				5
Chi-Square				9.615
df				5
Asymp. Sig.				.087
Monte Carlo Sig.				.077
Sig.	99% Confidence Interval	Lower Bound		.070
		Upper Bound		.084

a. Friedman Test

Figura. 23 a: Test Friedman de la muestra Portales del MINTUR(SPSS)

	Mean Rank
MaxMin	2.50
MaxMax	4.50
Hurwicz	3.50
Laplace	3.50
Lopez	4.50
Cooperativo	2.50

Figura. 23 b: Test Friedman puntuación media muestra Portales del MINTUR (SPSS)

Los valores superiores a 0.05 obtenidos indicaron que no hay diferencias significativas en las muestras. Esto implica que los resultados arrojados por los métodos son aceptados en este proyecto.

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [MaxMin, Hurwicz, Laplace, Cooperativo, MaxMax y López]

Grupo 2: Vacío

Constituyendo las positivas el 100%.

En este experimento el método Cooperativo dio resultados idénticos al patrón ideal.

Experimento 8 Muestra Selección de competencias en el departamento SWMI

La figura 24 a muestra los resultados de la aplicación del test de Friedman para la muestra seleccionada y la figura 24 b la tabla con la puntuación media.

N				22
Chi-Square				44.782
df				5
Asymp. Sig.				.000
Monte Carlo Sig.				.000
Sig.	99% Confidence Interval	Lower Bound		.000
		Upper Bound		.000

a. Friedman Test

Figura. 24 a: Test Friedman de la muestra Selección de competencias en el departamento SWMI (SPSS)

	Mean Rank
MaxMin	4.05
MaxMax	3.68
Hurwicz	3.73
Laplace	4.14
Lopez	1.27
Cooperativo	4.14

Figura. 24 b: Test Friedman puntuación media muestra Selección de competencias en el departamento SWMI (SPSS)

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en las muestras, se orden los valores de la puntuación media de menor a mayor y se aplica el test de Wilcoxon a cada par de las muestras ordenadas. Los valores inferiores a 0.05 indicaron que hay diferencias significativas del método López al

método MaxMax como se muestra en la figura 25. Esto implica que los métodos MaxMax, MaxMin, Hurwicz, Laplace y Cooperativo no arrojan los resultados esperados en este proyecto.

Test Statistics^{b,c}

			Lopez - MaxMax
Z			-3.728 ^a
Asymp. 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 positive ranks.

b. Wilcoxon Signed Ranks Test

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

Figura. 25: Test Wilcoxon de la muestra ALFAOMEGA (SPSS)

La clasificación de las muestras para este caso sería:

Grupo 1: [López]

Grupo 2: [MaxMin, Hurwicz, Laplace, Cooperativo, MaxMax]

Constituyendo las positivas el 16.66%.

Conclusiones parciales del análisis de la aplicación del modelo

En el epígrafe se realizó una comparación de los resultados de la aplicación del modelo con resultados reales de los proyectos utilizados en la muestra. El método Cooperativo propuesto proporcionó resultados positivos, coincidiendo con el real en la mayoría de los casos lo que demuestra la efectividad de la herramienta implementada.

El método López solo dio resultado real en algunas de las muestras donde el criterio de los expertos fue más significativamente disperso. Las valoraciones que los expertos habían dado en las muestras que evaluamos son bajas teniendo en consideración el rango de valores entre 0-1 que procesan los modelos matemáticos propuestos incluido el López. Con ello demostramos la validez de este método en cuya concepción está no discriminar valoraciones de los expertos. Este método debe ser utilizado fundamentalmente en valoraciones de problemáticas de índole estratégico donde el nivel de incertidumbre y la dispersión de las valoraciones de los expertos suele ser alta.

3.3 Incidencia económica y social de la propuesta

A continuación se realiza una comparación a partir del costo y de la licencia de herramientas para la toma de decisiones en busca de herramientas alternativas para nuestra propuesta (ver tabla 6).

Tabla. 6 Herramientas alternativas de toma de decisiones.

Herramientas	Descripción	Costo	Licencia	Sistema Operativo
Expert Choice	Software para la toma de decisiones basado en opiniones de experto. Asiste a los decisores organizando la información relacionada a la complejidad del problema en un modelo jerárquico consistente de un objetivo, escenarios posibles, criterios y alternativas. (60)	\$ 2500 USD mensuales	Privativa	Windows
MindDecider	Software avanzado de toma de decisiones para uso empresarial. Está diseñado para hacer decisiones de la empresa de forma rápida y razonable. (61)	\$275 Personal Edition \$1999 Team Edition	Privativa	Windows
V.I.S.A Decisions	Software web de toma de decisiones multicriterio. Utiliza metodología MCDM, respaldada por décadas de investigación. (62)	\$495 Standard \$395 Upgrades	Privativa	-
Syncopation Software: DPL 8	Software de apoyo a la toma de decisiones para el mundo real: análisis de decisiones, análisis de riesgos y análisis del árbol de decisiones basado en valoración de opciones. Cuenta de 3 productos: Direct, Professional y Enterprise. (63)	Licencia por usuario y producto: \$795 Direct \$1195 Professional \$1595 Enterprise	Privativa	Windows
TreeAge Pro	TreeAge Pro es el líder en herramientas de modelado visual, permite construir y analizar	\$1695 Standard Licence	Privativa	Windows, Unix, MacOS

	árboles de decisión para estudiar cualquier tipo de problema. (64)			
Oracle Crystal Ball	Suite de herramientas para el análisis de proyecciones para tomar decisiones. Con Crystal Ball es posible tomar las decisiones tácticas correctas para alcanzar sus objetivos y obtener una ventaja competitiva, incluso en las condiciones de mercados inciertos. (65)	\$995+\$218.90 de un año de soporte	Privativa	Windows

En la comparación se evidencia que todas tienen licencia privativa y muy altos costos (ver figura 26) lo que es muy difícil adquirirlas por nuestro país. Además estos tipos de herramientas tienen restricciones de la cantidad de usuarios que pueden utilizarla y por qué tiempo, lo que significa una nueva inversión para renovar y adquirir nuevas licencias para su uso. Por otra parte vemos que la mayoría utiliza el sistema operativo Microsoft Windows y no soluciones libres como Linux, que es por lo que está abogando la universidad y el país.

