



Universidad de las Ciencias Informáticas

Facultad 5

Trabajo de Diploma por optar por el título de Ingeniero en Ciencias Informáticas

Título: Aplicación del análisis multicriterio y la lógica difusa en la selección de software para la gestión de proyectos en la Universidad de las Ciencias Informáticas.

Autora: Yaniset Castillo Segura

Tutor(es): MSc. Roberto Millet Luaces

Ing. Yanetsi Millet Lombina

Asesor: Dr. Pedro Piñero Pérez

“Año 54 del Triunfo de la Revolución”

La Habana, Cuba

Junio 2012

“La confianza en uno mismo es el primer peldaño para ascender por la escalera del éxito”

Ralph Waldo Emerson

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Facultad 5 de 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 _____.

Yaniset Castillo Segura

MSc. Roberto Millet Luaces

Ing. Yanetsi Millet Lombina

DATOS DE CONTACTO

MSc. Roberto Millet Luaces

Breve currícul:

- Profesor de Matemática.
- Graduado de Ingeniero Eléctrico en 1986, en Universidad de Camagüey.
- Profesor Auxiliar
- MSc en Ciencias Matemáticas.
- Imparte docencia en universidades desde 1987.

Ubicación: Universidad de las Ciencias Informáticas UCI, Cuba.

E-mail: milletp@uci.cu

AGRADECIMIENTOS

A mi mamá y mi papá por su apoyo, amor y confianza en todas las decisiones que he tomado en la vida.

A Rafael y Olga por preocuparse y depositar en mi toda su confianza.

A mi familia por estar siempre a mi lado.

A mi tutor Millet, por su guía, apoyo y confianza.

A Dayan por estar conmigo siempre en los buenos y malos momentos de mi vida, brindándome su amor, su apoyo y su ayuda incondicional.

A todos mis amigos y compañeros, que de una forma u otra me brindaron su ayuda en los momentos que lo he necesitado, especialmente a Eliecer, Riolvi, Otto, Silvia, Sonia, Guille, Liuver, Yadira, Arianna.

Al tribunal por ayudarme a culminar satisfactoriamente con el Trabajo de Diploma.

A todas las personas que han colaborado de una forma u otra en la realización de este trabajo, y que de manera directa o aún sin saberlo han ayudado en mi formación tanto personal como profesional.

DEDICATORIA

A mi mamá y mi papá, quienes me han forjado, guiado y apoyado durante todos los años de vida que tengo. Por ser los principales impulsores a que estudiara y pudiera ser hoy una profesional.

A mis abuelos, mis tíos, mis primas y toda la familia en general.

A mi hermano para me tenga como ejemplo.

A Dayan por estar conmigo siempre en los buenos y malos momentos de mi vida, brindándome su amor, su apoyo y su ayuda incondicional.

RESUMEN

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se producen software en diferentes Líneas de productos .A los especialistas que laboran en los mismos se le realizaron encuestas y entrevistas. Por las respuestas dadas se identificó que de los 24 encuestados de tres facultades, 18 afirmaron la inexistencia de un criterio fundamentado científicamente en la selección de software. Para validar el inicio de la investigación se utilizó el método Delphi de la consulta de expertos. En el trabajo se aplicó la toma de decisiones, en particular el análisis multicriterio, confeccionándose una aplicación que permite dar el orden de prioridad de las herramientas a utilizar.

Palabras clave: toma de decisiones, análisis multicriterio, método Delphi

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	III
Introducción.....	13
Capítulo 1. Fundamentación Teórica	17
1. Toma de decisiones	17
1.1 Proceso de toma de decisiones	18
1.2 Inteligencia Artificial	19
1.3 Análisis Multicriterio	21
1.3.1 Análisis Multicriterio o Multicriterial. Definición	21
1.3.2 Interpretación del análisis multicriterio.....	22
1.3.3 Etapas de la aplicación del análisis multicriterio.....	22
1.3.4 Métodos de Análisis Multicriterial	24
1.3.5Ventajas del Análisis Multicriterio	25
1.4 Teoría de incertidumbre.....	25
1.4.1 Métodos para evaluar la incertidumbre.....	26
1.5 Software.....	26
1.5.1 Clasificación de los software	26
1.5.2Planificación de proyectos	28
1.6 Descripción de las herramientas y técnicas a utilizar en la investigación	31
1.6.1 Statgraphics.....	31
1.6.2 Lenguaje de programación.....	32
1.6.3Entorno de desarrollo integrado	33

1.6.4 Método Delphi de la consulta de expertos.....	34
Conclusiones Parciales.....	36
Capítulo 2: Análisis multicriterio aplicado a la selección de software para la gestión de proyectos	37
2. Introducción	37
2.1 Método Delphi de la consulta de expertos	37
2.1.1 Encuesta aplicada a los expertos	37
2.1.2 Resultados obtenidos	39
2.2 Análisis estadístico de los resultados de los criterios de los expertos .	42
2.4 Aplicación del análisis multicriterio.....	44
2.4.1 Desarrollo del método de Media Aritmética	53
Conclusiones Parciales.....	59
Capítulo 3: Propuesta de solución.....	60
3. Introducción	60
3.1 Solución al problema planteado	60
3.1.2 Características de la aplicación.....	60
3.1.3 Funcionamiento de la aplicación	60
3.1.3.1 Opción Evaluar criterios.....	62
3.1.3.2 Opción Mostrar Resultados	63
Conclusiones parciales	65
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	67
Anexos	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.El grafo muestra la relación entre las variables.....	41
Figura 2.Esquema de la Matriz de decisión	50
Figura 3.Código para calcular el peso criterio de una herramienta	61
Figura 4.Código para el cálculo de la efectividad y el orden de prioridad	61
Figura 5.Código para ordenar las herramientas por prioridad	62
Figura 6.Opción Evaluar criterios	63
Figura 7.Opción Mostrar Resultados	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los expertos	40
Tabla 2.Matriz Booleana	40
Tabla 3.Tabla de Poderes	42
Tabla 4.Resultados obtenidos del análisis estadístico	43
Tabla 5.Pesos de los criterios de juicios	48
Tabla 6.Pesos finales de los criterios de juicios	50
Tabla 7.Matriz de decisión.....	52
Tabla 8.Sumas totales de los criterios de juicios	53
Tabla 9.Prioridades de los criterios de juicios	54
Tabla 10.Matriz de decisión final obtenida	55
Tabla 11.Análisis de la efectividad de acuerdo con las herramientas y los criterios de juicios.....	57
Tabla 12.Asignación de los órdenes de prioridades a las herramientas	58

Introducción

Hoy en día, el desarrollo de cualquier software tiene como uno de los objetivos satisfacer la necesidad planteada por el cliente. Pero ¿Cómo puede conocer un desarrollador si el producto construido corresponde exactamente con las exigencias del cliente? ¿Cómo puede un desarrollador estar seguro, que el producto que ha construido va a funcionar correctamente? Múltiples son las interrogantes que se pueden hacer respecto a la evaluación de software y sin embargo es muy difícil determinar con exactitud si el mismo tiene la calidad requerida.

La evaluación de un software informático puede ser realizada desde diversas perspectivas y por diferentes especialistas (comunicación, informática, programadores, comunicación audiovisual, evaluadores generales externos, investigadores), cada uno de estos grupos tiene preocupaciones distintas, el programador informático tiende a evaluarlo con cuestiones del tipo ¿Es el lenguaje y las técnicas de programación correcta?. Sin embargo otros especialistas tienen interrogantes distintas y lo evalúan de forma diferente.

En la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se producen software en diferentes Líneas de productos, donde a los especialistas que laboran en los mismos se le realizaron encuestas y entrevistas. A continuación se mencionan algunos de estos proyectos:

Laboratorios virtuales, Scada UX, Scada Eléctrico, Sistema Integral de Confiabilidad, Núcleo de Procesamiento Gráfico, Laboratorios de Gestión de Proyectos, Multisaber–El navegante, Aplicativos SIGE (Sistema de Información de Gestión Estadística), Sistema estadísticos de gestión de los grupos electrógenos FUEL-OIL (SEMGEF).

Por a las respuestas dadas en las entrevistas y encuestas realizadas se identificó que de los 24 encuestados de tres facultades de la UCI, 18 afirmaron la inexistencia de un criterio fundamentado científicamente en la selección de software, ocasionando que esta selección que se efectúe no sea siempre la correcta, además de provocar un mayor empleo de tiempo en el proceso de

elección de las herramientas y que el producto elaborado no tenga la calidad requerida por el cliente.

Por lo expuesto anteriormente, se evidencia la importancia y necesidad de buscar métodos científicos que permitan la selección de software para la planificación de proyectos.

Problema científico: ¿Cómo mejorar la selección de software para una efectiva gestión de proyectos en la Universidad de las Ciencias Informáticas?

Objeto de estudio: Proceso de elección de las herramientas para la gestión de proyectos.

Objetivo general: Aplicar el método de Análisis multicriterio y la Lógica difusa para mejorar la selección de software para la gestión de proyectos en UCI.

Campo de acción: Proceso de elección de las herramientas para la gestión de proyectos mediante el Análisis multicriterial y la Lógica difusa.

Idea a defender: Si se aplica el método de Análisis multicriterio para la selección de herramientas en la gestión de proyectos entonces se obtendrá un orden de prioridad de las herramientas seleccionadas.

Tareas investigativas:

1. Elaboración del marco teórico de la investigación a partir del estado del arte existente sobre el tema actualmente.
2. Validación de la utilidad y de la científicidad del inicio investigación.
3. Selección de los criterios distintivos para la clasificación general de los software.
4. Caracterización de las herramientas que se encargan para la planificación de proyecto.
5. Aplicación del método de Análisis multicriterio y elementos de la Lógica difusa para precisar el orden de prioridad.

Métodos de la Investigación:

Métodos Teóricos utilizados en la investigación:

- **Analítico - Sintético:** permitirá analizar todos los tipos de software que se utilizan para la planificación de proyectos y determinar sus diferentes características, con el propósito de aplicar el análisis multicriterio y la lógica difusa, que brindará sugerir un orden de prioridad para la selección de software en la planificación de proyectos.
- **La inducción-deducción:** se analizará por separado los criterios de los expertos y se generalizará los criterios fundamentales para lograr la selección de los software para la planificación de proyectos.

