



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## Análisis de modelos de objetivos basado en valor mediante lógica difusa y toma de decisiones multicriterio

**Autor:** Carlos Cano Genovés  
**Directores:** Emilio Insfrán Pelozo  
Silvia Abrahão Gonzales  
Junio 2024



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

Departamento de Sistemas Informáticos y Computación  
Tesis Doctoral depositada en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de  
Doctor en Informática

**Análisis de modelos de objetivos basado en valor mediante  
lógica difusa y toma de decisiones multicriterio**

**Carlos Cano Genovés**

Directores:

**Dr. Emilio Insfrán Pelozo**  
**Dra. Silvia Abrahão Gonzales**

## Agradecimientos

Este es el final de un largo camino lleno de obstáculos, que uno no puede recorrer solo. Por ello quisiera agradecer a todos aquellos que me han ayudado en este tiempo:

A mi madre que siempre está ahí cuando se le necesita apoyando, dando consejos y cuidándome.

A mi padre que siempre está tratando de ayudar en todo lo que puede.

A mi hermano que me secuestra para que tome descansos y me relaje para que no me agobie tanto.

A mis abuelos, que comenzaron este camino conmigo pero que por desgracia no han podido verme finalizarlo.

A mi familia por todo su amor, sacrificios y apoyo durante todos estos años.

A mi amigo Víctor, que aunque nunca nos veamos siempre está ahí para escuchar mis quejas y discutir nuestras tonterías.

A Bas y Luke, que aunque nunca nos hemos conocido en persona hemos tenido muchas discusiones interesantes.

A mis padres científicos, Emilio y Silvia, que me han acompañado durante mi trabajo final de grado, trabajo final de máster y doctorado.

A Marta y Fernando con los que he colaborado para realizar y analizar los experimentos.

A Ana Moreira que a pesar de que hemos hablado poco tu retroalimentación ha sido de gran ayuda.

A los compañeros del laboratorio, a los que fueron y a los que son (Damián, Miguel Ángel, Julio, Vicent, Fernando, Patricia, Javier, Abel, Jorge, Ximena, Geovanny y Daniel) por el ambiente que hace que los momentos duros lo sean menos.

A los compañeros del grupo ISSI por todos los momentos que hicieron ameno todo este tiempo.

Y por último a todos aquellos que de un modo u otro han contribuido a hacer posible este proyecto.



## Resumen

La ingeniería de requisitos es una actividad fundamental durante el desarrollo de software, ya que se encarga de obtener, analizar, especificar, validar y gestionar los requisitos del software. Si la definición de los requisitos contiene errores u omisiones, esto podría incrementar el tiempo de desarrollo y consecuentemente provocar sobrecostos. Por ello, es muy importante identificar correctamente los requisitos, así como la consistencia entre ellos. Además, dada la naturaleza iterativa de los procesos de desarrollo actuales, es importante poder identificar qué requisitos son más relevantes y cuáles deberían implementarse primero considerando las limitaciones de costes, tiempo o recursos, y tomar decisiones que tengan en cuenta distintos puntos de vista.

Entre las distintas aproximaciones empleadas para obtener y modelar requisitos de alto nivel destacan los modelos de objetivos que se centran en los objetivos de los stakeholders y las relaciones entre ellos. Estos modelos de objetivos pueden ayudar posteriormente a identificar los requisitos de usuario y del sistema debido a que capturan las motivaciones e intenciones de los stakeholders con respecto al software a desarrollar. Aunque existen muchas técnicas de análisis de modelos de objetivos la mayoría se enfocan en la satisficibilidad de los objetivos identificando qué objetivos son compatibles entre sí y cuales no, gestionando así un problema importante de la ingeniería de requisitos.

Otro aspecto importante de las técnicas de modelos de objetivos es que adoptan un enfoque neutral con respecto al valor, en el sentido de que consideran que todos los objetivos son igual de importantes. Si bien existen técnicas que utilizan la priorización de importancia de estos elementos junto con satisfacción, el enfoque principal de estas técnicas es la "satisfacción" de los objetivos, haciendo que su nivel de importancia para los stakeholders quede relegado a un segundo plano. En consecuencia, los resultados obtenidos por las técnicas de análisis de objetivos existentes pueden ayudar con la compatibilidad de los requisitos, pero no a identificar los requisitos más relevantes, por lo que es posible que no reflejen eficazmente lo que es más valioso para los stakeholders.

El objetivo de esta tesis doctoral es definir y evaluar empíricamente una técnica de análisis de modelos de objetivos que priorice los objetivos de un modelo de objetivos en función del valor que aportan según las preferencias (importancias relativas) de los stakeholders y las relaciones entre los objetivos, permitiendo así identificar aquellos objetivos que aportan más valor a los stakeholders. Esta técnica no pretende sustituir a las técnicas de análisis ya existentes, sino complementarlas, ya que su propósito no es identificar qué objetivos son compatibles entre sí y cuales no, sino identificar los objetivos que proporcio-

nan más valor.

La técnica propuesta (VeGAn) hace uso de la lógica difusa para tratar la incertidumbre en la asignación de importancia relativa y de una técnica de toma de decisiones multicriterio ampliamente utilizada en la industria (TOPSIS) para calcular el valor, la cual se ve enriquecida por una técnica de propagación sistemática que provee información adicional sobre la interacción entre los elementos intencionales en base a las relaciones del modelo de objetivos.

Adicionalmente, también se ha desarrollado una herramienta que da soporte tecnológico a VeGAn. La herramienta no solo automatiza la técnica para que pueda utilizarse más fácilmente, sino que también proporciona una serie de funciones que permiten: i) importar modelos de objetivos de otras herramientas ya que hace uso de un metamodelo interno que generaliza los conceptos de varias notaciones de modelos de objetivos; ii) realizar validaciones sobre los datos introducidos para asegurar la consistencia; iii) ordenar los resultados según varios criterios que pueden ser de utilidad para los analistas; y iv) almacenar información sobre distintos análisis de un modelo de objetivos para realizar comparaciones del valor obtenido.

La técnica propuesta, VeGAn, ha sido evaluada mediante la realización de un estudio de caso y una familia de experimentos. El objetivo del estudio de caso fue verificar si la técnica propuesta podía aplicarse de forma sistemática y consistente, así como aprovechar la experiencia de los analistas que participaron en el estudio para obtener retroalimentación y posibles mejoras sobre la misma. La familia de experimentos ha involucrado 172 sujetos, estudiantes de grado en ingeniería en informática y másteres en ingeniería del software. El objetivo de la familia fue el análisis de la precisión de la priorización, tiempo de priorización, satisfacción percibida, facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso percibida de los participantes aplicando VeGAn en oposición a GRL-Quant, un método de análisis de modelos de objetivos ampliamente difundido. El análisis estadístico de los datos obtenidos de los experimentos indicó que ambas técnicas son muy similares salvo para la satisfacción percibida donde los participantes percibieron los resultados obtenidos por la técnica VeGAn más satisfactorios. Estos resultados nos permiten considerar a VeGAn como una aproximación prometedora para el análisis de modelos de objetivos.

Esta tesis doctoral contribuye al ámbito de la ingeniería de requisitos y en especial a la elicitación temprana de requisitos mediante el uso de modelos de objetivos proporcionando una técnica de análisis que complementa a las ya existentes ayudando a priorizar aquellos objetivos que proporcionan más valor teniendo en cuenta el punto de vista de diversos stakeholders.

**Palabras clave:** Ingeniería de requisitos, Ingeniería de software dirigida por valor, Técnica de análisis de modelos de objetivos, Lógica difusa, Toma de decisiones multicriterio.

## Resum

L'enginyeria de requisits és una activitat fonamental durant el desenvolupament de programari, ja que s'encarrega d'obtindre, analitzar, especificar, validar i gestionar els requisits del programari. Si la definició dels requisits conté errors o omissions, això podria incrementar el temps de desenvolupament i conseqüentment provocar sobre costos. Per això, és molt important identificar correctament els requisits, així com la consistència entre ells. A més, donada la naturalesa iterativa dels processos de desenvolupament actuals, és important poder identificar quins requisits són més rellevants i quins haurien d'implementar-se primer considerant les limitacions de costos, temps o recursos, i prendre decisions que tinguin en compte diferents punts de vista.

Entre les diferents aproximacions emprades per a obtindre i modelar requisits d'alt nivell destaquen els models d'objectius que se centren en els objectius dels stakeholders i les relacions entre ells. Estos models d'objectius poden ajudar posteriorment a identificar els requisits d'usuari i del sistema pel fet que capturen les motivacions i intencions dels stakeholders respecte al programari a desenvolupar. Encara que existixen moltes tècniques d'anàlisi de models d'objectius la majoria s'enfoquen en la satisfacibilitat dels objectius identificant quins objectius són compatibles entre si i quals no, gestionant així un problema important de l'enginyeria de requisits.

Altre aspecte important de les tècniques de models d'objectius és que adopten un enfocament neutral respecte al valor, en el sentit que consideren que tots els objectius són igual d'importants. Si bé existixen tècniques que utilitzen la prioritització d'importància d'estos elements juntament amb satisfacció, l'enfocament principal d'estes tècniques és la "satisfacció" dels objectius, fent que el seu nivell d'importància per als stakeholders quede relegat a un segon pla. En conseqüència, els resultats obtinguts per les tècniques d'anàlisi d'objectius existents poden ajudar amb la compatibilitat dels requisits, però no a identificar els requisits més rellevants, per la qual cosa és possible que no reflectisquen eficaçment el que és més valuós per als stakeholders.

L'objectiu d'esta tesi doctoral és definir i avaluar empíricament una tècnica d'anàlisi de models d'objectius que prioritze els objectius d'un model d'objectius en funció del valor que aporten segons les preferències (importàncies relatives) dels stakeholders i les relacions entre els objectius, permetent així identificar aquells objectius que aporten més valor als stakeholders. Esta tècnica no pretén substituir a les tècniques d'anàlisi ja existents, sinó complementar-les, ja que el seu propòsit no és identificar quins objectius són compatibles entre si i quals no, sinó identificar els objectius que proporcionen més valor.

La tècnica proposada (VeGAn) fa ús de la lògica difusa per a tractar la incertesa en l'assignació d'importància relativa i d'una tècnica de presa de decisions multicriteri àmpliament utilitzada en la indústria (TOPSIS) per a calcular el valor, la qual es veu enriquida per una tècnica de propagació sistemàtica que proveïx informació addicional sobre la interacció entre els elements intencionals sobre la base de les relacions del model d'objectius.

Adicionalment, també s'ha desenvolupat una ferramenta que dona suport tecnològic a VeGAn. La ferramenta no sols automatitza la tècnica perquè pugui utilitzar-se més fàcilment, sinó que també proporciona una sèrie de funcions que permeten: i) importar models d'objectius d'altres ferramentes ja que fa ús d'un metamodel intern que generalitza els conceptes de diverses notacions de models d'objectius; ii) realitzar validacions sobre les dades introduïdes per a assegurar la consistència; iii) ordenar els resultats segons diversos criteris que poden ser d'utilitat per als analistes; i iv) emmagatzemar informació sobre diferents anàlisis d'un model d'objectius per a realitzar comparacions del valor obtingut.

La tècnica proposada, VeGAn, ha sigut avaluada mitjançant la realització d'un estudi de cas i una família d'experiments. L'objectiu de l'estudi de cas va ser verificar si la tècnica proposada podia aplicar-se de manera sistemàtica i consistent, així com aprofitar l'experiència dels analistes que van participar en l'estudi per a obtenir retroalimentació i possibles millores sobre esta. La família d'experiments ha involucrat 172 subjectes, estudiants de grau en enginyeria en informàtica i màsters en enginyeria del programari. L'objectiu de la família va ser l'anàlisi de la precisió de la prioritització, temps de prioritització, satisfacció percebuda, facilitat d'ús percebuda, utilitat percebuda i intenció d'ús percebuda dels participants aplicant VeGAn en oposició a GRL-Quant, un mètode d'anàlisi de models d'objectius àmpliament difós. L'anàlisi estadística de les dades obtingudes dels experiments va indicar que totes dues tècniques són molt similars excepte per a la satisfacció percebuda on els participants van percebre els resultats obtinguts per la tècnica VeGAn més satisfactoris. Estos resultats ens permeten considerar a VeGAn com una aproximació prometedora per a l'anàlisi de models d'objectius.

Esta tesi doctoral contribuïx a l'àmbit de l'enginyeria de requisits i especialment a la elicitació primerenca de requisits mitjançant l'ús de models d'objectius proporcionant una tècnica d'anàlisi que complementa a les ja existents ajudant a prioritzar aquells objectius que proporcionen més valor tenint en compte el punt de vista de diversos stakeholders.

**Paraules Clau:** Enginyeria de requisits, Enginyeria de programari dirigida per valor, Tècnica d'anàlisi de models d'objectius, Lògica difusa, Presa de decisions multicriteri.

## Abstract

Requirements engineering is a fundamental activity during software development, as it is responsible for eliciting, analysing, specifying, validating and managing software requirements. If the definition of requirements contains errors or omissions, this could increase development time and consequently lead to cost overruns. Therefore, it is very important to correctly identify the requirements, as well as the consistency between them. Furthermore, given the iterative nature of today's development processes, it is important to be able to identify which requirements are most relevant and which should be implemented first considering cost, time or resource constraints, and to make decisions that take into account different points of view.

Among the various approaches used to elicit and model high-level requirements, goal models stand out since they focus on stakeholder goals and the relationships between them. These goal models can subsequently help to identify user and system requirements because they capture the motivations and intentions of stakeholders with respect to the software to be developed. Although many goal-oriented analysis techniques exist, most focus on goal satisfiability by identifying which goals are compatible with each other and which are not, thus managing an important requirements engineering problem.

Another important aspect of goal modelling techniques is that they take a value-neutral approach, in the sense that they consider all goals to be equally important. While there are techniques that use prioritisation of importance of these elements along with satisfaction, the main focus of these techniques is on the "satisfaction" of the goals, making their level of importance to stakeholders secondary. Consequently, the results obtained by existing goal-oriented analysis techniques may help with requirements compatibility, but not in identifying the most relevant requirements, so they may not effectively reflect what is most valuable to stakeholders.

The objective of this PhD thesis is to define and empirically evaluate a goal-oriented analysis technique that prioritises the goals of a goal model according to the value they provide according to the preferences (relative importance) of the stakeholders and the relationships between the goals, thus allowing the identification of those goals that provide more value to the stakeholders. This technique is not intended to replace existing analysis techniques, but to complement them, as its purpose is not to identify which goals are compatible with each other and which are not, but to identify the goals that provide the most value.

The proposed technique (VeGAN) makes use of fuzzy logic to deal with uncertainty

in assigning relative importance and of a widely used multiple-criteria decision-making technique in industry (TOPSIS) to calculate the value, which is enriched by a systematic propagation technique that provides additional information on the interaction between the intentional elements based on the relationships of the goal model.

In addition, a tool has also been developed to provide technological support to VeGAn. The tool not only automates the technique so that it can be used more easily, but also provides a number of functions that allow: (i) import goal models from other tools as it makes use of an internal metamodel that generalises concepts from various goal model notations; (ii) perform validations on the input data to ensure consistency; (iii) sort the results according to various criteria that may be useful to analysts; and (iv) store information on different analyses of a goal model for comparisons of the value obtained.

The proposed technique, VeGAn, has been evaluated by conducting a case study and a family of experiments. The aim of the case study was to verify whether the proposed technique could be applied systematically and consistently, as well as to take advantage of the experience of the analysts who participated in the study to obtain feedback and possible improvements on the technique. The family of experiments involved 172 subjects, undergraduate students in computer engineering and masters in software engineering. The aim of the family was to analyse the participants' prioritisation accuracy, prioritisation time, perceived satisfaction, perceived ease of use, perceived usefulness, and perceived intention to use by applying VeGAn as opposed to GRL-Quant, a widely used goal modelling analysis method. Statistical analysis of the data obtained from the experiments indicated that both techniques are very similar except for perceived satisfaction where participants perceived the results obtained by the VeGAn technique to be more satisfactory. These results allow us to consider VeGAn as a promising approach for the analysis of goal models.

This PhD thesis contributes to the field of requirements engineering and in particular to the early elicitation of requirements through the use of goal models by providing a goal-oriented analysis technique that complements the existing ones by helping to prioritise those goals that provide the most value taking into account the point of view of various stakeholders.

**Keywords:** Requirements engineering, Value-based software engineering, Goal-oriented analysis technique, Fuzzy logic, Multiple-criteria decision-making.

# Tabla de contenidos

<b>Agradecimientos</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Resum</b>	<b>V</b>
<b>Abstract</b>	<b>VII</b>
<b>Tabla de contenidos</b>	<b>IX</b>
<b>Tabla de figuras</b>	<b>XV</b>
<b>Tabla de tablas</b>	<b>XVII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Elicitación temprana de requisitos mediante modelos de objetivos . . . . .	2
1.2. Análisis de modelos de objetivos . . . . .	3
1.3. Planteamiento del problema . . . . .	4
1.4. Objetivos e hipótesis . . . . .	5
1.5. Contexto de la investigación . . . . .	7
1.6. Metodología de investigación . . . . .	8
1.6.1. Estudio de caso . . . . .	9
1.6.2. Experimentos . . . . .	11
1.7. Estructura de la tesis . . . . .	13
<b>2. Fundamentos</b>	<b>15</b>
2.1. El concepto de valor . . . . .	16
2.1.1. El valor en la ingeniería del software . . . . .	17
2.1.2. Alineamiento entre TIC y negocio . . . . .	18
2.2. Priorización de requisitos . . . . .	18
2.3. Lenguajes de modelado de objetivos . . . . .	19
2.3.1. iStar . . . . .	20
2.3.2. iStar 2.0 . . . . .	22
2.3.3. GRL . . . . .	23

2.4.	Lógica fuzzy . . . . .	24
2.4.1.	Número fuzzy triangular . . . . .	25
2.4.2.	Fuzzificación . . . . .	25
2.4.3.	Lógica fuzzy en el análisis de modelos de objetivos . . . . .	26
2.5.	Toma de decisiones multicriterio . . . . .	27
2.5.1.	Selección de técnica . . . . .	28
2.5.2.	FTOPSIS . . . . .	28
2.6.	Ingeniería dirigida por modelos (MDE) . . . . .	30
2.7.	Conclusiones . . . . .	31
<b>3.</b>	<b>Estado del arte</b> . . . . .	<b>33</b>
3.1.	Priorización de requisitos . . . . .	34
3.1.1.	Técnicas basadas en comparación por pares . . . . .	34
3.1.2.	Técnicas basadas en lógica fuzzy . . . . .	35
3.1.3.	Técnicas basadas en procesamiento de datos . . . . .	35
3.1.4.	Técnicas basadas en las preferencias de los stakeholders . . . . .	36
3.1.5.	Discusión . . . . .	37
3.2.	Técnicas de análisis de modelos de objetivos . . . . .	38
3.2.1.	Satisfacción . . . . .	39
3.2.2.	Técnicas basadas propagación sistemática . . . . .	39
3.2.3.	Técnicas basadas en lógica fuzzy . . . . .	41
3.2.4.	Técnicas basadas en procesamiento de datos . . . . .	42
3.2.5.	Técnicas basadas en toma de decisiones multicriterio (MCDM) . . . . .	42
3.2.6.	Discusión . . . . .	44
3.3.	Técnicas de análisis de valor . . . . .	47
3.3.1.	Discusión . . . . .	48
3.4.	Conclusiones . . . . .	49
<b>4.</b>	<b>Técnica de análisis de modelos de objetivos basado en valor</b> . . . . .	<b>51</b>
4.1.	Priorización . . . . .	52
4.2.	Propagación . . . . .	54
4.2.1.	Fuzzificación de actores y elementos intencionales . . . . .	55
4.2.2.	Polarización . . . . .	56
4.2.3.	Propagación de enlaces . . . . .	60
4.2.4.	Fuzzificación de la propagación . . . . .	62
4.2.5.	Cálculo del valor . . . . .	65
4.2.6.	Valor . . . . .	68
4.3.	Evaluación . . . . .	72
4.4.	Restricciones de la técnica . . . . .	72
4.4.1.	Asignación de importancia relativa . . . . .	72
4.4.2.	Ciclos . . . . .	73
4.4.3.	Modelos de objetivos . . . . .	73
4.5.	Diferencias con otras técnicas de análisis . . . . .	74

