

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS



Título: “Modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre”.

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en
Ciencias Técnicas**

Marieta Peña Abreu.

La Habana 2017

UNIVERSIDAD DE LAS CIENCIAS INFORMÁTICAS

FACULTAD 3

Departamento de Ingeniería y Gestión de Software



Título: “Modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre”.

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en
Ciencias Técnicas**

Autor: Msc. Marieta Peña Abreu, Asistente

Tutores: Dr.C Pedro Yobanis Piñero Pérez

Dr.C Antonio Jesús Romillo Tarke

La Habana 2017

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, por darme la posibilidad de cumplir mis sueños, respetar mis opiniones, darme la educación y los valores que tengo, por ser incondicionales sin pedir nada a cambio. A mi padre por confiar en mí y darme esta gran misión que hoy es realidad. A madre por pensar siempre primero en mí y después todo lo demás, gracias por ser única.

A mi esposo, el amor de mi vida, sin ti nada hubiese sido posible porque has estado a mi lado en cada minuto desde que nos conocimos, por ser el mejor hombre de todos, el más especial, por poner siempre en el primer plano mi doctorado por encima de todo lo demás.

A mi abuela Lola, por ser ejemplo de resistencia y mujer de batalla, gracias por tu infinito amor.

A mi familia de sangre, que me ha apoyado en cada momento que lo he necesitado a pesar de estar siempre lejos.

A las familias que Dios me ha puesto en el camino, la familia Rodriguez y la familia Muñoz y Besteiros por adoptarme como hija, preocuparse por mi salud, mi bienestar emocional, por darme todo el amor que he necesitado.

A mis tutores Pedro y Romillo, por ser faros que han iluminado mi sendero. A Pedro por ser amigo fiel, por su inteligencia compartida. Gracias.

A mi casa, la Universidad de las Ciencias Informáticas porque por ella soy una mejor persona.

A mis decanas, Sayda, Yvonne, Reina y mi decano Yadián por jugar un papel fundamental en mi formación y por su apoyo sin límites.

A todos los profesores del PEFCEI, por ser guías, por sus conocimientos invaluable, en especial a las profesoras Liliana y Rosa.

A mis compañeros y amigos del departamento de IGSW por apoyarme en todo momento.

A todas las mujeres cubanas que han sido parte de mi vida, que han sido ejemplo, por imponerse en situaciones difíciles, en especial a Miriam Nicado, a Reina, a Mily.

A mis amigas incondicionales Lisy, Liannet, Betty y Mery por estar a mi lado en cada momento.

A mi querido y siempre recordado Fidel por ser el mayor faro del mundo y por permitirme convertirme en una mujer profesional.

Al Che por ser ejemplo de resistencia y modelo a seguir.

A Dios mi padre quien me ha dado fuerza y fe cuando más difíciles son los días.

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a las personas que más amo en mi vida:

A mi abuela Lola, por darme su amor infinito y su ejemplo único.

A mi madre por darme la vida entera y ser la mejor amiga de todas.

A mi padre, mi amor eterno, por confiar en mí aunque no estemos cerca físicamente.

A mi esposo, mi gran amor de hombre, el más maravilloso de todos.

GRACIAS POR ESTAR PRESENTES EN MI VIDA

SÍNTESIS

El análisis de factibilidad de proyectos constituye un proceso indispensable para las organizaciones desarrolladoras de software que resulta complejo porque se realiza en un entorno de incertidumbre dado el carácter intangible del software y los múltiples criterios que se deben considerar. Este proceso puede ser modelado como un problema de toma de decisiones, donde se consideren diversos criterios a partir de la evaluación de expertos. La memoria propone un modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre, utilizando técnicas de soft computing. Se proponen un grupo de criterios para evaluar proyectos de software en el contexto del problema. Se realiza una propuesta de evaluación de criterios económicos a partir de la modificación de los métodos tradicionales con la introducción de números borrosos triangulares, lo cual brinda mejor flexibilidad y certeza en la predicción de los cálculos. Adicionalmente se utiliza el modelo de representación lingüística 2-tupla, para evaluar diversos criterios y agregar la información heterogénea. El modelo brinda como salida, el análisis de factibilidad de los proyectos con mayor integralidad de los criterios evaluados sin pérdida de información, lo que brinda una mayor interpretabilidad y predicción de los resultados para la toma de decisiones. El modelo fue implementado sobre Xedro-GESPRO, una herramienta de código abierto para la dirección integrada de proyectos brindando facilidades para su uso. Para corroborar la validez del modelo se aplicaron experimentos y técnicas, demostrándose el cumplimiento de la hipótesis, así como la aplicabilidad de la propuesta y su impacto económico y social.

INDICE

Introducción.....	1
1 Capítulo: Marco teórico	8
1.1 Análisis de factibilidad de proyectos.....	8
1.1.1 Evolución de los análisis de factibilidad.....	9
1.1.2 Métodos para el análisis de factibilidad de criterios económicos.....	10
1.1.3 Métodos para el análisis de criterios sociales.....	16
1.1.4 Métodos para el análisis de factibilidad de criterios técnicos, comerciales y medioambientales	18
1.1.5 Metodologías para el análisis de factibilidad de proyectos informáticos	23
1.1.6 Herramientas informáticas para el análisis de criterios de evaluación	24
1.1.7 Análisis de factibilidad de proyectos en Cuba	25
1.2 Métodos para el tratamiento de la incertidumbre.....	27
1.2.1 Métodos basados en la teoría de opciones reales.....	27
1.2.2 Técnicas de soft computing para manejar la incertidumbre	28
Conclusiones parciales del capítulo	35
2 Capítulo: Modelo para el análisis de factibilidad en proyectos de software.....	36
2.1 Conceptualización del modelo propuesto	37
2.2 Componente 1: Definición de criterios de evaluación	39
2.2.1 Pasos para la instrumentación del componente	40
2.3 Componente 2: Recopilación de datos para la evaluación	44
2.3.1 Pasos para la instrumentación del componente	44
2.4 Componente 3: Evaluación de criterios de factibilidad	46
2.4.1 Subproceso cálculo de criterios económicos.....	46
2.4.2 Subproceso evaluación cualitativa de todos los criterios.....	56
2.5 Componente 4: Respuesta integral del modelo.....	61
2.5.1 Pasos para la instrumentación del componente	62
Conclusiones parciales del capítulo	64
3 Capítulo: experimentación y validación de los resultados.....	64
3.1 Diseño de experimentos.....	65

3.1.1	Descripción de la base de datos	66
3.1.2	Métodos utilizados para el análisis de los resultados	66
3.1.3	Descripción de los cuasi-experimentos	68
3.2	Valoración de la aplicabilidad del modelo en entornos reales.....	78
3.3	Estudio de casos.....	83
3.4	Triangulación metodológica	92
3.5	Validación de criterios propuestos para el análisis de factibilidad en proyectos de software.....	93
3.6	Impacto económico y social de la propuesta	96
	Conclusiones parciales del capítulo	98
	Conclusiones.....	99
	Recomendaciones.....	100
	Referencias bibliográficas	101
	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA AUTORA	114
	Anexos.....	116
	Anexo 1 Número borroso triangular y operaciones	116
	Anexo 2 Primera ronda de encuesta abierta para la selección de expertos	117
	Anexo 3 Segunda ronda de encuesta abierta para la selección de expertos	118
	Anexo 4 Matriz de requisitos para seleccionar expertos	119
	Anexo 5 Encuesta criterios para evaluar proyectos	120
	Anexo 6 Matriz de criterios para evaluar proyectos. Evaluaciones individuales y consenso expresados en 2-tupla (Ronda 1).....	123
	Anexo 7 Conceptualización de los criterios para evaluar la factibilidad de proyectos. 125	
	Anexo 8 Criterios para evaluar proyecto (2da ronda).....	131
	Anexo 9 Matriz final de criterios para evaluar proyectos. Valoraciones expresadas en 2-tuplas (criterios ordenados por consenso)	133
	Anexo 10 Cantera de criterios propuestos para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software y su nivel de importancia (expresada en 2-tupla)	135
	Anexo 11 Estructura del Flujo de Caja para proyectos informáticos	135
	Anexo 12 Encuesta satisfacción de usuario.....	138
	Anexo 13 Aval presentado por la JAN sobre uso de Xedro-GESPRO	141

Anexo 14 Descripción de la base de datos: Feasility_Dataset	142
Anexo 15 Resultados Cuasi-experimento 1	146
Anexo 16 Resultados Cuasi-experimento 2	159
Anexo 17 Resultados Cuasi-experimento 3	163
Anexo 18 Resultados del estudio de caso	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios técnicos, comerciales y sociales para evaluar proyectos	18
Tabla 2 Vectores de preferencia de los expertos.....	58
Tabla 3 Preferencias unificadas en 2-tuplas lingüísticas.	60
Tabla 4. Valores colectivos de los criterios y evaluación global de los proyectos.	62
Tabla 5 Descripción de los campos de la base de datos “Feasility_Dataset”.....	66
Tabla 6 Resultados del test de Wilcoxon bajo simulación de Monte Carlo para la variable “capacidad de predicción de la factibilidad del criterio VAN”.....	73
Tabla 7 Resultados del test de Wilcoxon bajo simulación de Monte Carlo para la variable “integralidad de la información”	77
Tabla 8. Áreas y roles representados en la encuesta de satisfacción de usuarios.	80
Tabla 9. Cantidad de participantes en encuesta de satisfacción, por áreas y roles.	80
Tabla 10. Ubicación de los encuestados, según escala de satisfacción.	82
Tabla 11 Criterios utilizados por los expertos con el peso asignado.	85
Tabla 12. Valores del Flujo de Caja calculados con números triangulares borrosos.....	85
Tabla 13. Valores del VAN	86
Tabla 14. Valores de los criterios <i>TIR_{p, c, o}</i> , TIR real, <i>PRIdo, c, p</i> , PRI real	86
Tabla 15. Valores colectivos de los criterios y evaluación global de los proyectos.	88
Tabla 16. Criterios de factibilidad económica y ordenamiento según sus resultados.....	90
Tabla 17. Orden de factibilidad de los proyectos según los criterios técnicos analizados.	91
Tabla 18. Criterios de factibilidad económica y ordenamiento según sus resultados.....	91
Tabla 19. Preferencias heterogéneas de los expertos emitidas en dos dominios.	167
Tabla 20. Preferencias unificadas en el dominio lingüístico (representadas en 2-tuplas).	168

INTRODUCCIÓN

La creciente utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y su impacto en la sociedad conllevan a que las organizaciones se enfrenten a mayores retos en la obtención de proyectos exitosos. La selección adecuada de un proyecto a desarrollar puede impulsar la economía y la sociedad [1], pero es una tarea compleja, ya que está dada por múltiples factores que se deben considerar para tomar tal decisión. Los análisis de factibilidad contribuyen en la toma de decisiones en las organizaciones al decidir la ejecución o no del proyecto, ya que evalúan la disponibilidad de recursos para enfrentar el desarrollo, así como los beneficios que puede retornar [2].

Un componente que ha impulsado el desarrollo social, es el despliegue de productos de software, que inciden en la productividad, la planificación, el control, la calidad de los procesos entre otros disímiles aspectos. Los proyectos informáticos imponen retos adicionales dado por el carácter intangible del software [3] y su asociación al desarrollo de conocimientos. A pesar de los esfuerzos realizados por las organizaciones, estudios publicados por Standish Group, en el Chaos Manifiesto 2015 [4] alrededor de 50 000 proyectos, arrojó que el 52% de éstos fue renegociado y el 19% fallido, siendo una de las principales causas el aumento de los costos durante su ejecución. El cálculo certero de los costos en los análisis de factibilidad, ha sido uno de los criterios más importantes desde su surgimiento [1, 5, 6] elemento que también ha repercutido en el desarrollo computacional de los proyectos de software. Autores como Pressman [7], Sommerville [8], Boehm [9] y Pytel [10] proponen realizar el análisis de factibilidad de proyectos de software a profundidad durante su concepción, sin embargo en esta etapa existe una mayor incertidumbre para realizar valoraciones [3, 11], por lo que se hace necesario aplicar métodos más precisos.

Las principales escuelas de Gestión de Proyectos (ISO 21500[12], PMBOK [13], CMMI [14], IPMA [15], PRINCE2 [16]) suponen que se haya realizado con anterioridad el análisis de factibilidad y no brindan métodos para su realización. Para resolver éstas limitaciones el análisis de la factibilidad pudiera tratarse como un problema de toma de decisiones [17]. A partir de la analogía con este tipo de problemas, se deben considerar elementos tales como: el ambiente de desarrollo, los criterios a evaluar, los participantes y los métodos a utilizar. Dentro de los criterios a evaluar, desde sus inicios los análisis de factibilidad estuvieron muy relacionados con el cálculo de criterios económicos completamente deterministas, sin tener en cuenta la incertidumbre inherente en el ambiente de desarrollo [3, 18]. La incertidumbre en el proceso de solución de problemas puede estar presente tanto en los datos de la instancia del problema que se resuelve, como en el conocimiento que se utiliza para resolverlo [19], en este caso está presente en ambos. Esto implica que en este contexto sea necesario modificar la manera de concebir los criterios tradicionales, lo cual se viene infiriendo desde hace años [20], [21], [22].

Además de los criterios económicos diversos autores [6, 23-25] proponen evaluar otros tales como: técnicos, comerciales, sociales y medioambientales, estrechamente relacionados con la sostenibilidad del proyecto. Para su cálculo por lo general se utilizan métodos tradicionales de toma de decisiones [26, 27], dentro de los más referenciados los de evaluación multicriterios [28], [29]. Al realizarse la evaluación del criterio, en numerosas ocasiones se realiza de forma subjetiva por la dependencia de la experticia y certeza del evaluador [30], [31]. Adicionalmente existe vaga integración entre los criterios, provocando baja interpretabilidad de los resultados y poca formalidad en la definición para proyectos informáticos. Para manejar la incertidumbre, los investigadores han utilizado diferentes

técnicas de soft computing según el contexto [32-36]. Entre los paradigmas que más se destacan, se encuentra la matemática borrosa [37] y la computación con palabras (CWW), con éxito para resolver problemas similares en otras áreas [21, 22, 38, 39]. A pesar de su utilidad en investigaciones anteriores, las mismas tienen características muy específicas de sus dominios, limitando su aplicación en este contexto.

La industria de desarrollo de software en Cuba no se encuentra ajena a la necesidad de realizar análisis de factibilidad al inicio de sus proyectos, razones enunciadas por la dirección del país: evitar futuros riesgos de ejecución y garantizar sostenibilidad en los proyectos [40]. A raíz de la actualización del modelo económico cubano se emite la Resolución 327 [41], que sienta bases regulatorias, pero no establece criterios para el análisis de proyectos de software ni cómo poder integrar el cálculo de éstos, para brindar al decisor información integral para la toma de decisiones.

A partir de la situación descrita se identifica el **problema científico**: Las insuficiencias en las técnicas para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre, están afectando la predicción de la factibilidad del proyecto y la integralidad de la información en el proceso de decisión de desarrollo de un proyecto de software.

En el contexto de la investigación se define predicción como la capacidad de estimar con alta probabilidad el éxito o el fracaso de un proyecto, a partir de información previa a su desarrollo. Además, se define información integral como la capacidad de integrar diversos criterios del análisis de factibilidad para brindar una solución global que posibilite una mayor interpretabilidad y análisis de los resultados.

El **objeto de la investigación**: métodos para el análisis de factibilidad de proyectos. El **campo de acción** es el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre.

El **objetivo de la presente investigación** es: Desarrollar un modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software, usando técnicas de soft computing que mejore la capacidad de predicción de la factibilidad y mejore la integralidad en el análisis, en el proceso de decisión de desarrollo de un proyecto de software.

Los **objetivos específicos** son:

- Construir el marco teórico de la investigación relacionado con los métodos de evaluación de proyectos y análisis de factibilidad, en particular los de software.
- Definir los componentes y actividades para lograr un modelo basado en técnicas de soft computing para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre.
- Implementar las herramientas necesarias para la instrumentación del modelo propuesto y su integración con herramientas para la gestión de proyectos.
- Comprobar la validez de la propuesta a partir de aplicar técnicas de triangulación metodológica, que combinan métodos cuantitativos y cualitativos de validación.

La **hipótesis de la investigación** es: el desarrollo de un modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software usando técnicas de soft computing contribuye a mejorar la toma de decisiones asociadas al desarrollo de un proyecto de software en entornos de incertidumbre, respecto a la capacidad de predicción y la integralidad de la información.

El cumplimiento de los objetivos específicos propuestos fue posible a partir de la aplicación de métodos del nivel teórico, empírico y matemático:

Métodos teóricos:

Histórico-lógico: se empleó para analizar la evolución de las concepciones teóricas referidas al objeto de estudio, la contextualización del problema, sus antecedentes y desarrollo, que posibilitaron profundizar en los fundamentos de los análisis de factibilidad.

Inductivo-deductivo: su empleo permitió realizar las inferencias necesarias, de lo particular a lo general en el análisis del objeto de la investigación.

Analítico-sintético: su aplicación permitió el procesar las fuentes teóricas consultadas y los contenidos para profundizar en el objeto de estudio, así como la interpretación de los resultados.

Modelación-sistémico-estructural: se empleó para establecer las relaciones de dependencia y coordinación entre los componentes y actividades que conforman el modelo.

Métodos empíricos:

La **entrevista** en la identificación de criterios para el análisis de factibilidad de proyectos de software.

La **encuesta** para la identificación de criterios, así como para conocer la satisfacción de los clientes mediante la aplicación de la técnica Iadov.

El **análisis documental** para la revisión de la bibliografía y la identificación de criterios para el análisis de factibilidad de proyectos de software.

El **método experimental** para comprobar la utilidad del modelo mediante su aplicación a una base de datos y la comparación de los resultados con otros métodos y con la realidad.

Cualitativos y cuantitativos

Consulta a expertos, se utiliza el método Delphi para identificar y obtener consenso sobre los criterios para el análisis de factibilidad. Además, se utiliza el método Grupo Focal para

el trabajo grupal en la conceptualización de los criterios y la definición de los dominios en los que deben evaluarse.

Matemáticos

La estadística descriptiva para el análisis estadístico de los resultados mediante métricas como: el error cuadrático medio, la media, desviación estándar, falsos positivos y falsos negativos.

La **novedad científica** de la investigación

- Modelo para el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre basado en técnicas de soft computing y combinando criterios económicos, técnicos, comerciales y sociales.
- Definición de nuevos criterios y métodos de cálculo inspirados en la lógica borrosa para el análisis de factibilidad de proyectos de software.

El **aporte práctico** de la investigación es: Herramienta de software que posibilita integrar el modelo propuesto a la plataforma de gestión de proyectos GESPRO.

Estructuración de la tesis

En el capítulo uno se realiza un estudio de los métodos y criterios para el análisis de factibilidad de proyectos. Se analizan los métodos que pudieran contribuir en el análisis de factibilidad de proyectos de software y los criterios para su realización. Se estudian las principales técnicas de soft computing que realizan tratamiento a la incertidumbre identificando ventajas y desventajas para resolver el problema que se analiza.

En el capítulo dos, se fundamenta y describe el modelo para realizar el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre. Se describen las principales características del modelo, así como los componentes, actividades, pasos y algoritmos que

lo componen, así como sus entradas y salidas para su instrumentación. Se proponen aristas de criterios económicos, técnicos, comerciales y sociales extraídos de la bibliografía y adaptados al contexto de los proyectos de software. Se detallan cada uno de los métodos para el cálculo de los criterios

En el capítulo tres, se desarrolla la validación del modelo analizando los resultados obtenidos luego de su aplicación. Se realiza la comparación del modelo, con métodos tradicionales existentes para evaluar factibilidad comprobándose la superioridad de la propuesta a partir del diseño y aplicación de cuasi-experimentos. Se describe un estudio de casos de la aplicación del modelo en un entorno real. Se realiza la valoración de la aplicabilidad del modelo a partir de la técnica de Iadov, así como un análisis del impacto económico y social de la propuesta. Se triangulan los resultados a partir de, los métodos aplicados, para corroborar los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 1
MARCO TEÓRICO

1 CAPÍTULO: MARCO TEÓRICO

El presente capítulo tiene por objetivo desarrollar el marco teórico referente a los análisis de factibilidad de proyectos, realizando un análisis de los criterios, métodos y herramientas relacionadas con el objeto. Se enfatiza en los criterios y métodos para el análisis de factibilidad de proyectos de software, teniendo en cuenta que se desarrollan en entornos de incertidumbre. Se estudian técnicas para manejar la incertidumbre identificando sus ventajas y desventajas en busca de soluciones al problema de investigación. Finalmente se arriba a las conclusiones.

1.1 Análisis de factibilidad de proyectos

Los análisis de factibilidad surgen desde el mismo nacimiento de los proyectos como célula básica para el desarrollo de la organización, a partir de la necesidad de optimizar los recursos disponibles [2]. Existen diversos conceptos aplicados a la factibilidad de proyectos en sentido general, Dubs lo define como un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos por la organización [42]. Por otra parte Villagrán puntualiza que el análisis tiene varios objetivos entre ellos conocer la rentabilidad del negocio y las condiciones en que se debe desarrollar para su éxito [2].

Los análisis de factibilidad cumplen con varios objetivos. El primero de ellos está centrado en identificar si se debe o no realizar un proyecto, considerando aspectos económicos, sociales, comerciales o de otra índole que sean relevantes para el objeto de estudio. El segundo objetivo es que a partir del análisis de factibilidad se pueden identificar riesgos para los proyectos o elementos que constituyen debilidades de las organizaciones que lo realizan.

Un análisis de estos elementos en etapas tempranas, puede significar un cambio entre el éxito o el fracaso de los proyectos [10]. Para que el análisis de factibilidad sea eficaz, los

datos que en él se manejan deben ser lo más precisos posibles, elemento que es complejo de garantizar, pues en etapas tempranas existe un alto grado de incertidumbre y en ocasiones falta de información. A continuación se presenta en la memoria la evaluación del objeto de estudio para una mejor comprensión del mismo.

1.1.1 Evolución de los análisis de factibilidad

Hacia 1920 comienza a existir una visión diferente del concepto de empresa, viéndose no solo como una simple máquina, sino como un sistema. Al surgir una mayor competitividad nace la necesidad de invertir para ganar en la calidad de los productos, diversificar producciones y reducir costos. Este proceso provoca un impulso significativo en la evolución de los modelos computacionales para el análisis de factibilidad de proyectos [43].

En sus inicios la factibilidad estaba orientada fundamentalmente al análisis de la rentabilidad económica de los proyectos, teniendo su base teórica en las Ciencias Económicas. La publicación en 1944 de Schneider de la Teoría de la Inversión [44], constituye un material de apoyo para los modelos de decisión existentes. Su principal inconveniente fue, que estaba orientada al sector privado y partía de la previsión perfecta de las variables modeladas. En el periodo de 1950-1973 se producen avances teóricos en los análisis financieros [45], comenzándose a visualizar la incertidumbre. Hacia 1951 Dean, en su obra Capital Budgeting, introduce de manera conjunta los problemas de inversión y financiación, iniciándose una nueva tendencia [46]. Para este periodo se maneja la incertidumbre a través de técnicas estadísticas y no se trabajan temas asociados a la lógica borrosa ni los principios para su implementación.

En 1973 se impulsa por Little y Mirrless un documento donde se proponen criterios sociales de evaluación, apareciendo una nueva arista [47]. Hacia 1978 por primera vez se notan

diversas aristas en un mismo proceso, publicación realizada por la Organización de Naciones Unidas(ONU) [48] quien propone una metodología donde se consideran criterios de mercado, sociales y técnicos. Estrechamente relacionado en 1987 aparece por primera vez el término “desarrollo sostenible”, concepto estrechamente vinculado con los análisis de factibilidad y la gestión de proyectos en general [23]. En diversas publicaciones, la sostenibilidad evalúa criterios medioambientales, sociales y económicos, elementos a considerar en los análisis de factibilidad para lograr un proyecto exitoso[6, 23-25, 49, 50]. En esta etapa aunque hubo una visión de diversos criterios para realizar la evaluación, no se visualiza aún su análisis de manera integrada, ni se proponen operadores para su agregación. A finales del siglo XX se impulsa en los análisis de factibilidad la evaluación de criterios de naturaleza cuantitativa y cualitativa. Se fortalecen un grupo de criterios económicos, sociales, técnicos, comerciales, medioambientales y los métodos computacionales para su determinación. En este periodo en el caso particular de los proyectos de software los análisis de factibilidad han estado marcados por criterios de diversas escuelas y autores.

Pressman por ejemplo, define que debe comenzar en la etapa de comunicación y propone su realización en la fase de concepción del proyecto. Establece como criterios valorativos: tecnología, finanzas, tiempo y recursos [7]. Paralelamente desde la Gestión de Proyectos, el PMBOK [13] puntualiza que debe realizarse como primera fase del desarrollo antes del acta de constitución. Otros autores [1, 5, 8, 10] proponen realizarlo en la concepción del proyecto. Aunque otros recomiendan su realización durante el ciclo de vida del proyecto de software para un mejor control y seguimiento del mismo [51-53].

1.1.2 Métodos para el análisis de factibilidad de criterios económicos

Los criterios económicos juegan un papel importante en los análisis de factibilidad constituyendo un eslabón base al iniciar el proyecto [43]. Estos criterios ordenan y sistematizan la información monetaria del proyecto, así como permiten elaborar cuadros analíticos para valorar su rentabilidad [43], [54].

En el caso particular de los proyectos de software mantienen una estrecha relación con las dimensiones alcance y calidad [1, 5, 6] para obtener el máximo flujo de beneficios [23, 49]. Es por eso que los criterios económicos en este entorno, deben evolucionar considerando los nuevos retos de cambios constantes en las tecnologías y el fortalecimiento del papel de los activos intangibles en el éxito empresarial [53, 55, 56]. En este contexto existe un alto nivel de incertidumbre que los métodos tradicionales no manejan y se corren riesgos en la estimación de los costos [51, 57, 58].

Los métodos tradicionales que se utilizan desde 1951 para evaluar proyectos, lo realizan a partir de criterios económicos como: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), reconocidos como criterios tradicionales [42, 46, 58, 59]. Se calculan a partir de la matemática clásica con limitaciones asociadas a la falta de flexibilidad, ya que no manejan la incertidumbre [18, 53]. Para evaluar éstos criterios es necesario estimar el Flujo de Caja (FC) del proyecto durante su ciclo de vida, constituyendo la base para el cálculo de los restantes.

Método Flujo de Caja (FC)

El FC consiste en la diferencia entre los cobros y pagos generados por el proyecto durante su ciclo de vida, desde que ocurre el primer gasto de inversión, hasta que el mismo es liquidado o sustituido al final de su vida útil. Se estructuran en tres flujos: iniciales,

operacionales y finales. Dentro de éstos se identifica: la compra de activos fijos tangibles e intangibles, el capital de trabajo, las ventas e ingresos, los gastos y la depreciación [59-61]. Este método brinda facilidades para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto respecto a la planificación de recursos, pero su principal desventaja es que no tiene en cuenta la cronología de los distintos flujos de caja, ni el valor del dinero en el tiempo, por tanto no maneja la incertidumbre. Su modelo computacional tiende a infravalorar las inversiones ya que no contempla los posibles cambios en el futuro al basarse en mercados perfectos [45, 62]. En el caso de los costos del software se realizan con mayor grado de incertidumbre dado por su carácter intangible [46, 57, 61], estudios realizados demuestran que el cálculo impreciso del FC, incide en el costo total del proyecto de software [5]. No obstante es ampliamente usado por diversos autores [30, 46, 61, 63, 64]. La autora de la investigación considera este método necesario como base para el cálculo del resto de los criterios, pero se deben considerar las insuficiencias mencionadas para su uso.

Criterio Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es el saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil. Las corrientes de liquidez anuales se actualizan a comienzos del desarrollo del proyecto con una tasa fija negociada. En la Ecuación 1 se muestra

$$VAN = -A + \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+k)^j} \quad (1)$$

Dónde:

A: Desembolso inicial del proyecto

FC_j: Flujos de caja para el período de tiempo *j*

n: Tiempo de desarrollo del proyecto

k: Tasa de descuento apropiada al riesgo del proyecto

El proyecto se acepta cuando el VAN es igual o mayor que cero, lo cual significa que se recupera el capital invertido a la tasa de descuento negociada y se producen excedentes superiores por encima de esta. Este criterio mide las utilidades netas del proyecto [65] y la decisión se inclina para el proyecto de mayor VAN [66].

La limitación del criterio es la dificultad que se tiene para determinar una tasa certera ya que el mercado no es perfecto y surgen variaciones [67], adicionalmente se vuelve subjetivo para proyectos duraderos [53]. Es un criterio muy utilizado [30, 64, 67-69] pero su ejecución está afectada porque establece una tasa de actualización determinista que eleva los niveles de riesgos.

Criterio Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y conlleva a la recuperación del capital. Para su cálculo se hace el VAN igual cero y se determina la tasa de actualización correspondiente. Representa la rentabilidad del capital invertido durante el ciclo de vida del proyecto y el proyecto se acepta si la TIR es mayor que la tasa negociada [58, 59]. Se calcula igual que el VAN pero estimando las tasas de actualización que lo hacen cero, lográndose en un proceso de aproximaciones sucesivas. Se define en la Ecuación 2 como:

$$r = k_1 + \frac{VAN_p(k_2 - k_1)}{VAN_p + |VAN_n|} \quad (2)$$

Dónde:

r : Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

k_1 : Tasa de actualización en el que el VAN es positivo

VAN_p : Importe del VAN positivo a la tasa de actualización k_1

k_2 : Tasa de actualización en el que el VAN es negativo

VAN_n : Importe del VAN negativo a la tasa de actualización k_2

El criterio de selección entre varios proyectos es el que tenga mayor TIR [70].

Dentro de las principales ventajas se encuentra que tiene en cuenta todo el ciclo de vida del proyecto y las corrientes de liquidez proporcionando claridad en la rentabilidad. Dentro de las limitaciones se destaca la cantidad de aproximaciones sucesivas necesarias para igualar el VAN a cero, lo que puede provocar errores e incertidumbre. Adicionalmente para inversiones donde hay más de un cambio de signo en los FC, se obtiene más de una TIR lo cual brinda inconsistencias [59]. Igualmente afecta la modelación determinista de sus variables sin manejar incertidumbre [71]. No se recomienda usar como único criterio de selección pero se utiliza como complemento [51, 63, 64]. La autora considera que se debe considerar en los análisis de factibilidad y se debe facilitar su cálculo automatizado para mejorar sus limitaciones, así como la modelación de sus variables en escenarios con incertidumbre.

Período Mínimo de Recuperación de la Inversión (PRI)

El PRI establece el tiempo mínimo en que mediante los ingresos generados por el proyecto se recupera la inversión realizada. El criterio de selección entre varios proyectos es el que presente menor PRI. Para el cálculo del mismo se establece la Ecuación 3

$$PR = t_n + \frac{|SA_1|}{|SA_1|+SA_2} - m \quad (3)$$

Dónde:

PR : Período de recuperación de la inversión

t_n : Número de años con saldo acumulado negativo desde el primer gasto anual de inversión

$|SA_1|$: Valor absoluto del último año con efecto negativo en el saldo acumulado

SA_2 : Valor del primer año con efecto positivo en el saldo acumulado

m : Período de construcción y montaje

Como ventaja proporciona una medición de la liquidez del proyecto y la velocidad con que el efectivo invertido es rembolsado. Como desventaja, no toma en cuenta el interés y la reinversión. Es estático, no considera el valor del dinero en el tiempo [59] y no toma en cuenta el comportamiento de la inversión posterior al PRI [60]. Es ampliamente utilizado para realizar análisis de factibilidad [2, 64, 72].

La autora de la investigación considera que alguna de las limitaciones de este criterio se resuelve teniendo en cuenta las variaciones en los FC, así como las variaciones del dinero en el tiempo al realizar el cálculo de los costos de inversión.

Otros criterios económicos de selección

Hasta el momento se analizaron los criterios básicos, existe otro grupo más específico a aplicar según el contexto. Los más importantes se mencionan a continuación.

La Relación de Valor Actual Neto (RVAN), se aplica cuando se desea maximizar el VAN por unidad de recursos invertidos, de manera similar se pueden usar el Índice de rentabilidad (Ir) y el Valor Anual Equivalente (VAE). Solo se deben aplicar en caso de escasez de capital para iniciar la inversión. Por otra parte el criterio VAN Ajustado (VANA), parte del supuesto en que la empresa tiene un endeudamiento y permite interpretar cuánto el proyecto va a disminuir el mismo [59].

Los criterios mencionados presentan limitaciones similares a los del epígrafe anterior ya que se aplican partiendo de mercados perfectos, sin considerar la incertidumbre.

Criterios económicos tradicionales que consideran la incertidumbre

Existe un conjunto de métodos matemáticos para el análisis de factibilidad que a diferencia de los descritos hasta el momento, la incertidumbre de la información parte del análisis

sistemático de las variables que se modelan [59]. A continuación se muestran las ventajas y desventajas de la aplicación de los más importantes.

El método análisis de umbral de rentabilidad determina el punto en el que el valor de las ventas es igual a los gastos de producción [59]. Tiene como limitación que se calcula para el año en que el funcionamiento del proyecto es normal sin variaciones partiendo de un comportamiento lineal, algo que no es muy común en el desarrollo de software por su dinamismo [73-75].

Otro método es el análisis de sensibilidad que determina cómo influye la variación de las principales variables que se analizan [52], utiliza dos procedimientos: el pronóstico de especialistas y la valoración crítica de variables. Dentro de las ventajas del criterio se destaca la identificación de variables importantes y la cuantificación de su impacto. Pero su limitación radica en el análisis de las variables de manera independiente, no obstante es utilizado en otros contextos [73, 76, 77].

Por último el análisis de escenarios es un criterio donde se consideran las variaciones de las variables, pero de manera combinada tratando de suplir las limitaciones del criterio anterior. Se evalúa el proyecto teniendo en cuenta un escenario determinado, modelándose el base y el proyectado [78]. La autora de la investigación considera que las ventajas de ambos criterios, se pueden introducir en otros criterios tradicionales, teniendo en cuenta diversos escenarios, así como la opinión de expertos pero considerando el ruido que pueden introducir en el proceso a partir de las experiencias positivas en otros contextos [76, 79, 80].

1.1.3 Métodos para el análisis de criterios sociales.

La inclusión de criterios sociales en los análisis de factibilidad permite evaluar el proyecto teniendo en cuenta los beneficios sociales para las personas y la sociedad en general [23, 42,

52, 81]. El análisis de estos criterios se ha fortalecido en los últimos años [6], tratando de dimensionar los efectos redistributivos, buscando equidad en la sociedad [54, 82], así como en el país [59]. A continuación algunos de los métodos más utilizados.

Los métodos cuantitativos como el método del ingreso nacional (CIN) evalúan cuánto el proyecto incrementa al ingreso nacional al calcular el Valor Agregado Actualizado Neto (VAAN) para lo cual debe conocerse con precisión la tasa social de descuento. Otro a considerar es el análisis Beneficio-Costo (ABC) muy similar al primero, se diferencia en que trabaja con dos procedimientos según sea la unidad monetaria [43, 83-85].

También se pueden evaluar criterios sociales cualitativos tales como: beneficios sociales, impacto en la balanza de pagos, riesgos para la vida humana, mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas entre otros. Éstos se tienen en cuenta en diversos trabajos relacionados [54, 61, 68, 69, 86].

Los criterios cuantitativos para el análisis social tienen como desventaja que se utiliza una tasa social de descuento fija y en ocasiones los precios vigentes en el país no pueden representar el costo social real del proyecto [43, 59, 61]. Para ser calculados es necesario disponer de toda la información social del proyecto y depende en gran medida de la apreciación de los evaluadores que tienen en muchos casos un carácter subjetivo [59].

Para el análisis de factibilidad de proyectos informáticos los criterios sociales tienen especial connotación debido a los múltiples beneficios que el software puede dar a la sociedad. La propuesta realizada por Martín [86] incluye criterios sociales aplicados a este tipo de proyectos, pero presenta como limitación que el método para su cálculo es basado en matrices de ponderación sin tener en cuenta la incertidumbre en la evaluación.

La autora de la investigación propone, para realizar el análisis de criterios sociales, en proyectos de software los criterios cualitativos ya que se adaptan con mayor facilidad a los activos intangibles.

1.1.4 Métodos para el análisis de factibilidad de criterios técnicos, comerciales y medioambientales

Existe diversidad en la literatura de otro grupo de criterios para análisis de factibilidad de acuerdo con el dominio del proyecto que se evalúa [10, 54]. Estos varían en clasificaciones, pero se destacan los técnicos, comerciales y ambientales. A partir de revisiones sistemáticas a la bibliografía en la Tabla 1 se presentan algunos de los más utilizados que pudieran considerarse como base para definir criterios en el análisis de proyectos informáticos.

Tabla 1 Criterios técnicos, comerciales y sociales para evaluar proyectos

Clasificación	Criterios	Referencias
Comerciales o de Mercado	Necesidad del producto	[30], [54]
	Productos sustitutivos	[30],[54]
	Productos similares	[30],[54]
	Restricciones legales	[30],[87]
	Dificultad de acceso al mercado	[30],[64]
	Demanda actual	[30],[54],[64]
	Demanda futura	[30],[54],[63]
	Competidores	[30],[54],[63]
	Riesgos del mercado	[30],[54]
	Éxitos anteriores	[88]
	Novedad del producto	[30],[54]
	Satisfacción del cliente	[54],[88],[63]
Técnicos	Tecnología	[30],[54],[10],[89],[90]
	Herramientas	[30],[54],[10],[6, 90]
	Recursos humanos	[10, 30],[89],[63],[42],[7]
	Tamaño del proyecto	[30],[54],[10]
	Mantenimiento de la tecnología	[30],[87],[90]
	Localización del proyecto	[54],[42],[64]

	Modelos administrativos a implementar	[54]
	Cronograma de ejecución	[54]
	Infraestructura	[42]

La autora de la investigación considera que para el análisis de factibilidad de proyectos de software los criterios se encuentran dispersos y no están claramente definidos. Por lo que se deben definir criterios de evaluación técnicos y comerciales adaptados al contexto y con una definición clara, utilizando métodos de investigación apropiados.