Métodos Empíricos utilizados en la investigación:

- **Entrevistas:** se realizaron entrevistas a especialistas, en las diferentes Líneas de productos para conocer si utilizaban algún criterio de selección de los software con los cuales laboran.
- **Encuestas:** se realizaron encuestas a especialistas, en las diferentes Líneas de productos para validar el tema de investigación.
- **La observación:** tienen su base en el proceso de aplicación del análisis multicriterio en la selección de software para la planificación de proyectos.
- **Revisión bibliográfica:** permitirá analizar la documentación necesaria para resumir, enunciar y describir los elementos más decisivos que se relacionan con el objeto de estudio.

El trabajo de diploma está estructurado de la siguiente forma:

- **Capítulo1: Fundamentación Teórica:** en este capítulo se abordan fundamentos teóricos del análisis multicriterio, la lógica difusa, incertidumbres, toma de decisiones, entre otros aspectos, teniendo en cuenta las necesidades sociales en estos tiempos, donde cada día el desarrollo de la forma de pensar y el conocimiento de ciertas materias es muy acelerado y experimenta cambios constantes.

- **Capítulo 2: Análisis multicriterio aplicado a la selección de software para la planificación de proyectos:** en este capítulo se realiza un análisis a partir de los resultados obtenidos en las entrevistas y encuestas realizadas a los especialistas, permitiendo conocer la situación existente en cuanto a la aplicación de este método. Se vincula además la clasificación de las herramientas con la toma de decisiones y se aplica la teórica Análisis multicriterio.
- **Capítulo 3: Propuesta de solución:** se tratan temas relacionados con la solución obtenida a partir del desarrollo del método de la Media Aritmética para la toma de decisiones, el análisis multicriterio y la lógica difusa para obtener un orden de prioridad de las herramientas. Se confecciona una aplicación para validar el tema de investigación.

Capítulo 1. Fundamentación Teórica

1. Toma de decisiones

Hoy en día, la mayoría de las personas consideran la toma de decisiones como su trabajo principal, ya que constantemente tienen que decidir lo que deben hacer, cuándo y dónde, y en ocasiones hasta cómo lo harán, para cuando tengan necesidad de solucionar un problema, siendo un aspecto fundamental en el desempeño de cualquier responsabilidad, tanto en el trabajo o en la vida diaria.

La buena toma de decisiones permite vivir mejor, otorga algo de control sobre la vida misma. La manera más adecuada de proceder en el momento de tomar decisiones en una empresa o en la vida en general es analizar la situación desde todos los puntos de vista posibles, y después es necesario actuar con seguridad para llegar a tomar una determinación.

Se entiende por toma de decisiones la manera de encontrar una respuesta para resolver una situación problemática determinada, en la que se elige el mejor camino a seguir según las diferentes alternativas y operaciones.

La toma de decisiones también se ha definido de la siguiente manera:

“Una decisión rara vez es una elección entre lo correcto y lo incorrecto. En el mejor de los casos es una elección entre lo que probablemente es correcto y lo que probablemente no lo es... o sea significa correr un riesgo... cuanto más importante es un trabajo, mayores son los riesgos que hay que correr. No se trata de suprimirlos, sino asumir los que sean razonables”. (1)

“La toma de decisiones consiste básicamente en escoger entre varias alternativas la más conveniente; es un proceso de elección entre cursos alternativos de acción, basado en un conjunto de criterios, para alcanzar uno o más objetivos”. (1)

“La toma de decisiones es el actor creador de la elección, a partir de un conjunto de decisiones posibles, en el cual los factores cuantitativos se

combinan con las capacidades heurísticas de los hombres que toman las decisiones”. (1)

1.1 Proceso de toma de decisiones

“El proceso de toma de decisiones se divide generalmente en cuatro partes” (2):

1. **Estructuración del problema de decisión:** es parte del proceso de la toma de decisiones ,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 concreto y no hay una solución verás.
 - Identificación de alternativas: es la detección de la cantidad de opciones que tiene el decisor para efectuar la toma decisión.
 - Determinación de criterios: corresponde a las características más relevantes que los decisores han considerado para luego evaluar en función a los criterios, qué alternativa les resulta más conveniente.
2. **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.
3. **Implementación de la decisión:** al tener la alternativa más favorable, se procede a su ejecución.
4. **Evaluación de resultados:** ya estando en ejecución, los resultados que genera la alternativa pasan a ser evaluados.

“Los procesos de toma de decisiones que se han venido analizando pueden esquematizarse de la siguiente forma “ (2):

1. Elaboración de premisas.
2. Identificación de alternativas.
3. Evaluación de las alternativas, en términos de metas que se desea alcanzar.
4. Selección de una alternativa, es decir tomar una decisión.

1.2 Inteligencia Artificial

La Inteligencia artificial forma parte de un engranaje en el que avanza la compleja relación de los hombres con las máquinas. Convirtiéndose en las últimas décadas en la ciencia más popular de nuestros días, favoreciendo al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

“Actualmente, el mayor esfuerzo en la búsqueda de la inteligencia artificial se centra en el desarrollo de sistemas de procesamientos de datos que sean capaces de imitar a la inteligencia humana, realizando tareas que requieran aprendizaje, solución de problemas y decisiones “. (3)

“Son muchos los estudios y aplicaciones que se han logrado con el desarrollo de esta ciencia, entre las cuales se tienen las redes neuronales aplicadas al control de la calidad donde la red evalúa si determinado producto cumple o no con las especificaciones demandadas, los autómatas programables que se usan para la optimización de sistemas de producción, el aprendizaje automático centrándose en el estudio de la complejidad computacional, los sistemas expertos, la lógica difusa en fin, todavía queda mucho por descubrir con respecto a las aplicaciones de esta ciencia “. (3)

Sistemas expertos:

“Los sistemas expertos se definen de forma general como los sistemas de computación y simulan el pensamiento de expertos humanos en un área específica del conocimiento. Estos sistemas son capaces de procesar y memorizar información, aprender y razonar en situaciones determinadas e inciertas, comunicarse con humanos y/o sistemas de expertos, hacer decisiones apropiadas y explicar el por qué estas decisiones han sido tomadas” (3).

“Los sistemas expertos se constituyen en la herramienta de la Inteligencia artificial más utilizada desde sus inicios y corresponden a programas de ordenador que recopilan en un programa informático el conocimiento de especialistas en una materia. Sus dos componentes principales son la base de conocimiento (contiene el conocimiento y las experiencias de los expertos en un determinado dominio representado por medio de símbolos) y el programa de inferencia (es el mecanismo que obtienen las conclusiones de la base de conocimiento mediante procesos de búsqueda). Estas dos partes esenciales en el diseño de un sistema experto se interrelacionan entre sí para obtener las conclusiones necesarias en la resolución del problema en estudio logrando que el sistema experto diseñado pueda emular el comportamiento del experto en ese dominio específico “. (3)

Lógica difusa:

“La lógica difusa es un método de razonamiento de máquina similar al pensamiento humano, que puede procesar información incompleta o incierta, característico de muchos sistemas expertos “. (3)

“Se funda en el concepto de que todo es cuestión de grado, lo cual permite manejar información vaga o de difícil especificación, importante para la resolución de un problema, por medio de un conjunto de reglas de "sentido común" aprendidas con sistemas adaptativos que se nutren de la observación de las personas o de la formulación por parte del experto humano. Constituye una herramienta con gran potencial para el desarrollo de nuevos métodos o técnicas de la Inteligencia artificial. Se puede aplicar en procesos demasiado complejos, cuando no existe un modelo de solución simple o un modelo matemático preciso. Tiene la capacidad de reproducir de manera aceptable y eficiente los modos usuales del razonamiento humano”. (3)

De esta forma las características más importantes de lógica difusa son: la flexibilidad, la tolerancia con la imprecisión, la capacidad para moldear problemas no-lineales y su fundamento en el lenguaje de sentido común.

En la consulta de expertos está presente la lógica difusa ya que en el cuestionario que se le da a responder a los expertos aparecen expresiones

“vagas”, tales como: mucha relación, relación, alguna relación, ninguna relación y otras las cuales tienen un grado borroso de imprecisión, sin embargo de modo alguno esto no le quita científicidad a los análisis realizados ya que siempre existe un margen de error en todo tipo de investigación.

1.3 Análisis Multicriterio

1.3.1 Análisis Multicriterio o Multicriterial. Definición

“El análisis Multicriterio o Multicriterial, está basado en criterios explícitos para evaluar varias alternativas, se utiliza siempre que un grupo de personas que deben tomar una decisión importante, en la que concurren distintos aspectos, complejos o controvertidos, fundamentalmente en las etapas de Selección y Evaluación de alternativas “. (4)

“El análisis multicriterio se utiliza para emitir un juicio comparativo entre proyectos o medidas heterogéneas. En el ámbito de la evaluación, el análisis multicriterio se emplea especialmente en evaluaciones ex ante, más concretamente en la definición de opciones estratégicas de intervención. Es un proceso de aprendizaje continuo y cíclico, que comienza con un análisis del contexto de decisión, pasa por definir los diferentes elementos del modelo de evaluación y vuelve de tanto en tanto a las fases iniciales hasta que se logre definir una estructura de evaluación estable, que produzca tranquilidad al evaluador. El resultado final del análisis es una valoración numérica de las opciones, lo cual nos permite tomar una decisión con la tranquilidad de poderla justificar tanto cualitativa como cuantitativamente “. (4)

1.3.1.1 "Terminología:

- “Alternativas: posibles soluciones o acciones a tomar por el decisor o unidad decisora.
- Atributos: característica que se utiliza para describir cada una de las alternativas disponibles pueden ser cuantitativas (objetivos) o cualitativas (subjetivas), cada alternativa puede ser caracterizada por un número de atributos (escogidos por el decisor).