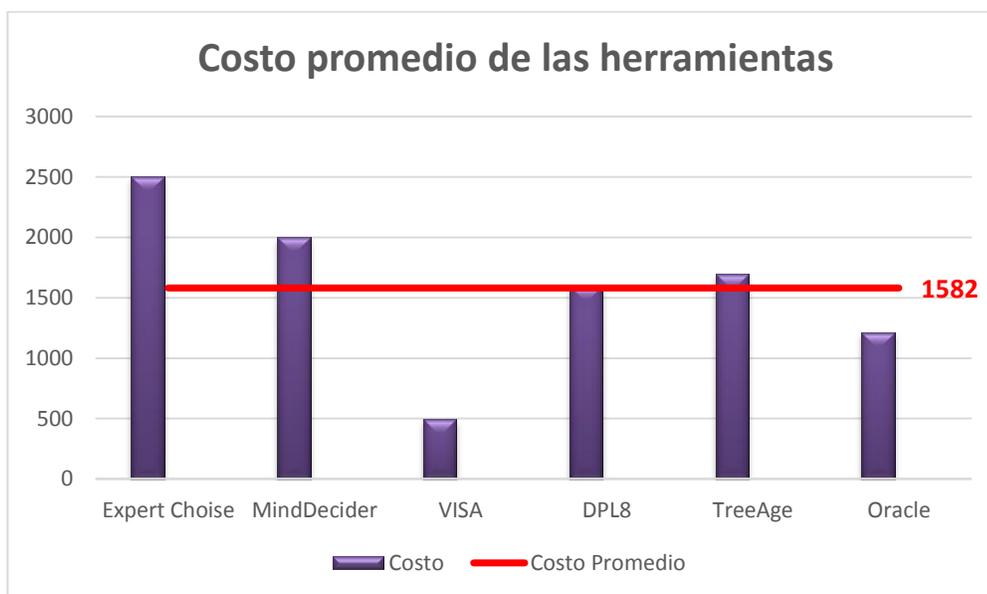


Figura. 26: Costo promedio de las herramientas alternativas de toma de decisiones (del autor)

También se realizó el cálculo del costo del esfuerzo para el desarrollo e implementación del modelo propuesto en la suite GESPRO v13.05 a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Costo} = \text{Cantidad de especialistas} * \text{Cantidad de meses de trabajo} * \text{Salario mensual}$$

El costo calculado se muestra en la tabla 7, teniendo en consideración que un especialista gana 6 pesos la hora y trabaja 24 días al mes. Se aprecia que al comparar los costos del modelo propuesto con el de las herramientas antes mencionadas, este es mucho menor y constituye un importante ahorro.

Tabla. 7 Costo del desarrollo e implementación del modelo propuesto.

Especialistas	Meses	Salario	Costo (CUP)	Costo (CUC)
2	2	1152,00	4 608,00	184,32

En las condiciones actuales de desarrollo socioeconómico de nuestro país se impone resistir y avanzar bajo los principios que inspiran a nuestra Revolución Socialista. Esto presupone, dentro de las limitaciones actuales, buscar nuevas formas organizativas, métodos y estilos de dirección de la economía, que maximice la utilización de los recursos de que disponemos y nos permita salir en este período más desarrollado. En el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba se aprobó los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, para actualizar el modelo económico cubano, con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo, el desarrollo económico del país y la elevación del nivel de vida de la población. (66)

El modelo propuesto responde al Modelo de Gestión Económica y a los lineamientos de la esfera empresarial, en los puntos 7, 12 y 13. Constituye un instrumento para lograr empresas más eficientes y eficaces en el manejo de sus recursos y en la toma de decisiones.

La utilización de la herramienta propuesta tiene un impacto positivo, incide fundamentalmente en la ayuda a la mejora de la toma de decisiones en la selección de alternativas y criterios en los análisis de factibilidad, selección de recursos humanos y priorización de proyectos. Además está basada en tecnologías libres, desarrollada en Cuba, que puede ser mejorada; tiene garantizado soporte técnico y ahorra al país recursos financieros al no tener que adquirirla a precios cada día mayor en el mercado.

3.4 Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se presenta la utilización del modelo en el Paquete de Gestión de Proyectos GESPRO versión 13.05. Del análisis de los resultados se llegan a las siguientes conclusiones:

- Se validó el modelo propuesto en la plataforma de gestión de proyectos GESPRO v13.05 con resultados satisfactorios y demostró la potencialidad del mismo.

