



Universidad de las Ciencias Informáticas

Tesis de Maestría

Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones.

MEPROI

Autora: Ing. Karina Sánchez Tamayo

Tutor: DrC. Rolando A. Hernández León

Ciudad de la Habana

Julio 2010

La utopía está en el horizonte. Camino dos pasos, ella se aleja dos pasos y el horizonte se corre diez pasos más allá. ¿Entonces para qué sirve la utopía? Para eso, sirve para caminar.

Eduardo Galeano

Agradecimientos

A mis padres, que siempre lo han dado todo y me han enseñado el camino correcto a seguir.

A mi amor y compañero Dariel por su cariño, apoyo y entrega.

A mi hermano, mi abuelo, mi tíos, por su preocupación constante.

A mis suegros por todo el cariño y preocupación hacia mis proyectos y mi vida.

A mi tutor por toda su dedicación, sabiduría, tiempo y esfuerzo para mí.

A Maylé por todas las ideas, su ayuda y constancia.

A Anabel y Yorgelys por su impulso e incondicionalidad para lograr esta meta.

A Lizandra que me apoyó aún en momentos difíciles y me propuso mi primer tema.

Al equipo de Prisiones IX por su apoyo y en especial a Yadira Benavides.

A las gerentes de los proyectos evaluados Bárbara y Yanirys.

A todos los que han puesto su granito de arena en este trabajo.

Declaración de autoría

Declaro que soy la única autora de este trabajo y autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Ing. Karina Sánchez Tamayo

Dr.C Rolando A. Hernández

Resumen

En el presente trabajo se hace un estudio de las principales propuestas que existen actualmente para evaluar proyectos, la situación que presenta la Universidad de la Ciencias Informáticas en esta actividad y se desarrolla un método para evaluar proyectos informáticos que se ajusta a las condiciones reales de la universidad. El método permite establecer un orden de prioridad para la ejecución de proyectos informáticos que puede ser utilizado como una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, se utilizan técnicas multicriterio para la consulta a expertos apoyados en un uso riguroso de procedimientos estadísticos que garantizan su confiabilidad y consistencia. Se definen un conjunto de criterios agrupados en términos de valor científico, económico, comercial, impacto y técnico para proyectos informáticos y se discuten los resultados obtenidos al aplicar el método a cinco proyectos contratados por la Empresa ALBET S.A. Se establece el orden de importancia que tienen los proyectos integralmente y se ordenan de acuerdo con sus valores económico, comerciales y de impacto. Después de terminada la investigación y evaluados cinco proyectos, se llegó a la conclusión, que ninguno de los métodos encontrados en la bibliografía revisada se ajusta a los proyectos informáticos, en la UCI no se utiliza ningún método fundamentado científicamente para priorizar proyectos informáticos, el método desarrollado fue aplicado con resultados satisfactorios y su confiabilidad depende de la competencia de los expertos seleccionados y de la rigurosidad con que se aplique el procedimiento estadístico en que se apoya.

Palabras claves:

Herramientas de apoyo a la toma de decisiones, índice de prioridad, técnicas multicriterio, métodos de evaluación de proyectos.

Abstract

In this paper a study of the major proposals currently exist for evaluating projects, the situation presented by the University of Computer Science at this activity and developed a method to evaluate IT projects to suit the actual conditions university. The method allows establish a priority order for implementation of IT projects that can be used as a tool to support decision making, multicriteria techniques are used for consulting experts supported by a rigorous use of statistical procedures that ensure reliability and consistency. It defines a list of criteria grouped in terms of scientific, economic, commercial and technical impact IT projects and discuss the results obtained by applying the method to five projects contracted by ALBET Company SA. It sets the order of importance of the project fully and sorted according to their economic values, commercial and impact. After the investigation is completed and evaluated five projects were concluded, that none of the methods found in the literature is consistent with IT projects in the ICU does not use any scientifically based method for prioritizing IT projects, the method developed was successfully implemented and its reliability depends on the competence of experts selected and rigorously to apply the statistical procedure in which it rests.

Keywords:

Tools to support decision making, priority index, multicriteria techniques, methods of evaluation.

Índice

Declaración de autoría.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Índice 7	
Introducción.....	1
Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación.....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Proceso de toma de decisiones en las organizaciones	5
1.2.1 Fundamentos de la toma de decisiones en las organizaciones.....	6
1.2.2 Factores que influyen en la toma de decisiones en las organizaciones	9
1.2.3 Toma de decisiones en organizaciones productoras de software.....	11
1.3 Técnicas de toma de decisiones multicriterio discretos	13
1.3.1 Escuela Normativa.....	16
1.3.2 Escuela Descriptiva.....	22
1.3.3 Otros métodos	26
1.3.4 Valoraciones	27
1.4 Utilidad de la técnica de decisión multicriterio.....	27
1.5 Proceso de toma de decisiones sobre alternativas de proyectos de software en el contexto de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) 29	
1.5.1 Procedimientos y métodos de evaluación y selección de proyectos de software.....	29
1.5.2 Valoraciones	34
1.6 Conclusiones	35
Capítulo 2: Materiales y Métodos.....	36
2.1 Introducción.....	36
2.2 Caracterización de la evaluación de proyectos informáticos para establecer un orden de prioridad para su ejecución en la UCI	37
2.3 Elementos metodológicos utilizados.....	41
2.4 Aplicación y análisis del cuestionario	44
2.5 Desarrollo del método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad para su ejecución.....	49
2.5.1 Objetivo y alcance del método	49
2.5.2 Etapa dentro de la gestión de proyecto en que interviene	50
2.5.3 Artefactos de entrada al método	50
2.5.4 Actores que intervienen	50
2.5.5 Pasos del método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad para su ejecución.....	52
2.5.6 Valoraciones	59
2.6 Conclusiones	60

Capítulo 3: Validación de la propuesta de solución	62
3.1 Introducción.....	62
3.2 Validación del método MEPROI.....	62
3.2.1 Aplicación al proyecto SERWAP	63
3.2.2 Aplicación al proyecto MONTETRA	67
3.2.3 Aplicación al proyecto TETSCADA	71
3.2.4 Aplicación al proyecto ALFAOMEGA	75
3.2.5 Aplicación al proyecto HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA.....	79
3.2.6 Análisis de los resultados al aplicar MEPROI.....	83
3.2.6.1 Orden de prioridad general.....	83
3.2.6.2 Orden de prioridad por grupos de criterios	84
3.3 Conclusiones	85
Conclusiones	86
Recomendaciones	87
Bibliografía	88
Anexos	96
Anexo 1: Encuesta sobre estudio de prioridad para proyectos informáticos	96
Anexo 2: Guía de evaluación a los expertos. Determinación del peso de los criterios de prioridad	101
Anexo 3: Guía de evaluación a los expertos. Calificación de los criterios de evaluación para determinar la prioridad	102
Anexo 4: Tabla de Distribución Chi Cuadrado	103

Introducción

La Vicerrectoría de Producción en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) representa la entidad rectora del proceso de producción de software en la institución. Una de sus principales tareas es participar como guía metodológica en la producción de software en diversas temáticas.

Para esto necesita información que le permita realizar estas negociaciones sobre la base de estimaciones cercanas a la realidad. Esto solamente es posible con la incorporación de nuevos conocimientos que permitan una renovación permanente de los métodos, procedimientos y herramientas que se utilizan.

Un Diagnóstico realizado por la dirección de Calidad de la Universidad en el año 2007 arrojó que el 58.1% de los directivos no conoce la existencia de registros de mediciones y el 16.2% no los posee, por lo que la tendencia al desconocimiento de los indicadores que permiten notar que alguno de los proyectos está en una situación alarmante es de un 58.1%, en el siguiente año 2008 se registró que sólo el 56.0% de los proyectos usan métricas y en el pasado año 2009 se identificó como uno de los indicadores con oportunidades de mejora en tercer lugar la definición del proyecto. (Dirección Calidad UCI, 2007) (Dirección Calidad UCI, 2008) (Dirección Calidad UCI, 2009)

Un proyecto surgido en medio de incertidumbre e indefiniciones, donde no se usan métricas para guiar y mejorar su desempeño y donde los directivos no tengan conocimiento de su desarrollo, ni medios de obtenerlo para influir de alguna manera, es un proyecto muy propenso al fracaso.

La ausencia de métodos y procedimientos que permitan evaluar elementos importantes del proceso de producción es una variable importante a tener en cuenta en el trabajo de la organización para mejorar este proceso.

En estos momentos la Universidad cuenta con personal joven e inexperto en su mayoría pero que tiene la capacidad y preparación para una rápida asimilación de las tecnologías necesarias. Los recursos materiales no están en correspondencia tampoco con las necesidades actuales, pero el principal déficit está hoy en la capacidad de dirección y organización de esta producción y en la escasez de procedimientos y herramientas que permitan garantizar el éxito de los compromisos asumidos desde su contratación misma.

En el proceso productivo de la Universidad de las Ciencias Informáticas se hace muy compleja la toma de decisiones, por no contar con toda la información necesaria y no disponer de métodos fundamentados científicamente para evaluar el comportamiento de variables que influyen en el desarrollo del proceso, entre las que se encuentra el orden de prioridad para ejecutar los proyectos.

A lo largo de este período la Universidad se ha enfrentado con una serie de obstáculos en la ejecución de los proyectos, por parte de los clientes o propios de la institución, dentro de estos se encuentran: atraso en el tiempo de ejecución, poca experiencia de los líderes de proyectos, no disponer del personal y los recursos tecnológicos necesarios para acometer realmente los proyectos asumidos, no se tuvo clara la envergadura del mismo en la fase inicial, los procesos no estaban correctamente definidos por parte de los clientes o el proyecto no ofrece las ganancias esperadas.

“La evaluación de proyectos ofrece significativas ventajas al sistema nacional de ciencia e innovación tecnológica, pues se ha convertido en un elemento fundamental para su organización, priorizar los que presentan mayores posibilidades de éxito, reducir el tiempo entre la obtención de los resultados y su introducción en la práctica social, impulsar el desarrollo de los programas priorizados, favorecer el ambiente creativo de los investigadores, garantizar un mejor empleo de los recursos y estimular los mejores esfuerzos y resultados.” (Hernández, 2007)

Las negociaciones de aceptación y evaluación de proyectos se llevan a cabo principalmente por el Grupo de Inteligencia Corporativa, la Alternativa Bolivariana para la Exportación de Tecnologías (ALBET) y la Vicerrectoría de Producción, en las cuales el método utilizado no resulta preciso a la hora de escoger entre varias propuestas de proyectos para indicar el orden de desarrollo de los ya aceptados. (Labrada, et al., 2009)

Actualmente no se tiene en cuenta un método formal para establecer una comparación entre ellos, se ejecutan en la medida en que se adquiere el compromiso y se asignan a la entidad responsable dentro de la UCI. La falta de un método de evaluación coherente de ayuda para tomar decisiones en el momento preciso del orden de ejecución, incomoda especialmente cuando la intuición por sí sola no puede determinar cuál de todos los proyectos aceptados

es el más conveniente, o el menos feliz, y ni la lógica ni la intuición son de ayuda en estos casos. Por lo tanto, se necesita una vía para determinar qué proyecto resulta más favorable realizar que otro, tanto a corto como a largo plazo, por el simple hecho de que si en ese momento no se pueden desarrollar todas las propuestas a la vez, si sería necesario y conveniente utilizar los recursos disponibles en los proyectos adecuados. Debido a la gran cantidad de proyectos nacionales e internacionales que llegan a la Universidad, para su desarrollo se hace necesario poder evaluarlos a través de un método efectivo haciendo uso de técnicas de evaluación de proyectos existentes y que al ser aplicado permita valorarlos y establecer un orden de prioridad entre ellos con un mínimo de esfuerzo.

La presente propuesta de investigación pretende definir un método de evaluación de proyectos informáticos que permita establecer el orden de prioridad de los proyectos aceptados para su ejecución y que provean a los diferentes niveles de dirección información necesaria para la toma de decisiones estratégicas y tácticas en cuanto a la producción de software se refiere.

Tomando en cuenta la situación descrita anteriormente, surge el siguiente **problema de investigación**: El método que se utiliza actualmente en la UCI para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones, no está fundamentado sobre una base científica que garantice la ejecución de los proyectos de acuerdo a su importancia para los intereses de la organización.

Por tanto se define como el **objeto de estudio**: Elaboración de carteras de proyectos informáticos.

El **objetivo general** de la investigación es: Desarrollar un método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones y garantice la ejecución de los proyectos según su importancia para los intereses de la organización.

Delimitando así el **campo de acción**, siendo este, la ayuda en la toma de decisiones para la ejecución de proyectos informáticos.

La investigación se sustenta en la siguiente **hipótesis**: Si se desarrolla un método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad

que ayude a la toma de decisiones, garantizará la ejecución de los proyectos según su importancia para los intereses de la organización.

Los **objetivos específicos** que se derivan son los siguientes:

- Elaborar el marco teórico de la investigación
- Realizar un diagnóstico sobre el método que se utiliza actualmente en la UCI para evaluar los proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad para su ejecución.
- Desarrollar un método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad en su ejecución
- Evaluar el método en proyectos informáticos contratados y establecer un orden de prioridad en su ejecución

Como resultado de esta investigación se presentará un método para evaluar proyectos informáticos y un orden de prioridad para la ejecución de los mismos, que facilitará a los directivos tomar las decisiones más acertadas para la organización del proceso de producción, al disponer de un mayor volumen de información con la aplicación del método.

Este trabajo consta de: introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos. En el capítulo 1 se hace un estudio para conformar el fundamento teórico de la investigación, en capítulo 2 se describen los materiales y métodos utilizados, con la descripción del proceso de ejecución de proyectos informáticos en la UCI y las deficiencias que presenta actualmente, además se propone el método de evaluación a utilizar y en el capítulo 3 se realizará la validación del método propuesto mediante su aplicación a cinco proyectos pilotos que fueron seleccionados por ALBET S.A.

Capítulo 1: Fundamento teórico de la investigación

1.1 Introducción

La gestión de proyectos existe desde hace más 4500 años, sin embargo su reconocimiento como actividad científica no fue hasta la segunda mitad del siglo XX debido principalmente a la ausencia de investigación en esta temática y falta de definición de los conceptos propios de esta actividad. (Rodríguez, 2002)

Existe una amplia bibliografía sobre la gestión de proyecto, donde la evaluación de proyectos ha sido un tema que se ha abordado por diferentes autores y son muchos los métodos que se han desarrollado con ese propósito, pero aún queda mucho por hacer, principalmente en lo relacionado con los proyectos informáticos.

Uno de los problemas que con mayor frecuencia enfrentan los que desarrollan este tipo de proyectos, son las decisiones que tienen que tomar cuando se ejecutan varios proyectos y muchas veces los recursos no son suficientes para todos y se hace necesario establecer prioridades.

Cualquier propuesta que se quiera hacer para facilitar la toma de decisiones en la ejecución de proyectos informáticos tiene que estar basada en una revisión crítica de la bibliografía más actualizada que la aborde.

En este capítulo se presenta el marco teórico que sustenta la investigación, se abordan los elementos distintivos de la toma de decisiones en las organizaciones, así como un conjunto de elementos aplicados a la gestión de proyectos informáticos y a sus organizaciones. Se presenta además el estudio realizado sobre las técnicas multicriterios de ayuda a la toma de decisiones, sus posibilidades de uso en la evaluación de proyectos informáticos dejando definida la posición asumida y los puntos de partida para fundamentar la propuesta.

1.2 Proceso de toma de decisiones en las organizaciones

En el desempeño empresarial de las organizaciones e instituciones, la toma de decisiones constituye un factor determinante en sus éxitos o fracasos, unos u otros son responsabilidad de sus directivos.

El directivo es la figura dentro de la organización que ejerce el acto de decidir continuamente, es la persona que ordena y orienta qué hacer, quién debe hacerlo, cuándo, dónde y, ocasionalmente, cómo se hará.

Herbert Simon¹, el teórico más reconocido en el tema, define en el año 1960 la toma de decisiones como “(...) *proceso de selección entre cursos alternativos de acción, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos*” y el proceso de toma de decisiones empresariales como un proceso grupal: “*un esfuerzo planeado y cooperativo, en el cual cada participante tiene un papel reconocido que cumplir y unas obligaciones o tareas por ejecutar. Se le asignan a estas obligaciones para lograr el objetivo de la organización más que para satisfacer preferencias individuales, aunque frecuentemente coinciden ambos efectos*”

Los fundamentos de la toma de decisiones entran en juego cada vez que en una empresa se realizan actividades de planeación, organización, dirección y control. (Cabeza, et al., 2004)

Conviene destacar la toma de decisiones durante el proceso de planeación de las organizaciones como una etapa clave en el futuro desempeño de estas, aunque muchas veces se hace rápidamente y con poca reflexión, por no disponerse de toda la información que requiere un directivo para tomar una determinada decisión o es muy variada. Estos factores conspiran para decidir por la primera opción que satisfaga su necesidad, sin seguir un proceso idóneo para dar solución a sus problemas.

1.2.1 Fundamentos de la toma de decisiones en las organizaciones

Es importante conocer los fundamentos de la toma de decisiones, las tipologías de situaciones de decisiones pueden ser dos, en cuanto al tipo del problema de decisión pueden ser **Programables** que se caracterizan por ser bien definidos, rutinarios, tienen la información adecuada, existen muchas reglas para

¹ (15 de junio de 1916 – 9 de febrero de 2001), economista, politólogo y teórico de las ciencias sociales estadounidense. En 1978 le fue concedido el Premio Nobel de Economía por ser uno de los investigadores más importantes en el terreno interdisciplinario y porque su trabajo ha contribuido a racionalizar el proceso de toma de decisiones.

seleccionar las alternativas y las decisiones se pueden tomar por medio de una tabla de decisión.

Por el contrario los problemas de decisión **No Programables** no son bien definidos, no son rutinarios, no se tiene la información adecuada, no tiene tantas reglas para seleccionar las alternativas, el criterio usado es de tipo personal, sentido común; mayormente usado en el proceso de simulación, tienen una extensa base de datos, en muchos casos se hace tedioso el procesamiento de la información con la presencia de altos costos.

En cuanto a las condiciones o ambientes del problema de decisión, pueden ser: **Decisiones bajo completa certeza:** llamados también determinísticos, debido a que se conocen completamente los datos a utilizar.

Decisiones bajo completa incertidumbre: en la cual el decisor se enfrenta a situaciones que nunca han ocurrido y que tal vez no vuelvan a repetirse en el futuro de esa misma forma, no se conocen las probabilidades de ocurrencia, además no es posible que se le genere a los datos la asignación de ponderaciones que representen su importancia en el proceso de decisión.

Decisiones bajo riesgo: se basa en la teoría de la probabilidad, que hace uso de la teoría moderna de la utilidad.

El proceso de toma de decisiones se describe en el siguiente gráfico:

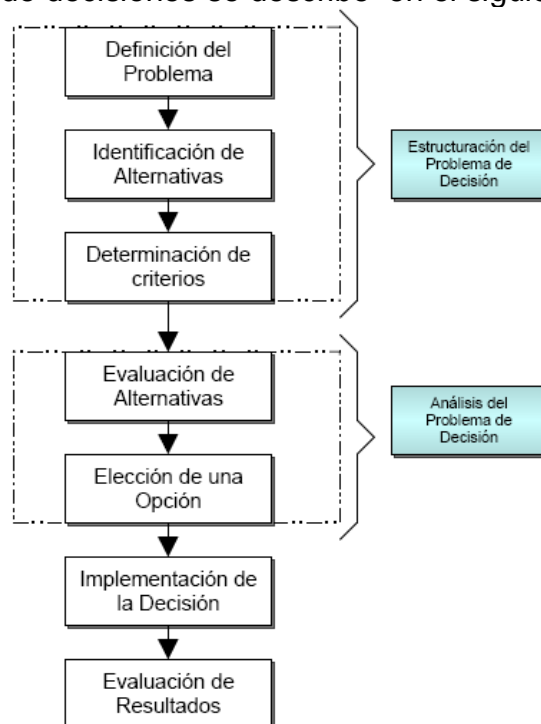


Figura 1.1: Proceso de toma de decisiones (Maurtua, 2006)

El proceso de toma de decisiones se divide generalmente en cuatro partes según la figura anterior:

Estructuración del problema de decisión: es parte del proceso de toma de decisión que comprende los siguientes componentes:

- **Definición del Problema:** es el paso inicial para la toma de decisiones; sin un problema bien definido, no hay objetivo definido y no hay una solución veraz.
- **Identificación de Alternativas:** es la detección de la cantidad de opciones que tiene el decisor para efectuar la toma de decisión.
- **Determinación de Criterios:** corresponde a las características más relevantes que los decisores han considerado para luego evaluar en función a los criterios, que alternativa les resulta más conveniente. Los criterios que existen pueden clasificarse como:
 - cualitativos
 - cuantitativos.

Análisis del problema de decisión: es parte del proceso de toma de decisión consecuente de la estructuración del problema de decisión, que comprende los siguientes componentes:

- **Evaluación de Alternativas:** depende del método de evaluación, considerando que la evaluación se hace en base a los juicios y a la experiencia del decisor, para el caso de tener criterios cualitativos; y en base a hechos y/o datos históricos para el caso de tener criterios cuantitativos.
- **Elección de una Opción:** en función de la evaluación de las alternativas, se obtiene una alternativa con mejor perspectivas que otras.

Implementación de la decisión: al tener la alternativa más favorable, se procede a su ejecución.

Evaluación de resultados: ya estando en ejecución, los resultados que genera la alternativa pasan a ser evaluados. (Maurtua, 2006)

En las organizaciones la toma de decisiones puede clasificarse según a la esfera a que van dirigidas:

En la dirección: se define la forma en que se va a organizar y desarrollar la organización

Estratégicas: definen la forma en que la organización competirá en el mercado según sus capacidades y habilidades

De inversión: determinan el monto total de la inversión

De financiamiento: elección de las fuentes de financiamiento adecuadas

De dividendos: determinan los beneficios que se otorgaran a los inversionistas del proyecto

Sobre alternativas de proyectos: evalúan las ventajas y desventajas de cada proyecto propuesto, y definen cuáles deben realizarse (Facultad Economía. Universidad Nacional Autónoma de México, 2006)

Normalmente las organizaciones y sus directivos se enfrentan diariamente a problemas de decisión *No Programables*, bajo situaciones de riesgo, incertidumbre o conflicto en su mayoría de cualquier esfera teniendo en cuenta el objeto social de la organización.

1.2.2 Factores que influyen en la toma de decisiones en las organizaciones

En términos generales, en las organizaciones, el proceso de toma de decisiones se ve influenciado por diversos factores que hacen que el decisor realice un esfuerzo mucho mayor en evaluar la calidad de la decisión a tomar.

Entre dichos factores se pueden citar los siguientes (Cabeza, et al., 2004):

- *Importancia*: entre más importante sea la decisión, quien decide buscará más información y realizará un análisis más profundo de la misma, por tanto dedicará mucho más tiempo en llegar a una solución.
- *Relación tiempo-costo*: existe una relación directa entre el tiempo que se utilice para tomar una decisión y el costo de ésta, por tanto, en la medida que se demore el proceso, éste será costoso para la empresa, el decisor intentará dar una respuesta al problema lo más pronto posible.
- *Incertidumbre*: entre mayor sea el riesgo que puede generar una situación más tiempo e información necesitará el encargado de tomar la decisión.
- *Complejidad*: una decisión es más compleja en la medida en que requiera más información y los resultados de la misma afecten al mayor número de factores dentro de la empresa, por lo tanto, decisiones complejas requieren más tiempo e información para ser tomadas.

- *Circunstancias en que se toma la decisión:* afectan directamente el tiempo, porque entre más urgente sea la decisión menos labor de análisis se podrá realizar.
- *Rasgos de personalidad de quien toma la decisión:* indudablemente, el gusto por la asunción de riesgos tiene gran impacto sobre la profundidad del análisis que realizará la persona antes de tomar una decisión. Entre más amante sea del riesgo, indudablemente trabajará mucho más con la intuición que con la razón y, por lo tanto, el análisis de la información será mucho menor.

Es importante destacar además la existencia de condiciones de certidumbre cuando los decisores identifican las circunstancias y los hechos, así como el efecto que podrían tener en la posibilidad de preverlos.

De acuerdo al CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), modelo de procesos que dicta qué hacer para alcanzar un nivel de madurez en la organización o un nivel de capacidad de un área de proceso de ésta, la mejor forma para tomar una decisión es utilizar un proceso formal para identificar alternativas, basado en criterios previamente definidos. (Rojas, 2006)

No existe un método único para tomar decisiones que todas las empresas puedan emplear en todas las situaciones. La persona que toma una decisión debe definir con exactitud el problema en cuestión, después debe generar soluciones alternativas y evaluarlas y, por último, tomar la decisión. Sin embargo, hacer todo lo anterior no resulta tan sencillo en la realidad. (Franklin, 2008)

La complejidad del proceso de toma de decisiones en las organizaciones, centrado en la figura del directivo como pilar fundamental hace necesario que éste cuente con alguna herramienta que le ayude a analizar la información y a mostrarla de tal forma que el proceso sea más simple y exitoso.