Otro grupo importante de criterios que han sido objeto de análisis son los que pertenecen a la arista de criterios ambientales [6, 68, 87]. Para su evaluación se analiza en qué medida el proyecto puede provocar daños irreversibles al medio ambiente o en caso contrario cómo pueden contribuir a objetivos ambientales. Existen discordancias entre los autores ya que no existen precios establecidos para calcular las repercusiones ambientales [54, 87]. Al evaluarse esta dimensión en otros contextos [63, 68, 69, 91], se recomienda que se tenga cuidado con las valoraciones subjetivas por su criticidad para la sociedad. La realización de proyectos informáticos generalmente no tiene repercusiones negativas al medio ambiente, no obstante la autora de la investigación recomienda tener en cuenta estos criterios si los expertos consideren necesario su evaluación.

En el epígrafe se han enunciado un grupo de criterios de diversas dimensiones a tener en cuenta en los análisis de factibilidad de proyectos en sentido general. Estos tienen diversas interpretaciones en función del contexto en que se evalúan y según el tipo de proyecto. Para evaluar la forma de cálculo de estos criterios es necesario identificar métodos con éxito en otros contextos.

1.1.4.1 Métodos para el análisis de factibilidad de criterios cualitativos

En el presente epígrafe se relacionan algunos de los métodos tradicionales que han sido referenciados en la literatura para evaluar proyectos considerando más de un criterio. Éstos tienen relación con los problemas de toma de decisión multicriterios, teniendo en cuenta que los análisis de factibilidad pueden considerarse como un problema de toma de decisiones, se exponen los principales elementos que caracterizan el método, así como sus ventajas y desventajas.

Métodos para la evaluación multicriterio

Dentro de los métodos más utilizados de forma tradicional se encuentra la matriz de ponderación, con participación de expertos [30, 86, 90, 92], los cuales tienen presencia en todos los análisis de factibilidad. Para la utilización de este método es fundamental considerar la experticia del experto que participa en el proceso, ya que pudiera introducir más incertidumbre en el análisis si no se maneja adecuadamente.

Por otra parte los métodos multicriterios son procedimientos que contemplan situaciones desde diferentes puntos de vista, pueden utilizar diferentes escalas y se pueden obtener puntuaciones globales de los proyectos, tienen disímiles aplicaciones [30, 93, 94]. Existen diversas clasificaciones: basados en programación multiobjetivos, programación por metas, basados en función de valor, basados en la sobreclasificación y basados en jerarquías y redes analíticas [95]. Dentro de los más utilizados se encuentran los métodos de jerarquización propuestos por escuelas europeas [96]: la familia de métodos ELECTRE (The ELimination Et Choix Traduisant la REalité), los métodos PROMETHEE (Preference Ranking Organization method of Enrichment Evaluations), y el método MACBETH (The Measuring by a Categorical Based Evaluation Technique)[97]. Otros métodos son los propuestos inicialmente por escuelas americanas [98]: el método de las Jerarquías Analíticas o Proceso

Analítico Jerárquico (AHP) y TOPSIS. A continuación se presentan consideraciones de los métodos con posibilidades de aplicación en el contexto de la investigación.

Métodos ELECTRE y PROMETEHEE

Ambos se basan en la comparación de alternativas por pares sobre la base de dos medidas: la concordancia y la discordia. La primera se refiere a aquellos pares de proyectos que superan al otro y la segunda es el caso inverso [95]. El método ELECTRE [99] se basa en relaciones de sobreclasificación para decidir sobre un proyecto que sin ser óptimo puede considerarse satisfactorio, obtiene una jerarquización de los proyectos que se evalúan. Por otra parte el método PROMETEHEE [100] consiste en la construcción de relaciones de superación valorizadas, incorporando conceptos y parámetros que poseen alguna interpretación física o económica fácilmente comprensibles por el decisor. Estos métodos tienen aplicaciones en diversos escenarios [95]. La principal insuficiencia de ambos métodos radica en la ausencia de mecanismos para emplear información que ya existe de utilidad en el análisis [101], lo cual dificulta su aplicación en el contexto de la investigación.

Método AHP

Creado por Saaty [102], ayuda a comparar un conjunto de proyectos basándose en tres principios fundamentales: descomposición, juicios y síntesis de prioridades. Se aplica para ordenar proyectos cuando los criterios se descomponen jerárquicamente, no necesita información cuantitativa acerca del valor que alcanza cada proyecto bajo cada uno de los criterios, sino los juicios de valor del decisor [103]. Dentro de sus ventajas se encuentra la valoración de aspectos cuantitativos y cualitativos, permitiendo la generación de valores basándose en aspectos cualitativos [104]. Tiene un fuerte sustento matemático y se puede complementar con métodos matemáticos de optimización [105]. Entre las limitaciones del

método se destaca que si el número de criterios o proyectos a evaluar aumenta se complejiza el número de comparaciones resultando, una tarea tediosa para el decisor [106]. Dentro de las desventajas más polémicas se encuentra la escala empleada para emitir los juicios relativos en las comparaciones pareadas y la interpretación de las prioridades totales obtenidas en el procedimiento. A pesar de sus limitaciones es ampliamente utilizado [98, 103, 105, 107-111] para la resolución de problemas de toma de decisiones, también hay propuestas con técnicas de inteligencia artificial que tratan de reducir sus limitaciones [106, 109, 112, 113] pero no se identifican aplicaciones para análisis de factibilidad.

Método TOPSIS

Es conocido como método de programación por compromisos [114]. Se basa en el concepto del ideal y del anti-ideal en la elección de proyectos ya que en este método los proyectos elegidos deben tener la distancia geométrica más corta de la solución ideal positiva (ideal) y la distancia geométrica más larga de la solución ideal negativa (anti-ideal) [95]. Una solución ideal se define como una colección de niveles ideales en todos los criterios considerados, pudiendo suceder que tal solución normalmente sea inalcanzable o que sea no factible [115]. Dentro de sus principales desventajas se encuentra el efecto de normalización de sus criterios y la inversión del orden que ocurre cuando el decisor se encuentra con un nuevo proyecto que no se haya considerado al principio. Otra dificultad radica en que las valoraciones de los expertos no representan precisión al identificar la solución ideal. La autora de la investigación no recomienda su utilización ya que si apareciera un nuevo proyecto a evaluar en el análisis este pudiera quedar en un nivel más abajo y no ser evaluado correctamente. El método tiene múltiples aplicaciones en otros entornos [95, 116], incluso con soluciones híbridas aplicando inteligencia artificial [26].

1.1.5 Metodologías para el análisis de factibilidad de proyectos informáticos

Pressman [7] define el análisis de factibilidad de proyectos de software como una fase de las metodologías de desarrollo, pero no establece las actividades que comprende, ni los artefactos que debe generar, solo su fin. No se ha identificado una metodología reconocida para el análisis de factibilidad de proyectos de software, sino propuestas para contextos específicos que se comentan a continuación.

La propuesta realizada por el Ministerio de Planificación de Chile [90], define una metodología por la que se rigen las empresas desarrolladoras de software en este país. Determina claramente criterios de rechazo o aprobación de los proyectos a través de matrices de ponderación. No realiza tratamiento a la consistencia de las opiniones de los expertos y el cálculo de los criterios económicos se realiza con métodos tradicionales con las limitaciones antes explicadas.

Otro trabajo relacionado es el propuesto por Toro [88], fundamentado para proyectos de desarrollo de tecnologías de información. Propone criterios económicos, técnicos y de mercado. Su limitación radica en que está echa a la medida y no considera la incertidumbre. Por otra parte la propuesta de Hernández [58], plantea un grupo de premisas para la evaluación de proyectos de software haciendo énfasis en criterios técnicos, de mercado y económicos. Estrechamente vinculada con esta investigación se encuentran las propuestas de Castro [30] y Tamayo [31]. En la primera se propone el método FACTECOM [30] basado en la evaluación de criterios a partir de matrices de ponderación y el cálculo de criterios económicos con métodos tradicionales. En la segunda se propone el método MEPROI [31] para proponer el orden de prioridad de los proyectos según su factibilidad en función de los resultados del primero. Ambas investigaciones constituyen un precedente para la

investigación, pero tienen como limitación que son completamente deterministas en los métodos que utilizan, adicionalmente no consideran criterios sociales y se pueden discriminar proyectos si su factibilidad económica no es positiva sin antes tener en cuenta otros criterios de evaluación.

Las metodologías analizadas en general no manejan la incertidumbre inherente al entorno y no integran diversos criterios de evaluación, limitando la interpretabilidad de los resultados y son aplicables para entornos muy específicos.

Ligado a las metodologías es importante entender las herramientas informáticas que se han desarrollado para la evaluación de proyectos y cómo estas herramientas enfocan los problemas de la incertidumbre de la información. En la siguiente sección se realiza un análisis de algunas de estas herramientas.

1.1.6 Herramientas informáticas para el análisis de criterios de evaluación

Algunas organizaciones han optado la utilización de herramientas informáticas sobre la base teórica analizada anteriormente. En el siguiente epígrafe se relacionan algunas de las más utilizadas.

El colectivo de autores [117] de la Universidad de Pereira propone una herramienta computacional para la evaluación de proyectos de software partiendo de las bases teóricas del PMBOK [13]. Esta abarca todas las áreas del conocimiento de la gestión de proyectos, pero no tiene en cuenta los análisis de factibilidad, solo evalúa criterios durante el ciclo de vida del proyecto.

Por otra parte la herramienta DECIDE [118], se basa en la evaluación de criterios económicos, de mercado y técnicos de proyectos con variación en el alcance. Es privativo y

está dirigido fundamentalmente a consultoras y bancos, no define criterios sino que evalúa los introducidos por la organización que la utiliza [118].

En cambio la herramienta ExpertChoice [119] tiene una suite sobre la base teórica del AHP [102]. Posee varias alternativas de solución entre las que se encuentra Comparion™ Suite, Comparion™ TeamTime™, sobre plataforma web. Adicionalmente se encuentra ExpertChoice Desktop que corre sobre plataforma de Windows. Es el principal producto de esta gama y permite la integración con herramientas como Microsoft Project, Microsoft Excel y el gestor de base de datos Oracle, además permite especificar los roles de los que participan en el proceso y una jerarquía alternativa. Realiza análisis de sensibilidad para validar la opinión de los expertos. Esta herramienta es usada por numerosas organizaciones por las facilidades que ofrece de integración con otras herramientas pero Cuba tendría que pagar su licencia para poder usarla y arrastra las deficiencias del método AHP.

Por último la herramienta EasyPlanEx está orientada a la planificación financiera, permite la evaluación y optimización de proyectos de inversión. Entre sus principales características se encuentra la generación de series de valores de los criterios evaluados. Realiza análisis de riesgos utilizando la técnica de Montecarlo. Permite el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). Tiene análisis de sensibilidad, generador de informes, gráficos y documentación automática de todo el proceso, pero es privativa [120]. Esta última limitación, además de implementar métodos tradicionales limita, su aplicación en el contexto de la investigación.

1.1.7 Análisis de factibilidad de proyectos en Cuba

En Cuba el desarrollo de proyectos de inversión desde hace varios años estuvo regido por la Resolución 91/2006 [121], la cual establece la necesidad de los análisis de factibilidad en el

artículo 125. En el 2008 se realiza una actualización de esta resolución por la 7415 [122], donde se amplían los elementos esenciales que deben contener estos análisis. Luego a partir de la actualización del modelo económico cubano en el 2015 se publica la Resolución 327 [41], que regula con mayor detalle el proceso inversionista. En esta resolución se presta especial importancia a los análisis de factibilidad como un paso indispensable antes del desarrollo de cualquier proyecto en los diferentes niveles. Propone elementos bases del análisis y dicta obligatorio su realización. En la presente investigación se deben considerar los elementos regulatorios de la resolución.

Trabajos relacionados con los análisis de factibilidad en Cuba

Dentro de las propuestas de metodologías para el análisis de factibilidad de proyectos se encuentra la realizada por el Sistema de Ciencia e Innovación [123] para proyectos de ciencia e innovación. Tiene su base teórica en la decisión multicriterio por lo que define criterios y expertos para la evaluación de los proyectos. Propone técnicas como: tormenta de ideas, matriz de Richman y el AHP. Utilizan como herramienta de apoyo la suite de Office. No realizan tratamiento a la incertidumbre y tampoco considera criterios económicos.

Otra metodología es la propuesta [124] de especialistas de Holguín para análisis a medianas y pequeñas empresas. Proponen métodos como la matriz DAFO y Delphi. Tiene en cuenta criterios económicos tradicionales, adicionalmente evalúa criterios de mercado y técnicos a partir de matrices de ponderación. Está orientado fundamentalmente a la industria hotelera y presenta las mismas limitaciones de la propuesta anterior.

Por otra parte la propuesta realizadas por el CITMA de Pinar del Río [125], propone la evaluación de criterios económicos tradicionales, así como el análisis de riesgos de las inversiones. Tiene como insuficiencia que solo analiza la arista económica.

La autora de la investigación considera que los trabajos analizados no contemplan entornos de incertidumbre, adicionalmente para el análisis de los criterios aplican métodos tradicionales que presentan las limitaciones vistas anteriormente. Otro inconveniente es la propuesta para entornos muy específicos y en la mayoría de los casos no existe una integración de los criterios que se evalúan.

1.2 Métodos para el tratamiento de la incertidumbre

Como se ha evidenciado hasta el momento, el análisis de factibilidad de proyectos de software se realiza en entornos de incertidumbre teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Se realiza el análisis con información base de los proyectos de naturaleza cuantitativa y cualitativa que puede ser vaga e imprecisa.
- En el análisis de los criterios interviene el juicio humano por lo que incide su experticia y el método para considerar su juicio.

Los métodos y metodologías vistos hasta el momento no resuelven completamente el problema de la investigación, ya que no permiten dar un tratamiento adecuado a la incertidumbre presente en el entorno. De ahí que sea necesario el análisis de otros métodos que valoren esta variable.

1.2.1 Métodos basados en la teoría de opciones reales

La teoría de opciones reales es creada en 1973, nace a partir de la necesidad de la evaluación de opciones financieras buscando proximidad a la realidad teniendo en cuenta la incertidumbre [67]. Se aplica para evaluar activos físicos o reales. Por analogía con una opción financiera, una opción real es el derecho pero no la obligación de adoptar una acción que afecta a un activo físico o real a un costo preestablecido, durante un lapso

predeterminado [18]. Este método tiene en cuenta las posibilidades que tiene un proyecto más allá del descuento de sus flujos de fondo en efectivo lo que brinda cierta flexibilidad [46]. Existen varios tipos de opciones reales entre las que destacan: la de abandono, la de contracción, la de expansión, así como cualquier combinación de éstas. Se basan en los principios de comportamiento de los modelos de arbitraje [45]. Han sido aplicadas en diversos contextos para realizar análisis financieros demostrando ser una opción para la toma de decisiones por incorporar flexibilidad [18, 53, 55]. Tiene como limitación que parte del supuesto de que los mercados sean completos [62], además se necesita conocer la volatilidad del precio del activo subyacente lo cual complejiza la aplicación del método [67].

La autora no considera la aplicación del método en el contexto de la investigación. Fundamentado en que el grado de complejidad analítica puede aumentar de forma considerable haciendo su aplicación engorrosa para los participantes en el análisis, así como su complejidad computacional al ser necesario aplicar otros métodos como la simulación para conocer la volatilidad del activo subyacente.

1.2.2 Técnicas de soft computing para manejar la incertidumbre

Se hace necesario considerar otras técnicas para el tratamiento de la incertidumbre, que a su vez contribuyan a la unificación de los criterios teniendo en cuenta su naturaleza. Resulta útil la revisión de diversos enfoques que contribuyan a esta problemática. En la Figura 1 se presenta una clasificación propuesta por Zulueta [91] atendiendo al dominio en que operan los diversos enfoques. Se observan dos grupos fundamentales, el enfoque A basado sobre números reales que permiten obtener un orden de los proyectos, pero carecen de interpretación y no permiten otros análisis intermedios [126, 127]. A partir de esta

deficiencia no se propone su aplicación dado que el modelo debe permitir realizar análisis intermedios de los criterios y no solo de la factibilidad global.

El enfoque B.1 también tiene esta deficiencia, pero sería útil analizarlo teniendo en cuenta que pudiese aplicarse para los criterios económicos, pero sería necesario combinarlo con otro enfoque para solucionar la limitación. Es por ello que en el epígrafe 1.2.2.2 de esta memoria se introduce este paradigma.

Por otra parte el enfoque B.2 y sus ramificaciones permiten unificar información heterogénea en valores lingüísticos utilizando funciones de transformación [91]. El uso de información lingüística implica la necesidad de realizar procesos de Computación con Palabras. Es por ello que en el epígrafe 1.2.2.2 de esta memoria se introduce este importante paradigma.

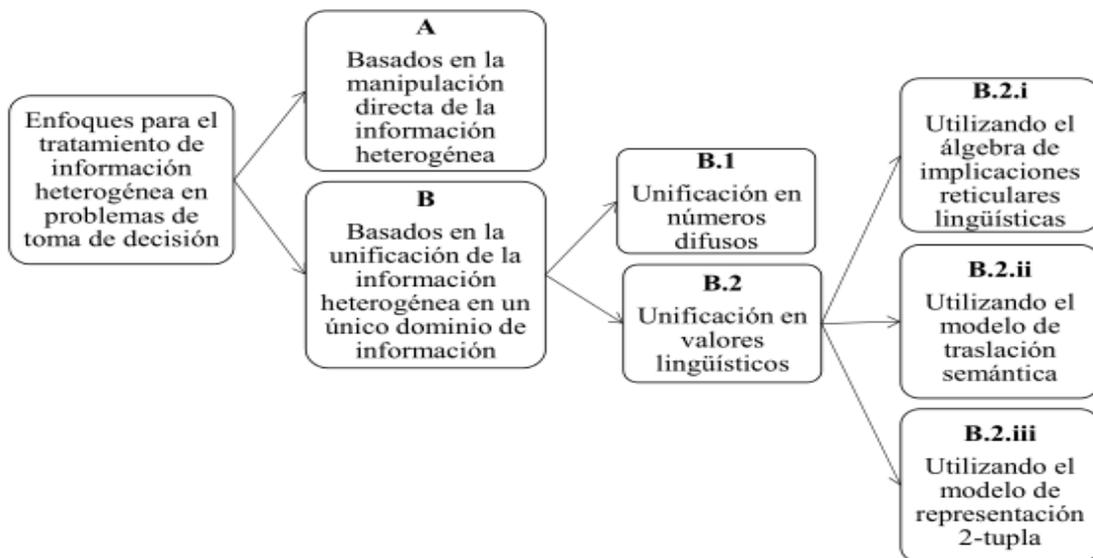


Figura 1 Clasificación de enfoques heterogéneos

1.2.2.1 Números borrosos triangulares para el cálculo de criterios económicos

Al realizar el cálculo de los criterios económicos VAN, TIR y el PRI como se analizó en el epígrafe 1.1.2 existe incertidumbre para su cálculo [128]. En este contexto resulta insuficiente la implementación de las clásicas técnicas matemáticas y probabilísticas que no

realizan un tratamiento adecuado a la incertidumbre [129]. En la mayoría de los proyectos los agentes de decisión no necesitan medir con precisión infinitesimal, por ejemplo: cuando se consideran los ingresos de un proyecto en el año tres se estiman que pueden ser de 30 000 CUP lo cual es una predicción más borrosa que exacta. De acuerdo con Haugen [20], en un contexto de mercados imperfectos el cálculo de los costos no deben fundamentarse sólo en modelos teóricos precisos apropiados para entornos de menor complejidad, sino en un enfoque más evolutivo.

El tratamiento a la incertidumbre nace desde la lógica borrosa siendo uno de sus padres Zadeh [130]. Nace como alternativa complementaria al enfoque probabilístico, adaptando los modelos financieros a la lógica de las matemáticas borrosas [131].

En 1986 Kaufmann y Gil Aluja [37] proponen la utilización de números borrosos triangulares (NBTs) para operar sobre lo incierto y recomiendan su uso por su simplicidad y buena percepción por parte de los que no son matemáticos. Un número borroso es el instrumento por excelencia del que dispone la lógica borrosa para representar cuantías estimadas u observadas de forma difusa, su núcleo es un intervalo de confianza [132].

Los números borrosos triangulares constituyen una versión más simplificada del concepto general de número difuso y son un caso particular de número borroso trapezoidal cuyo núcleo es un valor cierto [133]. Puede definirse como aquel subconjunto borroso que se haya formado por una secuencia finita o infinita de intervalos de confianza. Sus funciones son lineales, puede ser definido mediante la terna (a_1, a_2, a_3) , donde a_1 es el valor pequeño más posible, a_2 el valor de mayor pertinencia o central y a_3 el valor más elevado posible.

Las funciones de pertenencia para este número triangular están dadas por (4):

$$m_A(x) = 0, x < a_1 \tag{4}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\
&= \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\
&= 0, & x > a_3
\end{aligned}$$

Se representa gráficamente como se muestra en la Figura 2.

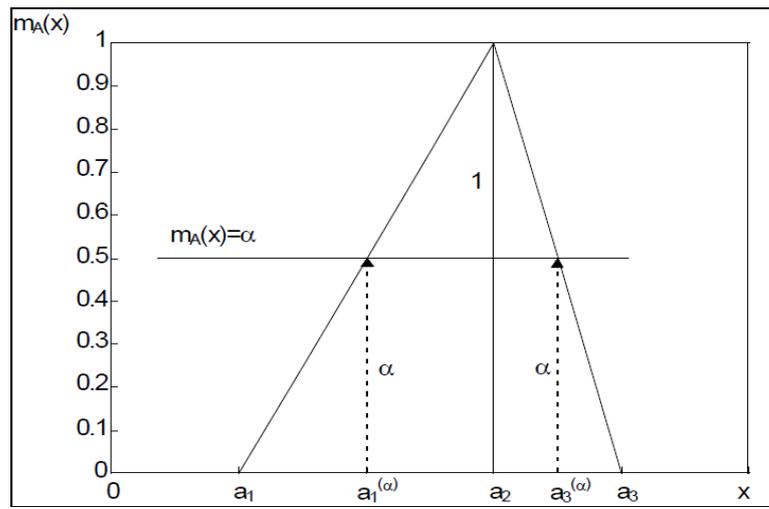


Figura 2 Representación gráfica de un número borroso triangular

De igual manera se define un número difuso triangular, definiendo el intervalo de confianza de nivel α como sigue:

Dado un número $\alpha \in [0,1]$ y un conjunto borroso \tilde{A} , se define el conjunto de nivel α o α – corte de \tilde{A} como el conjunto \tilde{A}_α cuya función característica se define (5):

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (5)$$

El α – corte se compone de aquellos elementos cuyo grado de pertenencia supera o iguala el umbral α .

$$\tilde{A}_\alpha = [a_1^{(\alpha)}, a_3^{(\alpha)}] = [a_1 + (a_2 - a_1)\alpha, a_3 - (a_3 - a_2)\alpha], \forall \alpha \in [0,1]$$

Las operaciones básicas y generales con los números borrosos triangulares se muestran en el Anexo 1. Dentro de las investigaciones que relacionan estos números con el análisis de

criterios económicos y financieros se destacan [71], [134], [70, 131], [135], [128], [136], [137], [138]. A partir de aplicaciones concretas se muestran como ventajas de su utilización que consideran todos los valores posibles a tomar por una variable y trabaja con ellos para poder llegar al resultado final [136]. Adicionalmente un número borroso asocia dos conceptos: el de intervalo de confianza que se halla ligado a la noción de incertidumbre y el de nivel de presunción ligado a la percepción del individuo, es decir, a la noción de valuación [133]. Realizar operaciones con este principio permite trabajar con información basada en la percepción lo que es ajustable para los criterios económicos [128]. Los intervalos de confianza darán mayor o menor certeza de la información, mientras menor sea éste mayor será la certeza y viceversa [137].

La autora de la investigación considera que los NBTs son un medio para lidiar con entornos de incertidumbre. Si se adaptan los criterios económicos tradicionales para realizar análisis de factibilidad se pueden obtener resultados más flexibles por las ventajas que se resumen a continuación de los números borrosos triangulares:

- Se sustentan en la lógica borrosa (supera el principio del tercero excluido).
- Permiten trabajar tanto con la terna (a_1, a_2, a_3) como con un intervalo $[a_1, a_3]$.
- Permiten estudiar distintos escenarios, modificando los niveles de presunción (α) .
- Modelan la vaguedad e imprecisión en la estimación de los gastos e ingresos.
- Evitan la pérdida de información que se produce cuando se trabaja con promedios ocultando valores extremos.
- Ofrecen un intervalo de confianza al evaluador y ayudan a una mejor interpretación de la realidad de las operaciones financieras y de sus posibles resultados.

1.2.2.2 Computación con palabras para realizar análisis de factibilidad

La computación con palabras (CWW), se rige bajo el enfoque de unificación de la información heterogénea en valores lingüísticos utilizando diferentes funciones de transformación para obtener una valoración final lingüística para establecer un orden. La utilización de este método facilita la comprensión de los resultados por parte de todos los expertos que participan en el proceso de análisis [91].

La aplicación de la CWW en el análisis de factibilidad de proyectos de software, facilita operar con palabras o sentencias definidas en lenguaje natural, que pueden ser instanciadas por números, simulando el proceso cognitivo humano. Esta metodología permite fortalecer modelos de decisión en los que la información presenta imprecisión y vaguedad [139], representándose mediante variables lingüísticas.

Dentro de los enfoques vistos en la Figura 1, las ramificaciones pertenecientes a B.2 se basan sobre el paradigma de la CWW con uso de información lingüística. En el enfoque B2.i los términos lingüísticos no tienen asignada semántica, ni sintaxis, el modelo de representación está basado en implicaciones algebraicas reticulares. Solo están definidos para tratar información lingüística y numérica por lo que la unificación se realiza a través de una única función de transformación.

Por otra parte el enfoque B2.ii está basado en el modelo difuso de traslación semántica [140], trabaja también con el dominio intervalar mediante funciones de pertenencia trapezoidales. Este enfoque no tiene en cuenta la pérdida de información que se produce en la agregación. Por último el enfoque B.2.i.i.i basado en el modelo lingüístico 2-tupla [141], supera la pérdida de la información que se produce en la agregación de los modelos anteriores. Este modelo intenta mejorar el modelo simbólico clásico [142], del enfoque lingüístico difuso. Se ha utilizado satisfactoriamente para tratar información: lingüística multigranular [143],

lingüística no balanceada [144] y heterogénea [145] y para el tratamiento a la incertidumbre [146-149]. Los pasos fundamentales que se realizan para la fusión de los valores lingüísticos son:

1. Selección del Conjunto Básico de Términos Lingüísticos (CBTL)

El operar sobre este tipo de información heterogénea, implica su modelado en un marco común de expresión para poder operar sobre ella. Este proceso consiste en unificar la información de entrada en un único dominio de expresión. Se lleva a cabo utilizando conjuntos difusos sobre el dominio lingüístico CBTL, y simbolizado por S_T . En este dominio se representa toda la información de entrada suministrada por los expertos y se transforma en información homogénea mediante conjuntos difusos. La selección del CBTL no es aleatoria, sino que tiene en cuenta los dominios utilizados en el problema.

2. Transformación en un Conjunto Difuso

Existen diferentes funciones de transformación que convierten la información heterogénea de entrada en conjuntos difusos, por lo que estas transformaciones se realizarán utilizando procesos de comparación entre conjuntos difusos. Para transformar la información de entrada se utilizan medidas de semejanza. Las funciones de transformación son definidas por Herrera [145].

3. Transformación de Conjuntos Difusos sobre el CBTL en 2-tuplas Lingüísticas del CBTL

La función de transformación $x: F(S_T) \rightarrow S_T x [-0.5, 0.5] = \check{S}$ que transforma los conjuntos difusos sobre el CBTL en 2-tuplas lingüísticas pertenecientes al CBTL. Una vez que todos los valores han sido unificados en 2-tuplas, la agregación puede realizarse utilizando los

operadores de agregación. Seguidamente, los valores de preferencia colectiva son ordenados según los operadores de comparación.

El modelo lingüístico basado en 2-tupla es utilizado en diversas áreas del conocimiento [39], así como en áreas de Gestión de Proyectos e Ingeniería de software. En Cuba se destacan un grupo de investigaciones que lo han utilizado [22], [101], [150], [151] para resolver problemas asociados a la informática.

A partir del estudio realizado de los enfoques para tratar la incertidumbre y unificar información heterogénea se destaca el modelo lingüístico basado en 2-tupla siendo el más adecuado para aplicar en los análisis de factibilidad de proyectos de software para evaluar criterios por los siguientes elementos:

- Evita la pérdida de información que se produce en los modelos anteriores de CWW.
- Permite una representación continua de la información lingüística en su dominio.
- Permite representar cualquier recuento de información obtenida en un proceso de agregación.
- Su modelo computacional basado en la traslación simbólica facilitando los procesos de computación con palabras.
- Posee extensiones para diferentes contextos, entre ellos para la manipulación de información heterogénea.

Conclusiones parciales del capítulo

Se presentan a continuación las conclusiones parciales del capítulo:

- Los análisis de factibilidad ayudan a identificar aquellos proyectos que tienen mayor probabilidad de éxito contribuyendo a una mejor identificación de riesgos en etapas

tempranas del proyecto.

- El análisis de factibilidad en proyectos de software se puede considerar un problema de toma de decisiones que se desarrolla en un entorno de incertidumbre lo cual hace necesario modificar los métodos tradicionales de cálculo de los criterios y potenciar su interpretabilidad.
- La mayoría de los métodos tradicionales no manejan la incertidumbre del contexto y solo analizan la factibilidad desde perspectivas aisladas con bajo nivel de integración.
- No hay una definición clara de los criterios recomendados para escenarios de desarrollo de software.
- Las técnicas de soft computing constituyen una alternativa viable para el tratamiento de la incertidumbre y de información heterogénea en los análisis de factibilidad ya que contribuyen a modelar la imprecisión y a mejorar la capacidad de predicción de la factibilidad del proyecto de software.

CAPÍTULO 2
MODELO PARA EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN
PROYECTOS DE SOFTWARE

2 CAPÍTULO: MODELO PARA EL ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD EN PROYECTOS DE SOFTWARE

En el presente capítulo se fundamenta y describe el modelo propuesto. Se especifican sus características y premisas, así como los escenarios en los que se puede aplicar. Se describen los componentes, así como los procesos para su instrumentación. Por último, se ofrecen las conclusiones parciales del capítulo.

2.1 Conceptualización del modelo propuesto

Un modelo puede definirse como una representación simplificada de la realidad que permite un entendimiento del objeto de estudio para resolver un problema determinado y representarlo como un enfoque sistémico [152]. La construcción del modelo parte del diseño metodológico que agrupa toda la investigación.

El modelo planteado se ha denominado MFac-PS, propone el análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre, a partir de la evaluación de criterios económicos, técnicos, comerciales y sociales utilizando técnicas de soft computing. Se propone aplicar en la conceptualización del proyecto con el objetivo de conocer si se desarrolla el mismo.

Los **principios** del MFac-PS son:

- Capacidad adaptativa para ser integrado con nuevos criterios de evaluación y algoritmos que permitan obtener resultados más detallados y certeros del análisis de factibilidad en proyectos de software.
- Carácter estratégico para la organización, ya que posibilita una mejor predicción de la factibilidad e integralidad de la información en el análisis para la toma de

decisiones en el desarrollo de proyectos informáticos.

- Flexibilidad para su generalización en organizaciones desarrolladoras de software.

Las **características** del MFac-PS son:

- Define criterios de evaluación para realizar el análisis de factibilidad en proyectos de software en las áreas: económica, técnica, comercial y social.
- Propone el análisis de criterios con información heterogénea posibilitando la evaluación en diferentes dominios de expresión.
- Realiza tratamiento de la incertidumbre del entorno, utilizando técnicas de soft computing para el cálculo de los criterios del análisis de factibilidad.

Las **premisas** para la aplicación del modelo son:

- Voluntad de la organización para realizar el análisis de factibilidad antes de iniciar el proyecto de software.
- Información base del proyecto que posibilite el cálculo de criterios en el análisis de factibilidad de proyectos de software.
- Existencia de personal calificado para la instrumentación del modelo.

Puede ser aplicado en los siguientes **escenarios**:

- Para realizar el análisis de factibilidad de un solo proyecto de software.
- Para realizar el análisis de factibilidad de varios proyectos de software.

Los **componentes** del modelo son:

- Componente “**Definición de criterios evaluación**”: define los criterios de evaluación a considerar en los análisis de factibilidad en proyectos de software.

- Componente “**Recopilación de datos para la evaluación**”:
- Componente “**Evaluación de criterios**”:
- Componente “**Respuesta integral**”:

La Figura 3 muestra una vista del MFac-PS con la interacción de sus componentes

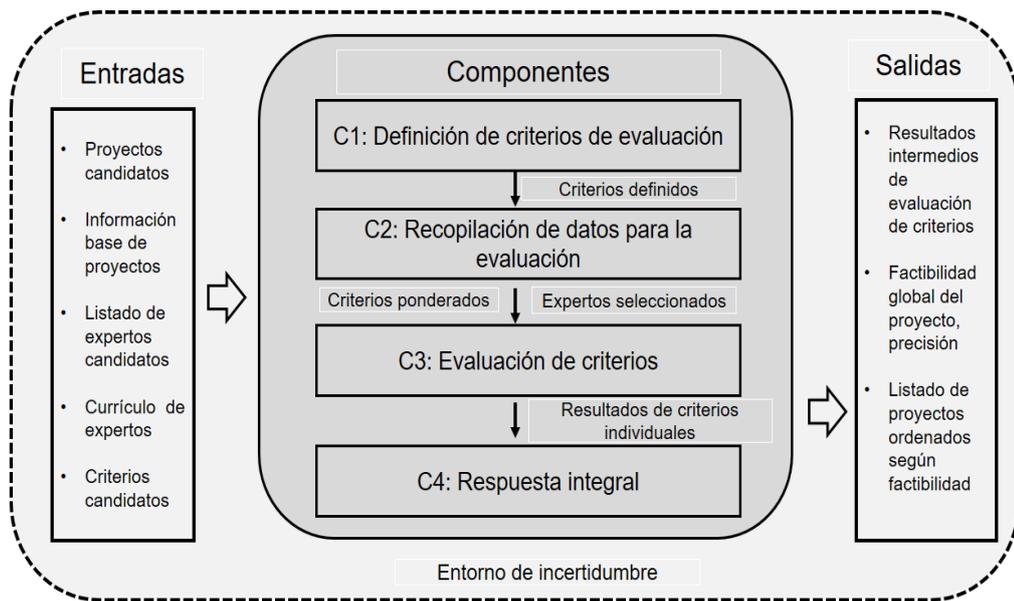


Figura 3 Vista del Modelo de análisis de factibilidad de proyectos de software en entornos de incertidumbre

A continuación se describen los componentes que conforman el MFac-PS, así como los procesos para su instrumentación.

2.2 Componente 1: Definición de criterios de evaluación

Entradas: Listado de profesionales a participar en el proceso y descripción del contexto

Salidas: Listado de criterios de factibilidad definidos

Descripción general

En el componente se definen los criterios de factibilidad para evaluar proyectos de software, éstos constituyen la cantera para la selección de criterios de evaluación cada vez que se realice un análisis de factibilidad de proyectos de software. Para realizar la propuesta se aplican combinaciones de técnicas tradicionales [22, 101, 153-155] y el método de modelado lingüístico 2-tuplas con el propósito de disminuir la incertidumbre. Es importante la descripción del contexto objeto de análisis por su influencia en la evaluación de los criterios

2.2.1 Pasos para la instrumentación del componente

Paso 1. Definición de requisitos para la selección de expertos.

Paso 2. Selección de expertos participantes.

Paso 3. Definición de criterios de factibilidad para evaluar proyectos de software.

Paso 4. Conceptualización de criterios.

2.2.1.1 Descripción detallada del Paso 1, definición de requisitos de expertos.

En este paso se obtienen los requisitos que debe tener un trabajador de la industria del software para considerarse experto en análisis de factibilidad en proyectos de software. Se aplica la técnica Delphi. Se sugieren las siguientes actividades:

Actividad 1: Consultar a los participantes para que enuncien los requisitos que en su opinión deben evaluarse para catalogar a un experto en el área.

Actividad 2: Consultar a los participantes para que evalúen los requisitos obtenidos en la actividad anterior. Seguir el Algoritmo 1

Actividad 3: Obtener listado de requisitos para que un trabajador vinculado al desarrollo de software pueda ser seleccionado como experto.

Algoritmo 1 Evaluar requisitos de trabajador de software usando el modelo 2-tuplas

Entradas:

R - Requisitos candidatos para seleccionar a los expertos $r_q \in R : q \in [1..z]$

V - Conjunto de participantes evaluadores. $v_l \in V : l \in [1..L]$

Salidas: Listado de requisitos R_e seleccionados para la evaluación de los expertos.

1. Inicio
2. Definir como conjunto básico de términos lingüísticos para la evaluación de los expertos (CBTL) $S_T = \{MPC, PC, MC, C, MC\}$ ¹. (Figura 4).
3. Para cada requisito $r_q \in R$ hacer
4. Para cada participante evaluador $v_l \in V$ hacer
5. Emitir preferencias de participante v_l sobre el requisito r_q usando una escala lingüística de cinco etiquetas (Figura 4). Se construye la matriz de evaluación, donde cada elemento M_{ql} representa la evaluación del riesgo q por parte del participante l .
6. Fin del ciclo paso 4
7. Calcular el q -ésimo elemento R_q de evaluación de requisitos tal que R_q representa la evaluación agregada de los participantes del requisito r_q , una vez aplicado el método 2-tuplas.
8. Fin del ciclo paso 3
9. A partir del análisis del vector V_R , ordenar los requisitos según su evaluación y seleccionar los requisitos R_e que finalmente se considerarán para evaluar a los expertos.
10. Devolver el listado de requisitos R_e seleccionados.
11. Fin del algoritmo

¹ Etiquetas lingüísticas:

MPC: muy poco considerable, PC: poco considerable, MC: medianamente considerable, C: considerable, MC: muy considerable

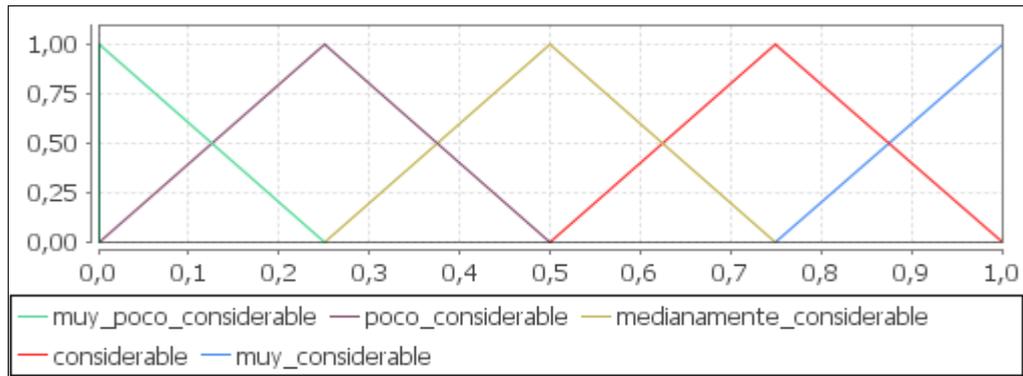


Figura 4 Etiquetas lingüísticas utilizadas para evaluar los criterios para seleccionar expertos.