- La aplicación del modelo propuesto en el GESPRO v13.05 permitió incorporar al sistema facilidades para la ayuda en la toma de decisiones en la comparación y selección de alternativas en los análisis y evaluaciones de los proyectos de software.
- La herramienta desarrollada permite sustituir importaciones al país ya que no es necesario adquirir herramientas alternativas de toma de decisiones las cuales son privativas y presentan altos costos de adquisición y de soporte.
- Se propone la utilización del método Cooperativo de toma de decisiones (creado por el autor) para la comparación y selección de las diferentes alternativas en los diferentes escenarios, que combina los resultados de los demás métodos matemáticos propuestos.
- La utilización del método López será utilizado donde el nivel de incertidumbre y dispersión de las valoraciones por los expertos sea alto.

CONCLUSIONES

- El estudio de los referentes teóricos de la investigación demostró la necesidad de utilizar un método de experto para la toma de decisiones en los proyectos, así como la implementación de un modelo que se ajuste a las características de GESPRO para integrar técnicas de evaluación por criterio de expertos que ayude a la toma de decisiones en los diferentes análisis y evaluaciones que se realizan en los proyectos de software.
- Este modelo de toma de decisiones, a partir de la valoración de criterios por expertos y la selección de métodos matemáticos permite establecer criterios de mayor impacto que influyen en el éxito o fracaso de un proyecto, determinar el índice de prioridad y orden de ejecución para los proyectos de software, así como ordenar los indicadores de competencias en la selección de los recursos humanos de los proyectos.
- Se implementaron 6 métodos matemáticos para la comparación y selección de alternativas en diferentes escenarios y otro método para la obtención de solo aquellas alternativas más representativas del resto.
- La estrategia cooperativa implementada permite la mejora en la selección de las alternativas y la calidad de las decisiones a tomar al combinar los resultados de todos los métodos matemáticos propuestos.
- La integración de este modelo a la plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO v13.05, permitió comparar los resultados obtenidos con resultados reales de los proyectos evaluados, arrojando en todos los casos resultados satisfactorios.
- Con el desarrollo de estas nuevas funcionalidades a la Plataforma de Gestión de Proyectos GESPRO v13.05 se robustece la misma y se mejoró la capacidad de ayuda a la toma de decisiones, contribuyendo de esta forma a poseer herramientas que afianzan la independencia tecnológica en esta importante actividad en la gestión eficiente de proyectos.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de mejorar el modelo propuesto se recomienda:

- Que las nuevas funcionalidades incorporadas a GESPRO v 13.05 sean utilizadas por los órganos de dirección de la actividad productiva en la Universidad para elevar la eficiencia en la gestión de proyectos.
- Incluir nuevos métodos de análisis multicriterios de toma de decisiones que permitan la evaluación de un conjunto de alternativas en términos de un conjunto de criterios de decisión.
- Adicionar una nueva etapa al modelo que permita evaluar las decisiones tomadas para contribuir a la necesaria etapa de retroalimentación del proceso de toma de decisiones. Se deben generar bases de conocimientos para tenerlas en consideración en evaluaciones futuras de situaciones con similares características.
- Brindar la posibilidad de seleccionar los expertos mejores calificados a participar en el método Delphi, según el coeficiente de competencia de los expertos.
- Extender la utilización a otras actividades de la gestión de proyectos como selección y gestión de proveedores, gestión de clientes, gestión de compras y evaluación de negocios, entre otras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Donald C. Mosley, León C. Legginson, Paul H Pietri.** Supervisión: la práctica del empowerment, desarrollo de equipos de trabajo y su motivación. [Online] 2005. D.F, México.
<http://books.google.com.cu/books?id=umXR5KtM4jsC&printsec=frontcover&dq=Supervisi%C3%B3n:+la+pr%C3%A1ctica+del+empowerment,+desarrollo+de+equipos+de+trabajo+y+su+motivaci%C3%B3n.&hl=es-419&sa=X&ei=1qKRUYLKAx4AOn2IGABg&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=Supervi>. ISBN: 970-686-456-3.
2. **Pereña Brand, Jaime.** Dirección y Gestión de Proyectos. [Online] 2008. Argentina. ISBN: 8479782498.
3. **Kerzner, Harold.** Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. [Online] 2013. Eleventh Edition.
<http://books.google.com.cu/books?id=QgQQC5qRtzcC&printsec=frontcover&dq=Project+Management:+A+Systems+Approach+to+Planning,+Scheduling,+and+Controlling.&hl=es-419&sa=X&ei=iJ-RUazHGNHIOAHY5YH4Cg&ved=0CDEQ6AEwAA>.
4. **Drc. Pedro Yobanis Piñero, Drc. Roberto Delgado, otros.** Manual de Usuario, paquete de herramientas para la gestión de proyectos, Gespro 12.05. [Online] Enero 2012. La Habana, Cuba.
http://gespro.maestriagp.prod.uci.cu/attachments/download/586/2012_05_10_Manual-GESPRO_Tomo_I.pdf.
5. **PMI, E.E.U.U.** *PMBOK Edición 2008, Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Cuarta Edición. 2008. Pennsylvania, USA.
6. **Lewis, James P.** Fundamentals of Project Management. [Online] 2007. Broadway, New York.
<http://books.google.com.cu/books?id=3RgL2dSpHFgC&printsec=frontcover&dq=Fundamentals+of+Project+Management&hl=es-419&sa=X&ei=b1-RUfa2O6j00GHsoG4Bw&ved=0CDQQ6AEwAA>. ISBN: 978-0-8144-0879-7.
7. **PMI, E.E.U.U.:** *PMBOK Edición 2004, Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Tercera Edición. 2004. Pennsylvania, USA .
8. **Schwalbe, Kathy.** Information Technology Project Management. [Online] 2010. Minnesota, USA. ISBN: 9780324788556.
9. **Kousholt, Bjarne.** Project Management. [Online] 2007. Denmark.
<http://books.google.com.cu/books?id=eNjew8xVHwMC&printsec=frontcover&dq=Project+Management.&hl=es-419&sa=X&ei=vJ6RUYDaL5an4AO81YAo&ved=0CFAQ6AEwBA>. ISBN: 978-87-571-2603-7.
10. **Bert Hedeman, Gabor Vis van Heemst,H. Fredriksz.** Project Management: Based on PRINCE2. [Online] 2009. Scotland.
<http://books.google.com.cu/books?id=leBsPqVs5mwC&printsec=frontcover&dq=Project+Management:+Based+on+PRINCE2&hl=es-419&sa=X&ei=xqCRUfn1F-Ho0QGd8ICQAQ&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=Project%20Management%3A%20Based%20on%20PRINCE2&f=false>. ISBN: 978-90-8753-496-7.
11. PRINCE2. [Online] 2013. Reino Unido. <http://www.prince2.com/what-is-prince2.asp>.
12. **Hinde, David.** Prince2 Study Guide. [Online] 2012. Great Britain. ISBN: 978-1-119-97078-1.