Generalmente la toma de decisiones en las organizaciones afectan a muchas personas por lo que se hace necesario debatir e intercambiar entre los diferentes actores, que por su experiencia y conocimiento pueden ayudar a describir el problema y evaluar las posibles soluciones.

1.2.3 Toma de decisiones en organizaciones productoras de software

Una organización productora de software es un caso distintivo donde convergen toda una serie de procesos complejos y por tanto la toma de decisiones se hace aún más complicada.

En este tipo de empresas, la toma de decisiones suele ser un proceso mal estructurado, en el que los directivos tienen que decidir bajo condiciones desfavorables. A menudo, se enfocan en el estudio de las posibles alternativas al problema y en el análisis de las consecuencias de la decisión que en el análisis del proceso de toma de decisiones, al que no se le da apenas importancia, no se le dedican recursos, tiempo y no se tienen en cuenta puntos de vista que pueden influir en el éxito final de la decisión.

El área de Dirección y Gestión de Proyectos ha ido en desarrollo progresivo conjuntamente con las organizaciones y sus compromisos.

Gestionar comprende la definición de las tareas a desarrollar día a día, prever las necesidades derivadas de las mismas, organizar los medios disponibles, programar los trabajos que deben efectuarse, asignar los recursos necesarios para ello, y adoptar las medidas para corregir las desviaciones respecto al plan previsto. (Melón, et al., 2000)

Según Hernández (2007) la Gestión de Proyectos se define como: “la aplicación de conocimiento, habilidades y técnicas de planificación, organización y control para optimizar las actividades de un proyecto y obtener los objetivos propuestos, cumpliendo con el tiempo establecido, el presupuesto previsto y la calidad requerida.”

Una de sus actividades fundamentales es la toma de decisiones. De hecho, y según las definiciones más extendidas: dirigir es tomar decisiones que se concretan en impartir instrucciones, coordinar personas, liderar grupos y asumir compromisos (ej: contratar un proyecto, seleccionar un proveedor, etc.) al máximo nivel jerárquico.

En el proceso de gestión, las decisiones más importantes que se deben tomar en una organización dedicada a la producción de software son las relacionadas al proceso de planificación estratégica, decisiones que permitan corregir y ajustar los objetivos y las metas de la organización en función de obtener una

sólida posición en el mercado por los productos en explotación y los que se desarrollan.

Las decisiones en una organización de este tipo no suelen ser siempre programadas ni anticipadas, adaptándose como respuesta de sucesos externos y sin una metodología determinada.

De ahí la necesidad de tener un proceso de toma de decisiones organizado y riguroso, basado en datos, que permita una toma de decisiones de forma sistemática en función de un conjunto claro de objetivos, una base de información relevante, una ejecución y evaluación rigurosa.

El proceso de planificación estratégica suele constar de seis etapas (Aragónés, et al., 2000). Estas son:

- Análisis y evaluación de las condiciones actuales
- Determinar la nueva misión, los nuevos objetivos y las nuevas metas
- Establecer planes de acción
- Asignar recursos
- Ejecución
- Control.

Es muy común la toma de decisiones *Sobre alternativas de proyectos*, pues no siempre se cuenta con todos los recursos para enfrentar las demandas o a simple vista no son factibles la asimilación de todos los proyectos a ejecutarse.

En muchas de estas etapas se hace necesario examinar un conjunto de alternativas para decidir cuál será la que seguirá la organización. Se plantea por muchos autores la utilidad de las técnicas de toma de decisiones multicriterios para resolver los distintos problemas de decisión.

Estas técnicas se pueden aplicar cuando hay que establecer prioridades o elegir una entre un conjunto finito de alternativas, empleando diversos criterios que simultáneamente deben incorporarse.

En esta investigación se presenta específicamente cómo evaluar y priorizar las alternativas y las diferentes técnicas de ayuda a la decisión en el ámbito multicriterio.

1.3 Técnicas de toma de decisiones multicriterio discretos

Desde un punto de vista científico, la decisión multicriterio aparece en el campo de la Economía, ligada a los trabajos de los economistas a finales del siglo XIX y principios del XX sobre el comportamiento de los consumidores a la hora de elegir en la compra de un producto. Estas investigaciones económicas son las precursoras del concepto de decisión multicriterio. (García, 2009)

A principios de la década del 40, en los medios académicos estadounidenses,² del novel campo de la investigación de operaciones surgió el estudio sistemático acerca de las cuestiones teóricas y metodológicas de la decisión con múltiples criterios (multicriterios en lo adelante), aunque tomando distancias de aquél, a través de la crítica de la noción de optimización. A partir de los inicios de la década del 70,³ se produjo una expansión continua del interés y los desarrollos teóricos y prácticos de los métodos de decisión multicriterios. (Martínez, 1997)

Los métodos multicriterios responden a la necesidad de superar los análisis o evaluaciones de criterio único como el Análisis de Costo-Beneficio (AC-B).

El AC-B constituye una estimación y evaluación de los beneficios netos asociados con alternativas destinadas a alcanzar un objetivo, particularmente el análisis sobre la conveniencia económica.

El AC-B requiere la cuantificación monetaria de todos los costos y beneficios, aunque frecuentemente no es práctico ni posible evaluar alternativas con atributos exclusivamente en valores monetarios. El AC-B ha sido objeto de serias críticas y frecuentemente su aplicación es difícil, compleja e insegura.

El análisis de decisiones multicriterios es uno de los métodos generales de evaluación de criterios de los que existen cuatro tipos generales según (Urda, 1998), los estudios de casos, los métodos cuantitativos basados en criterios económicos, el consenso de una junta de expertos (La revisión por pares (Peer Review), la técnica Delphi) y los métodos multicriteriales basados en la cuantificación de los aspectos cualitativos revisados por los expertos.

El problema de seleccionar la mejor alternativa de las evaluadas, o mejor aún, el obtener una ordenación de “mejor” a “peor” (ranking) basada en un conjunto

² T. C. Koopmans (1951), y H. W. Kuhn and A. W. Tucker (1951)

³ 1st. World Conference on Multiple Criteria Decision Making (South Carolina University, U.S.A., 1972)

de criterios (cuantitativos o no) es la cuestión central que resuelven los métodos multicriteriales.

Todos los métodos multicriteriales parten de un modelo de trabajo único:

	Criterios	C_1	C_j	C_n	
Alternativas	a_1				Matriz de Decisión
	a_i	e_{i1}	e_{ij}	e_{in}	
	a_m				
	Pesos	W_1	W_j	W_n	

Figura 1.2: Modelo de métodos multicriteriales

donde : e_{ij} es la evaluación (cuantitativa) del criterio j con relación al proyecto i

W_j es el peso (importancia) del criterio j

El modelo de los métodos multicriteriales como se puede observar en la Figura 1.2 es una matriz dónde se relacionan las alternativas con los criterios de evaluación para los cuáles es posible determinar un peso en cada alternativa.

Estos métodos se centran en seleccionar aquella alternativa que mejor satisfaga las preferencias del decisor.

Todos los métodos multicriteriales exigen que las evaluaciones sean comparables en magnitud, unidad de medida, posición del cero, etc., por lo que debe estar implícita en todo método la normalización⁴ de las evaluaciones.

Un criterio clasificador en la decisión multicriterio corresponde al número, que puede ser finito o infinito, de las alternativas a tener en cuenta en la decisión.

En consecuencia de esta situación los métodos son varios. En presencia de un número infinito de alternativas posibles del problema se llama decisión multiobjetivo.

Aquellos problemas en los que las alternativas de decisión son finitas se denominan problemas de decisión multicriterio discreta, son los más comunes en la realidad y los que a diario enfrentan las organizaciones y sus directivos, en ellos se centrará la investigación.

⁴ Se normalizan los criterios buscando uniformidad en el rango, los valores alcanzados por los diferentes criterios pueden ser muy diferentes. Los procedimientos de normalización más utilizados son los de fracción del máximo, fracción de la norma o fracción de intervalo.

“Los métodos de decisión multicriterio discretos se utilizan para realizar una evaluación y decisión respecto de problemas que, por naturaleza o diseño, admiten un número finito de alternativas de solución, a través de:

1. Un conjunto de alternativas estable, generalmente finito (soluciones factibles que cumplen con las restricciones- posibles o previsibles); se asumen que cada una de ellas es perfectamente identificada, aunque no son necesariamente conocidas en forma exacta y completa todas sus consecuencias cuantitativas y cualitativas;
2. Una familia de criterios de evaluación (atributos, objetivos) que permiten evaluar cada una de las alternativas (analizar sus consecuencias), conforme a los pesos (o ponderaciones) asignados por el agente decisor y que reflejan la importancia (preferencia) relativa de cada criterio;
3. Una matriz de decisión o de impactos que resumen la evaluación de cada alternativa conforme a cada criterio; una valoración (precisa o subjetiva) de cada una de las soluciones a la luz de cada uno de los criterios; la escala de medida de las evaluaciones puede ser cuantitativa o cualitativa, y las medidas pueden expresarse en escalas cardinal (razón o intervalo), ordinal, nominal, y probabilística;
4. Una metodología o modelo de agregación de preferencias en una síntesis global; ordenación, clasificación, partición o jerarquización de dichos juicios para determinar la solución que globalmente recibe las mejores evaluaciones;
5. Un proceso de toma de decisiones (contexto de análisis) en el cual se lleva a cabo una negociación consensual entre los actores o interesados (analista- “experto”-, decisor y usuario)” (Martínez, 1997)

Sobresalen, entre todas, dos formas de modelar las preferencias de decisiones multicriterios: el modelo funcional y el modelo relacional. El modelo funcional ha sido ampliamente usado dentro de la teoría de utilidad multicriterio (Keeney y Raiffa, 1976 y French, 1986); el modelo relacional tiene su representación más conocida en la forma de relaciones de superación (Roy, 1990) y en la forma de relaciones borrosas (Fodor y Roubens, 1994). Estos modelos son la base de los enfoques de toma de decisiones multicriterios y ayuda a la decisión multicriterio que dan lugar a dos grandes escuelas, las así llamadas escuela

norteamericana o *Normativa* y la escuela europea o *Descriptiva* respectivamente. (Alfonso, 2009)

1.3.1 Escuela Normativa

La escuela Normativa ha sido desarrollada fundamentalmente por los norteamericanos y los ingleses. Se basa en describir normas del modo en que la decisión multicriterio debe pensar sistemáticamente. Tiene una elegancia matemática dada por la modelación del problema, el conjunto de axiomas definidos y se centra en cómo deben ser las preferencias. (Alfonso, 2009)

En Estados Unidos, las discusiones sobre la toma de decisiones multicriterio se centraron en los años 70 sobre la posibilidad de agregar las preferencias del decisor por cada criterio en una única función “suma” de las anteriores.

Este modelo tiene un fundamento teórico sólido que constituye la denominada Teoría de la Utilidad Multiatributo (MAUT) en la destacan los trabajos de Keeney⁵ y Raiffa⁶ que constituyen un libro clásico del método MAUT.

Los surgimientos de esta teoría datan del 1944 cuando Von Neumann⁷ y Morganstern⁸ axiomatizaron la teoría de utilidad esperada como aplicación en econometría.

Basados en la existencia de la función valor, la escuela Normativa propone varios métodos prácticos, como son los métodos MAUT, suma ponderada, el método SMART (*The Simple Multi-attribute Rating Technique*) y el método de las Jerarquías Analíticas o Proceso Analítico Jerárquico (AHP) que según sus autores constituyen una teoría en sí mismo.

MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*)

La teoría de la utilidad multiatributo busca expresar las preferencias del decisor sobre un conjunto de atributos o criterios en términos de la utilidad que le reporta, dentro de un contexto de la teoría de la decisión en condiciones de

⁵ El profesor Keeney es expert en las áreas análisis de la decisión, análisis de riesgo y decisiones administrativas. Es una autoridad además en la toma de decisiones multiobjetivos

⁶ Howard Raiffa es profesor de mérito de la Dirección de Economía de Escuela de Gobierno Kennedy de la Universidad de Harvard. Es un teórico influyente de la decisión bayesiana y la negociación.

⁷ Uno de los físicos más importantes del pasado siglo, fundador del proyecto Manhattan y padre de la física cuántica.

⁸ Economista austriaco, colaborador de Von Neumann

incertidumbre. El dogma central de comportamiento es el principio de racionalidad. (Flament, 1999)

Esta teoría, de inspiración anglosajona, provee un fuerte fundamento axiomático para la toma de decisiones racional bajo múltiples objetivos. Esta teoría asume que el tomador de decisiones es capaz de articular sus preferencias de acuerdo, estrictamente, a las relaciones preferencia o indiferencia, y que siempre va a preferir la solución que maximiza su bienestar. (Guereca, 2006)

Busca expresar las preferencias del decisor sobre un conjunto de criterios en términos de la utilidad que le reportan. Se fundamenta en los siguientes axiomas:

- 1) Maximización de la función de utilidad: todo decisor intenta maximizar una función que agrupa todos los criterios relevantes.
- 2) Tricotomía: todo par de acciones son susceptibles de ser comparadas, entonces existe un ordenamiento de las preferencias bien definido.
- 3) Transitividad: el orden de las preferencias es transitivo. (Pacheco, et al., 2008)

Para cada atributo se determina la correspondiente función de utilidad (parcial), y luego se agregan en una función de utilidad multiatributo de forma aditiva o multiplicativa. Al determinarse la utilidad de cada una de las alternativas se consigue una ordenación completa del conjunto finito de alternativas. El método de utilidad multiatributo supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad, utiliza 'escalas de intervalo', y acepta el principio de 'preservación de orden' (rank preservation). La condición de independencia preferencial mutua entre los atributos suele aceptarse casi axiomáticamente, e implícitamente la no-interacción entre las preferencias, cuando en realidad frecuentemente es cuestionable y no refleja la estructura de preferencias del agente decisor. (Martínez, 1997)

Aunque permite abordar fluidamente cuestiones de incertidumbre, riesgo y contar con una variedad de experiencias prácticas en el mundo anglosajón (Estados Unidos e Inglaterra), el rigor y rigidez de los supuestos teóricos de este método, usualmente controvertidos y difíciles de contrastar en la práctica,

requiere un elevado nivel de información del agente decisor para la construcción de las funciones de utilidad multiatributo, por lo que no es útil su aplicación al escenario tratado y complejo en su aplicación.

Suma ponderada

El método de la suma ponderada asume que la función valor buscada se puede descomponer y asimilar a un modelo aditivo, es decir, presentarse de la forma:

$$v = \lambda_1 \cdot v_1 + \lambda_2 \cdot v_2 + \dots + \lambda_n \cdot v_n$$

Los datos de partida del método son los expresados en la matriz de valoración (x_{ij}) de forma que se evalúa, para cada alternativa, el grado de cumplimiento de cada uno de los criterios. Se supone que los juicios que evalúan cada alternativa según cada criterio admiten representaciones numéricas sobre una escala de valores reales.

Una vez obtenida la matriz de valoración, ésta debe ser normalizada, de forma que los valores de los criterios, generalmente expresados en escalas distintas, se puedan comparar y no se produzcan incongruencias.

Una vez obtenidos los valores normalizados (r_{ij}) para cada alternativa A_i , y conocidos los pesos W_j asociados a cada uno de los criterios que se consideran, el método de la suma ponderada construye la función valor de la siguiente forma:

$$v(A_i) = \frac{\sum_{j=1}^n (W_j \cdot r_{ij})}{\sum_{j=1}^n W_j}; i = 1, 2, \dots, m$$

Donde $v(A_i)$ es un valor promedio ponderado para cada alternativa A_i , que refleja el valor que cada alternativa tiene para el decisor. Así pues, con la ordenación de las alternativas en base a los valores $v(A_1), v(A_2), \dots, v(A_m)$ es posible resolver el problema de decisión y determinar la mejor alternativa de entre las posibles, que será la de suma ponderada mayor/menor. (García, 2009)

Aunque usa todos los valores de cada alternativa, han de ser numéricos y estar expresados en una escala comparable. Existe el inconveniente que para poder asegurar la existencia de una función de utilidad global aditiva se exige la independencia preferencial de los atributos por lo que no se ha aplica al escenario que se evalúa.

SMART (*The Simple Multi-attribute Rating Technique*)

El método SMART fue desarrollado por Edwards y Barron, donde se juzga la actuación de la alternativa mediante la elección de un apropiado valor entre un límite inferior predeterminado para la peor (real o imaginaria) alternativa y un límite superior para la mejor (real o ideal) alternativa.

La ventaja del modelo SMART es que es independiente de las alternativas, cuando las evaluaciones de las alternativas no son relativas, cambiando el número de alternativas considerado no cambiarán las puntuaciones de la decisión con respecto a las alternativas. Esta característica es particularmente útil cuando se añaden nuevas alternativas a la comparación existente.

A pesar de ayudar con el problema de la dependencia, no se tiene idea de la mejor o peor alternativa, se trabaja precisamente en la búsqueda de un orden de prioridad por lo que tampoco es factible en este caso.

Ponderación Lineal (*Scoring*)

Es un método con una fundamentación teórica ortodoxa y directa⁹, que permite abordar situaciones de incertidumbre o con modestos niveles de información, y que consiste en construir una *función de valor* para cada alternativa. El método de Ponderación Lineal supone la transitividad de preferencias o la comparabilidad. Es un método completamente compensatorio¹⁰, y puede resultar dependiente, y manipulable, de la asignación de pesos a los criterios o de la escala de medida de las evaluaciones. (Martínez, 1997).

Con dicho método se obtiene una puntuación global por simple suma de las contribuciones obtenidas de cada atributo. Si se tienen varios criterios con diferentes escalas, dado que los mismos no son sumables en forma directa, se

⁹ La Teoría de la Utilidad (y la Teoría del Valor) postula que un individuo puede elegir entre un conjunto de alternativas disponibles de forma que maximice su satisfacción. Ello implica que conoce cada una de las alternativas y es capaz de evaluarlas. En el caso de un individuo racional y consistente es posible definir una función de valor (determinística) o una función de utilidad (probabilística) que represente sus preferencias.

¹⁰ Estos métodos se diferencian sobre la base de si las ventajas de un determinado atributo o criterio pueden ser intercambiadas por las desventajas de otro atributo, o si este intercambio no es posible. Una estrategia de elección es compensatoria si los intercambios de logros entre atributos (trade-offs) están permitidos. La estrategia será No Compensatoria si no están autorizadas dichas compensaciones.

requiere un previo proceso de normalización para que pueda efectuarse la suma de contribuciones de los atributos.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que el orden obtenido con este método no es independiente del procedimiento de normalización aplicado. (Flament, 1999)

Este método tiene el inconveniente que para poder asegurar la existencia de una función de utilidad global aditiva se exige la independencia preferencial de los atributos, lo cual no se puede asegurar en el escenario de aplicación.

AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP), introducido y desarrollado por Tomás Saaty¹¹ a finales de la década de los 70 (Saaty, 1980; 1997; 2000), es un método multicriterio discreto, el cual consiste esencialmente en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos utilizando una estructura jerárquica. Esta técnica está dentro de la clase de escalas de razón o proporción, pues siempre estima el valor de la alternativa u objetivo, en razón o comparación por pares, se elabora con el objetivo de desarrollar las prioridades y magnitud preferida de los diferentes criterios a utilizar, según criterios de expertos. De esta manera, el experto no sólo especifica cuál de ellas prefiere, sino además evaluar en qué magnitud es preferida, de acuerdo con una escala previamente especificada y su opinión con respecto a la importancia relativa de cada criterio en términos de su contribución al logro de la meta global. (Alfonso, 2009)

El método AHP es simple, flexible, de fácil e intuitiva comprensión y se puede integrar con otras metodologías multicriterio además de contar con las siguientes ventajas:

- Detecta y acepta, dentro de ciertos límites la incoherencia de los decisores humanos.

¹¹ Matemático nord-americano docente en la Universidad dePittsburgh, donde enseña en la Escuela de Negocios Joseph M. Katz. Es el inventor, arquitecto y teórico del Proceso Analítico Jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*), un entorno para la toma de decisiones aplicado en entornos multi-agentes y complejos, y del Proceso Analítico en Red (*Analytic Network Process*) que es una generalización del problema de decisiones con dependencia y retroalimentación.

- Permite emplear de forma natural una jerarquización de los criterios, cosa que no pueden hacer los métodos que exigen comparaciones globales de las alternativas.
- No se necesita información cuantitativa acerca del resultado que alcanza cada alternativa en cada uno de los criterios considerados, sino tan sólo los juicios de valor del centro decisor.
- Cuenta con varios softwares de apoyo para su aplicación como Hipre3+, Inpre, Criterium® y Expert Choice, creado con la colaboración de su creador, Tomás Saaty.

No obstante, el método AHP también representa una serie de inconvenientes, las cuales se citan a continuación:

- La justificación de la independencia exigida en la modelización jerárquica.
- La escala fundamental empleada para expresar los juicios relativos en las comparaciones pareadas.
- Los procedimientos de priorización de los elementos mediante el cálculo del autovector.
- La forma de evaluar la consistencia de los juicios emitidos.
- La interpretación de las prioridades totales obtenidas en el procedimiento.
- La introducción de una nueva alternativa puede hacer variar la estructura de preferencias del decisor, o poner de manifiesto alguna inconsistencia en los juicios.
- En algunos casos se verifican inconsistencias y carencia de robustez en los resultados (reversión de rangos). (Font, 2000)

A pesar de todas las debilidades descritas anteriormente se ha aplicado en diversas áreas del conocimiento como la Construcción, Política, Ingeniería, Educación, Industria, Gobierno y otras, en las cuales se han desarrollado aplicaciones en las siguientes áreas Selección, Evaluación, Análisis costo-beneficio, Asignación, Planeamiento y desarrollo, Prioridad y ranking, Toma de decisión, Predicción y Salud.

Actualmente es el de mayor aplicación de la escuela Normativa en cuanto a prioridad y orden de selección de alternativas. Luego de revisar una serie importante de artículos donde se trata la aplicación del método no se ha encontrado ninguna aplicación para establecer el orden de prioridad para la ejecución de proyectos informáticos por lo que no hay una experiencia precedente con su aplicación.

1.3.2 Escuela Descriptiva

Esta escuela ha sido desarrollada por los europeos: franceses, holandeses y belgas, renuncia a la idea de lo racional, trata de hacer un reflejo del modo en que la decisión multicriterio toma las decisiones, también posee una formulación matemática, pero menos impresionante que la escuela Normativa. (Alfonso, 2009)

Estudia las preferencias reales del decisor y su principal objetivo es ayudar al decisor a elegir la solución más compatible con sus preferencias.

Con el trabajo de Bernard Roy¹² en los años 70 y la contribución de varios científicos europeos, esta escuela fue la fundadora de la metodología de Ayuda a la Decisión Multicriterio por reflejar una actitud dentro de la línea del pensamiento constructivista. Esta familia de métodos persigue ayudar al decisor a resolver el problema teniendo en cuenta las dificultades que se derivan para la construcción de la función de valor. Se describen por su importancia, los métodos ELECTRE (*The Elimination Et Choix Traduisant la REalité*) y los métodos PROMETHEE (*Preference Ranking Organization method of Enrichment Evaluations*), métodos también llamados de superación.

Los métodos de superación se distinguen al comparar dos alternativas respecto a todos los criterios a través de relaciones binarias. Se busca determinar si una alternativa supera a otra buscando criterios suficientes que señalen su supremacía. Las relaciones que se establecen no son necesariamente transitivas.

¹² Catedrático de mérito de la Universidad Paris-Dauphine. Fundador desde 1999 y director honorario del LAMSADE, un grupo de investigación centrado en el tema de Ayuda a la Decisión. Desde 1980, es asesor científico de la RATP (la autoridad de transporte de París).

Una relación de superación constituye un modelo de agregación de preferencias, y representa el caso particular de dos alternativas que son “incomparables”.

Los enfoques más conocidos se basan en los conceptos de “*concordancia*” y “*discordancia*”, y otros se sustentan en el de 'tasas de sustitución'.

Los métodos basados en relaciones de superación consisten en admitir para cualquier par de alternativas que una “supera” a la otra cuando son satisfechas una condición de concordancia y una de discordancia (tests, índices). La concordancia cuantifica el 'grado de dominación' de la alternativa A sobre la alternativa B; la discordancia cuantifica el 'grado de no-dominación' de la alternativa B sobre la A. Conforme al nivel de incertidumbre, existen relaciones de superación determinísticas y 'difusas' (fuzzy). (Martínez, 1997)

ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*)

Familia de métodos basado en relaciones de superación para decidir acerca de la determinación de una solución, que sin ser óptima pueda considerarse satisfactoria; además de obtener una jerarquización de las acciones, alternativas bajo análisis.

Originada inicialmente y desarrollada por la escuela francófona (principalmente en Francia, Bélgica, Suiza, aunque pueden considerarse continental, ya que se verifican importantes contribuciones de los Países Bajos y Polonia, entre otros, a tal esquema), en la actualidad han sido desarrollados los procedimientos ELECTRE I, II, III IV, IS y ELECTRE TRI, los que brindan procedimientos para resolver diferentes tipos de problemas suscitados en el tratamiento de la teoría de la decisión. (Maurtua, 2006)

La filosofía de los métodos ELECTRE aportan un conjunto de aspectos positivos a la toma de decisiones, que mejoran las insuficiencias de la escuela Normativa de la decisión, lo cual ha demostrado su efectividad en la práctica y que brinda un procedimiento heurístico que permite obtener resultados favorables a problemas de decisión multicriterio importantes.