2.2.1.2 Descripción detallada del Paso 2, selección de expertos.

El objetivo de este paso es seleccionar a los expertos que se emplearán en el análisis de factibilidad considerando los requisitos R_e identificados en el paso anterior. Para ello se pueden aplicar métodos como “Análisis de síntesis curricular” o el “Método de evaluación de competencias”[22]. En este paso se sugieren las siguientes actividades:

Actividad 1: Revisar síntesis curricular de candidatos y las competencias

Actividad 2: Validar evidencias de competencias y síntesis curricular de candidatos.

Actividad 3: Seleccionar a los expertos evaluarán la factibilidad.

2.2.1.3 Descripción detallada del Paso 3, definición de criterios de factibilidad.

Para instrumentar el paso se combina el uso de los métodos: análisis bibliográfico, el método Delphi [156]y el método 2-tuplas [141]. Las actividades propuestas se describen a continuación:

Actividad 1: Identificar un conjunto de criterios candidatos para el análisis.

Actividad 2: Aplicar ronda del método Delphi, una encuesta (Anexo 5) abierta donde los expertos pueden proponer nuevos criterios.

Actividad 3: Evaluar los criterios candidatos por parte de los expertos (Anexo 5) empleando el Algoritmo 1 con un CTL2 de siete etiquetas lingüísticas (Figura 5).

Actividad 4: Eliminar criterios que hayan sido evaluados con la etiqueta *no_considerar*.

Actividad 5: Obtener listado criterios base, a aplicar en el contexto en cuestión.

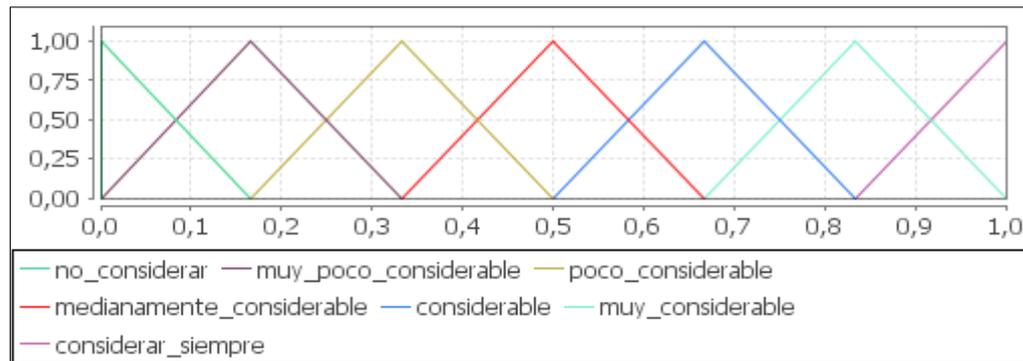


Figura 5 Etiquetas lingüísticas utilizadas para valorar los criterios de evaluación de proyectos.

2.2.1.4 Descripción detallada del Paso 4, conceptualización de criterios

El objetivo de este paso es lograr una definición clara de cada criterio: su descripción, dominio (Anexo 7). Para ello se aplica el método del Grupo Focal [157] en un solo equipo.

La secuencia de actividades para el trabajo en equipo son las siguientes

Actividad 1: Realizar primera sesión para explicar objetivo de trabajo y presentar los criterios base obtenidos en el Paso 3.

Actividad 2: Presentar propuesta de dominio para cada criterio.

Actividad 3: Realizar sesión final donde el grupo focal perfecciona lo presentado en la Actividad 2 y realiza recomendaciones para el trabajo con los criterios.

Actividad 4: Realizar ronda de valoraciones mediante encuesta del Anexo 8.

² Etiquetas lingüísticas:

NC: no considerar, MPC: muy poco considerable, PC: poco considerable, MC: medianamente considerable, C: considerable, MC: muy considerable, CS: considerar siempre

Actividad 5: Obtener listado final de criterios base para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software en el contexto en análisis.

2.3 Componente 2: Recopilación de datos para la evaluación

Entradas: Listado de proyectos candidatos con su información base, listado de expertos con su currículum, listado de criterios de evaluación candidatos

Salidas: Listado de expertos participantes, listado de criterios seleccionados y ponderados, información base para la evaluación de los proyectos

Descripción general: En este componente se recolecta la información necesaria para realizar el análisis de factibilidad en los proyectos de software. Se muestra en la Figura 6

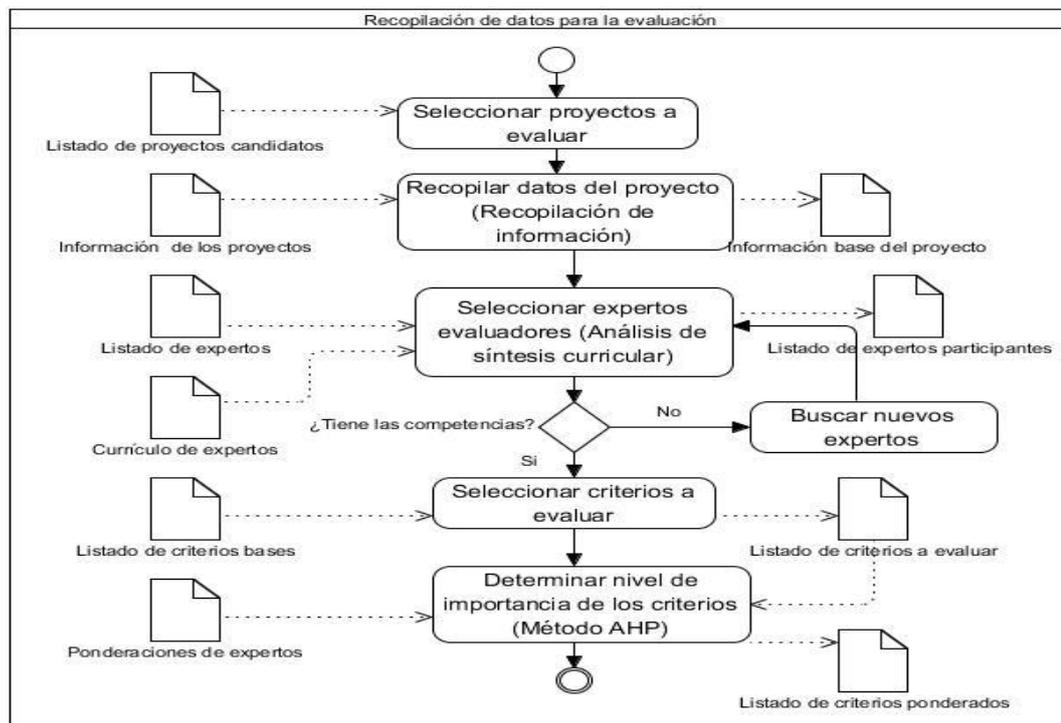


Figura 6 Actividades del proceso Definición de Información base

2.3.1 Pasos para la instrumentación del componente

Paso 1. Seleccionar conjunto de proyectos a analizar $P = \{p_y \mid y \in (1, \dots, s)\}$.

Paso 2. Recopilar datos de los P proyectos, relevante para el análisis de factibilidad, a partir de su alcance preliminar, la fundamentación y tomando como guía los criterios base definidos en el componente 1.

Paso 3. Seleccionar conjunto de expertos evaluadores $E = \{e_i \mid i \in (1, \dots, n)\}$ que participarán en el proceso de análisis, se recomienda que sean los mismos seleccionados en el componente 1, aunque también pueden ser otros.

Paso 4. Seleccionar criterios $C = \{c_j \mid j \in (1, \dots, m)\}$ a evaluar a partir del listado definido en el componente 1 del modelo MFac-PS, considerando el contexto de análisis específico.

Paso 5. Determinar nivel de importancia de los criterios W^c a través de la matriz de comparación por pares para elementos de un mismo nivel del método Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) [102].

2.3.1.1 Descripción detallada del Paso 3, seleccionar conjunto de expertos evaluadores.

En este paso se seleccionan los expertos evaluadores a participar en el análisis de factibilidad de proyectos de software. Se seleccionan tantos expertos como se considere por áreas de criterios, pueden coincidir los expertos si tienen experticia en las diferentes áreas. Se sugieren las siguientes actividades descritas en el epígrafe 2.2.1.1

2.3.1.2 Descripción detallada del Paso 5, determinar importancia de los criterios.

En este paso se determina el nivel de importancia de los criterios, a partir de calcular los pesos $W^c = (w^{c_j} \mid j \in (1, \dots, m))$, seleccionados en el paso anterior. Para instrumentar el paso se propone seguir el Algoritmo 2 que se describe a continuación

Algoritmo 2 Determinar nivel de importancia de criterios

Entradas:

C- listado de criterios. $c_j \in C: j \in [1 \dots m]$

E - Conjunto de expertos. $e_i \in E : i \in [1..n]$

Salidas: W^c – listado de pesos de criterios. $w^{c_j} \in W^c : j \in [1..m]$

1. *Inicio*

2. *Para cada experto $e_i \in E$ hacer*

3. *Para cada criterio $c_j \in C$ hacer*

4. *Definir la puntuación del criterio c_j , comparándolo con el resto, aplicando el juicio de expertos.*

Se construye paulatinamente una matriz $n \times m$, con la puntuación de cada criterio por los expertos donde cada celda tiene valores entre 0 y 1.

5. *Fin del ciclo paso 3*

6. *Fin del ciclo paso 2*

7. *Para cada criterio $c_j \in C$ hacer*

8. *Calcular el peso del criterio c_j , w^{c_j} a partir de calcular el promedio geométrico de las puntuaciones dadas por los expertos.*

Se cumple que $\sum_{j=1}^m w^{c_j} = 1$, [38], [39].

9. *Fin del ciclo paso 7*

10. *Fin del algoritmo*

2.4 Componente 3: Evaluación de criterios de factibilidad

Para la instrumentación del componente se definieron dos subprocesos uno para realizar el cálculo de los criterios económicos y el segundo para evaluar todos los criterios. Se realizan de manera consecutiva. A continuación se detallan los pasos y algoritmos que los conforman.

2.4.1 Subproceso cálculo de criterios económicos.

Entradas: Información económica básica del proyecto y su entorno

Salidas: Valores de los NBTs para los criterios $VAN(\widetilde{p}, c, o)$, $TIR(\widetilde{p}, c, o)$, $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$,

Valor de cada CEB calculado mediante estimación por tres valores.

Descripción general

Para realizar la evaluación de los criterios económicos se realiza una propuesta de modificación de los métodos económicos tradicionales deterministas utilizando las propiedades de los números borrosos triangulares por sus múltiples ventajas [37, 158]. En la Figura 7 se muestran las principales actividades del subproceso.

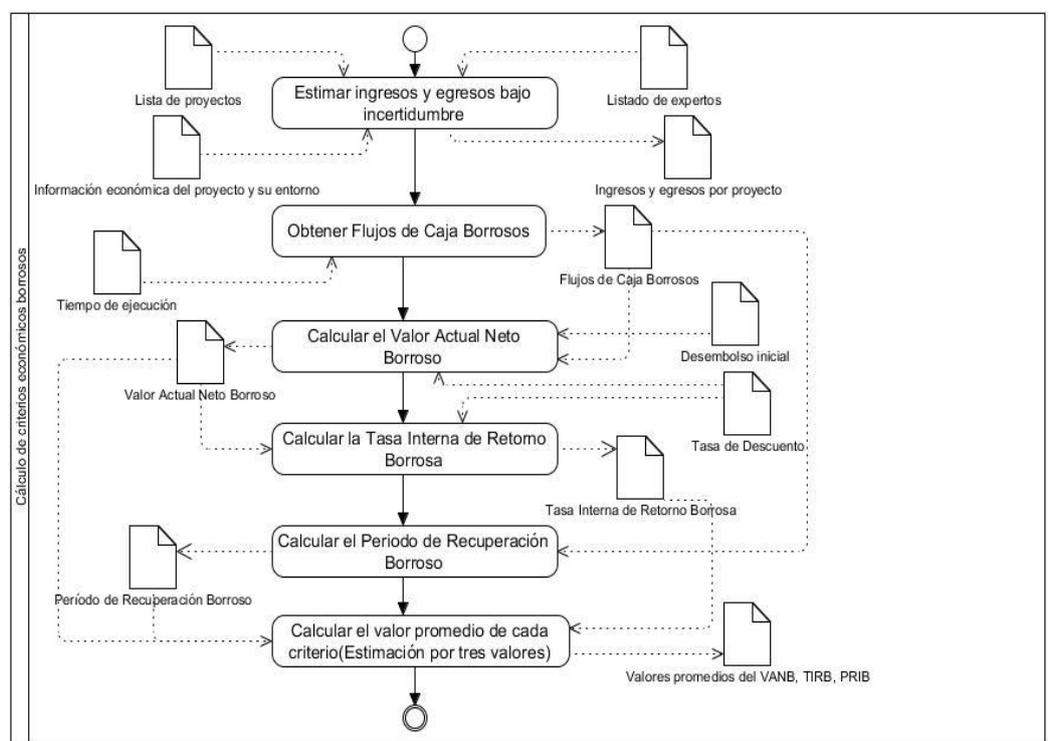


Figura 7 Diagrama de actividades para el cálculo de los criterios económicos borrosos

2.4.1.1 Pasos para la instrumentación del subproceso

Paso 1. Estimar los ingresos y egresos bajo incertidumbre.

Paso 2. Obtener los Flujos de Caja Borrosos $FC(\widetilde{p}, c, o)$.

Paso 3. Calcular el Valor Actual Neto Borroso $VAN(\widetilde{p}, c, o)$, y el valor unificado

Paso 4. Calcular la Tasa Interna de Retorno Borrosa $TIR(\widetilde{p}, c, o)$, y el valor unificado

Paso 5. Calcular el Período de Recuperación Borroso $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$, y el valor unificado

2.4.1.1.1 Descripción detallada del Paso 1, estimar los ingresos y egresos

Los expertos estiman los ingresos y egresos que pueden ocurrir durante el ciclo de vida del proyecto, considerando los escenarios: pesimista, más certero o base y el optimista. Esto permite manejar las variaciones que se produzcan en elementos como: la estabilidad de la fuerza de trabajo (y su calificación), el precio de los materiales directos e indirectos; así como la ocurrencia de riesgos que impacten en el cronograma, el alcance o la calidad [158].

2.4.1.1.2 Descripción detallada del Paso 2, obtener los flujos de caja borrosos.

Para la discusión de este paso, se presenta la siguiente definición.

Definición 2.1: El flujo de caja borroso $FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)$ es la sucesión de t números borrosos triangulares que expresan la diferencia entre los cobros y pagos generados por el proyecto en cada uno de sus (t) periodos de operación ($FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_t$), desde que se efectúa el primer gasto de inversión ($t = 0$) hasta que la misma es liquidada o sustituida al final de su vida útil ($t = n$), considerando tres posibles escenarios (pesimista, más certero y optimista), y se define según (6).

$$FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o) = \{FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_0, FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_1, \dots, FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_n\} \quad (6)$$

Para un periodo de operación t el flujo de caja borroso $FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_t$ se obtiene según la ecuación (7), a partir de calcular el saldo borroso \widetilde{S} (ecuación 8) y el impuesto borroso \widetilde{I}_p (ecuación 9).

$$FC(\widetilde{p}, \widetilde{c}, o)_t = -\widetilde{A} + (\widetilde{S} - \widetilde{P}) + \widetilde{V}_r + \widetilde{D} \quad (7)$$

$$\widetilde{S} = \widetilde{I}_n + \widetilde{B}_e - \widetilde{E} - \widetilde{D} \quad (8)$$

$$\widetilde{P} = \widetilde{S} \times \widetilde{f}_{imp} \quad (9)$$

Donde:

\widetilde{A} : Gastos de inversión estimados para el periodo t . $\widetilde{A} = (a_p, a_c, a_o)$.

\tilde{S} : Saldo estimado para el periodo t . $\tilde{S} = (s_p, s_c, s_o)$.

\tilde{I}_n : Ingresos estimados para el periodo t . $\tilde{I}_n = (i_p, i_c, i_o)$.

\tilde{B}_e : Beneficios extraordinarios estimados para el periodo t . $\tilde{B}_e = (b_p, b_c, b_o)$.

\tilde{E} : Egresos estimados para el periodo t . $\tilde{E} = (e_p, e_c, e_o)$.

\tilde{D} : Depreciación estimada para el periodo t . $\tilde{D} = (d_p, d_c, d_o)$.

\tilde{P} : Impuesto sobre utilidades estimado para el periodo t . $\tilde{P} = (p_p, p_c, p_o)$.

\tilde{f}_{imp} : Factor estimado para el periodo t . $\tilde{f}_{imp} = (f_p, f_c, f_o)$.

\tilde{V}_r : Valor residual de la inversión estimado para el periodo t . $\tilde{V}_r = (v_p, v_c, v_o)$.

Generalmente para el caso de $t = 0$ (periodo cero del proyecto) solo se efectúa la inversión inicial \tilde{A} y se tiene que $\tilde{S} = \tilde{I}_p = \tilde{V}_r = \tilde{D} = 0$, por lo que para $t = 0$, $FC(\tilde{p}, \tilde{c}, \tilde{o})_0 = -\tilde{A}$.

Se considera apropiado tratar todas las variables del flujo de caja como número borroso triangular debido a dos razones fundamentales: 1) representan valores estimados y por tanto tienen presencia de incertidumbre y 2) la relación de dependencia entre ellas provoca que si una es imprecisa las que se obtengan a partir de esa también lo sean. Por ejemplo, los gastos de inversión \tilde{A} condicionan la depreciación \tilde{D} , el valor residual \tilde{V}_r y los beneficios extraordinarios \tilde{B}_e .

Utilizando el principio de extensión es posible expresar un número borroso triangular mediante sus conjuntos de nivel o α -cortes. Con estos se obtienen intervalos de confianza $[x_1, x_3]$ asociado a un nivel de presunción (α). Lo que permite plantear que dado un NBT $\tilde{X} = (x_1, x_2, x_3)$ se tiene que $\forall \alpha \in [0,1]$ sus α -cortes se expresan según (10).

$$\tilde{X}_\alpha = [x_{1\alpha}, x_{3\alpha}] = [x_1 + (x_2 - x_1)\alpha, x_3 - (x_3 - x_2)\alpha] \quad (10)$$

Dónde: para $\alpha = 0$, $\tilde{X}_{\alpha=0} = [x_{1\alpha=0}, x_{3\alpha=0}] = [x_1, x_3]$, mientras que

para $\alpha = 1$, $\tilde{X}_{\alpha=1} = [x_{1_{\alpha=1}}, x_{3_{\alpha=1}}] = [x_2, x_2]$

Con las operaciones definidas para los números borrosos triangulares utilizando sus α -cortes (Anexo 1) se trabaja sobre las ecuaciones (7) a (9) que representan las variables en intervalos de confianza y se obtienen las ecuaciones (11) a (13)

$$FC(\widetilde{p}, c, o)_\alpha = [fc_{p_\alpha}, fc_{o_\alpha}] = [-a_{p_\alpha} + (s_{p_\alpha} - p_{o_\alpha}) + v_{p_\alpha} + d_{p_\alpha}; -a_{o_\alpha} + (s_{o_\alpha} - p_{p_\alpha}) + v_{o_\alpha} + d_{o_\alpha}] \quad (11)$$

$$\tilde{S}_\alpha = [s_{p_\alpha}, s_{o_\alpha}] = [(i_{p_\alpha} + b_{p_\alpha} - e_{o_\alpha} - d_{o_\alpha}); (i_{o_\alpha} + b_{o_\alpha} - e_{p_\alpha} - d_{p_\alpha})] \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \tilde{P} = [p_{p_\alpha}, p_{o_\alpha}] = & [\min(s_{p_\alpha} \times f_{p_\alpha}; s_{p_\alpha} \times f_{o_\alpha}; s_{o_\alpha} \times f_{p_\alpha}; s_{o_\alpha} \times f_{o_\alpha}); \\ & \max(s_{p_\alpha} \times f_{p_\alpha}; s_{p_\alpha} \times f_{o_\alpha}; s_{o_\alpha} \times f_{p_\alpha}; s_{o_\alpha} \times f_{o_\alpha})] \quad (13) \end{aligned}$$

A partir del $FC(\widetilde{p}, c, o)$ se pueden calcular los criterios económicos borrosos que se discuten en los pasos siguientes. En el Anexo 11 se presenta una propuesta de las variables que deben considerarse en un FC para un proyecto informático como activo intangible.

2.4.1.1.3 Descripción detallada del Paso 3, calcular el valor actual neto borroso.

Para la discusión de este paso, inicialmente se presenta la siguiente definición.

Definición 2.2: *El valor actual neto borroso $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ es el número borroso triangular que expresa el valor actualizado de los flujos de caja borrosos $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ generados por un proyecto durante su vida útil (n), considerando tres posibles escenarios (pesimista, más certero y optimista) en los que se maneja una tasa de descuento borrosa \tilde{k} , y se define según (14).*

$$VAN(\widetilde{p}, c, o) = \sum_{t=0}^n \frac{FC(\widetilde{p}, c, o)_t}{(1+\tilde{k})^t} \quad (14)$$

Donde:

$FC(\widetilde{p}, c, o)_t$: Flujo de caja borroso para el periodo de operación (t).

\tilde{k} : Tasa de descuento borrosa ($k_0 < k_c < k_p$).

Dada la naturaleza de los flujos de caja borrosos y la tasa de descuento borrosa, el procedimiento para obtener el $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ presenta cuatro casos diferentes. Seguidamente se discutirá cada uno y se formalizará el cálculo de su valor. Para esto se utilizarán los α -cortes según se expresa en la ecuación (10).

Inicialmente se analiza el caso que la autora considera básico. En este se asume que el $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ es convencional (tiene un solo cambio de signo) y la \tilde{k} se considera constante para toda la vida útil n del proyecto. De esa manera, $\forall t | 0 \leq t \leq n$ el $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ es monótonamente decreciente respecto a \tilde{k} y se calcula según la ecuación (15).

$$VAN(\widetilde{p}, c, o) = [VAN_{p_\alpha}; VAN_{o_\alpha}] = \left[\sum_{t=0}^n \frac{(fc_{p_t})_\alpha}{(1+k_{p_\alpha})^t}; \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{o_t})_\alpha}{(1+k_{o_\alpha})^t} \right] \quad (15)$$

Sin embargo para el caso donde el $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ no es convencional (cambia de signo más de una vez), aunque la \tilde{k} sea constante para toda la vida útil n del proyecto, no puede garantizarse la relación monótona decreciente entre el $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ y la \tilde{k} . Esto se debe a que pueden aparecer valores de $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ que produzcan puntos de inflexión. En este caso los valores de VAN_{p_α} y VAN_{o_α} se obtienen mediante las ecuaciones (16) y (17).

$$VAN_{p_\alpha} = \text{Min} \left\{ \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{p_t})_\alpha}{(1+k_{o_\alpha})^t}, \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{p_t})_\alpha}{(1+k_{p_\alpha})^t} \right\} \quad (16)$$

$$VAN_{o_\alpha} = \text{Max} \left\{ \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{o_t})_\alpha}{(1+k_{o_\alpha})^t}, \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{o_t})_\alpha}{(1+k_{p_\alpha})^t} \right\} \quad (17)$$

El tercer caso es en el que el $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ es convencional pero la \tilde{k} se considera variable para cada periodo t de la vida útil n del proyecto. En este caso se procede como en el caso 1 pero considerando la variabilidad de \tilde{k} , los valores de VAN_{p_α} y VAN_{o_α} se obtienen mediante las ecuaciones (18) y (19) respectivamente.

$$\widetilde{VAN}_{p\alpha}^{k_p} = (fc_{p0})_{\alpha} + \frac{(fc_{p1})_{\alpha}}{1+k_{p\alpha}^1} + \frac{(fc_{p2})_{\alpha}}{(1+k_{p\alpha}^1)(1+k_{p\alpha}^2)} + \dots + \frac{(fc_{pn})_{\alpha}}{(1+k_{p\alpha}^1)(1+k_{p\alpha}^2)(1+k_{p\alpha}^n)} \quad (18)$$

$$\widetilde{VAN}_{o\alpha}^{k_o} = (fc_{o0})_{\alpha} + \frac{(fc_{o1})_{\alpha}}{1+k_{o\alpha}^1} + \frac{(fc_{o2})_{\alpha}}{(1+k_{o\alpha}^1)(1+k_{o\alpha}^2)} + \dots + \frac{(fc_{on})_{\alpha}}{(1+k_{o\alpha}^1)(1+k_{o\alpha}^2)(1+k_{o\alpha}^n)} \quad (19)$$

Finalmente se analiza el caso en el que $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ no es convencional y la \widetilde{k} se considera variable para cada periodo t de la vida útil n del proyecto. En este los intervalos del $\widetilde{VAN}(\widetilde{p}, c, o)$ se obtienen de determinar el mínimo entre las ecuaciones (18) y (20) y el máximo entre las ecuaciones (19) y (21).

$$\widetilde{VAN}_{p\alpha}^{k_o} = (fc_{p0})_{\alpha} + \frac{(fc_{p1})_{\alpha}}{1+k_{o\alpha}^1} + \frac{(fc_{p2})_{\alpha}}{(1+k_{o\alpha}^1)(1+k_{o\alpha}^2)} + \dots + \frac{(fc_{pn})_{\alpha}}{(1+k_{o\alpha}^1)(1+k_{o\alpha}^2)(1+k_{o\alpha}^n)} \quad (20)$$

$$\widetilde{VAN}_{o\alpha}^{k_p} = (fc_{o0})_{\alpha} + \frac{(fc_{o1})_{\alpha}}{1+k_{p\alpha}^1} + \frac{(fc_{o2})_{\alpha}}{(1+k_{p\alpha}^1)(1+k_{p\alpha}^2)} + \dots + \frac{(fc_{on})_{\alpha}}{(1+k_{p\alpha}^1)(1+k_{p\alpha}^2)(1+k_{p\alpha}^n)} \quad (21)$$

2.4.1.1.4 Descripción detallada del Paso 4, calcular tasa interna de retorno borrosa.

Para la discusión de este paso, inicialmente se presenta la siguiente definición.

Definición 2.3: La tasa interna de retorno borrosa $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ es el número borroso triangular que expresa la tasa de descuento borrosa que iguala el valor actual de la corriente de cobros con el valor actual de la corriente de pagos, considerando tres posibles escenarios (pesimista, más certero y optimista) y se define como (22).

$$TIR(\widetilde{p}, c, o) = [TIR_{p\alpha}; TIR_{o\alpha}] = \left[r_1^p + \frac{(VAN_p^p)_{\alpha} (r_2^p - r_1^p)}{(VAN_p^p)_{\alpha} + |(VAN_n^p)_{\alpha}|}; r_2^o + \frac{(VAN_o^o)_{\alpha} (r_2^o - r_1^o)}{(VAN_p^o)_{\alpha} + |(VAN_n^o)_{\alpha}|} \right] \quad (22)$$

Donde:

r_1^p : Tasa de actualización en la que el VAN^p es positivo ($(VAN_p^p)_{\alpha}$) y se aproxima a cero.

r_2^p : Tasa de actualización en la que el VAN^p es negativo ($(VAN_n^p)_{\alpha}$) y se aproxima a cero.

r_1^o : Tasa de actualización en la que el VAN^o es positivo ($(VAN_p^o)_{\alpha}$) y se aproxima a cero.

r_2^o : Tasa de actualización en la que el VAN^o es negativo ($(VAN_n^o)_{\alpha}$) y se aproxima a cero.

VAN_p^p : Valor positivo del VAN pesimista más cercano a cero, actualizado con r_1^p .

VAN_n^p : Valor negativo del VAN pesimista más cercano a cero, actualizado con r_2^p .

VAN_p^o : Valor positivo del VAN optimista más cercano a cero, actualizado con r_1^o .

VAN_n^o : Valor negativo del VAN optimista más cercano a cero, actualizado con r_2^o .

Para calcular la $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ por medio de sus α -cortes, se deben calcular las tasas de descuento (r_1^x y r_2^x) que más aproximan a cero cada uno de los extremos del $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ hasta que estos toman su último valor positivo y su primer valor negativo. Luego el valor de la TIR para cada extremo se obtendrá mediante la interpolación entre ambas tasas (r_1^x y r_2^x) mediante la ecuación (22).

Utilizando este criterio debe seleccionarse el proyecto que tenga la mayor $TIR(\widetilde{p}, c, o)$. Sin embargo, esta condición no es suficiente para afirmar la factibilidad del proyecto. Se debe verificar que la $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ sea mayor que la \tilde{k} con la que se obtuvo el $VAN(\widetilde{p}, c, o)$. La diferencia entre la $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ y la \tilde{k} representa la rentabilidad neta borrosa \widetilde{R}_n por cada peso invertido en el proyecto, la que se obtiene mediante la ecuación (23).

$$\widetilde{R}_n = [(r_{np})_\alpha; (r_{no})_\alpha] = [TIR_{p\alpha} - k_{p\alpha}; TIR_{o\alpha} - k_{o\alpha}] \quad (23)$$

En el caso de proyectos en los que se considera que la \tilde{k} varía para cada uno de sus periodos de ejecución, debe plantearse una única \tilde{k} con la cual comparar la $TIR(\widetilde{p}, c, o)$. Para esto se proponen dos variantes: 1) calcular la \tilde{k} media para toda la vida útil del proyecto utilizando las operaciones de suma y división para número borroso triangular y 2) calcular una \tilde{k} que se considera fija para toda la vida útil del proyecto y con la que se obtiene el mismo valor del $VAN(\widetilde{p}, c, o)$ que se obtuvo utilizando las \tilde{k} variables para cada periodo de tiempo.

2.4.1.1.5 Descripción detallada del Paso 5, calcular período de recuperación borroso.

Para la discusión de este paso, inicialmente se presenta la siguiente definición.

Definición 2.4: El período de recuperación de la inversión descontado borroso $PRI^d(\widetilde{p}, c, o)$ es el número borroso triangular que expresa el periodo de tiempo en el que, mediante los flujos de caja borrosos descontados del proyecto se recupera la inversión realizada, considerando tres posibles escenarios (optimista, más certero y pesimista), ver (24).

$$PRI^d(\widetilde{o}, c, p) = [PRI^d_{o\alpha}; PRI^d_{p\alpha}] = \left[u_o + \frac{|(SAN_o)_\alpha|}{|(SAN_o)_\alpha| + (SAP_o)_\alpha}; u_p + \frac{|(SAN_p)_\alpha|}{|(SAN_p)_\alpha| + (SAP_p)_\alpha} \right] \quad (24)$$

$$SAN_{x\alpha} = \left(\sum_{t=0}^{u_x} \frac{(fc_{xt})_\alpha}{(1+k_{x\alpha})^t} \right) < 0 \quad (25)$$

$$SAP_{x\alpha} = -SAN_x + \frac{(fc_{xu+1})_\alpha}{(1+k_{x\alpha})^{u+1}} \quad (26)$$

Donde:

u : Períodos de tiempo con saldo acumulado negativo desde que el proyecto se inicia.

SAN : Valor del último periodo de tiempo con efecto negativo en el saldo acumulado.

SAP : Valor del primer periodo de tiempo, con efecto positivo en el saldo acumulado.

k : Tasa de descuento borrosa ($k_o < k_p$).

La ecuación (24) modela el cálculo del $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$ a partir del valor actualizado (descontado) de los $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ según la tasa de descuento borrosa \widetilde{k} . Con esto se resuelve una de las limitaciones señaladas al PRI: no considerar el valor del dinero en el tiempo. Además, como se modela la tasa de descuento como un NBT permite trabajar con todos los posibles valores de \widetilde{k} en el intervalo $[k_o; k_p]$.

Nótese que para obtener el intervalo que representa el $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$ en forma de α -cortes, en las ecuaciones (25) y (26) el subíndice x debe sustituirse por o u p según el extremo del intervalo que se calculará. El extremo inferior del intervalo (PRI^d_o) se obtiene operando con el extremo superior del flujo de caja borroso (fc_o) y el extremo inferior de la tasa de descuento

borrosa k_o . Por su parte, el extremo superior del intervalo (PRI^d_p) se obtiene operando con el extremo inferior del flujo de caja borroso (fc_p) y el extremo superior de la tasa de descuento borrosa k_p .

Utilizando este criterio el proyecto con menor $PRI^d(o, c, p)$ es más factible. No obstante, por calcularse con los $FC(\widetilde{p, c, o})_t$ descontados, cuando alguno de los extremos del $VAN(\widetilde{p, c, o})$ es negativo, el extremo correspondiente del $PRI^d(\widetilde{o, c, p})$ será mayor que el tiempo de vida útil n del proyecto. En esos casos no se recupera la inversión y por tanto el proyecto no es factible según este criterio.

Para el caso en el que la tasa \tilde{k} varía para cada periodo t de la vida útil n del proyecto, el $PRI^d(\widetilde{o, c, p})$ se obtendría según (24) pero considerando la variabilidad de \tilde{k} en las ecuaciones (25) y (26), de manera similar a como se realizó para calcular el $VAN(\widetilde{p, c, o})$.

2.4.1.2 Cálculo de los valores unificados por tres valores de los pasos 3 al 5

Para cálculo del valor unificado por tres valores de los criterios $VAN(\widetilde{p, c, o})$, $TIR(\widetilde{p, c, o})$ y $PRI(\widetilde{p, c, o})$, se propone utilizar en todos los casos la técnica paramétrica estimación por tres valores ver ecuación (27):

$$CEB_e = \frac{C_o + 4C_c + C_p}{6} \quad (27)$$

Donde:

CEB_e : Valor estimado del criterio económico borroso n

C_o : Valor optimista del criterio económico borroso n

C_c : Valor más certero del criterio económico borroso \tilde{n}

C_p : Valor pesimista del criterio económico borroso n

Esta actividad se realiza con el objetivo de poder realizar análisis económico no solo de los valores que se encuentran en el intervalo de cada criterio borroso sino también del valor crítico que pudiese tomar.

2.4.2 Subproceso evaluación cualitativa de todos los criterios.

Entradas: Listado de proyectos, listado de expertos, Valores de los números borrosos triangulares para los criterios $VAN(\widetilde{p}, c, o)$, $TIR(\widetilde{p}, c, o)$, $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$

Salidas: Valores homogéneos de los criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos expresados en 2-tuplas lingüísticas (factibilidad y precisión).

Descripción general

En este paso se evalúan todos los criterios por parte de los expertos empleando etiquetas lingüísticas, numéricos o intervalos [159]. Para el caso particular de los criterios económicos los expertos asocian a los criterios $VAN(\widetilde{p}, c, o)$, $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ y $PRI(\widetilde{p}, c, o)$ conjuntos borrosos en función del valor resultante que se obtuvo en el subproceso anterior. En la Figura 8 se muestran las principales actividades para instrumentar el subproceso.

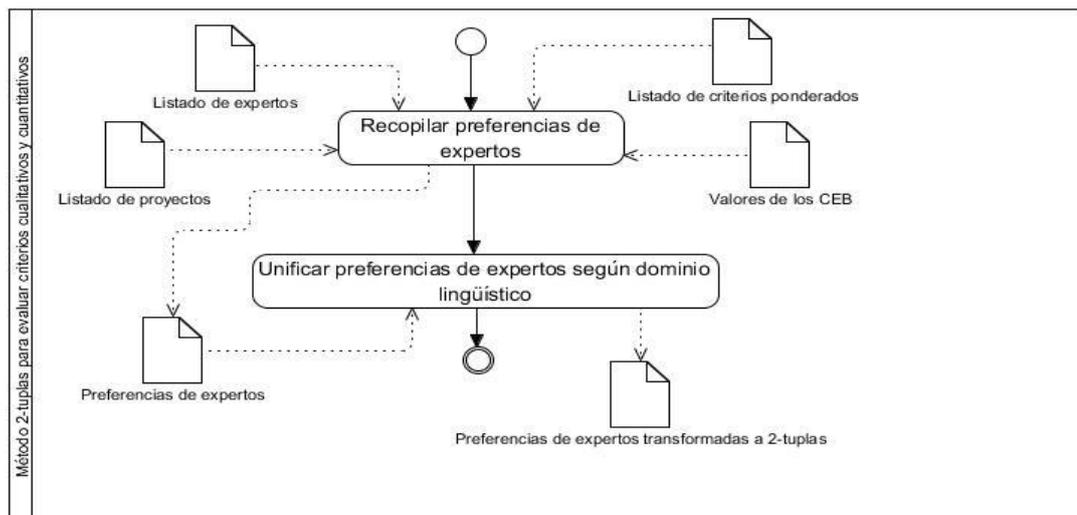


Figura 8 Evaluación de los criterios técnicos, comerciales y sociales

2.4.2.1 Pasos para la instrumentación del subproceso

Paso 1. Recopilar preferencias de expertos para todos los criterios.

Paso 2. Unificar las preferencias de los expertos convirtiendo las mismas en conjuntos borrosos triangulares.