13. **Garzaro, Manuel Guillén.** Revista Electrónica Ingeniería Primero, Metodología para control de proyectos PRINCE2. [Online] 2008. Guatemala. http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_09_SIS01.pdf.
14. **Basu, Ron.** Managing Project Supply Chains. [Online] 2012. England. http://books.google.com.cu/books?id=hZh_YgA1Aj4C&printsec=frontcover&dq=Managing+Project+Supply+Chains.&hl=es-419&sa=X&ei=HmaRUZbJMc-y4APto4HgAg&ved=0CDQQ6AEwAA#v=onepage&q=Managing%20Project%20Supply%20Chains.&f=false. ISBN: 978-1-4094-2515-1.
15. **Jones, Richard.** Project Management Survival, A practical guide to leading, managing& delivering challenging projects. [Online] 2007. Philadelphia, USA. ISBN: 978-0-7494-5010-6.
16. **ISO.** *Quality management systems- Guidelines for quality management in projects.* Segunda Edición. 2003. Switzerland.
17. **Bucero, Alfonso.** Project Management en España: Informe mensual. [Online] 2012. [Cited: Abril 23, 2012.] <http://pmworldtoday.net/library/RegionalReports/2012/PDFs/jan/RR-SPAIN-SPANISH.pdf>.
18. **Mena, Ángel Isidro.** Boletín del Capitulo Madrid del Project Management Institute. [Online] Marzo 2012. Madrid, España. http://www.pmi-mad.org/pmimsc/images/boletines/boletin_pmimsc_2012_03.pdf.
19. **ISO.** ISO/FDIS 21500. *ISO.* [Online] 2013. Switzerland. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=50003.
20. **Gasiorowski Denis, Elizabeth.** New ISO standard on project management. *ISO.* [Online] 10 10, 2012. [Cited: 11 22, 2012.] Switzerland. http://www.iso.org/iso/home/news_index/news_archive/news.htm?refid=Ref1662.
21. **Antropov, Alexej.** Project Management Certification: a Critical Market Overview. [Online] 2011. Norderstedt, Germany. http://books.google.com.cu/books?id=2Tq1j5v_RT4C&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Project+Management+Certification:+a+Critical+Market+Overview.&source=bl&ots=ZlujEpWDb&sig=p4lrAHLXjKESjxyygCekXoluYE&hl=es-419&sa=X&ei=jJyRUb6VMMHo0gG404DgBw&ved=0CD4Q6AEwAg.
22. **IPMA.** ICB: IPMA Competence Baseline. *IPMA: International Project Management Association.* [Online] 2013. BD, Nijkerk, The Netherlands. <http://ipma.ch/resources/ipma-publications/ipma-competence-baseline/>.
23. **PMI.** Project Management Institute (PMI). [Online] 2013. Colorado, USA. <http://www.pmi.org/en/About-Us/About-Us-What-is-PMI.aspx>.
24. —. Project Management Institute. [Online] 2013. Colorado, USA. <http://www.coloradotech.edu/Degree-Programs/Project-Management-Institute>.
25. **Jordan, Lee.** Project Management with DotProject: Implement, Configure, Customize, and Maintain Your DotProject Installation. [Online] 2007. Birmingham, UK. <http://books.google.com.cu/books?id=DSEQbniMxh8C&printsec=frontcover&dq=Project+Management+with+DotProject:+Implement,+Configure,+Customize,+and+Maintain+Your+DotProject+Installation.&hl=es-419&sa=X&ei=O5-RUbHol8O90gGpnoCgBg&ved=0CDQQ6AEwAA>. ISBN: 978-1-847191-64-9.