A pesar de aportar los siguientes beneficios:

1. Reconocimiento de la relación de superioridad (S) como debilitamiento de la preferencia estricta.

2. Admisión del veto mayoritario como mecanismo para obtener el outranking (S).
3. Admisión del veto.
4. Reconocimiento de la incomparabilidad (R).
5. Reconocimiento de la existencia de umbrales discriminatorios.
6. No requiere de gran esfuerzo del decisor.
7. Cuenta con un software de apoyo a su aplicación llamado ELECTRE.

Presenta problemas que imposibilitan su aplicación en el contexto que tratamos, tales como:

1. La modelación insuficiente del veto, no está influido por el estado de otros criterios
2. Papel que juegan los pesos en el índice de concordancia
3. Al emplear la regla del voto mayoritario no se consideran los pseudo – criterios.
4. No considera la intensidad de las preferencias
5. No existe una forma única para ordenar el conjunto de alternativas, o universalmente buena para explotar la relación de superioridad (S).

A pesar de estas dificultades para su aplicación en el campo estudiado es el método más exitoso de la escuela Descriptiva en sus diferentes versiones y aplicaciones en muchas áreas del conocimiento.

PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*)

El método PROMETHEE desarrollado por Vinke y Brans en 1982 consiste, como en ELECTRE III, en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna interpretación física o económica fácilmente comprensibles por el decisor. PROMETHEE hace uso abundante del concepto de pseudocriterio¹³ ya que construye el grado de superación entre cada par de acciones ordenadas,

¹³ La noción de seudo criterio constituye la originalidad de ELECTRE IS y particularmente de ELECTRE III, donde se establece el "grado de credibilidad" de la relación de superación entre una alternativa y otra, grado de credibilidad que varía entre 0 y 1.

tomando en cuenta la diferencia de puntuación que esas acciones poseen respecto a cada atributo. La evaluación de esas diferencias puede realizarse mediante funciones de valor posibles y que son utilizadas de acuerdo a las preferencias del decisor, quien además debe proporcionar los umbrales de indiferencia y de preferencia asociados a estos pseudocriterios. (Maurtua, 2006) Otras variantes del método plantean situaciones más sofisticadas de decisión, en particular problemas con un componente estocástico. Así se han desarrollado las versiones PROMETHEE II (ranking completo) a diferencia del PROMETHEE I (ranking parcial), PROMETHEE III (ranking basado en intervalos), PROMETHEE IV (caso continuo), PROMETHEE V (MCDA¹⁴ con restricciones de segmentación) en el cual se incorpora una filosofía de optimización entera a efectos de abordar problemas de selección de inversiones con restricciones presupuestarias y PROMETHEE VI (representación del cerebro humano). La diferencia entre las versiones I y II del PROMETHEE, las más adecuadas a nuestras necesidades, es que en la primera se efectúa un ordenamiento parcial de las alternativas, dando lugar así a la posible aparición de incomparabilidades; mientras que en la segunda se obtiene un preorden completo de las alternativas. En este último caso se pierde información verdaderamente útil sin contar que su aplicación requiere de gran esfuerzo de parte del centro decisor. Los métodos PROMETHEE están también sujetos a subjetividades, especialmente en lo que se refiere a la definición de los parámetros de los pseudo-criterios, análogamente a lo que ocurre en el ELECTRE I con sus umbrales de concordancia y discordancia. (Escribano, et al., 2002)

A pesar de toda la gama de métodos de la familia y de contar con un software de apoyo a su aplicación llamado Decision Lab - Módulo Visual Interactivo GAIA con el que no se dispone por ser privativo y muy costoso, estas especificidades que no se adaptan a los requerimientos presentes hacen muy difícil su aplicación.

¹⁴ *Multicriteria Decision Aid, en sus siglas en inglés*

1.3.3 Otros métodos

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

También llamada Programación Compromiso es una técnica de programación matemática utilizada originalmente en contextos continuos y que ha sido modificada para el análisis de problemas multicriterio de tipo discretos. Es utilizada para identificar soluciones que se encuentran lo más cerca posible a una solución ideal aplicando para ello alguna medida de distancia. Las soluciones así identificadas se denominan soluciones compromiso y constituyen el conjunto de compromiso.

Esta técnica está basada en el concepto que una alternativa seleccionada debe tener la distancia más corta posible hacia la solución ideal positiva y estar lo más lejos posible respecto de la solución ideal negativa. Fue desarrollada por Hwang y Yon en 1981, recibiendo posteriores aportes de Zeleny (1982), Hall (1989). Fue mejorada por los propios autores en 1987 y más tarde conjuntamente con Lai y Liu en 1993.

Una solución ideal se define como una colección de niveles ideales (o de puntajes) en todos los atributos considerados, pudiendo suceder que tal solución normalmente sea inalcanzable o que no sea factible. Esta noción se basa en la idea que el logro de tal meta se encuentra en la racionalidad de la elección humana. El vector compuesto por los mejores valores del j -ésimo atributo respecto a todas las alternativas posibles es quien recibe el nombre de solución ideal positiva. En contraposición, la solución ideal negativa estaría dada por el vector que contiene los peores puntajes alcanzables en los atributos.

Exige que las evaluaciones de las alternativas con respecto a los distintos criterios vengan expresadas en una escala comparable y además se necesita conocer la solución ideal por lo que no es aplicable al escenario actual.

Cabe observar que por el tipo de atributos bajo análisis (todos atributos deben medirse sobre escalas de intervalo) y por la heurística aplicada, el método TOPSIS es muy adecuado al tratamiento multicriterio de problemas que aparecen en los Sistemas de Información Geográfica. (Flament, 1999)

1.3.4 Valoraciones

El estudio realizado anteriormente sobre los métodos que pueden ayudar a la decisión en un problema de prioridad de alternativas arroja como conclusiones que ninguno de los anteriores puede ser aplicado al problema que nos ocupa y no existen experiencias de sus aplicaciones en una empresa productora de software. Es importante señalar que los españoles en Europa tienen una destacada actividad en la red multicriterio con grupos dedicados a su estudio y con aportes a las teorías tanto para problemas discretos como continuos de elevada complejidad en otras áreas y requerimientos, entre ellos se destaca el *Grupo decisión multicriterio de Zaragoza*¹⁵ activo hasta el presente año desde su surgimiento en el año 1996, el Grupo Español de Decisión multicriterio¹⁶ no tiene evidencia de su actividad desde el año 2001. En Europa existe además el *EURO*¹⁷ *Working Group Multicriteria Decision Aiding*¹⁸ surgido en Bruselas, 1975 activo hasta la fecha y que trabaja en la aplicación de los métodos existentes y sus aportes, además del software para su apoyo. Existe una *Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicriterio*¹⁹, surgida en el año 1999 pero que está desactualizada desde el 2001. En Cuba se aplica mayormente el AHP a diversas áreas. El ELECTRE en sus versiones II y III, es aplicado por el Dpto. de Matemática Aplicada de la Facultad de Ingeniería Industrial del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, CUJAE se ha aplicado a problemas de rutas, selección de proveedores, etc. Se tienen algunos pasos dados en el ámbito de la Universidad de las Ciencias Informáticas que se analizarán con detenimiento más adelante.

1.4 Utilidad de la técnica de decisión multicriterio

Las técnicas de toma de decisiones multicriterio discretas constituyen una valiosa ayuda para resolver diferentes problemas de decisión. Estas técnicas se pueden aplicar cuando hay que establecer prioridades o elegir una entre un conjunto discreto de alternativas o cursos de acción determinados basándose en diferentes criterios o puntos de vista que a menudo están en conflicto. En

¹⁵ <http://gdmz.unizar.es>

¹⁶ <http://www.dia.fi.upm.es/~mcdm/>

¹⁷ *The Association of European Operational Research Societies*

¹⁸ <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcda/>

¹⁹ <http://www.unesco.org.uy/red-m/red-m.htm>

muchos de estos casos el problema se puede plantear siguiendo el siguiente procedimiento:

1. Especificación clara de alternativas, escenarios o cursos de acción.
2. Determinación de criterios de decisión.
3. Ponderación de criterios.
4. Valoración de las diferentes alternativas respecto a cada uno de los criterios.
5. Aplicación de un método o algoritmo de decisión.
6. Análisis de los resultados y aceptación de los mismos por parte del decisor.

La utilidad de este proceso es que permite la participación en el mismo de diferentes actores o agentes implicados o afectados por la decisión y también permite que el decisor, si es una persona física (el gerente o director del proyecto) se pueda asesorar por expertos. En el quinto paso se pueden emplear diferentes métodos. Si el problema de decisión planteado es fundamental para el proyecto que se esté desarrollando o para la dirección estratégica de la organización, es aconsejable dejarse asesorar por expertos en estas técnicas y formar a las personas que tienen responsabilidades de decisión en el uso de estas técnicas. Otra ventaja interesante de estos métodos es que facilitan el logro de consenso sobre el problema de decisión y una mejor aceptación de la solución por todos los agentes interesados. Ello se debe a que, si el proceso se realiza correctamente, a la hora de establecer y ponderar los diferentes criterios se pueden tener en cuenta los intereses de las personas o grupos a las que éstas representan. Lo mismo a la hora de valorar las alternativas, cuando estas valoraciones son subjetivas o admiten opiniones o matices (por ejemplo el estilo de la interfaz en un producto informático). El consenso y la negociación son palabras clave en estas etapas. Pero también se permite que cada experto participante en el proceso emita sus valoraciones, las cuales son tenidas en cuenta por el modelo. Una consideración importante que hay que realizar es que el uso de técnicas de ayuda a la decisión no implica que éstas sustituyan al decisor. La decisión no surge de forma automática y la solución adoptada no tiene por qué ser la mejor ni la única posible, ni tampoco la más aceptada. Cada método aporta información útil

sobre las preferencias del decisor y las conclusiones deben ser analizadas y contrastadas. (Aragonés, et al., 2000)

1.5 Proceso de toma de decisiones sobre alternativas de proyectos de software en el contexto de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) existe una infraestructura adecuada para el desarrollo de software, es una organización que supe tanto necesidades nacionales como internacionales en el mundo del software y los servicios informáticos.

Sus directivos carecen de herramientas de apoyo respecto a la toma de decisiones sobre orden de prioridad de proyectos de alternativas de proyectos de software a pesar de que se conocen estudios al respecto en el ámbito de la Universidad, dónde se utilizan métodos cuantitativos y multicriterios en los primeros intentos.

1.5.1 Procedimientos y métodos de evaluación y selección de proyectos de software

El autor (Hernández, 2009) propone el procedimiento Multicriterio para evaluar proyectos de forma genérica, al combinar los métodos multicriterios con los cuantitativos. A partir de criterios de expertos, utilizando procedimientos estadísticos determina de manera muy rápida un índice de prioridad para el proyecto y su combinación con un estudio de factibilidad económica facilita la toma de decisiones sobre la posibilidad de éxito de los proyectos que intervienen en la evaluación, estableciendo un orden para la ejecución de los mismos.

El procedimiento define tres actores a participar:

Analista: Dirige la comisión evaluadora que integra además al decisor, todo el proceso de evaluación, define los criterios utilizados, selecciona los evaluadores y hace la propuesta del orden de los proyectos.

Evaluador: Expresa la calidad del proyecto de acuerdo con sus conocimientos sobre la temática que trata y califica los criterios empleados según la escala pre-establecida.

Decisor: Aprueba el proyecto de acuerdo con la importancia de los criterios utilizados.

Los pasos a seguir para determinar el índice de prioridad de los proyectos aceptados previo estudio de factibilidad integral (económica, técnica y comercial), utilizando el procedimiento descrito son los siguientes:

1. Se seleccionan los expertos que evalúan los proyectos aceptados
2. La comisión evaluadora define los criterios de evaluación y los clasifica en los cuatro grupos siguientes²⁰:
 - Criterios de méritos científicos
 - Criterios económicos
 - Criterios de comercialización
 - Criterios de impacto
3. Se le asigna un peso relativo a cada grupo de criterios de acuerdo con las características de la selección
4. Se elabora la guía de evaluación y se le entrega a cada uno de los evaluadores seleccionados, dando un plazo fijo para realizar su trabajo.
 - a. Se selecciona un grupo de expertos no menor de siete y se solicita a cada uno que valore el peso relativo de cada criterio.
 - b. Se selecciona un experto para calificar el comportamiento de los criterios en cada proyecto en una escala 1 - 5
5. La comisión evaluadora recibe la evaluación realizada por cada uno de los evaluadores y procesa los resultados para determinar el índice de prioridad de cada proyecto.

Para la evaluación se sigue el siguiente método, propuesto también por el autor del procedimiento:

- Sea C el número de criterios que van a evaluarse y E el número de expertos que realizan la evaluación
- Para cada criterio se determina $\sum E$ que representa la sumatoria del peso dado por cada experto
- Se calcula el peso medio de cada criterio (EP) y se determina la desviación de la media, que posteriormente se eleva al cuadrado para obtener la dispersión (S) por la expresión:

²⁰ El autor propone un conjunto de criterios en cada uno de los grupos que define.

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2$$

- Calcular el coeficiente de concordancia de Kendall (W)²¹ para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos:

$$W = \frac{12 S}{E^2(C^3 - C)}$$

- El coeficiente de concordancia de Kendall permite calcular el Chi cuadrado real:

$$X^2 = E(C - 1)W$$

- El Chi cuadrado calculado se compara con el obtenido de las tablas estadísticas. Si se cumple:

$$X_{real}^2 > X_{(\alpha, c-1)}^2 \quad \therefore \text{Existe concordancia en el trabajo de expertos}$$

Después de comprobar la consistencia del trabajo de experto se puede definir el peso relativo de cada criterio.

Ep: Puntuación promedio de cada criterio

Conociendo el peso de cada criterio y la calificación dada por los expertos en una escala de uno a cinco se puede constituir la tabla siguiente:

Calificación de cada criterio

Criterios	Calificación (<i>c</i>)					<i>P</i>	<i>P x c</i>
	1	2	3	4	5		
<i>C</i> ₁		X				<i>Ep</i> ₁	<i>Ep</i> _{1x} <i>c</i> ₁
<i>C</i> ₂	X					<i>Ep</i> ₂	<i>Ep</i> _{2x} <i>c</i> ₂
<i>C</i> ₃				X		<i>Ep</i> ₃	<i>Ep</i> _{3x} <i>c</i> ₃
<i>C</i> _{<i>n</i>}				X		<i>Ep</i> _{<i>n</i>}	<i>Ep</i> _{<i>n</i>x} <i>c</i> _{<i>n</i>}
							$\sum P \times c$

IP = Índice de prioridad del proyecto

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5}$$

5: número máximo de calificaciones

²¹ Los valores del coeficiente deben oscilar entre 0 y 1 ($0 < W < 1$), si *W* alcanza el valor uno ($W = 1$) entonces existe una concordancia total de criterios, mientras mayor sea el valor de *W*, es decir, cuanto más se acerca a uno, mayor será la concordancia entre los expertos.

Conociendo el índice de prioridad de cada proyecto, la categoría asignada y la evaluación final de los evaluadores, se establece un orden de prioridad para todos los proyectos que participan en la convocatoria.

Aunque incluye un método sencillo en su aplicación desde el punto de vista matemático y genérico los que posibilita flexibilidad a diferentes entornos, el procedimiento Multicriterio en sí no se ajusta a un entorno de organizaciones productoras de software. Restringe la información que aporta el trabajo con los expertos, dando como información de los proyectos únicamente el índice de prioridad.

La autora (Labrada, et al., 2009) en su tesis de grado para optar por el título de Ingeniera en Ciencias Informáticas a partir del procedimiento anterior propone uno para proyectos informáticos, que se distingue específicamente del anterior en los siguientes aspectos:

- Para la evaluación de los expertos seleccionados se utiliza la metodología aprobada por el Comité Estatal para Ciencia y la Técnica de Rusia para elaboración de pronósticos científico técnico que propone el Método Delphi. Cuenta con una selección de criterios a evaluar específicamente para proyectos informáticos, validados por una encuesta realizada, lo cual lo convierte en un procedimiento para evaluar proyectos informáticos específicamente, o sea, deja de ser genérico.
- En la aplicación del coeficiente de concordancia de Kendall se propone utilizar en la fórmula un factor de corrección que incrementa ligeramente el resultado de este coeficiente, este reemplazo viene dado a que la proporción de ligas para tantos criterios a evaluar es significativa y tenerlas en cuenta conlleva a un mejor uso del coeficiente de Kendall.
- Por otra parte se abordan soluciones para un caso de discordancia entre los expertos, buscando en un principio el experto que menos concuerde para luego repetir el procedimiento.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{c_j} \quad [1]$$

$$\text{donde: } \sigma_j = \sqrt{\sigma^2_j}, \quad \sigma^2_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} (c_{ij} - \bar{c}_j)^2}{m_j - 1} \quad \text{y} \quad \bar{c}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} c_{ij}}{m_j}$$

siendo:

m: cantidad de expertos;

n: cantidad de criterios;

m_j : cantidad expertos que evalúan el criterio j ($m_j \leq m$);

C_{ij} : evaluación en puntos del criterio j realizado por el experto i.

\bar{C}_j : media aritmética de los expertos que evalúan la pregunta j

σ^2_j : varianza o dispersión de las devaluaciones en la pregunta j

σ_j : desviación típica de las evaluaciones de la pregunta j

La fórmula [1] se determina para cada pregunta j donde finalmente queda calculado el coeficiente de variación v_j . Este coeficiente caracteriza el grado de concordancia de los expertos para cada pregunta, donde mientras mayor sea el valor de v_j , menor será el grado de concordancia de los m expertos con relación a la pregunta j. Con este cálculo se escogería la pregunta con menor grado de concordancia y luego se sacaría un promedio entre los pesos dados por el grupo de expertos en esa determinada pregunta, con el fin, de eliminar aquel experto que haya propuesto un valor para el peso del criterio más alejado del promedio calculado.

En caso de haber más de una pregunta con igual valor de coeficiente de variación se escogería la perteneciente al criterio que represente mayor importancia según el tipo de proyecto. Ya eliminado el experto, se repiten entonces los pasos para calcular la concordancia de los expertos y aplicar la prueba Chi – cuadrado.

Es importante mencionar que este procedimiento debe ser utilizado luego de realizar un detallado análisis económico para así poder balancear los resultados según el tipo de proyecto que se quiera desarrollar pues no incluye en la evaluación criterios económicos lo que hace complejo el análisis de la decisión final para el decisor.

Para cada proyecto es al igual que el anterior determinado un índice de prioridad por lo que se ordenan sin una información adicional.

Por otra parte, (Leyva, et al., 2009) en su artículo *Modelo para la evaluación y selección de proyectos de innovación en las tecnologías de la información*

presentan un modelo que integra las interdependencias existentes entre proyectos y las restricciones que imponen las organizaciones haciendo uso de métodos y herramientas tales como: el Cuadro de Mando Integral, el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) y Programación Lineal Monobjetivo Discreta.

La mayor diferencia en los modelos de proyectos de Tecnologías de la Información y R&D²² es la elevada importancia que tiene en los primeros la interdependencia entre los proyectos, por ejemplo dos proyectos pueden compartir secciones idénticas de código o hardware.

A continuación se presenta la estructura general del modelo:

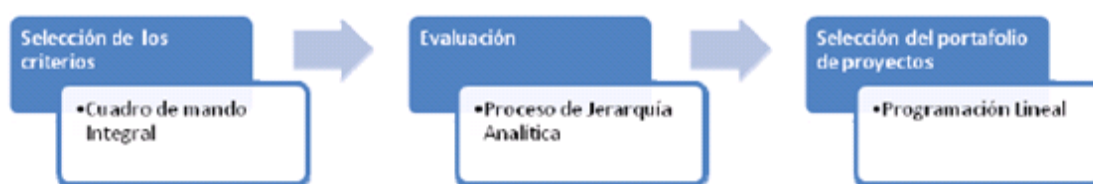


Figura 1.3: Modelo para crear un portafolio de proyectos según (Leyva, et al., 2009)

El problema de la evaluación de tecnologías de la información es un problema de decisión multicriterio. Utilizan el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP por sus siglas en inglés) y para la selección del portafolio la Programación Lineal.

Aunque este modelo tiene en cuenta la cantidad de recursos disponibles y las restricciones para cada proyecto al aplicar la selección del portafolio, incluye para la evaluación el AHP con todas sus fortalezas y debilidades descritas anteriormente y no contempla indicadores económicos en la evaluación que permitan medir la factibilidad económica de los proyectos seleccionados.

1.5.2 Valoraciones

A pesar de los intentos realizados, vistos con anterioridad, ninguno se ajusta integralmente a las necesidades existentes actualmente en la UCI para definir un método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad en su ejecución, por lo que se hace necesario desarrollar un método que se ajuste a las necesidades reales de la UCI.

Actualmente los directivos no cuentan con una herramienta de apoyo a la toma de decisiones respecto a la prioridad de ejecución que contribuya a optimizar

²² Research and Development en sus siglas en inglés

esfuerzos, recursos y tiempos en los proyectos informáticos realizados en la UCI.

1.6 Conclusiones

- El proceso de toma de decisiones en las organizaciones productoras de software es engorroso y a menudo se precisa tomar decisiones sobre alternativas de proyectos debido a la baja disponibilidad de recursos tanto humanos como materiales.
- No existe en la bibliografía revisada ningún método para evaluar proyectos que se ajuste a las necesidades de la UCI.
- De todos los métodos estudiados se encuentran útiles el procedimiento Multicriterio, Multicriterio modificado, para tomarlos como punto de partida, transformar los aspectos necesarios, aportar elementos y fusionarlos a conveniencia para desarrollar un nuevo método de evaluación acertado para la UCI.

Capítulo 2: Materiales y Métodos

2.1 Introducción

La Universidad de las Ciencias Informáticas es una universidad atípica entre las de su tipo en el país. Su responsabilidad como centro formador y a la vez productor de software le ha distinguido desde sus inicios complejizando los procesos y decisiones de sus directivos.

Con el paso de los años se ha vivido un aumento de los compromisos productivos, sin embargo los profesionales por una razón u otra se renuevan y los recursos en la medida de las posibilidades, menores, se tratan de actualizar al momento actual.

La búsqueda de soluciones para un mejor empleo de los recursos disponibles es incesante en todos los ámbitos de la sociedad cubana, en la UCI los directivos no disponen de herramientas que sirvan de ayuda a la toma de decisiones para una optimización de los recursos con la obtención de mejores resultados.

Una forma de optimizar es priorizar, para priorizar los proyectos a ejecutarse se impone un proceso de evaluación. Se aplica un cuestionario a profesionales de experiencia en la producción que ayuden a esclarecer la situación actual al respecto en la UCI y definir los criterios para la evaluación utilizando un método desarrollado para el entorno, el método científico guiará el trabajo de investigación en cada una de sus etapas.

En esta sección se describe la situación actual en la Universidad de las Ciencias Informáticas respecto al orden de ejecución de los proyectos informáticos así como los materiales y métodos utilizados para resolver el problema planteado. El mismo se basa en el desarrollo de un método para evaluar proyectos informáticos que permita obtener la información necesaria y facilitar la toma de decisiones para priorizar la ejecución de proyectos informáticos en correspondencia con los intereses de la organización.

2.2 Caracterización de la evaluación de proyectos informáticos para establecer un orden de prioridad para su ejecución en la UCI

El desarrollo de software en nuestro país se ha convertido en uno de los pilares de la economía, lo que ha convertido a la Universidad de las Ciencias Informáticas en un centro de referencia en este sentido. Luego de siete años de vida, la Universidad ha jugado un papel importante en el desarrollo del país en el área de la Informática con la contratación de productos y servicios de software.

A pesar de la experiencia adquirida y los logros alcanzados, en la Universidad como centro productor de software y servicios sus directivos no cuentan con herramientas de ayuda a la toma de decisiones en el área de la gestión de proyectos para establecer prioridades en la ejecución de los proyectos informáticos contratados.

Actualmente cuenta con una estructura nueva en aras de aumentar la productividad con un mejor manejo de sus recursos humanos y sus compromisos. Los centros de desarrollo de software especializados, asociados a las facultades cuentan con los profesionales y estudiantes como fuerza de trabajo y con los medios materiales propios para la avalancha de proyectos que les ha correspondido asumir.

Los proyectos son gestionados por la dirección de producción de la Universidad y de acuerdo al tipo de proyecto redirigido al centro correspondiente.

Mucho se ha estudiado el proceso de producción de software en la Universidad, enfocándose en la etapa de desarrollo del software pero ha sido poco el esfuerzo dirigido al estudio previo a la ejecución del proyecto, la etapa conceptual y estructural del ciclo de vida del proyecto.

El proyecto llega al centro con la clara misión de terminarlo en el tiempo previsto y la calidad requerida, pero cabe preguntarse ¿existe la disponibilidad de un equipo de desarrollo capaz de asumir el proyecto?, ¿las condiciones materiales para su ejecución son las adecuadas?, ¿qué prioridad tiene entre los proyectos a desarrollar en el centro?, ¿qué interés representa para el centro, económico, comercial o de impacto? ¿qué puede representar ejecutar un proyecto y antes de uno x ?