- **Objetivos:** aspiraciones que indican direcciones de perfeccionamiento de los atributos seleccionados, está asociado con los deseos y preferencias del decisor.
- **Meta:** aspiraciones que especifican niveles de deseos de los atributos.
Criterio: término general que engloba los conceptos de: atributos, objetivos y metas que se consideran relevantes en un problema de decisión “. (2)

1.3.2 Interpretación del análisis multicriterio

“Un análisis multicriterio es muy eficaz como orientación en la discusión y consenso del equipo. A menudo, tras una discusión, los miembros del equipo pueden decidir alterar su evaluación sobre una o más alternativas, y luego ajustar sus puntuaciones en consonancia. Tras la elección de las alternativas y la determinación de los criterios que se van a utilizar, se ponderan éstos según su importancia, asignándoseles un peso específico acorde con su trascendencia en los resultados. Posteriormente, cada miembro del equipo le dará a cada uno de ellos, y para cada alternativa, un valor dentro de una escala de 1 a 5, por ejemplo:

1. Lo peor posible.
2. Por debajo de la media.
3. Valor medio.
4. Por encima de la media.
5. Lo mejor posible “. (5)

1.3.3 Etapas de la aplicación del análisis multicriterio

1. **“Determinar el ámbito de aplicación e identificar la lógica de intervención:** cuando el equipo de evaluación ya haya determinado el ámbito de aplicación del análisis, es importante tener presente el marco lógico de la intervención o si no existe, definirlo.” (5)
2. **“Designar al grupo(o a los grupos) de negociación o de juicio:** el análisis multicriterio se basa en puntuaciones y en la selección por preferencias que efectúan las personas que van a formar el grupo de

juicio. Para formar dicho grupo, el equipo de evaluación puede realizar la selección entre los actores a los que atañe el programa o entre delegados de estos actores. En general, se suele elegir a los miembros del grupo en esta última categoría, con vistas a limitar los riesgos de incompetencia y facilitar la identificación de estas personas. “ (5)

3. **“Designar al equipo técnico que colaborará con el grupo de juicio:** la función del equipo técnico es apoyar al grupo de juicio. Está formado por aquellas personas que dominan perfectamente el funcionamiento de los programas necesarios para realizar determinados análisis multicriterio.” (5)
4. **“Elaborar la lista de acciones que se incluirán en el análisis multicriterio:** consistirá en la elaboración de una lista de las acciones, escenarios o alternativas que se incluirán en el análisis.” (5)
5. **“Identificar y seleccionar los criterios de juicio:** se trata de una etapa central del análisis multicriterio. Las reglas básicas para establecer los criterios de juicio pueden resumirse de la siguiente forma “ (5):
 - Los criterios deben definirse antes de realizar el análisis, a partir de unas reglas que todos los participantes conozcan y acepten.
 - Deben contemplar todos los puntos de vista expresados por los miembros del grupo.
 - No deben ser redundantes entre sí.
 - Deben formar un conjunto coherente que conduzca a resultados plausibles e indiscutibles.
6. **“Determinar el peso relativo de cada criterio:** consiste en ponderar estos criterios para valorar su importancia relativa a los ojos de los actores.” (5)
7. **“Juicio por criterio:** el objetivo de esta fase es llegar a otorgar a cada acción una puntuación por criterio. Gracias a estas calificaciones se pueden comparar, por un lado, las acciones entre sí y, por el otro, las opiniones entre los distintos actores respecto de una misma acción.” (5)
8. **“Agregación de los juicios:** en esta etapa hay que comprobar que los juicios se expresan de forma homogénea, para lo cual existen distintos

métodos de agregación de juicios: la suma ponderada, el producto ponderado, las relaciones de superación, etc. Independientemente de los métodos elegidos para la realización de los cálculos y agregaciones, con el análisis multicriterio se llega a una tabla (o varias) de valoración que permite sintetizar los resultados obtenidos por acción respecto de cada criterio (y eventualmente respecto de cada actor).” (5)

1.3.4 Métodos de Análisis Multicriterial

Los métodos análisis multicriterio son clasificados en función del dominio de alternativas como:

1.3.4.1 Método de decisión multicriterio discreto: comprende la selección entre un conjunto de alternativas factibles, la optimización con varias funciones objetivo simultáneas, un agente decisor y procedimientos de evaluación racionales y consistentes.

Los métodos de decisión multicriterio discretos más conocidos son:

Método del SCORING

El método del Scoring es una manera rápida y sencilla para identificar la alternativa preferible en un problema de decisión multicriterio.

“Las etapas del método son los siguientes” (6):

1. Identificar la meta general del problema.
2. Identificar alternativas.
3. Listar los criterios a emplear en la toma de decisiones.
4. Asignar una ponderación para cada uno de los criterios.
5. Establecer en cuanto satisface cada alternativa a nivel de cada uno de los criterios.
6. Calcular el peso para cada una de las alternativas.

7. Ordenar las alternativas en función del Score. La alternativa con el Score más alto representa la alternativa para recomendar.

Media Aritmética

“En matemáticas y estadísticas , la media aritmética , a menudo denominada como la media o promedio cuando el contexto es claro, es un método para obtener la tendencia central de un espacio muestral . El término “media aritmética” es preferido en las matemáticas y la estadística porque ayuda a distinguirlo de otros medios como la geométrica y media armónica. La media aritmética se utiliza con frecuencia en campos como la economía, la sociología y la historia, a pesar de que se utiliza en casi todos los campos académico, hasta cierto punto”. (7)

Método de decisión multicriterio continuo: se caracterizan por un conjunto de soluciones factibles que está formado por un número infinitos de puntos.

1.3.5 Ventajas del Análisis Multicriterio

El análisis multicriterio permite simplificar situaciones complejas donde un equipo de especialistas tiene que tomar decisiones importantes y controvertidas. Además las bases sobre las que realiza la selección de criterios y puntuación de los resultados son a menudo sencillas, comprensibles y determinadas por el grupo que conduce el análisis. También racionaliza el proceso que conduce a las decisiones, constituyendo una herramienta de negociación de gran utilidad en las discusiones entre las personas.

1.4 Teoría de incertidumbre

“La incertidumbre (u) es un parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden atribuirse a una magnitud particular. Esta dispersión de valores es debido a la existencia de errores producidos en las distintas fases en las que se divide el proceso de medida y que están originados por diversos factores de variabilidad “. (8)

1.4.1 Métodos para evaluar la incertidumbre

Esta clasificación es sólo para indicar posteriormente las dos diferentes maneras de evaluar componentes de incertidumbre. No significa que exista alguna diferencia en la naturaleza de los componentes que resultan de cada uno de los dos tipos de evaluación.

“Ambos tipos de evaluación están basados en distribuciones de probabilidad y las componentes de incertidumbre resultantes de cualquier tipo son cuantificadas por varianzas y desviaciones estándar.

Evaluación Tipo A: método para evaluar la incertidumbre mediante el análisis estadístico de una serie de observaciones.

Evaluación Tipo B: evalúa la incertidumbre por otro medio que no sea el análisis estadístico de una serie de observaciones. Los componentes se caracterizan mediante las cantidades, las cuales pueden ser consideradas como aproximaciones, cuya existencia se supone.” (8)

1.5 Software

Definición de software:

“El software es la parte lógica e intangible de una computadora. Es decir es el conjunto de los programas de cómputo, procedimientos, reglas, documentación y datos asociados que forman parte de las operaciones de un sistema de computación.” (9)

1.5.1 Clasificación de los software

“**Software de sistema:** es el software que nos permite tener una interacción con nuestro hardware, es decir, es el sistema operativo. Dicho sistema es un conjunto de programas que administran los recursos del hardware y proporciona una interfaz al usuario. Es el software esencial para una computadora, sin él no podría funcionar, como ejemplo tenemos a Windows, Linux, Mac OS X. Se clasifica en:

- Sistemas operativos
- Controladores de dispositivo

- Herramientas de diagnóstico
- Herramientas de Corrección y Optimización
- Servidores
- Utilidades ” (9)

“**Software de programación:** es un conjunto de aplicaciones que permiten a un programador desarrollar sus propios programas informáticos haciendo uso de sus conocimientos lógicos y lenguajes de programación, como ejemplos tenemos Editores de texto, Compiladores, Intérpretes, Enlazadores , Depuradores, Entornos de desarrollo integrados (IDE) , etc. .”(10)

“**Software de aplicación:** son los programas que nos permiten realizar tareas específicas en nuestro sistema. A diferencia del software de sistema, el software de aplicación está enfocado en un área específica para su utilización. La mayoría de los programas que utilizamos diariamente pertenecen a este tipo de software, ya que nos permiten realizar diversos tipos de tareas en nuestro sistema, como ejemplos tenemos Procesadores de texto. (Bloc de Notas), Editores (Photoshop para el Diseño Gráfico), etc. Se clasifican en:

- Aplicaciones de Sistema de control y automatización industrial
- Aplicaciones ofimáticas
- Software educativo
- Software médico
- Software de Cálculo Numérico
- Software de Diseño Asistido (CAD)
- Software de Control Numérico (CAM) ” (9)

A continuación se explican los software destinados a la planificación de proyectos.

1.5.2 Planificación de proyectos

La planificación de proyectos es una programación de actividades y gestión de recursos para obtener un objetivo de coste cumpliendo con los condicionantes exigidos por un cliente.

Tiene como objetivo, obtener una distribución de las actividades en el tiempo y una utilización de los recursos que minimice el coste del proyecto, cumpliendo con los condicionantes exigidos de: plazo de ejecución, tecnología a utilizar, recursos disponibles, nivel máximo de ocupación de dichos recursos, etc.

Después de un estudio sobre los software destinados a la planificación de proyectos, se seleccionaron: Dotproject, Redmine, Gespro, Trac, Planner y Microsoft project .A continuación se mencionan algunas de sus características más generales.

1.5.2.1 Características de las herramientas utilizadas para la planificación de proyectos

Dotproject.” Características” (10):

- Multiplataforma
- Permite la gestión y planificación de proyectos en entornos colaborativos: basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.
- Soporta múltiples proyectos.
- Permite descomposición en tareas.
- Permite clasificar y/u ordenar los proyectos en función de su estado: en curso, pendiente, cerrados, plantilla, archivados, etc.
- Permite la gestión de usuarios basados en roles y permisos de proyectos y funcionalidades del sistema.
- Permite la visualización de informes y estadísticas sobre los proyectos registrados.
- Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.
- Crea planes de proyecto mediante la descomposición en tareas.

Redmine. “Características” (11):

- Multiplataforma
- Soporta múltiples proyectos.
- Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto
- Gestiona noticias, ficheros y documentos, al proyecto, así como adjuntos a las tareas y errores.
- Define nuevos tipos de tareas.
- Permite la creación de una wiki y foros por proyecto.
- Puede usar cualquier gestor de bases de datos relacional.
- Notifica por vía correo a los miembros cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.
- Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.
- Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.
- Visualización de informes de estado sobre las tareas.