2.4.2.1.1 Descripción detallada del Paso 1, recopilar preferencias de expertos.

En este paso se recopilan las preferencias de los expertos lo cuales emiten su evaluación de cada uno de los criterios seleccionados. En el caso de los criterios económicos, los expertos emiten su evaluación a partir de las salidas obtenidas en el epígrafe 2.4.1.1 del cálculo de los criterios económicos borrosos. Se propone el Algoritmo 3

Algoritmo 3 Evaluación de criterios de factibilidad a partir del modelo 2-tuplas

Entradas:

C- listado de criterios. $c_j \in C: j \in [1 \dots m]$

E - Conjunto de expertos. $e_i \in E: i \in [1..n]$

P- listado de proyectos. $p_y \in P: i \in [1 \dots s]$

x_j^{yi} opinión del experto e_i sobre el proyecto p_y respecto al criterio c_j .

D-dominio: “numérico” $x_j^{yi} \in D: x_j^{yi} \in [1,5]$

“Intervalar” $x_j^{yi} \in D: x_j^{yi} \in I([0,1]) = [a_j^{yi}, b_j^{yi}]$ con $a_j^{yi}, b_j^{yi} \in [0,1]$ y $a_j^{yi} \leq b_j^{yi}$

“lingüístico” $x_j^{ki} \in S = \{S_0, \dots, S_g\}$ donde $g+1$ representa la cardinalidad del Conjunto de Términos Lingüísticos (CTL) S . Cada término lingüístico $S_i \in S$ tiene asociada una función de pertenencia $\mu_{S_i}(y), y \in [0,1]$. El CTL de 5 términos. Figura 9

Salidas:

X-vector de preferencias. $x_j^{yi} \in C: x_j^{yi} \in [1 \dots x_n^{sm}]$, donde x_j^{yi} indica la opinión del experto e_i sobre el proyecto p_y de acuerdo al criterio c_j .

1. Inicio
2. Para cada proyecto p_y hacer
3. Para cada experto e_i hacer
4. Para cada criterio c_j hacer
5. Definir vector de preferencias según alguno de los tres dominios definidos.
6. Emitir el valor x_j^{yi} de evaluación experto e_i sobre el proyecto p_y respecto al criterio c_j
7. Fin del ciclo paso 4
8. Fin del ciclo paso 3
9. Fin del ciclo paso 2
10. Devolver el vector de preferencias X obtenido a partir de la evaluación de los expertos. Ver la Tabla 2.
11. Verificar concordancia de experto e_i a través de coeficiente de Kendall[160](X)
12. Fin del algoritmo

El CTL de 5 términos se propone en la Figura 9

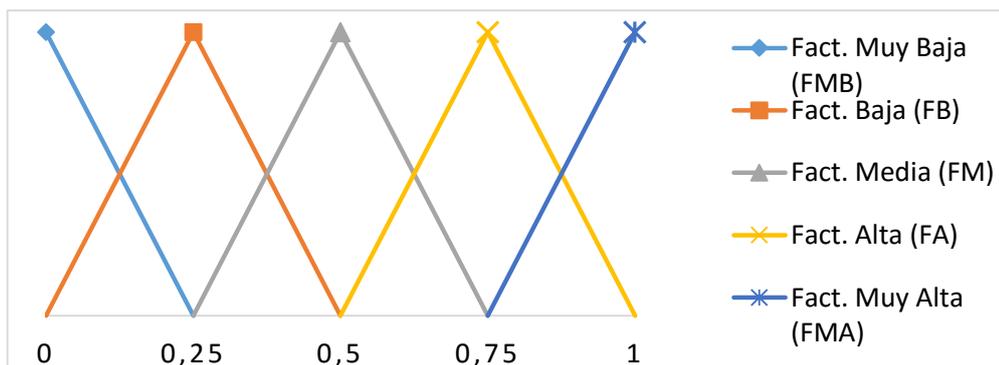


Figura 9 Conjunto de términos lingüísticos utilizados por los expertos en la evaluación

Tabla 2 Vectores de preferencia de los expertos.

Proyectos	Criterios	Expertos		
		e_1	...	e_m
p_j	c_1	x_j^{11}	...	x_j^{1m}

	c_k	x_j^{k1}	...	x_j^{km}

2.4.2.1.2 Descripción detallada del Paso 2, unificar las preferencias de los expertos.

Dada la naturaleza heterogénea de las preferencias emitidas es necesario transformarlas a un único dominio para que exista un marco común de expresión para operar sobre ella. Para ello se utiliza el dominio lingüístico, siguiendo lo propuesto por Herrera [145]. Se definen los pasos del Algoritmo 4.

Algoritmo 4 Unificar preferencias de expertos

Entradas:

X-vector de preferencias. $x_j^{y^i} \in C: x_j^{y^i} \in [1 \dots x_n^{sm}]$

CBTL- $S_T = \{NF, FMB, FB, FM, FA, FMA, FP\}$ ver Figura 10.

Salidas:

Z- vector de preferencias a partir de agregación usando 2-tuplas. $Z(F(S_T))$

1. Inicio
2. Para cada una de las preferencias $x_j^{y^i} : x_j^{y^i} \in X$, hacer
3. Transformar $x_j^{y^i}$ en un conjunto borroso $F(S_T)$ según dominio de X
4. Para transformar (T_{NS_T}) del dominio numérico al lingüístico se emplea la definición dada por Herrera en el 2005 [145] que se formaliza en:
5. $T_{NS_T}: [0, 1] \rightarrow F(S_T)$
6. $T_{NS_T}(N) = \{(S_0, \gamma_0), \dots, (S_g, \gamma_g)\}, S_i \in S_T \text{ y } \gamma_i \in [0, 1]$
7. $\gamma_i = \mu_{S_i}(N) = \begin{cases} 0, & N < a \text{ ó } N > c \\ \frac{N-a}{b-a}, & a < N < b \\ 1, & b \leq N \leq d \\ \frac{c-N}{c-d}, & d < N < c \end{cases}$
8. Para transformar (T_{IS_T}) la información intervalar se utiliza la definición correspondiente que se expresa en:
9. $T_{IS_T}: I \rightarrow F(S_T)$
10. $T_{IS_T}(I) = \{(S_k, \gamma_k^i)/k \in \{0, \dots, g\}\}$
11. $\gamma_k^i = \max_y \min\{\mu_I(y), \mu_{S_k}(y)\}$

12. Donde $F(S_T)$ es el conjunto definido en $S_T = \{S_0, \dots, S_g\}$, y $\mu_l(\cdot)$ y $\mu_{S_k}(\cdot)$ son las funciones de pertenencia asociadas con el intervalo I y el término S_k respectivamente.

13. Para transformar (T_{SS_T}) la información lingüística [145] se describe en:

14. $T_{SS_T}: S \rightarrow F(S_T)$

15. $T_{SS_T}(l_i) = \{(S_k, \gamma_k^i) / k \in \{0, \dots, g\}\} \forall l_i \in S$

16. $\gamma_k^i = \max_y \min\{\mu_{l_i}(y), \mu_{S_k}(y)\}$

17. Donde $S_T = \{S_0, \dots, S_g\}$ y $S = \{l_0, \dots, l_p\}$ son dos conjuntos difusos tal que $g \geq p$, $F(S_T)$ es el conjunto definido en, y $\mu_{l_i}(\cdot)$ y $\mu_{S_k}(\cdot)$ son las funciones de pertenencia asociadas con los términos l_i y S_k respectivamente.

18. Considerando las definiciones de traslación simbólica y 2-tuplas dadas por Herrera [141], se utilizará como función de transformación [161] que se define en (28):

$$X(F(S_T)) = \Delta \left(\frac{\sum_{j=0}^g j \gamma_j}{\sum_{j=0}^g \gamma_j} \right) = \Delta(\beta) = (S, \alpha) \quad (28)$$

19. Fin del ciclo paso 2

20. Fin del algoritmo

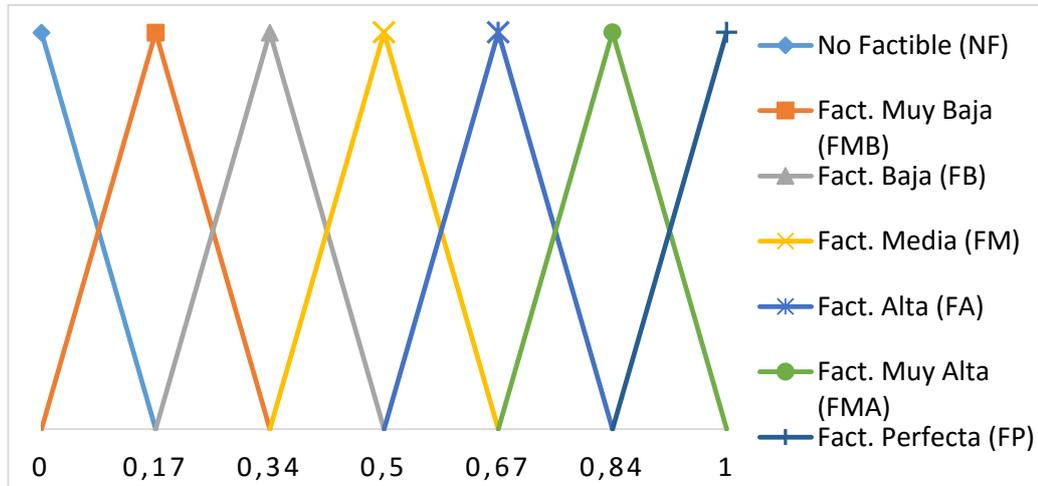


Figura 10 Conjunto básico de términos lingüísticos de siete etiquetas con su semántica asociada.

Se obtiene la información como se representa en la Tabla 3.

Tabla 3 Preferencias unificadas en 2-tuplas lingüísticas.

Proyectos	Criterios	Expertos		
		e_1	...	e_m
p_j	c_1	$(s_a, \alpha_a)_j^{11}$	...	$(s_a, \alpha_a)_j^{1m}$

	c_k	$(s_a, \alpha_a)_j^{k1}$	...	$(s_a, \alpha_a)_j^{km}$

2.5 Componente 4: Respuesta integral del modelo

Entradas: Valores homogéneos de los criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos expresados en 2-tuplas lingüísticas (factibilidad y precisión).

Salidas: Valor de la 2-tupla (término lingüístico, precisión) que representa el valor de factibilidad global de cada proyecto integrando todos los criterios evaluados, Listado de proyectos ordenados según su factibilidad global en 2-tupla (término lingüístico, precisión).

Descripción general

En este componente se integran los resultados obtenidos de la evaluación de los criterios de manera independiente usando 2-tuplas, para transformar el conjunto de datos en un elemento único representativo de cada proyecto. Los resultados permiten el ordenamiento de cada proyecto según su factibilidad global [159]. En la Figura 11 se muestran las principales actividades que se realizan en el proceso así como las entradas y salidas correspondientes.

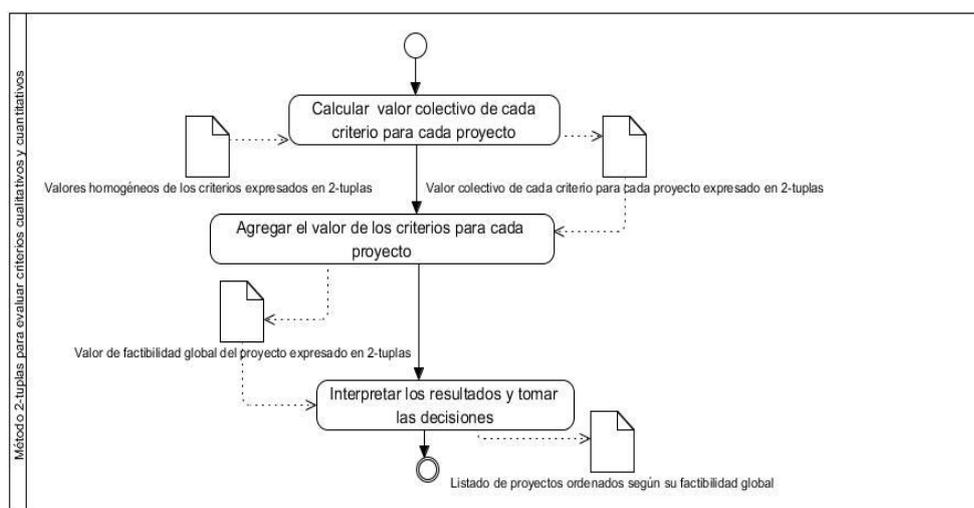


Figura 11 Flujo de actividades del proceso respuesta integral del modelo

2.5.1 Pasos para la instrumentación del componente

Paso 1. Calcular valor colectivo de cada criterio para cada proyecto usando 2-tuplas

Paso 2. Agregar el valor de los criterios para cada proyecto usando 2-tuplas.

Paso 3. Interpretar los resultados y tomar las decisiones.

2.5.1.1 Descripción detallada del Paso 1, calcular valor colectivo de cada criterio.

En este paso se agregan las preferencias de todos los expertos para obtener el valor colectivo de cada criterio para cada proyecto evaluado. Se utiliza el operador Media Aritmética Extendida [141], que significa el punto de equilibrio del conjunto de valores y que se formaliza en (29):

$$\Phi(x) = \Delta\left(\frac{1}{m}\sum_{i=1}^m \Delta^{-1}((S_i, \alpha_i))\right) = \Delta\left(\frac{1}{m}\sum_{i=1}^m \beta_i\right) \quad (29)$$

Como resultado se obtiene la 2-tupla lingüística que simboliza el valor medio de cada criterio para cada proyecto y la precisión de esa información, como se muestra en la columna “valores colectivos de los criterios” de la Tabla 4.

Tabla 4. Valores colectivos de los criterios y evaluación global de los proyectos.

Proyectos	Criterios	Expertos			Valores colectivos de los criterios	Evaluación de los proyectos (factibilidad, precisión)
		e_1	...	e_m		
p_j	c_1	$(s_a, \alpha_a)_j^{11}$	...	$(s_a, \alpha_a)_j^{1m}$	$(s_b, \alpha_b)_j^1$	$(s_c, \alpha_c)_j$
	
	c_k	$(s_a, \alpha_a)_j^{k1}$	...	$(s_a, \alpha_a)_j^{km}$	$(s_b, \alpha_b)_j^k$	

2.5.1.2 Descripción detallada del Paso 2, agregar el valor de los criterios para cada proyecto.

Para agregar el valor de los criterios de cada proyecto se considerando su peso. Se utiliza el operador Media Ponderada Extendida [141]. La agregación mediante este operador se formaliza en (30):

$$\Psi(x) = \Delta \left(\frac{\sum_{i=1}^m w_i \Delta^{-1}((s_i, \alpha_i))}{\sum_{i=1}^m w_i} \right) = \Delta \left(\frac{\sum_{i=1}^m w_i \beta_i}{\sum_{i=1}^m w_i} \right) \quad (30)$$

Como resultado de este paso se obtiene la 2-tupla que representa el valor de factibilidad de cada proyecto y la precisión de esa información, tal y como se muestra en la última columna de la Tabla 4. La 2-tupla que representa la factibilidad de cada proyecto, contiene el término lingüístico correspondiente y la precisión de esa evaluación. La precisión es un valor entre $[-0.5, 0.5]$ que indica la distancia entre el punto de máxima pertenencia al termino lingüístico y el resultado de la agregación. Utilizando el valor de precisión es posible determinar la certeza de la factibilidad calculada para cada proyecto.

2.5.1.3 Descripción detallada del Paso 3, interpretar los resultados

El objetivo de este paso es analizar los resultados de evaluar en conjunto a todos los proyectos y obtener un listado ordenado de los mismos en función de su factibilidad. Para ordenar en caso de que haya más de un proyecto se deben emplear los operadores de comparación para 2-tuplas [141] que plantean que para las 2-tuplas (s_k, α_1) y (s_l, α_2) que representan dos valoraciones:

- Si $k > l$ entonces $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$
- Si $k < l$ entonces $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
- Si $k = l$ entonces:
 - Si $\alpha_1 = \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) = (s_l, \alpha_2)$
 - Si $\alpha_1 < \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) < (s_l, \alpha_2)$
 - Si $\alpha_1 > \alpha_2$ entonces $(s_k, \alpha_1) > (s_l, \alpha_2)$

A partir de este momento se pueden tomar alguna de las siguientes decisiones:

- Seleccionar los proyectos considerando solo su factibilidad total (global).
- Si dos proyectos tienen el mismo resultado de factibilidad global, podrá aumentarse el nivel de detalles ordenándolos según alguno de los criterios analizados.
- Es posible decidir sobre cada proyecto de manera individual, basando el análisis para cada uno, en los criterios más relevantes según su naturaleza y considerando además las condiciones actuales y planes futuros de la organización desarrolladora. Esto permite analizar al mismo tiempo proyectos con características diferentes en cuanto a los criterios analizados y contemplar otros elementos tales como: duración, costos, riesgos, etc.
- En caso de que haya un único proyecto se debe tomar la decisión si es factible su desarrollo o no.

Conclusiones parciales del capítulo

- En la definición de criterios de evaluación para el análisis de factibilidad se deben considerar diversas aristas para lograr una vista integrada del análisis.
- La evaluación de criterios económicos en los análisis de factibilidad mediante la propuesta de criterios económicos borrosos contribuye a una mejor interpretación y una mejor certeza en los análisis de factibilidad.
- El modelo de representación lingüística basado en 2-tuplas para la evaluación de criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos, brinda una solución favorable para la unificación y tratamiento de la información heterogénea con una mayor interpretabilidad de los resultados sin pérdida de información en el proceso.

CAPÍTULO 3

EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

3 CAPÍTULO: EXPERIMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

En el capítulo se describen los resultados de validación del MFac-PS analizando los resultados obtenidos a partir del empleo de varios métodos. Se realizan cuasi-experimentos para validar las variables dependientes, así como otras técnicas para valorar su aplicabilidad. Se realiza la validación de los criterios para el análisis de proyectos de software. Se realiza el análisis del impacto económico y social de la propuesta y por último se triangula la información demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Se emplearon los siguientes experimentos y métodos de validación:

- Cuasi-experimentos para la comparación del modelo propuesto con métodos tradicionales para validar la capacidad de predicción de la factibilidad y la integralidad de la información que brinda el MFac-PS.
- Estudio de casos para valorar la aplicabilidad de la propuesta en tres proyectos reales.
- Satisfacción de posibles usuarios mediante la aplicación de la técnica IADOV.
- Triangulación metodológica entre métodos para validar los resultados obtenidos.

3.1 Diseño de experimentos

En el diseño de experimentos se emplea la siguiente notación propuesta por Sampiere [162]:

G	Grupo de participantes
X	Aplicación del experimento, el tratamiento o estímulo
--	Ausencia de tratamiento (en grupo testigo o grupo control)
O	Observación

3.1.1 Descripción de la base de datos

Se experimentó con una base de datos de proyectos terminados (Feasility Dataset) publicada por el Laboratorio de investigaciones en Gestión de Proyectos de la Universidad de las Ciencias Informáticas. Está compuesta por 30 proyectos de software ya concluidos, éstos varían en el alcance y el tamaño. La descripción general de los datos se detalla en la Tabla 5, contiene la base para el cálculo de los criterios. Muestra además los valores de los criterios VAN, la TIR y el PRI de los proyectos en su conceptualización, así como los valores reales una vez finalizado. En la Tabla 5 se describe la base de datos y en el Anexo 14 se muestran las descripciones de cada uno de los campos que la conforman.

Tabla 5 Descripción de los campos de la base de datos “Feasility_Dataset”

Descripción general de los campos de la Base de datos Feasility_Dataset	
Cantidad de proyectos de software analizados	30
Cantidad de registros	221
Cantidad de atributos	38
Cantidad de atributos numéricos	25
Cantidad de atributos con palabras	13

3.1.2 Métodos utilizados para el análisis de los resultados

Para realizar el análisis de los resultados en los experimentos fue necesario utilizar una medida para conocer la distancia entre los resultados de factibilidad de los proyectos al ser evaluados con métodos tradicionales y los resultados obtenidos al aplicarle el MFac-PS. El instrumento cumple con los principios básicos propuestos por Pressman [163, 164] para realizar mediciones.

Objetivo de la medición: Conocer la predicción de la factibilidad realizada por el MFac-PS y por los métodos tradicionales. Para ello se cuenta con un listado de 30 proyectos terminados, ordenados por su factibilidad real y a partir de conocer la historia de lo que realmente pasó con los mismos. Se obtiene la lista de los proyectos ordenados por factibilidad según el método propuesto y se obtiene la lista de los proyectos ordenados según su factibilidad por los métodos tradicionales y a partir de éstos resultados se calcula la diferencia entre el resultado deseado (listado patrón) y los otros métodos empleando la Ecuación 31:

$$D_i = |R_i - S_i| \quad (31)$$

Dónde:

D_i: Diferencia

R_i: Factibilidad real de los proyectos

S_i: Factibilidad arrojada por el método

Si $D \leq 2$ se considera un grado aceptable de acierto entre lo real y lo arrojado por el método.

Se puede variar el umbral en función de la opinión de los expertos.

A partir del resultado se definen además diferentes casos a valorar:

- Casos positivos: Son aquellos donde los resultados de factibilidad del método aplicado y la realidad son similares con una $D \leq 2$.
- Casos falsos positivos: Son aquellos donde el método aplicado arroja que el proyecto es factible y en la realidad tuvo menor grado de factibilidad o fue cancelado.
- Casos falsos negativos: Son aquellos donde el método aplicado arroja que los proyectos no son factibles y en la realidad si lo fueron.

Para evaluar la capacidad de predicción de factibilidad de los métodos aplicados se utiliza también como instrumento el Error Cuadrático Medio (ECM) para los resultados arrojados en una serie de proyectos evaluados.

Para el análisis estadístico de los cuasi-experimentos se utiliza el test de Wilcoxon para comparar dos muestras relacionadas. Se consideran diferencias significativas cuando $p\text{-valor} < 0.05$. En el test de Wilcoxon se aplica el método de Monte Carlo para un 99% en el intervalo de confianza.

3.1.3 Descripción de los cuasi-experimentos

Para validar la variable dependiente “capacidad de predicción de la factibilidad”, se desarrollaron los cuasiexperimentos 1 y 2. Se evalúan 30 proyectos de software de la base de datos “Feasility Dataset”, a la cual se le aplican los métodos tradicionales y el MFac-PS con el objetivo de demostrar la superioridad del mismo respecto a lo existente.

3.1.3.1 Diseño de Cuasi-experimentos para la variable capacidad de predicción de la factibilidad

Cuasi-experimento 1: Prueba en la base de datos “Feasility Dataset”

Objetivo: Se cuenta con el listado patrón de los 30 proyectos según la factibilidad como se explicó antes. Se aplican el método propuesto y los métodos tradicionales obteniéndose dos listados diferentes de los proyectos según el orden de factibilidad. Estos dos listados son comparados con el patrón calculándose las diferencias entre la posición real (deseada) y el valor que se obtiene en cada listado. Estas diferencias son representadas como muestras que son comparadas con el test estadístico de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.

Diseño:

G_1	--	O_1
G_2	X	O_2

Descripción de las variables:

- G_1 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le calculan los criterios VAN, TIR, PRI.
- G_2 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le calcula los criterios borrosos $(VAN(\widetilde{p}, c, o), TIR(\widetilde{p}, c, o), PRI^d(\widetilde{o}, c, p))$
- O_1 : Medición del error cuadrático medio obtenido luego de calcular los criterios VAN, TIR y PRI a los proyectos.
- X : Aplicación de los criterios borrosos económicos al grupo de proyectos G_2 .
- O_2 : Medición del ECM obtenido luego de calcular los criterios económicos borrosos $VAN(\widetilde{p}, c, o), TIR(\widetilde{p}, c, o), PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$.

Cuasi-experimento 2: Prueba en la base de datos “Feasibility Dataset”

Objetivo: Evaluar la capacidad de predicción de factibilidad del MFac-PS para los criterios técnicos, comerciales y sociales, respecto a los métodos tradicionales de evaluación, se aplican ambos métodos obteniéndose dos listados diferentes de los proyectos según el orden de factibilidad. Estos dos listados son comparados con el patrón calculándose las diferencias entre la posición real (deseada) y el valor que se obtiene en cada listado. Estas diferencias son representadas como muestras que son comparadas con el test estadístico de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.

Diseño:	G_1	--	O_1
	G_2	X	O_2

Descripción de las variables:

- G_1 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le aplica el método ponderación de matrices.
- G_2 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le aplica el método de 2-tuplas.

- O_1 : Medición de la diferencia obtenida respecto a la factibilidad real de los proyectos, luego de evaluar con el método ponderación de matrices
- X: Aplicación del modelo de representación lingüístico 2-tupla para la evaluación de los criterios técnicos, comerciales y sociales al G_2
- O_2 : Medición de la diferencia obtenida respecto a la factibilidad real de los proyectos, luego de evaluar el método 2-tupla a los criterios técnicos, comerciales y sociales.

En el proceso de evaluación de los criterios participan 5 expertos seleccionados por su síntesis curricular, participan en la evaluación de ambos grupos. A los expertos se les realiza una explicación inicial de la investigación y se les detalla cada uno de los pasos a seguir. Se evalúan un total de 12 criterios.

3.1.3.2 Diseño de Cuasi-experimentos variable “integralidad de la información”

Cuasi-experimento 3: Prueba en la base de datos “Feasility Dataset”

Objetivo: Evaluar la integralidad de la información brindada por el MFac-PS y por los métodos tradicionales luego de ser aplicados a los mismos proyectos de la base de datos. Se obtienen dos listados diferentes de los proyectos según el orden de factibilidad. Estos dos listados son comparados con el patrón calculándose las diferencias entre la posición real (deseada) y el valor que se obtiene en cada listado. Estas diferencias son representadas como muestras que son comparadas con el test estadístico de Wilcoxon para dos muestras relacionadas.

Diseño:	G_1	--	O_1
	G_2	X	O_2

Descripción de las variables:

- G_1 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le aplican FACTCOM [30] y MPROI [31].

- G_2 : Grupo de 30 proyectos a lo que se le aplica el MFac-PS.
- O_1 : Medición de la diferencia obtenida respecto a la factibilidad real de los proyectos, luego de evaluar con los métodos tradicionales los criterios.
- X: Aplicación del MFac-PS al grupo de participantes.
- O_2 : Medición de la diferencia obtenida respecto a la factibilidad real de los proyectos, luego de evaluar el MFac-PS.

3.1.3.3 Resultados Cuasi-experimentos variable capacidad de predicción de la factibilidad

Cuasi-experimento 1:

La comparación de los métodos tradicionales con el método propuesto arrojó que los criterios económicos borrosos en todos los casos fue superior a los métodos tradicionales, obteniéndose por el método propuesto un mayor número de casos positivos, ver Anexo 15.

Se calcula el error cuadrático medio (ECM) en la predicción de cada uno de los métodos aplicados y se obtienen los resultados de la. Figura 12

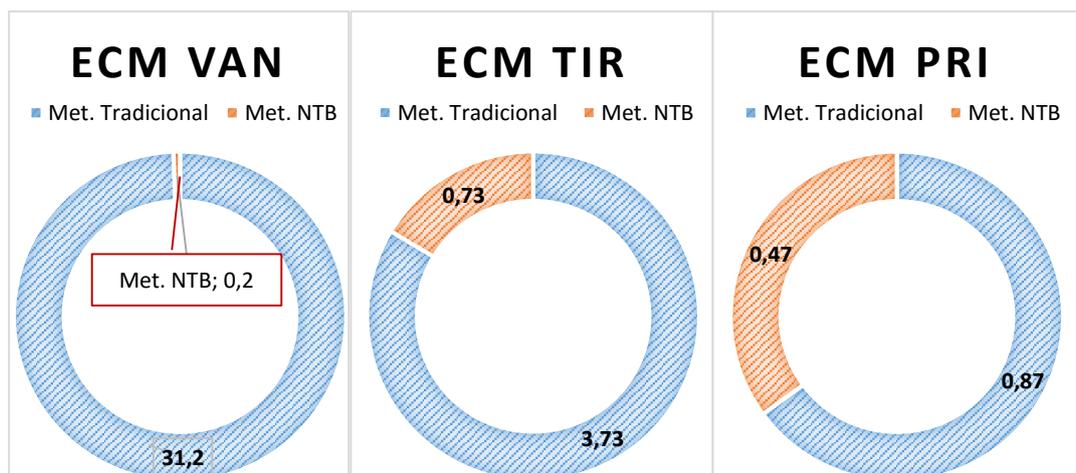


Figura 12 Resultados del ECM cuasi-experimento

Para el criterio económico borroso $\widetilde{VAN}(p, c, o)$ el ECM fue de 0,2, mientras que para este mismo criterio evaluado de forma tradicional el ECM fue de 31, 20. Mientras que el ECM para el criterio $TIR(p, c, o)$ fue de 0,73 y para este mismo criterio de forma tradicional fue de 3, 73 existiendo una mayor precisión con el método propuesto. Para el criterio $PRI^d(o, c, p)$ el ECM fue de 0,47, mientras que para el PRI de forma tradicional fue de 0,87. Para todos los casos los resultados fueron superiores con el los criterios económicos propuestos.

Respecto a la media y a la desviación estándar existen mejores resultados con el VAN con números borrosos triangulares ($\widetilde{VAN}(p, c, o)$), existiendo uniformidad en los resultados arrojados. En la Tabla 6 se muestran los resultados de la aplicación del test para el criterio VAN.

Los valores inferiores a 0.05 obtenidos indicaron diferencias significativas en la variable capacidad de predicción de la factibilidad, mostrándose un aumento de esta variable al evaluarse el proyecto informático con el criterio económico borroso ($\widetilde{VAN}(p, c, o)$). Al realizarse la comparación con el resultado real del proyecto del criterio VAN, las distancias obtenidas fueron significativamente menores que al calcular el mismo criterio con el método tradicional. Estos resultados brindan una mayor confianza en la predicción de la factibilidad de un proyecto ya que considera un grupo de limitaciones de los métodos tradicionales.

De igual manera se realiza el test de Wilcoxon para los criterios TIR y PRI. En el Anexo 15 se muestran los resultados. Para la TIR existe también diferencia significativa para la variable valorada y en el caso del PRI existen diferencias, pero no significativas.

Tabla 6 Resultados del test de Wilcoxon bajo simulación de Monte Carlo para la variable “capacidad de predicción de la factibilidad del criterio VAN”

	D_van_m.trad_vs_real - D_van_nbt_vs_real
Z	-3,491(a)
Sig. asintótica (bilateral)	,000
Sig. Monte Carlo (bilateral)	,000
99% Intervalo de Confianza	
Límite inferior	,000
Límite superior	,001
Monte Carlo Sig. (1-unilateral)	,000
99% Intervalo de Confianza	
Límite inferior	,000
Límite superior	,000

a. Basado en rangos positivos.

b. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo.

c. Se basa en 10000 tablas de muestras con una semilla de inicio 299883525.

Resultados cuasi-experimento 2

Para la aplicación del cuasi-experimento se aplicó el método tradicional ponderación de matrices, paralelamente se aplicó el método de 2-tuplas propuesto en el MFac-PS para evaluar el grupo de 30 proyectos de la base de datos los criterios. Los resultados obtenidos por ambos métodos fueron ordenados y comparados con la medida establecida respecto a los resultados reales de los proyectos. En el Anexo 16 se muestran los resultados En la Figura

13se muestran los resultados de las diferencias obtenidas con cada método respecto al orden real de factibilidad de los proyectos.

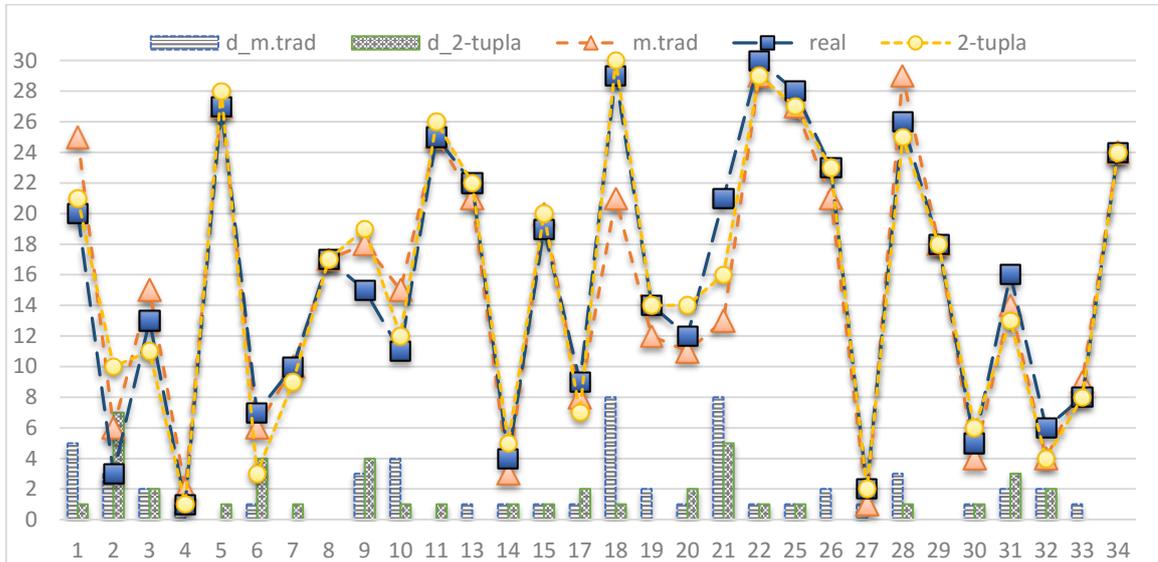


Figura 13 Resultados cuasi-experimento 2

A partir de los resultados obtenidos se evidencia que el método propuesto basado en 2-tuplas para evaluar los criterios técnicos, comerciales y sociales tiene una mayor capacidad de predicción de la factibilidad que los resultados arrojados por el método tradicional. Al realizarse una revisión de todos los proyectos evaluados se evidencia que los criterios con mayor influencia en los resultados fue el asociado a los recursos humanos. En la concepción de los proyectos existía alta disponibilidad de los recursos humanos, sin embargo, durante el desarrollo este criterio tuvo variaciones por lo que hay un aumento de los costos por este concepto, dada la necesidad de contratar a otras personas que no estaban planificadas.

Para realizar un análisis más detallado de los resultados se debe tener en cuenta el tipo de caso que arrojó cada método para cada proyecto y las diferencias existentes respecto a la factibilidad real de los mismos. De igual manera se pueden revisar las valoraciones emitidas por los expertos para cada método.

Al realizarse el cálculo del para el método de ponderación de matrices da un ECM de 7,6 mientras que para el método de 2-tuplas propuesto da un ECM de 4,7 existiendo una mejor predicción de los resultados con la propuesta realizada. En la Figura 14 se muestran los resultados del ECM de cada uno de los métodos aplicados.

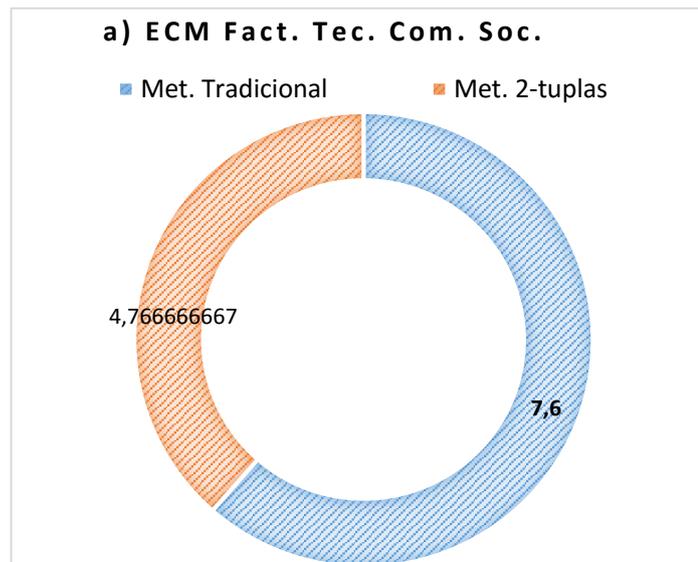


Figura 14 Valores del Error cuadrático medio para el cuasi experimentos 2

Adicionalmente se aplicó el test no paramétrico de Wilcoxon para dos muestras relacionadas que se muestra en el Anexo 16. El resultado obtenido muestra diferencias en los resultados arrojados por cada método.

3.1.3.4 Resultados Cuasi-experimento variable integralidad de la información

Al realizar el Cuasi-experimento se pretende demostrar que el MFac-PS brinda como factibilidad global una evaluación del proyecto de software más integral a partir de los criterios propuestos. En la concepción del método FACTCOM [30] se evalúan inicialmente solo las aristas técnica y la comercial, si éstos criterios son factibles se procede a realizar la evaluación económica. Luego de aplicar cada uno de los métodos se obtienen los resultados que se muestran en la Figura 15 y Figura 16 que evidencian la superioridad del MFac-PS,

los resultados tienen una mejor predicción de la factibilidad e integran todos los criterios propuestos. A diferencia del método tradicional el MFac-PS también incorpora criterios sociales y tiene en cuenta el valor de los criterios económicos borrosos aunque éstos no hayan arrojado resultados buenos. Esta característica brinda al decisor la posibilidad de realizar el análisis del proyecto aunque no sea factible económicamente ya que el mismo pudiese tener un mayor impacto social y por tanto ser ejecutado.