Ninguna de estas preguntas se realizan en la organización, no se tienen en cuenta para aceptar los proyectos a realizar, en el caso de los proyectos nacionales que no tienen ingreso alguno para la Universidad sólo se asumen sin un análisis previo y representan un compromiso más, los de exportación se negocian en los Contratos, se firman las fichas de los proyectos dónde se detalla el alcance de cada uno, que en muchas ocasiones cambia en el momento de escribir el proyecto técnico y confrontar la realidad.

En muchas ocasiones no se tienen las condiciones materiales ni de recursos humanos para asumir los compromisos lo que pone en riesgo el feliz término del proyecto.

En la dirección técnica se trabaja en un modelo tecnológico de la producción con el que se pretende (Dirección Técnica UCI, 2010):

- Potenciar la productividad, gestión de proyectos en función de la eficiencia
- Mayor organización en la gestión de proyectos y del proceso de producción
- Todos los recursos en función de la productividad, alta disponibilidad y seguridad de la información
- Un paquete desarrollado en conjunto por todos los centros y para el bien de todos.

Dentro de las variables de mejora para lograr este modelo, se encuentra un *Sistema informativo, vista en la gestión de proyectos a diferentes niveles* y una *Conceptualización de Catálogo de tecnologías (COTS) y portafolio de proyectos tecnológicos que soporten el desarrollo sostenible y el incremento de la productividad.*

Estas son proyecciones relacionadas con la investigación que tiene la dirección aunque aún son solo ideas, no hay un trabajo concreto en este sentido.

El nivel superior actualmente no cuenta con una herramienta de ayuda a la toma de decisiones con la que pueda determinar el orden de ejecución de sus proyectos aceptados en una etapa de concepción de los mismos.

En la Universidad se lleva a cabo un programa de mejora con el objetivo de certificarse en CMMI nivel 2, para alcanzar un alto nivel de organización en los procesos y una certificación en el mundo del desarrollo de software.

El ciclo de vida propuesto a los proyectos pilotos para el Programa de Mejora luego de un diagnóstico realizado en la Universidad por la dirección de Calidad UCI es el siguiente:



Figura 2.1 Ciclo de vida asociado a los proyectos pilotos para el Programa de Mejora

Es importante señalar que la fase *Estudio Preliminar* incluida en esta propuesta para el Programa de Mejora, no está incluida actualmente en el ciclo de vida de los proyectos de software en la UCI.

Según el PMBOOK²³: “El ciclo de vida del proyecto define las fases que conectan el inicio de un proyecto con su fin. Por ejemplo, cuando una organización identifica una oportunidad a la cual le interesaría responder, frecuentemente autoriza un estudio de viabilidad para decidir si se emprenderá el proyecto. La definición del ciclo de vida del proyecto puede ayudar al director del proyecto a determinar si deberá tratar el estudio de viabilidad como la primera fase del proyecto o como un proyecto separado e independiente.”

Lo cierto es que en la UCI no se realiza tal estudio hasta el momento y en la fase que puede ser tratado no está concebido como se puede observar en la siguiente figura 2.2 donde se describen sus actividades.

²³ Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos, 2004

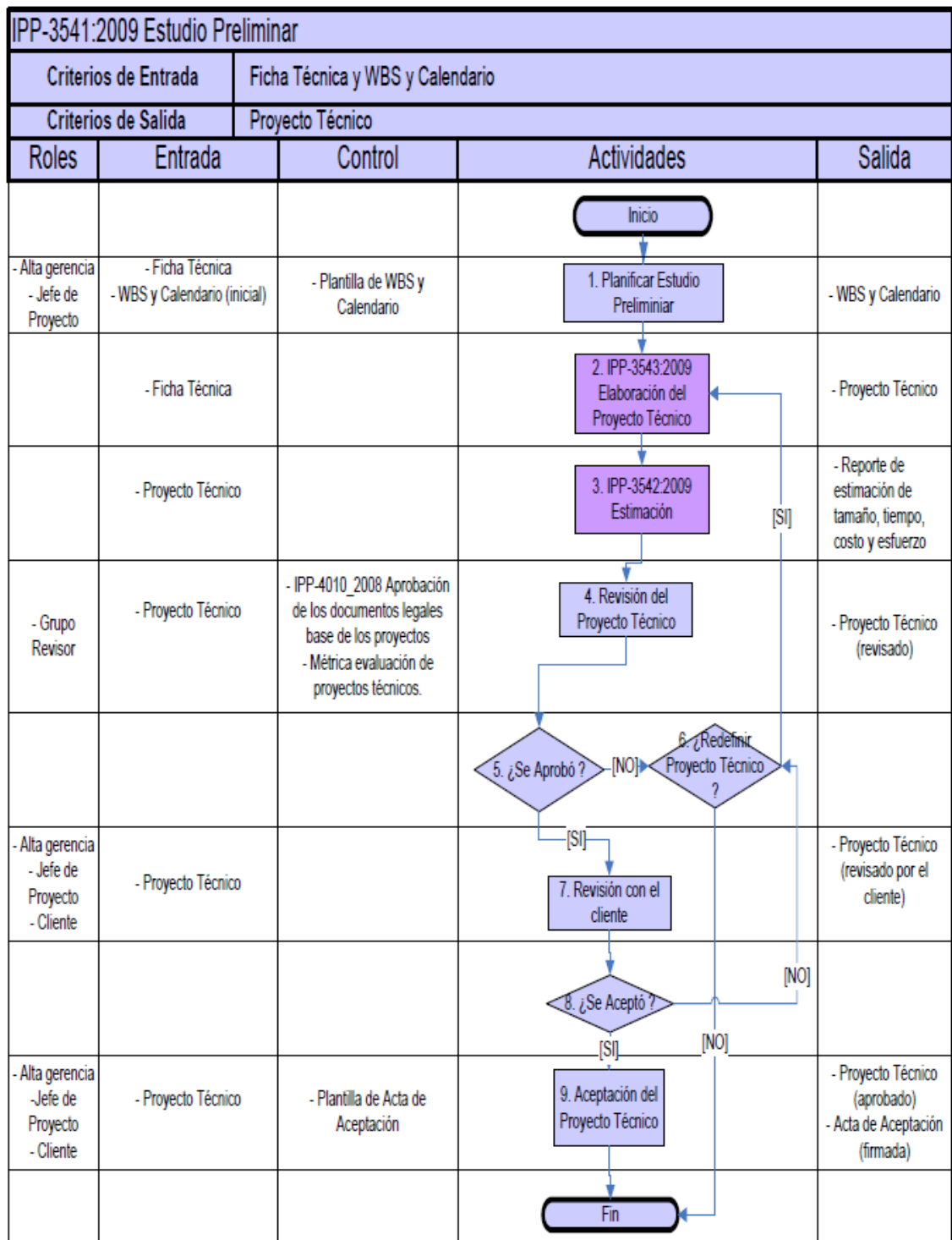


Figura 2.2 Descripción de la fase Estudio Preliminar

Los objetivos de esta fase preliminar son los siguientes:

- Planeación del proyecto a un alto nivel y la legalización del mismo
- Estudio inicial de la organización cliente que permite obtener información fundamental acerca del alcance del proyecto
- Realizar estimaciones de tiempo, esfuerzo y costo.

A continuación se muestra la relación de la fase *Estudio Preliminar* con las restantes fases y los subprocesos que la componen:

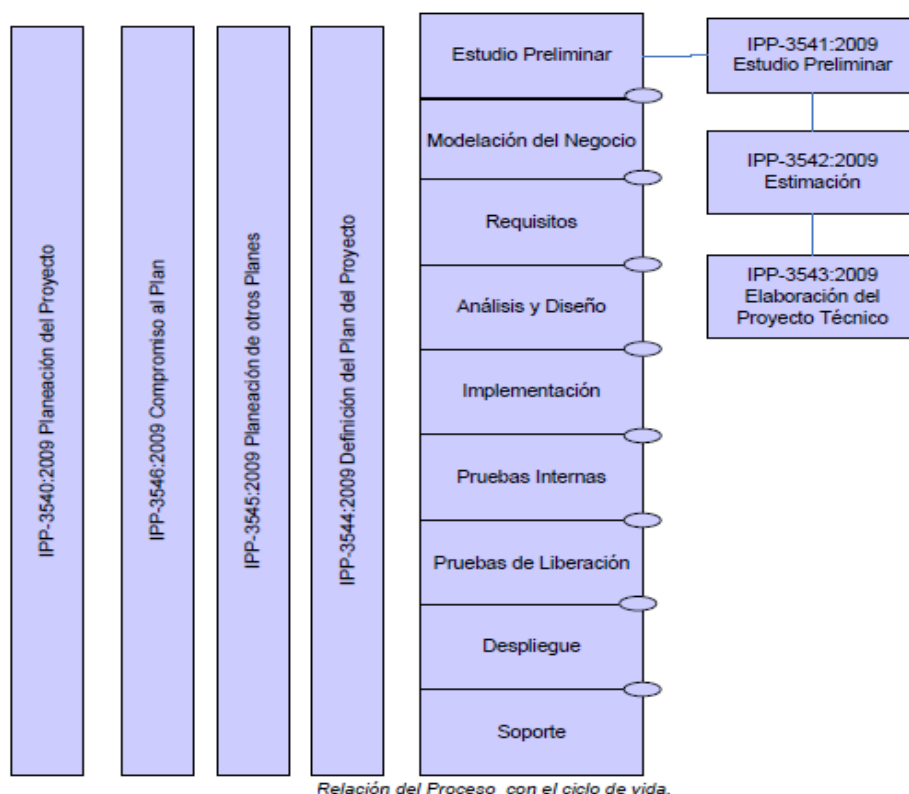


Figura 2.3 Relación del proceso con el ciclo de vida

En el subproceso *Estimación* el objetivo es lograr determinar a partir de entrevistas entre el Líder de proyecto y el cliente un reporte de tamaño del sistema, tiempo de las actividades, esfuerzo del personal del proyecto y costo del proyecto. Por su parte en *Elaboración del Proyecto Técnico* como su nombre lo indica el Líder del proyecto elabora el documento partiendo de la ficha redactada con anterioridad.

En esta fase *Estudio Preliminar* propuesta no se incluye un análisis de factibilidad de los proyectos ni se tiene en cuenta el orden de prioridad para la ejecución de los proyectos.

2.3 Elementos metodológicos utilizados

El cómo desarrollar una investigación es definido por los métodos utilizados en ella, estos guían su avance y son identificados por el investigador según el carácter del problema a resolver.

Entre los métodos teóricos se utilizó el *Histórico-Lógico* para estudiar el curso del fenómeno en su devenir histórico representado en forma teórica mediante la búsqueda de métodos, procedimientos, guías, experiencias y técnicas multicriterios que pudieran aplicar al problema en cuestión con lo que se obtuvo el fundamento de la investigación. La búsqueda bibliográfica realizada abarcó un total de 181 documentos extraídos de Internet y de otras fuentes, de los cuales 99 contaban con la calidad para ser tenidos en cuenta durante la investigación.

El *Hipotético-Deductivo* condicionó el punto de partida a través de una hipótesis que relacionara el problema existente y las deducciones que permitieran confrontar con hechos esta teoría. (Calderín, 2007)

Con el fin de reproducir simplificada y subjetivamente la parte de la realidad objetiva que se está estudiando como objeto se utilizó la *Modelación*. Esta abstracción cumple con una función fundamental, y es la de descubrir y estudiar nuevas cualidades, relaciones, principios o leyes del objeto de estudio. (Bijarro, 2007)

El método propuesto sigue el *Enfoque de sistema* que orienta la forma de ver la realidad integral, formada por componentes que cumplen determinadas funciones y mantienen formas estables de interacción entre ellas. (Bijarro, 2007)

Para recopilar la información necesaria, que permitiera identificar la problemática existente, se utilizó como método empírico fundamental, *La Encuesta*, a partir de la cual se elaboró un cuestionario con las especificaciones pertinentes que permitieran obtener el estado actual del fenómeno a estudiar en la UCI. Los objetivos que pretendió el instrumento diseñado fueron los siguientes:

- Identificar la situación actual de la UCI en la realización de estudios de prioridad para la ejecución de proyectos.
- Identificar los criterios de evaluación que según los encuestados deben ser medidos dentro del estudio de prioridad para los proyectos de software.

Se diseñaron preguntas abiertas y cerradas para extraer la información necesaria. Las preguntas abiertas fueron diseñadas con el objetivo de conocer la opinión del encuestado con relación al tema, así como involucrar y motivar a los encuestados en la solución.

Las cerradas se elaboraron con la idea de conocer la información cuantitativa y cualitativa, que diera una medida del estado real de la problemática existente.

Para elaborar el cuestionario se realizó una prueba piloto para comprobar la claridad de los enunciados y la correcta comprensión por parte de los encuestados. (Hernández, et al., 2002)

A continuación se hace un desglose de manera general, de los elementos a recoger con la aplicación del cuestionario, para mayor detalle remitirse al *Anexo 1*:

- Conocer la necesidad de establecer un orden de prioridad para la ejecución de los proyectos de desarrollo de software
- La existencia de alguna guía, procedimiento, método o metodología para establecer un orden de prioridad en la ejecución de los proyectos de desarrollo de software según los encuestados
- Conocer el estado del conocimiento sobre el tema en la UCI.
- Identificar a partir de una propuesta dada los criterios que establezcan un compromiso entre todas las variables que intervienen y permitan caracterizar cada proyecto con relación a los demás de acuerdo a cinco grupos generales: Méritos científicos, Económicos, Comerciales, Impacto e Informáticos.
- Permite que el encuestado aporte con su conocimiento y experiencia sobre el tema criterios que considere necesarios tener en cuenta con el objetivo de lograr enriquecer la investigación.

Se definió que la población de estudio estaría formada por los profesionales de mayor experiencia relacionados con la producción en la Universidad de Las Ciencias Informáticas, estas personas fueron seleccionadas por cada centro de desarrollo, en algunos casos los mismos directores formaron parte de esta población, teniendo como *Unidad de estudio* a cada uno de *estos Profesionales de la producción*.

En el siguiente epígrafe se analizará la aplicación de la encuesta y los resultados arrojados.

Se utilizaron durante la investigación los métodos estadísticos siguientes:

- *prueba t de Student* con el fin de determinar las diferencias entre dos medias muestrales, en el caso específico de la encuesta para

determinar la diferencia estadísticamente significativa de las respuestas dicotómicas.

- *Estadígrafo Chi-Cuadrado* haciendo uso del *coeficiente de concordancia de Kendall* para verificar la consistencia del trabajo de expertos que participaron en la evaluación.

Como estrategia investigativa, se definió utilizar la *Descriptiva*, debido a las características de la investigación a realizar.

Para la evaluación y validación de la propuesta que se describe en este trabajo, se utilizó el *Método para la Evaluación de PROyectos Informáticos*, MEPROI propuesto por la autora, el cual se basa en dos métodos estudiados anteriormente *Multicriterio* (Hernández, 2007) y el *Multicriterio modificado* (Labrada, et al., 2009).

2.4 Aplicación y análisis del cuestionario

Para la aplicación del cuestionario desarrollado se identificó el tamaño de la muestra siguiendo la máxima siguiente: “El cálculo del tamaño de la muestra determina el grado de credibilidad que se concederá a los resultados obtenidos.” (Huete, 2009)

Para seleccionar el tamaño de la muestra debe ser en lo fundamental cualitativo, es decir, debe analizarse las características de la población y los objetivos propuestos. Si la población es muy heterogénea, es necesario una muestra mayor que si es homogénea. (Hernández, et al., 2002)

Son muchas las expresiones que existen para determinar el tamaño de la muestra pero varios autores concuerdan en tomar un porcentaje determinado de la población, en caso de ser mayor que 30 el número de miembros de la población y esta a su vez sea homogénea, el tamaño de la muestra nunca debe ser menor del 10 por ciento de la población. Para el escenario tratado con una población homogénea se tomará el 25 por ciento de la población.

Al tomar el 25 por ciento de la población para el escenario actual se obtuvo como resultado una muestra significativa de 40 profesionales con experiencia en el proceso productivo de la UCI. El instrumento fue aplicado a 44 profesionales con experiencia en la producción de forma aleatoria, con los siguientes resultados para la muestra:

Composición de la muestra:

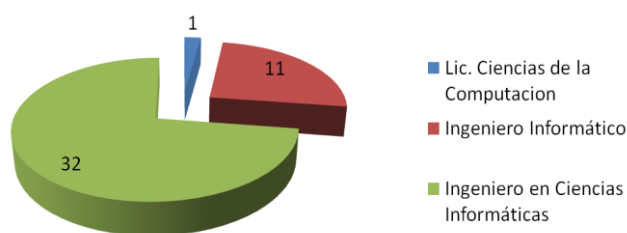


Figura 2.4 Composición de la muestra

Años de experiencia en la gestión de proyectos: 2.13

Años de experiencia en la realización de estudios sobre prioridad de ejecución: 0.33

Resultados

Datos de Interés	Si	%
Necesidad del estudio	43	98,0
Conocimientos previos (guía, metodología, procedimientos, métodos)	6	14,0
Conocimiento de un estudio similar en la UCI	4	9,0
Experiencia de los encuestados en estudios de prioridad	7	16,0

Tabla 2.1 Datos de interés obtenidos con la aplicación del cuestionario

Como se puede observar en la *Tabla 2.1*, el 98,0% de los encuestados consideró necesario el estudio realizado para establecer una prioridad en la ejecución de los proyectos de desarrollo de software, solo un 14,0% posee conocimientos sobre alguna guía, metodología o procedimiento para este fin, de ellos el 2,33% coincidía con algún método estudiado como el AHP, otro 2,33% alegaba la lógica y el conocimiento empírico basado en la experiencia y el 9,33% hicieron referencia a una guía que se utiliza para llevar una organización a un estado deseado definiendo rutas, la cual no se aplica al problema definido, estos últimos coinciden en un 9,0% con un estudio similar en la UCI y solo un 16,0% tiene experiencia sobre estudios de prioridad.

Criterios de evaluación

Para todos los criterios propuestos el resultado de la prueba t Student arrojó una diferencia significativa entre las dos medias muestrales (Sí/No) a favor del Sí, por lo que inicialmente todos los criterios propuestos tienen una aceptación para la evaluación de los proyectos.

Méritos científicos			Proporciones	t datos	t Student
Valor científico del proyecto	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Calidad de la organización del proyecto	Si	35	0,795454545	12,89407	2,26524E
	No	9	0,204545455	394	-16
Planificación realizada para su ejecución	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto	Si	30	0,681818182	9,548248	3,44498E
	No	14	0,318181818	406	-12
Solvencia científica y profesional del equipo de proyecto	Si	39	0,886363636	18,28814	6,67802E
	No	5	0,113636364	945	-22
Económicos					
Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios	Si	35	0,795454545	12,89407	2,26524E
	No	9	0,204545455	394	-16
Medios materiales disponibles y solicitados	Si	37	0,840909091	15,04420	9,70845E
	No	7	0,159090909	77	-19
Presupuesto solicitado para su ejecución	Si	36	0,818181818	13,87581	1,75621E
	No	8	0,181818182	329	-17
Presupuesto solicitado para su introducción	Si	36	0,818181818	13,87581	1,75621E
	No	8	0,181818182	329	-17
Rentabilidad	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Ganancias esperadas	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Comerciales					
Satisfacción de los requerimientos del cliente	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan	Si	43	0,977272727	42,99134	5,71336E
	No	1	0,022727273	58	-37
Atractivos del mercado al que se puede acceder	Si	41	0,931818182	24,22304	1,08318E
	No	3	0,068181818	889	-26
Nivel de competencia existente	Si	39	0,886363636	18,28814	6,67802E
	No	5	0,113636364	945	-22
Requerimientos para la	Si	40	0,909090909	20,71397	5,38167E

introducción en el mercado	No	4	0,090909091	475	-24
Impacto					
Impacto social	Si	44	1	No hay desacuerdo	
	No	0	0		
Impacto medioambiental	Si	33	0,75	11,315	1,78187E-
	No	11	0,25	04764	14
Impacto en el territorio donde se introduce	Si	41	0,931818182	29,667	2,87705E-
	No	2	0,045454545	0549	30
Informáticos					
Tecnología disponible	Si	39	0,886363636	18,288	6,67802E-
	No	5	0,113636364	14945	22
Utilidad de componentes reutilizables	Si	40	0,909090909	20,713	5,38167E-
	No	4	0,090909091	97475	24
Gestión de riesgos	Si	41	0,931818182	24,223	1,08318E-
	No	3	0,068181818	04889	26
Tamaño del proyecto	Si	35	0,795454545	12,894	2,26524E-
	No	9	0,204545455	07394	16
Impacto de variaciones de alcance	Si	34	0,772727273	12,051	2,23783E-
	No	10	0,227272727	23865	15

Tabla 2.2 Aplicación de la prueba t-Student para los criterios definidos

Se aportaron nuevos criterios por los encuestados para cada uno de los grupos:

Criterios únicos sugeridos:

Méritos Científicos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos
0	2	2	1	7

Tabla 2.3 Cantidad de criterios únicos sugeridos por grupos

La descripción de estos criterios se detalla a continuación:

Económicos
Costo de producción
Retorno de la Inversión (ROI)
Comerciales
Estudio de clientes potenciales a nivel mundial
Nuevo Mercado
Impacto
Impacto político
Informáticos
Elementos legales
Capital humano disponible
Complejidad del proyecto y del propio cliente

Dependencias con otros sistemas e integración
Tecnología que se domina
Conocimiento de un sector
Capacidad productiva

Tabla 2.4 Descripción de criterios únicos sugeridos

Estos criterios fueron analizados y tomados los que se detallan debajo:

Criterios aceptados:

Méritos Científicos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos
0	0	1	1	3

Tabla 2.5 Cantidad de criterios aceptados por grupos

La descripción de estos criterios es como sigue:

Comerciales
Posibilidad de acceder a nuevo mercado
Impacto
Impacto político
Informáticos
Impacto de las regulaciones legales en el lugar de aplicación
Complejidad del proyecto y del propio cliente
Dependencias con otros sistemas e integración

Tabla 2.6 Descripción de los criterios aceptados

Los criterios resultantes para la evaluación a partir del procesamiento del cuestionario y el análisis posterior son los siguientes:

No.	Criterios
Méritos científicos	
1	Valor científico del proyecto
2	Calidad de la organización del proyecto
3	Planificación realizada para su ejecución
4	Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto
5	Solvencia científica y profesional del equipo de proyecto
Económicos	
6	Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios
7	Medios materiales disponibles y solicitados
8	Presupuesto solicitado para su ejecución
9	Presupuesto solicitado para su introducción
10	Ganancias esperadas
Comerciales	
11	Satisfacción de los requerimientos del cliente
12	Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan

13	Atractivos del mercado al que se puede acceder
14	Nivel de competencia existente
15	Requerimientos para la introducción en el mercado
16	Posibilidad de acceder a nuevo mercado
Impacto	
17	Impacto social
18	Impacto medioambiental
19	Impacto en el territorio donde se introduce
20	Impacto político
Informáticos	
21	Impacto de las regulaciones legales en el lugar de aplicación
22	Tecnología disponible para ejecutar el proyecto
23	Existencia de componentes reutilizables
24	Impacto de los riesgos identificados
25	Impacto de variaciones de alcance
26	Complejidad del proyecto y del propio cliente
27	Dependencias con otros sistemas e integración

Tabla 2.7 Criterios resultantes por grupos

En el trabajo con los expertos y el análisis posterior de los criterios llevó a cambios en algunos, básicamente en su redacción, se trató de abarcar mayor información y se suprimió uno, “*Rentabilidad*”, debido a que se estimó no se podía medir en cada proyecto por parte de los expertos, pues estos no tenían conocimiento sobre este criterio.

2.5 Desarrollo del método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad para su ejecución

2.5.1 Objetivo y alcance del método

El objetivo del método es evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones y garantice la ejecución de los proyectos según su importancia para los intereses de la organización.

Se aplica a proyectos informáticos contratados, es decir que sean factibles en su realización, llevando a cabo una evaluación para cada proyecto con la participación de expertos que arroje como resultado un índice de prioridad para cada proyecto y una propuesta para el orden de ejecución según los grupos de criterios definidos. Su alcance abarca la evaluación y prioridad de ejecución de proyectos informáticos.

2.5.2 Etapa dentro de la gestión de proyecto en que interviene

El método debe ser aplicado en la etapa estructural del proyecto, siguiendo el ciclo de vida propuesto por el Programa de mejora en la UCI para los proyectos de software en la fase *Estudio Preliminar*, dónde no se concibe ningún subproceso relacionado.

Es importante señalar que en la misma fase se necesita un análisis de factibilidad previo, pues no tiene sentido dar un orden de prioridad a proyectos que no son factibles en su desarrollo.