4.5.1. Propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio . . . . .	75
4.6. Conclusiones . . . . .	75
<b>5. Herramienta de soporte a la técnica VeGAN</b>	<b>77</b>
5.1. Introducción . . . . .	78
5.2. Metamodelo de VeGAN . . . . .	78
5.2.1. Recomendaciones para la creación del modelo de objetivos . . . . .	85
5.2.2. Transformación de modelos piStar a value@GRL . . . . .	86
5.3. Arquitectura de VeGAN-tool . . . . .	88
5.4. Implementación de VeGAN-tool . . . . .	91
5.4.1. Priorización . . . . .	91
5.4.2. Propagación . . . . .	92
5.4.3. Evaluación . . . . .	103
5.4.4. Otras funcionalidades . . . . .	103
5.5. Validación de VeGAN-tool . . . . .	104
5.6. Conclusiones . . . . .	105
<b>6. Estudio de caso</b>	<b>107</b>
6.1. Diseño del estudio de caso . . . . .	109
6.2. Preparación para la recolección de datos . . . . .	111
6.3. Recolección de datos . . . . .	113
6.3.1. Caso 1: Esperanza . . . . .	113
6.3.2. Caso 2: edX . . . . .	118
6.3.3. Lista de control . . . . .	123
6.4. Análisis de los datos recolectados . . . . .	128
6.4.1. Caso 1: Esperanza . . . . .	128
6.4.2. Caso 2: edX . . . . .	135
6.4.3. Lista de control . . . . .	145
6.5. Entrevista . . . . .	151
6.6. Discusión . . . . .	152
6.7. Amenazas a la validez . . . . .	154
6.8. Conclusiones . . . . .	155
<b>7. Familia de experimentos</b>	<b>157</b>
7.1. Objetivo . . . . .	160
7.2. Contexto . . . . .	161
7.2.1. Técnicas de análisis de modelos de objetivos comparadas . . . . .	161
7.2.2. Objetos experimentales . . . . .	166
7.2.3. Selección de participantes . . . . .	166
7.3. Planificación de los experimentos individuales . . . . .	167
7.3.1. Experimento original (UPV1) . . . . .	167
7.3.2. Segundo experimento (UPV2) . . . . .	172
7.3.3. Tercer experimento (UPV3) . . . . .	172

7.3.4. Cuarto experimento (UPV4)	173
7.4. Tareas y material experimental	173
7.5. Análisis de datos	175
7.6. Resultados	176
7.6.1. Estadísticas descriptivas y análisis exploratorio de los datos	176
7.6.2. Análisis de datos de los experimentos individuales	181
7.6.3. Discusión de los resultados	190
7.7. Amenazas a la validez	192
7.7.1. Validez interna	192
7.7.2. Validez externa	192
7.7.3. Validez del constructo	193
7.7.4. Validez de las conclusiones	193
7.8. Conclusiones	194
<b>8. Conclusiones y trabajos futuros</b>	<b>195</b>
8.1. Conclusiones	195
8.1.1. Definición de una técnica de análisis de modelos de objetivos basada en valor	196
8.1.2. Definición de una aproximación tecnológica de soporte	198
8.1.3. Evaluación empírica de la técnica propuesta	198
8.2. Difusión de resultados	200
8.2.1. Revistas internacionales con índice de calidad relativo	200
8.2.2. Actas de congresos internacionales	200
8.2.3. Actas de congresos nacionales	201
8.2.4. Capítulos de libro	201
8.2.5. Trabajos en curso	201
8.3. Becas	201
8.4. Trabajos futuros	202
<b>Bibliografía</b>	<b>205</b>
<b>Anexos</b>	<b>219</b>
<b>A. Material del estudio de caso</b>	<b>221</b>
A.1. Caso 1: Esperanza	222
A.1.1. Ficha de Stakeholders según la técnica Persona	229
A.2. Caso 2: edX	232
A.2.1. Ficha Personas	239
A.3. Guía de VeGAn para Investigadores	242
A.4. Lista de control	244
A.5. Guía de VeGAn para analistas	247
A.6. Depuración de edX	249

<b>B. Material de la familia de experimentos</b>	<b>257</b>
B.1. Boletín Teléfono de la esperanza - GRL-Quant . . . . .	258
B.1.1. Ficha Personas . . . . .	270
B.1.2. Guía de GRL-Quant . . . . .	273
B.2. Boletín edX - VeGAn . . . . .	274
B.2.1. Ficha Personas . . . . .	287
B.2.2. Guía de VeGAn . . . . .	290



## Tabla de figuras

1.1. Triángulo de hierro. . . . .	2
1.2. Modelo de transferencia tecnológica. . . . .	9
1.3. Proceso experimental con los artefactos generados de las distintas actividades. . . . .	11
2.1. Funciones de pertenencia del nivel de importancia. . . . .	25
4.1. Actividades de VeGAN. . . . .	51
4.2. Modelo de objetivos de Kindle. . . . .	53
4.3. Tareas de la propagación. . . . .	55
4.4. Modelo LSP. . . . .	57
4.5. Nivel de importancia medio y polarización con los distintos niveles de confianza. . . . .	59
4.6. Modelo de objetivos de Kindle con el valor calculado. . . . .	69
5.1. Metamodelo de value@GRL. . . . .	83
5.2. Arquitectura de VeGAN-Tool. . . . .	88
5.3. Priorización de Kindle en la herramienta VeGAN-Tool. . . . .	91
5.4. Propagación de Kindle en la herramienta VeGAN-Tool. . . . .	102
6.1. Estudio de caso múltiple. . . . .	109
6.2. Modelo de objetivos de Esperanza, sistema de asesoramiento. . . . .	113
6.3. Priorización del estudio de caso Esperanza. . . . .	115
6.4. Propagación del estudio de caso Esperanza. . . . .	116
6.5. Evaluación de Esperanza. . . . .	117
6.6. Modelo de objetivos de edX, plataforma de educación online. . . . .	118
6.7. Priorización del estudio de caso edX. . . . .	120
6.8. Propagación del estudio de caso edX. . . . .	121
6.9. Evaluación de edX. . . . .	122
6.10. Extracto de la comparación de edX con y sin modificación. . . . .	154
7.1. Resumen de la familia de experimentos. . . . .	158
7.2. Análisis resultante de un participante utilizando GRL-Quant para analizar el sistema de edX. . . . .	163

7.3. Análisis resultante de un participante utilizando VeGAn para analizar el sistema de Esperanza. . . . .	165
7.4. Análisis descriptivo de las variables basadas en rendimiento. . . . .	178
7.5. Análisis descriptivo de las variables basadas en percepción SP y FUP. . . .	179
7.6. Análisis descriptivo de las variables basadas en percepción UP e IU. . . . .	180

## Tabla de tablas

1.1. Plantilla Goal-Question-Metric para la definición de experimentos. . . . .	12
2.1. Relaciones entre los elementos de iStar. . . . .	21
2.2. Relaciones entre los elementos de iStar 2.0. . . . .	22
2.3. Relaciones entre los elementos de GRL. . . . .	23
2.4. Lógica fuzzy triangular del nivel de importancia. . . . .	25
2.5. Grado de pertenencia de 4.75 a los TFN del nivel de importancia. . . . .	26
2.6. Comparación de los criterios definidos para diversas técnicas MCDM. . . . .	28
2.7. Ejemplo de matriz de rendimiento. . . . .	29
3.1. Comparación de las características de las técnicas de análisis de modelos de objetivos. . . . .	46
4.1. Priorización de los elementos intencionales del modelo Kindle. . . . .	53
4.2. Priorización de los actores del modelo Kindle. . . . .	53
4.3. Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del modelo Kindle. . . . .	56
4.4. Fuzzificación del nivel de importancia de los actores del modelo Kindle. . . . .	56
4.5. Funciones GCD. . . . .	57
4.6. Función GCD utilizada para polarizar cada elemento del nivel de importancia de acuerdo al nivel de confianza. . . . .	58
4.7. Nivel de importancia fuzzificado tras la polarización. . . . .	58
4.8. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del modelo Kindle. . . . .	59
4.9. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores del modelo Kindle. . . . .	59
4.10. Propagación de enlaces del modelo Kindle. . . . .	61
4.11. Fuzzificación del impacto de los elementos intencionales. . . . .	62
4.12. Extracto de la fuzzificación de la propagación de enlaces del modelo Kindle. . . . .	63
4.13. Selección de un coche en base a su velocidad máxima y capacidad del depósito. . . . .	64
4.14. Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy refinada del modelo Kindle. . . . .	67
4.15. Valor local y global calculado de los elementos intencionales del modelo Kindle. . . . .	69

4.16. Trazabilidad del cálculo del valor de los elementos intencionales del modelo Kindle. . . . .	71
5.1. Relaciones entre los elementos de value@GRL. . . . .	80
5.2. Análisis comparativo de los lenguajes de modelado de objetivos. . . . .	81
5.3. Mapeo entre iStar 2.0 y value@GRL. . . . .	87
5.4. Fuzzificación del impacto en base al rango de pertenencia. . . . .	94
6.1. Descripción general del <i>background</i> de los participantes. . . . .	110
6.2. Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza. . . . .	129
6.3. Fuzzificación del nivel de importancia de los actores de Esperanza. . . . .	129
6.4. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza. . . . .	130
6.5. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores de Esperanza. . . . .	130
6.6. Extracto de la matriz de rendimiento de Esperanza. . . . .	131
6.7. Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy de Esperanza. . . . .	131
6.8. Extracto del refinamiento de entrada de FHTOPSIS de Esperanza. . . . .	133
6.9. Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada de Esperanza. . . . .	134
6.10. Extracto del cálculo de la distancia euclídea a FPIS y FNIS del elemento T.T1 de Esperanza. . . . .	134
6.11. Extracto del cálculo del coeficiente de proximidad del elemento T.T1 de Esperanza. . . . .	135
6.12. Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Profesor de edX. . . . .	136
6.13. Fuzzificación del nivel de importancia de los actores de edX. . . . .	137
6.14. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Profesor de edX. . . . .	137
6.15. Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores de edX. . . . .	137
6.16. Extracto de la matriz de rendimiento de edX. . . . .	138
6.17. Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy de edX. . . . .	139
6.18. Extracto del refinamiento de entrada de FHTOPSIS de edX. . . . .	141
6.19. Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada de edX. . . . .	142
6.20. Extracto del cálculo de la distancia euclídea a FPIS y FNIS del elemento P.T2 de edX. . . . .	143
6.21. Extracto del cálculo del coeficiente de proximidad del elemento T.T1 de Esperanza. . . . .	144
6.22. Respuestas de los analistas para la actividad de <i>Priorización</i> . . . . .	145
6.23. Respuestas de los analistas para la actividad de <i>Propagación</i> parte 1. . . . .	147
6.24. Respuestas de los analistas para la actividad de <i>Propagación</i> parte 2. . . . .	148
6.25. Respuestas de los analistas para la actividad de <i>Propagación</i> parte 3. . . . .	149

6.26. Respuestas de los analistas en la lista de control para la actividad de <i>Evaluación</i> . . . . .	150
7.1. Descripción de los sistemas. . . . .	167
7.2. Preguntas en la encuesta. . . . .	170
7.3. Diseño Experimental. . . . .	171
7.4. Análisis descriptivo. . . . .	177
7.5. Resultados de las pruebas para la variable PP. . . . .	182
7.6. Análisis post-hoc de la variable PP. . . . .	183
7.7. Resultados de las pruebas para la variable TP. . . . .	184
7.8. Resultados de las pruebas para la variable SP. . . . .	185
7.9. Análisis post-hoc de la variable SP. . . . .	185
7.10. Resultados de las pruebas para la variable FUP. . . . .	186
7.11. Resultados de las pruebas para la variable UP. . . . .	187
7.12. Análisis post-hoc de la variable UP. . . . .	188
7.13. Resultados de las pruebas para la variable IU. . . . .	189
7.14. Resumen del análisis de las pruebas estadísticas. . . . .	190



# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo, en primer lugar, se contextualiza el trabajo de investigación desarrollado en esta tesis. En segundo lugar, se plantea el problema a resolver, se establecen los objetivos, se recogen las contribuciones de la misma y por último, se describe la metodología de investigación.

Las dos primeras secciones (sección 1.1 y sección 1.2) de este capítulo introducen el contexto de esta tesis doctoral. La sección 1.1 introduce la ingeniería de requisitos explicando la necesidad de obtener los requisitos de forma temprana así como también las diversas aproximaciones empleadas para obtener los requisitos haciendo hincapié en el uso de modelos de objetivos. La sección 1.2 se centra en las técnicas de análisis de modelos de objetivos que lo que hacen es analizar los modelos de objetivos empleados para obtener los requisitos con la finalidad de ayudar a los analistas a tomar decisiones sobre los requisitos en base a la satisfacción de los objetivos.

En las dos secciones siguientes (sección 1.3 y sección 1.4) se identifica el problema abordado en la tesis y cómo se va a lidiar con el problema. La sección 1.3 plantea el problema que se aborda en la presente tesis doctoral: la necesidad de una técnica de análisis de modelos de objetivos centrada en el valor. La sección 1.4 describe los objetivos a desarrollar, así como las hipótesis que se pretende contrastar.

La sección 1.5 describe el contexto en el que se ha desarrollado el trabajo de investigación que constituye esta tesis doctoral.

La sección 1.6 describe la metodología de investigación aplicada y las técnicas previstas para validar empíricamente la aplicabilidad del método propuesto.

Por último, la sección 1.7 describe la estructura del documento.

## 1.1. Elicitación temprana de requisitos mediante modelos de objetivos

Para desarrollar un producto software es muy importante conocer los requisitos del mismo ya que en ellos se indican las funciones, características y restricciones que debe cumplir el producto final. La Ingeniería de Requisitos (*Requirements Engineering - RE*) es la actividad encargada de obtener, analizar, especificar, validar y gestionar los requisitos del software.

Identificar correctamente los requisitos que debe implementar un software ayuda a alinear los objetivos del software con los de los stakeholders. Esto es muy importante porque casi la mitad (47%) de los proyectos fallidos se deben a que no alcanzan sus objetivos [1]. Además, la incorrecta identificación de requisitos afecta a que el proyecto requiera de más recursos y tiempo para eliminar los requisitos incorrectos e implementar los correctos. La influencia que tienen los requisitos sobre el proyecto están descritos en el triángulo de hierro [2] mostrado en la Figura 1.1 donde puede observarse cómo se afectan entre sí el alcance (requisitos), el coste (monetario y recursos asignados) y el tiempo (planificación) de un proyecto.

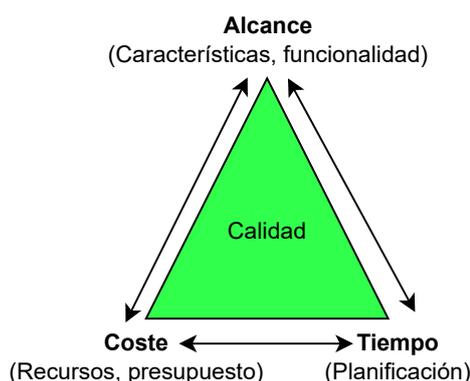


Figura 1.1: Triángulo de hierro.

En el desarrollo ideal de un software se implementarían todos los requisitos que se consideren oportunos, sin embargo, en la vida real esta situación ideal no ocurre y los requisitos a implementar se ven limitados por otros factores como puede ser los recursos y el tiempo disponible para desarrollar el software. Debido a estas limitaciones existe la necesidad de tomar decisiones sobre qué requisitos se deben implementar primero y eventualmente aquellos sólo serán implementados si las condiciones de tiempo y recursos están disponibles. Con el fin de tomar estas decisiones los requisitos deben ser ordenados según su relevancia lo que da lugar a la priorización de requisitos. La priorización de requisitos debe identificar aquellos requisitos que más ayuden a alcanzar los objetivos de los stakeholders con el software, de forma que ayude a alinear correctamente los objetivos de los stakeholders con las propiedades funcionales y no funcionales del software entregado.

No sólo es importante obtener los requisitos adecuados y más relevantes, sino también considerar la compatibilidad entre ellos. Entre los requisitos pueden existir conflictos y/o dependencias haciendo que no sea posible lograr ciertos requisitos a la vez ya que son incompatibles o que para obtener cierto requisito se requiera de otro, complicando aún más la selección de los requisitos que debe implementar el software.

A la hora de modelar los requisitos con el fin de obtenerlos y analizarlos, se han propuesto muchos enfoques distintos, tales como modelado conceptual, diagramas de flujo de datos (*Data-Flow Diagram - DFD*), análisis estructurado (*Structured Analysis - SA*), entidad relación (*Entity-Relationship - ER*), análisis orientado a objetos (*Object-Oriented System Analysis - OOSA*) y análisis orientado a objetivos (*Goal-Oriented Requirements Engineering - GORE*) entre otros.

Entre los distintos enfoques de modelado de requisitos destaca el análisis orientado a objetivos, que hace uso de modelos de objetivos, debido a que no se centra en qué debe hacer el software ni cómo debe hacerlo sino en el por qué. Esto es debido a que este enfoque se centra en los objetivos y necesidades de los stakeholders detrás de los requisitos, lo cual ayuda a comprender las motivaciones subyacentes de los stakeholders con el software a desarrollar. Además, en los modelos de objetivos no solo se representa los objetivos de los stakeholders sino también las relaciones entre los mismos, lo cual ayuda a identificar los posibles conflictos y dependencias que pueda haber entre los requisitos a ser implementados.

## **1.2. Análisis de modelos de objetivos**

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos son empleadas entre otras cosas para identificar conflictos entre objetivos y para tomar decisiones sobre qué objetivos implementar. Ya que a partir de estos objetivos se puede tener mayor información sobre requisitos de los stakeholders, estas técnicas ayudan a identificar las incompatibilidades de los requisitos e identificar qué requisitos son más relevantes en caso de conflictos.

La gran mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos están centradas en el análisis de la satisfacción [3, 4], con la finalidad de saber si es posible o no satisfacer (lograr) los objetivos de los stakeholders. La razón de ello es que las primeras propuestas estaban centradas en el análisis de la satisfacibilidad para saber si era posible satisfacer los objetivos y habitualmente hacían uso de SMT (*Satisfiability Modulo Theories*).

A la hora de realizar el análisis de modelos de objetivos existen múltiples aproximaciones, siendo la más utilizada la propagación sistemática, que se basa en la definición de reglas de propagación para tipo de relación del modelo de objetivos. En esta aproximación se asigna una satisfacción a un objetivo o conjunto de ellos y se propaga mediante las reglas definidas para saber qué objetivos satisfacen los objetivos desde los que se ha iniciado la propagación.