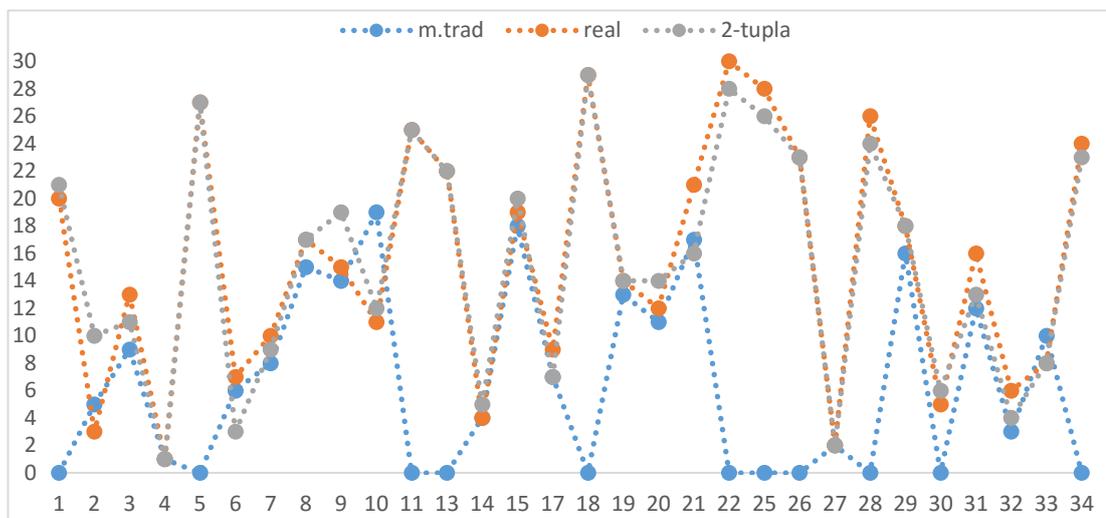


Figura 15 Orden de factibilidad real de cada método evaluado respecto al real

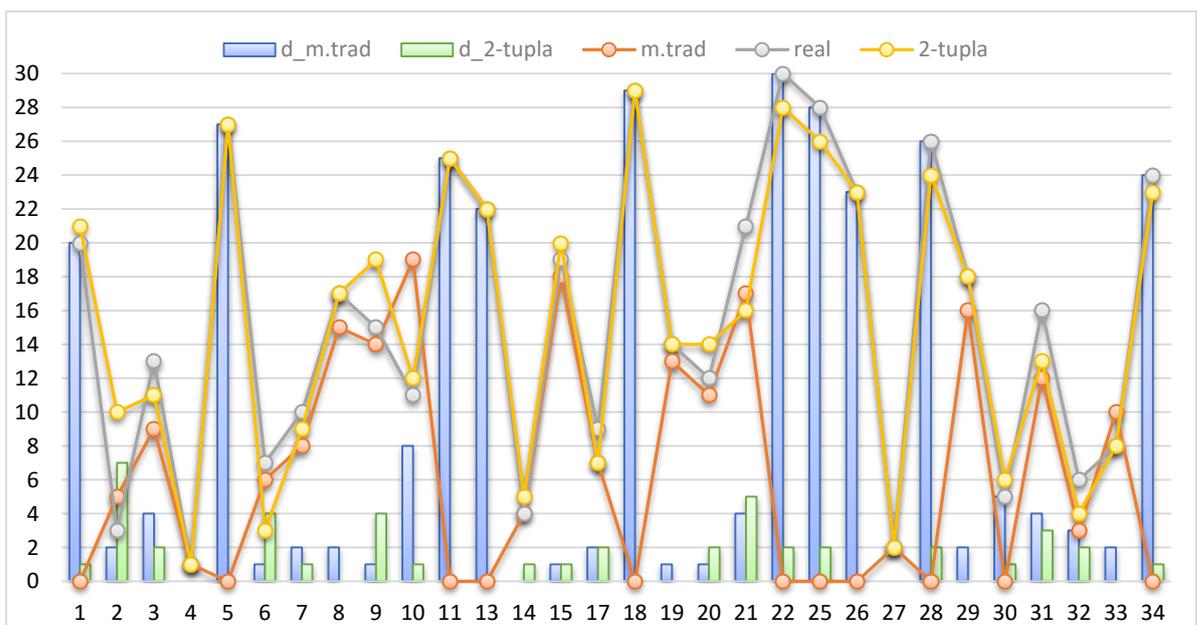


Figura 16 Orden de factibilidad de los métodos y distancia del real

Igualmente se determinó el número de proyectos que arrojaron los tipos de casos positivos, falsos negativos y falsos positivos arrojados por cada método (Anexo 16). Con la aplicación del MFac-PS existe un menor número de casos falsos negativos y falsos positivos lo que demuestra la correcta predicción de la factibilidad con la propuesta.

También se calcula el ECM para los resultados arrojados por cada método, para el grupo de los 30 proyectos. El ECM con los métodos tradicionales muestra un valor de 223,96 mientras que el modelo propuesto tiene un ECM de 5. La marcada diferencia está dada porque de los 30 proyectos evaluados con el método tradicional, el mismo método arroja que 11 proyectos no sean desarrollados luego de ser evaluada su factibilidad técnica y comercial, sin embargo después de obtener una evaluación más integral incluyendo también criterios económicos queda demostrado que estos proyectos generan ingresos y son rentables, por eso la necesidad de realizar una evaluación integral de toda la información disponible.

Para determinar las diferencias significativas, se aplicó el test no paramétrico de Wilcoxon. Los resultados mostraron que la media y la desviación estándar del MFac-PS son menores que las del método tradicional. En la Tabla 7 se muestran los resultados finales de la aplicación del test de Wilcoxon para cada una de las muestras.

Tabla 7 Resultados del test de Wilcoxon bajo simulación de Monte Carlo para la variable “integralidad de la información”

	D_evalFGlobal_2tupla_vs_real - D_evalFGlobal_m.trad_vs_real
Z	-3,145(a)
Sig. asintótica (bilateral)	,002

Sig. Monte Carlo (bilateral)	Sig.		,001
	Intervalo de confianza a 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,002
Sig. Monte Carlo (unilateral)	Sig.		,001
	Intervalo de confianza a 99%	Límite inferior	,000
		Límite superior	,001

- Se basa en rangos positivos.
- Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo.
- Se basa en 10000 tablas de muestras con una semilla de inicio 1502173562.

Los valores inferiores a 0.05 indicaron diferencias significativas de la variable luego de evaluar la factibilidad global de los proyectos de software con cada uno de los métodos

3.2 Valoración de la aplicabilidad del modelo en entornos reales

Para valorar la aplicabilidad del MFac-PS se aplicó la técnica de IADOV [165] utilizada para validar investigaciones [166]. En el área de las Ciencias Informáticas se observa un uso creciente en los últimos años [167],[166],[153],[21],[168],[154] [169].

Los criterios que utiliza la técnica se fundamentan en las relaciones que se establecen entre tres preguntas cerradas y dos abiertas cuya relación el encuestado desconoce. Las tres preguntas cerradas se relacionan a través de lo que se denomina "Cuadro Lógico de Iadov". El resultado de la interrelación entre las tres preguntas cerradas indica la posición de cada

sujeto en la escala de satisfacción. Los criterios que componen la escala de satisfacción son los siguientes: (1) Muy satisfecho, (2) Más satisfecho que insatisfecho, (3) No definida, (4) Más insatisfecho que satisfecho, (5) Clara insatisfacción y (6) Contradictoria.

La técnica [165] define el índice de satisfacción grupal (ISG) para calcular el índice de satisfacción el cual arroja un valor entre +1 y -1. Si el valor se encuentra entre -1 y -0,5 indica insatisfacción; si está comprendido entre -0,49 y +0,49 evidencia contradicción y se ubica entre +0,5 y +1 indica que existe satisfacción.

Para el desarrollo de esta técnica se aplicó una encuesta (Anexo 12) con cuatro preguntas cerradas y dos abiertas. Las respuestas obtenidas permitieron conocer el grado de satisfacción en cuanto a:

- La medida en que los criterios para el análisis de factibilidad de proyectos de software propuestos cubren las necesidades de sus organizaciones.
- La medida en que el modelo MFac-PS se adecua a las necesidades de sus organizaciones para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software.

Se aplicó el instrumento a 23 usuarios del modelo. Esta muestra fue seleccionada de manera intencional con el propósito de involucrar a la mayor cantidad posible de áreas y actores relacionados con el proceso de desarrollo de software. La distribución de especialistas consultados por áreas, se ofrece en la Tabla 8 y los códigos de las áreas y los roles de los encuestados aparecen en la Tabla 9

Tabla 8. Áreas y roles representados en la encuesta de satisfacción de usuarios.

Código	Área	Código	Rol
DTTC	Dirección de Transferencia de Tecnologías y Conocimientos	Dir.	Directivos
DGPry	Dirección Gestión Proyectos	EGCm	Especialista gestión comercial
DGP	Dirección General Producción	EGCal	Especialista gestión de calidad
CEGEL	Centro de Gobierno Electrónico	EGPry	Especialista gestión de proyectos
CEIGE	Centro de Informatización de Gestión de Entidades	Líder	Líder de Proyecto
CDAE	Centro de desarrollo de Arquitecturas Empresariales		

Tabla 9. Cantidad de participantes en encuesta de satisfacción, por áreas y roles.

Áreas	Roles					Subtotal
	Dir.	EGCm	EGCal	EGPry	Líder	
DTTC	2	4	-	-	-	6
DGPry	1	-	-	3	-	4
DGP	1	-	-	-	-	1
CEGEL	1	1	1	-	1	4
CEIGE	1	1	1	-	1	4
CDAE	1	1	1	-	1	4
Subtotal	7	7	3	3	3	Total = 23

Las preguntas uno, cuatro y seis de la encuesta fueron utilizadas para conformar el cuadro lógico de Iadov como se observa en la Figura 17.

¿En qué medida el modelo propuesto satisface sus necesidades para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software?	¿Considera usted que se deben realizar los estudios de factibilidad de proyectos de software sin utilizar un modelo que incluya criterios técnicos, comerciales, económicos y sociales; y que maneje la incertidumbre presente en las valoraciones humanas?								
	No			No sé			Sí		
	¿Utilizaría usted el modelo desarrollado para realizar los análisis de factibilidad de proyectos de software en su institución?								
	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No	Sí	No sé	No
Me satisface mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me satisface tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me es indiferente	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Más insatisfecho que satisfecho	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me satisface nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No sé qué decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Figura 17. Cuadro lógico de Iadov, adaptado para esta investigación a partir del original.

La distribución de los resultados individuales, según la escala de satisfacción, se reflejan en la Tabla 10, reflejan un ISG de 0,804. Este valor, al situarse entre +0,5 y +1, implica satisfacción (ver Figura 18), por lo que se interpreta como una valoración positiva del modelo MFac-PS.

Tabla 10. Ubicación de los encuestados, según escala de satisfacción.

Escala	Significado	Resultado	%
1	Muy satisfecho	16	70,00
2	Más satisfecho que insatisfecho	5	22,00
3	No definida	1	4,00
4	Más insatisfecho que satisfecho	0	0,00
5	Clara insatisfacción	0	0,00
6	Contradictoria	1	4,00
	Total	23	



Figura 18. El ISG obtenido indica satisfacción según los rangos de valoración del ISG.

En las respuestas a las preguntas complementarias, los encuestados aportaron varios criterios de interés. Se destacan como fortalezas del modelo:

- La inclusión de criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos y la obtención de un resultado global de factibilidad que los integra.
- La disponibilidad para evaluar tanto proyectos individuales como carteras de proyectos y priorizarlos.
- La utilización del lenguaje natural para coleccionar las valoraciones de los evaluadores y expresar los resultados del análisis de factibilidad.
- La posibilidad de participación de diferentes evaluadores a los que se les puede asignar pesos específicos durante la evaluación.

De la misma manera se hicieron varias recomendaciones:

- Se sugirió incluir el análisis de otros criterios económicos complementarios como el Costo / Beneficio y el RVAN.
- Se recomendó incluir entre los criterios sociales algunos que puedan evaluarse con fórmulas matemáticas.
- Incrementar los criterios que puedan ser aplicados a proyectos de servicio.

3.3 Estudio de casos

El estudio de casos [170] es un método empírico que puede ser empleado para valorar el resultados científicos. En los métodos y modelos de decisión se emplea para validar la aplicabilidad [113] ha sido usado en investigaciones relacionadas [166, 168, 171-173]. Para la selección del estudio de caso la autora consideró los requisitos propuestos por Seepersad [174], relativos a que este no fuera artificial, ni específico y que muestre la utilidad del MFac-PS. Se tuvieron en cuenta además las recomendaciones dadas por Dubé [175].

El estudio de casos se practicó en una organización desarrolladora de software con experiencia y en el proceso de informatización de la sociedad cubana. Se seleccionaron tres proyectos reales $P = \{p_1, p_2, p_3\}$ de los que se tienen los resultados reales del análisis de factibilidad que se le realizó en su concepción. La información disponible de cada proyecto se encuentra en la herramienta informática Xedro-GESPRO[176] que emplea la institución para gestionar sus proyectos. Seguidamente se presenta una breve descripción de cada uno.

p_1 : Tiene como objetivo informatizar procesos aduanales para un mejor control y seguimiento de la organización y del país. Es una solución web desarrollada sobre tecnologías libres.

p_2 : Tiene como objetivo informatizar un sistema penitenciario para apoyar los procesos de control, tratamiento y atención a los internos en los establecimientos penitenciarios; así como los de todos los niveles de mando. Incluido el diseño de un almacén de datos. La propuesta de solución está basada en una aplicación Web.

p_3 : Tiene como objetivo diagnosticar el estado actual de una empresa en las dimensiones de la arquitectura empresarial para conocer las principales debilidades y oportunidades existentes, determinar el estado deseado y los estados intermedios para alcanzarlo.

Considerando las características de los proyectos se aplicó el método síntesis curricular como mismo se describe en el epígrafe 2.2.1.2 para evaluar grupo de expertos candidatos.

Finalmente se seleccionan $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5\}$ con las siguientes características:

- El 100 % se ha desempeñado durante cinco años o más en equipos de proyectos informáticos.
- El 100 % se ha desempeñado como líder de equipos de proyectos.
- El 80 % ha recibido asignaturas de postgrado sobre la gestión de costos de proyectos.
- El 60 % forma parte del claustro del programa de Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos de la UCI, acreditada de excelencia en 2015.
- El 20 % se ha desempeñado como consultor y/o asesor de estudios de factibilidad de proyectos en varios sectores de la economía en Cuba.

A partir del listado de criterios propuestos en el Anexo 7, los expertos seleccionaron 13 criterios, los 10 que poseen la etiqueta *considerar_siempre* (CS) y otros tres criterios dadas las características de los proyectos. Para los criterios se definió un vector de peso según la relevancia que los expertos le concedieron. En la Tabla 11 se muestran los criterios seleccionados, su código y el peso asignado.

Tabla 11 Criterios utilizados por los expertos con el peso asignado.

Código	Criterios	Peso
T1	Tamaño del proyecto	0,08
T2	Criticidad de la solución	0,08
T3	Conocimiento del dominio por parte del equipo de desarrollo	0,067
T4	Recursos humanos	0,08
T12	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	0,08
C1	Grado de comercialización en el mercado	0,08
T17	Organización del modelo de producción	0,08
T11	Novedad del producto	0,067
S5	Número de personas beneficiadas	0,08
S2	Impacto en la sociedad	0,067
E1	Valor actual neto (VAN)	0,08
E2	Tasa interna de retorno (TIR)	0,08
E3	Recuperación de la inversión en el período (PRI)	0,08

Por cada proyecto, los expertos estimaron los ingresos y egresos, representando los escenarios (pesimista, más certero, optimista). Para ello valoraron la información disponible en los expedientes de proyecto, y otros elementos del entorno. Tuvieron en cuenta además sus vivencias anteriores. Una vez realizada la estimación, se calculó el Flujo de Caja Borroso de cada proyecto (ver criterios económicos borrosos $(VAN(\widetilde{p}, c, o), TIR(\widetilde{p}, c, o), PRI^d(\widetilde{o}, c, p))$).

Tabla 12), el cual constituye la base para el cálculo criterios económicos borrosos $(VAN(\widetilde{p}, c, o), TIR(\widetilde{p}, c, o), PRI^d(\widetilde{o}, c, p))$.

Tabla 12. Valores del Flujo de Caja calculados con números triangulares borrosos.

Trim.	P_1	P_2	P_3
1er	[20420; 34000]	[-54938; 514384]	[-13746; -13623]
2do	[195042; 235250]	[318161; 320681]	[121321; 121426]
3er	[74600; 82300]	[318441; 320646]	[7335; 8092]
4to	[41800; 41100]	[323972; 325512]	[149170; 149892]

Una vez obtenido el Flujo de Caja Borroso de cada proyecto se calcularon los criterios económicos borrosos teniendo en cuenta el desembolso inicial y una tasa de actualización del 12 % apropiada a los riesgos de los proyectos. Como se muestra en las Tabla 13 y Tabla 14 cada criterio económico borroso se expresa en el intervalo de confianza. Adicionalmente se exponen los valores reales de los criterios tradicionales VAN, TIR y PRI obtenidos de los expedientes de los proyectos evaluados.

Tabla 13. Valores del VAN

	$VAN(\widetilde{p}, c, o)$	VAN real
P_1	[214.581,89; 263.796,31]	239.189,10
P_2	[627.120,00; 639.906,00]	633.513,00
P_3	[24.464,35; 25.656,25]	25.060,30

Tabla 14. Valores de los criterios $TIR(\widetilde{p}, c, o)$, TIR real, $PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$, PRI real

	$TIR(\widetilde{p}, c, o)$ (por ciento)	TIR real	$PRI^d(\widetilde{o}, c, p)$ (meses)	PRI real

P_1	[0,5810; 0,6115]	0,5950	[9,40; 9,25; 9,18]	9,29
P_2	[0,5385; 0,5388]	0,5386	[9,55; 9,54]	9,54
P_3	[0,1724; 0,1748]	0,1736	[10,25; 10,23]	10,24

Al comparar los resultados reales de los criterios VAN, TIR y PRI calculados de forma tradicional, con los valores obtenidos en el cálculo de los criterios borrosos se evidencia que los resultados reales se encuentran en el intervalo de confianza obtenido con los criterios borrosos, lo que demuestra la capacidad de predicción de la propuesta. Sin embargo, disponer del intervalo de confianza permite considerar el impacto de la ocurrencia de riesgos. Mientras que el resultado determinista del criterio tradicional tiene limitaciones.

A partir de los elementos descritos hasta el momento los cinco expertos procedieron a emitir sus preferencias de manera heterogénea. Los criterios $\{t_1, t_2, t_4, t_{12}, c_1, t_{17}, s_5, s_2, e_1, e_2, e_3\}$ fueron evaluados en el dominio lingüístico; se utilizó el CTL de cinco términos que se muestran en la Figura 9. Mientras que los criterios $\{t_3, t_{11}\}$ se evaluaron utilizando un dominio intervalar acotado entre [0.0; 1.0]. Las preferencias recopiladas sobre los tres proyectos se muestran en la Tabla 19 del Anexo 18. El coeficiente de concordancia de las preferencias emitidas por los expertos fue de 0,75 existiendo concordancia en las opiniones dadas. Luego las preferencias heterogéneas fueron transformadas en 2-tuplas y unificadas sobre el dominio lingüístico. Se utilizó el CBTL de siete términos, propuesto en la Figura 10. El resultado de la unificación es el que se expone en la Tabla 20 del Anexo 18.

Una vez unificadas las preferencias sobre el dominio lingüístico, se procedió a computar el valor colectivo (agregación). Los resultados de este paso se exponen en la columna “valores colectivos de los criterios” de la Tabla 15. Por último, utilizando el operador “media

ponderada para 2-tuplas”, se calculó la factibilidad global de cada proyecto. Los valores obtenidos se ofrecen en la última columna de la Tabla 15.

Tabla 15. Valores colectivos de los criterios y evaluación global de los proyectos.

Proyectos	Criterios	Valores colectivos de los criterios	Evaluación de los proyectos (factibilidad, precisión)
p₁	T1	(FMA; 0.18)	(FA; 0.31)
	T2	(FMA; 0.06)	
	T3	(FMA; -0.08)	
	T4	(FMA; -0.12)	
	T12	(FA; -0.1)	
	C1	(FM; 0.3)	
	T17	(FM; -0.3)	
	T11	(FMA; 0.4)	
	S5	(FA; 0.39)	
	S2	(FMA; -0.01)	
	E1	(FMA; -0.5)	
	E2	(FM; 0.3)	
	E3	(FA; -0.1)	
p₂	T1	(FA; 0.09)	(FA; -0.14)
	T2	(FA; -0.4)	
	T3	(FA; -0.27)	
	T4	(FA; 0.39)	
	T12	(FA; 0.09)	
	C1	(FB; 0.1)	
	T17	(FM; -0.3)	
	T11	(FMA; 0.1)	
	S5	(FA; 0.09)	
	S2	(FP; -0.45)	
	E1	(FMA; 0.18)	
	E2	(FM; 0)	

	E3	(FM; 0)	
p_3	T1	(FM; 0.19)	(FM; -0.15)
	T2	(FB; 0.4)	
	T3	(FM; -0.21)	
	T4	(FMA; -0.42)	
	T12	(FA; -0.4)	
	C1	(FA; -0.4)	
	T17	(FB; -0.2)	
	T11	(FB; 0.4)	
	S5	(FB; 0.4)	
	S2	(FB; 0.4)	
	E1	(FA; -0.1)	
	E2	(FB; 0.4)	
	E3	(FMB; 0.42)	

Los datos de la Tabla 15 ofrecen una amplia gama de opciones para el análisis de los resultados y la toma de decisiones. Esa información se puede analizar de diferentes maneras, según la naturaleza de los proyectos y las condiciones actuales de la entidad desarrolladora. Inicialmente se pueden interpretar los resultados de la evaluación global de los proyectos y, luego, si fuese necesario, refinar el análisis particularizando sobre algunos de los criterios. Con el uso de los operadores de comparación para 2-tuplas se obtuvo que el orden según su factibilidad global: $\{p_1 > p_2 > p_3\}$ por cuanto $\{(FA; 0.31) > (FA; -0.14) > (FM; -0.15)\}$.

Para los valores de los criterios económicos (ver

Tabla 16) se calculó la factibilidad económica global. Se obtuvo que $\{(FA; -0.1) > (FA; -0.27) > (FM; -0.43)\}$ por lo que $\{p_1 > p_2 > p_3\}$. Esto confirma que el proyecto p_1 es el más factible económicamente a pesar de que p_2 tenga mejor resultado para el $VAN(\overline{p}, c, o)$.

En la

Tabla 16 se representan los resultados. En la Figura 19 se muestran los valores según el α -corte correspondiente.

Tabla 16. Criterios de factibilidad económica y ordenamiento según sus resultados.

	Factibilidad $VAN(\overline{p}, c, o)$	Orden según $VAN(\overline{p}, c, o)$	Factibilidad $TIR(\overline{p}, c, o)$	Orden según $TIR(\overline{p}, c, o)$	Factibilidad según $PRI^d(\overline{o}, c, p)$	Orden según $PRI^d(\overline{o}, c, p)$
p_1	(FMA; -0.5)	2	(FM; 0.3)	1	(FA; -0.1)	1
p_2	(FMA; 0.18)	1	(FM; 0)	2	(FM; 0)	2
p_3	(FA; -0.1)	3	(FB; 0.4)	3	(FMB; 0.42)	3

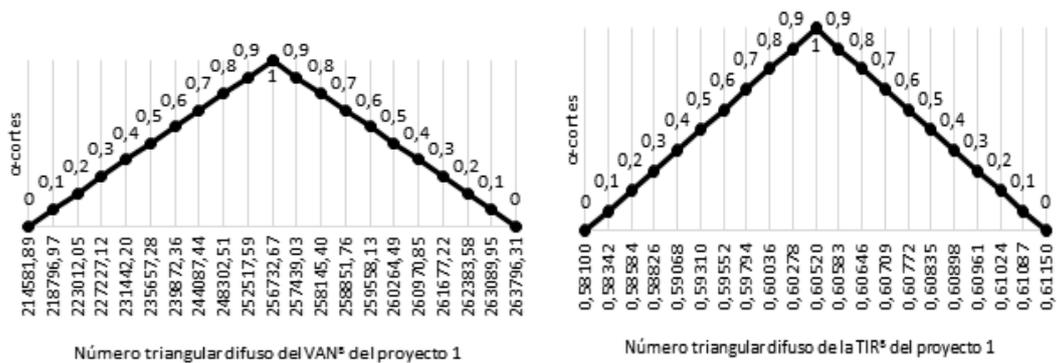


Figura 19 $VAN(\overline{p}, c, o)$ y $TIR(\overline{p}, c, o)$ para el proyecto 1

Para los criterios técnicos $\{t_1, t_2, t_3, t_4, t_{11}, t_{12}, t_{17}\}$ se procedió de manera similar. Como se observa el proyecto p_1 es el primero en seis de los siete criterios. Al calcular la factibilidad técnica global de los tres proyectos se encontró que $\{(FMA; -0.42) > (FA; -0.04) > (FM; -0.04)\}$ por lo que $\{p_1 > p_2 > p_3\}$.

Tabla 17. Orden de factibilidad de los proyectos según los criterios técnicos analizados.

	Orden según T1	Orden según T2	Orden según T3	Orden según T4	Orden según T11	Orden según T12	Orden según T17
p_1	1	1	1	1	1	2	1
p_2	2	2	2	3	2	1	1
p_3	3	3	3	2	3	3	2

Por su parte, para los criterios sociales $\{s_2, s_5\}$ se encontró que el proyecto p_2 es más factible (ver Tabla 18). Este resultado está en correspondencia con las características del proyecto, que se pretendía que impacta positivamente en un sector priorizado del sistema nacional.

Tabla 18. Criterios de factibilidad económica y ordenamiento según sus resultados.

	Factibilidad según S2	Orden según S2	Factibilidad según S5	Orden según S5	Factibilidad social total	Orden global
p_1	(FMA; -0.01)	2	(FA; 0.39)	1	(FMA, -0.31)	2
p_2	(FP; -0.45)	1	(FA; 0.09)	2	(FMA, -0.18)	1
p_3	(FB; 0.4)	3	(FB; 0.4)	3	(FB, 0.4)	3

Finalmente el criterio comercial evaluado $\{c_1\}$ arrojó que $\{(FA; -0.4) > (FM; 0.3) > (FB; 0.1)\}$ por lo que $\{p_3 > p_1 > p_2\}$ siendo p_3 el más factible. Este resultado es coherente con las características del proyecto p_3 que es un proyecto de servicio.

Como resumen de este estudio se tiene que los tres proyectos resultaron ser factibles, lo que coincide con los análisis realizados en la realidad antes de su inicio. Por lo que de manera general los resultados del estudio de caso muestran que la propuesta brinda resultados reales.

3.4 Triangulación metodológica

A partir del resultado de los métodos cuasi-experimentos, estudio de casos e Iadov , se realiza la triangulación metodológica. La aplicación de esta técnica permite corroborar los resultados obtenidos para identificar las coincidencias o diferencias existentes [162].

Luego de aplicar la triangulación se concluye que el ECM calculado en los cuasi-experimentos permite comprobar que existe una mayor capacidad de predicción y por tanto menor incertidumbre, con la aplicación del MFac-PS tanto para el cálculo de los criterios manera independiente así como integrados con respecto a los métodos tradicionales. En las Figura 20, Figura 21 y Figura 22 se muestra un resumen de los resultados. Éstos permiten validar que el MFac-PS contribuye a la solución del problema de la investigación.

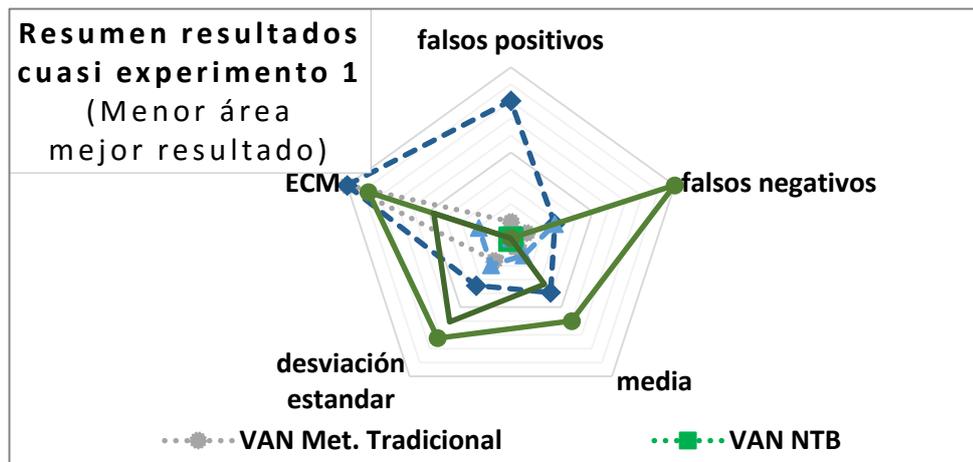


Figura 20 Resumen resultados cuasi-experimento 1

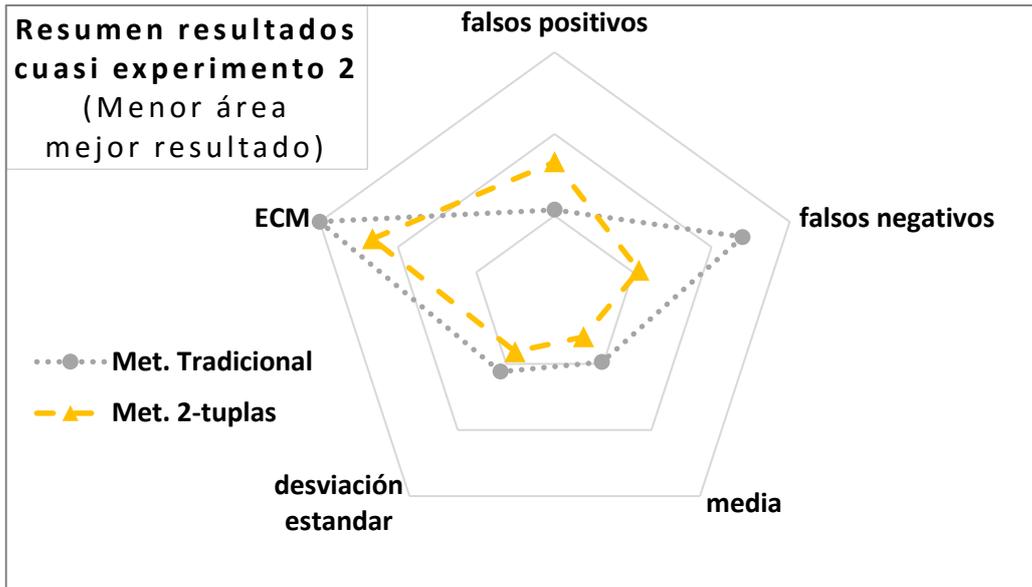


Figura 21 Resumen resultados cuasi-experimento 2

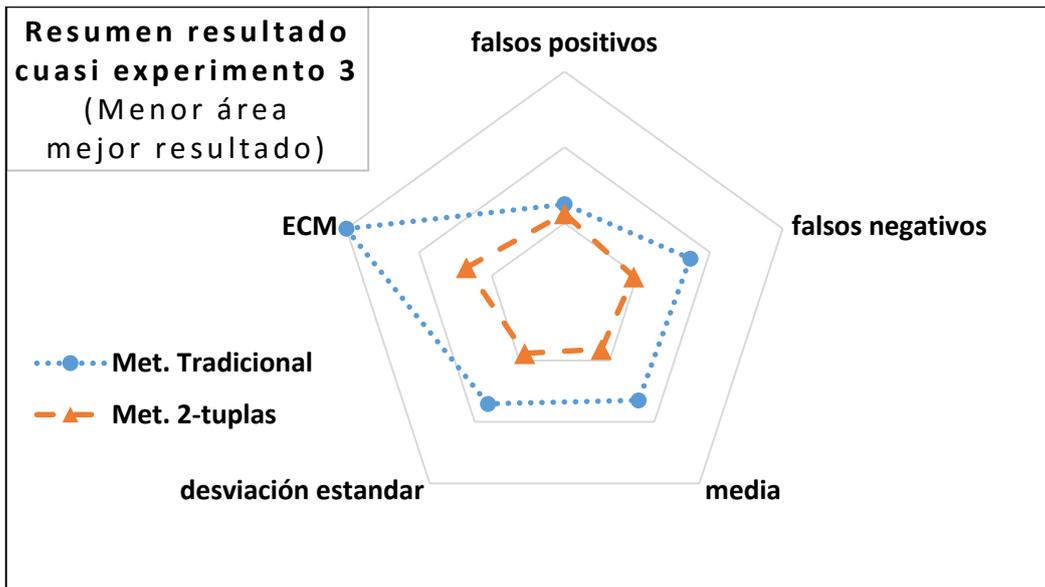


Figura 22 Resumen resultados cuasi-experimento 3

3.5 Validación de criterios propuestos para el análisis de factibilidad en proyectos de software.

En el presente epígrafe se muestran los resultados obtenidos de la validación de la instrumentación del Componente 1 del MFac-PS.

Resultados obtenidos del epígrafe 2.2.1.1

En el proceso participaron 20 profesionales de seis instituciones vinculadas al desarrollo de software. A partir de la aplicación del método Delphi combinado con el modelo lingüístico 2-tuplas, se obtuvo como resultado final del paso una matriz con el conceso del grupo sobre cada requisito propuesto. En el Anexo 4 se muestran los resultados.

Quedan como requisitos para ser seleccionados como expertos los que se muestran:

- Cinco años o más vinculado a la industria del software.
- Poseer conocimientos de la legislación vigente en Cuba sobre los estudios de factibilidad de proyectos.
- Poseer conocimientos de gestión de costos de proyectos y de metodologías, modelos y estándares de software.
- Poseer conocimientos de ingeniería de software.
- Haberse desempeñado como líder de proyecto o haber asesorado estudios de factibilidad de proyectos.
- Haber publicado sus experiencias en el desarrollo de estudios de factibilidad de proyectos o haber impartido actividades de postgrado sobre el tema.

Resultados obtenidos del epígrafe 2.2.1.2

Utilizando como referencia los requisitos obtenidos en el paso anterior se analizó la síntesis curricular de 18 candidatos nacionales y extranjeros. Se seleccionaron finalmente 12 expertos, 7 cubanos y 5 extranjeros, que presentan los siguientes requisitos:

- El 75 % forma parte del claustro del programa de Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos, acreditada de excelencia en 2015.
- El 83.3 % se ha desempeñado durante cinco años o más en equipos de proyectos

informáticos.

- El 100 % se ha desempeñado como líder de equipos de proyectos.
- El 100 % ha publicado al menos un artículo científico sobre su trabajo en el estudio de factibilidad de proyectos.
- El 16.6 % se ha desempeñado como consultor y/o asesor de estudios de factibilidad de proyectos en varios sectores de la economía en Cuba.

Resultados obtenidos del epígrafe 2.2.1.3

Como resultado de la revisión sistemática de la bibliografía (entre los años 2009 y 2017) y del trabajo del Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyecto de la UCI, se identificaron 33 criterios para el análisis de factibilidad de proyectos. Esos criterios fueron sometidos a la consideración de los 12 expertos para adaptarlos al contexto del desarrollo de software. Los resultados se exponen en el Anexo 6 . Del listado se eliminaron los criterios que tuvieron como consenso la etiqueta “no considerar” Además, se incorporaron 10 nuevos criterios propuestos por los expertos

Resultados obtenidos del epígrafe 2.2.1.4

Luego de ser realizado el trabajo colectivo mediante el método Grupo Focal en un solo equipo se obtuvieron los siguientes resultados:

- Incorporar los nueve criterios mediante el método Delphi.
- Mantener los criterios económicos VAN, TIR y PRI debido a su relevancia. No obstante, se recomienda modificar el cálculo determinista de estos criterios.
- Unificar en uno solo los criterios seguridad y facilidades para la integración.
- Recomendar el uso de los criterios con la conceptualización, los dominios y los valores que se muestran en el Anexo 7.

Luego de la última ronda de valoraciones de los expertos se obtuvieron los resultados presentados en el Anexo 9. Finalmente se obtuvieron 36 criterios (Anexo 10) a considerar en los análisis de factibilidad de proyectos de software.

A partir de estos resultados la autora formula las siguientes recomendaciones:

- Incluir en todas las evaluaciones los criterios que alcanzaron las etiquetas “*considerar_siempre*” y “*muy_considerable*”.
- Analizar los criterios que alcanzaron la etiqueta “*considerable*”, en la evaluación de proyectos de software de gran tamaño y alta criticidad (criterios T1 y T2).
- Incluir los criterios que alcanzaron la etiqueta “*medianamente_considerable*” y “*poco_considerable*”, en la evaluación de proyectos de mayor relevancia.

3.6 Impacto económico y social de la propuesta

El MFac-PS tiene impacto fundamentalmente desde el punto de vista económico y social. Las autoridades cubanas han hecho alusión a la necesidad de realizar análisis de factibilidad de los proyectos [40] a partir de la implementación de los lineamientos de la política económica y social. El desarrollo de la investigación responde al lineamiento 116, relacionado con la política inversionista [177].

Los principales aportes económicos y sociales se resumen a continuación:

- Permite una mejor planificación de los recursos disponibles tanto humanos como materiales en las nuevas inversiones, factor decisivo en el éxito del proyecto.
- Facilita el análisis económico y financiero de los proyectos de software, ya que brinda un desglose detallado de los costos asociados, ingresos, periodos de recuperación, entre otros.

- Sustituye importaciones ya que evita la necesidad de adquirir una herramienta informática similar en el mercado que desarrolle estas funciones facilitando la toma de decisiones para los principales entes decisores en la industria de software en Cuba.
- El MFac-PS propone criterios sociales, brindando a los decisores un análisis enriquecido de esta arista que es fundamental en el desarrollo de un país.

El MFac-PS se ha implementado como parte del módulo “Factibilidad de Proyectos” de la Suite de Gestión de Proyectos Xedro-GESPRO [176]. Este módulo actualmente se encuentra en la fase de prueba para ser utilizado como parte del paquete de la suite por la red de centros productivos de la UCI, la Empresa de Desarrollo de Tecnologías para la Defensa (XETID), COPEXTEL División TecnoStar y CALISOFT, con potencial aplicación por otras entidades cubanas. En el Anexo 13 se presenta un aval emitido en este sentido por la Junta de Acreditación Nacional. Para la Universidad de las Ciencias Informáticas serán beneficiados un total de 14 centros de desarrollo de tecnologías de la información. En la actualidad unos promedios de 6500 usuarios se benefician con la herramienta GESPRO con diferentes roles y se benefician fundamentalmente decisores en los diferentes niveles de dirección.

El MFac-PS también contribuye a la gestión del conocimiento ya que todos los estudios bibliográficos realizados para su implementación así como su conceptualización se imparten en los cursos de la Maestría en Gestión de Proyectos Informáticos coordinada por el Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos de la UCI. Los cursos donde se trata el tema son: Curso Básico de Gestión de Proyectos; Herramientas para la Gestión de Proyectos y Dirección Integrada de Proyectos. De esta forma la investigación también se retroalimenta de los intercambios con los estudiantes favoreciendo su mejora continua.