2.5.3 Artefactos de entrada al método

Para llevar a cabo el método es necesaria la información siguiente:

- Ficha técnica de los proyectos aceptados

2.5.4 Actores que intervienen

El método define tres actores a participar:

Actor	Responsabilidades	Competencias
<i>Analista</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dirige todo el proceso de evaluación ▪ Define los criterios utilizados ▪ Selecciona los evaluadores ▪ Aplica el método de evaluación para establecer el orden de los proyectos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión de proyectos ▪ Herramientas Estadísticas ▪ Método MEPROI ▪ Facilidades para la comunicación.
<i>Evaluador</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Expresa la calidad del proyecto de acuerdo con sus conocimientos sobre la temática que trata ▪ Define el peso relativo de cada criterio. ▪ Califica los criterios empleados según la escala pre-establecida 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gestión de proyectos ▪ Conocimiento sobre los proyectos a evaluar. ▪ Conocimiento de la temática que aborda el proyecto
<i>Decisor</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analiza los resultados obtenidos de la aplicación del método ▪ Aprueba el orden de ejecución de los proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos sobre el estado de la organización y los objetivos que persigue tanto a corto como a largo plazo.

Tabla 2.8 Descripción de los actores que participan en MEPROI

El analista(s) es un especialista(s) que pertenezca(n) a la Oficina de Gestión de Proyectos que existe en la Universidad para que se pueda gestionar eficientemente la aplicación del método.

Los evaluadores son personas que cumplan con las competencias descritas anteriormente en la Universidad y estén vinculadas de alguna forma al proceso de desarrollo de software.

El decisor en la figura del directivo(s) que decide(n) la forma de ejecución de los proyectos informáticos en la Universidad.

En su conjunto todos ellos componen la comisión evaluadora de proyectos informáticos con el fin de establecer un orden de prioridad en la ejecución de estos.

Flujograma del método

En la *Figura 2.5* se muestran las etapas que componen el método:

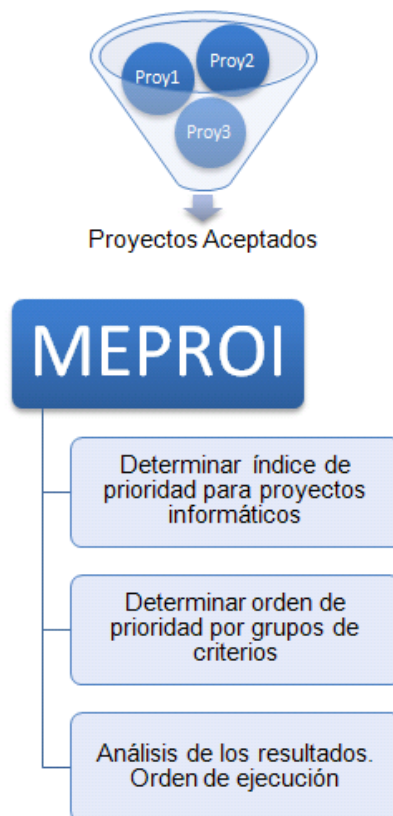


Figura 2.5 Etapas que componen el método MEPROI

A continuación muestra el flujo de actividades de cada proceso de acuerdo a cada uno de los actores que ejecutan estas actividades.

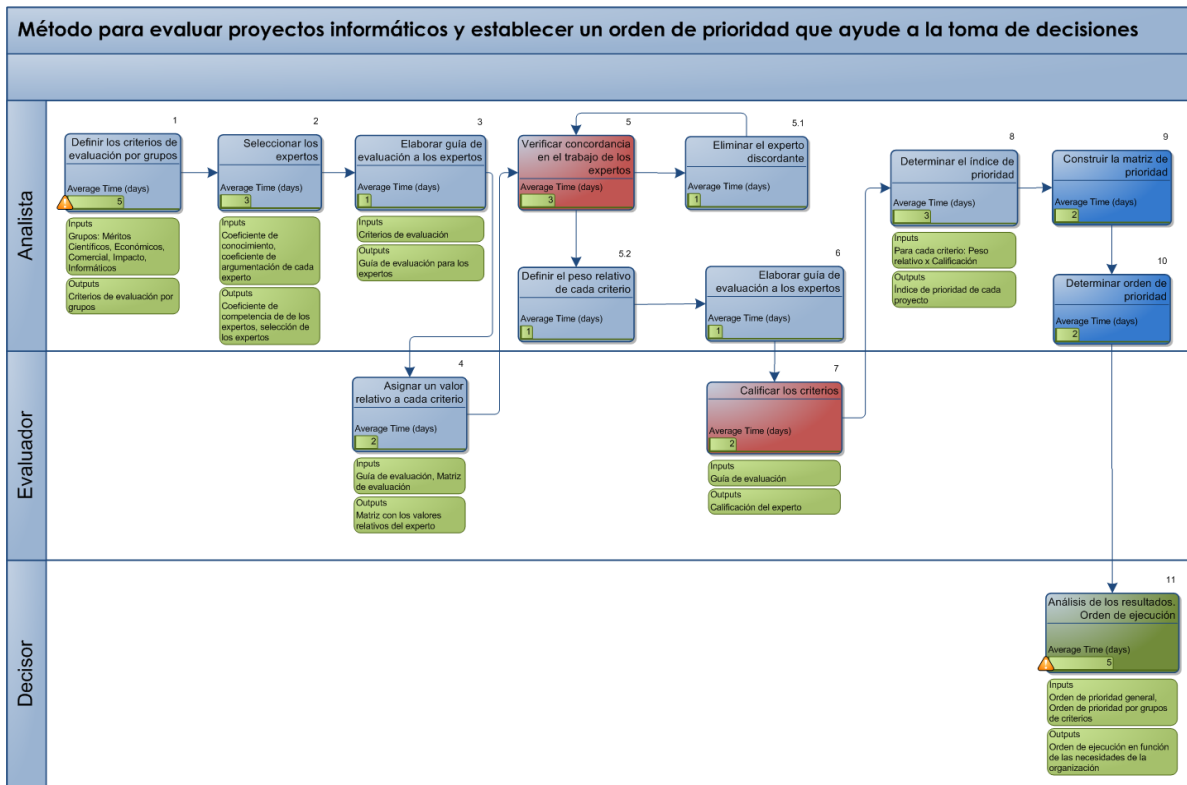


Figura 2.6 Flujograma MEPROI

2.5.5 Pasos del método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad para su ejecución

- ♣ Determinar el índice de prioridad para proyectos informáticos

Definir los criterios de evaluación por grupos

Los criterios para la evaluación de los proyectos se definieron por el Analista a partir de una propuesta, producto de una extensiva búsqueda bibliográfica, puesta a disposición de los expertos en el cuestionario anteriormente analizado.

Actualmente se trabaja con los grupos de criterios siguientes:

1. Méritos científicos
2. Económicos
3. Comerciales
4. Impacto
5. Informáticos

Los criterios pueden ser modificados de acuerdo con las características del proyecto o cuando se utiliza el método con otro fin.

Seleccionar los expertos

De acuerdo con el enfoque dado a la gestión de proyectos en el GEPROI²⁴ las entidades que se dedican a desarrollar proyectos informáticos deben especializar áreas de la empresa para realizar los estudios de factibilidad económica, comercial y técnica de los proyectos y cuenten con los expertos suficientes para hacer estas evaluaciones, deben siempre más de siete expertos de acuerdo con los criterios estadístico utilizados para procesar la información obtenida.

Los posibles expertos deben deberán ser sometidos a una selección previa basada en la técnica usada en el método Delphi para la selección de los expertos, dicho proceso será dirigido por el Analista, a modo de ratificar sus conocimientos sobre la temática específica a evaluar en el proceso que se llevará a cabo en cada momento. (Labrada, et al., 2009)

Según lo establecido en esta metodología lo primero que se les pide es que marquen en una escala creciente de 1 a 10, con una cruz, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema de estudio como se muestra en la siguiente tabla:

Ex/Kn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
...n										

Tabla 2.9: Tabla para que cada experto evalúe el grado de conocimiento que posee

Con estos datos se calcula el coeficiente de conocimiento o información Kc para cada uno de los expertos donde:

$$Kc = VKn * 0,1$$

Donde: VKn: valor que marcó el experto (de 1 a 10) en la Tabla 2.8

El segundo paso sería pedirles a los expertos su autoevaluación de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema de estudio. Entonces se procedería a que cada uno de estos llenara con una cruz la siguiente tabla.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados por usted sobre el tema			
Experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			

²⁴ Grupo de investigaciones Gestión de Proyectos Informáticos

Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero
Su intuición

Tabla 2.10: Coeficiente de argumentación

A partir de la Tabla 2.10 y la autoevaluación realizada anteriormente por cada uno de los expertos se calcula K_a (coeficiente de argumentación)

$K_a = \sum$ de los valores que se obtienen de sustituir las cruces de la Tabla 2.9 por los valores correspondientes en su posición de la Tabla 2.10.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Estudios teóricos realizados por usted sobre el tema	0,3	0,2	0,1
Experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Trabajos de autores nacionales	0,05	0,05	0,05
Trabajos de autores extranjeros	0,05	0,05	0,05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero	0,05	0,05	0,05
Su intuición	0,05	0,05	0,05

Tabla 2.11: Patrón de valores para el Coeficiente de Argumentación

Reunidas las condiciones se puede calcular el coeficiente de competencia K :

$$K = 0.5(K_c + K_a)$$

Con el resultado obtenido en K .

Si $0,8 < K < 1,0$ ∴ coeficiente de competencia es alto.

Si $0,5 < K < 0,8$ ∴ coeficiente de competencia es medio.

Si $K < 0,5$ ∴ coeficiente de competencia es bajo.

Es conveniente utilizar aquellos expertos cuyo coeficiente de competencia sea alto o en algunos casos medio. Siempre teniendo en cuenta que la eficiencia del método aumenta mientras mayor sea el número de expertos o conocedores sobre el tema que participen; de ahí que estos sean conocedores de la temática y estén altamente cualificados.

Elaborar guía de evaluación a los expertos

Se elabora la guía de evaluación para ser entregada a los expertos con un plazo fijo para terminar su trabajo, ver *Anexo 2*.

Asignar un valor relativo a cada criterio

Se entenderá por valor relativo a la importancia que se le atribuye a la evaluación de ese criterio para el proyecto con respecto al resto de los criterios. Para ello se le pide a cada experto que emita su opinión acerca de la importancia (en base a 100) que tiene cada indicador con relación a los demás para el proyecto a evaluar. La sumatoria de estos valores relativos debe ser igual a 100.

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	$\sum E$	EP
C ₁	V ₁₁	V ₁₂	...	...	...	...	V ₁₇	V ₁₈	$\sum E_1$	$\frac{\sum E_1}{E}$
C ₂	V ₂₁	V ₂₂	...	...	...	...	V ₂₇	V ₂₈	$\sum E_2$	$\frac{\sum E_2}{E}$
...
C _n	V _{n1}	V _{n2}	...	...	...	...	V _{n7}	V _{n8}	$\sum E_n$	$\frac{\sum E_n}{E}$
									$\sum \sum E$	$\sum EP$

Tabla 2.12 Matriz de evaluación de expertos

Se le puede asignar un peso relativo a cada grupo de criterios de acuerdo con los objetivos que persigue la evaluación.

Verificar concordancia en el trabajo de los expertos

Es importante verificar el consenso de los expertos para tener confianza en los datos y continuar con el proceso de evaluación.

Se utiliza el coeficiente de concordancia de Kendall (W)²⁵ para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos con el uso de ligas pues un mismo experto proporciona el mismo peso para diferentes criterios, con la introducción de este elemento la expresión es la siguiente:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i}$$

donde:

C: Número de criterios a evaluar

²⁵ Los valores del coeficiente deben oscilar entre 0 y 1 (0 < W < 1), si W alcanza el valor uno (W = 1) entonces existe una concordancia total de criterios, mientras mayor sea el valor de W, es decir, cuanto más se acerca a uno, mayor será la concordancia entre los expertos.

E : Número de expertos involucrados

S_j : Refleja la suma de rangos correspondientes a la evaluación realizada por los expertos a la pregunta j y se define según la expresión:

$$S_j = \sum_{i=1}^E V_{ij}$$

V_{ij} : es el rango asociado a la evaluación del experto "i" a la pregunta "j"

\bar{S} : media de la suma de rangos de cada pregunta j

$$\bar{S} = \frac{\sum_{j=1}^C S_j}{C}$$

T_i : Resultado de los rangos iguales, llamados también ligas, que ofreció el experto i para las preguntas y se define como sigue:

$$T_i = \frac{\sum_{l=1}^l (t^3 - t)}{12}$$

l : Número de grupos con rangos iguales para el experto i .

t : Número de observaciones dentro de cada uno de los grupos para el experto i

Luego se aplica la Prueba de Significación de Hipótesis para comprobar el grado de significación de Kendall, planteándose la hipótesis nula y la alternativa de la siguiente forma:

H_0 : no existe concordancia entre los expertos

H_1 : existe concordancia entre los expertos

El coeficiente de concordancia de Kendall permite calcular el Chi cuadrado real:

$$X^2 = E(C - 1)W$$

El Chi cuadrado calculado se compara con el tabulado en la tabla del percentil de la distribución Chi-cuadrado, ver *Anexo 4*.

Si se cumple:

$X_{real}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$.

Si no existe concordancia entre los expertos entonces se Elimina el experto discordante teniendo en cuenta siempre que el número de expertos ≥ 7 y se verifica nuevamente la concordancia entre los expertos.

Eliminar el experto discordante

Para eliminar el experto discordante se utiliza la siguiente expresión:

$$v_j = \frac{\sigma_j}{c_j}$$

donde: $\sigma_j = \sqrt{\sigma^2_j}$, $\sigma^2_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} (c_{ij} - \bar{c}_j)^2}{m_j - 1}$ y $\bar{c}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m_j} c_{ij}}{m_j}$

siendo:

m: cantidad de expertos;

n: cantidad de criterios;

m_j : cantidad expertos que evalúan el criterio j ($m_j \leq m$);

c_{ij} : evaluación en puntos del indicador j realizado por el experto i.

\bar{c}_j : media aritmética de los expertos que evalúan la pregunta j

σ^2_j : varianza o dispersión de las devaluaciones en la pregunta j

σ_j : desviación típica de las evaluaciones de la pregunta j

Si existe concordancia entre los expertos se define el peso relativo para cada criterio.

Definir el peso relativo de cada criterio

El peso relativo de cada indicador se define partiendo de la evaluación anterior

a través de la siguiente expresión: $P = \frac{EP_n}{100}$

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	$\sum E$	$\frac{EP}{E}$	$\frac{P}{100}$
C_1	V_{11}	V_{12}	...	...	...	...	V_{17}	V_{18}	$\sum E_1$	$\frac{\sum E_1}{E}$	$\frac{EP_1}{100}$
C_2	V_{21}	V_{22}	...	...	...	...	V_{27}	V_{28}	$\sum E_2$	$\frac{\sum E_2}{E}$	$\frac{EP_2}{100}$
...
C_n	V_{n1}	V_{n2}	...	...	...	...	V_{n7}	V_{n8}	$\sum E_n$	$\frac{\sum E_n}{E}$	$\frac{EP_n}{100}$
									$\sum \sum E$	$\sum EP$	$\sum P$

Tabla 2.13 Determinación del peso de los criterios en el proyecto

Elaborar guía de evaluación a los expertos

Se elabora la guía de evaluación para ser entregada a los líderes con un plazo fijo para terminar su trabajo, ver Anexo 3.

El paso de calificación de cada indicador consiste en estudiar y evaluar el comportamiento de cada uno de los criterios en el proyecto, en el que se les pide a los expertos que califiquen cada uno en una escala de 1-5 según su opinión y conocimiento acerca del comportamiento que tiene este en el proyecto.

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C ₁	c ₁	Ep ₁	Ep ₁ x c ₁
C ₂	c ₂	Ep ₂	Ep ₂ x c ₂
C ₃	c ₃	Ep ₃	Ep ₃ x c ₃
C _n	c _n	Ep _n	Ep _n x c _n
			$\sum P \times c$

Tabla 2.14 Matriz para la calificación de los criterios en el proyecto

Determinar el índice de prioridad

El índice de prioridad puede definirse de la siguiente manera:

IP = Índice de prioridad del proyecto

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5}$$

5: valor máximo para la calificación

Si:

IP > 0,7 - Prioridad alta

0,7 > IP > 0,5 - Prioridad media

0,5 > IP > 0,3 - Prioridad baja

- ♣ Determinar el orden de prioridad por grupos de criterios

Con la aplicación del método a todos los proyectos en su primera etapa podemos obtener la información necesaria para llevar a cabo esta segunda etapa.

Construir la matriz de prioridad

Para construir la matriz de prioridad se utiliza la matriz para la calificación de los criterios en el proyecto como se describe a continuación:

Proy/Grupo	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informático	IP
P ₁	$\frac{\sum P_{MC} \times c_{MC}}{5}$	$\frac{\sum P_{EC} \times c_{EC}}{5}$	$\frac{\sum P_{CM} \times c_{CM}}{5}$	$\frac{\sum P_{IMP} \times c_{IMP}}{5}$	$\frac{\sum P_{IF} \times c_{INF}}{5}$	SUM ₁

P_2	.	.	.	.	.	.
P_n	.	.	.	.	.	.

Tabla 2.15 Matriz de prioridad por grupos

Donde:

$$\frac{\sum P_{MC} \times c_{MC}}{5} : \text{prioridad del del grupo Méritos Científicos y así sucesivamente}$$

$$SUM_1 = IP_{MC1} + IP_{EC1} + IP_{CM1} + IP_{IMP1} + IP_{INF1} = \mathbf{IP} \text{ correspondiente al } Proj_1$$

Determinar orden de prioridad

Para determinar el orden de prioridad se utiliza la matriz de prioridad y se construye una matriz Prioridad/Grupo como se muestra a continuación:

Prioridad/Grupo	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informático
1	P_2	P_1	P_4	P_3	P_5
2	.	.	.	.	.
Prioridad _n	.	.	.	.	.

Tabla 2.16 Matriz Prioridad/Grupo

El proyecto de mayor índice de prioridad para el grupo *Méritos Científicos* será el de mayor prioridad para ese grupo entre los restantes proyectos y así sucesivamente se definen las prioridades para cada uno de los grupos de criterios.

Esta matriz le brindará al decisor la prioridad de cada proyecto en cada grupo de acuerdo a la evaluación realizada previamente. De esta forma el decisor puede valorar cuál de los proyectos influye en mayor o menor grado en un criterio dentro de la organización al ser ejecutado y qué puede esperarse de cada uno.

♣ Análisis de los resultados

En este paso el decisor analiza los resultados obtenidos a través del método:

- Orden de prioridad general
- Orden de prioridad por grupos de criterios

Con estos resultados éste puede tomar una decisión acorde a los intereses de la organización con un mayor nivel de información.

2.5.6 Valoraciones

Cada uno de las etapas que componen el método aporta información relevante al analista y decisor como se muestra a continuación:

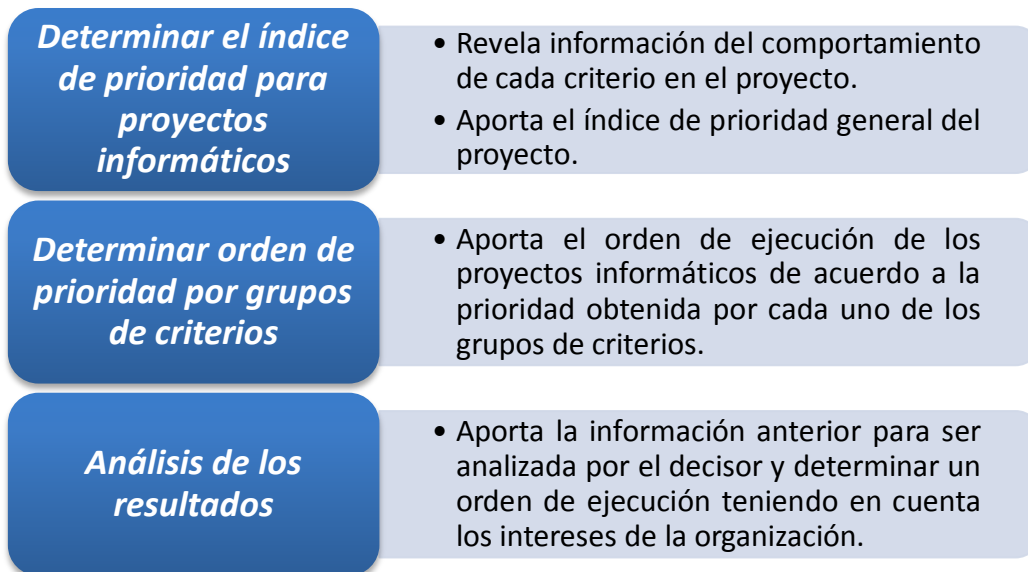


Figura 2.7 Ventajas de las etapas que componen MEPROI

Las etapas *Determinar el índice de prioridad para proyectos informáticos* y *Determinar orden de prioridad por grupos de criterios* se complementan mutuamente pues la primera aporta un índice de prioridad para el proyecto y un orden general de ejecución y la segunda proporciona al decisor un orden de prioridad según los grupos de criterios que se evalúan.

En la última etapa *Análisis de los resultados* interviene el decisor para analizar los resultados obtenidos de las etapas anteriores luego de la aplicación del método y tomar una decisión acertada para la organización con el menor esfuerzo.

Este nivel de información puede ser de mucha ayuda en la toma de decisiones estratégicas en el proceso de desarrollo de software de la Universidad.

2.6 Conclusiones

- En la UCI se carecen de herramientas de apoyo a la toma de decisiones que permitan establecer un orden de prioridad en la ejecución de los proyectos informáticos que se desarrollan.
- Se definieron los criterios para la evaluación de los proyectos y la determinación del índice de prioridad y el orden de prioridad por grupos de criterios que permita establecer un orden de ejecución.
- Se describe el método MEPROI de ayuda a la toma de decisiones que permite determinar el índice de prioridad de cada proyecto y el orden de

prioridad por grupos de criterios acorde a los intereses de la organización a través de la figura del Decisor.

Capítulo 3: Validación de la propuesta de solución

3.1 Introducción

En la Universidad de las Ciencias Informáticas la empresa comercializadora ALBET S.A es la encargada de la contratación de proyectos informáticos que luego ejecutan los centros de desarrollo dentro de la UCI de acuerdo a la especialización en la rama de la informática en que se desarrollen.

Con la escasez de recursos humanos, materiales y la avalancha de compromisos que tiene cada centro se hace necesaria una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que permita establecer un orden de prioridad en la ejecución de estos con una mayor productividad en el menor tiempo posible y una mejor optimización de los recursos.

Para validar MEPROI se utilizaron cinco proyectos informáticos, facilitados por ALBET S.A, con distintos enfoques y objetos sociales. Uno de los cinco proyectos es contratado por Venezuela, mercado habitual de la empresa, de los cuatro restantes, tres son contratados por España y uno por México.

En esta sección se describe la aplicación del método desarrollado para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de ejecución que permita obtener la información necesaria y facilitar la toma de decisiones para priorizar los compromisos en correspondencia con los intereses de la organización.

3.2 Validación del método MEPROI

Para la validación de la propuesta se tomaron cinco proyectos seleccionados por ALBET S.A:

1. *SERWAP*
2. *MONTETRA*
3. *TETSCADA*
4. *ALFAOMEGA*
5. *HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA*

Los expertos seleccionados para la evaluación fueron proporcionados por los gerentes de los proyectos.

Para todos los proyectos se evaluaron 27 criterios (*C*) con la participación de 8 expertos (*E*) cada uno. A continuación se muestran los resultados que arrojó la aplicación del método a cada proyecto.

3.2.1 Aplicación al proyecto SERWAP

El alcance de la solución abarca un **Servidor** de Aplicaciones **WAP** (SERWAP) que proveerá un conjunto de servicios que serán montados sobre una red inalámbrica TETRA para terminales HTT-500 e incluye:

- Portal WAP que brindará a los usuarios un listado de los servicios a ofrecer.
- Pasarela WAP que permitirá compatibilidad entre pila de protocolos WAP 1.x y pila de protocolos de Internet, el uso de DNS, el uso de UAProf (User Agent Profile) y el uso de WAP Push (El uso básico de WAP Push y el Provisioning de WAP).
- Plataforma SERVERWAP que servirá las aplicaciones WAP y contará con un Sistema de Gestión de Mensajes y un mecanismo genérico de acceso a fuentes de datos que accederá a bases de datos relacionales, servicios Web y servicios proporcionados por Java RMI.