El análisis mediante propagación sistemática suele ser empleado para realizar análisis de conflictos, ya que ayuda a saber qué objetivos no se satisfacen dado un objetivo concreto, así como también para realizar análisis *trade-off* comparando el resultado de la propagación de múltiples objetivos. Es decir, este tipo de análisis puede ser empleado para

detectar conflictos entre los requisitos así como también para ayudar a tomar decisiones sobre qué requisitos implementar.

Al utilizar las técnicas de análisis de modelos de objetivos para identificar aquellos objetivos más relevantes es importante tener en cuenta que estas técnicas están centradas en la satisfacción de los objetivos. Debido a esto, es muy habitual que estas técnicas no tengan en cuenta las preferencias de los stakeholders, es decir, que consideren igual de importantes todos los objetivos del modelo. Esto repercute en que los resultados estén centrados en los objetivos que satisfacen más objetivos sin considerar si los objetivos que satisfacen son o no importantes para los stakeholders lo cual dificulta la alineación de los objetivos del software con los de los stakeholders.

### **1.3. Planteamiento del problema**

Durante el desarrollo del software los requisitos del mismo se ven limitados por los recursos y el tiempo disponible para su desarrollo. Debido a estas limitaciones es necesario tomar decisiones sobre qué requisitos deben implementarse y cuales no. Además, la correcta identificación de los requisitos (los requisitos más adecuados), su compatibilidad (la no existencia de conflictos entre los requisitos) y su relevancia (se implementan aquellos requisitos más importantes para los stakeholders) son factores muy importantes que deben tenerse en cuenta.

Los modelos de objetivos son empleados en la elicitación temprana de requisitos ya que ayudan a comprender los objetivos de los stakeholders detrás de los requisitos y sus motivaciones subyacentes. Esto es importante ya que ayudan a identificar los objetivos y tenerlos en cuenta a la hora de obtener los requisitos del software. Además, gracias a las relaciones entre los objetivos representados en el modelo de objetivo es posible identificar los conflictos y/o dependencias entre los objetivos para poder detectar la compatibilidad entre los mismos.

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos son empleadas para ayudar a los analistas a identificar los conflictos entre los objetivos así como también a tomar decisiones sobre qué objetivos deben implementarse. Debido a que existen múltiples tipos de relaciones en el modelo de objetivos así como una jerarquía de los objetivos este tipo de técnicas son complejas y deben tener en cuenta todos los objetivos del modelo como si fueran múltiples criterios distintos.

La mayoría de este tipo de técnicas se centran en la satisfacción por lo que es habitual que no consideren las preferencias (importancias relativas) de los stakeholders. El problema de no considerar las preferencias de los stakeholders es que el resultado del análisis puede no ser valioso para los stakeholders ya que no considera sus importancias. Por lo tanto, es posible que los objetivos más relevantes identificados por este tipo de técnicas no sean los que mejor se alineen con los objetivos de los stakeholders.

Esto da lugar a que sean necesarias técnicas centradas en el *valor* de forma que identifiquen aquellos objetivos más valiosos en base a las preferencias de los stakeholders teniendo en cuenta las relaciones entre los elementos del modelo de objetivos. Por lo tanto, este tipo de técnicas complementarían a las ya existentes ayudando a tomar decisiones sobre

aquellos objetivos que se satisfacen y además que aportan más valor.

Considerar las importancias relativas de los stakeholders con respecto a los objetivos conlleva a un problema de incertidumbre ya que: i) los stakeholders pueden no estar seguros de cual es la importancia correcta a asignar, *¿Debería ser una importancia alta o media?*; ii) la subjetividad de las importancias asignadas, *¿Cuánto es una importancia alta?*; y iii) la ambigüedad de las importancias, *¿Cuánto es la diferencia entre una importancia alta y una muy alta?*.

## 1.4. Objetivos e hipótesis

El objetivo principal de esta tesis doctoral es definir y validar una técnica de análisis de modelos de objetivos que priorice los objetivos del modelo en base al valor que proporcionan de acuerdo a las preferencias (importancias relativas) de los stakeholders.

Este objetivo principal puede descomponerse en las siguientes metas:

1. Definición de una técnica de análisis de modelos de objetivos basada en valor:
  - **Priorización:** La técnica deberá permitir que los stakeholders indiquen la importancia relativa de cada uno de los elementos del modelo para poder considerar sus preferencias y así ayudar a alinear los objetivos.
  - **Incetidumbre:** La técnica deberá hacer uso de la lógica fuzzy<sup>1</sup> (*Fuzzy Logic*) para hacer frente a los problemas de incertidumbre relacionados a la priorización de los elementos del modelo. De esta forma será más próxima a cómo los humanos razonamos, es decir, tratando con información imprecisa y razonando con rangos de certeza (conjuntos de valores que oscilan entre la verdad total y la falsedad total) permitiendo así mejorar la precisión de los cálculos realizados con información que puede contener incertidumbre.
  - **Propagación:** La técnica deberá calcular el valor de cada uno de los elementos del modelo de objetivos considerando las relaciones entre los mismos. De esta forma se podrá cuantificar el impacto de dichas relaciones sobre la importancia individual de los elementos del modelo y ayudará a la toma de decisiones teniendo una visión más completa de las necesidades de todos los stakeholders involucrados. Para ello se seguirá una aproximación de toma de decisiones multicriterio.
  - **Valor:** La técnica deberá seguir los principios de la Ingeniería del Software Basada en Valor (*Value-Based Software Engineering - VBSE*) [5] donde se utiliza el concepto de valor para la toma de decisiones.

---

<sup>1</sup>A pesar de que el término correcto en castellano es lógica difusa en la literatura técnica es más habitual encontrar lógica fuzzy. Esto también sucede con términos relacionados como conjunto fuzzy, número fuzzy, fuzzificar y defuzzificar.

- Explicabilidad: La técnica deberá proveer mecanismos de trazabilidad para documentar el cálculo del valor ya que esta información será relevante para la explicación del resultado obtenido y de esta forma razonar y negociar sobre posibles conflictos de interés.

2. Definición de una aproximación tecnológica de soporte:

- Definir un metamodelo que capture los conceptos de los lenguajes de modelado de objetivos más habituales (p. ej.  $i^*$ , GRL), de forma a proponer una solución operacional independiente de lenguaje. De esta forma se podrán importar modelos de objetivos desde otras herramientas, comprobando la adecuación de los mismos y completando la información que pudiera ser necesaria para la realización de los cálculos correspondientes.
- Diseñar e implementar una herramienta que de soporte a la aproximación tecnológica propuesta usando el entorno de desarrollo Eclipse de forma a emplear los recursos de modelado y multiplataforma disponibles.

3. Validación empírica de la técnica propuesta:

- Se definirán y ejecutará un estudio de caso involucrando a analistas de modelos de objetivos profesionales con el fin de demostrar la aplicabilidad de la técnica así como también para identificar posibles problemas y/o mejoras.
- Se definirá y ejecutará una familia de experimentos con el fin de proporcionar evidencia empírica sobre la precisión de la priorización, el tiempo de priorización, la satisfacción percibida, la facilidad de uso percibida, la utilidad de uso percibida y la intención de uso en el futuro de la técnica de análisis de modelos de objetivos propuesta.

El cumplimiento del objetivo y las metas propuestas pretenden cubrir las siguientes hipótesis de investigación:

- El uso de la lógica fuzzy para la priorización de los elementos del modelo de objetivos *facilitará* la priorización de los mismos ya que es más próxima a la forma en que los humanos razonamos sobre los problemas permitiendo de esta forma gestionar la incertidumbre y además mejorar la precisión de los cálculos realizados con información que puede contener incertidumbre.
- Una técnica que ofrezca a los desarrolladores el análisis de modelos de objetivos mediante valor *permitirá* identificar aquellos objetivos que aportan más valor para los stakeholders facilitando la toma de decisiones y alineando el punto de vista de los stakeholders con los objetivos del producto software a desarrollar.
- Proporcionar explicaciones sobre cómo se ha calculado el valor de los elementos del modelo de objetivos *permitirá* a los analistas comprender el porque del valor de dichos elementos, lo cual ayudará a tomar decisiones teniendo en cuenta la medida en que el punto de vista de los distintos stakeholders influye en cada uno de los ellos.

- Proporcionar una herramienta que de soporte a la técnica de análisis de modelos de objetivos basada en valor *permitirá* automatizar los complejos cálculos necesarios para tratar con rangos de certeza sobre la importancia relativa de los elementos del modelo de objetivos y sus relaciones, simplificando notablemente el esfuerzo y eliminando posibles errores de cálculo.

## 1.5. Contexto de la investigación

Esta tesis doctoral se ha desarrollado en el contexto del grupo de investigación de Ingeniería del Software y Sistemas de Información (ISSI) del Instituto Universitario Mixto de Tecnología Informática (IUMTI) de la Universitat Politècnica de València (UPV).

Los trabajos que han hecho posible el desarrollo de esta tesis, se engloban en proyectos de I+D financiados con fondos públicos. En particular, esta tesis ha contribuido a los siguientes proyectos y redes de excelencia:

- Value@Cloud: “Desarrollo Incremental de Servicios Cloud Dirigido por Modelos y Orientado al Valor del Cliente” de la convocatoria de ayudas a proyectos de I+D+i. Financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (España). Participantes: Universitat Politècnica de València y Universidade Nova de Lisboa (Portugal). IP: Silvia Abrahão. De enero de 2013 a diciembre de 2017.
- Adapt@Cloud: “Adaptación dinámica de servicios en la nube centrado en el usuario” de la convocatoria de ayudas a proyectos de I+D+i, orientada a los retos de la sociedad del año 2018 financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (España), Participantes: Universitat Politècnica de València (España), Universidade Nova de Lisboa (Portugal), Université Catholique de Louvain (Bélgica), Software Engineering Institute, Carnegie-Mellon University (EE. UU.). IP: Silvia Abrahão y Emilio Insfrán. De enero de 2018 a septiembre de 2021.
- CALESI: “Red de excelencia en calidad y sostenibilidad de software” de la convocatoria de acciones de dinamización “redes de excelencia” del año 2017 financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (España), Participantes: Universitat Politècnica de València, Universidad de Castilla-La Mancha, Universidad Politècnica de Catalunya, Universidad Politècnica de Madrid, Universidad de Murcia, Universidad de Málaga, Universidad de Alicante, Universidad de Sevilla, Universidad de Cádiz, Universidad de Mondragón. IP: Silvia Abrahão. De enero de 2018 a octubre de 2021.
- UCI-Adapt: “*User-Centered Intelligent software system ADAPTion*” de la convocatoria de ayudas a proyectos de I+D+i, orientada a los retos de la sociedad del año 2022 financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (España), Participantes: Universitat Politècnica de València (España), Universidade Nova de Lisboa (Portugal), Université Catholique de Louvain (Bélgica). IP: Silvia Abrahão y Emilio Insfrán. De septiembre de 2023 a octubre de 2026.

Por otro lado, esta tesis también ha sido realizada gracias al apoyo del Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID-01-17) de la Universitat Politècnica de València.

## 1.6. Metodología de investigación

Las actividades de investigación que han dado lugar a esta tesis doctoral están estructuradas siguiendo una extensión del modelo para la transferencia de tecnología propuesto por Gorschek et al. [6] basado en las necesidades de la industria incluyendo actividades de evaluación y de observación. Este modelo de investigación y transferencia de tecnología se basa en siete actividades relacionadas donde la búsqueda de soluciones adecuadas se realiza de forma iterativa por medio de la formulación de soluciones candidatas y la correspondiente validación empírica que permite dirigir los esfuerzos hacia una solución realista. Las actividades del modelo se muestran en la Figura 1.2 y son las siguientes:

1. **Problema:** Se plantea un problema o desafío que ocurren en la industria. El problema puede ser planteado directamente por una empresa con la que se coopera o ser identificado mediante la observación y el análisis de las prácticas actuales.
2. **Revisión del estado del arte:** Se realiza una revisión crítica de la literatura así como de las soluciones disponibles (comerciales y de código abierto) para identificar hasta qué punto se ha abordado el problema identificado y como se ha tratado de resolver.
3. **Solución candidata:** Se proponen una o varias soluciones potenciales al problema identificado. Las soluciones serán evaluadas y depuradas a través de las actividades posteriores (actividades 4, 5 y 6).
4. **Validación académica:** Se realiza la evaluación de la solución candidata propuesta en un entorno académico como por ejemplo realizando experimentos o estudios de caso involucrando a estudiantes, con expertos del dominio y/o profesionales de la industria. Esto puede permitir identificar problemas en las soluciones y proponer mejoras sin emplear los recursos de la industria.
5. **Validación estática:** Consiste en la evaluación de la solución candidata en el contexto de la industria donde profesionales analizan y discuten los resultados del método, técnica o herramienta propuesto para proporcionar retroalimentación y proponer las mejoras correspondientes. Por lo tanto, la terminología "estática" se refiere a la evaluación de la solución candidata "offline", con participantes de la industria y artefactos reales, pero no como parte de una actividad real del ciclo de vida de un proyecto.
6. **Validación dinámica:** Se realiza la evaluación de la solución candidata en el contexto de la industria, donde profesionales hacen uso del método, técnica o herramienta para resolver un problema determinado usualmente usualmente en proyectos piloto. Este resultado es analizado con el fin de obtener retroalimentación y realizar las mejoras correspondientes.

7. **Liberación de la solución:** Se valoran los resultados obtenidos. Las herramientas y el material de entrenamiento son preparados para su uso en contextos industriales.

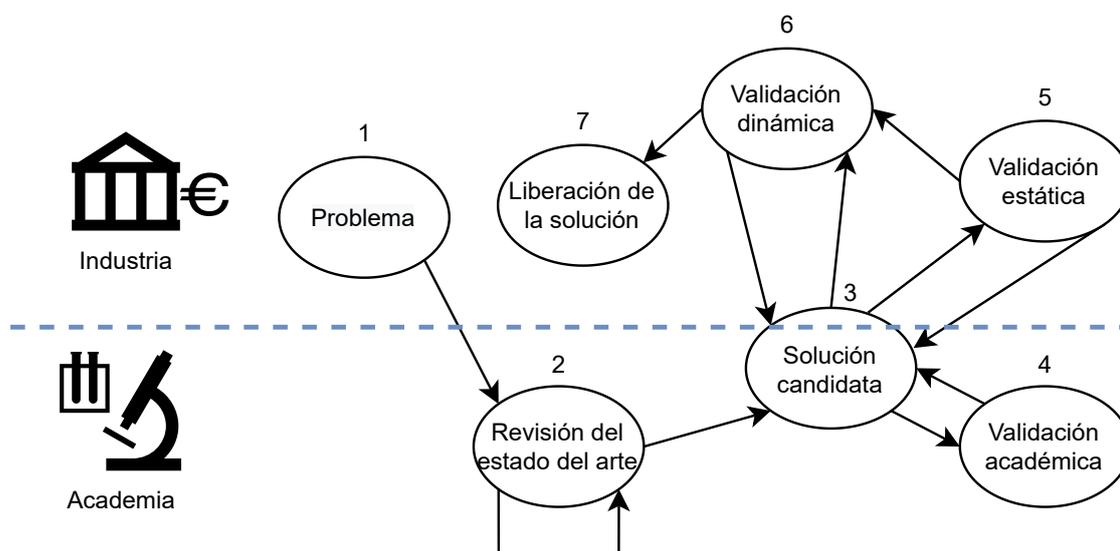


Figura 1.2: Modelo de transferencia tecnológica.

En esta tesis doctoral nos hemos centrado en las primeras cuatro fases de este modelo, debido a que la solución propuesta ha sido desarrollada y evaluada en un contexto académico. Sin embargo, la evaluación académica ha sido exhaustiva realizando también evaluaciones estáticas y dinámicas por medio de estudio de caso y experimentos e involucrando a estudiantes, expertos y profesionales de la industria, pero en el contexto académico.

### 1.6.1. Estudio de caso

Los estudios de caso estudian un fenómeno contemporáneo en su contexto especialmente cuando es difuso [7, 8, 9]. Para la investigación en ingeniería del software es recomendable el uso de la metodología de estudios de caso ya que los objetos investigados son fenómenos contemporáneos que de manera aislada son difíciles de estudiar [10, 11].

La diferencia entre un estudio de caso y un experimento controlado radica en que los experimentos aportan información con respecto a las relaciones causales y los estudios de caso ayudan a comprender el fenómeno en su contexto real. Por ejemplo, en el ámbito del modelo de transferencia tecnológica [12] puede ser utilizado en un experimento controlado para comparar diversos objetos e identificar aquel más adecuado, mientras que en un estudio de caso el enfoque es la validación del objeto de investigación que conlleva un cambio en el proceso [11].

A la hora de realizar un estudio de caso se debe realizar cinco pasos principales [10, 11]:

1. **Diseño del estudio de caso:** Es necesario planificar la metodología utilizada para la recolección de datos, qué documentos van a analizarse, a quienes se les debería hacer entrevistas, etc.

El plan para un estudio de caso debe contener por lo menos los siguientes elementos:

- **Objetivo:** qué meta se pretende alcanzar.
- **El caso:** qué se pretende estudiar.
- **Teoría:** marco de referencia.
- **Métodos:** cómo recopilar la información.
- **Estrategia de selección:** dónde buscar dicha información

2. **Preparación para la recolección de datos:** normalmente, los datos a analizar provienen de distintas fuentes.

Las técnicas de recogida de los datos pueden ser clasificadas en tres niveles:

- **Primer nivel:** contacto entre investigador y sujetos, la información se recoge en tiempo real.
- **Segundo nivel:** la información es recogida por el investigador sin actuar con los sujetos durante la recolección.
- **Tercer nivel:** el investigador analiza los artefactos de forma independiente, es habitual el uso de información agregada.

3. **Recolección de datos:** a través de análisis de datos históricos, entrevistas, métricas u observación.

4. **Análisis de los datos:** a la hora de realizar el análisis de datos hay dos aproximaciones distintas, un análisis cuantitativo y uno cualitativo.

Con respecto al análisis cuantitativo se utiliza estadística descriptiva para comprender los datos de una forma informal y modelos predicativos o análisis de correlación para ver cómo se relacionan las distintas actividades del proceso.

En cuanto al análisis cualitativo, hay dos vertientes, por un lado la generación de hipótesis a partir de los datos como la *comparación constante* y *análisis de casos cruzados* [13] y las técnicas de confirmación de hipótesis como *triangulación* y *replificación* [13].

5. **Presentación de informes:** es recomendable que los informes sigan ciertas guías para su elaboración, como la [7], aunque si los datos son cualitativos hay cierta libertad a la hora de presentar los informes.

### 1.6.2. Experimentos

La experimentación es una fase crucial de la validación y puede ayudar a determinar si los métodos utilizados se ajustan a una teoría particular. Los experimentos controlados son apropiados para investigar diferentes aspectos, como la confirmación o prueba de teorías existentes, la evaluación de la precisión de modelos, validación de medidas, etc. Los experimentos que aparecen en esta tesis han sido diseñados siguiendo el framework para la experimentación en Ingeniería del Software [14].

La Figura 1.3 muestra las actividades del proceso experimental sugerido por Wohlin et al. [14] y los artefactos generados en cada una de estas actividades.