26. **Redmine.** [Online] 2013. <http://www.redmine.org/>.
27. —. Redmine Arch Decisions Plugin. [Online] 2013. <http://www.redmine.org/projects/redmine/wiki/PluginArchDecisions>.
28. **Edgewall software.** Trac Integrated SCM & Project Management. *Welcome to the Trac Open Source Project*. [Online] 2013. [Cited: febrero 20, 2013.] <http://trac.edgewall.org/>.
29. **Microsoft.** Microsoft Project 2010. [Online] USA. <http://www.microsoft.com/project/en-us/product-information.aspx>.
30. **Richard Daft, Dorothy Marcic.** Introducción a la administración. [Online] 2010. <http://books.google.com.cu/books?id=1o6ccwPj5tIC&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+administraci%C3%B3n.&hl=es-419&sa=X&ei=FmSRUfS4BvXK4AOpwoCIAQ&ved=0CDEQ6AEwAA#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20Ola%20administraci%C3%B3n.&f=false>. ISBN: 607481032X.
31. **Cabrerizo Lorite, Francisco Javier.** *Nuevos Modelos de Toma de Decision en Grupo con Información Lingüística Difusa*. [Tesis Doctoral] Granada, España : s.n., Junio 2008. ISBN: 978-84-691-5527-1.
32. **P. Robbins, Stephen .** Comportamiento organizacional. [Online] 2004. México. <http://books.google.es/books?id=OWBokj2RqBYC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 970-26-0423-0.
33. **Hellriegel, Slocum.** Comportamiento organizacional. [Online] 2009. Santa Fe, México. http://books.google.com.cu/books?id=__g324XjZnWC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false. ISBN: 0-324-57872-5.
34. **Hitt, Michael A and Pérez de Lar, María Isabel .** Administración. [Online] 2006. [Cited: 12 10, 2012.] México. <http://books.google.com.cu/books?id=t8jx-iaNoEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 970-26-07-60-4.
35. **Hellriegel, Don, Jackson, Susan E and Slocum, John W.** Administración: un enfoque basado en competencias. [Online] 2005. <http://books.google.com.cu/books?id=FtSqK7xiCt8C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.
36. **Daft, Richard.** Teoría y diseño organizacional. [Online] 2007. [Cited: 12 17, 2012.] D.F, México. <http://books.google.com.cu/books?id=A5RHOrX2OjsC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>.
37. **Sánchez Tamayo, Karina.** *Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones*. [Tesis Maestría] Habana : s.n., 2010. La Habana, Cuba.
38. **Lugo García, José Alejandro.** *Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en indicadores y lógica borrosa*. [Tesis Maestría] Octubre 2012. Habana, Cuba.
39. **María de los Ángeles Gil, Fernando Giner de la Fuente.** Cómo Crear y Hacer Funcionar una Empresa: Conceptos e Instrumentos. [Online] 2010. Madrid, España. <http://books.google.com.cu/books?id=k9sSYdxSRp8C&pg=PP1&lpg=PP1&dq=C%C3%B3mo+Crear+y+Hacer+Fu>

ncionar+una+Empresa:+Conceptos+e+Instrumentos+edicion+8&source=bl&ots=CwJ4i-0k5q&sig=p-L01Q4gpZJJ8fCXiCt1-LCaA_s&hl=es-419&sa=X&ei=FFqRUendAvOq4AOgviHIBA&ved=0CDU. ISBN: 978-84-7356-676-6.

40. **Rojas, Francisco Abascal.** Cómo Se Hace un Plan Estratégico: La Teoría Del Marketing Estratégico. [Online] 2004. Madrid, España. <http://books.google.com/cu/books?id=i5-ZFyik1CQC&pg=PA458&lpg=PA458&dq=C%C3%B3mo+Se+Hace+un+Plan+Estrat%C3%A9gico:+La+Teor%C3%ADa+Del+Marketing+Estrat%C3%A9gico&source=bl&ots=o59MYsOv-w&sig=bSagDUwKzjYC6mKIE3ftah1Ecok&hl=es-419&sa=X&ei=gFqRUaDmPNGr4AOKmIG>. ISBN: 84-7356-377-8.

41. **C, R. Soto.** Boletín CIIAAS. [Online] 9 20, 2008. <http://ciias.org/pdf/meses/9%20jun%2008/boletin-ciias9062008.pdf>. 024.

42. **RODRIGUEZ SOSA, Jorge and ZEBALLOS, Molvina.** Evaluación de proyectos de desarrollo local. Enfoques, métodos y procedimientos. [Online] 2007. [Cited: Noviembre 12, 2012.] Lima, Perú. http://www.desco.org.pe/apc-aa-files/d38fb34df77ec8a36839f7aad10def69/libro_kellogg.pdf. ISBN: N2007-06520.

43. **Padilla, Marcial Córdoba.** Formulación y evaluación de proyectos. [Online] 2da, 2011. Bogotá, Colombia. ISBN_ 9586487008.

44. **Fábregas, Juan Llorens.** Gerencia de proyectos de tecnología de información. [Online] 2005. Caracas, Venezuela. ISBN: 980-388-186-8.

45. **Marante Valdivia, Marbys.** PROCESO PARA PLANEAR LA CARTERA DE SERVICIOS EN LA ADOPCIÓN DE UNA INICIATIVA SOA. [pdf] 2010. Tesis de Maestría. La Habana, Cuba..

46. **Nolberto, Munier.** Procedimiento fundamentado en la programación lineal para la selección de alternativas en proyectos de naturaleza compleja y con objetivos múltiples. *Programa de Doctorado en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales*. [Online] Septiembre 2011. Tesis Doctoral. Valencia, España. http://www.ingenio.upv.es/sites/default/files/tesis/TE47_1_Tesis-Nolberto.pdf.

47. **Peña Abreu, Marieta.** Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de. [Tesis Maestría] 2012. La Habana, Cuba.

48. **Córdoba Padilla, Marcial.** Formulación y evaluación de proyectos. [Online] 2006. Bogotá, Colombia. http://books.google.com/cu/books?id=6uEF8_NpPTUC&printsec=frontcover&dq=Formulaci%C3%B3n+y+evaluaci%C3%B3n+de+proyectos&hl=en&sa=X&ei=BCcoUcLHDuXh0gHdh4HgCg&redir_esc=y#v=onepage&q=Formulaci%C3%B3n%20y%20evaluaci%C3%B3n%20de%20proyectos&f=false. ISBN: 958-648-427-0.