País de negociación: España

Determinación del peso de los criterios

La consulta a los expertos en el proyecto SERWAP reveló los siguientes resultados para la propuesta de los pesos:

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ΣE	EP
1	4	4	4	5	5	3	3	4	32	4,571
2	5	5	4	4	4	4	5	5	36	5,143
3	2	5	3	3	4	4	3	3	27	3,857
4	4	3	4	3	3	4	3	4	28	4,000
5	4	4	4	3	4	4	4	4	31	4,429
6	2	2	2	2	3	1	1	2	15	2,143
7	4	3	3	3	3	4	3	3	26	3,714
8	4	4	4	5	4	4	4	4	33	4,714
9	4	3	3	3	2	3	3	3	24	3,429
10	5	5	4	5	5	5	5	5	39	5,571
11	5	5	6	6	6	5	5	5	43	6,143
12	4	5	5	5	5	5	5	5	39	5,571

13	3	2	3	3	3	4	4	3	25	3,571
14	3	2	3	4	3	3	3	3	24	3,429
15	4	3	5	3	3	4	5	4	31	4,429
16	4	5	5	5	4	5	4	5	37	5,286
17	5	5	4	4	4	4	4	4	34	4,857
18	3	2	2	2	3	3	3	2	20	2,857
19	4	3	4	5	5	4	4	4	33	4,714
20	3	3	2	2	2	3	3	3	21	3,000
21	2	2	3	3	3	3	3	2	21	3,000
22	3	4	3	4	4	4	4	4	30	4,286
23	5	5	4	4	4	4	5	4	35	5,000
24	3	4	3	3	4	3	2	4	26	3,714
25	3	4	4	4	4	4	4	4	31	4,429
26	3	3	5	3	3	3	4	3	27	3,857
27	5	5	4	4	3	3	4	4	32	4,571
	100	100	100	100	100	100	100	100	544	68,00

Tabla 3.1: SERWAP: Matriz de los pesos otorgados por los expertos a cada criterio.

Para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos se tiene en cuenta:

$$C = 27$$

$$E = 8$$

$$M \sum E = \frac{\sum E}{C} = \frac{3024}{27} = 112$$

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2 = 62252$$

$$T_i = 1309,42$$

Se aplica el coeficiente de Kendall con ligas:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i} = 0,6268$$

$$X_{\text{real}}^2 = E(C - 1)W = 130,38$$

$$X_{\text{tabla}(\alpha, C-1)}^2 = 38,88$$

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$

Al cumplirse:

$X_{\text{real}}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Al comprobar la consistencia en el trabajo de los expertos el peso anteriormente propuesto es el definitivo para cada criterio: $P = \frac{EP_n}{100}$ como se muestra en la tabla siguiente:

Criterios	P	Criterios	P	Criterios	P
C1	0,04571	C10	0,05571	C19	0,04714
C2	0,05143	C11	0,06143	C20	0,03000
C3	0,03857	C12	0,05571	C21	0,03000
C4	0,04000	C13	0,03571	C22	0,04286
C5	0,04429	C14	0,03429	C23	0,05000
C6	0,02143	C15	0,04429	C24	0,03714
C7	0,03714	C16	0,05286	C25	0,04429
C8	0,04714	C17	0,04857	C26	0,03857
C9	0,03429	C18	0,02857	C27	0,04571

Tabla 3.2: SERWAP: Peso de cada uno los criterios para el proyecto.

Calificación de los criterios

Se califican los criterios en una escala de 1-5 según el comportamiento que tiene este en el proyecto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la calificación para el proyecto SERWAP:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C1	5	0,04571	0,22857
C2	4	0,05143	0,20571
C3	3	0,03857	0,11571
C4	4	0,04000	0,16000
C5	4	0,04429	0,17714
C6	2	0,02143	0,04286
C7	5	0,03714	0,18571
C8	5	0,04714	0,23571
C9	5	0,03429	0,17143
C10	5	0,05571	0,27857
C11	5	0,06143	0,30714
C12	4	0,05571	0,22286
C13	3	0,03571	0,10714
C14	4	0,03429	0,13714
C15	3	0,04429	0,13286
C16	4	0,05286	0,21143
C17	5	0,04857	0,24286
C18	4	0,02857	0,11429
C19	5	0,04714	0,23571
C20	4	0,03000	0,12000
C21	2	0,03000	0,06000
C22	4	0,04286	0,17143
C23	4	0,05000	0,20000
C24	3	0,03714	0,11143
C25	3	0,04429	0,13286

C26	4	0,03857	0,15429
C27	4	0,04571	0,18286
			4,64571

Tabla 3.3: SERWAP: Calificación de los criterios para el proyecto.

Se define el índice de prioridad de la siguiente manera:

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5} = 0.92914 \therefore \text{prioridad alta}$$

Se define la prioridad de los grupos de criterios para el proyecto SERWAP:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
Méritos Científicos			
C1	5	0.04571	0.22857
C2	4	0.05143	0.20571
C3	3	0.03857	0.11571
C4	4	0.04000	0.16000
C5	4	0.04429	0.17714
IP_{MC}			0.17743
Económicos			
C6	2	0.02143	0.04286
C7	5	0.03714	0.18571
C8	5	0.04714	0.23571
C9	5	0.03429	0.17143
C10	5	0.05571	0.27857
IP_{EC}			0.18286
Comerciales			
C11	5	0.06143	0.30714
C12	4	0.05571	0.22286
C13	3	0.03571	0.10714
C14	4	0.03429	0.13714
C15	3	0.04429	0.13286
C16	4	0.05286	0.21143
IP_{CM}			0.22371
Impacto			
C17	5	0.04857	0.24286
C18	4	0.02857	0.11429
C19	5	0.04714	0.23571
C20	4	0.03000	0.12000
IP_{IMP}			0.14257
Informáticos			
C21	2	0.03000	0.06000
C22	4	0.04286	0.17143
C23	4	0.05000	0.20000
C24	3	0.03714	0.11143

C25	3	0.04429	0.13286
C26	4	0.03857	0.15429
C27	4	0.04571	0.18286
IP_{INF}		0.20257	

índice de prioridad	0.92914
----------------------------	----------------

Tabla 3.4: SERWAP: Prioridad de los grupos de criterios para el proyecto.

Finalmente se construye la matriz de prioridad para el proyecto SERWAP como se muestra a continuación:

Proyectos	Grupos Criterios					IP
	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	
SERWAP	0.1774	0.1829	0.2237	0.14257	0.2026	0.9291

Tabla 3.5: SERWAP: Matriz de prioridad para el proyecto.

3.2.2 Aplicación al proyecto 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.

País de negociación: España

Determinación del peso de los criterios

La consulta a los expertos en el proyecto MONTETRA reveló los siguientes resultados para la propuesta de los pesos:

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ΣE	EP
1	5	4	5	4	5	4	5	4	36	5,143
2	3	4	3	4	4	4	4	3	29	4,143
3	3	4	4	4	4	5	4	4	32	4,571
4	4	4	4	5	5	5	4	3	34	4,857
5	4	3	4	4	4	4	4	4	31	4,429
6	2	2	2	2	3	2	3	2	18	2,571
7	5	4	4	4	4	4	5	4	34	4,857
8	5	5	5	4	4	5	4	4	36	5,143
9	5	4	5	3	3	3	3	4	30	4,286
10	5	4	5	5	5	4	4	5	37	5,286
11	5	5	5	5	5	4	5	4	38	5,429
12	4	4	3	4	4	4	4	5	32	4,571

13	4	4	4	4	3	4	4	4	31	4,429
14	3	4	4	3	4	4	3	4	29	4,143
15	3	4	3	4	4	4	3	4	29	4,143
16	3	4	4	3	3	4	4	4	29	4,143
17	5	4	4	4	4	4	4	4	33	4,714
18	4	3	3	2	3	4	3	3	25	3,571
19	4	4	3	4	4	5	5	4	33	4,714
20	3	3	3	3	3	2	3	3	23	3,286
21	2	3	2	2	2	2	2	2	17	2,429
22	3	4	4	4	4	4	4	4	31	4,429
23	4	4	4	4	4	3	4	4	31	4,429
24	3	3	3	3	2	2	2	3	21	3,000
25	3	4	4	4	3	4	4	4	30	4,286
26	2	2	3	4	3	3	3	3	23	3,286
27	4	3	3	4	4	3	3	4	28	4,000
	100	100	100	100	100	100	100	100	563	70,38

Tabla 3.6: MONTETRA: Matriz de los pesos otorgados por los expertos a cada criterio.

Para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos se tiene en cuenta:

$$M \sum E = \frac{\sum E}{C} = \frac{3024}{27} = 112$$

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2 = 54700$$

$$T_i = 2273,5$$

Se aplica el coeficiente de Kendall con ligas:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i} = 0,5287$$

$$X_{real}^2 = E(C - 1)W = 109,97$$

$$X_{tabla(\alpha, C-1)}^2 = 38,88$$

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$

Al cumplirse:

$X_{real}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Al comprobar la consistencia en el trabajo de los expertos el peso anteriormente propuesto es el definitivo para cada criterio: $P = \frac{EP_n}{100}$ como se muestra en la tabla siguiente:

Criterios	P	Criterios	P	Criterios	P
C1	0,05143	C10	0,05286	C19	0,04714
C2	0,04143	C11	0,05429	C20	0,03286

C3	0,04571	C12	0,04571	C21	0,02429
C4	0,04857	C13	0,04429	C22	0,04429
C5	0,04429	C14	0,04143	C23	0,04429
C6	0,02571	C15	0,04143	C24	0,03000
C7	0,04857	C16	0,04143	C25	0,04286
C8	0,05143	C17	0,04714	C26	0,03286
C9	0,04286	C18	0,03571	C27	0,04000

Tabla 3.7: MONTETRA: Peso de cada uno los criterios para el proyecto.

Calificación de los criterios

Se califican los criterios en una escala de 1-5 según el comportamiento que tiene este en el proyecto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la calificación para el proyecto MONTETRA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C1	5	0,05143	0,25714
C2	3	0,04143	0,12429
C3	3	0,04571	0,13714
C4	4	0,04857	0,19429
C5	4	0,04429	0,17714
C6	2	0,02571	0,05143
C7	5	0,04857	0,24286
C8	5	0,05143	0,25714
C9	5	0,04286	0,21429
C10	5	0,05286	0,26429
C11	5	0,05429	0,27143
C12	4	0,04571	0,18286
C13	4	0,04429	0,17714
C14	3	0,04143	0,12429
C15	3	0,04143	0,12429
C16	3	0,04143	0,12429
C17	5	0,04714	0,23571
C18	4	0,03571	0,14286
C19	4	0,04714	0,18857
C20	3	0,03286	0,09857
C21	2	0,02429	0,04857
C22	3	0,04429	0,13286
C23	4	0,04429	0,17714
C24	3	0,03000	0,09000
C25	3	0,04286	0,12857
C26	2	0,03286	0,06571
C27	4	0,04000	0,16000
			4,39286

Tabla 3.8: MONTETRA: Calificación de los criterios para el proyecto.

Se define el índice de prioridad de la siguiente manera:

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5} = 0.87857 \therefore \text{prioridad alta}$$

Se define la prioridad de los grupos de criterios para el proyecto MONTETRA:

Crterios	Calificación (c)	P	P x c
Méritos Científicos			
C1	5	0.05143	0.25714
C2	3	0.04143	0.12429
C3	3	0.04571	0.13714
C4	4	0.04857	0.19429
C5	4	0.04429	0.17714
IP_{MC}			0.17800
Económicos			
C6	2	0.02571	0.05143
C7	5	0.04857	0.24286
C8	5	0.05143	0.25714
C9	5	0.04286	0.21429
C10	5	0.05286	0.26429
IP_{EC}			0.20600
Comerciales			
C11	5	0.05429	0.27143
C12	4	0.04571	0.18286
C13	4	0.04429	0.17714
C14	3	0.04143	0.12429
C15	3	0.04143	0.12429
C16	3	0.04143	0.12429
IP_{CM}			0.20086
Impacto			
C17	5	0.04714	0.23571
C18	4	0.03571	0.14286
C19	4	0.04714	0.18857
C20	3	0.03286	0.09857
IP_{IMP}			0.13314
Informáticos			
C21	2	0.02429	0.04857
C22	3	0.04429	0.13286
C23	4	0.04429	0.17714
C24	3	0.03000	0.09000
C25	3	0.04286	0.12857
C26	2	0.03286	0.06571
C27	4	0.04000	0.16000
IP_{INF}			0.16057

índice de prioridad **0.87857**

Tabla 3.9: MONTETRA: Prioridad de los grupos de criterios para el proyecto.

Finalmente se construye la matriz de prioridad para el proyecto MONTETRA como se muestra a continuación:

Grupos Criterios						
Proyectos	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	IP
MONTETRA	0.1780	0.2060	0.2009	0.1331	0.1606	0.8786

Tabla 3.10: MONTETRA: Matriz de prioridad para el proyecto.

3.2.3 Aplicación al proyecto 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 SCADAS. Este dispositivo se conectará con los terminales TETRA mediante la interfaz RS-232 y con los dispositivos industriales mediante interfaces compatibles con RS-232, EIA-485 (RS-485) e IEEE 802.3 (Ethernet). 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, así como la actualización y administración de la configuración del conversor. Se incluye en el marco de la solución una aplicación de software que permitirá configurar el dispositivo de forma local desde una PC compatible.

País de negociación: España

Determinación del peso de los criterios

La consulta a los expertos en el proyecto TETSCADA reveló los siguientes resultados para la propuesta de los pesos:

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ΣE	EP
1	5	5	4	4	4	4	4	5	35	5,000
2	4	4	4	4	4	4	4	5	33	4,714
3	4	4	4	4	4	4	4	4	32	4,571
4	4	3	3	4	4	4	3	4	29	4,143
5	4	4	4	4	5	4	4	4	33	4,714
6	2	2	2	3	3	2	2	3	19	2,714
7	4	4	4	4	3	4	4	4	31	4,429
8	5	4	5	5	5	5	5	5	39	5,571

9	4	4	4	3	3	3	3	3	27	3,857
10	5	5	5	5	5	5	5	5	40	5,714
11	5	5	4	5	5	6	5	5	40	5,714
12	3	4	4	4	4	4	4	4	31	4,429
13	3	3	4	4	4	3	3	3	27	3,857
14	4	4	3	4	3	4	3	3	28	4,000
15	3	3	4	4	3	4	4	3	28	4,000
16	4	5	4	4	4	4	4	4	33	4,714
17	5	4	4	4	4	4	4	4	33	4,714
18	3	3	3	2	3	3	3	2	22	3,143
19	4	4	4	4	4	4	5	4	33	4,714
20	4	3	3	4	4	3	3	3	27	3,857
21	2	2	2	2	3	2	3	2	18	2,571
22	3	3	4	3	3	4	4	4	28	4,000
23	4	4	4	3	4	3	3	4	29	4,143
24	3	3	3	2	3	3	3	3	23	3,286
25	3	4	4	4	4	4	4	3	30	4,286
26	2	4	3	4	2	3	3	3	24	3,429
27	4	3	4	3	3	3	4	4	28	4,000
	100	100	100	100	100	100	100	100	560	70,00

Tabla 3.11: TETSCADA: Matriz de los pesos otorgados por los expertos a cada criterio.

Para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos se tiene en cuenta:

$$M \sum E = \frac{\sum E}{C} = \frac{3024}{27} = 112$$

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2 = 62156,500$$

$$T_i = 2105$$

Se aplica el coeficiente de Kendall con ligas:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i} = 0,6001$$

$$X_{\text{real}}^2 = E(C - 1)W = 124,83$$

$$X_{\text{tabla}(\alpha, C-1)}^2 = 38,88$$

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$

Al cumplirse:

$X_{\text{real}}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Al comprobar la consistencia en el trabajo de los expertos el peso anteriormente propuesto es el definitivo para cada criterio: $P = \frac{EP_n}{100}$ como se muestra en la tabla siguiente:

Criterios	P	Criterios	P	Criterios	P
C1	0,05000	C10	0,05714	C19	0,04714
C2	0,04714	C11	0,05714	C20	0,03857
C3	0,04571	C12	0,04429	C21	0,02571
C4	0,04143	C13	0,03857	C22	0,04000
C5	0,04714	C14	0,04000	C23	0,04143
C6	0,02714	C15	0,04000	C24	0,03286
C7	0,04429	C16	0,04714	C25	0,04286
C8	0,05571	C17	0,04714	C26	0,03429
C9	0,03857	C18	0,03143	C27	0,04000

Tabla 3.12: TETSCADA: Peso de cada uno los criterios para el proyecto.

Calificación de los criterios

Se califican los criterios en una escala de 1-5 según el comportamiento que tiene este en el proyecto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la calificación para el proyecto TETSCADA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C1	5	0,05000	0,25000
C2	3	0,04714	0,14143
C3	4	0,04571	0,18286
C4	4	0,04143	0,16571
C5	4	0,04714	0,18857
C6	2	0,02714	0,05429
C7	4	0,04429	0,17714
C8	5	0,05571	0,27857
C9	4	0,03857	0,15429
C10	5	0,05714	0,28571
C11	5	0,05714	0,28571
C12	4	0,04429	0,17714
C13	4	0,03857	0,15429
C14	2	0,04000	0,08000
C15	3	0,04000	0,12000
C16	4	0,04714	0,18857
C17	5	0,04714	0,23571
C18	4	0,03143	0,12571
C19	5	0,04714	0,23571
C20	3	0,03857	0,11571
C21	2	0,02571	0,05143
C22	4	0,04000	0,16000

C23	4	0,04143	0,16571
C24	4	0,03286	0,13143
C25	4	0,04286	0,17143
C26	3	0,03429	0,10286
C27	4	0,04000	0,16000
			4,54000

Tabla 3.13: TETSCADA: Calificación de los criterios para el proyecto.

Se define el índice de prioridad de la siguiente manera:

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5} = 0.90800 \therefore \text{prioridad alta}$$

Se define la prioridad de los grupos de criterios para el proyecto TETSCADA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
Méritos Científicos			
C1	5	0.05000	0.25000
C2	3	0.04714	0.14143
C3	4	0.04571	0.18286
C4	4	0.04143	0.16571
C5	4	0.04714	0.18857
IP_{MC}			0.18571
Económicos			
C6	2	0.02714	0.05429
C7	4	0.04429	0.17714
C8	5	0.05571	0.27857
C9	4	0.03857	0.15429
C10	5	0.05714	0.28571
IP_{EC}			0.19000
Comerciales			
C11	5	0.05714	0.28571
C12	4	0.04429	0.17714
C13	4	0.03857	0.15429
C14	2	0.04000	0.08000
C15	3	0.04000	0.12000
C16	4	0.04714	0.18857
IP_{CM}			0.20114
Impacto			
C17	5	0.04714	0.23571
C18	4	0.03143	0.12571
C19	5	0.04714	0.23571
C20	3	0.03857	0.11571
IP_{IMP}			0.14257
Informáticos			
C21	2	0.02571	0.05143

C22	4	0.04000	0.16000
C23	4	0.04143	0.16571
C24	4	0.03286	0.13143
C25	4	0.04286	0.17143
C26	3	0.03429	0.10286
C27	4	0.04000	0.16000
IP_{INF}			0.18857
índice de prioridad			0.90800

Tabla 3.14: TETSCADA: Prioridad de los grupos de criterios para el proyecto.

Finalmente se construye la matriz de prioridad para el proyecto TETSCADA como se muestra a continuación:

Grupos Criterios						
Proyectos	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	IP
TETSCADA	0.1857	0.1900	0.2011	0.1426	0.1886	0.9080

Tabla 3.15: TETSCADA: Matriz de prioridad para el proyecto.

3.2.4 Aplicación al proyecto 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.

País de la negociación: México

Determinación del peso de los criterios

La consulta a los expertos en el proyecto ALFAOMEGA reveló los siguientes resultados para la propuesta de los pesos:

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	ΣE	EP
1	3	5	5	2	3	5	6	4	33	4,714
2	8	4	4	2	3	5	4	5	35	5,000
3	9	5	6	5	4	4	4	4	41	5,857
4	6	5	4	4	5	4	4	2	34	4,857
5	9	5	4	5	2	4	4	5	38	5,429
6	1	1	3	2	2	4	4	4	21	3,000
7	6	4	4	5	3	3	4	4	33	4,714
8	5	5	5	3	4	6	3	4	35	5,000

9	6	5	3	3	5	4	4	3	33	4,714
10	3	5	3	3	5	4	2	5	30	4,286
11	5	5	4	4	4	4	5	5	36	5,143
12	1	4	5	5	4	4	4	3	30	4,286
13	1	3	2	2	4	4	4	4	24	3,429
14	2	3	2	2	4	4	4	4	25	3,571
15	3	3	5	3	3	3	3	4	27	3,857
16	2	3	4	4	4	4	4	4	29	4,143
17	1	2	5	5	3	2	5	6	29	4,143
18	1	2	2	5	5	3	3	2	23	3,286
19	3	2	5	4	4	4	4	5	31	4,429
20	2	1	3	6	6	4	4	3	29	4,143
21	1	1	3	4	4	4	4	3	24	3,429
22	3	4	3	4	4	4	4	4	30	4,286
23	4	4	3	3	3	3	3	3	26	3,714
24	4	5	2	4	4	2	2	2	25	3,571
25	4	5	4	5	2	2	2	2	26	3,714
26	4	5	4	3	3	3	3	3	28	4,000
27	3	4	3	3	3	3	3	3	25	3,571
	100	100	100	100	100	100	100	100	556	69,50

Tabla 3.16: ALFAOMEGA: Matriz de los pesos otorgados por los expertos a cada criterio.

Para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos se tiene en cuenta:

$$M \sum E = \frac{\sum E}{C} = \frac{3024}{27} = 112$$

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2 = 20276,500$$

$$T_i = 1266,5$$

Se aplica el coeficiente de Kendall con ligas:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i} = 0,1947$$

$$X_{real}^2 = E(C - 1)W = 40,50$$

$$X_{tabla(\alpha, C-1)}^2 = 38,88$$

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$

Al cumplirse:

$X_{real}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Al comprobar la consistencia en el trabajo de los expertos el peso anteriormente propuesto es el definitivo para cada criterio: $P = \frac{EP_n}{100}$ como se muestra en la tabla siguiente:

Criterios	P	Criterios	P	Criterios	P
C1	0,04714	C10	0,04286	C19	0,04429
C2	0,05000	C11	0,05143	C20	0,04143
C3	0,05857	C12	0,04286	C21	0,03429
C4	0,04857	C13	0,03429	C22	0,04286
C5	0,05429	C14	0,03571	C23	0,03714
C6	0,03000	C15	0,03857	C24	0,03571
C7	0,04714	C16	0,04143	C25	0,03714
C8	0,05000	C17	0,04143	C26	0,04000
C9	0,04714	C18	0,03286	C27	0,03571

Tabla 3.17: ALFAOMEGA: Peso de cada uno los criterios para el proyecto.

Calificación de los criterios

Se califican los criterios en una escala de 1-5 según el comportamiento que tiene este en el proyecto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la calificación para el proyecto ALFAOMEGA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C1	5	0,04714	0,23571
C2	4	0,05000	0,20000
C3	4	0,05857	0,23429
C4	5	0,04857	0,24286
C5	4	0,05429	0,21714
C6	3	0,03000	0,09000
C7	4	0,04714	0,18857
C8	3	0,05000	0,15000
C9	2	0,04714	0,09429
C10	4	0,04286	0,17143
C11	5	0,05143	0,25714
C12	4	0,04286	0,17143
C13	4	0,03429	0,13714
C14	3	0,03571	0,10714
C15	3	0,03857	0,11571
C16	4	0,04143	0,16571
C17	5	0,04143	0,20714
C18	4	0,03286	0,13143
C19	5	0,04429	0,22143
C20	4	0,04143	0,16571
C21	2	0,03429	0,06857
C22	4	0,04286	0,17143

C23	3	0,03714	0,11143
C24	5	0,03571	0,17857
C25	5	0,03714	0,18571
C26	5	0,04000	0,20000
C27	5	0,03571	0,17857
			4,59857

Tabla 3.18: ALFAOMEGA: Calificación de los criterios para el proyecto.

Se define el índice de prioridad de la siguiente manera:

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5} = 0.91971 \therefore \text{prioridad alta}$$

Se define la prioridad de los grupos de criterios para el proyecto ALFAOMEGA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
Méritos Científicos			
C1	5	0.04714	0.23571
C2	4	0.05000	0.20000
C3	4	0.05857	0.23429
C4	5	0.04857	0.24286
C5	4	0.05429	0.21714
IP_{MC}			0.22600
Económicos			
C6	3	0.03000	0.09000
C7	4	0.04714	0.18857
C8	3	0.05000	0.15000
C9	2	0.04714	0.09429
C10	4	0.04286	0.17143
IP_{EC}			0.13886
Comerciales			
C11	5	0.05143	0.25714
C12	4	0.04286	0.17143
C13	4	0.03429	0.13714
C14	3	0.03571	0.10714
C15	3	0.03857	0.11571
C16	4	0.04143	0.16571
IP_{CM}			0.19086
Impacto			
C17	5	0.04143	0.20714
C18	4	0.03286	0.13143
C19	5	0.04429	0.22143
C20	4	0.04143	0.16571
IP_{IMP}			0.14514
Informáticos			
C21	2	0.03429	0.06857

C22	4	0.04286	0.17143
C23	3	0.03714	0.11143
C24	5	0.03571	0.17857
C25	5	0.03714	0.18571
C26	5	0.04000	0.20000
C27	5	0.03571	0.17857
IP_{INF}			0.21886
índice de prioridad			0.91971

Tabla 3.19: ALFAOMEGA: Prioridad de los grupos de criterios para el proyecto.

Finalmente se construye la matriz de prioridad para el proyecto ALFAOMEGA como se muestra a continuación:

Grupos Criterios						
Proyectos	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	IP
TETSCADA	0.2260	0.1389	0.1909	0.1451	0.2189	0.9197

Tabla 3.20: ALFAOMEGA: Matriz de prioridad para el proyecto.