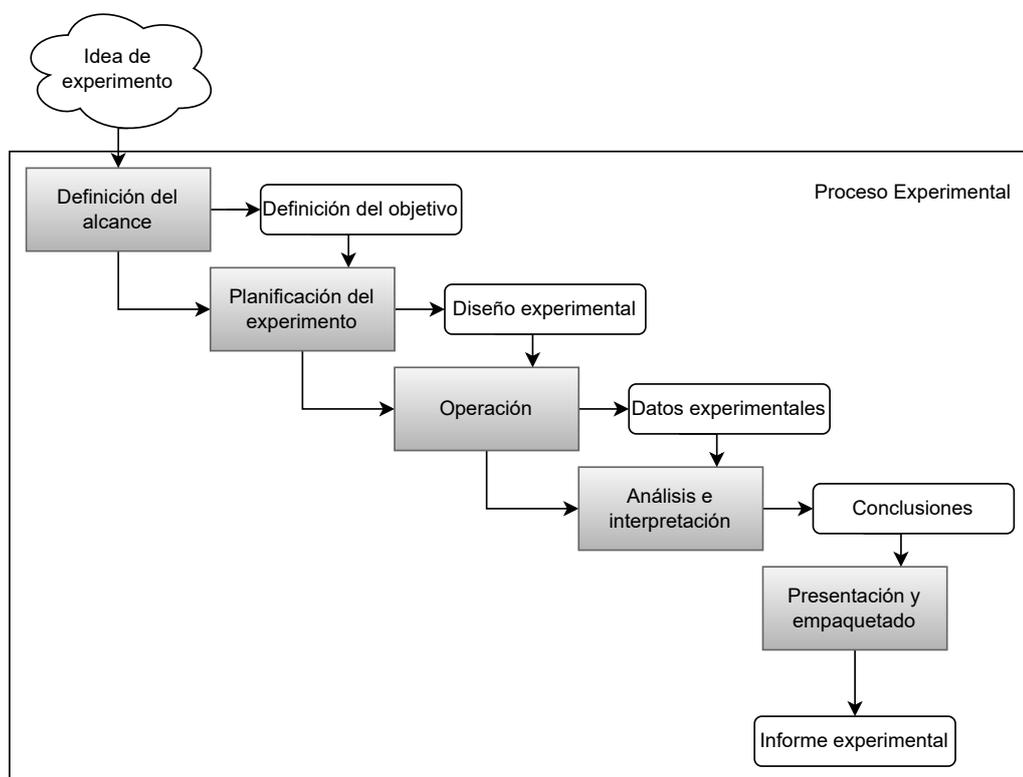


Figura 1.3: Proceso experimental con los artefactos generados de las distintas actividades.

La primera actividad es la definición del alcance, aunque todavía no estén definidas formalmente, sí deberán estar claras las hipótesis del experimento, así como el objetivo y las metas. La meta del experimento es formulada a partir del problema a resolver siguiendo el *framework Goal Question Metric (GQM)* [15] con el esquema de la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Plantilla Goal-Question-Metric para la definición de experimentos.

<b>Analizar</b>	¿Cuál es el objeto de estudio (producto, proceso, modelo, técnica, teoría, etc.)?
<b>Con el propósito</b>	¿Cuál es la intención (evaluar, predecir, controlar, estimar, etc.)?
<b>Con respecto a su</b>	¿Cuál es el enfoque de calidad (efectividad, coste, mantenibilidad, estabilidad, etc.)?
<b>Desde el punto de vista</b>	¿Cuál es el punto de vista de interés (desarrollador, mantenedor, gestor de proyectos, usuario, etc.)?
<b>En el contexto de</b>	¿Dónde tiene lugar el estudio, sobre qué artefactos y con qué tipo de participantes?

La siguiente actividad, es la *planificación del experimento*, donde se decide el diseño. En esta actividad se define en profundidad el contexto, que incluye tanto la componente personal (perfiles tendrán los sujetos) como el entorno en el que tendrá lugar. También se especifican formalmente las hipótesis experimentales, incluyendo las hipótesis nulas e hipótesis alternativas, así como las variables, tanto las independientes (entradas) como las variables dependientes (salidas). Además, se seleccionará un diseño experimental y se identificará y preparará la instrumentación a utilizar. El diseño experimental describe, por ejemplo, cómo se llevarán a cabo los ensayos (online vs offline) o la aleatorización de los sujetos. Por último, en la fase de planificación, es donde se ha de considerar la cuestión de la validez de los resultados que cabe esperar.

Durante la *operación* del experimento es donde se van a preparar, ejecutar y validar los datos recogidos. Durante la ejecución debe asegurarse que se lleva a cabo siguiendo el diseño definido en la fase de planificación y que se recogen los datos experimentales. Por último, se validan los datos recogidos para asegurar que son correctos y proveen una imagen real del experimento.

En el *análisis e interpretación* se emplean los datos recogidos y validados en la fase de operación. Se emplean estadísticos descriptivos con el fin de entender los datos de manera informal. El siguiente paso es analizar si el conjunto de datos a considerar debe ser reducido, bien eliminando puntos o bien eliminando variables, tras analizar si hay variables redundantes que nos ofrecen la misma información. Una vez reducido el conjunto de datos, se llevarán a cabo las pruebas de las hipótesis. Se seleccionarán las pruebas en función del tipo de escala, variables de entrada y tipo de resultados que se buscan. La interpretación se centra en determinar si, en base a las pruebas, se pueden aceptar o rechazar las distintas hipótesis, esto es, determinar la influencia de las variables independientes sobre las variables dependientes en el caso en que se rechacen las hipótesis nulas.

Por último, la actividad de *presentación y empaquetado* está relacionada con la preparación de la documentación, ya sea un artículo de investigación para difundir los resultados o un paquete de laboratorio con el fin de llevar a cabo repeticiones del experimento.

## 1.7. Estructura de la tesis

A continuación, se presenta el contenido de cada capítulo de la tesis:

- **Capítulo 2: Fundamentos.**

En ese capítulo se presentan los fundamentos en los que se basa el desarrollo de esta tesis: valor, priorización de requisitos, lenguajes de modelado de objetivos, lógica fuzzy, toma de decisiones multicriterio e ingeniería dirigida por modelos.

- **Capítulo 3: Estado del arte.**

En este capítulo se analizan las propuestas existentes en la literatura en el ámbito de priorización de requisitos y análisis de modelos de objetivos.

- **Capítulo 4: Técnica de análisis de modelos de objetivos basado en valor.**

En este capítulo se presenta la contribución técnica de esta tesis: la técnica *VeGAN* que permite calcular el valor de los objetivos de un modelo de objetivos considerando las preferencias de los stakeholders y las relaciones entre los objetivos. El valor resultante de la aplicación de la técnica ayuda tanto en la resolución de conflictos de interés como a alinear los objetivos del producto software con los de los stakeholders.

- **Capítulo 5: Herramienta de soporte a la técnica *VeGAN*.**

En este capítulo se presenta la herramienta *VeGAN* que da soporte a la técnica, las funcionalidades incluidas y los detalles de implementación y funcionamiento.

- **Capítulo 6: Estudio de Caso.**

En ese capítulo se validación empírica de *VeGAN* mediante su aplicación de un estudio de caso para demostrar su viabilidad.

- **Capítulo 7: Familia de experimentos.**

En este capítulo se presenta la validación empírica de la propuesta mediante una familia de experimentos.

- **Capítulo 8: Conclusiones y trabajos futuros.**

En este capítulo se presentan las contribuciones de esta tesis, así como las líneas de investigación presentes y futuras, junto con las publicaciones que se originaron a partir de este trabajo de investigación.



## Capítulo 2

# Fundamentos

En este capítulo se presentan los pilares fundamentales sobre los cuales se asienta esta tesis doctoral: El valor, la priorización de requisitos, los modelos de objetivos, la lógica fuzzy y la toma de decisiones. Además, también se introduce la ingeniería dirigida por modelos la cual es empleada por la herramienta que da soporte a la técnica que se propone.

La sección 2.1 introduce el concepto de valor mediante múltiples definiciones del mismo por parte de la literatura así como también su uso en la ingeniería del software.

La sección 2.2 presenta la priorización de requisitos explicando de forma general cuál es su uso y por qué es necesaria.

La sección 2.3 introduce los modelos de objetivos que son los modelos empleados en este trabajo. En esta sección se introducen los lenguajes de modelado de objetivos más empleados iStar, iStar 2.0 y GRL.

La sección 2.4 presenta el concepto lógica fuzzy explicando como funcionan los números fuzzy, cómo se transforman números fuzzy y el por qué en esta tesis se emplea la lógica fuzzy.

La sección 2.5 introduce las técnicas de toma de decisiones multicriterio introduciendo varias técnicas. En esta sección también se explica la técnica que se emplea en esta tesis FTOPSIS en detalle así como también las motivaciones que han dado lugar a seleccionar esa técnica para el análisis de los modelos de objetivos.

La sección 2.6 introduce el enfoque de la ingeniería dirigida por modelos (MDE) donde se utilizan los modelos como si fueran artefactos de primera clase. Esta sección introduce los conceptos que han guiado el diseño e implementación de la herramienta desarrollada.

Por último, la sección 2.7 realiza un resumen de todo lo introducido a lo largo de este capítulo.

## 2.1. El concepto de valor

El término *valor* ha sido definido reiteradas veces en la literatura de forma vaga debido a que es un término subjetivo y por tanto depende de la interpretación. El concepto de valor es muy empleado para hablar del valor de una organización o cliente y cómo realizar ciertas soluciones contribuyen a aumentar el valor. Las secciones correspondientes al valor y priorización de los fundamentos de este trabajo han sido extraídas de [16, 17] y adaptadas para este trabajo, ya que este trabajo consiste en una mejora y extensión del mismo y por lo tanto se realiza dentro de los mismos fundamentos.

A pesar de que no hay un consenso sobre la definición del valor, éste ha sido empleado en muchos ámbitos distintos entre los cuales se incluye la ingeniería del software, la gestión de proyectos y en negocios, incluyendo tanto el ámbito de investigación como el de la industria. Barnett [18] realizó una recopilación de las distintas definiciones del valor en la literatura:

- Barnett [18]: *"... el valor de negocio, como medida de los ingresos del negocio, el precio de las acciones, cuota de mercado u otras métricas de negocio. El Valor está en los ojos del cliente..."*
- Patton [19]: *"Valor de negocio es algo que entrega beneficios a la organización que paga por el software en la forma de un aumento de los ingresos, evitación de costes o una mejora en el servicio."*
- Pettit [20]: *"Valor de negocio es un vehículo de comunicación: usamos el valor de negocio para comunicar valor, prioridades, motivación..."*
- Rawsthorne [21]: *"Valor de negocio es por lo que la dirección está dispuesta a pagar; el valor solo puede ser definido por el cliente final. Y solo es significativo cuando se expresa en términos de un producto específico (un bien o un servicio y a menudo ambos a la vez), que cumple las necesidades de un cliente a un precio concreto en un momento concreto."*
- OMG [22]: *"Valor es un factor de beneficio medible entregado, asociado a un entregable, a un receptor."*

Las definiciones anteriores recopiladas en [18] se han investigado desde una perspectiva de desarrollo ágil, sin embargo, éstas definiciones son lo suficientemente abstractas para poder ser utilizadas en otros ámbitos. Cabe destacar que en ese mismo artículo se menciona que no se pudo encontrar ninguna definición de valor en un contexto ágil en ningún artículo científico, el autor opina que esto es debido a que el concepto ya ha sido estudiado ampliamente por las ciencias económicas y porque el concepto es evidente por sí mismo.

Las definiciones anteriores sugieren que a nivel práctico el valor del negocio suele ser cualitativo, donde para que una práctica aporte valor ésta debe proveer una ganancia al negocio. A pesar de que se han encontrado varias situaciones donde el valor se trata de forma cuantitativo, por lo general se considera cualitativo.

Además, el valor del negocio suele ser subjetivo, ya que depende de la interpretación del stakeholder y porque suele expresarse de forma informal. Esto puede incurrir en problemas

cuando el representante del cliente solo representa parcialmente a sus stakeholders a la hora de guiar los requisitos ya que puede dar lugar a que en ciertas situaciones una determinada perspectiva del sistema predomine sobre el resto.

El valor que proporciona un software no solo depende del propio software sino también de factores externos como puede ser otras organizaciones, otros stakeholders, procesos de negocio internos, etc. Debido a estos factores externos la definición del concepto de valor del negocio que aporta un software es difícil de definir.

### **2.1.1. El valor en la ingeniería del software**

En el contexto de la Ingeniería del Software se ha propuesto la *Value-Based Software Engineering - VBSE* [5] (ingeniería de software dirigida por valor), cuya idea es el uso del valor para la toma de decisiones del desarrollo del software de forma que el software desarrollado provea el máximo valor posible.

En el VBSE se propone una definición del valor abstracta para el valor del negocio, de forma que el valor del software no solo es monetario, sino también de otros factores como puede ser la importancia, la utilidad o el valor relativo. La razón para una definición abstracta es debido a que ésta permite considerar situaciones menos rigurosamente analizables, como las personales, impersonales o éticas.

La literatura sugiere que durante el ciclo de vida del software el valor se utiliza principalmente durante las fases tempranas de la elicitación de requisitos y en la priorización de los mismos. Por ejemplo, en [23, 24] se proponen técnicas y herramientas para identificar el valor, capturarlo y utilizarlo para la priorización de los requisitos. La forma habitual de capturar el valor es mediante el uso de métodos cuantitativos y cualitativos ya que permiten comparar los elementos de valor entre sí e identificar aquellos más valiosos para poder realizar una clasificación. Este es el caso del uso de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) [23] en la priorización de requisitos por valor [25], que compara entre pares de elementos para otorgarles un valor fijo.

Desde el punto de vista más estructurado y más relacionado con la definición del contexto del sistema y de las intenciones de los stakeholders se encuentran los lenguajes de modelado de objetivos. En estos lenguajes, el valor es capturado en base a los objetivos de los stakeholders con respecto al sistema a desarrollar y las interacciones entre los mismos, de acuerdo al efecto que tienen entre sí, dependencias, necesidades y jerarquías.

Lo que es evidente es la existencia de la preocupación de capturar los elementos de valor para el cliente y que producirá el sistema de información objetivo de manera que este responda ante estas expectativas y solo así de verdad se estará construyendo software de utilidad para el cliente, independientemente del tipo de representación o técnica utilizada para lograrlo.

### **2.1.2. Alineamiento entre TIC y negocio**

La alineación de los objetivos de las soluciones TIC con los objetivos y actividades del negocio es de suma importancia ya que permiten la satisfacción de los objetivos de la organización, lo cual debería ser el objetivo final de una solución TIC [24]. Esto es debido a que el alineamiento influye de forma positiva a la efectividad de soluciones TIC por lo que es bastante habitual que las actividades que ayudan a alinear sean prioritarias [24]. Lastimosamente, como se ha comentado en las secciones anteriores de este capítulo, la alineación suele ignorarse a favor de técnicas más centradas en describir la operatividad de la solución a desarrollar y en la experiencia de los desarrolladores.

Con el fin de ayudar en la alineación de las soluciones TIC con las del negocio en investigación de la ingeniería de requisitos se han incluido varios aspectos del análisis de negocio [24]. Algunos de estos factores son la elicitación de objetivos organizacionales, la estructura de la organización o las relaciones de dependencia entre los actores de un sistema entre otros. Por ejemplo, McKeen y Smith propusieron una técnica para la verificación y validación de los requisitos de una solución TIC en relación con su alineación con la estrategia de negocio mediante el uso de modelado de objetivos.

Para el desarrollo de sistemas TIC valiosos es necesario que los desarrolladores sean conscientes del contexto del negocio, el dominio y los requisitos. Para esto, los desarrolladores deben comprender los objetivos y motivaciones de la organización que aportan valor a la organización y que debe dar soporte la solución TIC. Es muy importante comprender los objetivos de la organización con el fin de poder alinear ya que en caso contrario puede afectar negativamente al negocio pudiendo dar lugar incluso a que quiebre [26].

Esto da lugar a que es importante tener en cuenta el objetivo general del desarrollo durante todo el proceso de forma que la solución ayude al negocio a cumplir con sus objetivos de valor.

## **2.2. Priorización de requisitos**

La priorización de requisitos consiste en ordenar los requisitos de mejor a peor dado un criterio o conjunto de ellos de forma que los requisitos más relevantes (valiosos) están en la parte superior del orden. Debido a que hay ciertos requisitos incompatibles entre sí y que normalmente hay limitaciones de tiempo y recursos en el desarrollo de software es necesario tomar decisiones sobre qué requisitos deben incluirse y cuales no, la priorización ayuda en la toma de decisiones sobre qué requisitos deberían incluirse.

La estimación de la importancia de los requisitos es complicada debido a que a pesar de que se quiera hacer de forma objetiva muchas veces depende del punto de vista de los stakeholders y de su experiencia, por lo que la importancia de un requisito puede variar atendiendo a quién lo priorice. Esto puede dar lugar a situaciones donde dos stakeholders del mismo grupo prioricen un mismo requisito con dos importancias totalmente opuestas.

A pesar de que es deseable una estimación precisa de la importancia, no es necesario que ésta sea exhaustiva debido al reducido tiempo disponible durante el desarrollo. Además,

a veces una estimación de importancia de grano grueso, es decir, una priorización de los requisitos a alto nivel es suficiente. Por ejemplo, si a un requisito se le asigna una importancia que le haga estar en el tercer puesto cuando realmente debería estar en el séptimo puede no tener relevancia ya que ambos se incluyen en la misma iteración. Debido a esto, es habitual asignar valores de importancia relativa, de forma que ayude a determinar qué requisitos son más relevantes para el cliente, pero sin la necesidad de establecer un método para especificar con precisión la importancia de cada requisito.

La priorización de los requisitos puede establecerse tanto a nivel de requisitos funcionales como no funcionales. Habitualmente la priorización se centra en los requisitos funcionales, que indican qué funciones se deben proveer.

Desde el punto de vista del desarrollo ágil, la priorización es fundamental ya que ayuda a entregar valor al cliente desde las primera iteración. No obstante, en la literatura puede ser complicado encontrar ejemplos de cómo tiene lugar la priorización en la práctica. Racheva et al. [27] realizó un estudio sobre la priorización de requisitos en la práctica con el fin de identificar a qué se referían como valor y cómo se estima por parte de la industria. En el estudio se reflejó que la forma más común de priorizar suele ser ad-hoc y que muchas veces está limitada debido a que ciertos requisitos tienen distinta importancia dependiendo del stakeholder llegando incluso a necesitar realizar negociaciones sobre cómo de importante es el requisito.

En el estudio se observó que era común que las organizaciones utilicen como criterio de priorización coste/beneficio, donde es habitual que las prioridades sean llevadas a cabo por los desarrolladores en una primera estancia y luego validadas por el cliente, siendo muchas veces éste un representante por lo que aportaba una visión sesgada sobre las necesidades reales del cliente.

Es normal que el cliente tenga problemas para involucrar a su personal en el proceso de desarrollo ya sea por falta de personal necesario para priorizar o por falta de recursos. Además, en muchas ocasiones, a pesar de que el cliente si tuviera los recursos necesarios para colaborar, los clientes no eran capaces de expresar sus necesidades, incluso llegando a afirmar que no existe un valor objetivo que sea posible tomar como entrada para el proceso de priorización.