La implementación se realiza con los principios de soberanía tecnológica, lo cual ayuda al Estado a garantizar el desarrollo nacional de manera integral y sustentable. El desarrollo sobre tecnologías de código abierto favorece la detección de errores y la mejora continua sobre la base del desarrollo colaborativo.

Conclusiones parciales del capítulo

Después de realizado el capítulo se llegan a las siguientes conclusiones:

- Se demuestra que el MFac-PS contribuye a mejorar la capacidad de predicción de la factibilidad e integralidad de la información mediante el diseño y aplicación de tres cuasi-experimentos y un estudio de caso.
- A través de la aplicación de la técnica de Iadov se comprobó la satisfacción de los posibles usuarios potenciales y la aplicabilidad del modelo en entornos reales.
- El MFac-PS está implementado en la herramienta Xedro-GESPRO como soporte computacional que automatiza la instrumentación de los componentes que lo conforman, facilitando el cálculo de los criterios propuestos y brindando al decisor información para la toma de decisiones.
- El impacto económico del MFac-PS se fundamenta en las facilidades que brinda al decisor para decidir el desarrollo de un proyecto o no, contribuyendo a una mejor planificación de las organizaciones.

CONCLUSIONES

1. A partir de la revisión de la literatura asociada con el objeto de estudio, se concluye que los análisis de factibilidad de proyectos de software pueden tratarse como un problema de toma de decisiones, con criterios de evaluación que manejan información heterogénea, evaluados por expertos con diferentes grados de experticia.
2. Los métodos tradicionales de análisis de factibilidad no consideran la incertidumbre del entorno elemento que afecta su capacidad de predicción. La redefinición de estos criterios tradicionales considerando técnicas de soft computing permitió obtener mejores resultados de predicción en los proyectos analizados.
3. El método propuesto, para el análisis de factibilidad siguiendo un enfoque integrado y considerando la incertidumbre en el análisis de factibilidad de proyectos de software, demostró mejores resultados que las técnicas tradicionales.
4. La valoración positiva de los posibles usuarios del modelo y la validación de la hipótesis demuestran que la aplicación del mismo contribuye a mejorar la predicción de la factibilidad e integralidad de la información en los análisis de factibilidad.
5. El uso de software de código abierto para la implementación del modelo en la Suite de Gestión de Proyectos Xedro-GESPRO favorece la soberanía tecnológica y proporciona el cálculo automatizado de los criterios de evaluación garantizando a los participantes en el análisis mayores facilidades para su uso.

RECOMENDACIONES

Para futuras investigaciones el autor recomienda:

- Al analizar proyectos de software donde el $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ no es convencional (tiene más de un cambio de signo) la $TIR(\widetilde{p}, c, o)$ propuesta mantiene la misma limitación de la TIR determinista. Se recomienda que se trabaje esta línea de investigación para superar dicha limitación.
- En el cálculo del método económico $FC(\widetilde{p}, c, o)_t$ se debe considerar estimar los ingresos y egresos de manera grupal teniendo en cuenta la incertidumbre de los expertos que participan en su construcción ya que este método constituye la base para el cálculo de los restantes criterios borrosos.
- Se propone el uso de sistemas inteligentes para estimar los riesgos que se pueden desprender del análisis de factibilidad arrojado por el modelo propuesto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. C.E. Martins and M. Kunc, "Benefits realisation management and its influence on project success and on the execution of business strategies", *International Journal of Project Management*, vol. 33, no. 1, pp. 53-66, 2015. [Online]. Available: ScienceDirect, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786314000519>. [Accessed May 31, 2015].
2. M.J. Villagrán Andrade, "Estudio de factibilidad para la implementación de un centro de interpretación del patrimonio cultural y natural de Yaharcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura", Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2015.
3. L. Echeverría, M.G. Alsina, . Vélez and C. Barrios-Puente, "Contribución de la tecnología en la gestión del conocimiento entre los grupos de investigación del área de informática", *Revista Científica PUENTE*, vol. 6, no. 2, pp. 21-28, 2017. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.18566/puente.v6n2.a02>. [Accessed mayo 20, 2017].
4. STANDISH-GROUP, "Chaos Manifiesto 2015", The Standish Group, T.S.G. International (Editor), 2015. [Online]. Available: <http://www.laboratorioti.com/2016/05/16/informe-del-caos-2015-chaos-report-2015-bien-mal-fueron-los-proyectos-ano-2015/>. [Accessed enero, 2017]
5. Ismail, A.H. Memon, I.A. Rahman, "Expert opinion on risk level for factors affecting time and cost overrun along the project lifecycle in Malaysian Construction Projects", *International Journal of Construction Technology and Management*, vol. 1, no. 1, pp. 10-15, 2014.
6. X. Zhang, Y. Wu, L. Shenc and M. Skitmored, "A prototype system dynamic model for assessing the sustainability of construction projects". *International Journal of Project Management*. vol. 32, no. 1, pp. 66-76, 2014. [Online]. Available: ScienceDirect, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786313000124>. [Accessed May 20, 2017].
7. R.S. Pressman and B.R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 8th Edition. New York: McGraw-Hill, 2015, pp. 65-70
8. I. Sommerville, *Software Engineering*, 9na Edición. Boston, Massachusetts: Addison-Wesley, 2011. pp. 59-69
9. B.W. Boehm, "A spiral model of software development and enhancement", *Computer*, vol. 21, no. 5, pp. 61-72, 1988. [Online]. Available: IEEE Xplore Digital Library, <http://ieeexplore.ieee.org/document/59/>. [Accessed Feb 13, 2015].
10. P. Pytel, "Viabilidad y Estimación de proyectos de explotación de información", Tesis doctoral, Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata, 2014.
11. Machado Inocencio, Raúl, y otros, "Proceso inversionista eficiente: papel del estudio de preinversión en las condiciones de Cuba". *Revista Cubana de Ciencias Económicas*. 1(1): pp. 1-11, 2015.
12. Zandhuis, Anton. and Stellingwerf, R., "ISO 21500: Guidance on Project Management; a Pocket Guide". Van Haren, 2013. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=ru5EBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq>

=ISO+21500:+Guidance+on+Project+Management%3B+a+Pocket+Guide&ots=7Tm__by7fb&sig=Nz7Q58ZjWMyZ-C6EMbM52VfbA5k

13. P.M.I., "A Guide to the Project Management Body of Knowledge Guide Fifth Edition". Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, EE.UU, ISBN 978-1-62825-013-8. 2013.
14. TEAM, SEI CMMI Production. CMMI for Development Version 1.3, 2010. [Online]. Available: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=vEOsAgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA3&dq=CMMI+for+Development+Version+1.3&ots=aqgw2LMBAF&sig=X7j09QtuO1FPwaX8HV_wOzLVfPg
15. I.P.M.A., "IPMA Individual Competence Baseline (ICB)" Version 4.0. International Project Management Association, Zurich, Zwitterland, 2016.
16. AXELOS, "Managing successful projects with PRINCE2", 6th Edition. United Kingdom: The Stationery Office, 2017.pp:151-186
17. F. Burstein, and C. Holsapple, (Eds), *Handbook on Decision Support. Systems 1*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.pp 6-20
18. A.T. Tanaka, C.M. Carrasco, "Valorización de opciones reales: modelo Ornstein-Uhlenbeck", *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, vol. 21, no. 41, pp. 56-62, 2016. [Online]. Available: ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.jefas.2016.07.001>. [Accessed Mar 19, 2017].
19. R. Bello and J.L. Verdegay, "Los conjuntos aproximados en el contexto de la Soft Computing", *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 4, no. 1-2, pp. 5-24, 2010. [Online]. Available: <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=103>. [Accessed Mar 13, 2013].
20. R. A. Haugen, "Finance from a New Perspective", *Financial Management*, vol.25, no. 1, pp. 86 – 87, 1996.
21. Arza, Lisandra. "*Modelo computacional para la recomendación de roles en el proceso de ubicación de estudiantes en la industria de software*". Tesis de doctorado. Departamento de IGSW. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2013.
22. Torres, Surayne. "*Modelo de evaluación de competencias a partir de evidencias durante la gestión de proyectos*". Tesis de doctorado. Laboratorio de gestión de Proyectos. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, Cuba, 2015.
23. Silvius, AJ Gilbert, and Ron Schipper. "*Exploring the relationship between sustainability and project success-conceptual model and expected relationships*". IJISPM-INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION SYSTEMS AND PROJECT MANAGEMENT. Vol 4, num 3: pp. 5-22, 2016. [Online]. Available:<http://www.sciencesphere.org/ijispm/archive/ijispm-040301.pdf>
24. Aarseth, Wenche, et al. "*Project sustainability strategies: a systematic literature review*". International Journal of Project Management,. Vol 35, num 6: pp. 1071-1083, 2017. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786316304112>
25. Sádaba, Marcelino, et al, "*Using project management as a way to sustainability. From a comprehensive review to a framework definition*". Journal of cleaner production.Vol 99: pp. 1-16, 2015. [Online]. Available:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263786316304112>

26. Cables, Elio, M. Socorro García-Cascales, and M. Teresa Lamata. "*The LTOPSIS: An alternative to TOPSIS decision-making approach for linguistic variables*". Expert Systems with Applications. Vol **39**, num 2: pp. 2119-2126, 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417411010815>
27. Chen, C.T., Hung, W.Z., and Cheng, H.L., "*Applying linguistic PROMETHEE method in investment portfolio decision-making*". International Journal of Electronic Business Management, vol **9**, num 2: pp. 139. 2011.
28. Kengpol, Athakorn; O'brien, Christopher, "*The development of a decision support tool for the selection of advanced technology to achieve rapid product development*". International Journal of Production Economics. Vol **69**, num 2: pp. 177-191, 2001. [Online]. Available: <http://search.proquest.com/openview/b91124ae1aa061f5a72e0347187757aa/1?pq-origsite=gscholar&cbl=237699>
29. Roy, Bernard. "Decision-aid and decision-making." *European Journal of Operational Research* vol 4, num 2-3, pp: 324-331. 1990
30. Castro, Maylé, "Método de evaluación de proyectos para decidir su aceptación". Tesis de maestría. Departamento de IGSW, Facultad 2. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana, 2010.
31. Tamayo, Karina. "Método para evaluar proyectos informáticos y establecer un orden de prioridad que ayude a la toma de decisiones". Tesis de maestría. Departamento de IGSW, Facultad 2. Universidad de las Ciencias Informáticas, La Habana, 2010.
32. Bolaños, R. and C. Correa, "Planeamiento de la transmisión considerando seguridad e incertidumbre en la demanda empleando programación no lineal y técnicas evolutivas". *Revista Tecnura*. Vol. **18**, no. 39, pp. 62-76, 2014. [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0123-921X2014000100006
33. Wang, Wen-Pai and Tang, Mei-Ching. "A Multi-criteria Assessment for R&D Innovation with Fuzzy Computing with Words". *Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences*. Springer, Cham. pp. 3-14, 2015. [Online]. Available: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-18167-7_1
34. Bermúdez. Anie and Lugo. José otros, "*An Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System for Project Evaluation*". *Ingeniería y Universidad*, vol **19**, no 2, pp. 299-313, 2015.
35. Melo Rodríguez, J.A. and C.A. Cortés, "Análisis de vulnerabilidad de sistemas de potencia incluyendo incertidumbre en las variables con lógica difusa tipo 2". *Revista Tecnura*, Vol **20**, num 49, pp. 100-119, 2016.
36. Novoa, P., Cruz, C., and Pelta, D., "Un estudio comparativo sobre la evolución diferencial auto-adaptativa en ambientes dinámicos". *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*. Vol **8**, num 4, pp. 86-99, 2014.
37. Kaufmann, Arnold, Jaime Gil Aluja, and Jaime Gil Aluja Arnold Kaufmann. *Técnicas de gestión de empresa: previsiones, decisiones y estrategias*. No. 658 KAUt. 1992. pp: 250-300
38. Zulueta, Yeleny. "Modelos de evaluación de la importancia del impacto ambiental en contextos complejos bajo incertidumbre". Tesis doctoral. Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Granada, 2014.

39. Rodríguez, R.M., "Un nuevo modelo para procesos de computación con palabras en toma de decisión lingüística". Tesis de doctorado. Departamento de Informática. Universidad de Jaén, 2010.
40. Ruz Catro, Raúl. "Las medidas que estamos aplicando están dirigidas a preservar el socialismo". CubaDebate. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/especiales/2010/12/18/raul-castro-discurso-en-la-asamblea-nacional>. [Accessed marzo 20, 2016].
41. Ministerio de Economía y Planificación de Cuba, "Resolución 327". Gaceta Oficial. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/> La Habana, Cuba, 2015. [Accessed marzo 20, 2016].
42. Dubs de Moya, R., "El proyecto factible: una modalidad de investigación". Sapiens, Revista Universitaria de Investigación, Vol 3, num 2, pp 1-19, 2002.
43. Cruz, A and at. "Evaluación de factibilidad de proyectos de inversión". Revista Caribeña de Ciencias Sociales, Num 2014_10, 2014. Disponible en: <https://www.gestiopolis.com/finanzas-contaduria/aspectos-a-considerar-en-un-analisis-de-factibilidad-financiera.htm>
44. SCHNEIDER, Erich. *Teoría de la inversión*. Buenos Aires: El Ateneo, 1978, pp 60-70.
45. Flórez Ríos and Luz Stella. "Evolución de la teoría financiera en el siglo XX". Ecos de economía, Vol 12, num 27, pp. 145-168, 2008.
46. Ochoa, E.A., "Investigación y Desarrollo, un Método Comparativo de su Valuación", in Sixth LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, junio 4-junio 8, 2008. Tegucigalpa, Honduras. 2008
47. Little, Ian, et al. "Estudio social del costo beneficio en la industria de países en desarrollo manual de evaluación de proyectos". Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos. México. No. 338.91 L5. 1973.
48. Naciones unidas (ed). "Manual para la preparación de Estudios de Viabilidad Industrial". Nueva York, 1978, [Online]. Available: <http://www.worldcat.org/title/manual-para-la-preparacion-de-estudios-de-viabilidad-industrial/oclc/55346684>, [Accessed junio 26, 2016].
49. MÁSTER, R.M.B., "GESTIÓN DE SOSTENIBILIDAD UTILIZANDO LÓGICA BORROSA", Tesis doctoral Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial. Universidad Complutense de Madrid, 2011.
50. Cejas-Montero, Jesús. "La lógica difusa compensatoria/The compensatory fuzzy logic." Ingeniería Industrial vol 32, num 2, pp: 157-161 (2011).
51. Souto, Francisco. "Evaluación de factibilidad de los proyectos de TI". Administración de Proyectos, 2013. [Online]. Available: <https://franciscovaldessoouto.wordpress.com/2013/05/14/evaluacion-de-factibilidad-de-los-proyectos-de-ti/>, [Accessed Julio, 2016]
52. Victore Delgado, Roberto. "Tema 1: Conceptos generales y procesos de la gestión de costos. estudio de factibilidad". Curso de Gestión de Costos y Adquisiciones. Universidad de las Ciencias Informáticas, Maestría en gestión de proyectos informáticos, 2017. [E-Book] Disponible en: <https://aulacened.uci.cu/course/view.php?id=121>, [Accessed enero, 2016]

53. Alvarez Echeverría, F.A., López Sarabia, P., and Venegas Martínez, F., "*Valuación financiera de proyectos de inversión en nuevas tecnologías con opciones reales*". Contaduría y administración, vol **57**, num 3, pp. 115-145, 2012.
54. Miranda Miranda and Juan José. "Gestion de proyectos: Identificación, formulación, evaluación. Financiera-económica-social-ambiental". No. C002. 044. MM Editores, 2001. pp:87-136
55. González Londoño, Y., Zuluaga Carmona M., and Maya Ochoa, C., "Enfoque de opciones reales para la valoración financiera de marcas". AD-minister, Vol 21, pp 9-32, 2012.
56. Fernández Carazo, A., et al., "Evaluación y clasificación de las técnicas utilizadas por las organizaciones, en las últimas décadas, para seleccionar proyectos". Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa, Vol 5, pp 67-115, 2008.
57. Lledó Pablo., Gestión de Proyectos ed. P. Education. Buenos Aires. Vol. 1. pp.111-122, 2007.
58. Hernandez, R.A., "*Gestión de Proyectos para Informáticos*", Editorial Universitaria. Cuba. pp.100-107, 2002.
59. Rodríguez Mesa, G., "LA EVALUACIÓN FINANCIERA Y SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN". Tercera Edición. Texto de la facultad de economía de la Universidad de la Habana. La Habana, pp.200-301, 2006.
60. Piñero, Pedro Yobanis. "Tema 2: Conceptualización y análisis de factibilidad". *Curso Básico de Gestión de Proyectos*. Universidad de las Ciencias Informáticas, Maestría en gestión de proyectos informáticos, 2017. [E-Book] [Online]. Available: <https://aulacened.uci.cu/course/view.php?id=117#section-2>, [Accessed Febrero, 2017]
61. Ortégón, Edgar, Pacheco, Juan Francisco, and Roura, Horacio. "*Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública*". Vol. 39. United Nations Publications, 2005. pp:59-117.
62. Milanesi, Gastón Silverio. "Modelo binomial para la valoración de empresas y los efectos de la deuda: escudo fiscal y liquidación de la firma." *Journal of Economics Finance and Administrative Science* vol 19, num 36 pp. 2-10. 2014
63. Ríos, Mancilla, and Peter David. "Plan de negocio de una empresa de tecnologías de la información". Universidad de Chile: Santiago de Chile. pp. 115.2012, [Online]. Available: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112001/cf-mancilla_pr.pdf?sequence=1, [Accessed marzo, 2017].
64. Martínez, Ricachi; NOEMÍ, Lilia. "*Estudio de factibilidad para la creación de una operadora turística para centros educativos en el cantón La Maná*". Tesis de Licenciatura. Departamento de Administración de Empresas. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA: Quito, Ecuador. 2012
65. Pareja, Ignacio Antonio Vélez. "El valor del dinero en el tiempo" en Decisiones de inversión: para la valoración financiera de proyectos y empresas. Quinta Edición Ed, Universidad Pontificia Javeriana, 2013. pp:40-91.
66. Cruz, Alexei Domínguez, et al. "Evaluación de factibilidad de proyectos de inversión". Revista Caribeña de Ciencias Sociales, No 2014_1.0. 2014, Disponible en: <http://caribeña.eumed.net/wp-content/uploads/proyectos.pdf>

67. Vedovoto, G.L. and Prior, D., "*Opciones reales: una propuesta para valorar proyectos de I+ D en centros públicos de investigación agraria*". Contaduría y administración. Vol **60**, num 1: pp. 145-179, 2015.
68. Subash, S., y otros., "*FEASIBILITY STUDY OF METRO TRANSPORT: CASE STUDY MADURAI*". International Journal of civil engineering and technology. Vol **4**, num 4: pp. 72-83, 2013.
69. Tsimplokoukou, K., Sfakianaki, E., and Metaxas, G., "*A feasibility study approach for underground railways-a case study: Line 4 of Athens metro*". Global Journal of Engineering Education, Vol **14**, num 1, pp:91-98, 2012.
70. Magni, Carlo Alberto. "*The internal rate of return approach and the AIRR paradigm: a refutation and a corroboration*". The Engineering Economist, Vol **58**, num 2, pp. 73-111, 2013.
71. Milanesi, Gastón S. "*La tasa interna de retorno promedio borrosa: desarrollos y aplicaciones*". Journal of Economics, Finance and Administrative Science, Vol **21**, num 40, pp. 39-47, 2016.
72. Márquez Díaz, C.L. and Castro, J.F., "*Uso del Valor actual Neto, tasa Interna de retorno y relación Beneficio-coste en la evaluación financiera de Un Programa de Vacunación de fiebre aftosa en el estado yaracuy, Venezuela*". Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV, vol **56**, num 1:pp 58-61, 2015.
73. Rebollar, S.R., and at. "*Análisis económico del uso de clorhidrato de zilpaterol en la alimentación de corderas*". Investigación y Ciencia. Vol **23**, num 64: pp. 5-10, 2015.
74. Prado, E.G., "Plan económico basado en el pequeño comercio" in Planificación y apertura de un pequeño comercio. Ed Paraninfo, SA. 2015 pp 31-52
75. Larson, Erik W and GRAY, Clifford. *Project Management: The Managerial Process with MS Project*. Ed 6 McGraw-Hill, 2013.pp 56-80.
76. Vecino, C.E., Rojas, S.C., and Munoz, Y., "*Prácticas de evaluación financiera de inversiones en Colombia*". Estudios Gerenciales, Vol **31**, num 134:pp. 41-49, 2015.
77. Zambrano, R.F.V. "*Modelación hidrológica de una microcuenca Altoandina ubicada en el Austro Ecuatoriano*". Maskana, vol **1**, num 1: pp. 79-90, 2015.
78. Maestre, J.M., y otros. "*Diseño y desarrollo de escenarios de simulación clínica: análisis de cursos para el entrenamiento de anestesiólogos*". FEM: Revista de la Fundación Educación Médica, vol **16**, num 1: pp. 49-57, 2013.
79. Aguirre, J. "*Inteligencia estratégica: un sistema para gestionar la innovación*". Estudios Gerenciales, vol **31**, num 134: pp. 100-110, 2015.
80. Plazzotta, F., Luna, D., and et, "Sistemas de información en salud: integrando datos clínicos en diferentes escenarios y usuarios". Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, vol **32**, num 2: pp. 343-351, 2015.
81. Padilla, Marcial Córdoba. "Primera unidad: Selección del Proyecto" in Formulación y evaluación de proyectos. Ecoe Ediciones, 2016.pp 30-50.
82. Miranda Miranda and Juan José. "Gestión de proyectos: Identificación, formulación, evaluación. Financiera-economica-social-ambiental".No. C002. 044. MM Editores, 2001. pp 77-90

83. Peña Urquiza, L.S., and et, "*Análisis de viabilidad económica para la producción comercial de aguacate Hass*". *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol **36**, Enero-Junio: pp 1325-1338 , 2015.
84. Artieda, C.H., "*Análisis de los sistemas de costos como herramientas estratégicas de gestión en las pequeñas y medianas empresas (PYMES)*". *Revista Publicando*, vol **2**, num 3: pp. 90-113, 2015.
85. Duarte, T. and Tibana, M.T., "*LOS PROYECTOS DE DESARROLLO LO INVERSION PUBLICA Y LA INVERSION PRIVADA*". *Scientia et technica*, Vol **20**, num 2: pp. 134-138, 2015.
86. De la Rosa, Martín. "*Guía Práctica para el Diseño, Administración, y Evaluación de Proyectos Sociales*". [Online]. Available: <http://dialogosmexico.org/wp-content/uploads/2014/09/Guia-para-la-elaboraci%C3%B3n-de-proyectos.pdf>. 2005.
87. Luis Alvarado, H., "Evaluación de proyectos: Un enfoque multidisciplinar y estratégico basado en el desarrollo de competencias". 1er Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos Antogagasta, Chile. 2010. [Online]. Available:<http://www.ijopm.org/index.php/IJOPM/article/view/44>, [Accessed julio, 2016].
88. Toro, J.D., "Formulación y evaluación de proyectos". *Contribuciones a la Economía*, 2008.pp:1-56 [Online]. Available: <http://www.eumed.net/ce/2008a/>
89. PMI, "Portfolio Management Process and Organization" in *The Standard for Portfolio Management*. Newtown Square Pennsylvania: Project Management Institute. 2006.pp:15-19
90. Ministerio de Planificación División de Planificación, "*Metodología de preparación y evaluación de proyectos informáticos*". Chile pp. 20-90. 2002
91. Pérez Moya, Osiris, and Yeleny Zulueta Véliz. "Proceso para gestionar riesgos en proyectos de desarrollo de software." *Revista Cubana de Ciencias Informáticas* vol 7, num 2, pp:206-221. 2013.[Online].Available:http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2227-18992013000200009&script=sci_arttext&lng=en
92. Robiolo, Gabriela, and Silvana Santos. "Estimación de proyectos de software pequeños basada en el juicio de expertos: un caso de estudio." *Simposio Argentino de Ingeniería de Software (ASSE 2016)-JAIIO 45 (Tres de Febrero, 2016)*. Buenos Aires, Argentina 2016.
93. Schmalbach, Juan Carlos Vergara, Tomás Fontalvo Herrera, and José Morelos Gómez. "Aplicación del Método de Decisión Multicriterio UTASTAR para la Selección de Portafolios de Inversión." *Global Conference on Business & Finance Proceedings*. Institute for Business & Finance Research, Vol. 7. No. 2. 2012. San Jose, Costa Rica 2012.
94. Androulaki, Stella, and John Psarras. "Multicriteria decision support to evaluate potential long-term natural gas supply alternatives: The case of Greece." *European Journal of Operational Research* vol 253, num 3 pp.791-810. 2016
95. Jaime, R.P. "*Métodos de decisión multicriterio ELECTRE y TOPSIS aplicados a la elección de un dispositivo móvil*", Tesis de fin de carrera. Departamento *Organización Industrial y Gestión de Empresas II*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Universidad de Sevilla. 2015
96. Kolen, John F.; POLLACK, Jordan B. "Back propagation is sensitive to initial conditions". En *Advances in neural information processing systems*.pp. 860-867. 1991

97. Rodrigues, T.C., and et. "*Modelling multicriteria value interactions with Reasoning Maps*". European Journal of Operational Research, vol **258**, num 3: pp. 1054-1071, 2017.
98. Kengpol, A. and C. O'Brien, "*The development of a decision support tool for the selection of advanced technology to achieve rapid product development*". International Journal of Production Economics, vol **69**, num 2: pp. 177-191. 2001
99. Vanderpooten, B., "*An overview on "The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works"*". European Journal of Operational Research, vol **99**, num 1: pp. 26-27, 1997.
100. BRANS, J. VINCKE, P. "*PROMETHEE method for multiple criteria decision-making*". *Manag. Sci*, vol 31, num 6, pp. 647-656, 1985.
101. Perez, Lizandra Arza, Edistio Yoel Verdecia Martinez, and Joanner Hung Martinez. "A new fuzzy tophis approach to personnel selection with veto threshold and majority voting rule." *Artificial Intelligence (MICAI), 2012 11th Mexican International Conference on*. IEEE, 2012. San Luis Potosí, Mexico 2012.
102. Saaty, Thomas L. "Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process", Vol. VI. *Universitas Pittsburgh. USA*.1994, pp:95-45
103. Ávila, R. "El AHP (proceso analítico jerárquico) y su aplicación para determinar los usos de las tierras." *FAO, Informe Técnico 2*. pp. 78. 2000. [Online]. Available: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/2-Humanidades/H-004.pdf>
104. Cortés Aldana, Félix Antonio, M.G.M. "*Selección de una tecnología de banda ancha para la Universidad Nacional de Colombia usando una técnica de decisión multicriterio*". Ingeniería e Investigación. Vol **27**, num **1**: pp.132-137, 2007. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327118>
105. Celik, Metin, Deha Er, I., and Fahri Ozok, A. "*Application of fuzzy extended AHP methodology on shipping registry selection: The case of Turkish maritime industry*". Expert Systems with Applications. Vol **36**, num 1: pp.190-198, 2009.
106. Karakasoglu, I.E., "Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection". International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 39, num 7: pp. 783-795, 2008. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00170-007-1249-8?LI=true>
107. Karakasoglu, I.E., "Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods". Expert Systems with Applications, vol 36, num 1: pp. 702-715. 2009.
108. Ho, W., "Integrated analytic hierarchy process and its applications - A literature review". European Journal of Operational Research, vol 186, num1: pp. 211-228, 2008.
109. Díaz Mora, Rubén, and José Gregorio Piña. "Uso de AHP y conjuntos difusos para mejorar la toma de decisiones. Caso: selección de empresas contratistas de construcción en la administración pública venezolana". *Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology* [Online]. Available:<http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/p244.pdf>. San Cristóbal, Venezuela. 2009
110. Al-Harbi, K., Al-Subhi, M. "*Application of the AHP in project management*". International journal of project management. Vol **19**, num 1: p.19-27, 2001.

111. Jiménez, V., "Aplicación de metodología multicriterio para la priorización de los procesos objeto de costeo en entidades del sector de la salud". Libre Empresa. Vol 17: pp. 99-123, 2012.
112. Herrera Umaña, María Fernanda, and Osorio Gómez, Juan Carlos. "Modelo para la gestión de proveedores utilizando AHP difuso" Estudios Gerenciales. Vol 22, num 99: pp.69-88, 2006.
113. Iqbal, Muhammad Atif, Athar Mohsin Zaidi, and Saeed Murtaza. "A new requirement prioritization model for market driven products using analytical hierarchical process." *Data Storage and Data Engineering (DSDE), 2010 International Conference on.* IEEE, 2010. [Online]. Available:<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5452615/>. August 1-3, 2010 in Kyoto, Japan. 2010
114. Tzeng, Gwo-Hshiung, and Jih-Jeng Huang. "Analytic Network Process and Fuzzy Analytic Network Process" in *Multiple attribute decision making: methods and applications*". CRC press, 2011.pp 29-44.
115. García Cascales, María Socorro. "Métodos para la comparación de alternativas mediante un Sistema de Ayuda a la Decisión SAD y "Soft Computing."Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería y Computación. Cartagena 2009
116. Blasco-Blasco, O. and Coll-Serrano, V., "SELECCIÓN DE INDICADORES BASADA EN MÉTODOS DE OPTIMIZACIÓN MULTICRITERIO. UNA APLICACIÓN A LA ESTRATEGIA DE CULTURA Y DESARROLLO DE ESPAÑA". *Rect@*, vol 17, num 1: pp. 19, 2016.
117. Martínez León, Nelson Enrique, Gómez Flórez, Luis Carlos, and Pimentel Ravelo, Jorge Iván. "Herramienta computacional para la gestión y evaluación de proyectos software enmarcados en actividades de investigación". *Scientia et Technica*. Vol 1, num 47: pp.141-146, 2011.
118. Soluciones informáticas y Aplicaciones Crediticias S.A de C.V. "*DECIDE - Software para Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión*". [Online]. Available: <http://www.decide.com.mx/decide.htm>. 2009, [Accessed Abril, 2016].
119. Collaboration software to meet the needs of your organization. "Expert Choice". *Software*. [Online]. Available: <https://expertchoice.com/enterprise-risk-management/> 2015. [Accessed Abril, 2016].
120. BoraSystem. "*EasyPlanEx*". Software for Evaluating and Optimizing Capital Projects Helping You Make Better Business Decisions. [Online]. Available: <http://www.easyplanex.com/>.2011. [Accessed Abril, 2016].
121. Ministerio de Economía y Planificación(MEP). *Resolución 91/2006*. Editor Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana. 2006. [Online]. Available:<https://www.gacetaoficial.gob.cu/> [Accessed Septiembre, 2016].
122. Ministerio de Economía y Planificación(MEP) *4715/2008* Editor Gaceta Oficial de la República de Cuba. La Habana. 2008. Disponible en: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/>[Accessed Septiembre, 2016].
123. Más Basnuevo, A. "Decisión multicriterio para la evaluación y selección de proyectos de Ciencia e Innovación Tecnológica: propuesta de un procedimiento. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, vol 25, num 2, pp: 249-256. 2014

124. Frías, Víctor Godwall-Fuentes, y otros. "Procedimiento General para la realización de estudios de factibilidad de inversiones para las Pequeñas y Medianas Empresas". *Ciencias Holguín* vol **19**, num 4: pp.55-66, 2013.
125. De la Caridad León, Irene, and at. "Fundamentos Teóricos Metodológicos para la Evaluación Económico Financiera de Proyectos de Inversión". *Avances*. Vol **12**, num 1: pp.1-10, 2010.
126. Li, Deng-Feng, Huang, Zhi-Gang, and Chen, Guo-Hong. "*A systematic approach to heterogeneous multiattribute group decision making*". *Computers & Industrial Engineering*. Vol 59, num 4: pp.561-572, 2010.
127. G. Zhang, J.L., "An integrated group decision-making method dealing with fuzzy preferences for alternatives and individual judgments for selection criteria". *Group Decision and Negotiation* vol 12, num 6: pp. 501–515, 2003.
128. Betancur Gutiérrez, Juan Carlos. "*Aplicación de los conjuntos borrosos a las decisiones de inversión*". *AD-minister*. **9**: pp.62-85, 2006.
129. Munenzon, Mikhail. "Risk measurement from theory to practice: Is your risk metric coherent and empirically justified?". *Social Science Research*, May 12, 2010. [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=1605315>. [Accessed junio, 2017].
130. Zadeh, Lotfi A. "*Information and control*". *Fuzzy sets*. Vol **8**.num 3: pp.338-353, 1965.
131. Guerra L, M.C., Stefanini, L., "*Interval and fuzzy average internal rate of return for investment appraisal*". *Fuzzy Sets and Systems*. Vol **257**: pp. 217–241, 2014.
132. Sánchez, Andrés. "Estimación de la estructura temporal de los tipos de interés mediante números borrosos. Aplicación a la valoración financiero-actuarial y análisis de la solvencia del asegurador de vida". Tesis doctoral. Departamento de Gestión de Empresas. Universidad Rovira. 2000.
133. Gil-Lafuente, A.M., Santoyo, F.G., and Romero, B.F., "Presupuesto base cero, gestión de la tesorería en contexto de incertidumbre (fuzzy logic): técnica y aplicación". *Revista Nicolaita de Estudios Económicos*, vol 10, num 1: pp. 39-52, 2017.
134. Fornero, R., "El valor de los proyectos de inversión con estimaciones probabilísticas y borrosas". XXXII Jornadas Nacionales de Administración Financiera. pp.83–135.2012. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5252229.pdf>. Valle Hermoso, Córdoba, Argentina, 2012
135. Hazen, Gordon. "An extension of the internal rate of return to stochastic cash flows" *Management Science*. Vol 55, num 6: p. 1030-1034, 2009.
136. Mallo, Paulino E., and at. "La distribución triangular y los números borrosos triangulares". XXIX Coloquio Argentino de Estadística Universidad Nacional del Comahue. Neuquén [ARG], 10-12 octubre 2001.
137. Giménez Migdalia. "Aritmética Difusa: Fundamentos y Ejemplos De Aplicaciones, in *Ciencias y Tecnología*". Tesis de Licenciatura en matemática. Departamento de matemática UNIVERSIDAD CENTROCCIDENTAL "LISANDRO ALVARADO": Barquisimeto, Venezuela. 2012

138. Ramos Miranda, Fernando y otros. "Metodología para la evaluación integral de proyectos de reconversión azucarera en el concepto de biorrefinería con enfoque difuso". ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol 48, num 3: pp. 1-9, 2014.
139. Herrera, F., y otros. "Computing with words in decision making: foundations, trends and prospects". Fuzzy Optimization and Decision Making. Vol 8, num 4: pp. 337-364, 2009.
140. Carrasco, Ramón A., and Villar, Pedro. "A new model for linguistic summarization of heterogeneous data: an application to tourism web data sources". Soft Computing vol 16, num 1: pp.135-151, 2012.
141. Herrera, Francisco y Martínez, Luis, "A 2-tuple fuzzy linguistic representation model for computing with words". IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Vol 8, num 6: pp. 746-752, 2000.
142. Delgado, M., Verdegay, J.L., and Vila, M.A., "On aggregation operations of linguistic labels". International Journal of Intelligent Systems. Vol 8, num 3: pp. 351-370, 1993.
143. Herrera, F. y Martínez, L., "A model based on linguistic 2-tuples for dealing with multigranularity hierarchical linguistic contexts in multiexpert decision-making". IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics.vol 31, num 2: pp. 227-234, 2001.
144. Herrera, F., Herrera-Viedma, E., and Martínez, L., "A fuzzy linguistic methodology to deal with unbalanced linguistic term sets". IEEE Transactions on Fuzzy Systems, Vol 16, num 2: pp. 354-370, 2008.
145. Herrera, Francisco, Martínez, L. y Sánchez, P., "Managing non-homogeneous information in group decision making". European Journal of Operational Research, vol 116, num 1: pp. 115-132, 2005.
146. Liébana, Francisco Javier Estrella. Herramientas y Utilidades Software de Apoyo a la Toma de Decisión Lingüística ya Procesos de Consenso Bajo Incertidumbre. Tesis doctoral. Departamento de informática. Universidad de Jaén. 2015.
147. Felix-Benjamín, G.,and et, "Aplicación de la computación con palabras en la evaluación del impacto de la capacitación". Dyna. Vol 82, num 193: pp. 39-48, 2015.
148. Freire, J.B., y otros, "Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA [A product recommendation model based on computing with word and OWA operators]". International Journal of Innovation and Applied Studies, vol 16, num 1: pp. 60-78, 2016.
148. J.B. Freire, M.A. Sánchez and M.P. González, "Modelo de recomendación de productos basado en computación con palabras y operadores OWA", *International Journal of Innovation and Applied Studies*, vol. 16, no. 1, pp. 78-83, 2016.
149. M. Espinilla, L. Martínez, L.G. Pérez and J. Liu. "Modelo de evaluación sensorial con información lingüística multigranular para el aceite de oliva" in XIV Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica fuzzy, ESTYLF08, Cuencas Mineras (Mieres-Langreo) Sept. 17-19, 2008.pp:249-255
150. A.E. Velazco, "Método de análisis cualitativo de riesgos con información heterogénea basado en el Modelo de Representación Lingüística con 2-tuplas", Tesis de maestría en Gestión de proyectos informáticos, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2015.