49. **Toro Díaz, J.** Formulación y evaluación de proyectos. *Contribuciones a la Economía*. [Online] Mayo 2008. Málaga, España. <http://www.eumed.net/ce/2008b/jtd.htm>. ISSN: 16968360.

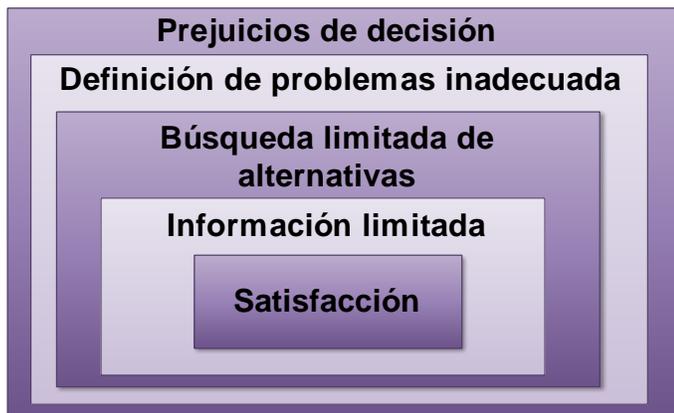
50. **Business, Harvard.** Toma de decisiones, para conseguir mejores resultados. [Online] 2006. España. http://books.google.com/cu/books?id=ab58g9_Z5CoC&printsec=frontcover&dq=Toma+de+decisiones,+para+conseguir+mejores+resultados.&hl=es&sa=X&ei=UKORUfT1KJaj4APwmoFg&ved=0CC8Q6AEwAA#v=onepage&q=Toma%20de%20decisiones%2C%20para%20conseguir%20mejores%20resultad. ISBN: 84-234-2448-0.

51. **Lawrence J. Gitman, Carl McDaniel.** El futuro de los negocios. [Online] 2006. DF, México.
<http://books.google.com/cu/books?id=28nfJ2713loC&printsec=frontcover&dq=El+futuro+de+los+negocios&hl=es-419&sa=X&ei=xV2RUyV3KuLJ0QGw8YDIBg&ved=0CDQQ6AEwAA>. ISBN: 970-686-478-4.
52. **Frutos Sastre, María Jesús, Granados Pérez, Raquel and Romero Burguillos, Remedios.** Disposición y venta de productos. [Online] 2012. Madrid, España.
<http://books.google.com/cu/books?id=Fe5EJVI7zroC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. ISBN: 978-84-9732-889-0.
53. **Luis Alegre, Carmen Galve Gorriz.** Fundamentos de economía de la empresa: perspectiva funcional. [Online] 2008. Barcelona, España.
54. **M.Weiers, Ronald.** Introducción a la estadística para negocios. [Online] 2006. D.F, México.
<http://books.google.com/cu/books?id=5Xwmc55iXoQC&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+la+estad%C3%ADstica+para+negocios.&hl=es-419&sa=X&ei=lWSRUb-qLeHk0gHzuYGwCg&ved=0CDQQ6AEwAA>. ISBN: 970-688-437-7.
55. **Barry Render, Michael E. Hanna.** Métodos cuantitativos para los negocios. [Online] 2006. México.
<http://books.google.com/cu/books?id=oNuXccZkWfIC&printsec=frontcover&dq=M%C3%A9todos+cuantitativos+para+los+negocios.&hl=es-419&sa=X&ei=u2aRUcDvD8W44APczICABg&ved=0CDwQ6AEwAQ>. ISBN: 9702607388.
56. Líder de Proyecto. [Online] [Cited: 2 12, 2013.] D.F, México.
<http://www.liderdeproyecto.com/herramientas/>.
57. **Cascales, María del Socorro García.** *Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión y Soft Computing.* [Tesis Doctoral] Cartagena, España : s.n., 2009.
58. **IBM Company.** SPSS software, Predictive analytics software and solutions. [Online] 2013. USA. <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/>.
59. **Company, IBM.** SPSS 13.0 Brief Guide. [Online]
http://dip38.psi.uniroma1.it/sites/default/files/spss_brief_guide_13.0.pdf. USA.
60. **IOSA.** IOSA Investigación de Operaciones. [Online] 2013. [Cited: 3 28, 2013.] Perú.
<http://www.iosa.com.pe/productos/expert-choice>.
61. MindDecider. [Online] 2013. USA. <http://www.mindecider.com/>.
62. **SIMUL8 Corporation.** Web based Multi-Criteria Decision Making Software. [Online] 2013. Boston, USA.
<http://www.visadecisions.com/>.
63. **Software, SYNCOPATION.** DPL8. [Online] 2013. Concord, USA. <http://www.syncopation.com/>.
64. **Inc., TreeAge Software.** TreeAge Software. [Online] 2013. USA. <http://www.treeage.com/>.
65. **Oracle.** Oracle Crystal Ball. [Online] 2013. Redwood City, USA.
<http://www.oracle.com/us/products/applications/crystalball/overview/index.html?origref=http://www.oracle.com/us/crystalball/index.html>.

66. Cubadebate, Contra el Terrorismo Mediático. *Lineamientos de la Política Económica y Social del VI Congreso del PCC*. [Online] 18 2011. Habana, Cuba. <http://www.cubadebate.cu/noticias/2011/05/09/descargue-en-cubadebate-los-lineamientos-de-la-politica-economica-y-social-pdf/>.

ANEXOS

Anexo 1. Factores claves en el modelo de racionalidad limitada.