### **2.3. Lenguajes de modelado de objetivos**

Como se ha comentado previamente en el [capítulo 1](#), los modelos de objetivos se utilizan en la elicitación temprana de requisitos debido a que ayudan a comprender las motivaciones subyacentes a los requisitos del sistema y por tanto contribuyen a que el sistema se desarrolle de acuerdo con los intereses de los stakeholders. A partir de estos modelos se pueden derivar los requisitos del producto software y esto ayuda a alinear los objetivos.

Los modelos de objetivos son únicos a la hora de capturar el dominio y los requisitos del sistema, ya que están orientados al análisis de los objetivos así como otras propiedades importantes del dominio como la seguridad o confianza a diferencia de otros modelos centrados en el comportamiento o la estructura del producto software a desarrollar.

Hoy en día existen múltiples propuestas de lenguajes de modelado de objetivos iStar [28], iStar 2.0 [29], GRL (Goal-oriented Requirement Language) [30], KAOS [31], GBRAM [32], NFR [33] y TROPOS [34] entre otras.

En el contexto de esta tesis nos hemos centrado en el lenguaje de modelado de iStar y sus dos variaciones más conocidas y utilizadas (iStar 2.0 y GRL) debido a que es el más conocido y utilizado. Además, la mayoría de los lenguajes de modelado de objetivos son muy parecidos entre sí por lo que tienen las mismas ideas generales en cuanto a los componentes que los deben conformar.

### 2.3.1. iStar

El lenguaje de modelado de objetivos iStar [28] fue propuesto por Eric Yu en tu tesis doctoral [35], y es la base de muchos otros lenguajes de modelado de objetivos como GRL, TROPOS o KAOS. Desafortunadamente, no existe una única definición de iStar sino múltiples versiones y variaciones [36]. Los principales elementos del lenguaje se muestran a continuación:

- **Actores (*actors*):** Representa a una persona, entidad o empresa, es decir, representa a un stakeholder. La idea es que los actores dependen unos de otros para lograr los objetivos, proporcionar los recursos, realizar las tareas y satisfacer los objetivos blandos. Los actores pueden especializarse en tres tipos:
  - **Agentes (*agents*):** Representa a un actor concreto que tiene una manifestación física, por ejemplo un individuo humano.
  - **Roles (*roles*):** Representa una caracterización abstracta del comportamiento de un actor dentro del dominio.
  - **Cargos (*positions*):** Representa una abstracción intermedia entre rol y agente.
- **Elementos intencionales (*intentional elements*):** Representan las intenciones de los actores en el que se encuentran:
  - **Objetivo (*goal*):** Representa una condición o estado sobre el sistema a desarrollar que a un actor le gustaría lograr.
  - **ObjetivoSoft (*softgoal*):** Representa una condición más abstracta que un objetivo, y que no tiene una medida clara para verificar su satisfacción.
  - **Tarea (*task*):** Representa una actividad concreta cuya ejecución sigue ciertos procedimientos prescritos.
  - **Creencia (*belief*):** Representa una condición sobre el mundo que el actor cree que es cierta.
  - **Recurso (*resource*):** Representa una entidad física o intencional que es producida o proveída a un actor.
- **Relaciones (*links*):** Las relaciones se utilizan para conectar los elementos (elementos intencionales o actores) del modelo de objetivos.

- **Finalidad (*means-end*):** Representa una relación entre un fin y un medio para lograrlo. La relación debe ser entre una tarea (medio) y un objetivo (fin) y se utiliza para identificar qué tareas deben realizarse para lograr un objetivo.
  - **Descomposición de tareas (*task-decomposition*):** Permite descomponer una tarea en elementos intencionales más simples.
  - **Contribución (*contribution*):** Representa que un elemento contribuye a la satisfacción de un objetivoSoft. La contribución puede ser positiva o negativa, una implicación o simplemente una conexión. Hay siete tipo de contribuciones (Make, Some + , Help, Unknown, Break, Some-, y Hurt).
  - **Dependencia (*dependency*):** Representa que un elemento (actor o elemento intencional) depende de otro para poder lograrse. En la dependencia debe haber un elemento intencional(*dependum*) intermediario que indica la razón de la dependencia.
  - **Juega (*plays*):** Representa que un agente juega un rol concreto.
  - **Es un (*Is-a*):** Representa que un actor es especializado en otro actor más general.
  - **Es parte de (*Is-Part-Of*):** Representa que un actor está compuesto por otros.
- **Modelos (*models*):**
- **Modelo de dependencia estratégica (*Strategic Dependency Model*):** Representa las relaciones externas de los actores sin mostrar información interna sobre los mismos.
  - **Modelo de racionalidad estratégica (*Strategic Rationale Model*):** Representa las relaciones externas e internas de los actores mostrando sus elementos intencionales.

La Tabla 2.1 muestra las posibles relaciones entre los distintos componentes del modelo de objetivos de iStar. Cabe destacar que la relación de descomposición tiene un significado u otro atendiendo en qué elemento se descompone. Por ejemplo, una tarea descompuesta en un recurso significa que la tarea necesita ese recurso.

Tabla 2.1: Relaciones entre los elementos de iStar.

		Relación acaba en				
		Actor	Objetivo	ObjetivoSoft	Tarea	Recurso
Relación empieza en	Actor	Dependencia Juega Es un Es parte de	Dependencia	-	-	-
	Objetivo	-	Dependencia	Contribución	-	-
	ObjetivoSoft	-	-	Contribución	-	-
	Tarea	-	Descomposición Finalidad	Descomposición Contribución	Descomposición	Descomposición
	Recurso	-	-	-	-	-

Como comenta Ayala et. al. [36], al ser iStar uno de los primeros lenguajes de modelado de objetivos que no ha sido lo suficientemente refinado tiene definiciones incompletas, inexactas con ambigüedades y contradicciones. Además, en el lenguaje hay bastantes restricciones en las relaciones donde solo se pueden relacionar ciertos tipos de elementos entre sí con ciertos tipos de relaciones concretas y que el significado de las relaciones puede variar atendiendo a qué está relacionando.

### 2.3.2. iStar 2.0

El lenguaje de modelado de objetivos iStar 2.0 [29] es la segunda versión del lenguaje de iStar [28] donde se han refinado tanto los elementos intencionales como las relaciones entre los mismos.

Con respecto al refinamiento de los elementos intencionales, se ha eliminado la creencia (*belief*) y se ha cambiado el objetivoSoft con su ambigua definición por calidad (*quality*) representando una cualidad que se quiere lograr. Los elementos intencionales que componen iStar 2.0 son objetivo (*goal*), calidad (*quality*), tarea (*task*) y recurso (*resources*).

Con respecto al refinamiento de las relaciones entre los elementos intencionales, al igual que en GRL, la relación de descomposición y finalidad se han juntado en una nueva relación llamada refinamiento (*refinement*) y ahora se han creado nuevas relaciones para resolver aquellos casos donde la descomposición tenía un significado u otro atendiendo a qué relacionaba creando las relaciones de calificación (*qualification*) que representa que se desea que un elemento intencional cumpla con una calidad concreta y necesitadoPor (*neededBy*) que representa que un elemento intencional necesita un recurso. También se ha eliminado la relación entre actores de juega (*plays*).

La Tabla 2.2 muestra las posibles relaciones entre los distintos componentes del modelo de objetivos de iStar 2.0 donde si se compara con la Tabla 2.1 puede verse lo que se ha comentado en el párrafo anterior sobre las relaciones de refinamiento, calificación y necesitadoPor.

Tabla 2.2: Relaciones entre los elementos de iStar 2.0.

		Relación acaba en				
		Actor	Objetivo	Calidad	Tarea	Recurso
Relación empieza en	Actor	Dependencia Es un Es parte de	Dependencia	-	Dependencia	-
	Objetivo	Dependencia	Refinamiento Dependencia	Contribución	Refinamiento Dependencia	-
	Calidad	-	Calificación	Contribución	Calificación	Calificación
	Tarea	Dependencia	Refinamiento Dependencia	Contribución	Refinamiento Dependencia	-
	Recurso	-	-	Contribución	NecesitadoPor	-

Además, a parte del tipo de modelo de los dos tipos de modelos existentes (Modelo de dependencia estratégica y Modelo de racionalidad estratégica) se ha añadido un nuevo modelo híbrido que mezcla ambos.

En general la segunda versión del lenguaje iStar intenta resolver algunos de los problemas de la primera versión refinando tanto los elementos intencionales, para resolver el problema de la definición ambigua del objetivoSoft, como las relaciones, para resolver el problema de que su significado varíe atendiendo a qué relación y reduce las restricciones de qué elementos pueden relacionarse entre sí.

### 2.3.3. GRL

El lenguaje de modelado de objetivos GRL (*Goal-oriented Requirement Language*) [30] es un lenguaje estandarizado por la ITU-T (International Telecommunication Union) y que está fuertemente influenciado por iStar [28] y NFR [33]. La razón por la cual GRL está influenciado por iStar en vez de iStar 2.0 [29] es porque GRL se propuso antes que iStar 2.0.

Este lenguaje mantiene las ideas principales de iStar con respecto a los componentes de un modelo de objetivos (actores, elementos intencionales y relaciones) pero ofreciendo constructores para establecer relaciones con elementos externos al modelo (elementos no-intencionales y atributos de conexión).

Por un lado, GRL elimina los tipos de modelo que proponía iStar así como también las especializaciones de los actores y las relaciones específicas entre los actores (juega, es un y es parte de). Por otro lado, GRL refina las relaciones entre los elementos intencionales centrándose en descomposición (juntando finalidad y descomposición de tareas), contribuciones (proponiendo nuevos tipos que ayuda a justificar mejor), dependencias y proponiendo la correlación (que sería como una contribución debido a un efecto secundario en vez de un deseo de los stakeholders). La Tabla 2.3 muestra las posibles relaciones entre los distintos componentes del modelo de objetivos de GRL.

Tabla 2.3: Relaciones entre los elementos de GRL.

		Relación acaba en				
		Actor	Objetivo	ObjetivoSoft	Tarea	Recurso
Relación empieza en	Actor	Dependencia	Dependencia	Dependencia	Dependencia	Dependencia
	Objetivo	Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Dependencia
	ObjetivoSoft	Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Dependencia
	Tarea	Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Dependencia
	Recurso	Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Contribución Correlación Dependencia	Descomposición Dependencia

Adicionalmente, GRL también refina la evaluación de modelos de objetivos proponiendo etiquetas de evaluación, estrategias de evaluación, escenarios, etc. Llegando incluso a proponer un lenguaje complementario, UCM (Use Case Map) que relaciona modelos de objetivos con escenarios.

En general GRL es un lenguaje de modelado de objetivos estandarizado basado en iStar, donde refina las relaciones entre los elementos intencionales. Sin embargo, GRL también propone relaciones a elementos externos, un lenguaje complementario (UCM), estrategias, escenarios de evaluación, etc. aumentando la complejidad del lenguaje.

## 2.4. Lógica fuzzy

La lógica difusa o lógica fuzzy (*fuzzy logic*) fue introducida en 1965 por Zadeh [37], desde entonces ha sido utilizada en muchos ámbitos distintos tanto en investigación como en la industria incluyendo la ingeniería de software. La lógica fuzzy ha sido ampliamente utilizada en la investigación de las ciencias sociales debido a la vaguedad y ambigüedad del lenguaje. Esto es debido a que distintas personas pueden percibir la misma importancia de forma distinta ya que tienen sus propios estándares.

Por ejemplo, en la siguiente frase “*La seguridad tiene una importancia **muy alta***” podría ser fuzzy debido a que distintas personas pueden interpretar “muy alta” de formas distintas ya que no se ha definido con la precisión adecuada. Además, podría ser difícil transformar este término lingüístico a un valor exacto ya que podría perder su valor semántico.

Mientras que en la lógica tradicional (nítida) un elemento pertenece a un solo conjunto, por ejemplo, el agua puede estar fría o caliente, la lógica fuzzy permite que un elemento pertenezca a ambos conjuntos simultáneamente con un cierto grado de pertenencia. Por ejemplo, el agua puede estar tibia (entre fría y caliente).

La lógica fuzzy permite definir el grado de pertenencia a un conjunto fuzzy, este grado es un número en el rango de  $[0,1]$ . Cuando un elemento tiene un grado de pertenencia de 0 representa el falso absoluto (es decir, no pertenencia total), un grado de 1 representa la Verdad absoluta (es decir, pertenencia total), de lo contrario, cuando el grado está entre  $]0,1[$ , representa una pertenencia parcial al conjunto.

Siguiendo el ejemplo anterior, el agua puede estar fría (1 frío y 0 caliente), caliente (0 frío y 1 caliente) o tibia ( $0.5^1$  frío y  $0.5$  caliente). Por tanto, las funciones de pertenencia se utilizan para conocer el grado de pertenencia en un conjunto fuzzy. La función de pertenencia más utilizada en conjuntos fuzzys es la función triangular. Cuando un conjunto fuzzy utiliza una función de pertenencia triangular, se denomina número fuzzy triangular (*Triangular Fuzzy Number* - TFN).

---

<sup>1</sup>Según la RAE (Real Academia Española) como signo de separador decimal se puede utilizar tanto el punto como la coma. Sin embargo, se recomienda el uso del punto como separador decimal para promover la unificación. En esta tesis se hace uso del punto como separador para ayudar en la visualización de números fuzzy con decimales.

### 2.4.1. Número fuzzy triangular

Los números fuzzy triangulares (TFN) son aquellos conjuntos fuzzy que utilizan una función de pertenencia triangular. La Tabla 2.4 muestra un ejemplo de TFN donde a cada nivel de importancia se le asigna un TFN denotado como  $x = (a, b, c)$ . La Ecuación 2.1 muestra la función de pertenencia definida para el nivel de importancia y cuya representación gráfica se muestra en la Figura 2.1, donde se puede apreciar el aspecto triangular.

Tabla 2.4: Lógica fuzzy triangular del nivel de importancia.

Nivel de importancia	Número fuzzy
Muy Alto	(8, 10, 11)
Alto	(6, 8, 10)
Medio	(4, 6, 8)
Bajo	(2, 4, 6)
Muy Bajo	(1, 2, 4)

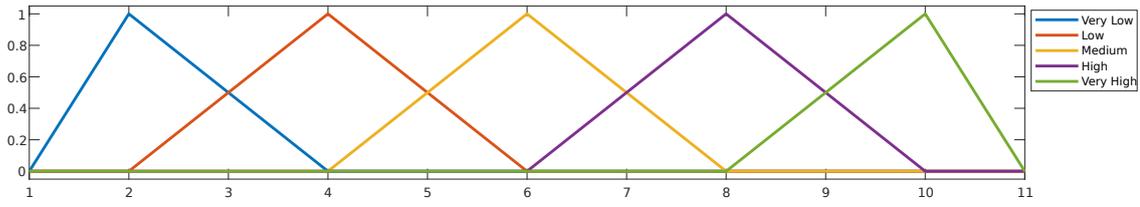


Figura 2.1: Funciones de pertenencia del nivel de importancia.

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } t < a \\ \frac{t-a}{b-a} & \text{if } a \leq t < b \\ \frac{c-t}{c-b} & \text{if } b \leq t \leq c \\ 0 & \text{if } t > c \end{cases} \quad \text{where } a \leq b \leq c \quad (2.1)$$

### 2.4.2. Fuzzificación

La fuzzificación o difuminación es el proceso de transformar un valor a un número fuzzy (*Fuzzy Number* - FN). Dependiendo del tipo de valor que se desea transformar se debe hacer de una forma u otra.

En el caso de que se desee fuzzificar un valor de una escala cualitativa se deberá especificar para cada nivel de la escala a qué FN corresponde.

En el caso de la fuzzificación de un valor de una escala cualitativa sería una transformación directa como la que se muestra en la Tabla 2.4, donde cada nivel de importancia corresponde con un único FN. Sin embargo, cuando se fuzzifica de un valor de una escala cuantitativa, hay que calcular el grado de pertenencia de ese valor a cada FN, y seleccionar aquel FN cuyo grado de pertenencia sea mayor. Por ejemplo, digamos que queremos transformar el valor 37.5 de una escala cuantitativa [0, 100] al número fuzzy triangular

(TFN) del nivel de importancia de la Tabla 2.4 que utiliza la función de pertenencia de la Ecuación 2.1.

En primer lugar, habría que transformar el valor de la escala cuantitativa  $[0, 100]$  a la escala utilizada por el conjunto fuzzy  $[1, 11]$  para lo cual habría que dividir el valor entre 10 y sumarle 1 (el mínimo), de forma que el 37.5 sobre  $[0, 100]$  se transforma en 4.75 sobre  $[1, 11]$ .

A continuación hay que transformar el número 4.75 (que viene del 37.5) a uno de los TFN, para lo cual se debe calcular el grado de pertenencia a cada TFN mediante la Ecuación 2.1 y seleccionar aquel cuya pertenencia sea mayor. La Tabla 2.5 muestra el grado de pertenencia de 4.75 a cada TFN del nivel de importancia donde el mayor grado es Bajo con 62,5%, por lo que el número 37.6 sobre  $[0, 10]$  transformado a 4.75 sobre  $[1, 10]$  corresponde con el TFN de (2, 4, 6).

Tabla 2.5: Grado de pertenencia de 4.75 a los TFN del nivel de importancia.

Nivel de importancia	Número fuzzy	Grado de pertenencia
Muy Alto	(8, 10, 11)	0 %
Alto	(6, 8, 10)	0 %
Medio	(4, 6, 8)	37.5 %
Bajo	(2, 4, 6)	<b>62.5 %</b>
Muy Bajo	(1, 2, 4)	0 %

Mientras que los niveles de importancia mostrados en la Tabla 2.4 son los que utilizamos en la técnica de análisis de modelos de objetivos que proponemos, los TFN correspondientes a cada nivel son los que habitualmente se utilizan en las técnicas fuzzy de toma de decisiones multicriterio (*Fuzzy Multiple-Criteria Decision-Making* - FMCDM) como las que utilizamos para realizar el análisis, es decir, los TFN de los niveles de importancia vienen de la FMCDM utilizada para realizar el análisis y no los hemos propuesto nosotros.

Cabe destacar es que el rango del conjunto fuzzy de las FMCDM es de  $[0, 10]$ , pero lo hemos tenido que adaptar a  $[1, 11]$  debido a que una de las técnicas que utilizamos para el análisis tiene problemas de división por 0 al utilizar el rango de  $[0, 10]$  y que este cambio no influye en los resultados.

### 2.4.3. Lógica fuzzy en el análisis de modelos de objetivos

La mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos o bien utilizan una aproximación cuantitativa o una cualitativa. En un experimento realizado por Horkoff y Yu [38] donde se comparaban 4 técnicas y sus variaciones (7 en total) se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los resultados de aquellas técnicas que utilizan una aproximación cualitativa podría no ser de utilidad. Esto ocurría cuando el resultado de la evaluación de varios objetivos era el mismo, por ejemplo *Muy Satisfecho*. Este resultado impide distinguir qué objetivo está mejor valorado y por tanto es posible identificar cuál es mejor. La razón por la cual sucede esto es debido a que este tipo de aproximaciones utilizan

una escala nominal con una cantidad limitada de opciones, habitualmente entre 3 y 5 opciones.

- Los resultados de aquellas técnicas que utilizaban una aproximación cuantitativa son peligrosos debido a la excesiva precisión puede ser fácilmente influenciada por la incertidumbre a la hora de asignar la importancia. Este tipo de aproximaciones utilizan una escala cuantitativa con una gran amplio rango de valores (ej., de -100 a 100) donde los stakeholders pueden sentirse confusos al tener que elegir entre posibles valores similares. Por ejemplo, ¿Debería un elemento tener importancia de 71, 72 o 73?.