3.2.5 Aplicación al proyecto 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, el despliegue de equipamiento, mobiliario y la aplicación informática SIGEP v2.1 en sedes del Sistema Penitenciario Venezolano así como la renovación de licencias de uso de software y el servicio de Soporte Técnico a las sedes del Sistema Penitenciario Venezolano.

País de la negociación: Venezuela

Determinación del peso de los criterios

La consulta a los expertos en el proyecto HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA reveló los siguientes resultados para la propuesta de los pesos:

C/E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	∑E	EP
1	5	5	5	4	1	4	4	5	33	4.714
2	5	4	4	3	5	4	3	5	33	4.714
3	2	5	3	5	6	5	5	4	35	5.000
4	5	5	4	5	5	5	5	5	39	5.571

5	5	5	5	4	4	4	4	5	36	5.143
6	1	2	2	3	2	3	3	2	18	2.571
7	2	4	3	4	6	5	4	3	31	4.429
8	3	3	4	4	4	5	4	3	30	4.286
9	2	3	4	2	4	4	3	2	24	3.429
10	5	5	4	5	6	4	4	5	38	5.429
11	3	5	5	5	4	5	6	3	36	5.143
12	1	2	4	5	4	4	4	4	28	4.000
13	2	4	4	2	2	2	3	2	21	3.000
14	0	4	4	2	2	2	3	0	17	2.429
15	4	2	3	4	1	3	3	4	24	3.429
16	0	4	4	2	4	2	3	5	24	3.429
17	10	5	4	4	4	3	4	6	40	5.714
18	3	3	3	2	4	3	3	0	21	3.000
19	5	3	4	5	4	4	4	5	34	4.857
20	5	4	4	1	5	3	4	4	30	4.286
21	5	2	4	3	1	3	3	5	26	3.714
22	5	4	3	5	6	5	4	3	35	5.000
23	5	4	3	5	2	4	4	5	32	4.571
24	5	3	3	4	6	4	3	5	33	4.714
25	5	3	3	4	1	3	3	4	26	3.714
26	5	5	4	5	6	4	3	4	36	5.143
27	2	2	3	3	1	3	4	2	20	2.857
	100	100	100	100	100	100	100	100	528	66.0

Tabla 3.21: HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA: Matriz de los pesos otorgados por los expertos a cada criterio.

Para verificar la consistencia en el trabajo de los expertos se tiene en cuenta:

$$M \sum E = \frac{\sum E}{C} = \frac{3024}{27} = 112$$

$$S = \sum \left(\sum E - \sum \sum \frac{E}{C} \right)^2 = 39312,000$$

$$T_i = 1348,5$$

Se aplica el coeficiente de Kendall con ligas:

$$W = \frac{12 \sum_{j=1}^C (S_j - \bar{S})^2}{E^2(C^3 - C) - E \sum_{i=1}^E T_i} = 0,3777$$

$$X_{\text{real}}^2 = E(C - 1)W = 78,57$$

$$X_{\text{tabla}(\alpha, C-1)}^2 = 38,88$$

Para tener un 95% de confianza se utilizará $\alpha = 0,05$

Al cumplirse:

$X_{\text{real}}^2 > X_{(\alpha, C-1)}^2 \quad \therefore$ se rechaza H_0 y se infiere que existe concordancia de criterios entre los expertos al considerar válida la hipótesis alternativa H_1

Al comprobar la consistencia en el trabajo de los expertos el peso anteriormente propuesto es el definitivo para cada criterio: $P = \frac{EP_n}{100}$ como se muestra en la tabla siguiente:

Criterios	P	Criterios	P	Criterios	P
C1	0.04714	C10	0.05429	C19	0.04857
C2	0.04714	C11	0.05143	C20	0.04286
C3	0.05000	C12	0.04000	C21	0.03714
C4	0.05571	C13	0.03000	C22	0.05000
C5	0.05143	C14	0.02429	C23	0.04571
C6	0.02571	C15	0.03429	C24	0.04714
C7	0.04429	C16	0.03429	C25	0.03714
C8	0.04286	C17	0.05714	C26	0.05143
C9	0.03429	C18	0.03000	C27	0.02857

Tabla 3.22: HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA: Peso de cada uno los criterios para el proyecto.

Calificación de los criterios

Se califican los criterios en una escala de 1-5 según el comportamiento que tiene este en el proyecto, en la siguiente tabla se muestran los resultados de la calificación para el proyecto HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA:

Criterios	Calificación (c)	P	P x c
C1	4	0.04714	0.18857
C2	3	0.04714	0.14143
C3	4	0.05000	0.20000
C4	5	0.05571	0.27857
C5	5	0.05143	0.25714
C6	4	0.02571	0.10286
C7	3	0.04429	0.13286
C8	3	0.04286	0.12857
C9	3	0.03429	0.10286
C10	4	0.05429	0.21714
C11	2	0.05143	0.10286
C12	5	0.04000	0.20000
C13	4	0.03000	0.12000
C14	4	0.02429	0.09714
C15	4	0.03429	0.13714
C16	5	0.03429	0.17143
C17	2	0.05714	0.11429
C18	2	0.03000	0.06000
C19	4	0.04857	0.19429
C20	2	0.04286	0.08571
C21	5	0.03714	0.18571

C22	3	0.05000	0.15000
C23	4	0.04571	0.18286
C24	5	0.04714	0.23571
C25	3	0.03714	0.11143
C26	4	0.05143	0.20571
C27	4	0.02857	0.11429
			4,21857

Tabla 3.23: HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA: Calificación de los criterios para el proyecto.

Se define el índice de prioridad de la siguiente manera:

$$IP = \frac{\sum P \times c}{5} = 0.84371 \therefore \text{prioridad alta}$$

Se define la prioridad de los grupos de criterios para el proyecto HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA:

Crterios	Calificación (c)	P	P x c
Méritos Científicos			
C1	4	0.04714	0.18857
C2	3	0.04714	0.14143
C3	4	0.05000	0.20000
C4	5	0.05571	0.27857
C5	5	0.05143	0.25714
IP_{MC}			0.21314
Económicos			
C6	4	0.02571	0.10286
C7	3	0.04429	0.13286
C8	3	0.04286	0.12857
C9	3	0.03429	0.10286
C10	4	0.05429	0.21714
IP_{EC}			0.13686
Comerciales			
C11	2	0.05143	0.10286
C12	5	0.04000	0.20000
C13	4	0.03000	0.12000
C14	4	0.02429	0.09714
C15	4	0.03429	0.13714
C16	5	0.03429	0.17143
IP_{CM}			0.16571
Impacto			
C17	2	0.05714	0.11429
C18	2	0.03000	0.06000
C19	4	0.04857	0.19429
C20	2	0.04286	0.08571
IP_{IMP}			0.09086
Informáticos			

C21	5	0.03714	0.18571
C22	3	0.05000	0.15000
C23	4	0.04571	0.18286
C24	5	0.04714	0.23571
C25	3	0.03714	0.11143
C26	4	0.05143	0.20571
C27	4	0.02857	0.11429
IP_{INF}			0.23714
Índice de prioridad			0.84371

Tabla 3.24: HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA: Prioridad de los grupos de criterios para el proyecto.

Finalmente se construye la matriz de prioridad para el proyecto HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA como se muestra a continuación:

Proyectos	Grupos Criterios					IP
	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	
HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	0.2131	0.1369	0.1657	0.0909	0.2371	0.8437

Tabla 3.25: HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA: Matriz de prioridad para el proyecto.

3.2.6 Análisis de los resultados al aplicar MEPROI

3.2.6.1 Orden de prioridad general

De acuerdo a la aplicación del método en los proyectos descritos anteriormente y la obtención del índice de prioridad de cada proyecto que indicó que todos tienen prioridad alta se puede obtener un orden de prioridad general como se muestra en la siguiente tabla:

Proyectos	IP	Prioridad
SERWAP	0.929	1
ALFAOMEGA	0.919	2
TETSCADA	0.908	3
MONTETRA	0.878	4
HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	0.844	5

Tabla 3.26: Tabla de prioridad general para los proyectos evaluados.

A continuación se muestra una figura con los índices de prioridad de cada proyecto para una mejor apreciación de los resultados:

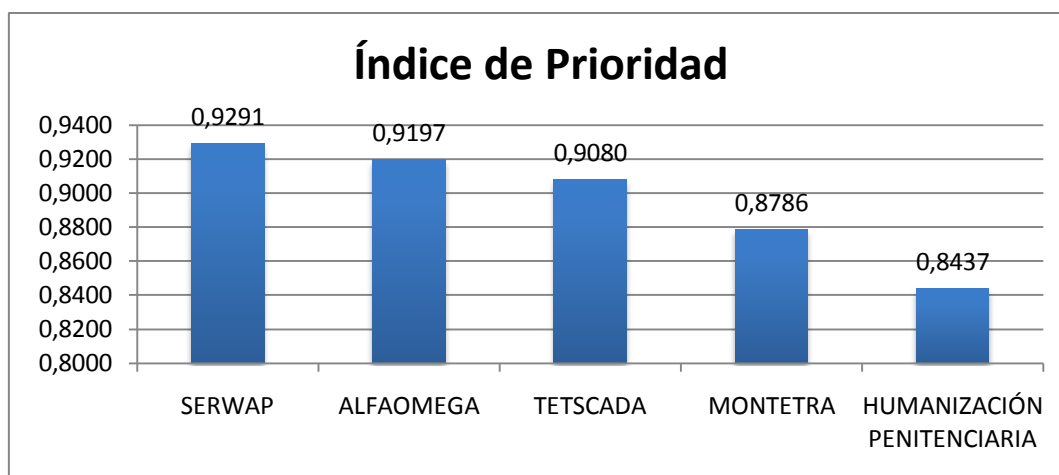


Figura 3.1: Índices de prioridad obtenidos al aplicar MEPROI.

3.2.6.2 Orden de prioridad por grupos de criterios

Se pueden observar los valores de prioridad para cada uno de los grupos de criterios en cada uno de los proyectos en la siguiente tabla:

Prioridad Grupos de Criterios						
Proyectos	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos	IP
SERWAP	0.1774	0.1829	0.2237	0.14257	0.2026	0.9291
ALFAOMEGA	0.2260	0.1389	0.1909	0.1451	0.2189	0.9197
TETSCADA	0.1857	0.1900	0.2011	0.1426	0.1886	0.9080
MONTETRA	0.1780	0.2060	0.2009	0.1331	0.1606	0.8786
HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	0.2131	0.1369	0.1657	0.0909	0.2371	0.8437

Tabla 3.27: Tabla de prioridad para los grupos de criterios de cada proyecto.

Se puede apreciar en la siguiente figura el comportamiento de cada grupo de criterios en cada proyecto:

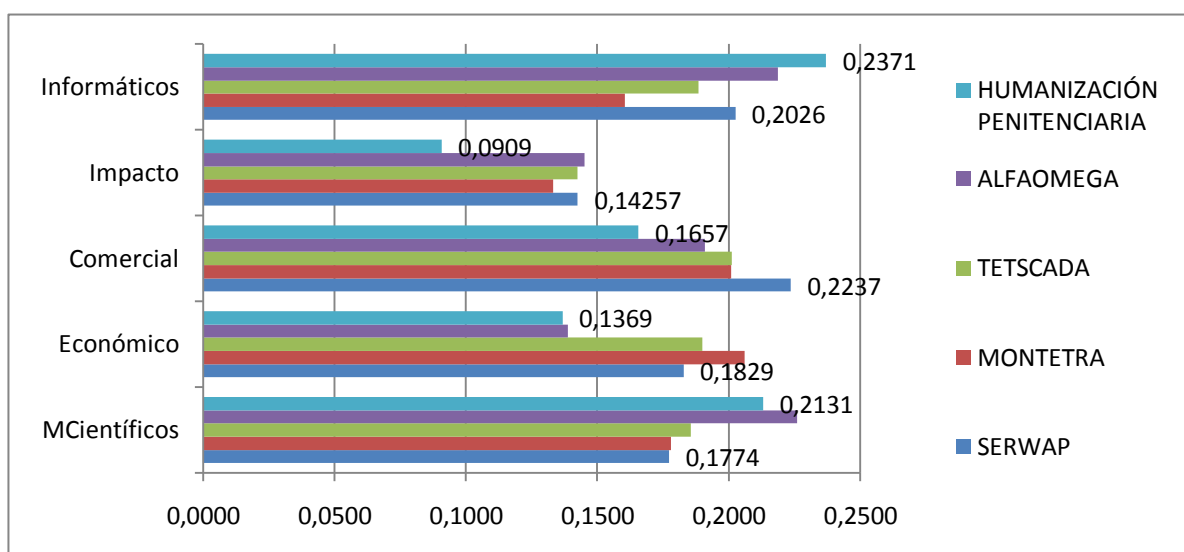


Figura 3.2: Resultados de prioridad para los grupos de criterios de cada proyecto.

A continuación se puede apreciar el orden de prioridad de cada grupo de criterios para los cinco proyectos evaluados.

Orden de prioridad por Grupos de Criterios					
Prd/Grupo	MCientíficos	Económico	Comercial	Impacto	Informáticos
1	ALFAOMEGA	MONTETRA	SERWAP	ALFAOMEGA	HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA
2	HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	TETSCADA	TETSCADA	SERWAP	ALFAOMEGA
3	TETSCADA	SERWAP	MONTETRA	TETSCADA	SERWAP
4	MONTETRA	ALFAOMEGA	ALFAOMEGA	MONTETRA	TETSCADA
5	SERWAP	HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA	MONTETRA

Tabla 3.28: Matriz del orden de prioridad de los proyectos por grupos de criterios.

Como se puede observar, el proyecto *SERWAP* que ocupó el 1er lugar general ocupa un 1er lugar en el grupo Comercial bastante despegado de los demás, un 2do lugar en el grupo Impacto, dos 3ros en los grupos Económicos e Informáticos y un 5to en el grupo de Méritos Científicos.

Por su parte el proyecto *HUMANIZACIÓN PENITENCIARIA* que ocupa el 5to lugar general ocupa un 1er lugar en el grupo de los criterios Informáticos, por grupos, un 2do en el grupo de Méritos Científicos y tres últimos lugares en los restantes grupos lo que concuerda con el resultado general.

3.3 Conclusiones

- Se evaluaron cinco proyectos informáticos utilizando el método desarrollado (MEPROI) con resultados satisfactorios.
- Se establecieron los órdenes de prioridad general y por grupos de criterios para establecer un orden de ejecución entre ellos.
- Se proporciona al decisor una herramienta de ayuda a la toma de decisiones en el momento de establecer un orden de ejecución en los proyectos informáticos contratados.

Conclusiones

Después de terminada la investigación y evaluados cinco proyectos informáticos, se llegaron a las conclusiones siguientes:

- Ninguno de los métodos encontrados en la bibliografía revisada se ajusta a los proyectos informáticos.
- En la UCI no se utiliza ningún método fundamentado científicamente para priorizar proyectos informáticos.
- El método desarrollado fue aplicado con resultados satisfactorios y su confiabilidad depende de la competencia de los expertos seleccionados y de la rigurosidad con que se aplique el procedimiento estadístico en que se sustenta.
- Después de aplicado el método a cinco proyectos informáticos se logró establecer un orden de prioridad general y otro en correspondencia con su valor científico, económico, comercial, de impacto e informático.

Recomendaciones

Una vez concluida esta investigación se recomienda:

- Después que se decide la ejecución de los proyectos se debe establecer un orden de ejecución de los mismos en correspondencia con los intereses de la organización.
- Utilizar el método de evaluación MEPROI como apoyo a la toma de decisiones en el proceso de establecer prioridad en la ejecución de los proyectos informáticos de la Universidad.
- Realizar una herramienta informática que agilice el proceso de aplicación del método MEPROI.
- Seguir investigando sobre MEPROI incorporando la evaluación de la sinergia entre los criterios y la dependencia entre proyectos.

Bibliografía

Alarcón, Deissy bibiana. 2005. *Modelo integrado de valor para estructuras sostenibles.* [http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1009106-115508//01Dan01de01.pdf] Barcelona : Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de Catalunya, 2005.

Alfonso, Osbel. 2009. *Procedimiento multicriterio basado en herramientas de toma de decisiones para la selección de proveedores.* [<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/procedimiento-multicriterio-para-toma-de-decisiones.htm>] Matanzas : s.n., 2009.

Andresen, Jan L. 2001. *A Framework for Selecting an IT Evaluation method in the Context of Construction.* [<http://redigering.sitecore.dtu.dk/upload/institutter/byg/publications/rapporter/byg-r012.pdf>] s.l. : Danmarks Tekniske Universitet, 2001. 87-7877-069-6/1601-2917.

Aragonés, Pablo, et al. 2000. *Aplicación de técnicas de toma de decisión multicriterio discretas a empresas de ingeniería.* [[http://www.unizar.es/aeipro/finder/Metodologia de Proyectos/AD03.htm](http://www.unizar.es/aeipro/finder/Metodologia%20de%20Proyectos/AD03.htm)] s.l. : Dpto de Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Valencia, 2000.

Araya, Roger. 2005. *Cultura en la empresa para el desarrollo de proyectos informáticos.* [<http://www.ulacit.ac.cr/revista/rhombus2/R02A08.pdf>] 2005. Revista Rhombus.

Arquero, Águeda, Álvarez, Marina and Izquierdo, Estíbaliz. 2009. *Decision Management Making by AHP (Analytical Hierarchy Process) trough GIS data.* [http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol7/vol7issue1March2009/7TLA1_12ArqueroHidalgo.pdf] s.l. : IEEE Latin America Transactions, 2009. Vol. 7.

Ayalew, Yirsaw and Audrey, Masizana. 2008. *A Multi-Criteria Group Decision Support Approach for Requirements Elicitation Techniques Selection.* [<http://www.medwelljournals.com/fulltext/ajit/2008/40-52.pdf>] Botswana : Medwell Journals, 2008. 1682-3915.

Aznar, Jerónimo. 2005. *Nuevos métodos de valoración agraria. Modelos Multicriterio.* [http://www.upv.es/miw/infoweb/vmultic/info/Nuevos_metodos_de_valoracion_agraria.pdf] Michoacan : s.n., 2005.

Aznar, Jerónimo y Guijarro, Francisco. 2005. *Nuevos Métodos de Valoración - Modelos Multicriterio.* [http://www.upv.es/miw/infoweb/vmultic/info/Nuevos_metodos_de_valoracion_Modelos_multicriterio.pdf] 2005.

B.Johnson, Bobbi, et al. 2007. *ATOMS Project Technical Report - Multiattribute Utility Theory.* [<http://www.r2d2.uwm.edu/atoms/archive/technicalreports/fieldsans/tr-mau.html>] Milwaukee : s.n., 2007.

Barba-Romero, Sergio. 1997. *Conceptos y soportes informáticos de la decisión multicriterio discreta.* [http://copade.neuquen.gov.ar/intranet/system/files/Evaluacion_multicriterio-Sergio_Barba_Romero.doc] Madrid : s.n., 1997.

Bijarro, Francisco. 2007. *Desarrollo estratégico para la investigación científica.* [<http://www.eumed.net/libros/2007c/306/METODOS%20GENERALES%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20CIENTIFICA.htm>] Málaga : s.n., 2007.

- Bobbi Blaser Johnson, Eli Gratz, Kathy Longenecker Rust & Roger O. Smith. 2007.** *ATOMS Project Technical Report - Multiattribute Utility. Theory Summarizing a Methodology and an Evolving Instrument for AT Outcomes.* [<http://www.r2d2.uwm.edu/atoms/archive/technicalreports/fieldscreens/tr-mau.html>] Milwaukee : ATOMS Project at the University of Wisconsin, 2007.
- Bonham, Stephen S. 2005.** *IT Project Portfolio Management.* [[ftp://89.222.154.10/audio/Import/AFRICAN%20DRUMS/Erich%20Dworak%20Aand%20Ewuar~/~/books/E-Books/Computing/Software%20project%20management/Artech%20House%20-%20IT%20Project%20Portfolio%20Management%20-%202005%20-%20\(By%20Laxxuss\).pdf](ftp://89.222.154.10/audio/Import/AFRICAN%20DRUMS/Erich%20Dworak%20Aand%20Ewuar~/~/books/E-Books/Computing/Software%20project%20management/Artech%20House%20-%20IT%20Project%20Portfolio%20Management%20-%202005%20-%20(By%20Laxxuss).pdf)] Boston : Artech House, Inc., 2005. 1-58053-781-2.
- Buss, Martin D. J. 1983.** *How to Rank Computer Projects.* [<http://hbr.org/1983/01/how-to-rank-computer-projects/ar/1>] 1983.
- Bustos, Eduardo. 2005.** *Métodos multicriterio discretos de ayuda a la decisión.* [http://www.angelfire.com/ak6/ilb/4_4.pdf] México : s.n., 2005.
- Cabeza, Leonor, Muñoz, Alberto E. and Vivero, Sandra M. 2004.** Aproximación al proceso de toma de decisiones en la empresa barranquillera. *Pensamiento & Gestión.* 2004, 17, pp. 1-38.
- Calderín, Yenín. 2007.** *Procedimiento para el control de tareas investigativas en la producción de software en la UCI.* Ciudad Habana : UCI, 2007.
- Contreras, Eduardo and Villablanca, Ignacio. 2003.** *Evaluación Multicriterio: aplicación para la formulación de proyectos de infraestructura deportiva.* [<http://www.dii.uchile.cl/~ceges/publicaciones/ceges48.pdf>] Santiago de Chile : s.n., 2003.
- Díaz, Rubén, et al. 2009.** *Uso de AHP y Conjuntos Difusos para Mejorar la Toma de Decisiones. Caso: Selección de Empresas Contratistas de Construcción en la Administración Pública Venezolana.* San Cristobal, Venezuela : 7th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 2009.
- Dirección Calidad UCI. 2007.** *Diagnóstico 2007. Resultado de la revisión UCI.* Ciudad de la Habana : s.n., 2007.
- . **2008.** *Diagnóstico 2008. Resultado de la revisión UCI.* Ciudad de la Habana : s.n., 2008.
- . **2009.** *Diagnóstico 2009. Resultado de la revisión UCI.* Ciudad de la Habana : s.n., 2009.
- Dirección Técnica UCI. 2010.** *Resumen trabajo Enero - Abril/2010.* La Habana : Vicerectoría de Producción. UCI, 2010.
- Escribano, Maria del Carmen and Fernández, Gabriela. 2002.** *Estudio comparativo de métodos de ayuda a la decisión multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión.* [<http://www.uv.es/asepuma/X/J16C.pdf>] Madrid : Dpto. Métodos Cuantitativos para la Economía, 2002.
- . **2004.** *Una metodología de ayuda a la decisión Multicriterio (métodos ELECTRE) con aplicación a problemas medioambientales.* [<http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2004%20-%20Leon/comunicaciones/Escribano%20y%20Fernandez.doc>.] Madrid : Dpto. Métodos Cuantitativos para la Economía, 2004.
- Espín, Rafael A. 2006.** *Modelos Matemáticos relacionados con la Toma de Decisiones.* s.l. : Maestría en Dirección, CETDIR, 2006.
- Facultad de Ciencias Económicas y Jurídicas. Métodos cuantitativos para la administración. 2007.** *Apoyo multicriterio a la decisión.*

- [<http://www.eco.unlpam.edu.ar/Tteoricos/metodos/07%20-%20MCA%20Teorico%20Multicriterio.pdf>] La Pampa : s.n., 2007.
- Facultad Economía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2006.** *Láminas del programa de tv_Toma de Decisiones.* [http://www.economia.unam.mx/pasoapaso/pdf/tv/L_minas_del_programa_de_tv__toma_de_decisiones.pdf] México : s.n., 2006.
- Falconi, Fander y Burbano, Rafael. 2004.** *Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales.* [<http://ddd.uab.cat/pub/revibec/13902776v1a2.pdf>] Ecuador : Revista Iberoamérica de Economía Ecológica, 2004.
- Fernández, Ana, y otros. 2008.** *Evaluación y clasificación de las técnicas utilizadas, por las organizaciones, en las últimas décadas, para seleccionar proyectos.* [<http://www.upo.es/RevMetCuant/art20.pdf>] Málaga : s.n., 2008.
- Fernández, Gabriela and Escribano, María del Carmen. 2002.** *Utilización del método ELECTRE IS de ayuda a la decisión multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión.* s.l. : Facultad de CC. Económicas y Empresariales, Universidad de San Pablo - CEU, 2002.
- Fernández, Gabriela. 2001.** *La toma de decisiones multicriterio eficaces en el ámbito de la pequeña y mediana empresa: El establecimiento de los objetivos y la determinación de los criterios.* s.l. : Dpto. Métodos Cuantitativos para la Economía, Universidad San Pablo – CEU, 2001.
- Flament, Michel. 1999.** *Glosario Multicriterio.* [<http://www.unesco.org.uy/red-m/glosariom.htm>] s.l. : Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicriterio, 1999.
- . **2007.** *Técnicas De Planificación Estratégica. Métodos Multicriterio.* Uruguay : Módulo sobre Problemas del Desarrollo. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de la República, 2007.
- Font, Elena. 2000.** *Gestión de Información en el Proceso Analítico Jerárquico para la toma de decisiones de nuevos productos. Metodología de Implantación.* [<http://www.fec.uh.cu/elena.htm>] Habana : Tesis Doctoral, 2000.
- Franklin, Enrique B. 2008.** *Toma de decisiones empresariales.* [<http://www.internacionaleventos.com/Articulos/Tomadedecisiones.pdf>] 2008.
- Gamboa, Gonzalo. 2008.** *Social Multi-Criteria evaluation in practice: Two real words case studies.* [http://www.tesisenxarxa.net/TESIS_UAB/AVAILABLE/TDX-0925109-123324//ggj1de1.pdf] Barcelona : Tesi doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, 2008.
- García, José L. and Meneses, Luis C. 2000.** *Decisiones multicriterio: un enfoque alternativo al método MACBETH.* [<http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2000%20-%20Oviedo/Trabajos/PDF/62.pdf>] Oviedo : s.n., 2000. 84-699-2357-9.
- García, María del Socorro. 2009.** *Tesis Doctoral: Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión (S.A.D.) y “Soft Computing”.* [<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/1022/1/Msgc.pdf>] Cartagena : Universidad Politécnica de Cartagena, 2009.
- Garza, Rosario and González, Aleida. 2002.** *Aplicación de las técnicas multicriteriales en el diseño del sistema de gestión de la calidad.* Habana, Cuba : Dpto. Matemática Aplicada. Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico “ José Antonio Echeverría”, CUJAE, 2002.