151. K. Pérez-Teruel, M. Leyva-Vázquez, M. Espinilla, V. Estrada-Sentí, "Computación con palabras en la toma de decisiones mediante mapas cognitivos difusos", *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 8, no. 2, pp. 19-34, 2014. [Online]. Available: Scielo, <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=640>. [Accessed Mar 10, 2015].
152. P.J. Denning, "Closing Statement: What Have We Said About Computation?", *The Computer Journal*, vol. 77, no. 7, pp. 863-865, 2012. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs081>. [Accessed Dec 16, 2016].
153. A. Arias Orizondo, "Modelo de madurez de tres perspectivas para evaluar y planificar la adopción de arquitecturas orientadas a servicios en las organizaciones", Tesis doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2013.
154. J.F. Ramírez Pérez, "Modelo para la selección de equipos de trabajo quirúrgico en sistemas de información en salud aplicando técnicas de Inteligencia Organizacional", Tesis doctoral. Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba. 2016.
155. J.A. Lugo García, "Modelo para el control de la ejecución de proyectos basado en soft computing", Tesis doctoral, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2015.
156. J. Landeta, *El método Delphi. Una técnica de previsión del incertidumbre*. Barcelona: Ariel, p. 200-223, 1999.
157. Reyes, T. *Métodos cualitativos de investigación: los grupos focales y el estudio de caso*. 1999. Centro de Investigaciones Comerciales e Iniciativas Académicas de la Facultad de Administración de Empresas. Forum Empresarial. Vol. 4 Num. 2.
158. Peña Abreu, M., et al., *Criterios económicos borrosos para el análisis de factibilidad de proyectos de software en ambientes de incertidumbre*. Revista Cubana de Ciencias Informáticas; Vol. 10 (2016): Especial UCIENCIA, 2016.
159. Peña Abreu, M., et al., *Computing with words to feasibility study of software projects*. Tecnura, 2016. **20**(50): p. 69-84.
160. J.D. Gibbons, *Nonparametric methods for quantitative analysis*. New York : Holt, Rinehart and Winston, 1976. [E-book], Available: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300523377>
161. J.M.T. García, M.J. del Moral, M.A. Martínez, E. Herrera-Viedmad, "A consensus model for group decision making problems with linguistic interval fuzzy preference relations", *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 11, pp.10022-10030, 2012. [Online]. Available: ScienceDirect, <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.02.008>. [Accessed Jan 26, 2014].
162. R.H. Sampieri, C.F. Collado and P. B. Lucio, *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill, 2014. pp 36-57.
163. Pressman, Roger S. "Manager: Fear of Trying - The Plight of Rookie Project Managers". IEEE Software vol 15, num 1, pp:50-54, 1998
164. Pressman, Roger S. "Manager - What a Tangled Web We Weave". IEEE Software, vol 17, num 1, pp: 18-21, 2000

165. N. Kuzmina, *Metódicas investigativas de la actividad pedagógica*. Moscú, Rusia: Editorial Leningrado, 1970.pp: 68-90
166. O. Febles, "MIDAC: Modelo para el desarrollo de aplicaciones compuestas basadas en arquitecturas orientadas a servicios", Tesis doctoral, Departamento de Postgrado Internacional, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2012.
167. R. Cañizares, "Repositorio de recursos educativos para las Instituciones de Educación Superior", Tesis doctoral, Departamento de Postgrado Internacional, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2012.
168. M.Y. Leyva, "Modelo de ayuda a la toma de decisiones basado en mapas cognitivos difusos", Tesis Doctoral, Departamento de Postgrado Internacional, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2013.
169. Y.T. Casañola, "MODELO PARA VALORAR LAS ORGANIZACIONES DESARROLLADORAS DE SOFTWARE AL INICIAR LA MEJORA DE PROCESOS", Tesis doctoral, Departamento de Postgrado Internacional, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2014.
170. R.K. Yin, *Case study research: Design and methods*. California: SAGE Publications, 2003.
171. C.W. Ping, "A Methodology for Constructing Causal Knowledge Model from Fuzzy Cognitive Map to Bayesian Belief Network", Tesis doctoral, Chonnam National University, 2009.
172. A. Singh, "Architecture value mapping: using fuzzy cognitive maps as a reasoning mechanism for multi-criteria conceptual design evaluation", Tesis doctoral, Missouri University of Science and Technology, 2011.
173. K. Pérez, "Modelo de proceso de logro de consenso en mapas cognitivos difusos para la toma de decisiones en grupo", Tesis doctoral, Departamento de Postgrado Internacional, Universidad de las Ciencias Informáticas: La Habana, Cuba, 2014.
174. C.C. Seepersad, K. Pedersen, J. Emblemstvag, R. Bailey, J.K. Allen and F. Mistree, "The validation square: how does one verify and validate a design method?" in *Decision Making in Engineering Design*, K.E. Lewis, W. Chen and L.C. Schmidt, Ed. ASME, 2006, pp.303-314.
175. L. Dubé and G. Paré, "Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations", *Mis Quarterly*, vol. 27, no. 4, pp. 597-636, 2003. Available: Management Information Systems Research Center, University of Minnesota, <http://www.jstor.org/stable/30036550>. [Accessed May 18, 2016].
176. P. Piñero, J.A. Lugo, J. Menéndez, et al., "Solución de software XEDRO GESPRO v13.05", En Centro Nacional de Registro de Derecho de Autor de Cuba, No Registro: 2336 -06-2015, La Habana, Cuba. DCN- 002/2016, 2015.
177. P.C.C., "Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución", Granma, p. 47, Jul ,2017. [Online]. Available: Granma, <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/Lineamientos%2020162021%20Versi%C3%B3n%20Final.pdf>. [Accessed Ago 15, 2017].

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA AUTORA

- Rodríguez R., C.R., **Peña A., M.**, Castro A., G.F. y Piñero P., P.Y. (2017). Sistema clasificador borroso basado en algoritmos genéticos para evaluar el estado de ejecución de proyectos. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Cuba. Vol 1. No 3. Julio-Septiembre
- **Peña A., M.**, Rodríguez R., C.R. y Piñero P., P.Y. (2016). Computación con palabras para el análisis de factibilidad de proyectos de software. Revista Tecnura, Colombia, 20(50), 69-84. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a05.
- **Peña A., M.**; Rodríguez R., C.R. y Piñero P., P.Y. (2016). Criterios económicos borrosos para el análisis de factibilidad de proyectos de software en ambientes de incertidumbre. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Cuba. Vol. 10, No. Especial UCIENCIA.
- Villavicencio B., N., **Peña A., M.**, Burneo V., S. y Pérez P., I. (2016). Experiencias en la integración de procesos en las organizaciones orientadas a proyectos de software. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, Cuba. Vol. 10, No. Especial UCIENCIA.
- Rodríguez R., C.R.; **Peña A., M.** y Piñero P., P.Y. (2015). Aprendizaje de reglas difusas usando algoritmos genéticos. Su aplicación a la toma de decisiones en la gestión de proyectos. COMPUMAT 2015, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-286-036-0.
- **Peña A., M.** y Rodríguez R., C.R. (2014). Estudio de factibilidad en la asignatura Ingeniería de Software 1. Una guía didáctica. 1ra Conferencia Científica de la UCI, La Habana. Cuba.
- **Peña A., M.**; Piñero P., P.Y. y Rodríguez R., C.R. (2013). Modelo de factibilidad para

la evaluación de proyectos de software basado en técnicas de soft computing. COMPUMAT 2013, La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-286-022-3.

- Rodríguez R., C.R. y **Peña A., M. (2012)**. Herramienta para aplicar métricas al Diagrama de Clases del Diseño Orientado a Objetos. Revista Avanzada Científica, Cuba. Vol. 15, No. 3. ISSN: 1029-3450.
- **Peña A., M.** y Piñero P, P.Y. (2012). Modelo para análisis de factibilidad en la evaluación de Proyectos de Software. VI Conferencia Científica UCIENCIA en la modalidad presencial. Ciudad de La Habana, Cuba.
- **Peña A, M.** y Piñero P, P.Y. (2011). Modelo de factibilidad para la evaluación de proyectos de software. Simposio: Informática y Matemática para el desarrollo. V Conferencia Internacional de la Universidad de Holguín, ISBN: 978-959-16-1329-5.
- **Peña A., M.,** Leyva, M.Y. y Piñero P, P.Y. (2010). Propuesta de Modelo de Pre Factibilidad para la Evaluación de Proyectos de Software. V Conferencia Científica UCIENCIA, La Habana, 2010.
- Piñero P, P.Y., López, D., **Peña, A., M.** et al (2007). Paquete de herramientas para la ayuda en la toma de decisiones y el desarrollo de sistemas inteligentes. Serie Científica Interna de la Universidad de las Ciencias Informáticas.

ANEXOS

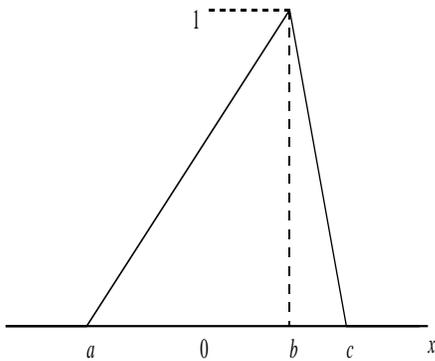
Anexo 1 Número borroso triangular y operaciones

El concepto de números borrosos triangulares (A) se definen por una terna $A = (a, b, c)$ con la siguiente función de membresía:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & x > c \end{cases}$$

Gráficamente el número borroso triangular corresponde a:

$$\mu_A(x)$$



Si \tilde{A} y \tilde{B} son números difusos triangulares $\tilde{A} = (a_1, a_3)$ y $\tilde{B} = (b_1, b_3)$. Las operaciones algebraicas con números borros triangulares se definen como:

Suma:

$$\tilde{A}(+) \tilde{B} = (a_1, a_3) (+) (b_1, b_3) = [a_1 + b_1, a_3 + b_3]$$

Resta:

$$\tilde{A}(-)\tilde{B} = (a_1, a_3) (-) (b_1, b_3) = [a_1 - b_3, a_3 - b_1]$$

Multiplicación:

$$\tilde{A}(x)\tilde{B} = (a_1, a_3) (x) (b_1, b_3) = [\text{Min} (a_1xb_1, a_1xb_3, a_3xb_1, a_3xb_3); \text{Max} (a_1xb_1, a_1xb_3, a_3xb_1, a_3xb_3)]$$

División:

$$\tilde{A}(\div)\tilde{B} = (a_1, a_3) (\div) (b_1, b_3) = [\text{Min}(a_1\div b_1, a_1\div b_3, a_3\div b_1, a_3\div b_3); \text{Max}(a_1\div b_1, a_1\div b_3, a_3\div b_1, a_3\div b_3)]$$

Anexo 2 Primera ronda de encuesta abierta para la selección de expertos

Estimado participante.

Ante todo, se le agradece su disposición a colaborar con el desarrollo de esta investigación, cuyo objetivo es desarrollar un modelo para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software que integre criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos, y que trate la presencia de incertidumbre en este proceso.

Se le solicita que enuncie las características que en su opinión deben tenerse en cuenta para considerar a un trabajador de la industria del software (u otras afines) como experto en estudios de factibilidad de proyectos de software.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

Anexo 3 Segunda ronda de encuesta abierta para la selección de expertos

Estimado participante.

Ante todo, se le agradece su disposición a colaborar con el desarrollo de esta investigación, cuyo objetivo es desarrollar un modelo para realizar estudios de factibilidad de proyectos de software que integre criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos, y que trate la presencia de incertidumbre en este proceso.

Se le solicita que para los características que aparecen debajo, indique en qué medida deben evaluarse para considerar a un trabajador de la industria del software (u otras afines) como experto en estudios de factibilidad de proyectos de software. Para ello utilice la escala que se le ofrece a continuación.



Símbolo	Características	Evalúe
C1	Más de 10 años de experiencia en la industria del software (u otras afines)	
C2	Entre 5 y 10 años de experiencia en la industria del software (u otras afines)	
C3	Entre 3 y 5 años de experiencia en la industria del software (u otras afines)	
C4	Conocimientos de ingeniería de software	
C5	Conocimientos de gestión de costos de proyectos	
C6	Conocimientos de la legislación vigente en Cuba sobre los estudios de factibilidad de proyectos	
C7	Conocimientos en metodologías, modelos, estándares de software	
C8	Haber desempeñado roles relacionados con la gestión de proyectos de software (líder de proyecto, etc.)	
C9	Haber desempeñado roles de consultor y/o asesor en estudios de factibilidad de proyectos	
C10	Haber publicado sus experiencias en el desarrollo de estudios de factibilidad de proyectos	
C11	Haber impartido actividades de postgrado sobre el desarrollo de estudios de factibilidad de proyectos	

Anexo 4 Matriz de requisitos para seleccionar expertos

Matriz de requisitos para seleccionar expertos. Evaluaciones individuales y consenso expresados en 2-tupla (Ronda 2).

	Evaluadores																				Consenso
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19	E20	
C1	(PC, 0)	(M, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(MPC, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(MPC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0.25)

11 C	10 C	9 C	8 C	7 C	6 C	5 C	4 C	3 C	2 C	1 C
(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)
(PC, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(C, 0)
(PC, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(PC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(C, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(C, 0)
(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(C, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)
(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(MC, 0)
(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(C, 0)
(M, 0, 0.45)	(M, 0.45)	(C, -0.4)	(C, -0.3)	(C, 0.05)	(C, 0.25)	(C, 0.05)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0.5)

Anexo 5 Encuesta criterios para evaluar proyectos

Estimado experto.

Ante todo, se le agradece su disposición a colaborar con el desarrollo de esta investigación, cuyo objetivo es desarrollar un modelo para realizar estudios de factibilidad de proyectos de software que integre criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos, y que trate la presencia de incertidumbre en este proceso.

Se le solicita que para los criterios que aparecen debajo, indique en qué medida deben ser considerados en un estudio de factibilidad de proyectos de software. Para ello utilice la escala que se le ofrece a continuación.



Área	Símbolo	Criterios	Evalúe
Técnicos	T1	Tamaño del proyecto	
	T2	Criticidad de la solución	
	T3	Conocimiento del dominio por parte del equipo de desarrollo	
	T4	Recursos humanos	
	T5	Cultura de la organización	
	T6	Cubrimiento de los procesos de la organización	
	T7	Potencialidades para el trabajo con DATOS	
	T8	Facilidades para la integración	
	T9	Seguridad	
	T10	Facilidades de licencias y patentes de la tecnología	
	T11	Transferencia de tecnología	
	T12	Facilidades para la formación de capital humano	
	T13	Facilidades de mantenimiento	

	T14	Facilidades de soporte	
	T15	Novedad del producto	
	T16	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	
	T17	Herramientas informáticas disponibles	
	T18	Insumos disponibles	
Comerciales	C1	Grado de comercialización en el mercado	
	C2	Restricciones legales de para la introducción de los resultados	
	C3	Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	
	C4	Impacto entre los productos existentes	
	C5	Demanda actual del producto	
	C6	Demanda futura del producto	
	C7	Productos sustitutos	
Económicos	E1	Tasa interna de retorno (TIR)	
	E2	Valor neto presente	
	E3	Recuperación de la inversión en el período	
Sociales	S1	Calidad de vida de los beneficiados	
	S2	VAN Social	
	S3	TIR Social	
	S4	Impacto en la sociedad	
	S5	Solución de un problema social	

1. ¿Considera que deben considerarse otros? Enúncielos debajo.

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Anexo 6 Matriz de criterios para evaluar proyectos. Evaluaciones individuales y consenso expresados en 2-tupla (Ronda 1).

Matriz de criterios para evaluar proyectos. Evaluaciones individuales y consenso expresados en 2-tupla (Ronda 1).

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	C
T1	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)
T2	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.17)
T3	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, -0.08)
T4	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.08)
T5	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, -0.5)
T6	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
T7	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0.42)
T8	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)
T9	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(PC, 0)	(C, 0)	(C, 0.17)
T10	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(C, 0.33)

T1 1	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)
T1 2	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0.08)
T1 3	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(PC, 0)	(NC, 0.42)
T1 4	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(PC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0.33)
T1 5	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, -0.08)
T1 6	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.5)
T1 7	(MC, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, -0.5)
T1 8	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0.08)
C1	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(CS, -0.5)
C2	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0.42)
C3	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.33)
C4	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
C5	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.17)
C6	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)
C7	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0.42)
E1	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)
E2	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.25)

E3	(C, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, -0.5)
S1	(MC, 0)	(CS, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0.08)
S2	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0.42)
S3	(NC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(MPC, 0)	(MPC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0)	(NC, 0.42)
S4	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.42)
S5	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.25)

Anexo 7 Conceptualización de los criterios para evaluar la factibilidad de proyectos

CRITERIOS TÉCNICOS

Código: T1	Clasificación: Técnico
Criterio: Tamaño de la solución	Dominio: Lingüístico (CWW)
<p>Conceptualización: Se analiza el tamaño del proyecto a desarrollar a partir de su alcance preliminar. Se tiene en cuenta la capacidad de la entidad desarrolladora para tratar con el tamaño del proyecto y si cuenta con los recursos necesarios para enfrentarlo.</p>	
<p>Escala de valores: •Muy Grande (4) •Grande (3) •Mediano (2) •Pequeño (1) •No existe información al respecto (0)</p>	
Código: T2	Clasificación: Técnico
Criterio: Criticidad de la solución	Dominio: Lingüístico (CWW)
<p>Conceptualización: Se analiza el rigor del proyecto para garantizar los procesos de prueba, verificación, respaldo ante fallas y recuperación. Es importante tener en cuenta este elemento para en caso de posibles fallos tener una solución que evite la pérdida de vida humanas y recursos materiales.</p>	
<p>Escala de valores: •Muy Alta(4) •Alta (3) •Mediana (2) •Poca (1) •No tiene (0)</p>	
Código: T3	Clasificación: Técnico
Criterio: Conocimiento del dominio por parte del equipo de desarrollo	Dominio: Numérico
<p>Conceptualización: Se mide la escalabilidad y conocimiento explícito del dominio de desarrollo por parte del equipo de desarrollo para llevar a cabo el proyecto.</p>	
<p>Escala de valores: [1, 5]</p>	

Código: T4	Clasificación: Técnico
Criterio: Recursos humanos	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Describe las fortalezas respecto a los recursos humanos involucrados en el proyecto. Niveles de experiencia del personal, capaces de comprender y adaptar los métodos y las técnicas empleadas. Nivel de especialización. Compromiso con el desarrollo.	
Escala de valores: • Muy Alta experticia (4) • Alta experticia (3) • Mediana experticia (2) • Poca experticia (1) • No tiene experticia (0)	
Código: T5	Clasificación: Técnico
Criterio: Cultura de la organización	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a la cultura de la organización y los procesos establecidos en la misma. Evalúa mejor adaptación a la cultura de la organización. Se potencia la alternativa en que las personas se sientan seguras con un marco de tareas y responsabilidades bien definido. Donde los procesos estén bien definidos.	
Escala de valores: • Muy Alta cultura (4) • Alta cultura (3) • Mediana cultura (2) • Poca cultura (1) • No hay cultura (0)	
Código: T6	Clasificación: Técnico
Criterio: Cubrimiento de los procesos de la organización	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Análisis de cuánto el proyecto cubre con las necesidades del negocio a resolver con la tecnología (software).	
Escala de valores: • Muy Alto cubrimiento (4) • Alto cubrimiento (3) • Mediano cubrimiento (2) • Poco cubrimiento (1) • No cubre (0)	
Código: T7	Clasificación: Técnico
Criterio: Seguridad y facilidades para la integración	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Análisis del nivel de seguridad que debe tener el proyecto para cubrir las necesidades de la organización y de las facilidades para la integración con otras tecnologías y sistemas.	
Escala de valores: • Muy Alto cubrimiento (4) • Alto cubrimiento (3) • Mediano cubrimiento (2) • Poco cubrimiento (1) • No cubre (0)	
Código: T8	Clasificación: Técnico
Criterio: Facilidades de licencias y patentes de la tecnología	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a las posibilidades de soberanía, facilidades que brinda el proyecto respecto a derechos de distribución, derechos de desarrollo, explotación etc. Tener en cuenta si las licencias son: • Privativa • Libre Permisiva (BSD) • Libre No Permisiva (GNU GPL 2.0)	
Escala de valores: • Libre (4) • Libre No Permisiva (GNU GPL 2.0) (3) • Libre Permisiva (BSD) (2) • Privativa (1) • No se especifica (0)	
Código: T9	Clasificación: Técnico
Criterio: Transferencia de tecnología	Dominio: Lingüístico (CWW)

Conceptualización: Se refiere a las posibilidades del proyecto para la transferencia de la tecnología propuesta. De forma tal que permita continuar y la independencia en su desarrollo.	
Escala de valores: • Muy Altas posibilidades (4) • Altas posibilidades (3) • Medianas posibilidades (2) • Pocas posibilidades (1) • No hay posibilidades (0)	
Código: T10	Clasificación: Técnico
Criterio: Facilidades para la formación de capital humano	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a las posibilidades para la formación de capital humano que deja el proyecto respecto a la tecnología implantada.	
Escala de valores: • Muy Altas posibilidades (4) • Altas posibilidades (3) • Medianas posibilidades (2) • Pocas posibilidades (1) • No hay posibilidades (0)	
Código: T11	Clasificación: Técnico
Criterio: Novedad del producto	Dominio: Numérico
Conceptualización: Se refiere a la Novedad que tiene el desarrollo del producto para la organización y su entorno.	
Escala de valores: [1, 5]	
Código: T12	Clasificación: Técnico
Criterio: Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a la disponibilidad de la infraestructura tecnológica (Servidores, conexión, impresoras, etc.) para enfrentar el desarrollo del proyecto. En caso de no contar con alguna, revisar si la empresa cuenta con los recursos financieros para su adquisición.	
Escala de valores: • Muy Alta disponibilidad (4) • Alta disponibilidad (3) • Mediana disponibilidad (2) • Poca disponibilidad (1) • No hay disponibilidad (0)	
Código: T13	Clasificación: Técnico
Criterio: Herramientas informáticas disponibles	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a la disponibilidad de herramientas informáticas para enfrentar el desarrollo del proyecto. En caso de no contar con alguna, revisar si la empresa cuenta con los recursos financieros para su adquisición.	
Escala de valores: • Muy Alta disponibilidad (4) • Alta disponibilidad (3) • Mediana disponibilidad (2) • Poca disponibilidad (1) • No hay disponibilidad (0)	
Código: T14	Clasificación: Técnico
Criterio: Capacidad administrativa de los líderes del proyecto	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a la experiencia de los líderes que van a estar al frente del proyecto, resultados en la dirección.	
Escala de valores: • Muy Alta experiencia (4) • Alta experiencia (3) • Mediana experiencia (2) • Poca experiencia (1) • No hay experiencia (0)	
Código: T15	Clasificación: Técnico
Criterio: Solvencia científica del equipo de desarrollo	Dominio: Lingüístico (CWW)

Conceptualización: Se refiere al nivel científico del equipo de desarrollo para incluir ciencia en el desarrollo de la solución.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (4) •Alto nivel (3) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (1) •No hay nivel (0)	
Código: T16	Clasificación: Técnico
Criterio: Portabilidad de la solución	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evaluar las facilidades de portabilidad de la solución.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (4) •Alto nivel (3) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (1) •No hay nivel (0)	
Código: T17	Clasificación: Técnico
Criterio: Organización del modelo de producción	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evaluar la existencia de una estructura del modelo de producción en el que se va a desarrollar el proyecto y su grado de organización.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (4) •Alto nivel (3) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (1) •No hay nivel (0)	
Código: T18	Clasificación: Técnico
Criterio: Afectaciones ambientales	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evaluar el nivel de afectaciones ambientales que pueda provocar el desarrollo del proyecto.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (0) •Alto nivel (1) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (3) •No hay afectación (4)	

CRITERIOS COMERCIALES

Código: C1	Clasificación: Comercial
Criterio: Grado de comercialización en el mercado	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evaluar el nivel máximo que puede ser comercializado el producto en el mercado	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (0) •Alto nivel (1) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (3) •No hay nivel (4)	
Código: C2	Clasificación: Comercial
Criterio: Restricciones legales para la introducción de los resultados	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se refiere a las limitaciones legales que puedan existir para poder introducir los resultados obtenidos. Términos en el contrato que amparen los derechos de autor.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (0) •Alto nivel (1) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (3) •No hay afectación (4)	
Código: C3	Clasificación: Comercial

Criterio: Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa si con el desarrollo de la alternativa se fortalece la satisfacción del cliente y su afiliación, lo cual puede permitir el desarrollo de nuevos proyectos.	
Escala de valores: •Muy Alto nivel (4) •Alto nivel (3) •Mediano nivel (2) •Poco nivel (1) •No hay nivel (0)	
Código: C4	Clasificación: Comercial
Criterio: Impacto entre los productos existentes	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa la repercusión en comparación con los productos de su mismo tipo en el mercado.	
Escala de valores: •Muy Alto impacto (4) •Alto impacto (3) •Mediano impacto (2) •Poco impacto (1) •No hay impacto (0)	
Código: C5	Clasificación: Comercial
Criterio: Demanda actual del producto	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa la cantidad actual de clientes que deseen el producto teniendo en cuenta: •Niveles de precio •Condiciones de venta •Demanda esperada •Demanda deseada	
Escala de valores: •Muy Alta demanda (4) •Alta demanda (3) •Mediana demanda (2) •Poca demanda (1) •No hay demanda (0)	
Código: C6	Clasificación: Comercial
Criterio: Demanda futura del producto	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa la cantidad futura de clientes que puedan desear el producto teniendo en cuenta: •Niveles de precio •Condiciones de venta •Demanda esperada •Demanda deseada	
Escala de valores: •Muy Alta demanda (4) •Alta demanda (3) •Mediana demanda (2) •Poca demanda (1) •No hay demanda (0)	
Código: C7	Clasificación: Comercial
Criterio: Productos sustitutos	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúan los productos existentes en el mercado que pueden sustituir al que se realizará y ser una amenaza para el mismo.	
Escala de valores: •Muy Alto (0) •Alto (1) •Mediano (2) •Poco sustitutos (3) •No hay sustitutos (4)	
Código: C8	Clasificación: Comercial
Criterio: Estimación de vida en el mercado	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa el tiempo que el producto puede tener una alta demanda en el mercado, considerando que a mayor tiempo de vida estimado se emite una mejor evaluación.	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No tiene (0)	
Código: C9	Clasificación: Comercial

Criterio: Riesgos en el mercado	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa la existencia de riesgos en el mercado que puedan provocar variaciones en los ingresos y egresos.	
Escala de valores: •Muy Alto (0) •Alto (1) •Mediano (2) •Poco (3) •No hay riesgos (4)	
Código: C10	Clasificación: Comercial
Criterio: Dificultad de acceso al mercado	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Se evalúa la existencia de obstáculos que puedan dificultar las operaciones en el mercado.	
Escala de valores: •Muy Alto (0) •Alto (1) •Mediano (2) •Poco (3) •No hay obstáculos (4)	

CRITERIOS ECONOMICOS

Código: E1	Clasificación: Económico
Criterio: Tasa interna de retorno (TIR)	Dominio: Numérico
Conceptualización: Se refiere a la máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva a la recuperación del capital.	
Valores: •Valores pesimista, más probable y optimista calculados según:	
$TIR(\overline{p}, c, o) = [TIR_{p\alpha}; TIR_{o\alpha}] = \left[r_1^p + \frac{(VAN_p^p)_\alpha (r_2^p - r_1^p)}{(VAN_p^p)_\alpha + |(VAN_n^p)_\alpha|}; r_2^o + \frac{(VAN_p^o)_\alpha (r_2^o - r_1^o)}{(VAN_p^o)_\alpha + |(VAN_n^o)_\alpha|} \right]$	
•Valor numérico estimado según la técnica de estimación por tres valores:	
$\overline{TIR} = \frac{(TIR_p^b + 4(TIR_b^b) + TIR_o^b)}{6}$	
Código: E2	Clasificación: Económico
Criterio: Valor actual neto (VAN)	Dominio: Numérico
Conceptualización: Se refiere al saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil.	
Valores: •Valores pesimista, más probable y optimista calculados según:	
$VAN(\overline{p}, c, o) = [VAN_{p\alpha}; VAN_{o\alpha}] = \left[\sum_{t=0}^n \frac{(fc_{p_t})_\alpha}{(1+k_{p\alpha})^t}; \sum_{t=0}^n \frac{(fc_{o_t})_\alpha}{(1+k_{o\alpha})^t} \right]$	
•Valor numérico estimado según la técnica de estimación por tres valores:	
$\overline{VAN} = \frac{(VAN_p^b + 4(VAN_b^b) + VAN_o^b)}{6}$	
Código: E3	Clasificación: Económico
Criterio: Recuperación de la inversión en el período (PRI)	Dominio: Numérico
Conceptualización: Se refiere al tiempo mínimo que tarda en amortizarse la inversión inicial	
Valores: •Valores pesimista, más probable y optimista calculados según:	

$$PRI^d(\widetilde{o}, c, p) = [PRI^d_{o\alpha}; PRI^d_{p\alpha}] = \left[u_o + \frac{|(SAN_o)_\alpha|}{|(SAN_o)_\alpha| + (SAP_o)_\alpha}; u_p + \frac{|(SAN_p)_\alpha|}{|(SAN_p)_\alpha| + (SAP_p)_\alpha} \right]$$

•Valor numérico estimado según la técnica de estimación por tres valores:

$$\widetilde{PRI} = \frac{(PRI^b_p + 4(PRI^b_b) + PRI^b_o)}{6}$$

CRITERIOS SOCIALES

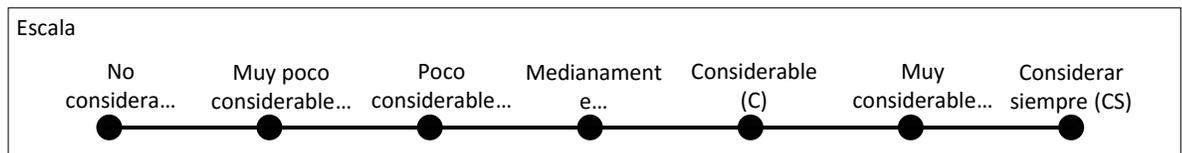
Código: S1	Clasificación: Social
Criterio: Calidad de vida de los beneficiados	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evalúa si con el desarrollo del proyecto se visualizan mejoras en la calidad de vida de los beneficiados.	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No aumenta (0)	
Código: S2	Clasificación: Social
Criterio: Impacto en la sociedad	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evalúa el nivel de impacto en la sociedad o localidad donde se aplique el resultado	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No aumenta (0)	
Código: S3	Clasificación: Social
Criterio: Solución de un problema social	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evalúa si se soluciona un problema social de la localidad o el país	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No soluciona (0)	
Código: S4	Clasificación: Social
Criterio: Mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evalúa si con el desarrollo del proyecto se visualizan mejoras en el nivel formación de las personas beneficiadas.	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No aumenta (0)	
Código: S5	Clasificación: Social
Criterio: Número de personas beneficiadas	Dominio: Lingüístico (CWW)
Conceptualización: Evalúa el número de personas beneficiadas con el desarrollo del proyecto de proyecto.	
Escala de valores: •Muy Alto (4) •Alto (3) •Mediano (2) •Poco (1) •No existen (0)	

Anexo 8 Criterios para evaluar proyecto (2da ronda)

Estimado experto.

Ante todo, se le agradece su disposición a colaborar con el desarrollo de esta investigación, cuyo objetivo es desarrollar un modelo para realizar estudios de factibilidad de proyectos de software que integre criterios técnicos, comerciales, sociales y económicos, y que trate la presencia de incertidumbre en este proceso.

Se le solicita que para los criterios que aparecen debajo, indique en qué medida deben ser considerados en un estudio de factibilidad de proyectos de software. Para ello utilice la escala que se le ofrece a continuación.



Área	Símbolo	Criterios	Evalúe
Técnicos	T1	Tamaño del proyecto	
	T2	Criticidad de la solución	
	T3	Conocimiento del dominio por parte del equipo de desarrollo	
	T4	Recursos humanos	
	T5	Cultura de la organización	
	T6	Cubrimiento de los procesos de la organización	
	T7	Seguridad y facilidades para la integración	
	T8	Facilidades de licencias y patentes de la tecnología	
	T9	Transferencia de tecnología	
	T10	Facilidades para la formación de capital humano	
	T11	Novedad del producto	
	T12	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	
	T13	Herramientas informáticas disponibles	
	T14	Capacidad administrativa de los líderes del proyecto	

	T15	Solvencia científica del equipo de desarrollo	
	T16	Portabilidad de la solución	
	T17	Organización del modelo de producción	
	T18	Afectaciones ambientales	
Comerciales	C1	Grado de comercialización en el mercado	
	C2	Restricciones legales de para la introducción de los resultados	
	C3	Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	
	C4	Impacto entre los productos existentes	
	C5	Demanda actual del producto	
	C6	Demanda futura del producto	
	C7	Productos sustitutos	
	C8	Estimación de vida en el mercado	
	C9	Riesgos en el mercado	
	C10	Dificultad de acceso al mercado	
Económicos	E1	Tasa interna de retorno (TIR)	
	E2	Valor actual neto (VAN)	
	E3	Recuperación de la inversión en el período (PRI)	
Sociales	S1	Calidad de vida de los beneficiados	
	S2	Impacto en la sociedad	
	S3	Solución de un problema social	
	S4	Mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas	
	S5	Número de personas beneficiadas	

Anexo 9 Matriz final de criterios para evaluar proyectos. Valoraciones expresadas en 2-tuplas (criterios ordenados por consenso)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	Consenso
T1	(CS, 0)												
E1	(CS, 0)												

T2	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.08)							
T4	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.08)
E2	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.08)
T12	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, -0.17)
C1	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, -0.17)
E3	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, -0.17)
T17	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, -0.25)
S5	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, -0.25)
S2	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.42)
C3	(MC, 0)	(CS, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.33)
S3	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.25)
C5	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0.17)
T3	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, -0.08)
T5	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(MC, -0.17)
T13	(MC, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, -0.42)
C9	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, -0.42)
T6	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
T8	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
T14	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
C4	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0.42)
C10	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0.42)
T7	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0.33)
T15	(M, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0.33)
T18	(MC, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0.33)
T10	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(CS, 0)	(C, 0.08)
S1	(MC, 0)	(CS, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0.08)
T9	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(C, 0)
C6	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(MC, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(C, 0)
T11	(MC, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(CS, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, -0.08)
C8	(MC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(C, -0.25)
C2	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0.42)
C7	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(MC, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0.42)
S4	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(C, 0)	(C, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0)	(M, 0.42)
T16	(M, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(MPC, 0)	(PC, 0)	(M, 0)	(PC, 0)	(PC, 0)	(PC, 0.33)

Anexo 10 Cantera de criterios propuestos para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software y su nivel de importancia (expresada en 2-tupla)

Área	Símbolo	Criterios	Evaluación
Técnicos	T1	Tamaño del proyecto	(CS, 0)
	T2	Criticidad de la solución	(CS, -0.08)
	T3	Conocimiento del dominio por parte del equipo de desarrollo	(MC, -0.08)
	T4	Recursos humanos	(CS, -0.08)
	T5	Cultura de la organización	(MC, -0.17)
	T6	Cubrimiento de los procesos de la organización	(C, 0.42)
	T7	Seguridad y facilidades para la integración	(C, 0.33)
	T8	Facilidades de licencias y patentes de la tecnología	(C, 0.42)
	T9	Transferencia de tecnología	(C, 0)
	T10	Facilidades para la formación de capital humano	(C, 0.08)
	T11	Novedad del producto	(C, -0.08)
	T12	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	(CS, -0.17)
	T13	Herramientas informáticas disponibles	(MC, -0.42)
	T14	Capacidad administrativa de los líderes del proyecto	(C, 0.42)
	T15	Solvencia científica del equipo de desarrollo	(C, 0.33)
	T16	Portabilidad de la solución	(PC, 0.33)
	T17	Organización del modelo de producción	(CS, -0.25)
	T18	Afectaciones ambientales	(C, 0.33)
Comerciales	C1	Grado de comercialización en el mercado	(CS, -0.17)

Anexo 11 Estructura del Flujo de Caja para proyectos informáticos

	C2	Restricciones legales de para la introducción de los resultados	(M, 0.42)
	C3	Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	(MC, 0.33)
	C4	Impacto entre los productos existentes	(C, 0.42)
	C5	Demanda actual del producto	(MC, 0.17)
	C6	Demanda futura del producto	(C, 0)
	C7	Productos sustitutos	(M, 0.42)
	C8	Estimación de vida en el mercado	(C, -0.25)
	C9	Riesgos en el mercado	(MC, -0.42)
	C10	Dificultad de acceso al mercado	(C, 0.42)
	Económicos	E1	Valor actual neto (VAN)	(CS, 0)
E2		Tasa interna de retorno (TIR)	(CS, -0.08)
E3		Recuperación de la inversión en el período (PRI)	(CS, -0.17)
Sociales	S1	Calidad de vida de los beneficiados	(C, 0.08)
	S2	Impacto en la sociedad	(MC, 0.42)
	S3	Solución de un problema social	(MC, 0.25)
	S4	Mejora en el nivel de formación de las personas beneficiadas	(M, 0.42)
	S5	Número de personas beneficiadas	(CS, -0.25)

Información económica preliminar del proyecto

- Capital requerido para la inversión de cada proyecto
- A_0 : capital inicial
- A: capital final (Es el monto total que se necesita para ejecutar la inversión)
- k : tasa de interés
- n: frecuencia, cantidad de meses

- Flujos iniciales: Dentro de éste flujo se encuentran las entradas asociadas a las compras de activos fijos y el capital de trabajo. Los activos fijos están relacionados con las inversiones fijas que se ejecutan para desarrollar el proyecto como pueden ser equipos y tecnología, licencias de software, terrenos, suministros entre otras. Dentro del capital de trabajo se tiene en cuenta salarios y seguridad social de los trabajadores, adiestramiento de la fuerza de trabajo, gastos de puesta en marcha entre otros.
- Flujos operacionales: Ingresos percibidos dependen de ventas y precios. Además de los costos y gastos que pueden ser en mano de obra, materiales, electricidad, entre otros.
- Flujos finales: Están asociados con ingresos finales y gastos de mantenimiento del software.

Flujos Iniciales	Mes 0	Mes...	Mes...	Mes...	Mes n
Compra de activos fijos					
Capital de trabajo					
Total de flujos iniciales					
Flujos Operacionales					
Ingresos por Hitos de Ejecución					
HE Levantamiento de Información					
HE Desarrollo					
HE Capacitación y Transferencia					
HE Despliegue y Acompañamiento					
Otros ingresos (especificar)					
Costos y gastos variables					
Fuerza de trabajo directa					
Licencias y/o patentes					
Agua					
Electricidad					
Transportación					
Materiales					
Costos y gastos fijos					

Publicidad y promoción					
Reparación y mantenimiento					
Depreciación					
Utilidad antes de impuesto					
Impuesto 30%					
Utilidad después de impuesto					
Readición de la depreciación					
Flujos Operacionales Totales					
Flujos Finales					
Recuperación del capital de trabajo					
Valor de salvamento					
Fujos Finales Totales					
Flujos Totales					

Anexo 12 Encuesta satisfacción de usuario

Estimado participante.