Las conclusiones de este artículo nos hacían dudar sobre qué aproximación deberíamos emplear a la hora de realizar en análisis del modelo de objetivos. Ana Moreira de la Universidade Nova de Lisboa, con la cual estábamos colaborando mediante la red CALESI nos sugirió que utilizáramos lógica fuzzy para abordar el problema.

La lógica fuzzy en el análisis de modelos de objetivos permite resolver los dos problemas identificados por Horkoff y Yu, ya que reduciría la precisión de una aproximación cuantitativa y sería fácil de priorizar, pero no reduciría la precisión lo suficiente como para que los resultados no fueran de utilidad como sucede con la aproximación cuantitativa.

Adicionalmente, en la priorización de requisitos (tema directamente relacionado con esta tesis) el uso técnicas basadas en lógica fuzzy es bastante habitual, como puede observarse en [39] donde la lógica fuzzy es la tercera aproximación más utilizada en este ámbito, pero que no ha sido debidamente explorada para el análisis de modelos de objetivos.

## 2.5. Toma de decisiones multicriterio

Las técnicas de toma de decisiones multicriterio (*Multiple-Criteria Decision-Making - MCDM*) se han utilizado y probado ampliamente tanto en la industria como en el mundo académico para resolver problemas de decisión que involucran múltiples criterios. Este tipo de técnicas tienen como entrada múltiples criterios, alternativas y la interacción entre las alternativas y los criterios. El resultado de este tipo de técnica es la alternativa que mejor se adapta a los criterios seleccionados.

Hoy en día, existen muchas técnicas MCDM como AHP (*Analytic Hierarchy Process*) [40], WSM (*Weighted Sum Model*) [40], WPM (*Weighted Product Model*) [40], ELECTRE (*ELimination Et Choice Translating REality*) [40], TOPSIS (*Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution*) [40], etc.

Los modelos de objetivos tienen cierta similitud con las entradas que tienen las técnicas de MCDM, ya que representan tanto las posibles alternativas para lograr un objetivo, los diferentes criterios en los que cada actor está interesado y las relaciones entre los diferentes elementos intencionales (relaciones entre alternativas y criterios).

Las técnicas MCDM han utilizado tradicionalmente enfoques cualitativos o cuantitativos, pero también hay algunas técnicas que han incluido extensiones que permiten trabajar con lógica fuzzy, como puede ser el caso de FAHP [41] o FTOPSIS [42].

### 2.5.1. Selección de técnica

En las primeras versiones de la técnica propuesta en esta tesis doctoral se permitía que el analista seleccionara aquella técnica de toma de decisiones multicriterio (MCDM) que considerase más oportuna para su contexto. Sin embargo, realizando pruebas sobre la propuesta nos percatamos cuenta de que no todas las técnicas MCDM eran adecuadas para analizar modelos de objetivos.

Con tal de elegir aquella técnica más adecuada para el análisis de modelos de objetivos dado nuestro contexto decidimos definir una serie de criterios que deberían cumplir las técnicas MCDM utilizadas para el análisis. Los principales criterios con los que evaluamos las técnicas son los siguientes:

- **Escalabilidad:** La técnica no debe tener problemas de escalabilidad ya que los modelos de objetivos pueden tener un tamaño considerable.
- **Lógica fuzzy:** La técnica debe utilizar lógica fuzzy para hacer los cálculos, ya que las aproximaciones cuantitativas y cualitativas tienen ciertos problemas.
- **Resultado comparable:** Los resultados obtenidos por la técnica se deberán poder comparar e indicar en alguna medida cuánto es mejor una alternativa (elemento intencional) que otra.
- **Normalización:** La técnica deberá normalizar los datos de entrada ya que es posible que los datos provenientes de la propagación sistemática no estén saturados.

La Tabla 2.6 muestra los criterios que cumplen las principales técnicas MCDM más conocidas y/o utilizadas.

Tabla 2.6: Comparación de los criterios definidos para diversas técnicas MCDM.

Técnica	Escalabilidad	Lógica fuzzy	Resultado comparable	Normalización
WSM	SI	SI	SI	NO
WPM	SI	SI	SI	NO
AHP	NO	SI	SI	NO
ELECTRE	SI	SI	NO	SI
TOPSIS	SI	SI	SI	SI

Solamente una de todas las técnicas MCDM comparadas cumplía con todos los criterios que habíamos definido, por lo tanto, TOPSIS es la técnica que seleccionamos para el análisis del modelo de objetivos.

### 2.5.2. FTOPSIS

FTOPSIS (*Fuzzy Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution*) [42] es una técnica MCDM fuzzy que determina el orden de clasificación de todas las alternativas calculando la distancia tanto a la solución ideal positiva como a la solución ideal negativa, simultáneamente. Por lo tanto, la alternativa más cercana a la solución ideal positiva y

más alejada de la solución ideal negativa será la primera en la clasificación. Para aplicar esta técnica, es necesario aplicar los siguientes ocho pasos.

- **Paso 1:** Fuzzificar los valores utilizados para priorizar los criterios y las alternativas.
- **Paso 2:** Construir una matriz de rendimiento fuzzy que indique la importancia ( $R_{ac}$ ) de cada alternativa ( $A_1, A_2 \dots A_k$ ) para cada criterio ( $C1, C2 \dots Ck$ ). La Tabla 2.7 muestra un ejemplo de matriz de rendimiento fuzzy

Tabla 2.7: Ejemplo de matriz de rendimiento.

Alternativa \ Criterio	C1	C2	Ck
	$A_1$	$R_{11}$	$R_{12}$
$A_2$	$R_{21}$	$R_{22}$	$R_{2k}$
$A_k$	$R_{k1}$	$R_{k2}$	$R_{kk}$

- **Paso 3:** Construir una matriz de rendimiento fuzzy normalizada. Para normalizar la matriz de rendimiento fuzzy, cada importancia ( $R_{ac}$ ) debe dividirse por la calificación máxima del criterio (máximo  $R^*c$ ) al que pertenece.
- **Paso 4:** Construir la matriz de rendimiento fuzzy normalizada ponderada. Para construir esta matriz se multiplica la importancia ( $R_{ac}$ ) que tiene cada alternativa para cada criterio por la importancia (peso) que tiene cada criterio.
- **Paso 5:** Determinar la solución ideal positiva fuzzy (*Fuzzy Positive-Ideal Solution* - FPIS) y la solución ideal negativa fuzzy (*Fuzzy Negative-Ideal Solution* - FNIS) para cada criterio. El FPIS de un criterio se calcula como la máxima importancia ( $R_{ac}$ ) que ha tenido una alternativa para ese criterio (máximo  $R^*c$ ). El FNIS de un criterio se calcula como la importancia mínima ( $R_{ac}$ ) que ha tenido una alternativa para ese criterio (máximo  $R^*c$ ).
- **Paso 6:** Determinar la distancia euclídea de cada alternativa al FPIS y al FNIS. La distancia de cada alternativa a cada FPIS y FNIS de cada criterio se calcula utilizando la Ecuación 2.2. La distancia al FPIS ( $d^+$ ) se calcula como la suma de la distancia FPIS a cada criterio. La distancia al FNIS ( $d^-$ ) se calcula como la suma de la distancia del FNIS a cada criterio.

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[ (x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2 \right]} \quad (2.2)$$

- **Paso 7:** Determinar el coeficiente de proximidad para cada alternativa utilizando la Ecuación 2.3.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (2.3)$$

- **Paso 8:** Ordenar las alternativas por el coeficiente de proximidad cuanto mayor es el coeficiente, mejor es la alternativa.

## 2.6. Ingeniería dirigida por modelos (MDE)

Con el fin de comprender la implementación de la herramienta se introduce los conceptos de la ingeniería dirigida por modelos (*Model Driven Engineering* - MDE) la cual es una disciplina de la ingeniería del software que se basa en el uso de modelos como artefactos de primera clase y que tiene como objetivo desarrollar, mantener y evolucionar software por medio de transformaciones de modelos.

MDE ofrece un enfoque más efectivo que la programación habitual, ya que los modelos son partes activas del proceso de desarrollo de software. Los modelos MDE tienen el significado exacto del código del programa, en el sentido de que la mayor parte de la aplicación final, no solo la clase y los esqueletos de los métodos pueden ser generados a partir de ellos [43]. En este caso los modelos ya no son solo la documentación, sino partes del software, lo que constituye un factor decisivo para aumentar la velocidad y calidad de desarrollo de software.

Un enfoque basado en modelos requiere lenguajes para la especificación de modelos, definición de transformación y descripción del metamodelo. MDE propone el uso de transformaciones de modelos con el fin de transformar un modelo en otro y también para producir el producto final. MDE es aceptado por diversas organizaciones y empresas que incluyen a la OMG (Organization Management Group), IBM y Microsoft.

Debido a que MDE se centra en el uso de los modelos como artefactos de primera clase es muy importante comprender qué es un modelo y un metamodelo:

- **Modelo:** Un modelo es una simplificación (o una descripción abstracta) de una parte del mundo, construido con un objetivo previsto en la mente; debería ser más fácil de usar y entender que el original y debe ser capaz de responder a preguntas sobre éste. Las respuestas proporcionadas por el modelo deben ser exactamente las mismas que las dadas por el sistema en el que se basa el modelo [44, 45].
- **Metamodelo:** La palabra “meta” es griega y significa “después” o “más allá”, por lo tanto, el término metamodelo puede interpretarse como un modelo que describe otro modelo. Un metamodelo es un modelo que especifica un lenguaje de modelado, es decir, describe los distintos componentes que pueden formar un modelo. Un metamodelo dice lo que se puede expresar en un modelo válido del lenguaje de modelado.

### 2.6.0.1. Lenguaje de restricción de objetos (OCL)

Lenguaje de restricciones de objetos (*Object Constraint Language* - OCL) [46] es un lenguaje formal usado para especificar expresiones sobre elementos de los modelos. Estas expresiones suelen especificar condiciones invariantes que deben satisfacer los objetos instancias del modelo, consultas sobre los objetos, etc. La evaluación de expresiones OCL no tiene efectos secundarios, es decir, su evaluación no puede alterar el estado del sistema.

Las expresiones OCL pueden ser usadas también para especificar pre y post condiciones de las operaciones definidas en el modelo. OCL no sólo se puede usar con modelos UML,

también puede ser usado con cualquier lenguaje de modelado basado en el estándar MOF (*Meta Object Facility*).

## **2.7. Conclusiones**

En este capítulo se han presentado los conceptos fundamentales para dar soporte al desarrollo de esta tesis doctoral: el concepto de valor, priorización de requisitos, lenguajes de modelado de objetivos, lógica fuzzy y la toma de decisiones multicriterio. Además, también se ha introducido la ingeniería dirigida por modelos ya que guía el diseño e implementación de la herramienta.

En la sección 2.1 se ha introducido el concepto de valor el cual debido a su abstracción ha sido definido de múltiples formas en la literatura, de que su uso en la ingeniería del software ha dado lugar a la ingeniería dirigida por valor (VBSE) y cómo puede emplearse para ayudar a alinear los objetivos del sistema con lo de los stakeholder.

En la sección 2.2 se ha presentado la priorización de requisitos donde se ha explicado que consiste en ordenar los distintos requisitos de mejor a peor y que es necesaria para poder tomar decisiones sobre qué requisitos deben implementarse y cuales no ya que hay ciertos requisitos incompatibles entre sí y/o a veces la cantidad de requisitos que se pueden implementar estar limitados por tiempo o recursos.

La sección 2.3 ha introducido los modelos de objetivos que representan los objetivos de los stakeholders con respecto al producto software y que ayudan a comprender sus motivaciones subyacentes. En esta sección se han introducido los lenguajes de modelado de objetivos más conocidos y/o utilizados iStar, iStar 2.0 y GRL.

La sección 2.4 presenta la lógica fuzzy (difusa), la cual es una aproximación a medio camino entre una aproximación cuantitativa y una cualitativa. La idea detrás de la lógica fuzzy es trabajar con conjuntos fuzzy cada uno de los cuales representa un conjunto de posibles valores pero sin poder conocer el valor concreto debido a su incertidumbre. Como se comenta en la sección la lógica fuzzy se emplea en este trabajo con el fin de evitar los problemas que acarrea el uso de una aproximación cuantitativa y una cualitativa.

La sección 2.5 introduce las técnicas de toma de decisiones multicriterio que son empleadas para la toma de decisiones entre un conjunto de alternativas cuando hay múltiples criterios a tener en cuenta. En esta sección se ha hecho hincapié en el uso de la lógica fuzzy en este tipo de técnicas así como también se ha explicado la técnica que se emplea en esta tesis FTOPSIS y el por qué ha sido seleccionada.

Por último, la sección 2.6 ha presentado la ingeniería dirigida por modelos (MDE) la cual es empleada en el desarrollo de la herramienta que da soporte a la técnica propuesta en esta tesis doctoral. MDE es una disciplina de la ingeniería del software que se basa en el uso de modelos como artefactos de primera clase y que tiene como objetivo desarrollar, mantener y evolucionar software por medio de transformaciones de modelos.



## Capítulo 3

# Estado del arte

En este capítulo se presenta el estado del arte en el cual se ha desarrollado este trabajo. El estado del arte muestra el estado actual de la priorización de requisitos, el análisis de modelos de objetivos y las técnicas de análisis de valor, entrando en mayor profundidad en la segunda ya que es la más relacionada con el tema de esta tesis. El estado del arte de las técnicas de priorización de requisitos y las técnicas de análisis de valor se muestra debido a que está relacionado con el tema de la tesis pero no en tanta profundidad.

La sección 3.1 presenta el estado del arte sobre la priorización de requisitos ya que los modelos de objetivos son empleados para la elicitación temprana de los mismos y por tanto están relacionados. Para la realización de este estado del arte se ha apoyado en diversas revisiones sistemáticas de la literatura que luego se han extendido ya que no son el enfoque principal de la tesis a pesar de estar relacionado.

La sección 3.2 muestra el estado del arte sobre las técnicas de análisis de modelos de objetivos para lo cual se ha hecho uso de revisiones sistemáticas de la literatura así como también una cuasi-revisión propia. En este estado del arte se muestra los tipos de técnicas más empleadas así como también las más relacionadas con lo que se propone.

La sección 3.3 muestra el estado del arte sobre las técnicas de análisis de valor discutiendo primeramente qué se consideran técnicas de valor y después mostrando aquellas que se centran en el intercambio del valor.

Por último, la sección 3.4 muestra un resumen de lo introducido a lo largo de este capítulo

### 3.1. Priorización de requisitos

La priorización de requisitos está relacionada con el tema de este tesis doctoral, pero no en su totalidad debido a lo cual en esta sección se muestra el estado del arte de de la priorización de requisitos de forma general centrándose en las propuestas de los últimos años. Para la realización de este estado del arte se ha hecho uso de dos revisiones sistemáticas de la literatura [47, 39] las cuales se han extendido en esta sección.

Svensson et al. [48] realizó un estudio sobre la priorización de requisitos y descubrió que había una diferencia entre la práctica y la investigación en este ámbito debido a que a pesar de que en la literatura se plantean muchas metodologías, en la práctica lo más habitual es usar una priorización ad-hoc.

En las subsecciones siguientes se muestra el estado del arte de la priorización de requisitos la cual está clasificada en base a las técnicas en las que están basadas para realizar la priorización.

#### 3.1.1. Técnicas basadas en comparación por pares

Las técnicas de priorización de requisitos basadas en comparación por pares consisten en comparar los requisitos por pares de forma que es posible saber para cada par de requisitos cual es más importante. La técnica más representativa de este tipo es *Analytic Hierarchy Process* (AHP) [23] que es una técnica de toma de decisiones multicriterio (MCDM).

La mayoría de las técnicas de priorización de requisitos propuestas durante los últimos años están basadas en la comparación por pares y en especial tratando de extender la técnica de AHP.

En general las técnicas basadas en comparación por pares tienen un problema de escalabilidad debido a la cantidad de comparaciones que se necesitan realizar, por ejemplo, en AHP se deben realizar  $n(n-1)/2$  comparaciones, es decir, para comparar 20 requisitos se deben realizar 190 comparaciones para cada criterio. Debido a esto se han propuesto múltiples técnicas que tratan de reducir la cantidad de comparaciones que se necesitan realizar para mejorar la escalabilidad como Stratified-AHP [49], Market Driven Requirement Prioritization Model (MDRPM) [50] y ANN Fuzzy AHP [51], E-AHP [52] y Somohano-Murrieta et al. [53].

Los conflictos entre los distintos requisitos así como las dependencias entre los mismos no está considerado en la técnica de AHP debido a esto se han propuesto varias técnicas extienden AHP considerándolos [54, 55, 51].

A la hora de realizar las comparaciones entre los requisitos la vaguedad y la incertidumbre del juicio humano puede afectar a los resultados por lo que se ha propuesto Fuzzy AHP [56] y ANN Fuzzy AHP [51] que hacen uso de la lógica fuzzy junto con AHP para poder hacer frente a las limitaciones de la incertidumbre.

Durante los últimos años también se han propuesto múltiples técnicas que tratan de usar AHP junto con otras propuestas como puede ser [54, 57, 58, 59, 60, 61].

En general la mayoría de las técnicas que se han propuesto sobre la comparación de

pares durante los últimos años tratan de extender AHP con la finalidad de hacer frente a alguna de sus limitaciones o de usarla junto con otra técnica. Esto es debido a que la técnica de AHP es muy robusta ya que permite determinar con exactitud cómo de importante es cada requisito en comparación con el resto de requisitos (gracias a la comparación por pares) así como también provee de mecanismos para detectar consistencias con respecto a las comparaciones realizadas, sin embargo tiene una serie de limitaciones como puede ser la escalabilidad, no considerar la incertidumbre a la hora de realizar las comparaciones, así como tampoco no considerar los posibles conflictos y/o dependencias entre los requisitos.

### **3.1.2. Técnicas basadas en lógica fuzzy**

Las técnicas de priorización de requisitos basadas en lógica fuzzy siguen la idea de la lógica fuzzy que se ha introducido previamente en la [sección 2.4](#). La interacción humana a la hora de priorizar los requisitos añade cierta incertidumbre a la priorización debido a la vaguedad y ambigüedad del lenguaje debido a que distintas personas pueden percibir la misma importancia de forma distinta.

Las técnicas de priorización de requisitos basadas en lógica fuzzy propuestas durante los últimos años pueden clasificarse en dos grupos.

Por un lado está el grupo de adaptar a la lógica fuzzy las técnicas de priorización de requisitos ya existentes. Una de las formas más habituales de hacer esto es añadir incertidumbre a la priorización de forma que en vez de tener una importancia precisa se tiene un conjunto de posibles importancias. Entre las técnicas propuestas que se podrían clasificar en este grupo estarían las adaptaciones de AHP a lógica fuzzy como Fuzzy AHP [56, 61] y ANN Fuzzy AHP [51] mencionadas previamente así como también que hacen uso de técnicas de toma de decisiones multicriterio fuzzy [62, 63], adaptar algoritmos existentes como el de Yagers [64], adaptar una técnica propuesta previamente [65], adaptar la técnica de MoSCoW [66], y hacer uso de redes neuronales junto con lógica fuzzy [67].