Garza, Rosario. 2004. *Técnicas multicriteriales para la toma de decisiones empresariales.*

[<http://www.gestiopolis1.com/recursos/documentos/archivodocs/degerencia1/tecmultitomdec.zip>] La Habana : Dpto. Matemática Aplicada. Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico “ José Antonio Echeverría”, CUJAE, 2004.

Garza, Rosario y Sánchez, Caridad. 2004. *Meroute: Un Método Multiatributo Para El Ruteo De Vehículos.*

[<http://www.dict.uh.cu/Revistas/IO2004/Vol%2025%20No.3/IO%2025304-8.doc>] La Habana : Dpto. Matemática Aplicada. Facultad de Ingeniería Industrial. Instituto Superior Politécnico “ José Antonio Echeverría”, CUJAE, 2004. Vol. V.

Girones, Xavier, Madrid, Daniel and Valls, Aida. 2008. *Comparación de dos Métodos de Toma de Decisiones Multicriterio: MACBETH y PROMETHEE.*

[<http://deim.urv.cat/recerca/reports/DEIM-RR-08-004.pdf>] s.l. : Dpto de Ingeniería Informática y Matemática, Universidad Rovira i Virgili, 2008.

Grupo decisión multicriterio de Zaragoza. [<http://gdmz.unizar.es/index.htm>] Zaragoza, España : s.n.

Guereca, Patricia. 2006. *Herramientas para la toma de decisiones en ACV.*

[http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0606107-122938//04LPgh04de09.pdf] Cataluña : s.n., 2006.

Gutiérrez, Virna. 2003. *Toma de decisiones para líderes.*

[<http://200.14.84.223/apuntesudp/showDoc.php?id=945&ramo=ICI9068>]

Santiago de Chile : s.n., 2003.

Hernández, Beatriz. 2005. *Aplicación de las TI en la toma de decisiones.*

[<http://www.scribd.com/doc/21662305/Capitu>] 2005.

Hernández, Elvis. 2009. *Una metodología de Análisis Multicriterio (AMC) en la jerarquización y selección de opciones.*

[<http://www.onuva.com/conf3/ehernandez01.pdf>] 2009.

Hernández, Rolando A. and Coello, Sayda. 2002. *El paradigma cuantitativo de la investigación científica.* Ciudad Habana : Editorial Universitaria, 2002. 959-16-0343-6.

Hernández, Rolando A. 2007. *Curso básico de Gestión de Proyectos.* 2007.

—. 2009. *Una Introducción a la Gestión de Proyectos.* 2009.

Huete, Luis María. 2009. *Feedback Networks Technologies, la información viva.* *Feedback Networks Technologies, la información viva.*

[<http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calcular.htm>]

Navarra, España : s.n., 2009.

Justel, D., y otros. 2007. *Estudio de métodos de selección de conceptos.*

[http://www.gid.uji.es/docs/articulos/Justel_07_01.pdf] Lugo : XI Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, 2007.

Laboratorio de urbanismos y ordenación del territorio.ugr. 2008. *Selección de alternativas. Evaluación multicriterio.*

[http://www.urbanismogranada.com/administrador/archivos/04_02_08_taller_An_lisis_Multicriterio.pdf] Granada : s.n., 2008.

Labrada, Lisandra M. and Castro, Maylé. 2009. *Procedimiento para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridades.* Ciudad Habana : UCI, 2009.

Lebrija, Eduardo. 2000. *Proyectos y asesorías con el Analytic Hierarchy Process (AHP).* [<http://www.unesco.org.uy/red-m/fulcrum.pdf>] México : s.n., 2000.

- Leyva, Maikel Y. and Piñero, Pedro Y. 2009.** *Modelo para la evaluación y selección de proyectos de innovación en las tecnologías de la información.* [http://octi.guanajuato.gob.mx/sinnco/formulario/MT/MT2009/MT9/SESION1/MT91_MLEYVA_145.pdf] s.l. : SinncO, 2009.
- Maguregi, Iker. 2008.** *Selección de proyectos y actuaciones claves para el impulso de la gestión de la demanda de movilidad.* s.l. : EUSKO IKASCUNTZA, 2008.
- Marcos, Miguel A., de Vicente, María and Garrido, Rubén. 2003.** *Herramientas estadísticas para la caracterización y valoración de la Cohesión: Los métodos ELECTRE de la decisión multicriterio discreta.* [http://www.aecr29.unican.es/Textos/T%C3%A9xtos%20Aceptados/A.10/Microsoft%20Word%20-%20I.53.A.pdf] 2003.
- Martínez, Eduardo. 1997.** *Evaluación y decisión multicriterio: Una Perspectiva.* [https://www.u-cursos.cl/fau/2009/1/GEO-403/1/material_alumnos/objeto/6301] 1997.
- Martínez, Germán. 2009.** *Guía de las prácticas de organización y gestión de proyectos y obras.* [http://www.ugr.es/~gmmontes/archivos/Guion_de_Practicas.pdf] Granada : Área de Proyectos de Ingeniería. EST de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2009.
- Mattioli, Elvio. 2004.** *The measurement of coherence in the evaluation of criteria and its effect on ranking problems illustrated using a multicriteria decision method.* [http://ideas.repec.org/p/anc/wpaper/199.html] s.l. : Dipartimento di economia, Università Politecnica delle Marche, 2004.
- Maurtua, Diego E. 2006.** *Criterios de Selección de Personal mediante el uso del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods S.A.C. La Toma de Decisiones.* [http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/monografias/basic/maurtua_od/cap5.pdf] Lima, Perú : s.n., 2006.
- MCDM, Grupo Español. 2000.** *Evolution on Spanish Community on MCDM.* [http://mayor.dia.fi.upm.es/~mcdm/estadisticas1/estadisticas.pdf] s.l. : XXV Reunión de la SEIO, 2000.
- Melón, M. García, et al. 2000.** *Análisis de las técnicas de ayuda a la decisión en grupo (GDSS) en los procesos de toma de decisión en dirección y gestión de proyectos.* [http://www.unizar.es/aeipro/finder/METODOLOGIA%20DE%20PROYECTOS/AD01.htm] Valencia : Dpto. Proyectos de Ingeniería, Universidad Politécnica de Valencia, 2000.
- Mena Nieto, A., Bahamonde García, M. y De la Corte Carrasco, J. M. 1998.** *Contribuciones a la fase de evaluación dentro de la metodología del análisis del valor.* [http://www.ingegraf.es/congresos/1998-MALAGA/congreso/ponencias/Documentos/54.doc] Huelva : Grupo de Investigación en Ingeniería del Diseño y Proyectos (GIDYP). , 1998.
- Mendoza, Alejandro. 2003.** *Evaluación multicriterio de proyectos de Ciencia y Tecnología.* [http://www.oei.es/ctsiima/POCI_Mendoza_Unidad_2.pdf] s.l. : Editorial Nueva Sociedad, 2003.
- Ministerio de Planificación y Cooperación. División de Planificación, Estudios e Inversión. Departamento de Inversiones. 2004.** *Metodología de Proyectos Informáticos.* [http://www.serplacrm.cl/publicaciones/metodologias/LMV11.pdf] Santiago de Chile : s.n., 2004.

- Munda, Giuseppe. 2002.** *Métodos y Procesos Multicriterio para la Evaluación Económico-Ambiental de las Políticas Públicas.* [<http://www.entconsulting.com/cidma/imatges/MCECatalunya.pdf>] Barcelona : Universitat Autònoma de Barcelona, 2002.
- , **2003.** *Multicriteria Assessment.* [<http://www.ecoeco.org/pdf/mlticritassess.pdf>] s.l. : Internet Encyclopaedia of Ecological Economics, 2003.
- , **2008.** *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy.* [http://books.google.co.ve/books?id=8kXFyfQsd44C&pg=PA125&lpg=PA125&dq=Arrow+%26+Raynaud&source=bl&ots=Bdxq6HsnHW&sig=mKFSKuzCnpWjKNVUacOjwAOo398&hl=es&ei=m4T-S_OeM8L6lwfO2JTICQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CDsQ6AEwBQ#v=onepage&q=Arrow%20%26] Barcelona : s.n., 2008. 978-3-540-73702-5.
- , **2004.** *Solving the Discrete Multi-Criterion Problem: An Overview of Lessons Learned from Social Choice Literature.* [<http://www.dse.ec.unipi.it/persona/docenti/luzzati/italiano/didattica/MUNDAsochoice.pdf>] Barcelona : European Journal of Operational Research, 2004.
- , **2008.** *Why composite should be non compensatory.* [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/research_methodology/documents/S11P1_WHY_COMPOSITE_MUNDA.ppt] Barcelona : Universitat Autònoma de Barcelona, 2008.
- Nardo, Michela, y otros. 2005.** *Tools for Composite Indicators Building.* [http://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/.../EUR%2021682%20EN_Tools_for_Composite_Indicator_Building.pdf] s.l. : European Communities, 2005.
- Núñez, Deissy B. Alarcón. 2005.** *Modelo Integrado de valor para estructuras sostenibles.* [http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-1009106-115508//01Dan01de01.pdf] Barcelona : Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis Doctoral, 2005.
- Pacheco, Juan F. and Contreras, Eduardo. 2008.** *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos.* Santiago de Chile : Naciones Unidas, Santiago de Chile, 2008. 978-92-1-323231-6.
- Padilla, Nuria, Arévalo, María T. and Guerrero, Flor M. 2000.** *Métodos Matemáticos para la Economía y la Empresa. Aplicación del método PROMETEE en la jerarquización de títulos de una cartera de valores.* [<http://www.doaj.org/doaj?func=fulltext&passMe=http://150.214.55.100/asepum/sevilla2000/m2-01.pdf>] Sevilla : s.n., 2000.
- Parada, Óscar. 2008.** *Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios.* [http://cuadernosadministracion.javeriana.edu.co/pdfs/CnosAdmon_22_38_08_Oscarparadagutierrez.pdf] Santiago de Cuba : s.n., 2008.
- Parra, José E. 2008.** *Factores críticos de éxito e hipótesis sobre la industria de software en Colombia. Concepciones contextuales y académicas.* [<http://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/viewFile/10040/10570>] Bogotá : Facultad de Informática, Institución Universitaria Tecnológico de Antioquia, 2008.
- Perdomo, Aymé and Jordán, Ernesto. 2009.** *Selección de una herramienta de gestión de Procesos de negocios, haciendo uso de la técnica Multicriterio AHP.* [<http://semanatecnologica.fordes.co.cu/Evirtual/files/DO012.pdf>] Ciudad Habana, Cuba : Universidad de las Ciencias Informáticas, UCI, 2009.

- Pérez, Víctor, Camargo, Isis y González, Rafael Caballero y Mercedes. 2008.** *Selección multicriterio de nuevos productos turísticos en Pinar del Río, Cuba.* [<http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/29208/io29208-02.pdf>] Habana : Revista Investigación Operacional, 2008. Vol. II.
- Pérez, Víctor, et al. 2008.** *Selección multicriterio de nuevos productos turísticos en Pinar del Río, Cuba.* [<http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/29208/io29208-02.pdf>] Pinar del Río : s.n., 2008. Vol. 2.
- Rebel, Bas and Treasury, Zanders & Finance Solutions. 2006.** *WACC: Practical Guide for Strategic Decision-Making - Part 5: Project Selection - How to Choose the Right Project and Make Effective Comparisons.* [<http://www.zanders.nl/publicaties/documents/WACCpart5.pdf>] 2006.
- Rivitti, María B., et al. 2008.** *Evaluación de Decisiones de Inversión: Aplicación del Método AHP.* [<http://www.inf.utfsm.cl/~mcriff/IA-avanzada/lista-papers/44135.pdf>] s.l. : Dpto. de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, 2008.
- Roche, Hugo. 2005.** *Análisis multicriterio en la toma de decisiones.* [<http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/MdA-Scoring-AHP.pdf>] s.l. : Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración, 2005.
- Rodríguez, Aida G. 2006.** *Métodos cuantitativos para la toma de decisiones.* s.l. : Maestría en Dirección, CETDIR, 2006.
- Rojas, Alvaro Hernando. 2006.** *Toma de Decisiones.* [<http://www.aiu.edu/publications/student/spanish/TOMA%20DE%20DECISIONES%20-%20Decisiones%20Making.html>] Bogotá, Colombia : Atlantic International University. Nort Miami, Florida, 2006. UB2477SSE6181.
- Romero, Carlos. 1996.** *Análisis de las decisiones multicriterio.* [<http://www.sistemas.edu.bo/jorellana/ISDEFE/14%20Analisis%20de%20las%20Decisiones%20Multicriterio.PDF>] Madrid : Publicaciones de Ingeniería de Sistemas, 1996. 84-368-1151-8.
- Sáenz, Melio. 2006.** *Soporte a la toma de decisiones.* [www.senacyt.gov.ec/files/soporte_toma_decisiones_m_saenz.pdf] s.l. : Unidad de Investigación y Desarrollo Tecnológico, 2006.
- Salinas, Eivis. 2004.** *Un enfoque multicriterio multiexperto para la toma de decisiones en diferentes problemas de la Ingeniería Industrial.* Habana : Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Industrial. Ciudad Universitaria "Jose A. Hecheverría", 2004.
- Sanabria, Marco A. 2006.** *Toma de Decisiones con Criterios Múltiples: un resumen conceptual.* [<http://www.uned.ac.cr/sep/recursos/investigaciones/documents/TFG-GE.pdf>] s.l. : Maestría en Administración de Negocios. Trabajo Final de Graduación, 2006.
- Sánchez, Gabriel de las Nieves. 2003.** *La técnica ELECTRE.* [http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc004/CAPITULO%2017.pdf] Panamá : s.n., 2003.
- Sánchez, Ramiro. 2001.** *La toma de decisiones con múltiples criterios: Un resumen conceptual teórico.* [<http://www.umss.edu.bo/Academia/Centros/Ceplag/ResuMCDA.PDF>] Bolivia : CEPLAG, 2001.
- Santana, Roberto and Lorente, Jose L. 2006.** *Procedimiento para la evaluación de la calidad de los servicios de restauración utilizando técnicas multivariadas. Análisis de Casos.*

[<http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?articuloid=426457&donde=castellano&zfr=0>] s.l. : Investigación y Marketing, 2006.

Santé, Inés. 2007. *Curso Doctorado. Universidad Santiago de Compostela.* [<http://laborate.usc.es/files/cursodoctorado2007.pdf>] Santiago de Compostela : s.n., 2007.

Simon, Herbert. 1972. *El comportamiento administrativo. Estudio de los procesos decisorios en la organización administrativa.* s.l. : Aguilar. Madrid, 1947, 1972.

Strassert, Gustras. 2002. *SeiOpt: Selection of Options based on the Balance and Ranking Method.* [http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/pdf/volumetre/362_strassert.pdf] Karlsruhe : Institute of Regional Science, University of Karlsruhe, Germany, 2002.

Trejos, Mayra, Guillén, Servio T. and Lebrija, Eduardo. 2000. *Selección y ordenamiento de proyectos de innovación.* [http://www.unesco.org.uy/redm/trejos_guillen_lebrija.pdf] Panamá : SENACYT, Universidad de Panamá, 2000.

Trinidad, Laura. 2006. *El Proceso de Toma de Decisiones.* [<http://sju.albizu.edu/Correccion/EI%20Proceso%20de%20Toma%20de%20Decisiones/Taller%20EI%20Proceso%20de%20Toma%20de%20Decisiones.ppt>] 2006.

Urda, Marco. 1998. *Gerencia de Proyectos de Ciencia e Innovación Tecnológica.* Ciudad de la Habana : Folleto curso de postgrado. CITMA, 1998.

Valverde, Jorge C. 2007. *Metodología para la priorización de proyectos informáticos.*

[<http://www.seccperu.org/files/metPriorizacionProyInformaticos.pdf>] Trujillo, Perú : s.n., 2007.

Yevseyeva, Iryna. 2007. *Solving classifications problems with multicriteria decision aiding approaches.*

[<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18732/9789513930974.pdf?sequence=1>] Jyvaskyla : Jyvaskyla University Printing House, 2007. 798-951-39-3097-4/1456-5390.

Anexos

Anexo 1: Encuesta sobre estudio de prioridad para proyectos informáticos

Las organizaciones que desarrollan proyectos informáticos por lo general contratan varios proyectos en la misma etapa de trabajo, pero en muchas ocasiones por disponibilidad de recursos financieros, materiales y humanos no todos se pueden desarrollar al mismo tiempo, por lo que se hace necesario establecer un orden de prioridad para los mismos. Esta prioridad no se puede hacer por criterios personales o por imposiciones que no tengan un fundamento científico, sin poner en riesgo el éxito de los proyectos afectando las ganancias y el prestigio de la organización.

Por todo lo anterior se hace necesario disponer de métodos científicamente fundamentados que permitan establecer un orden de prioridad para los proyectos contratados y se puedan tomar decisiones acertadas en el momento de comenzar la ejecución de cada proyecto.

Estos métodos deben partir de criterios que establezcan un compromiso entre todas las variables que intervienen y permitan caracterizar cada proyecto con relación a los demás. La identificación y evaluación de esos criterios será determinante para establecer el orden de prioridad para la ejecución de los proyectos.

Datos del encuestado

Nombre: _____

Especialidad de graduación: _____

Años de experiencia en la gestión de proyectos: _____, de ellos en gestión de proyectos informáticos _____

Roles desempeñado en los proyectos en los que ha participado:

Proyecto en el que trabaja actualmente:

Rol que desempeña en el proyecto actual _____

Experiencia en la realización de estudios sobre prioridad de ejecución: _____

Preguntas

¿Considera necesaria establecer un orden de prioridad para la ejecución de los proyectos informáticos?

Sí_____ No_____

¿Conoce alguna guía, método, procedimiento o metodología para establecer un orden de prioridad en los proyectos informáticos?

Sí_____ No_____

En _____ caso _____ de _____ sí:
menciónela_____

¿Qué opina acerca de la misma?

¿Conoce si en la Universidad de las Ciencias Informáticas se realiza dicho estudio?

Sí_____ No_____

En caso de sí:

Mencione que dirección o persona(s) se lleva a cabo este estudio y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Para la realización de este análisis a continuación se ponen a su consideración un conjunto de criterios que propone el encuestador.

Responda Si o No si a su consideración deben tenerse en cuenta al establecer el orden de prioridad para la ejecución de los proyectos.

Criterios

Méritos Científicos

Valor científico del proyecto Si_____ No_____

Calidad de la organización del proyecto Si_____ No_____

Planificación realizada para su ejecución Si_____ No_____

Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto Si_____ No_____

Solvencia científica y profesional del equipo de proyecto Si_____ No_____

Otros que usted considere necesarios:

¿Conoce usted si algunos de estos criterios se evalúan actualmente en la UCI
Si____ No____

En caso que su respuesta sea Si mencione cuáles y que área o persona la realiza y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Económicos

Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios

Si____ No____

Medios materiales disponibles y solicitados Si____ No____

Presupuesto solicitado para su ejecución Si____ No____

Presupuesto solicitado para su introducción Si____ No____

Rentabilidad Si____ No____

Ganancias esperadas Si____ No____

Otros que usted considere necesarios:

¿Conoce usted si algunos de estos criterios se evalúan actualmente en la UCI
Si____ No____

En caso que su respuesta sea Si mencione cuáles y que área o persona la realiza y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Comercialización

Satisfacción de los requerimientos del cliente Si____ No____

Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan Si____
No____

Atractivos del mercado al que se puede acceder Si____ No____

Nivel de competencia existente Si____ No____

Requerimientos para la introducción en el mercado Si_____ No_____

Otros que usted considere necesarios:

¿Conoce usted si algunos de estos criterios se evalúan actualmente en la UCI
SI_____ No_____

En caso que su respuesta sea Si mencione cuáles y que área o persona la realiza y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Impacto

Impacto social Si_____ No_____

Impacto medioambiental Si_____ No_____

Impacto en el territorio donde se introduce Si_____ No_____

Otros que usted considere necesarios:

¿Conoce usted si algunos de estos criterios se evalúan actualmente en la UCI
SI_____ No_____

En caso que su respuesta sea Si mencione cuáles y que área o persona la realiza y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Informáticos

Tecnología disponible Si_____ No_____

Utilidad de componentes reutilizables Si_____ No_____

Gestión de riesgos Si_____ No_____

Tamaño del proyecto Si_____ No_____

Impacto de variaciones de alcance Si_____ No_____

Otros que usted considere necesarios:

¿Conoce usted si algunos de estos criterios se evalúan actualmente en la UCI

Si____ No____

En caso que su respuesta sea Si mencione cuáles y que área o persona la realiza y describa según sus conocimientos como se lleva a cabo.

Anexo 2: Guía de evaluación a los expertos. Determinación del peso de los criterios de prioridad

Se entenderá por peso a la importancia que se le atribuye a la evaluación de ese criterio para el proyecto con respecto al resto de los criterios. Para ello se le pide a cada experto que emita su opinión acerca de la importancia (en base a 100) que tiene cada criterio con relación a los demás para el proyecto a evaluar. La sumatoria de estos pesos debe ser igual a 100.

Determinación del peso de los criterios de prioridad	
Criterios	Peso
Valor científico del proyecto	
Calidad de la organización del proyecto	
Planificación realizada para su ejecución	
Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto	
Nivel científico y profesional del equipo de proyecto	
Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios	
Medios materiales disponibles y solicitados	
Presupuesto solicitado para su ejecución	
Presupuesto solicitado para su introducción	
Ganancias esperadas	
Satisfacción de los requerimientos del cliente	
Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan	
Atractivos del mercado al que se puede acceder	
Nivel de competencia existente	
Requerimientos para la introducción en el mercado	
Posibilidad de acceder a nuevo mercado	
Impacto social	
Impacto medioambiental	
Impacto en el territorio donde se introduce	
Impacto político	
Impacto de las regulaciones legales en el lugar de aplicación	
Tecnología disponible para ejecutar el proyecto	
Existencia de componentes reutilizables	
Impacto de los riesgos identificados	
Impacto de variaciones de alcance	
Complejidad del proyecto y del propio cliente	
Dependencias con otros sistemas e integración	
	100

Anexo 3: Guía de evaluación a los expertos. Calificación de los criterios de evaluación para determinar la prioridad

El paso de calificación de cada criterio consiste en estudiar y evaluar el comportamiento de cada uno de los criterios en el proyecto; es por ello que luego de determinado el peso de cada criterio, se pasa a un segundo momento de interacción con los expertos, en el que se les pide que califiquen cada criterio en una escala de 1-5 según su opinión y conocimiento acerca del comportamiento que tiene este en el proyecto.

Calificación de los criterios de evaluación para determinar la prioridad	
Criterios	Calificación
Valor científico del proyecto	
Calidad de la organización del proyecto	
Planificación realizada para su ejecución	
Idoneidad científica, profesional y gerencial del líder de proyecto	
Nivel científico y profesional del equipo de proyecto	
Cantidad de instituciones participantes y calidad de su infraestructura y servicios	
Medios materiales disponibles y solicitados	
Presupuesto solicitado para su ejecución	
Presupuesto solicitado para su introducción	
Ganancias esperadas	
Satisfacción de los requerimientos del cliente	
Ventajas del producto, proceso o servicios que se desarrollan	
Atractivos del mercado al que se puede acceder	
Nivel de competencia existente	
Requerimientos para la introducción en el mercado	
Posibilidad de acceder a nuevo mercado	
Impacto social	
Impacto medioambiental	
Impacto en el territorio donde se introduce	
Impacto político	
Impacto de las regulaciones legales en el lugar de aplicación	
Tecnología disponible para ejecutar el proyecto	
Existencia de componentes reutilizables	
Impacto de los riesgos identificados	
Impacto de variaciones de alcance	
Complejidad del proyecto y del propio cliente	
Dependencias con otros sistemas e integración	

Anexo 4: Tabla de Distribución Chi Cuadrado

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7907	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361