Ante todo, se le agradece su disposición a colaborar con el desarrollo de esta investigación. Le solicitamos que responda el presente instrumento.

Rol

Área

¿En qué medida el modelo propuesto satisface sus necesidades para realizar análisis de factibilidad de proyectos de software?

- Me satisface mucho Me es indiferente No me satisface nada
 No me satisface tanto Más insatisfecho que satisfecho No sé qué decir

¿Cuáles señalaría usted como las principales ventajas o fortalezas del modelo?

Indique en qué medida los criterios para el análisis de factibilidad de proyectos de software definidos en el modelo cubren las necesidades de su organización.

- No las cubre (0) Las cubre muy poco (1) Las cubre poco (2)
 Las cubre medianamente (3) Las cubre bastante (4) Las cubre mucho (5)
 Las cubre totalmente (6)

¿Considera usted que se deben realizar los estudios de factibilidad de proyectos de software sin utilizar un modelo que incluya criterios técnicos, comerciales, económicos y sociales; y que maneje la incertidumbre presente en las valoraciones humanas?

- Si No sé No

¿Qué aspectos incorporaría usted al modelo propuesto para realizar estudios de factibilidad de proyectos de software?

¿Utilizaría usted el modelo desarrollado para realizar los análisis de factibilidad de proyectos de software en su institución?

Si No sé No

Gracias por su colaboración

Anexo 13 Aval presentado por la JAN sobre uso de Xedro-GESPRO



Junta de Acreditación Nacional

La Habana, 21 de enero de 2015
"Año 57 de la Revolución"

DICTAMEN

DE LA JUNTA DE ACREDITACIÓN NACIONAL SOBRE EL PROCESO DE EVALUACIÓN Y ACREDITACIÓN A LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE PROYECTOS INFORMÁTICOS PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE CIENCIAS INFORMÁTICAS.

La Junta de Acreditación Nacional (JAN), reunida el 21 de enero del 2015 elaboró el siguiente dictamen sobre la maestría de referencia.

La ejecución de este programa de Maestría en una universidad con un modelo docente-productivo ha permitido la obtención y generalización de soluciones que se aplican en centros de desarrollo de la propia UCI, en la administración de procesos universitarios y en otras entidades productivas.

La creación de herramientas tecnológicas como GESPRO, para la gestión de proyectos elaborada en software libre, garantiza independencia tecnológica. Su actualización sistemática es un resultado directo de la introducción del programa en diferentes procesos productivos con gran aceptación. GESPRO se utiliza, a su vez, como medio de enseñanza e instrumento de trabajo en la propia maestría.

Como resultado de las investigaciones realizadas en el marco del programa de maestría, se han desarrollado software que se emplean en la medicina, la educación, la gestión empresarial, el manejo de distintos tipos de recursos y la gobernabilidad institucional en entidades del MIC (ALBET, CALISOFT, COPEXTEL, DESOFT, SOFTEL), del MINFAR (XETID), del MININT (DTS) y la empresa mixta cubano-venezolana GUARDIÁN DEL ALBA.

Los egresados han dado su aporte al trabajo que se ejecuta para la certificación de procesos de la UCI a través del estándar internacional integrado de madurez y capacidad de organizaciones (CMMI, nivel 2).

Las líneas de investigación en las que se trabaja en el programa están en correspondencia con las de la Universidad. Se destaca la existencia de un grupo científico (Grupo de Investigación en Gestión de Proyectos) en el que participan los miembros del claustro, los

Anexo 14 Descripción de la base de datos: Feasility_Dataset

Título extendido en inglés: "Performance assessment of feasibility projects"

Título extendido en español: Base de datos de factibilidad de proyectos

Sumario:

Datos de la evaluación de factibilidad de 30 proyectos de software para el desarrollo de aplicaciones informáticas. Para el análisis de factibilidad del proyecto del proyecto se toma como base la información preliminar de proyectos de software que permita realizar el análisis de factibilidad económica, técnica, comercial y social. De cada proyecto se ofrece además el orden de factibilidad real que tuvo el proyecto.

Generado por: Laboratorio de Investigaciones en Gestión de Proyectos, Universidad de las Ciencias Informáticas, 2017.

Datos del proyecto:

Campo: id del Proyecto

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: 1-30

Significado: Identificador del proyecto

Campo: Tiempo de duración

Tipo de dato: cadena (real)

Valores: desde 1 hasta n

Significado: Tiempo de duración del proyecto que se puede expresar en meses, trimestres o años.

Campo: Orden Real

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: 1-30

Significado: Es el orden de factibilidad real de los proyectos de la base de datos que se obtiene a partir de su cálculo luego de finalizar el proyecto.

Campos económicos

Campo: inversión inicial

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: Inversión inicial que realiza el proyecto para comenzar su desarrollo. Se expresa en MT.

Campo: tasa de descuento

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y 1

Significado: tasa de descuento negociada para realizar la inversión.

Campo: Flujos de caja Inicial

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: Es la expresión de los costos y beneficios esperados en dinero líquido

Campo: Valor Actual Neto (VAN) Inicial

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: es el saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil

Campo: Tasa Interna de Retorno (TIR) Inicial

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y 1

Significado: Es la máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva a la recuperación del capital

Campo: Periodo de Recuperación (PRI) Inicial

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: Es la medida establece el tiempo mínimo que tarda en amortizarse la inversión inicial, desde que comienza el proyecto hasta que se recupera la inversión, momento en el que el flujo de caja llega a ser positivo, obteniéndose a partir de ese momento beneficios netos

Campo: Valor Actual Neto (VAN) Real

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: es el saldo entre los valores actualizados de los ingresos y egresos durante toda su vida útil

Campo: Tasa Interna de Retorno (TIR) Real

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y 1

Significado: Es la máxima tasa de interés que gana el capital no amortizado en un período de tiempo y que conlleva a la recuperación del capital

Campo: Periodo de Recuperación (PRI) Real

Tipo de dato: numérico (real)

Valores: Adquiere valores entre 0 y n

Significado: Es la medida establece el tiempo mínimo que tarda en amortizarse la inversión inicial, desde que comienza el proyecto hasta que se recupera la inversión, momento en el que el flujo de caja llega a ser positivo, obteniéndose a partir de ese momento beneficios netos.

Campos técnicos, comerciales y sociales aplica para todos los criterios

Campo: criterio de evaluación

Tipo de dato: cadena (real)

Valores: Adquiere valores definidos en el Anexo 7 a partir de la definición del criterio

Significado: toma el valor de la evaluación emitida por los expertos para ese criterio, estos valores y la descripción de cada criterio se encuentra en el Anexo 7.

Anexo 15 Resultados Cuasi-experimento 1

Criterios evaluados:

No	Criterios evaluados	Área
1	Valor Actual Neto (VAN)	Económica
2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Económica
3	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	Económica

Resultados para el criterio VAN

Id Proyecto	VAN Real		VAN con NBT				VAN Método tradicional		
	Valor	Orden factibilidad	Tres valores (p, o, c)	Valor NBT*	Orden factibilidad	Distancia al real	Valor	Orden factibilidad	Distancia al real
1	7943,78	20	(7799,88; 8081,69; 8097,07)	8037,28	20	0	8255,81	21	1
2	63945,49	3	(62996,51; 64046,03; 64275,77)	63909,4	3	0	63997,57	5	2
3	23923,21	13	(23423,21; 23610,71; 23923,21)	23631,55	13	0	27048,21	11	2
4	613135,48	1	(609283,19; 613458,48; 617732,18)	613474,88	1	0	562532,81	1	0
5	1120,93	27	(1074,14; 1173,31; 1257,53)	1170,81	27	0	1226,28	27	0
6	44416,88	7	(44129,80; 44373,15; 44933,61)	44426	6	1	44385,52	8	1

7	27331,31	10	(27309,95; 27661,14; 27919,81)	27645,72	10	0	28648,45	10	0
8	19221,23	17	(19091,24; 19213,53; 19369,91)	19219,21	17	0	19971,42	17	0
9	21628,6	15	(22660,75; 21593,49; 21847,12)	21813,64	15	0	22429,16	16	1
10	24151,79	11	(24082,37; 24211,28; 24348,16)	24212,61	11	0	844,52	29	18
11	3440,92	25	(3172,97; 3340,63; 3553,24)	3348,12	25	0	4734,62	25	0
13	7490,86	22	(7159,87; 7333,74; 7708,19)	7367,17	22	0	7700,85	22	0
14	62689,69	4	(53517,73; 64067,62; 53879,28)	60611,25	4	0	64210,51	4	0
15	14845,94	19	(14783,44; 15713,16; 16951,47)	15764,59	19	0	16021,76	20	1
17	33279,24	9	(32075,76; 33594,54; 32974,43)	33238,06	8	1	35467,12	9	0
18	225,36	29	(37,86; 225,36; 600,36)	256,61	30	1	60036	6	23
19	22078,44	14	(22995,09; 22627,46; 26620,09)	23354,17	14	0	22658,79	15	1
20	23989,95	12	(23027,01; 24003,27; 23062,62)	23683,79	12	0	24170,11	13	1
21	7709,75	21	(5492,76; 7211,51; 9926,75)	7377,59	21	0	18794,73	19	2
22	44,21	30	(226,37; 398,24; 625,92)	407,54	29	1	1680,85	26	4
25	569,1	28	(461,52; 616,65; 958,58)	647,78	28	0	899,28	28	0
26	6929,54	23	(6817,93; 6936,24; 6995,39)	6946,1	23	0	6984,25	23	0
27	82465,51	2	(82645,01; 82663,26; 82677,09)	82662,53	2	0	82651,09	2	0
28	1794,12	26	(636,66; 2352,16; 2584,30)	2104,93	26	0	3,94	30	4
29	17302,34	18	(4184,80; 18812,51; 19881)	16652,64	18	0	19546,07	18	0

30	46701,93	5	(48420,68; 51082,54; 54189,26)	51156,68	5	0	49363,79	7	2
31	21083,98	16	(18531,80; 19715,89; 21323,86)	19786,53	16	0	23746,2	14	2
32	46247,81	6	(42698,71; 43881,74; 46247,81)	44078,92	7	1	64328,17	3	3
33	34149,62	8	(25203,55; 31167,60; 34562,01)	30739,32	9	1	26727,5	12	4
34	6450,96	24	(6448,09; 6466,89; 6488,57)	6467,37	24	0	6484,27	24	0

Resultados test de Wilcoxon - VAN

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
D_van_nbt_vs_real	30	,2000	,40684	,00	1,00	,0000	,0000	,0000
D_van_m.trad_vs_real	30	2,4000	5,13003	,00	23,00	,0000	1,0000	2,0000

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
D_van_m.trad_vs_real - Negative Ranks D_van_nbt_vs_real	1(a)	3,50	3,50
Positive Ranks	16(b)	9,34	149,50
Ties	13(c)		
Total	30		

a D_van_m.trad_vs_real < D_van_nbt_vs_real

b D_van_m.trad_vs_real > D_van_nbt_vs_real

c D_van_m.trad_vs_real = D_van_nbt_vs_real

Test Statistics(b,c)

			D_van_m.trad _vs_real - D_van_nbt_v s_real
Z			-3,491(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)			,000
Monte Carlo Sig. (2- tailed)	Sig.		,000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,000
		Upper Bound	,001
Monte Carlo Sig. (1- tailed)	Sig.		,000
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,000
		Upper Bound	,000

a Based on negative ranks.

b Wilcoxon Signed Ranks Test

c Based on 10000 sampled tables with starting seed 299883525.

Resultados para el criterio TIR

Id Proyecto	TIR Real		TIR con NBT				TIR Método tradicional		
	Valor	Orden factibilidad	Tres valores (p, o, c)	Valor NBT*	Orden factibilidad	Distancia al real	Valor	Orden factibilidad	Distancia al real
1	0,42	15	(0,41; 0,42; 0,42)	0,42	15	0	0,43	15	0
2	0,45	11	(0,45; 0,45; 0,46)	0,45	12	1	0,45	13	2
3	0,39	16	(0,38; 0,38; 0,39)	0,38	16	0	0,42	17	1
4	0,58	8	(0,58; 0,58; 0,58)	0,58	8	0	0,54	9	1
5	0,52	9	(0,51; 0,55; 0,58)	0,55	9	0	0,57	8	1
6	0,72	4	(0,72; 0,72; 0,72)	0,72	4	0	0,72	5	1
7	0,44	13	(0,44; 0,45; 0,45)	0,44	13	0	0,46	12	1
8	0,23	23	(0,23; 0,23; 0,23)	0,23	23	0	0,23	27	4
9	0,44	13	(0,44; 0,44; 0,44)	0,44	14	1	0,45	14	1
10	0,31	20	(0,31; 0,31; 0,31)	0,31	19	1	0,32	19	1
11	0,34	17	(0,33; 0,34; 0,35)	0,34	17	0	0,43	16	1
13	0,48	10	(0,46; 0,47; 0,49)	0,47	10	0	0,49	10	0
14	0,45	11	(0,45; 0,45; 0,46)	0,46	11	0	0,46	11	0

15	0,67	5	(0,64; 0,68; 0,72)	0,68	5	0	0,68	7	2
17	0,34	17	(0,34; 0,33; 0,34)	0,34	18	1	0,35	18	1
18	0,18	25	(0,13; 0,18; 0,27)	0,14	28	3	0,27	22	3
19	0,92	1	(0,95; 0,94; 1,08)	0,96	1	0	0,94	1	0
20	0,87	2	(0,86; 0,87; 0,87)	0,87	3	1	0,88	4	2
21	0,17	26	(0,15; 0,16; 0,18)	0,17	25	1	0,24	26	0
22	0,12	29	(0,14; 0,15; 0,17)	0,15	27	2	0,27	23	6
25	0,12	30	(0,12; 0,12; 0,12)	0,12	30	0	0,12	29	1
26	0,25	22	(0,25; 0,25; 0,25)	0,25	22	0	0,25	24	2
27	0,29	21	(0,29; 0,29; 0,29)	0,29	21	0	0,29	20	1
28	0,13	28	(0,12; 0,13; 0,13)	0,13	29	1	0,12	30	2
29	0,61	7	(0,21; 0,67; 0,71)	0,6	7	0	0,72	6	1
30	0,86	3	(0,91; 0,96; 1,03)	0,96	2	1	0,91	2	1
31	0,22	24	(0,21; 0,22; 0,23)	0,19	24	0	0,24	25	1
32	0,65	6	(0,61; 0,63; 0,65)	0,63	6	0	0,88	3	3
33	0,33	19	(0,27; 0,31; 0,33)	0,3	20	1	0,28	21	2
34	0,17	26	(0,17; 0,17; 0,17)	0,17	26	0	0,17	28	2

Resultados test de Wilcoxon – TIR

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
D_tir_nbr_vs_real	30	,4667	,73030	,00	3,00	,0000	,0000	1,0000
D_tir_m.trad_vs_real	30	1,4667	1,27937	,00	6,00	1,0000	1,0000	2,0000

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
D_tir_m.trad_vs_real - D_tir_nbr_vs_real	Negative Ranks	1(a)	8,00	8,00
	Positive Ranks	20(b)	11,15	223,00
	Ties	9(c)		
	Total	30		

a D_tir_m.trad_vs_real < D_tir_nbr_vs_real

b D_tir_m.trad_vs_real > D_tir_nbr_vs_real

c D_tir_m.trad_vs_real = D_tir_nbr_vs_real

Test Statistics(b,c)

	D_tir_m.trad _vs_real - D_tir_nbr_v s_real
Z	-3,907(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig. ,000
99% Confidence Interval	Lower Bound ,000
	Upper Bound ,000
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig. ,000
99% Confidence Interval	Lower Bound ,000
	Upper Bound ,000

a Based on negative ranks.

b Wilcoxon Signed Ranks Test

c Based on 10000 sampled tables with starting seed 1314643744.

Resultados para el criterio PRI

Id Proyecto	PRI Real		PRI con NBT				PRI Método tradicional		
	Valor	Orden factibilidad	Tres valores (p, o, c)	Valor NBT*	Orden factibilidad	Distancia al real	Valor	Orden factibilidad	Distancia al real

1	3,45	7	(3,53; 3,38; 3,41)	3,41	7	0	3,24	7	0
2	2,92	4	(2,97; 2,92; 2,91)	2,92	4	0	2,92	5	1
3	9,70	18	(9,74; 9,72; 9,70)	9,72	17	1	9,46	18	0
4	16,61	26	(16,62; 16,58; 16,54)	16,58	26	0	17,04	26	0
5	26,48	27	(26,81; 26,10; 25,43)	26,11	27	0	25,69	27	0
6	4,63	8	(4,60; 4,59; 4,39)	4,56	8	0	4,56	8	0
7	9,43	15	(9,68; 9,40; 9,39)	9,45	15	0	9,34	16	1
8	11,25	22	(11,25; 11,25; 10,21)	11,08	22	0	11,22	23	1
9	3,02	6	(3,07; 3,04; 3,01)	3,04	6	0	3	6	0
10	28,92	28	(28,95; 28,92; 28,89)	28,92	28	0	28,57	28	0
11	9,61	17	(9,75; 9,66; 9,54)	9,66	16	1	8,64	15	2
13	2,53	3	(2,65; 2,58; 2,51)	2,58	3	0	2,49	3	0
14	2,93	5	(2,96; 2,91; 2,95)	2,93	5	0	2,91	4	1
15	1,88	2	(1,91; 1,79; 1,70)	1,80	2	0	1,8	2	0
17	4,80	10	(4,84; 4,78; 4,76)	4,79	9	1	4,61	9	1
18	11,43	23	(11,90; 11,43; 10,58)	11,36	23	0	10,58	22	1
19	7,01	13	(6,89; 6,94; 6,46)	6,85	13	0	6,93	13	0
20	1,32	1	(1,32; 1,32; 1,32)	1,32	1	0	1,32	1	0
21	34,82	29	(35,16; 34,89; 34,49)	34,87	29	0	33,22	30	1

22	35,90	30	(35,50; 35,12; 34,62)	35,10	30	0	32,46	29	1
25	11,94	24	(11,95; 11,94; 11,90)	11,93	24	0	11,99	24	0
26	5,09	11	(5,35; 5,09; 5,09)	5,13	10	1	5,09	10	1
27	8,60	14	(9,51; 8,60; 8,60)	8,75	14	0	8,6	14	0
28	9,92	19	(11,73; 9,87; 9,85)	10,18	20	1	10,09	20	1
29	9,58	16	(11,34; 9,50; 9,42)	9,79	18	2	9,4	17	1
30	5,29	12	(5,35; 4,93; 10,76)	5,97	12	0	5,1	11	1
31	9,99	20	(10,89; 10,04; 9,97)	10,17	19	1	9,88	19	1
32	16,00	25	(16,43; 16,28; 16,00)	16,26	25	0	13,7	25	0
33	4,72	9	(6,44; 5,18; 4,72)	5,32	11	2	5,8	12	3
34	10,56	21	(11,29; 10,55; 10,53)	10,67	21	0	10,53	21	0

Resultados test de Wilcoxon - PRI

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
D_pri_nbt_vs_real	30	,3333	,60648	,00	2,00	,0000	,0000	1,0000

D_pri_m.trad_vs_real	30	,6000	,72397	,00	3,00	,0000	,5000	1,0000
----------------------	----	-------	--------	-----	------	-------	-------	--------

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
D_pri_m.trad_vs_real - D_pri_nbt_vs_real	2(a)	6,50	13,00
Negative Ranks			
Positive Ranks	10(b)	6,50	65,00
Ties	18(c)		
Total	30		

- a D_pri_m.trad_vs_real < D_pri_nbt_vs_real
- b D_pri_m.trad_vs_real > D_pri_nbt_vs_real
- c D_pri_m.trad_vs_real = D_pri_nbt_vs_real

Test Statistics(b,c)

	D_pri_m.trad_vs_real - D_pri_nbt_vs_real
Z	-2,309(a)

Asymp. Sig. (2-tailed)	,021
Sig.	,037
Lower Bound	,032
Upper Bound	,042
Sig.	,018
Lower Bound	,014
Upper Bound	,021

a Based on negative ranks.

b Wilcoxon Signed Ranks Test

c Based on 10000 sampled tables with starting seed 624387341

Anexo 16 Resultados Cuasi-experimento 2

Criterios evaluados:

No	Criterios evaluados	Área
1	Tamaño	Técnica
2	Criticidad de la solución	Técnica
3	Recursos humanos	Técnica
4	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	Técnica
5	Organización del modelo de producción	Técnica
6	Grado de comercialización en el mercado	Comercial
7	Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	Comercial
8	Demanda del producto actual	Comercial
9	Riesgos en el mercado	Comercial
10	Impacto en la sociedad	Social
11	Número de personas beneficiadas	Social
12	Solución de un problema social	Social

Peso de los criterios: 0,083

Escala utilizada para evaluar método tradicional:

- Muy alta (4)
- Alta (3)
- Mediana (2)
- Poca (1)
- No hay información (0)

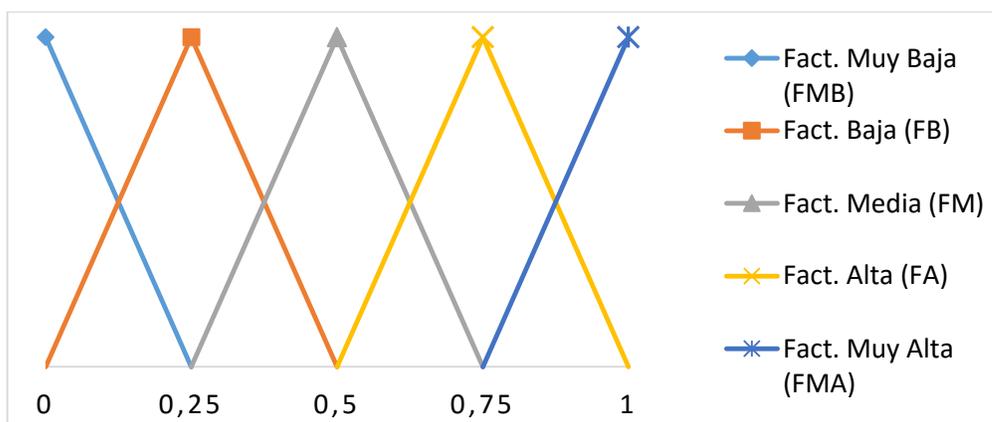
Resultados método tradicional de ponderación de matrices

id Proyecto	Índice de Factibilidad técnica, comercial y social	Orden de factibilidad	Distancia del real	Tipo de caso
1	0,58	25	5	Falso negativo
2	0,88	6	3	Falso negativo
3	0,72	15	2	Positivo

4	0,92	2	1	Positivo
5	0,55	27	0	Positivo
6	0,88	6	1	Positivo
7	0,82	10	0	Positivo
8	0,71	17	0	Positivo
9	0,7	18	3	Falso negativo
10	0,72	15	4	Falso negativo
11	0,58	25	0	Positivo
13	0,64	21	1	Positivo
14	0,91	3	1	Positivo
15	0,67	20	1	Positivo
17	0,87	8	1	Positivo
18	0,64	21	8	Falso Positivo
19	0,76	12	2	Positivo
20	0,81	11	1	Positivo
21	0,75	13	8	Falso positivo
22	0,52	29	1	Positivo
25	0,55	27	1	Positivo
26	0,64	21	2	Positivo
27	0,95	1	1	Positivo
28	0,52	29	3	Falso negativo
29	0,7	18	0	Positivo
30	0,9	4	1	Positivo
31	0,73	14	2	Positivo
32	0,9	4	2	Positivo
33	0,86	9	1	Positivo
34	0,61	24	0	Positivo

Escala utilizada para evaluar método 2-tupla: Según se define para cada criterio en el Anexo 7.

Conjunto de Términos Lingüísticos para evaluar en el método 2-tuplas, es análogo a la escala de cinco etiquetas que se define para los criterios del Anexo 7:



Resultados método 2-tupla

id Proyecto	Índice de Factibilidad técnica, comercial y social	Orden de factibilidad	Distancia del real	Tipo de caso
1	(FA; -0,28)	21	1	Positivo
2	(FMA; -0,22)	10	7	Falso negativo
3	(FA; 0,43)	11	2	Positivo
4	(FMA; 0,14)	1	0	Positivo
5	(FM; -0,28)	28	1	Positivo
6	(FMA; 0,04)	3	4	Falso positivo
7	(FMA; -0,21)	9	1	Positivo
8	(FA; 0,1)	17	0	Positivo
9	(FA; 0,06)	19	4	Falso negativo
10	(FA; 0,24)	12	1	Positivo
11	(FM; 0,05)	26	1	Positivo
13	(FM; 0,1)	22	0	Positivo

14	(FA; -0,3)	5	1	Positivo
15	(FMA; -0,05)	20	1	Positivo
17	(FA; -0,18)	7	2	Positivo
18	(FMA; -0,17)	30	1	Positivo
19	(FMA; -0,14)	14	0	Positivo
20	(FM; -0,33)	14	2	Positivo
21	(FA; 0,19)	16	5	Falso positivo
22	(FA; 0,19)	29	1	Positivo
25	(FA; 0,17)	27	1	Positivo
26	(FM; -0,3)	23	0	Positivo
27	(FM; -0,06)	2	0	Positivo
28	(FM; 0,5)	25	1	Positivo
29	(FMA; 0,1)	18	0	Positivo
30	(FM; 0,07)	6	1	Positivo
31	(FA; 0,09)	13	3	Falso positivo
32	(FMA; -0,09)	4	2	Positivo
33	(FA; 0,22)	8	0	Positivo
34	(FMA; 0,01)	24	0	Positivo

Resultados test estadístico de Wilcoxon

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
<u>D_evalTCS_m.t</u> <u>rad vs real</u>	30	1,8667	2,06336	,00	8,00	1,0000	1,0000	2,2500
<u>D_evalTCS_2tu</u> <u>pla_vs_real</u>	30	1,4333	1,67504	,00	7,00	,0000	1,0000	2,0000

Ranks

	N	Mean Rank	Sum of Ranks
D_evalTCS_2tupla_vs_real - D_evalTCS_m.trad_vs_real	11(a)	12,14	133,50
Negative Ranks			
Positive Ranks	9(b)	8,50	76,50
Ties	10(c)		
Total	30		

- a. $D_evalTCS_2tupla_vs_real < D_evalTCS_m.trad_vs_real$
 b. $D_evalTCS_2tupla_vs_real > D_evalTCS_m.trad_vs_real$
 c. $D_evalTCS_2tupla_vs_real = D_evalTCS_m.trad_vs_real$

Test Statistics(b,c)

			D_evalTCS_2tupla_vs_real - D_evalTCS_m.trad_vs_real
Z			-1,086(a)
Asymp. Sig. (2-tailed)			,278
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		,289
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,277
		Upper Bound	,301
Monte Carlo Sig. (1-tailed)	Sig.		,140
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,131
		Upper Bound	,149

- a. Based on positive ranks.
 b. Wilcoxon Signed Ranks Test
 c. Based on 10000 sampled tables with starting seed 334431365.

Anexo 17 Resultados Cuasi-experimento 3

Criterios evaluados:

No	Criterios evaluados	Área
1	Tamaño	Técnica
2	Criticidad de la solución	Técnica
3	Recursos humanos	Técnica
4	Tecnología disponible para enfrentar el proyecto	Técnica

5	Organización del modelo de producción	Técnica
6	Grado de comercialización en el mercado	Comercial
7	Satisfacción de expectativas del cliente con el desarrollo del proyecto	Comercial
8	Demanda del producto actual	Comercial
9	Riesgos en el mercado	Comercial
10	Impacto en la sociedad	Social
11	Número de personas beneficiadas	Social
12	Solución de un problema social	Social
13	Valor Actual Neto (VAN)	Económica
14	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Económica
15	Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	Económica

Peso de los criterios: 0,066

Escala utilizada para evaluar método tradicional:

- Muy alta (4)
- Alta (3)
- Mediana (2)
- Poca (1)
- No hay información (0)

Resultados método tradicional

Id	Factibilidad técnica	Factibilidad comercial	Cuadrante de Matriz de decisión	Orden de factibilidad económica	Orden Real (patrón)	Distancia al real	Tipo de caso
1	0,42	0,57	No seguir	0	20	20	Falso negativo
2	0,66	0,94	Adelante	5	3	2	Positivo
3	0,56	0,74	Adelante	9	13	4	Falso positivo
4	0,75	0,92	Adelante	1	1	0	Positivo
5	0,42	0,57	No seguir	0	27	27	Falso negativo
6	0,72	0,85	Adelante	6	7	1	Positivo

7	0,65	0,84	Adelante	8	10	2	Positivo
8	0,54	0,73	Adelante	15	17	2	Positivo
9	0,52	0,76	Adelante	14	15	1	Positivo
10	0,51	0,81	Adelante	19	11	8	Falso negativo
11	0,38	0,55	No seguir	0	25	25	Falso negativo
13	0,44	0,65	No seguir	0	22	22	Falso negativo
14	0,72	0,91	Adelante	4	4	0	Positivo
15	0,44	0,73	Adelante	18	19	1	Positivo
17	0,71	0,85	Adelante	7	9	2	Positivo
18	0,38	0,61	No seguir	0	29	29	Falso negativo
19	0,56	0,78	Adelante	13	14	1	Positivo
20	0,62	0,84	Adelante	11	12	1	Positivo
21	0,55	0,81	Adelante	17	21	4	Falso positivo
22	0,36	0,59	No seguir	0	30	30	Falso negativo
25	0,44	0,54	No seguir	0	28	28	Falso negativo
26	0,46	0,61	No seguir	0	23	23	Falso negativo
27	0,74	0,97	Adelante	2	2	0	Positivo
28	0,34	0,61	No seguir	0	26	26	Falso negativo
29	0,5	0,76	Adelante	16	18	2	Positivo
30	0,68	0,92	Adelante	0	5	5	Falso negativo
31	0,54	0,76	Adelante	12	16	4	Falso positivo
32	0,7	0,94	Adelante	3	6	3	Falso positivo
33	0,68	0,82	Adelante	10	8	2	Positivo
34	0,45	0,57	No seguir	0	24	24	Falso negativo

Escala utilizada para evaluar método 2-tupla: Según se define para cada criterio en el Anexo

7.

El Conjunto de Términos Lingüísticos para evaluar en el método 2-tuplas coincide con el empleado en el cuasi-experimento 2.

Resultados del modelo propuesto

Id	Factibilidad integral con modelo propuesto	Orden de Factibilidad con modelo propuesto	Orden Real (patrón)	Distancia al real	Tipo de caso
1	(FM; -0,03)	21	20	1	Positivo
2	(FA; -0,17)	10	3	7	Falso negativo
3	(FA; -0,46)	11	13	2	Positivo
4	(FA; 0,11)	1	1	0	Positivo
5	(FB; 0,18)	27	27	0	Positivo
6	(FA; 0,03)	3	7	4	Falso positivo
7	(FA; -0,16)	9	10	1	Positivo
8	(FM; 0,28)	17	17	0	Positivo
9	(FM; 0,25)	19	15	4	Falso negativo
10	(FM; 0,39)	12	11	1	Positivo
11	(FB; 0,44)	25	25	0	Positivo
13	(FM; -0,04)	22	22	0	Positivo
14	(FA; -0,04)	5	4	1	Positivo
15	(FM; 0,06)	20	19	1	Positivo
17	(FA; -0,11)	7	9	2	Positivo
18	(FB; 0,14)	29	29	0	Positivo
19	(FM; 0,35)	14	14	0	Positivo
20	(FM; 0,35)	14	12	2	Positivo
21	(FM; 0,34)	16	21	5	Falso positivo
22	(FB; 0,16)	28	30	2	Positivo
25	(FB; 0,35)	26	28	2	Positivo
26	(FM; -0,2)	23	23	0	Positivo

27	(FA; 0,08)	2	2	0	Positivo
28	(FB; 0,46)	24	26	2	Positivo
29	(FM; 0,27)	18	18	0	Positivo
30	(FA; -0,07)	6	5	1	Positivo
31	(FM; 0,38)	13	16	3	Falso positivo
32	(FA; 0,01)	4	6	2	Positivo
33	(FA; -0,13)	8	8	0	Positivo
34	(FB; 0,48)	23	24	1	Positivo

Anexo 18 Resultados del estudio de caso

Tabla 19. Preferencias heterogéneas de los expertos emitidas en dos dominios.

Proyectos	Criterios	Expertos				
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
P_1	T1	A	5	MA	A	MA
	T2	MA	5	M	MA	MA
	T3	[0.61, 0.8]	[0.61, 0.8]	[0.81; 1]	[0.81; 1]	[0.81; 1]
	T4	A	4	A	MA	MA
	T12	A	4	M	A	M
	C1	M	4	M	M	M
	T17	M	3	M	M	B
	T11	4	5	4	5	5
	S5	A	4	MA	A	M
	S2	A	5	A	A	MA
	E1	A	5	M	A	A
	E2	A	3	M	M	M
	E3	A	4	M	M	A
P_2	T1	M	4	M	MA	A
	T2	B	5	A	M	M
	T3	[0.41; 0,6]	[0.61, 0.8]	[0.61, 0.8]	[0.61, 0.8]	[0.41; 0,6]
	T4	A	5	M	M	MA
	T12	A	3	A	MA	M
	C1	B	4	B	B	B

	T17	M	3	M	M	B
	T11	5	4	4	4	5
	S5	MA	4	M	A	M
	S2	MA	5	MA	MA	MA
	E1	MA	5	MA	A	A
	E2	M	3	M	M	M
	E3	A	3	B	M	M
p_3	T1	B	3	M	MA	M
	T2	B	4	M	B	B
	T3	[0.41; 0.6]	[0.41; 0.6]	[0.21; 0.4]	[0.41; 0.6]	[0.41; 0.6]
	T4	MA	4	A	M	MA
	T12	A	4	M	A	B
	C1	A	3	A	A	B
	T17	B	3	B	B	B
	T11	2	3	3	2	3
	S5	M	3	M	B	B
	S2	B	4	B	B	M
	E1	A	4	A	M	M
	E2	M	3	B	B	M
	E3	B	2	MB	MB	M

Luego las preferencias heterogéneas fueron transformadas en 2-tuplas y unificadas sobre el dominio lingüístico. Se utilizó el CBTL de siete términos, propuesto en la Figura 10. El resultado de la unificación es el que se expone en la siguiente tabla.

Tabla 20. Preferencias unificadas en el dominio lingüístico (representadas en 2-tuplas).

Proyectos	Criterios	Expertos				
		e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
p_1	T1	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)	(FMA, 0.44)
	T2	(FMA, 0.44)	(FP, 0)	(FM, 0)	(FMA, 0.44)	(FMA, 0.44)
	T3	(FA, 0.21)	(FA, 0.21)	(FMA, 0.4)	(FMA, 0.4)	(FMA, 0.4)

	T4	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, 0.44)	(FMA, 0.44)
	T12	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)
	C1	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)
	T17	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FB, -0.5)
	T11	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FP, 0)
	S5	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)
	S2	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, 0.44)
	E1	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)
	E2	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)
	E3	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)
<i>p</i> ₂	T1	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)
	T2	(FB, -0.5)	(FP, 0)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)
	T3	(FM, 0.02)	(FA, 0.21)	(FA, 0.21)	(FA, 0.21)	(FM, 0.02)
	T4	(FMA, -0.5)	(FP, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FMA, 0.44)
	T12	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FMA, 0.44)	(FM, 0)
	C1	(FB, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)
	T17	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FB, -0.5)
	T11	(FP, 0)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FP, 0)
	S5	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)
	S2	(FMA, 0.44)	(FP, 0)	(FMA, 0.44)	(FMA, 0.44)	(FMA, 0.44)
	E1	(FMA, 0.44)	(FP, 0)	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)
	E2	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)
	E3	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)
<i>p</i> ₃	T1	(FB, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FMA, 0.44)	(FM, 0)
	T2	(FB, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)
	T3	(FM, 0.02)	(FM, 0.02)	(FB, -0.15)	(FM, 0.02)	(FM, 0.02)
	T4	(FMA, 0.44)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, 0.44)
	T12	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FB, -0.5)
	C1	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FB, -0.5)
	T17	(FB, -0.5)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)
	T11	(FB, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FM, 0)
	S5	(FM, 0)	(FM, 0)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)
	S2	(FB, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)	(FM, 0)
	E1	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FMA, -0.5)	(FM, 0)	(FM, 0)
	E2	(FM, 0)	(FM, 0)	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)	(FM, 0)

	E3	(FB, -0.5)	(FB, -0.5)	(FMB, -0.44)	(FMB, -0.44)	(FM, 0)
--	----	------------	------------	--------------	--------------	---------

Resultados test estadístico de Wilcoxon

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum	Percentiles		
						25th	50th (Median)	75th
D_evalFGlobal_m.trad_vs_real	30	9,9667	11,35473	,00	30,00	1,0000	3,5000	23,2500
D_evalFGlobal_2tupla_vs_real	30	1,4667	1,71672	,00	7,00	,0000	1,0000	2,0000

Ranks

		N	Mean Rank	Sum of Ranks
D_evalFGlobal_2tupla_vs_real - D_evalFGlobal_m.trad_vs_real	Negative Ranks	20(a)	14,95	299,00
	Positive Ranks	6(b)	8,67	52,00
	Ties	4(c)		
	Total	30		

a D_evalFGlobal_2tupla_vs_real < D_evalFGlobal_m.trad_vs_real

b D_evalFGlobal_2tupla_vs_real > D_evalFGlobal_m.trad_vs_real

c D_evalFGlobal_2tupla_vs_real = D_evalFGlobal_m.trad_vs_real

Test Statistics(b,c)

	D_evalFGlobal_2tupla_vs_real - D_evalFGlobal_m.trad_vs_real
Z	-3,145(a)

	Asymp. Sig. (2-tailed)		,002
Monte Carlo Sig. (2-tailed)		Sig.	,001
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,000
		Upper Bound	,002
Monte Carlo Sig. (1-tailed)		Sig.	,001
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,000
		Upper Bound	,001

- a Based on positive ranks.
- b Wilcoxon Signed Ranks Test
- c Based on 10000 sampled tables with starting seed 1502173562.