Por otro lado esta el grupo de aplicar lógica fuzzy para la priorización de requisitos expresando en lógica fuzzy tanto la importancia de los requisitos como sus relaciones y aplicar un álgebra de Boole (adaptada a lógica fuzzy) para priorizar como es el caso de [68, 69, 70].

### **3.1.3. Técnicas basadas en procesamiento de datos**

Las técnicas de priorización de requisitos basadas en técnicas de procesamiento de datos consisten en hacer uso de técnicas de procesamiento de datos para la priorización como puede ser *data mining* o *machine learning*.

El uso de técnicas de procesamiento de datos para la priorización de requisitos es relativamente reciente y se puede clasificar en base a los algoritmos en los que se basan.

Por un lado estarían aquellas técnicas de priorización de requisitos que se basan en algoritmos de optimización [71, 72, 73, 74, 75]. La mayoría de estas técnicas [71, 72, 73] se basan en el algoritmo de optimización de Whale. El algoritmo selecciona un requisito de forma aleatoria y lo compara con el resto con el fin de identificar el más importante, si encuentra otro más importante lo sustituye, así hasta que termina de ordenar todos. Este

algoritmo tiene problemas de baja precisión y/o puede identificar incorrectamente a los requisitos más relevantes pero el orden de los requisitos en general es bastante acertado.

Por otro lado estarían aquellas técnicas basadas en *machine learning* como pueden ser las técnicas de [76, 77, 78, 79] y la citada previamente que hace uso de lógica fuzzy [67]. En este tipo de técnicas se pretende entrenar un algoritmo de priorización de requisitos en base a la retroalimentación de los stakeholders y analistas. En general, este tipo de técnicas requieren múltiples iteraciones y la precisión de los resultados depende de la cantidad de tiempo invertido para proveer retroalimentación a las técnicas.

En general este tipo de técnicas de análisis de priorización de requisitos tienen problemas de precisión a la hora de identificar los requisitos más relevantes a no ser que se invierta tiempo entrenando los algoritmos (en el caso de machine-learning). Además, no tienen en cuenta los posibles conflictos y/o dependencias entre los requisitos así como tampoco la posible incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las prioridades.

#### **3.1.4. Técnicas basadas en las preferencias de los stakeholders**

Las técnicas de priorización de requisitos basadas en preferencias de los stakeholders son aquellas que consideran las preferencias de los stakeholders pero que no hacen uso comparación por pares, lógica fuzzy ni técnicas de procesamiento de datos.

En esta clasificación pueden encontrarse técnicas de priorización de requisitos que están basadas en técnicas de toma de decisiones multicriterio [80], técnicas basadas en la interacción con los stakeholders [81, 82] y técnicas que tratan de llegar a un consenso sobre las distintas preferencias de todos los stakeholders como por ejemplo utilizando la media de las preferencias [83] o votación por mayoría [84].

En general este tipo de técnicas tratan de llegar a un consenso general sobre qué requisitos son más importantes. Al igual que sucede con las técnicas basadas en técnicas de procesamientos de datos no tienen en cuenta ni las relaciones entre los requisitos, es decir, los posibles conflictos y/o dependencias entre estos ni la incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las prioridades de los requisitos.

### 3.1.5. Discusión

La clasificación de las técnicas de priorización de requisitos propuestas durante los últimos años es interesante desde el punto de vista de esta tesis doctoral ya que destacan por un lado las aproximaciones basadas en comparación por pares (AHP), una técnica de toma de decisiones multicriterio (MCDM) y las aproximaciones basadas en lógica fuzzy. Ambas aproximaciones MCDM y lógica fuzzy han sido poco estudiadas desde el punto de vista de las técnicas de análisis de modelos de objetivos.

Las técnicas de priorización de requisitos mencionadas en las secciones anteriores tienen una serie de limitaciones como muestra Achimugu et al. [47] y que se ha extendido.

- **Incertidumbre:** Debido a la falta de robustez de las reglas de priorización y a no tener en cuenta la posibilidad de la incertidumbre humana, donde los stakeholders pueden no estar seguros de una importancia asignada, la mayoría de las técnicas tienden a tener errores lo cual conlleva a una disminución en la precisión de los resultados.
- **Modelos de objetivos:** Las técnicas de priorización de requisitos no son adecuadas para el análisis de modelos de objetivos ya que no consideran la estructura del propio modelo, donde los distintos objetivos están relacionados entre sí mediante distintos tipos de relaciones. Sin embargo, sería posible hacer uso de algunas de las ideas que proponen y/o incluso adaptar alguna técnica para que considere las relaciones del modelo de objetivos y por tanto considerar la estructura del mismo.
- **Dependencias y conflictos entre requisitos:** Entre los distintos requisitos a priorizar pueden existir dependencias (que un requisito dependa de otro para poder lograrse) y conflictos (que hayan ciertos requisitos que son incompatibles entre sí y no puedan estar simultáneamente). La gran mayoría de las técnicas propuestas no tienen en cuenta estos problemas entre los requisitos.
- **Escalabilidad:** Una de las mayores limitaciones es la escalabilidad de las técnicas tanto a nivel computacional como de interacción humana ya que en proyectos de tamaño grande puede ser necesario que requieran mucho tiempo para aplicarlas. Por ejemplo, en la técnica de AHP [23] se deben comparar todos los requisitos por pares entre sí, lo cual puede requerir de mucho tiempo, problema que se ha tratado de solventar en algunas de las propuestas como en S-AHP [49], (MDRPM) [50] y ANN Fuzzy AHP [51].
- **Gestión de cambios:** En el desarrollo de software es bastante habitual que las prioridades de los requisitos vayan cambiando con el tiempo por lo que las técnicas deben poder ofrecer recalculan las prioridades sin tener que volver a aplicarla en su totalidad. Por ejemplo, en la técnica de AHP cambiar la prioridad de un requisito implica volver a tener que comparar ese requisito con el resto de requisitos.

## 3.2. Técnicas de análisis de modelos de objetivos

Hoy en día existen muchas técnicas de análisis de modelos de objetivos, debido a lo cual existen varias revisiones sistemáticas que sobre modelos de objetivos incluyendo el razonamiento de los mismos [85, 86], varias comparaciones de técnicas [38, 87] así como una pequeña revisión basada en búsqueda por snowballing [88].

En el mapeo sistemático de Horkoff et al. [85, 86] se clasifican 59 artículos como *proposals, formalizations, implementations* haciendo referencia a técnicas de análisis de modelos de objetivos implementadas, y se identifican 37 artículos más (a parte de los 59 ya mencionados) sin implementación.

Con respecto a las comparaciones, en [38] Horkoff y Yu comparan 4 técnicas y sus variaciones, comparando los resultados de analizar tres modelos de objetivos entre sí. Este artículo en concreto ha influenciado en gran medida esta tesis ya que en él se identificaban los problemas de las aproximaciones cuantitativas y cualitativas. En [87] se clasifican distintas herramientas en base a varios criterios entre los que se encuentran soporte a razonamiento (análisis del modelo).

Para el estado del arte de esta tesis doctoral se ha hecho uso de los trabajos citados previamente así como también de una cuasi-revisión sistemática de la literatura y una búsqueda por snowballing informal usando como origen los artículos más relevantes del tema.

La cuasi-revisión sistemática de la literatura se realizó como una extensión del mapeo sistemático de Horkoff et al. [85, 86] pero centrada en las técnicas de análisis de modelos de objetivos y no en los modelos de objetivos en general. Para ello se utilizó la misma cadena de búsqueda, pero se le añadió una parte para centrarse en técnicas dando lugar a la siguiente cadena de búsqueda: *(("goal-oriented" OR "goal model" OR "goal modeling" OR "goal modelling" OR "GORE" OR "GOAT")) AND ("Analysis" OR "Technique" OR "Prioritization" OR "Propagation")*.

La cadena de búsqueda fue empleada en las librerías de IEEE Xplorer, ScienceDirect, ACM Library y Springer con fecha igual o superior al 2016 (debido al mapeo sistemático de Horkoff et al.) y dentro del ámbito de informática, ingeniería de software, toma de decisiones, ingeniería requisitos o priorización de requisitos.

A parte de la búsqueda en las librerías también se realizó una búsqueda en conferencias relacionadas en el tema como Requirements Engineering, MODELS y el workshop del iStar y de autores relevantes en el tema (Yu, Horkoff, Amyot, Mussbacher y Mylopoulos).

Como criterios de inclusión / exclusión empleados la publicación debe tener más de 3 páginas, estar en inglés y estar publicada en una conferencia revista o libro.

La búsqueda dio lugar a 447 posibles artículos de los cuales 14 fueron eliminados por estar duplicados, 306 por el título y los criterios de inclusión / exclusión y 90 por el resumen dando lugar a un total de 37 artículos. Se realizó un *snowballing* a de un nivel de profundidad a partir de estos artículos y se obtuvieron 13 más dando lugar a un total de 50. A partir de la revisión de los 50 artículos se identificaron 24 propuestas relevantes.

En la siguiente subsección de este capítulo se introduce el concepto de satisfacción que es altamente empleado en las técnicas de análisis de modelos de objetivos. En las

subsecciones siguientes se presenta el estado del arte del análisis de modelos de objetivos el cual está clasificado en base a las técnicas en las que están basadas para realizar la priorización. En especial se centra en los tipos de técnicas más usadas y en aquellas que están directamente relacionadas con lo que se propone en esta tesis doctoral.

### 3.2.1. Satisfacción

La gran mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos están centradas en el análisis de la satisfacción con la finalidad de saber si es posible o no satisfacer (lograr) los objetivos de los stakeholders.

Las primeras técnicas de análisis de modelos de objetivos propuestas estaban centradas en el análisis de la satisfacibilidad con la finalidad de conocer si era posible o no satisfacer los objetivos de los stakeholders por lo que las primeras aproximaciones de análisis de modelos de objetivos hacían uso de lógica matemática mediante SMT (*Satisfiability modulo theories*). Este análisis estaba centrado en saber si se podían satisfacer todos los objetivos del modelo y/o identificar posibles conflictos entre los distintos objetivos, por ejemplo, cuando un elemento intencional era contribuido positivamente y negativamente.

Sin embargo, con el paso de los años las propuestas de análisis de modelos de objetivos han evolucionado cambiando su finalidad de un análisis de la satisfacibilidad del modelo de objetivos a un análisis *trade-off* mediante la satisfacción. Este tipo de análisis está centrado en ayudar en la toma de decisiones sobre las alternativas (elementos intencionales en una descomposición de tipo OR o XOR) del modelo de objetivos. Con esta finalidad el análisis se centra en conocer cómo un elemento intencional o conjunto de estos satisfacen el modelo de objetivos, de forma que se puede comparar la satisfacción que proveen las distintas alternativas del modelo de objetivos.

Hoy en día se siguen proponiendo técnicas de análisis de modelos de objetivos de ambos tipos de análisis pero la gran mayoría de las técnicas propuestas son de análisis *trade-off*.

### 3.2.2. Técnicas basadas propagación sistemática

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en propagación sistemática son aquellas técnicas que hacen uso de las relaciones entre los elementos intencionales existentes en el modelo de objetivos con la finalidad de analizarlo. En este tipo de técnicas se definen reglas de propagación para cada tipo de relación del modelo de objetivos, incluyen tanto aproximaciones formales que hacen uso de lógica matemática mediante SMT como no tan formales donde se definen las reglas y propagan. Las técnicas más representativas de este tipo de análisis son NFR [89], GRL-Quant/Qual [90] e Interactive [4].

Las técnicas basadas en propagación sistemática son el tipo de técnica de análisis de modelo de objetivos más utilizada. Dependiendo de la dirección en la que se realice la propagación tiene una finalidad u otra.

Por un lado está la *forward propagation* (propagación hacia delante) donde la propagación comienza en un elemento intencional (o conjunto de estos) y se propaga siguiendo la dirección de las contribuciones y de hijos a padres en las descomposiciones. Este tipo de propagación se utiliza para saber cómo un elemento intencional afecta al resto de elementos

intencionales del modelo de objetivos. Sirve para responder las siguientes preguntas: *¿Va a funcionar esta alternativa en este dominio concreto?* o *¿Cuáles son las consecuencias de esta implementación?* [38]

Por otro lado está la *backward propagation* (propagación hacia atrás) cuya dirección es opuesta a la forward, la propagación comienza en un elemento intencional (o conjunto de estos) y se propaga en dirección opuesta de las contribuciones y de padres a hijos en las descomposiciones. Este tipo de contribución se utiliza para saber qué elementos intencionales influyen a aquel o aquellos seleccionados desde donde iniciar la propagación. Sirve para responder a las siguientes preguntas: *¿Es viable esta alternativa?* o *¿Qué elementos van a influenciar esta implementación?* [38]

La mayoría de las técnicas basadas en propagación sistemática utilizan forward propagation para realizar el análisis del modelo de objetivos [89, 3, 91, 92, 93, 90, 94, 95, 96, 97, 4, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105] y solamente unas pocas hacen uso de backward propagation [106, 107].

Con respecto a cómo realizan el cálculo de la satisfacción hay dos vertientes principales una aproximación cualitativa (por ejemplo, satisfecho, débilmente satisfecho, débilmente insatisfecho e insatisfecho) y una cuantitativa (por ejemplo, 100, 93, 71, 26, 1, -12, -37, -91, -100). La gran mayoría de las técnicas propuestas utilizan una aproximación cualitativa [89, 91, 92, 94, 97, 4, 106, 98, 99, 101, 102] y solamente unas pocas hacen uso de aproximaciones cuantitativas [95, 103, 107, 105]. Además, también hay algunas técnicas que hacen uso de ambas o incluso las mezclan [3, 90, 100, 104].

Respecto a los distintos tipos de relaciones entre elementos intencionales casi la mitad de las técnicas que se proponen [89, 3, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 100, 103, 105] no consideran las relaciones de dependencia en el modelo de objetivos y se basan en calcular la satisfacción mediante las relaciones de contribución y descomposición.

La mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en propagación sistemática son utilizadas para análisis trade-off para saber cómo un elemento intencional o conjunto de estos afecta al resto de elementos intencionales del modelo, sin embargo, es posible adaptarlas para priorizar objetivos si se realiza el análisis de forma individual desde cada elemento intencional. Sin embargo, al estar estas técnicas centradas en la satisfacción es muy habitual que consideren que todos los elementos intencionales del modelo son igual de importantes [89, 3, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 4, 106, 100] y solo unas pocas consideran la importancia o preferencias de los stakeholders [90, 98, 99, 101, 102, 103, 107, 104, 105]. Adicionalmente, las técnicas que hacen uso de la importancia la utilizan para complementar la satisfacción, de forma que la técnica está centrada en propagar la satisfacción y no la importancia.

Además, algunas de las técnicas de propagación sistemática requieren de interacción humana para poder realizarse, como es el caso de [89, 93, 97, 4, 106] lo cual podría dar lugar a problemas de escalabilidad ya que en modelos grandes podría requerir mucha interacción humana.

De igual forma que sucedía con la priorización de requisitos dos de las propuestas más relevantes GRL-Quant/Qual [90] e Interactive [4] han sido extendidas por varios autores con la finalidad de poder adaptarlas para su uso en otros contextos y/o mejorarlas. En el

caso de GRL-Quant/Qual se han propuesto aproximaciones para considerar la confianza [104], adaptada para ser backward propagation [107], adaptada para automatizarla y ser usada en sistemas auto adaptativos [108]. Respecto a Interactive, los autores la han publicado con diversas mejoras a lo largo del tiempo [109, 110, 111] así como una versión de backward propagation [106].

En general este tipo de técnicas son muy útiles para realizar trade-off análisis ya que permiten observar cómo un elemento intencional concreto afecta al resto de elementos, o qué es necesario para lograr cierto objetivo. Sin embargo, para utilizarlas con la finalidad de adaptación o priorización de requisitos necesitan automatizarlas y en general tienen una serie de limitaciones como puede ser no considerar la incertidumbre o escalabilidad.

### **3.2.3. Técnicas basadas en lógica fuzzy**

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en lógica fuzzy son aquellas que analizan el modelo de objetivos mediante el uso de números fuzzy de forma que tienen en cuenta la incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las prioridades de los elementos intencionales.

Al igual que como sucede con las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en MCDM hay muy pocas técnicas que hacen uso de lógica fuzzy pero las destacamos debido a que están directamente relacionadas con la propuesta que se realiza en esta tesis.

Sadiq y Jain [112] propusieron el uso de lógica fuzzy para priorizar los objetivos de un modelo de objetivos para una serie de criterios que se definen. La priorización consiste en asignar una importancia en forma de número fuzzy a cada objetivo para cada criterio y luego agregar todas las importancias mediante multiplicación escalar. Al año siguiente los autores [113] propusieron una mejora del método donde hacían uso de la versión Fuzzy de AHP [23] para asignar las importancias a los elementos intencionales pero manteniendo la multiplicación escalar para agregarlas. En estas dos propuestas se hace uso del modelo de objetivos en una estructura de tipo árbol donde solo se hacen uso de las relaciones de descomposición y cuyo único fin es el de identificar los objetivos que luego son evaluados en base a factores externos al propio modelo de objetivos. Debido a esto, la propuesta no tiene en cuenta las posibles relaciones entre los distintos objetivos que pueden dar lugar a conflictos y/o dependencias. Además la mejora donde proponen utilizar AHP para asignar las importancias puede dar lugar a problemas de escalabilidad cuando se trabajan con muchos objetivos distintos.

Mansoor et al. [114] propusieron hacer uso de números fuzzy para asignar importancias, los cuales luego defuzzifican y luego aplican la técnica MCDM de TOPSIS (*Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution*) [40]. Esta propuesta hace uso de números fuzzy para asignar las importancias, los defuzzifica a continuación y luego hace uso de TOPSIS para seleccionar las alternativas en base a unos criterios externos que se definen. Al igual que como sucede con la propuesta anterior, el uso del modelo de objetivos es únicamente para identificar los objetivos a evaluar, se hace uso de un modelo de objetivos con forma de árbol compuesto únicamente por descomposiciones y no considera los posibles conflictos y/o dependencias entre los elementos intencionales. Además, el uso

de los números fuzzy no es de utilidad ya que priorizan utilizando números fuzzy y a continuación los defuzzifican transformándolos a un número por lo que los cálculos no se realizan utilizando números fuzzy.

Chatzikonstantinou y Kontogiannis [115, 116] propusieron una técnica de análisis de modelos de objetivos basada en propagación sistemática para modelos en tiempo de ejecución. Los autores consideran que un modelo de objetivos puede estar compuesto únicamente por objetivos (no fuzzy) y objetivosSoft los cuales consideran objetivos fuzzy. En esta propuesta se propone una aproximación para razonar sobre los objetivos y otra para razonar sobre los objetivosFuzzy. El razonamiento sobre los objetivos fuzzy se basa en definir reglas de propagación para las relaciones de descomposición y contribución. Es una propuesta interesante que mezcla un análisis de modelos de objetivos cualitativo y fuzzy a la vez dependiendo del tipo de elementos intencionales relacionados. Sin embargo, la propuesta tiene ciertas limitaciones como que no considera las importancias relativas de los stakeholders, es decir, considera que todos los elementos intencionales del modelo son igual de importantes así como tampoco tiene en cuenta las relaciones de dependencia entre los elementos intencionales.

#### **3.2.4. Técnicas basadas en procesamiento de datos**

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en técnicas de procesamiento de datos consisten en hacer uso de técnicas de procesamiento de datos para como puede ser *machine learning*. En especial se han utilizado aproximaciones basadas en redes bayesianas.