Trac.” Características” (12):

- Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.
- Multiplataforma.
- Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.
- Desglosado de hitos en componentes a los que serán asignadas las tareas.
- Visualización de informes de estado sobre las tareas.
- Posee páginas wiki y foros de discusión.

- Vista del histórico de eventos y tareas de un proyecto con posibilidad de filtrado por: Hitos, cambios en el ticket, repositorio, edición en la wiki.

Planner. “Características” (13):

- Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.
- Seguimiento del avance del proyecto
- Enlazar tareas
- Exportación a diferentes formatos(PDF, HTML)
- Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.
- Desglosado de hitos en componentes a los que serán asignadas las tareas.
- Visualización de informes de estado sobre las tareas.
- Vista del histórico de eventos y tareas de un proyecto con posibilidad de filtrado por: Hitos, cambios en el ticket, repositorio.

Microsoft Project. “Características” (14):

- Permite organizar la lista de actividades en una estructura jerárquica.
- Asigna recursos y costos a las diferentes actividades.
- Visualización e imprime informes sobre el estado de las tareas.
- Posee un calendario en el cual pueden definirse los días y horas laborales de todo el proyecto.
- Crea planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.
- Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.
- Permite una interacción con el paquete de office, exportando gráficas y reportes con el mismo.
- Permite la gestión de recursos.

GesPro (Gestión de Proyectos). “Características” (15):

- Soporta múltiples proyectos.
- Multiplataforma.
- Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.
- Permite la asignación de recursos tanto humanos como materiales, así como la descomposición en tareas.
- Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.
- Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.
- Permite la creación de foros, wiki y encuestas por proyecto.
- Visualización de informes de estado sobre las tareas.
- Notifica por vía correo a los miembros cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.
- Puede usar cualquier gestor de bases de datos relacional.
- Permite el control y seguimiento de los Recursos humanos.
- Posee una ayuda online incluida en el sistema.
- Permite la gestión de los requisitos.
- Permite la gestión de la arquitectura.
- Permite la gestión de riesgo.
- Permite importar datos de un fichero XML con formato para la gestión de proyectos generado por la aplicación Microsoft Project.
- Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, alcance, y recursos humanos del proyecto.
- Tiene un módulo que gestiona la logística.

1.6 Descripción de las herramientas y técnicas a utilizar en la investigación

1.6.1 Statgraphics

“El programa Statgraphics es un software que está diseñado para facilitar el análisis estadístico de datos, es sencillo de aprender y utilizar gracias a su diseño intuitivo que facilita la realización de los diversos análisis. Mediante su

aplicación es posible realizar un análisis descriptivo de una o varias variables, utilizando gráficos que expliquen su distribución o calculando sus medidas características. Entre sus muchas prestaciones, también figuran el cálculo de la media aritmética, la varianza, la desviación típica y otras. En el trabajo se utiliza este analizador estadístico para dar tratamiento a las encuestas realizadas a los expertos.” (16)

“La estructura de Statgraphics aporta al usuario información sobre relaciones entre datos así como gráficos a color de gran calidad, aun cuando el usuario desconozca por dónde debe comenzar a realizar el análisis. Para ello se dispone de herramientas como StatFolio y StatAdvisor, vínculos OLE, DDE y soporte ODBC y gráficos interactivos.” (16)

“Con la herramienta el Asesor Estadístico (StatAdvisor) se produce de manera automática una interpretación corta y fácilmente comprensible de los resultados de los análisis estadísticos realizados, con DDE (Dynamic Data Exchange) se pueden realizar vínculos a las hojas de cálculo de Windows; mediante StatFolio se guardan y reutilizan los análisis; la Galería de Resultados (StatGallery) permite el almacenamiento de los resultados de uno o varios análisis estadísticos, generando así una presentación organizada y personalizada de los mismos, se pueden combinar textos y gráficos múltiples en varias páginas con un diseño de 32-bit que permite manejar problemas de gran magnitud y el Editor de Resultados (StatReporter) nos permitirá generar informes más personalizados que StatGallery, combinando salidas textuales y gráficas generadas por Statgraphics con nuestros propios textos.” (16)

1.6.2 Lenguaje de programación

El lenguaje de programación que se utilizará para la realización de la aplicación es C++. Existen otros lenguajes de programación, pero se seleccionó C++ por presentar una serie de ventajas que lo hacen muy atractivo, tanto para su uso profesional como para el aprendizaje de la programación. Además de presentar las siguientes características:

- “Está estandarizado por un comité de la Organización Internacional para la Estandarización (ISO).” (17)

- “Es un lenguaje compilado, compila directamente al código nativo de la máquina, lo que le permite ser uno de los lenguajes más rápidos del mundo, si es optimizado.” (17)
- “Es compatible con la comprobación de tipo estático y dinámico.” (17)
- “Permite conversiones de tipos a verificar, en tiempo de compilación o en tiempo de ejecución.” (17)

1.6.3Entorno de desarrollo integrado

“Un entorno de desarrollo integrado conocido también como IDE(Integrated Development Environment),es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, es decir consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).Los IDE pueden ser aplicaciones por sí solas o pueden ser parte de aplicaciones existentes. Proveen un marco de trabajo amigable para la mayoría de los lenguajes de programación tales como C++, PHP, Python, Java, C#, Delphi, Visual Basic, etc.” (18)

“Qt Creator es un IDE desarrollado por TrollTech para el desarrollo de aplicaciones con bibliotecas de Qt, que es un framework muy útil para desarrollar aplicaciones de escritorio. Se utilizará para el desarrollo de la aplicación, por presentar las siguientes de características:

- Se centra en proporcionar características que ayudan a los nuevos usuarios de Qt aprender y comenzar a desarrollar rápidamente.
- Posee un avanzado editor de código C++.
- Se ajusta a las necesidades de los desarrolladores Qt.
- Aumenta la productividad de los desarrolladores con experiencia en Qt
- El depurador visual para C ++ es consciente de la estructura de muchas clases de Qt, lo que aumenta la capacidad de mostrar los datos de Qt con claridad.

- Es un entorno integrado para la creación y diseño de forms para proyectos C++ que permite diseñar rápidamente widgets y diálogos usando los mismos widgets que se usarán en su aplicación.
- Está disponible para las plataformas: Linux, Mac OSX; Windows, Windows CE.
- Es un entorno de desarrollo integrado software libre y de código abierto.”
(18)

1.6.4 Método Delphi de la consulta de expertos.

El método Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. “Las estimaciones de los expertos se realizan en sucesivas rondas anónimas, con el objetivo de conseguir un consenso, pero con la máxima autonomía por parte de los participantes. Por lo tanto, la capacidad de predicción de Delphi se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos. Este método se apoya en la interrogación a expertos seleccionados con la ayuda de cuestionarios sucesivos, a fin de poner de manifiesto convergencias de opiniones y deducir eventuales consensos.” (16)

“Este método presenta las siguientes características fundamentales” (16):

- El anonimato.
- La iteración.
- Retroalimentación.
- Representación de las respuestas del grupo en forma estadística.

La aplicación de este método tiene varias fases, a continuación se definen tres fundamentales que engloban los pasos a seguir en la aplicación del mismo:

- Fase preliminar: se delimita el contexto, los objetivos, el diseño, los elementos básicos del trabajo y la selección de los expertos.

- Fase exploratoria: elaboración y aplicación de los cuestionarios según sucesivas rondas, de tal forma que con las respuestas más comunes de la primera se confecciona la siguiente.
- Fase final: análisis estadístico y presentación de la información.

“El método Delphi consiste básicamente en aplicar varias rondas de preguntas, pero en la práctica generalmente no sucede así, porque con solamente una ronda o dos es suficiente para que se llegue a un consenso.” (16)

“Esta técnica tiene la ventaja de eliminar el efecto líder de otros métodos de expertos, pues los encuestados son anónimos entre sí, pero es muy importante la selección correcta de los expertos y definir bien el campo de investigación, con preguntas precisas, cuantificables e independientes.” (16)

Conclusiones Parciales

- En este capítulo se analizaron un conjunto de conceptos, los cuales se encuentran estrechamente vinculados, permitiendo la comprensión de los distintos temas tratados durante la investigación.
- La inteligencia artificial y la toma de decisiones se encuentran altamente relacionados en cada uno de los campos científicos, cuyo empleo se puede visualizar las aplicaciones que poseen.
- No existe un método en el análisis multicriterio que sea superior al otro, sino que cada uno es más eficiente según las características específicas que el entorno requiera.

Capítulo 2: Análisis multicriterio aplicado a la selección de software para la gestión de proyectos

2. Introducción

En este capítulo se hace un análisis de la consulta de expertos con el propósito de validar la relación existente entre las variables y objetos de la investigación utilizando técnicas del método Delphi. Además de hacer un profundo análisis sobre la aplicación de la teoría análisis multicriterio.

2.1 Método Delphi de la consulta de expertos

Como se explicó anteriormente la consulta de expertos consiste en buscar los criterios de varios especialistas de disímiles disciplinas, con el propósito de validar y disponer de una base de apoyo que respalde el diseño a utilizar. Para darle así un carácter científico al tema de investigación, ya que los niveles de conocimientos que se involucran en estos métodos son muy particulares y específicos.

Los expertos seleccionados fueron: líderes de proyecto y los especialistas con más de 4 o 5 años de experiencia.

2.1.1 Encuesta aplicada a los expertos

Se realizó una encuesta (Ver Anexo 1) a 24 especialistas con experiencia en el tema, dentro de los que se encuentran líderes de proyecto, los cuales son considerados como expertos en este tema. El objetivo fundamental de la encuesta consistió en analizar el punto de partida de la investigación a realizar, relacionado con el estado del arte acerca del conocimiento del tema en cuestión.

¿Cree usted que exista relación entre las variables que se indican a continuación?

A1 Tipos de software

A2 Utilización de criterios para la selección de software

A3 Selección de software

A4 Utilización de criterios de la toma de decisiones

A5 Eficiencia y rendimiento del producto liberado

A6 Producto liberado

A7 Proyecto, tipos de software

A8 Lógica difusa aplicada a los software

A9 Orden de prioridad en la selección de software

¿Si usted cree que existe relación entre las variables que se indican a continuación? Marque con una cruz (X) el grado de relación que usted cree que tienen las variables. Por ejemplo A1-A2 significa que el tipo de software depende la utilización de criterios para la selección de software y A2-A1 significa lo contrario.