Anexo 2. Criterios y clasificaciones para toma de decisiones. (37)

Clasificación		Criterios
Científicos	C1	Valor científico del proyecto
	C2	Calidad de la organización del proyecto
	C3	Planificación realizada para su ejecución
	C4	Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto
	C5	Solvencia científica y profesional del equipo de proyecto
Económicos	C6	Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios
	C7	Medios materiales disponibles y solicitados
	C8	Presupuesto solicitado para su ejecución
	C9	Presupuesto solicitado para su introducción
	C10	Ganancias esperadas
Comerciales	C11	Satisfacción de los requerimientos del cliente
	C12	Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan
	C13	Atractivos del mercado al que se puede acceder
	C14	Nivel de competencia existente
	C15	Requerimientos para la introducción en el mercado
	C16	Posibilidad de acceder a nuevo mercado
Impacto	C17	Impacto social
	C18	Impacto medioambiental
	C19	Impacto en el territorio donde se introduce
	C20	Impacto político
Informáticos	C21	Impacto de las regulaciones legales en el lugar de aplicación
	C22	Tecnología disponible para ejecutar el proyecto
	C23	Existencia de componentes reutilizables
	C24	Impacto de los riesgos identificados

	C25	Impacto de variaciones de alcance
	C26	Complejidad del proyecto y del propio cliente
	C27	Dependencias con otros sistemas e integración

Anexo 3. Pesos por criterios dados por los expertos. Proyecto MONTETRA. (37)

Pesos								
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
C1	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04
C2	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
C3	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
C4	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.03
C5	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C6	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
C7	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
C8	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04
C9	0.05	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
C10	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05
C11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04
C12	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
C13	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
C14	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04
C15	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
C16	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
C17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C18	0.04	0.03	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03
C19	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04
C20	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
C21	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
C22	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C23	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04
C24	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
C25	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
C26	0.02	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
C27	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04

Anexo 4. Pesos por criterios dados por los expertos. Proyecto SERWAP. (37)

Pesos								
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
C1	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04
C2	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05

C3	0.02	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03
C4	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04
C5	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04
C6	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.01	0.02
C7	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03
C8	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
C9	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
C10	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C11	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
C12	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C13	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03
C14	0.03	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03
C15	0.04	0.03	0.05	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04
C16	0.04	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05
C17	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C18	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
C19	0.04	0.03	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
C20	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
C21	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
C22	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C23	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
C24	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.04
C25	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C26	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
C27	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04

Anexo 5. Pesos por criterios dados por los expertos. Proyecto TETSCADA. (37)

Pesos								
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
C1	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
C2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
C3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C4	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04
C5	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04
C6	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
C7	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04
C8	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C9	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
C10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C11	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05
C12	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C13	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03

C14	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03
C15	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.03
C16	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C17	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C18	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
C19	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04
C20	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03
C21	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02
C22	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
C23	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04
C24	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
C25	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
C26	0.02	0.04	0.03	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03
C27	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04

Anexo 6. Pesos por criterios dados por los expertos. Proyecto ALFAOMEGA. (37)

Pesos								
Criteria	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
C1	0.03	0.05	0.05	0.02	0.03	0.05	0.06	0.04
C2	0.08	0.04	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04	0.05
C3	0.09	0.05	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
C4	0.06	0.05	0.04	0.04	0.05	0.04	0.04	0.02
C5	0.09	0.05	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.05
C6	0.01	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
C7	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.04
C8	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04	0.06	0.03	0.04
C9	0.06	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03
C10	0.03	0.05	0.03	0.03	0.05	0.04	0.02	0.05
C11	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
C12	0.01	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03
C13	0.01	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
C14	0.02	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.04
C15	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
C16	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C17	0.01	0.02	0.05	0.05	0.03	0.02	0.05	0.06
C18	0.01	0.02	0.02	0.05	0.05	0.03	0.03	0.02
C19	0.03	0.02	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
C20	0.02	0.01	0.03	0.06	0.06	0.04	0.04	0.03
C21	0.01	0.01	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
C22	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
C23	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
C24	0.04	0.05	0.02	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02

C25	0.04	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
C26	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
C27	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

Anexo 7. Pesos por criterios dados por los expertos. Proyecto Humanización Penitenciaria. (37)

Pesos								
Criteria	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
C1	0.05	0.05	0.05	0.04	0.01	0.04	0.04	0.05
C2	0.05	0.04	0.04	0.03	0.05	0.04	0.03	0.05
C3	0.02	0.05	0.03	0.05	0.06	0.05	0.05	0.04
C4	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
C5	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
C6	0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02
C7	0.02	0.04	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03
C8	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.03
C9	0.02	0.03	0.04	0.02	0.04	0.04	0.03	0.02
C10	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.04	0.05
C11	0.03	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.03
C12	0.01	0.02	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
C13	0.02	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02
C14	0	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0
C15	0.04	0.02	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.04
C16	0	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	0.03	0.05
C17	0.1	0.05	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.06
C18	0.03	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0
C19	0.05	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05
C20	0.05	0.04	0.04	0.01	0.05	0.03	0.04	0.04
C21	0.05	0.02	0.04	0.03	0.01	0.03	0.03	0.05
C22	0.05	0.04	0.03	0.05	0.06	0.05	0.04	0.03
C23	0.05	0.04	0.03	0.05	0.02	0.04	0.04	0.05
C24	0.05	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.05
C25	0.05	0.03	0.03	0.04	0.01	0.03	0.03	0.04
C26	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.04	0.03	0.04
C27	0.02	0.02	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02

Anexo 8. Criterios y pesos dados por los expertos del proyecto Prioridad general de proyectos. (37)

Pesos					
Criteria	E1	E2	E3	E4	E5
TESTSCADA	0.1857	0.19	0.2011	0.1426	0.1886
MONTEIRA	0.178	0.206	0.2009	0.1331	0.1606

SERWAP	0.1774	0.1829	0.2237	0.14257	0.2026
ALFAOMEGA	0.226	0.1389	0.1909	0.1451	0.2189
Humanización Penitenciaria	0.2131	0.1369	0.1657	0.0909	0.2371

Anexo 9. Criterios del proyecto Portales del MINTUR.