Variables		Mucha relación		Relación		Alguna relación		Poca relación		Ninguna relación	
A1-A5	A5-A1										
A1-A7	A7-A1										
A2-A3	A3-A2										
A3-A9	A9-A3										
A4-A8	A8-A4										
A4-A9	A9-A4										
A5-A6	A6-A5										
A7-A8	A8-A7										
A8-A9	A9-A8										

2.1.2 Resultados obtenidos

Una encuesta puede interpretarse de varias formas y puede provocar que el experto no siempre comprenda lo que se le pregunta, con el propósito de evitar este problema el cual ocurre con frecuencia y para poder obtener una información altamente confiable en el momento de aplicar la encuesta, fueron hechas las siguientes aclaraciones:

El criterio se toma de forma bidireccional y existe una casilla para cada respuesta.

En caso de existir dudas en cuanto a qué criterio debería marcarse en alguno de los pares propuestos, existe la posibilidad de no elegir ninguno, el experto puede dejarlo en blanco.

Luego de aplicada la encuesta a los expertos seleccionados, se procedió a la elaboración de una tabla con el objetivo de resumir los resultados obtenidos. Para la confección de la misma se realizó un conteo por cada par de variables propuestas.

La cantidad de expertos que optaron por cada criterio, no siempre es numéricamente igual a la cantidad de expertos encuestados, esto se debe a la segunda aclaración antes mencionada. Luego de realizar el conteo, no todos los expertos tuvieron el mismo criterio respecto al tipo de relación que existe entre cada par de variables. A continuación la tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

Variables		Mucha relación		Relación		Alguna relación		Poca relación		Ninguna relación	
A1-A5	A5-A1			x							x
A1-A7	A7-A1			x			x				
A2-A3	A3-A2			x							x
A3-A9	A9-A3			x					x		

A4-A8	A8-A4			x			x				
A4-A9	A9-A4				x	x					
A5-A6	A6-A5	x			x						
A7-A8	A8-A7			x	x						
A8-A9	A9-A8			x	x						

Tabla 1. Resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los expertos

A partir del análisis de la tabla anterior, fue obtenida la matriz booleana representada en la tabla 2. Para completar los valores de cada posición, se tomó la decisión de poner 1 en caso de existir mucha relación o relación, en otro caso se puso 0.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1	0	0	0	0	1	0	1	0	0
A2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A5	0	0	0	0	0	1	0	0	0
A6	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	1	0
A8	0	0	0	0	0	0	1	0	1
A9	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Tabla 2. Matriz Booleana

Para conocer cuáles son las variables que más relaciones tienen dentro del entorno, es conformado el grafo que se muestra en la figura 2 donde se observan las variables y sus relaciones correspondientes, a partir de los

resultados obtenidos de la matriz booleana. En este caso se definen como nodos o vértices los elementos: Tipos de software (A1), Utilización de criterios para la selección de software (A2), Selección de software (A3), Utilización de criterio de la toma de decisiones (A4), Eficiencia y rendimiento del proyecto liberado (A5), Producto liberado (A6), Cultura Proyecto, tipos de software (A7), Lógica difusa aplicada a los software (A8), Orden de prioridad en la selección de software (A9). Las saetas de doble sentido indican la existencia de una relación bidireccional entre el par de variables, donde la correspondencia entre ellas es mucha relación y relación, y la de un solo sentido que la variable origen solo tiene relación con la destino.

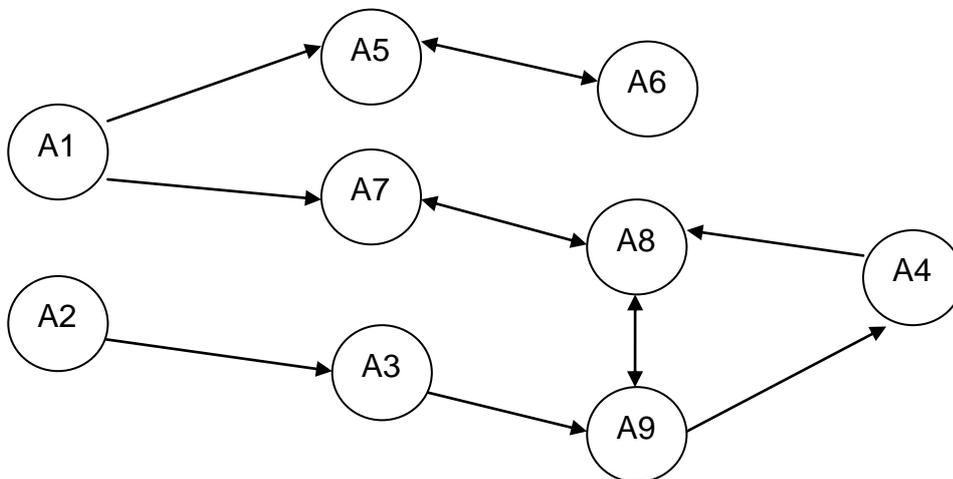


Figura 1.El grafo muestra la relación entre las variables

La tabla 3, muestra los poderes de cada vértice. En la misma se determinan los poderes de tipo A y B de las variables involucradas y la suma de estos representa el peso total de cada variable. El de tipo A se determina por la suma de las filas y el de tipo B por la suma de las columnas. Determinado el poder de cada una, se puede definir cuáles son las variables más importantes, es oportuno destacar que el poder de una variable es directamente proporcional al grado de importancia de la misma.

Variables	Poder A	Poder B	Poder A+ Poder B
A1	2	0	2
A2	1	0	1
A3	1	1	2
A4	1	1	2
A5	1	2	3
A6	1	1	2
A7	1	2	3
A8	2	3	5
A9	2	2	4

Tabla 3. Tabla de Poderes

Las variables con más peso, según el criterio de los expertos, son A8 y A9 correspondientes a: Lógica difusa aplicada a los software y Orden de prioridad en la selección de software.

Todos los valores obtenidos tienen como punto de partida las preguntas realizadas a los expertos donde las respuestas mucha relación, relación, alguna relación, poca relación y ninguna relación presentan cierto grado de incertidumbre y están vinculadas a la lógica difusa ya que no se puede determinar con exactitud la diferencia entre los parámetros anteriormente mencionados.

2.2 Análisis estadístico de los resultados de los criterios de los expertos

Para validar los resultados obtenidos de la encuesta, es necesario realizar un análisis estadístico (Ver Tabla 4), para esto se utilizó el asistente estadístico Statgraphics. Dicho análisis mostrará el nivel de concordancia existente entre los expertos según las repuestas dadas y si es necesario aplicar una segunda ronda de encuesta.

Se determina la media aritmética de los criterios de los expertos para cada elemento, obteniendo el coeficiente de variación por medio del cálculo de la Desviación Típica (S).

Si $S > 1$, se rechaza el valor promedio calculado y se realiza una nueva ronda de preguntas.

Si $S < 1$, se acepta el criterio de los expertos.

Si $S = 1$, significa acuerdo total entre los expertos.

Variables	Cantidad	Promedio	Varianza	Desviación Típica(S)	Mínimo	Máximo
A1-A5	17	3.0	1.0	1.0	1	5
A1-A7	17	3.0	1.0	1.0	1	4
A2-A3	14	2.7	1.1	1.0	1	4
A3-A9	14	3.0	1.0	1.0	1	4
A4_A8	14	2.2	0.9	0.9	1	4
A5-A6	14	2.8	1.2	1.0	1	4
A6-A5	17	2.8	1.0	1.0	1	4
A7-A8	17	3.0	1.1	1.0	1	5
A8- A7	14	2.3	1.0	1.0	1	4
A8- A9	14	2.8	1.2	1.0	1	4
A9- A4	18	2.4	1.0	1.0	1	4
A9- A8	18	3.1	1.2	1.0	1	5

Tabla 4. Resultados obtenidos del análisis estadístico

En la tabla se observan distintos parámetros estadísticos, entre estos la desviación S en todos los casos $S \approx 1$, esto significa que hay un acuerdo entre

los expertos, lo que valida las preguntas realizadas y por tanto la importancia del tema de investigación.

2.4 Aplicación del análisis multicriterio

En el capítulo 1 se explica cada una de las etapas de la aplicación del análisis multicriterio. A continuación se hace un análisis de cada una de las etapas aplicado a la selección de las herramientas para la planificación de proyectos.

Etapas 1: se determinó e identificó como ámbito de aplicación la planificación de proyectos.

Etapas 2: se designó como grupo de negociación o de juicio a los líderes de proyectos y a los especialistas con más de 4 o 5 años de experiencia.

Etapas 3: se designó como grupo técnico a la autora, tutores y asesores del trabajo.

Etapas 4: se entrevistaron y encuestaron 24 especialistas en el tema, los resultados de estas encuestas fueron procesadas mediante el método Delphi de la consulta de experto, llegando a la conclusión de lo importante que resulta iniciar este tipo de investigación.

Luego se seleccionaron las características de las herramientas para la planificación de proyectos para identificar y seleccionar los criterios de juicio.

Etapas 5: se identificaron y se seleccionaron los criterios de juicio según las características de las herramientas para la planificación de proyectos, mostrados a continuación:

Criterios de juicios:

- Soporta múltiples proyectos.
- Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.
- Multiplataforma

- Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.
- Visualización de informes de estado sobre las tareas.
- Notifica por vía correo a los miembros del proyecto cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.
- Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.
- Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.
- Permite importar datos de un fichero XML con formato para la gestión de proyectos generado por la aplicación Microsoft Project.
- Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, alcance, y recursos humanos del proyecto.
- Permite la gestión de Requisitos.
- Posee una ayuda online incluida en el sistema.
- Permite la gestión de riesgo.
- Permite la gestión documental de cada proyecto.

Etapa 6: se determinó el peso relativo de cada criterio.

Para determinar el peso o ponderación de los criterios de juicio, se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- las respuestas a las entrevistas realizadas a los especialistas (expertos en el tema).
- las características de los software

Además de aplicar el Método de Scoring explicado en el capítulo 1, el cual determina el peso de la siguiente manera:

Asignando una ponderación para cada criterio mediante el empleo de una escala de 5 puntos:

1. muy poco importante
2. poco importante
3. importancia media
4. importante
5. muy importante

Cada una de estas evaluaciones se representó mediante paréntesis, además de obtener el promedio de las mismas, en la siguiente tabla:

Criterios de juicios	Gespro	Redmine	Microsoft Project	Dotproject	Trac	Planner
Soporta múltiples proyectos.	4 (4,5,4)	4 (4,5,4)	1 (1,1,1)	4 (4,5,4)	1 (1,1,1)	1 (1,1,1)
Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	1 (1,1,1)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	1 (1,1,1)
Multiplataforma	4 (4,4,5)	4 (4,4,5)	1 (1,1,1)	4 (4,4,5)	4 (4,4,5)	1 (1,1,1)
Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.	2 (2,2,3)	2 (2,2,3)	2 (2,2,3)	2 (2,2,3)	2 (2,2,3)	2 (2,2,3)
Visualización de informes de estado	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)

sobre las tareas.						
Notifica por vía correo a los miembros del proyecto cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.	4(5,4,4)	4(5,4,4)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)
Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	3 (4,3,3)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)
Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.	4(5,4,4)	4(5,4,4)	4(5,4,4)	4(5,4,4)	1(1,1,1)	4(5,4,4)
Permite importar datos de un fichero XML con formato para la gestión de proyectos generado por la aplicación Microsoft Project.	4(4,5,4)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)	1(1,1,1)
Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, alcance, y recursos humanos del proyecto.	4 (5,4,4)	1 (1,1,1)				

Permite la gestión de Requisitos.	4 (5,4,4)	1 (1,1,1)				
Posee una ayuda online incluida en el sistema.	4 (5,4,4)	1 (1,1,1)				
Permite la gestión de riesgo.	4 (5,4,4)	1 (1,1,1)				
Permite la gestión documental de cada proyecto.	4 (5,4,4)	1 (1,1,1)				

Tabla 5. Pesos de los criterios de juicios

Etapa 7: después se multiplicó el peso por un coeficiente de ponderación

$0,1 \leq k \leq 0,9$, en orden inverso de mayor a menor. Se le asigna cada uno de estos coeficientes por el uso que se le ha dado en los proyectos de la UCI. Se despreciaron los menores valores porque anulan la solución.

Gespro $k=0,8$, Redmine $k=0,9$, Microsoft Project $k=0,7$, Dotproject $k=0,6$, Trac $k=0,5$, Planner $k=0,4$.

Criterios de juicios	Gespro	Redmine	Microsoft Project	Dotproject	Trac	Planner
Soporta múltiples proyectos.	3,2	3,6	0,7	2,4	0,5	0,4
Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.	2,4	2,7	0,7	1,8	1,5	0,4
Multiplataforma	3,2	3,6	0,7	2,4	2,0	0,4

Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.	1,6	1,8	1,4	1,2	1,0	0,8
Visualización de informes de estado sobre las tareas.	2,4	2,7	2,1	1,8	1,5	1,2
Notifica por vía correo a los miembros del proyecto cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.	3,2	3,6	0,7	0,6	0,5	0,4
Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.	2,4	2,7	2,1	0,6	0,5	0,4
Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.	3,2	3,6	2,8	2,4	0,5	1,6
Permite importar datos de un fichero XML con formato para la gestión de proyectos generado por la aplicación Microsoft Project.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4

Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, alcance, y recursos humanos del proyecto.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
Permite la gestión de Requisitos.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
Posee una ayuda online incluida en el sistema.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
Permite la gestión de riesgo.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
Permite la gestión documental de cada proyecto.	3,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4

Tabla 6. Pesos finales de los criterios de juicios

Etapa 8:

Todos los métodos multicriteriales parten del siguiente modelo de trabajo único:

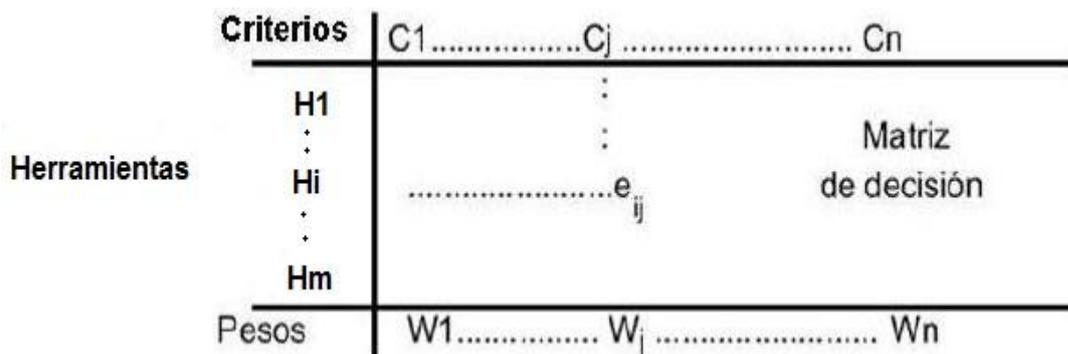


Figura 2. Esquema de la Matriz de decisión

Donde:

- **Cj** ($j=1, \dots, n$): criterios de juicios. En este caso son las características de los software.

C1: soporta múltiples proyectos.

C2: Basado en la plataforma Web permitiendo la participación online de los miembros de un proyecto.

C3: Multiplataforma.

C4: Creación de planes de proyecto mediante la descomposición en tareas e hitos.

C5: Visualización de informes de estado sobre las tareas.

C6: Notifica por vía correo a los miembros del proyecto cada vez que se asigna una tarea o ante cualquier evento relacionado con el proyecto.

C7: Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la descomposición de tareas e hitos.

C8: Dispone de un calendario con las vistas de tareas y eventos, para facilitar el trabajo colaborativo.

C9: Permite importar datos de un fichero XML con formato para la gestión de proyectos generado por la aplicación Microsoft Project.

C10: Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, alcance, y recursos humanos del proyecto.

C11: Permite la gestión de Requisitos.

C12: Posee una ayuda online incluida en el sistema

C13: Permite la gestión de riesgo.

C14: Permite la gestión documental de cada proyecto.

- **Hi:** herramientas destinadas a la planificación de proyectos.
 - H1:** Gespro
 - H2:** Redmine
 - H3:** Microsoft Project
 - H4:** Dotproject
 - H5:** Trac
 - H6:** Planner
- **eij:** evaluación cuantitativa (efectividad) de cada criterio C_j , ($j= 1, 2, 3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14$) con relación a la herramienta H_i ($i = 1, 2, 3,4, 5,6$).
- **Wj:** peso o ponderación (importancia para un determinado criterio).

Mostrando como resultado la siguiente matriz de decisión:

Peso de los Herramientas Cj	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Cp9	C10	C11	C12	C13	C14
H1	3,2	2,4	3,2	1,6	2,4	3,2	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
H2	3,6	2,7	3,6	1,8	2,7	3,6	2,7	3,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
H3	0,7	0,7	0,7	1,4	2,1	0,7	2,1	2,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
H4	2,4	1,8	2,4	1,2	1,8	0,6	0,6	2,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
H5	0,5	1,5	2,0	1,0	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
H6	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	0,4	0,4	1,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

Tabla 7. Matriz de decisión

Donde el cálculo de la suma total de cada criterio parte de la siguiente fórmula:

$$TotalCj = \sum_{i=1}^6 Hi$$

De esta forma se obtiene el total de cada uno de los criterios:

$$Total Cj = h1j + h2j + h3j + h4j+h5j+h6j$$

La siguiente tabla muestra las cifras que indican los totales correspondientes para cada uno de los criterios en las diferentes herramientas.

Criterios de juicio	Total
C1	10,8
C2	9,5
C3	12,3
C4	7,8
C5	11,7
C6	9,0
C7	8,7
C8	14,1
C9	6,3
C10	6,3

C11	6,3
C12	6,3
C13	6,3
C14	6,3
Suma Total	117,7

Tabla 8. Suma total de los criterios de juicios

2.4.1 Desarrollo del método de Media Aritmética

2.4.2.1 Obtención del orden de prioridad (I)

Con este método de análisis multicriterial el especialista puede asignarle a las funciones que satisfacen los criterios seleccionados, diferentes órdenes de prioridad teniendo en cuenta sus propios intereses. Para ello se emplea como criterio de optimización:

$$E = \sum_{i=1}^n U_i * e_{ij} ; \text{ sea máximo}$$

Donde:

i: número de funciones objeto de análisis es decir ,la cantidad de criterios con los cuales se cuenta, en este caso es 14.

U_i: importancia o prioridad dada la función (la importancia para cada uno de los criterios).

Donde se debe cumplir que:

$$\sum_{i=1}^n U_i = 1$$

Los diferentes órdenes de prioridad se obtuvieron a partir de un análisis de cada criterio. Se tomaron por cada criterio las características de cada software y valoraciones realizadas por los expertos. Es decir, estos órdenes se obtuvieron a partir de los totales de cada criterio de juicio por herramientas divididos por 100.

A continuación en la Tabla 9 se muestran los valores de los órdenes de prioridad para los criterios o las funciones.

Criterios o funciones	Orden de prioridad(I)	
1	U1	0,11
2	U2	0,10
3	U3	0,12
4	U4	0,08
5	U5	0,12
6	U6	0,09
7	U7	0,09
8	U8	0,14
9	U9	0,06
10	U10	0,06
11	U11	0,06
12	U12	0,06
13	U13	0,06
14	U14	0,06
Total		1,21

Tabla 9. Prioridades de los criterios de juicios

$$\sum_{i=1}^n U_i = 1,2 \approx 1$$

En este momento se cuenta con todos los datos necesarios para conformar completamente la matriz de decisión basada en la figura 4: las herramientas, los criterios con su importancia, así como la evaluación de ambos.

Peso de los Cj	C1	C2	Cp3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
Herramientas														
H1	3,2	2,4	3,2	1,6	2,4	3,2	2,4	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
H2	3,6	2,7	3,6	1,8	2,7	3,6	2,7	3,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
H3	0,7	0,7	0,7	1,4	2,1	0,7	2,1	2,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
H4	2,4	1,8	2,4	1,2	1,8	0,6	0,6	2,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
H5	0,5	1,5	2,0	1,0	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
H6	0,4	0,4	0,4	0,8	1,2	0,4	0,4	1,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Orden de prioridad	0,11	0,10	0,12	0,08	0,12	0,09	0,09	0,14	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06

Tabla 10. Matriz de decisión final obtenida

2.4.2.2 Efectividad de los criterios

El término e_{ij} representa la efectividad de la función i en las j -ésimas variantes. Entonces se determina la efectividad de cada herramienta de la siguiente manera:

$$E_f(j) = e_{Cp(j)} \cdot U_1 + e_{Cp(j)} \cdot U_2 + e_{Cp(j)} \cdot U_3 + e_{Cp(j)} \cdot U_4 + e_{Cp(j)} \cdot U_5 + e_{Cp(j)} \cdot U_6 + e_{Cp(j)} \cdot U_7 + e_{Cp(j)} \cdot U_8 + e_{Cp(j)} \cdot U_9 + e_{Cp(j)} \cdot U_{10} + e_{Cp(j)} \cdot U_{11} + e_{Cp(j)} \cdot U_{12} + e_{Cp(j)} \cdot U_{13} + e_{Cp(j)} \cdot U_{14}.$$

Donde:

U1: importancia asignada a la función del C1.