	Criterios
C1	Calidad del personal directivo
C2	Calidad del personal directo
C3	Posibilidades de la tecnología disponible
C4	Disponibilidad de las herramientas de software necesarias
C5	Acceso al mercado de tecnologías y licencias necesarias
C6	Organización del proceso productivo
C7	Calidad del mantenimiento de la tecnología
C8	Localización el proyecto
C9	Gestión de tiempo
C10	Disponibilidad de insumos
C11	Nivel de información del cliente
C12	Garantía de servicios necesarios
C13	Dependencia tecnológica
C14	Cumplimientos de la calidad del producto final
C15	Relación demanda/capacidad de producción
C16	Necesidad de nuevas inversiones
C17	Despliegue del producto
C18	Costo del proyecto
C19	Complejidad del proyecto
C20	Éxitos pasados
C21	Conocimiento de las legislaciones vigentes

Anexo 10. Pesos por criterios dados por los expertos. Portales del MINTUR.

	Pesos						
Criterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
C1	0.05	0.15	0.1	0.08	0.04	0.08	0.07
C2	0.1	0.12	0.05	0.09	0.11	0.1	0.11
C3	0	0	0	0	0	0	0
C4	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	0	0	0	0	0	0
C6	0.15	0.08	0.13	0.14	0.14	0.13	0.12
C7	0	0	0	0	0	0	0
C8	0	0	0	0	0	0	0
C9	0.13	0.12	0.15	0.14	0.14	0.14	0.15

C10	0	0	0	0	0	0	0
C11	0	0	0	0	0	0	0
C12	0	0	0	0	0	0	0
C13	0	0	0	0	0	0	0
C14	0.1	0.1	0.12	0.09	0.08	0.1	0.12
C15	0	0	0	0	0	0	0
C16	0	0	0	0	0	0	0
C17	0.12	0.13	0.1	0.11	0.13	0.12	0.1
C18	0.08	0.15	0.12	0.09	0.07	0.1	0.09
C19	0.12	0.1	0.08	0.11	0.14	0.11	0.12
C20	0.15	0.05	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12
C21	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 11. Criterios del proyecto Selección de competencias en el departamento SWMI.

	Criterios
C1	Uso de herramientas, técnicas, y estándares de medicina(DICOM, HL7,etc)
C2	Idiomas extranjeros.
C3	Herramientas de gestión de proyectos.
C4	Resolución de conflictos.
C5	Arquitectura de software.
C6	Uso de lenguajes de programación.
C7	Uso de herramientas, estándares y metodologías para el diseño e implementación de software.
C8	Uso de técnicas de dirección.
C9	Uso de Sistemas Operativos.
C10	Uso de herramientas, técnicas, y estándares de diseño gráfico.
C11	Uso de técnicas de negociación.
C12	Dominio de patrones arquitectónicos y de diseño.
C13	Uso de herramientas para la toma de decisiones.
C14	Conocimientos de segmentación.
C15	Arquitectura de la información.
C16	Seguridad Informática.
C17	Dominio de metodologías de desarrollo de software.
C18	Pensamiento Lógico.
C19	Trabajo en equipo.
C20	Liderazgo.
C21	Dominio de visualización de imágenes médicas.
C22	Dominio plataforma .NET

Anexo 12. Pesos por criterios dados por los expertos. Selección de competencias en el departamento SWMI.

Pesos							
Crterios	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
C1	0.1	0.15	0.3	0.17	0	0.25	0.21
C2	0.75	0.52	0.25	0.1	0.82	0.33	0.17
C3	0.4	0.45	0.35	0.15	0.5	0.35	0.28
C4	0.5	0.21	0.75	0.2	0.15	0.45	0.7
C5	0.3	0.04	0.1	0.2	0.2	0.1	0.15
C6	0	0.05	0.02	0	0.1	0.2	0.15
C7	0.02	0.05	0.1	0.1	0.15	0.15	0.2
C8	0.45	0.25	0.35	0.4	0.2	0.15	0.2
C9	0.6	0.4	0.3	0.2	0.25	0.35	0.25
C10	0.2	0.1	0.25	0.15	0.25	0.3	0.1
C11	0.4	0.3	0.2	0.25	0.35	0.15	0.3
C12	0.05	0.1	0.15	0.1	0.15	0.1	0.2
C13	0.3	0.14	0.35	0.25	0.2	0.15	0.3
C14	0.25	0.35	0.6	0.55	0.45	0.3	0.3
C15	0.6	0.2	0.3	0.5	0.2	0.25	0.1
C16	0.3	0.25	0.7	0.4	0.3	0.35	0.2
C17	0.1	0.15	0.1	0.15	0.2	0.05	0.5
C18	0.6	0.55	0.4	0.45	0.7	0.65	0.35
C19	0	0.15	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
C20	0.2	0.15	0.4	0.3	0.1	0.3	0.25
C21	0.4	0.7	0.6	0.5	0.4	0.4	0.3
C22	1	0.9	0.85	0.95	1	0.8	0.8