U2: importancia asignada a la función del C2.

U3: importancia asignada a la función del C3.

U4: importancia asignada a la función del C4.

U5: importancia asignada a la función del C5.

U6: importancia asignada a la función del C6.

U7: importancia asignada a la función del C7.

U8: importancia asignada a la función del C8.

U9: importancia asignada a la función del C9.

U10: importancia asignada a la función del C10.

U11: importancia asignada a la función del C11.

U12: importancia asignada a la función del C12.

U13: importancia asignada a la función del C13.

U15: importancia asignada a la función del C14.

Posteriormente se analiza e_{ij} para cada criterio, la cual puede ser mínima o máxima y está dada por:

- ✓ Si se desea que la efectividad de la función i (las herramientas) en las j -ésimas variantes sea mínima, entonces:

$$e_{ij} = \frac{X_{ij\text{mín}}}{X_{ij}}$$

Donde:

$X_{ij\text{min}}$: valor mínimo que toma la función i en las j -ésimas variantes.

X_{ij} : valores que toma la función i en las j -ésimas variantes.

Si se desea que la efectividad de la función i en las j -ésimas variantes sea máxima, entonces:

$$e_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ij\text{max}}}$$

Donde:

$X_{ij\text{max}}$: valor máximo que toma la función i en las j -ésimas variantes.

En esta investigación se trabajará con la efectividad de la función i en las j -ésimas variantes cuando sea máxima, pues la estrategia más efectiva será aquella que mayor valor tenga. Desde el inicio se le dieron los valores más altos a aquellas características que según los aspectos evaluados definieron que les parecieran mayores.

En ambos casos se cumple que $e_{ij} \leq 1$.

Con los valores de la matriz conformada y utilizando la efectividad de la función i en las j -ésimas variantes, máxima, se obtendrán los resultados dividiendo cada uno de los valores de las e_{ij} por el valor máximo entre éstas.

En la tabla siguiente se muestran los resultados de los análisis de la efectividad de acuerdo con las herramientas y los criterios escogidos.

Variantes objetos de análisis	Análisis de la Efectividad														
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
H1	e1	1,00	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
H2	e2	1,00	0,75	1,00	0,50	0,75	1,00	0,75	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H3	e3	0,25	0,25	0,25	0,50	0,75	0,25	0,75	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H4	e4	1,00	0,75	1,00	0,50	0,75	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H5	e5	0,25	0,75	1,00	0,50	0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
H6	e6	0,25	0,25	0,25	0,50	0,75	0,25	0,25	1,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

Tabla 11. Análisis de la efectividad de acuerdo con las herramientas y los criterios de juicios

Se determina para cada variante objeto de análisis y cada orden de prioridad la sumatoria de productos $U_i \cdot e_{ij}$.

$$E_f(j) = eC1(j) \cdot U1 + eC2(j) \cdot U2 + eC3(j) \cdot U3 + eC4(j) \cdot U4 + eC5(j) \cdot U5 + eC6(j) \cdot U6 + eC7(j) \cdot U7 + eC8(j) \cdot U8 + eC9(j) \cdot U9 + eC10(j) \cdot U10 + eC11(j) \cdot U11 + eC12(j) \cdot U12 + eC13(j) \cdot U13 + eC14(j) \cdot U14.$$

$$E_f(H1) = 1,00 \cdot 0,11 + 0,75 \cdot 0,10 + 1,00 \cdot 0,12 + 0,50 \cdot 0,08 + 0,75 \cdot 0,12 + 1,00 \cdot 0,09 + 0,75 \cdot 0,09 + 1,00 \cdot 0,14 + 1,00 \cdot 0,06 + 1,00 \cdot 0,06.$$

$$E_f(H2) = 1,00 \cdot 0,11 + 0,75 \cdot 0,10 + 1,00 \cdot 0,12 + 0,50 \cdot 0,08 + 0,75 \cdot 0,12 + 1,00 \cdot 0,09 + 0,75 \cdot 0,09 + 1,00 \cdot 0,14 + 0,25 \cdot 0,06 + 0,25 \cdot 0,06.$$

$$E_f(H3) = 0,25 \cdot 0,11 + 0,25 \cdot 0,10 + 0,25 \cdot 0,12 + 0,50 \cdot 0,08 + 0,75 \cdot 0,12 + 0,25 \cdot 0,09 + 0,75 \cdot 0,09 + 1,00 \cdot 0,14 + 0,25 \cdot 0,06 + 0,25 \cdot 0,06.$$

$$Ef(H4)=1,00*0,11+0,75*0,10+1,00*0,12+0,50*0,08+0,75*0,12+0,25*0,09+0,25*0,09+1,00*0,14+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06.$$

$$Ef(H5)=0,25*0,11+0,75*0,10+1,00*0,12+0,50*0,08+0,75*0,12+0,25*0,09+0,25*0,09+0,25*0,14+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06.$$

$$Ef(H6)=0,25*0,11+0,25*0,10+0,25*0,12+0,50*0,08+0,75*0,12+0,25*0,09+0,25*0,09+1,00*0,14+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06+0,25*0,06.$$

Los resultados se muestran en la Tabla 12 de asignación de órdenes de prioridades según los criterios utilizados:

Variantes objetos de análisis	Orden de Prioridad
H1	1.40
H2	0.80
H3	0,68
H4	0,55
H5	0.57
H6	0,52

Tabla 12. Asignación de los órdenes de prioridades a las herramientas

A partir del criterio de optimización se obtiene en un orden de prioridad de las herramientas con el mayor valor de Ef (j). Determinando así la variable óptima para cada orden de prioridad.

El orden de prioridad obtenido está dado por:

Gespro, Redmine, Microsoft Project, Trac, Dotproject y Planner.

Conclusiones Parciales

- Se ha observado que cuando se escoge una herramienta, cada uno de los criterios que aportan puntos de vista de la misma, pueden tener valores diferentes, evidenciando así el carácter contradictorio de los criterios en el sentido de que, si bien un criterio puede tener un alto valor para una determinada alternativa, ese mismo, podría significar muy poco cuando se analiza con otra herramienta.
- La conjugación de los criterios y las herramientas que se pueden adoptar pueden variar de acuerdo con la necesidad de los especialistas.
- La teoría análisis multicriterio puede utilizarse como una vía más de elegir las mejores herramientas para planificación de proyectos, a tener en cuenta mediante la optimización multicriterial.

Capítulo 3: Propuesta de solución

3. Introducción

En el presente capítulo se obtuvo una aplicación que muestra los resultados de aplicar el método de la Media Aritmética para la toma de decisiones y la teoría Análisis multicriterio. Además de describir las características y funcionalidades de la misma.

3.1 Solución al problema planteado

3.1.2 Características de la aplicación

- Creada en el lenguaje C++
- Desarrollada en Qt Creator.
- Permite evaluar una herramienta.
- Permite dar un orden de prioridad a las herramientas evaluadas, mostrando así de cómo seleccionarlas a la hora de trabajar en la planificación de proyectos.

3.1.3 Funcionamiento de la aplicación

Para darle solución al problema se realizaron los siguientes pasos:

1. Se calcularon los pesos de los criterios, llevándose a cabo las siguientes acciones:
 - Se calculó los pesos de los criterios a una sola herramienta, realizando un ciclo para ir almacenándolos en una lista previamente creada, llamada **Pesocriterio ()**.

```
QList<float> Herramienta::Pesocriterio()
{
    QList<float> pesoscriterios = QList<float>();
    float peso;
    for(int i=0; i < listaCriterios.size();i++)
    {
        peso = listaCriterios.at(i)->importancia() * coeficiente;
        pesoscriterios.append(peso);
    }
    return pesoscriterios;
}
```

Figura 3. Código para calcular el peso criterio de una herramienta

- Se crea una matriz para guardar todos los pesos criterios de las seis herramientas, donde se llena en la llamada del método **void llenarMatrizPeso ()**.
2. Se obtiene el total de los pesos criterios de cada una de las herramienta, mediante la llamada del método **QList<float> calcularPromedioTotal ()**, retornando una lista con estos pesos.
 3. Se calcula la efectividad para cada una de las herramientas con la llamada del método **void calcularEfectividad ()**, realizándose dos ciclos anidados, que garantizan ir recorriendo los criterios y las herramientas a la vez, guardando estos valores en la **m_mEfectividad**; al mismo tiempo se obtiene los cálculos del orden de prioridad de cada herramienta almacenando sus resultados en la lista **m_herramientaPrioridad**.

```
void Controladora::calcularEfectividad()
{
    QList<float> promedioTotal = calcularPromedioTotal();
    for(int i = 0; i < N_TipoHerramienta; ++i)
    {
        qDebug() << "Herramienta " << i;
        QList<float> temp;
        float prioridad = 0.0;
        for(int j(0); j < 14; ++j)
        {
            float valor = m_mPesos.at(i).at(j) / mayorCriterio((TipoHerramienta)i);
            temp.append(valor);
            prioridad += valor * (promedioTotal.at(i) / 100);
            qDebug() << "Valor " << valor << " Prioridad " << prioridad;
        }
        m_mEfectividad.append(temp);
        m_herramientaPrioridad.append(prioridad);
    }
}
```

Figura 4. Código para el cálculo de la efectividad y el orden de prioridad

4. Se ordena la lista **m_herramientaPrioridad** en la llamada de método **voidordenarHerramientas ()**, para mostrar los resultados de mayor a menor.

```
QMap<float, QString> Controladora::ordenarHerramientas()
{
    QMap<float, QString> resultado;

    for(int i(0); i < N_TipoHerramienta; ++i)
    {
        resultado.insertMulti(m_herramientaPrioridad.at(i), m_Herramientas.at(i)->getNombre());
    }

    return resultado;
}
```

Figura 5.Código para ordenar las herramientas por prioridad

A continuación se muestra un ejemplo del funcionamiento de la misma, para esto se tomaron los 14 criterios y las 6 herramientas definidas en el capítulo anterior.

3.1.3.1 Opción Evaluar criterios

Con esta opción los usuarios seleccionan las herramientas, luego efectúan las evaluaciones de los criterios en correspondencia a la herramienta seleccionada, al presionar el botón Evaluar, mostrada en la figura 5.

Evaluar criterios

Seleccione la Herramienta: Gespro

	Criterios	Eval.Espc	Eval.Caract	Eval.Scoring
2	Basado en la plataforma Web permitiendo la partici...	4	3	3
3	Multiplataforma	4	4	5
4	Creacion de planes de proyecto mediante la desco...	2	3	3
5	Visualizacion de informes de estado sobre las tareas	4	3	3
6	Notifica por via correo a los miembros del proyect...	5	4	4
7	Visualiza un diagrama de Gantt donde muestra la d...	4	3	3
8	Dispone de un calendario con las vistas de tareas ...	5	4	4
9	Permite importar datos de un fichero XML con for...	4	5	4
10	Permite ver el estado actual, corte, tiempo, riesgo, a...	5	4	4
11	Permite la gestion de Requisitos	5	4	4
12	Posee una ayuda online incluida en el sistema	5	4	4
13	Permite la gestion de riesgo	5	4	4
14	Permite la gestion documental de cada proyecto	5	4	4

Salir Evaluar

Figura 6.Opción Evaluar criterios

3.1.3.2Opción Mostrar Resultados

Con esta opción se muestra el resultado final, mostrando los nombres de las herramientas y el valor del orden de prioridad que le corresponde.

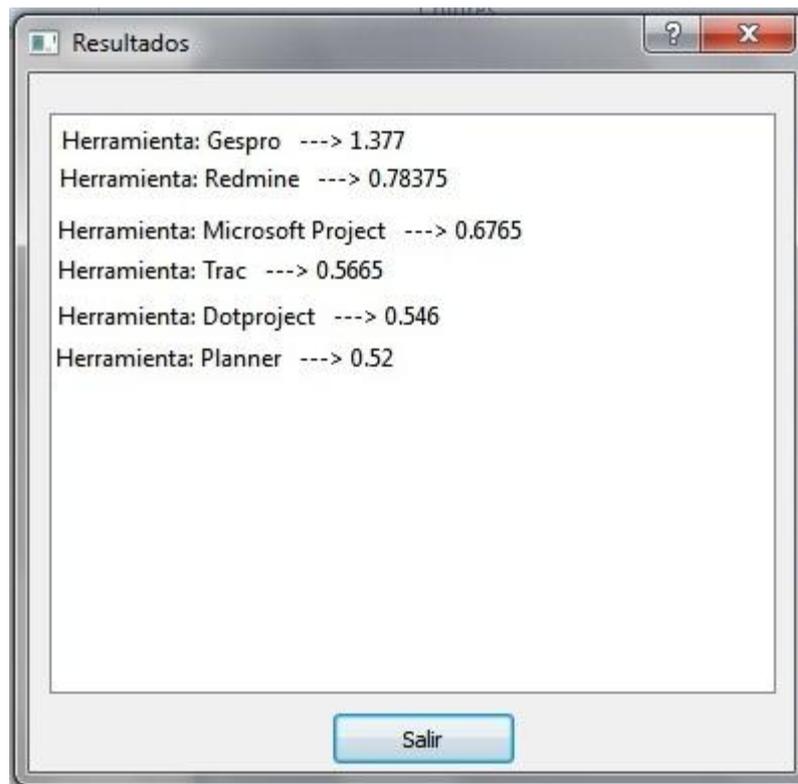


Figura 7.Opción Mostrar Resultados

Conclusiones parciales

En este capítulo se analizó el funcionamiento de la aplicación resultante como muestra del desarrollo de la Media Aritmética en el análisis multicriterio y la lógica difusa en la selección de software para la gestión de proyectos.

La aplicación brinda una propuesta de solución, evidenciando el trabajo con los métodos muticriteriales, específicamente, la Media Aritmética. Muestra cómo a partir de los criterios y las herramientas seleccionadas, se logra obtener después de un proceso, los mejores software mostrados en un orden de prioridad.

Conclusiones

Se validó la importancia y necesidad de realizar este tipo de investigación aplicando elementos del método Delphi de la consulta a expertos.

Se aplicaron conceptos relacionados con el análisis multicriterio y la lógica difusa, específicamente para determinar una vía de solución en la toma de decisiones de las herramientas de planificación de proyectos, mediante el análisis multicriterial.

Se confeccionó una aplicación que permite mostrar el orden de cómo utilizar las herramientas seleccionadas para la planificación de proyectos, cumpliéndose los objetivos del tema de investigación.

Recomendaciones

Ampliar el campo de los datos de entradas de la aplicación. Utilizar análisis multicriterio para encontrar las mejores herramientas en la selección de software para la planificación de proyectos. Tener en cuenta la aplicación propuesta como medio de apoyo para verificar el resultado de los datos durante el desarrollo del método de la Media Aritmética.

Referencias bibliográficas

1. Gestipolis.com. [En línea] [ww.gestipolis.com/administracion-estrategia/procedimiento-multicriterio-para-toma-de-decisiones.htm](http://www.gestipolis.com/administracion-estrategia/procedimiento-multicriterio-para-toma-de-decisiones.htm)..
2. Ortuño, Maite Maceo y García, Elvis Doris Fuente. El análisis multicriterial aplicado a la toma de decisiones en juegos de estrategia. Ciudad de la haban : s.n., 2009.
3. Monografias.com. [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos14/inteligenciartif/inteligenciartif.html>..
4. Eumed.net. [En línea] <http://www.eumed.net/ce/2006/mcss.htm>..
5. ec.europa.eu. [En línea] http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_cri_res_es.pdf..
6. microfinance.com. [En línea] http://www.microfinance.com/Scoring_Ventajas_Desventajas.pdf..
7. Vitutor.com. [En línea] http://www.vitutor.com/estadistica/descriptiva/a_10.html.
8. Ramirez, Yunetsy Labrada. La teoría de errores e incertidumbre aplicada a las Redes Informáticas. Ciudad de la habana . 2010.
9. Clasificación y tipos de software. [En línea] <http://cuadernodepracticassg1.blogspot.com/2011/01/software.html>..
10. es.scribd.com. [En línea] <http://es.scribd.com/flprincich06/d/24356996-Dot-Project-Review>.
11. gestipolis.com. [En línea] <http://www.gestipolis.com/administracion-estrategia/herramientas-gestion-proyectos-software.htm>.
12. navegapolis.net. [En línea] <http://www.navegapolis.net/content/view/56/49/>.

13. Wikipedia. [En línea] <http://es.wikipedia.org/wiki/Planner>.
14. [aplicacionesempresariales.com](http://www.aplicacionesempresariales.com). [En línea] <http://www.aplicacionesempresariales.com/caracteristicas-y-usos-de-microsoft-project.htm>.
15. Gespro. [En línea] <http://gespro.maestriagp.prod.uci.cu/projects/3dfd9934-4600-11e1-aa84-005056804ee7>.
16. Valero, Orly Tamayo. Informatización de los diagnósticos realizados a los estudiantes de primer año de la facultad 5 de la Universidad de las Ciencias Informáticas en el análisis del rediseño. La Habana : s.n., 2011.
17. [cplusplus.com](http://www.cplusplus.com). [En línea] <http://www.cplusplus.com/info/description/>.
18. qt.nokia.com. [En línea] <http://qt.nokia.com/products/developer-tools/>.

Anexos

Anexo 1: Encuesta aplicada a líderes de proyectos y especialistas con mas de 4 o 5 años de experiencia en la UCI.

1. ¿Qué tipo de software usted utiliza en su proyecto?

Software de sistema Software de programación Software de aplicación

De acuerdo a su licencia: Software propietario Software Libre

2. ¿Utilizan algún criterio para la selección del software?

SI NO

a. En caso afirmativo, de ser posible diga que criterio utilizó

3. La selección del software en su proyecto para usted es:

Súper importante Muy importante Importante Poco importante No importante

4. Para la selección del software utilizan algún criterio de la toma de decisiones.

SI NO

a. En caso de responder NO ,piensa usted que es importante utilizar algunos criterios de la toma de decisiones (Análisis multicriterio ,Aprendizaje automático ,Redes neuronales , entre otros).

5. ¿Qué tipo de software se libera en su proyecto?

a. La eficiencia y el rendimiento del producto liberado en su proyecto, se evalúa de:

E MB B R M

6. ¿El producto liberado es una demanda del cliente?

_SI _NO

a. En caso afirmativo, ¿Qué otro tipo de software tuviera más de demanda y beneficios?

¿Cuál recomendaría usted?

7. ¿En su proyecto es imprescindible los tipos de software que se utilizan?

_SI _NO

a. ¿Estos son escogidos al azar?

b. Desearía la confección de una aplicación que mediante un análisis científico seleccione el software más adecuado.

_SI _NO

8. La lógica difusa es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, tiene gran aplicación en el desarrollo y selección de software y en muchos campos de la inteligencia artificial, es muy adecuada para describir el razonamiento humano. ¿Considera usted que le sería beneficioso aplicar elementos de la lógica difusa en la selección y en el trabajo con los software?

_SI _NO

9. Usted cree necesario establecer un orden de prioridad para la selección de software (independientemente a lo que usted utilice)

_SI _NO

Anexo 2: Entrevista aplicada a líderes de proyectos y especialistas con mas de 4 o 5 años de experiencia en la UCI.

1. ¿Cómo selecciona usted las herramientas para trabajar? ¿?
2. ¿Cree usted qué es importante la incorporación de métodos que permitan obtener la mejor selección de herramientas con el objetivo de mejorar la calidad del producto terminado? ¿Por qué?

3. Utiliza algún método de la toma de decisiones para la selección de estas herramientas.
4. ¿Cree usted qué es importante obtener un orden de prioridad de las herramientas a utilizar? ¿Por qué?
5. ¿Considera usted que le sería beneficioso aplicar elementos de la Lógica difusa en la selección y trabajo con las herramientas seleccionadas? ¿Por qué?

Anexo 3: Mapa conceptual atendiendo a la clasificación de los software