Saed y Lee [117] propuso una técnica de análisis donde transforma el modelo de objetivos en una red bayesiana donde cada una de las relaciones del modelo tiene un peso en la red bayesiana.

Dell'Anna et al. [118] y Bencomo y Paucar [119] hicieron uso de redes bayesianas en modelos de objetivos en tiempo de ejecución, donde a partir del modelo creaban una red bayesiana que luego iban entrenando mediante la información obtenida de la monitorización.

En general este tipo de aproximaciones están enfocadas para sistemas auto-adaptativos, donde lo que se pretende es dirigir las adaptaciones del sistema para ayudar a que se satisfagan los objetivos. Debido a que este tipo de aproximaciones tienen como entrada la información obtenida de la monitorización de los sistemas software no son adecuadas para la eliticación temprana de requisitos. Además, la mayoría de estas aproximaciones consideran que los modelos de objetivos tienen una estructura de tipo árbol y/o no consideran las relaciones de dependencia ni tampoco las importancias relativas de los elementos intencionales considerándolos todos igual de importantes.

#### **3.2.5. Técnicas basadas en toma de decisiones multicriterio (MCDM)**

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en toma de decisiones multicriterio (MCDM) son aquellas que están basadas y/o que hacen uso de este tipo de técnicas. Las técnicas MCDM son empleadas para comparar una serie de alternativas con respecto a múltiples criterios con la finalidad de identificar las mejores alternativas. La forma de

hacer uso de este tipo de técnicas directamente en un modelo de objetivos consiste en considerar como alternativas y/o criterios los elementos intencionales y las relaciones como el peso que tienen las alternativas a los criterios. Hay pocas técnicas de análisis de modelos de objetivos basadas en MCDM, sin embargo, ya que está directamente relacionado con lo que se propone en esta tesis doctoral es importante destacarlas.

Liaskos et al. [120] así como Vinay et al. [121] y Zhao et al. [122] propusieron técnicas de análisis que hacen uso de *Analytic Hierarchy Process* (AHP) [23] donde primeramente hace uso de AHP para priorizar los criterios (objetivosSoft) y luego evalúa las alternativas (objetivos del modelo) teniendo en cuenta las contribuciones que hacen los objetivos a los objetivosSoft. Por un lado, la propuesta es interesante ya que AHP es una técnica MCDM muy empleada en muchos ámbitos por lo que ha sido validada muchas veces y muy robusta ya que tiene forma de identificar inconsistencias, pero estas propuestas tienen una serie de limitaciones. Consideran que el modelo de objetivos tiene una estructura de tipo árbol cuando en realidad es un grafo, lo cual significa que no considera situaciones como que una alternativa (objetivo) pueda afectar positiva o negativamente a otra. Solamente se consideran criterios los objetivosSoft del modelo por lo que el hecho de que no se logren los objetivos no está considerado así como tampoco las preferencias de una alternativa con respecto a otra que no estén representadas en el modelo. Las relaciones de dependencia entre los distintos elementos del modelo de objetivos no son consideradas, ya que la propuesta solo tiene en cuenta las relaciones de contribución y descomposición. Además, dado que se hace uso de AHP para priorizar los distintos criterios esto puede incurrir en un problema de escalabilidad cuando hay muchos criterios a tener en cuenta o si la importancia de los mismos cambia.

Ma y de Kinderen [123] realizaron una propuesta genérica que junta análisis de modelos de objetivos con MCDM donde primeramente se hace uso de una técnica de análisis de modelos de objetivos para identificar aquellas alternativas del modelo que pueden satisfacer los objetivos y descartar aquellas que no lo hacen y a continuación hacen uso de MCDM con criterios externos y prioridades asignadas por los stakeholders para cada criterio / alternativa para identificar las mejores alternativas. La propuesta es de carácter general indicando que puede usarse cualquier técnica de análisis de modelos de objetivos para calcular la satisfacción y cualquier técnica MCDM. Sin embargo, muestran un ejemplo de uso de la propuesta con GRL-Quant [90] para identificar qué junto de alternativas pueden satisfacer los objetivos con AHP [23] para seleccionar las mejores alternativas de aquellas que se pueden satisfacer. Es una propuesta interesante para la priorización de las alternativas de un modelo de objetivos ya que tiene en cuenta tanto la satisfacción que provee las alternativas así como también otros criterios externos para seleccionar otras alternativas, sin embargo, tiene una serie de limitaciones. El hecho de poder seleccionar cualquier técnica de análisis de modelo de objetivos y/o cualquier técnica MCDM puede ser negativo ya que hay ciertas técnicas que podría no ser adecuadas, como por ejemplo, en el caso de calcular la satisfacción no serían de utilidad técnicas que utilizaran *backward propagation* que se ha explicado previamente y hay ciertas técnicas MCDM que podrían no ser de utilidad como se comentaba en la [sección 2.5](#) donde se deben tener ciertos criterios a la hora de seleccionar las técnicas a utilizar. Con respecto al ejemplo de combinación

concreto propuesto, GRL-Quant junto con AHP, el uso de AHP puede tener problemas de escalabilidad si se tienen muchos criterios y su adaptación para priorizar todos los objetivos en vez de únicamente las alternativas podría requerir de demasiado tiempo.

Baslyman y Amyot [124] propusieron una técnica que hace uso de la propagación sistemática de Amyot et al. GRL-Quant [90] y las técnicas MCDM de AHP [23] y TOPSIS (*Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution*) [40]. Primeramente la técnica define una serie de criterios para evaluar las alternativas, los cuales priorizan mediante el uso de AHP. A continuación los stakeholders asignan valores para cada combinación de criterio y alternativa. Después se hace uso de GRL-Quant para calcular la satisfacción que aportan las alternativas. Por último se emplea TOPSIS utilizando como entrada los criterios priorizados por AHP, la combinación de criterios por alternativas proveído por los stakeholders y la satisfacción calculada para seleccionar las mejores alternativas. Es una propuesta muy interesante de cara a priorización de alternativas ya que tiene en cuenta tanto la satisfacción del modelo de objetivos y sus relaciones entre sí junto con posibles criterios externos. Sin embargo, el hecho de hacer uso de AHP para priorizar los distintos criterios puede ser negativo ya que puede dar lugar a problemas de escalabilidad. Además, si esta técnica se empleara para priorizar los objetivos en general en vez de solo las alternativas también tendría problemas de escalabilidad ya que sería necesario valorar todos los elementos del modelo para todos los criterios definidos y los modelos de objetivos para grandes proyectos pueden ser muy grandes.

### 3.2.6. Discusión

Las técnicas de análisis de modelos de objetivos en general tienen una serie de limitaciones recurrentes independiente del tipo de técnica en el que estén basadas:

- **Importancias relativas:** Dado que la gran mayoría de las técnicas se centran en la satisfacción de los elementos intencionales es bastante habitual que no consideren la importancia de los mismos. Esto es relevante porque a veces es preferible satisfacer un objetivo con mucha importancia que satisfacer mucho uno muy poco importante.
- **Incertidumbre:** La mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos hacen uso de aproximaciones cuantitativas y/o cualitativas, sin embargo, en un experimento realizado por Horkoff y Yu [38] identificaron problemas con ambas aproximaciones. En el caso de las aproximaciones cualitativas el resultado obtenido puede no ser de utilidad a la hora de tomar decisiones ya que es habitual que múltiples elementos intencionales tengan el mismo resultado. Por ejemplo, si dos objetivos están "Muy satisfechos" no es posible saber cuál de los dos está más satisfecho. Con respecto a las aproximaciones cuantitativas no tienen este problema debido al amplio rango de posibles resultados (por ejemplo de -100 a 100), pero puede ser difícil hacer uso de estas aproximaciones con confianza ya que los stakeholders pueden estar confusos a la hora de priorizar entre posibles valores parecidos. Por ejemplo, ¿Un objetivo debería tener una importancia de 71, 72 o 73?. Según los Horkoff y Yu esta incertidumbre podría dar lugar a que cambie el resultado final del análisis.

- **Estructura de árbol:** Muchas de las técnicas de análisis de modelos de objetivos propuestas consideran que el modelo de objetivos tiene una estructura de tipo árbol donde los objetivos son las raíces, las hojas las alternativas sobre cómo lograrlos y los objetivosSoft están a parte y se utilizan como criterios que son relacionados por las alternativas (hojas). Considerar un modelo de objetivos como una estructura de tipo árbol en vez de un grafo simplifica el análisis pero limita los modelos de objetivos a analizar ya que hay muchas situaciones que no consideran. Por ejemplo, no tienen en cuenta que alternativas de distintos objetivos pueden relacionarse entre sí, que un elemento que no sea una hoja del árbol pueda relacionarse con objetivosSoft ni tampoco considera que los objetivosSoft pueden tener su propia estructura ni relacionarse entre sí de forma que no tienen en cuenta la transitividad más allá de las relaciones de descomposición.
- **Relaciones entre elementos intencionales:** Un modelo de objetivos está compuesto principalmente por relaciones de descomposición, contribución y dependencia. Sin embargo, muchas aproximaciones consideran que un modelo no tiene dependencias y se centran únicamente en descomposición y contribución, llegando a casos donde hay aproximaciones que solo hacen uso de contribuciones.
- **Importancia de los actores:** Únicamente la técnica de GRL-Quant/Qual [90] y sus derivadas [104, 107, 108] consideran que no todos los actores (stakeholders) son igual de importantes y se les puede asignar una importancia.
- **Escalabilidad:** Muchas de las técnicas propuestas tienen problemas de escalabilidad por lo que no son adecuadas para ser utilizadas en el análisis de modelos de objetivos de tamaño considerable. Destacan aquellas técnicas que hacen uso de comparación por pares, por ejemplo si utilizan AHP, o aquellas que necesitan de interacción humana para resolver conflictos.
- **Soporte tecnológico:** A pesar de que en la literatura se presentan bastantes técnicas de análisis de modelos de objetivos la gran mayoría de estas no proveen herramientas para poder ser usadas por lo que en el caso de querer hacer uso de la técnica sería necesario crear una herramienta.
- **Falta de validación:** A pesar de la gran cantidad de técnicas de análisis de modelos de objetivos hay una falta de validación de las mismas habiendo únicamente un experimento [38] que analiza los resultados de las técnicas, experimento que no involucra participantes y que sigue la idea de que si varias técnicas llegan a un consenso entre los resultados es porque los resultados están bien. También hay otros experimentos centrados en la escalabilidad de la técnica [116, 125] y otros en comparar el tiempo que se requiere para aplicar la técnica manualmente o mediante el uso de una herramienta [126]. En general hay una falta de la validación de los resultados que proveen las técnicas de análisis de modelos de objetivos.

La Tabla 3.1 muestra una comparación de las técnicas de análisis de modelos de objetivos mostradas en este capítulo centrándose en las características que muestran. La segunda columna hace referencia a en cómo se realiza el análisis (propagación sistemática, MCDM

o Machine-learning); la tercera columna hace referencia a la aproximación empleada para realizar los cálculos (cuantitativa, cualitativa, cuantitativa y cualitativa o fuzzy); la cuarta columna hace referencia a si la técnica tiene en cuenta las importancias relativas de los stakeholders a la hora de realizar el análisis; la quinta columna hace referencia a si la técnica se puede escalar para ser usada en grandes modelos de objetivos; la sexta columna hace referencia a si la técnica tiene en cuenta la incertidumbre de los stakeholders para asignar importancias; la séptima columna hace referencia a si la técnica considera el modelo de objetivos un grafo en vez de una estructura de tipo árbol; por último, la octava columna hace referencia a si la técnica tiene en cuenta las relaciones de dependencia entre los elementos intencionales.

Tabla 3.1: Comparación de las características de las técnicas de análisis de modelos de objetivos.

Propuesta	Basada en	Cálculo	Importancia	Incertidumbre	Grafo	Dependencias	Recursos	Escalabilidad
Chung et al. [89]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	No	No*	No
Giorgini et al. [3]	Propagación	Cuant. y Cual.	No	No	Si	No	No*	Si
Sebastiani et al. [91]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	No	No*	Si
Giorgini et al. [92]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	No	Si	Si
Maiden et al. [93]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	Si	Si	No
Amyot et al. [90, 108]	Propagación	Cuant. y Cual.	Si	No	Si	Si	Si	Si
Duran y Mussbacher [107]	Propagación	Cuantitativa	Si	No	Si	Si	Si	No
Baslyman et al. [104]	Propagación	Cuant. y Cual.	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Asnar y Giorgini [94]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	No	No*	Si
Letier y Van Lamsweerde [95]	Propagación	Cuantitativa	No	No	No	No	No*	Si
Wang et al. [96]	Propagación	Cuantitativa	No	No	Si	No	No*	Si
Asnar et al. [97]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	Si	No*	No
Horkoff y Yu [4, 106, 110, 109, 111]	Propagación	Cualitativa	No	No	Si	Si	Si	No
Ernst et al. [98]	Propagación	Cualitativa	Si	No	Si	Si	No*	Si
Jureta et al. [99]	Propagación	Cualitativa	Si	No	Si	No	No*	Si
Van Lamsweerde [100]	Propagación	Cuant. y Cual.	No	No	Si	No	No*	Si
Chawla et al. [101]	Propagación	Cualitativa	Si	No	No	Si	No	Si
Liaskos et al. [102]	Propagación	Cualitativa	Si	No	Si	Si	No*	Si
Park et al. [103]	Propagación	Cuantitativa	Si	No	No	No	No	Si
Kaiya et al. [105]	Propagación	Cuantitativa	Si	No	Si	Si	No	No
Liaskos et al. [120]	MCDM	Cuantitativa	Si	No	No	No	No	No
Vinay et al. [121]	MCDM	Cuantitativa	Si	No	No	No	No*	No
Zhao et al. [122]	MCDM	Cuantitativa	Si	No	No	No	No	No
Ma y de Kinderen [123]	Propagación + MCDM	Cuantitativa	Si	No	Si	Si	Si	No
Baslyman y Amyot [124]	Propagación + MCDM	Cuantitativa	Si	No	Si	Si	Si	No
Saeed y Lee [117]	Machine-learning	Cuantitativa	No	No	No	No	No	Si
Dell'Anna et al. [118]	Machine-learning	Cuantitativa	No	No	No	No	No	Si
Bencomo y Paucar [119]	Machine-learning	Cuantitativa	No	No	No	No	No*	Si
Sadiq y Jain [112, 113]	MCDM + Fuzzy	Fuzzy	Si	Si	No	No	No	Si
Mansoor et al. [114]	MCDM	Cuantitativa	Si	Si	No	No	No	Si
Chatzikonstantinou y Kontogiannis [115, 116]	Propagación	Fuzzy	No	Si	Si	No	No	Si

No\*: No indican si se consideran los recursos ni se muestra ejemplo con ellos.

Como puede observarse en la Tabla 3.1 la mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos están basadas en propagación sistemática y habiendo unas pocas propuestas que siguen otras aproximaciones como puede ser el uso de MCDM o machine-learning. También puede observarse que la mayoría de las aproximaciones usan o bien una aproximación cualitativa y/o una cuantitativa para realizar el análisis y no tienen en cuenta la posible incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las importancias, aunque hay unas pocas técnicas que hacen uso de lógica fuzzy y donde consideran incertidumbre. Con respecto a los recursos, la gran mayoría de técnicas no especifican si los utilizan ni muestran ejemplos con ellos (No\*), unas pocas técnicas (No) que indican que no hacen uso de ellos o no consideran que el modelo de objetivos tiene recursos, y solamente una minoría (Si) los considera. Por último, hay bastantes técnicas que no consideran las relaciones de

dependencia del modelo de objetivo así como también hay unas pocas que consideran que el modelo de objetivos tiene una estructura de tipo árbol en vez de un grafo.

### **3.3. Técnicas de análisis de valor**

Como se ha comentado previamente en la [sección 2.1](#), el concepto de valor en la literatura no ha sido definido con exactitud y representa un concepto subjetivo y dependiente de la interpretación. Años atrás, el valor en el negocio era monetario por lo que aquellas técnicas que comparaban el beneficio monetario que aportaba unas alternativas eran consideradas técnicas de análisis de valor. Sin embargo, la definición de valor ha evolucionado con el tiempo de forma que el valor de algo depende del conjunto de criterios que sean oportunos (depende de cada situación concreta ya que es subjetivo). Debido a esto, desde cierto punto de vista es posible considerar que ciertas técnicas de priorización de requisitos y de análisis de modelos de objetivos son técnicas de valor, ya que calculan el valor que aportan en base a unos criterios definidos.

Hoy en día, las técnicas de análisis de valor están centradas en el intercambio de valor, de forma que se conoce que partes del negocio aportan valor. Desde este punto de vista destacan e3Value [127], DVD (*Dynamic Value Description*) [128] y EPBE (Eriksson-Penker business extensions) [129].

Gordijn y Akkermans propusieron e3Value [127], una técnica de modelado y análisis de valor en base al intercambio de valor económico realizado entre distintos stakeholders. Esta técnica se basa en crear un modelo de valor, donde se representa el intercambio de valor (monetario, bienes, servicios o información) entre una empresa y el cliente indicando los intermediarios, de forma que es posible observar cómo el valor va fluctuando en base a los intercambios realizados.

Eriksson y Penker [129] propusieron una extensión de UML para permitir el modelado de negocio en términos de procesos que satisfacen objetivos a través de la colaboración de distintos tipos de recursos.

Souza et al. propusieron DVD (*Dynamic Value Description*) [128], una técnica de modelado y análisis de valor en base al intercambio de valor al igual que el e3Value. Lo que pretende esta propuesta es simplificar e3Value pasando de cincuenta conceptos a ocho además de incluir unas guías para el modelado y el análisis del valor en base al intercambio.

### **3.3.1. Discusión**

Debido a la definición subjetiva y dependiente de interpretación que tiene el concepto de valor hay muchas técnicas no enfocadas en el mismo pero que sí se clasificarían como tales. Sin embargo, las principales técnicas que hacen uso del valor y siguen los principios del VBSE (*Value-Based Software Engineering*) están centradas en el intercambio de valor a nivel de procesos de negocio.

Estas aproximaciones centradas a nivel de procesos no son adecuadas para la elicitación de requisitos debido a que trabajan a un nivel de abstracción totalmente distinto, que no consideran las importancias de los procesos por lo que los consideran todos igual de importantes ni tampoco tienen en cuenta los posibles conflictos entre los mismos. No obstante, los lenguajes de modelado de objetivos como puede ser iStar [28] pueden ser usados con la finalidad de analizar el valor como se muestra en el experimento realizado por Gordijn et al. [130] comparando iStar y e3Value para el análisis del valor.

### **3.4. Conclusiones**

En las secciones anteriores se ha hablado del estado del arte actual con respecto a la priorización de requisitos, al análisis de modelos de objetivos y al análisis del valor donde se han presentado las distintas aproximaciones usadas y se han discutido.

En el caso de la priorización de requisitos, las aproximaciones más usadas son la comparación por pares, donde se comparan los requisitos por pares, las técnicas de procesamiento de datos, como puede ser machine-learning, técnicas específicas de lógica fuzzy y por último técnicas basadas en obtener las preferencias de los stakeholders y tratar de llegar a un consenso con ellas.

En el caso de las técnicas de análisis de modelos de objetivos, la aproximación más empleada es la propagación sistemática en la cual el modelo de objetivos es analizado en base a las relaciones del propio modelo. Adicionalmente, también se han comentado las aproximaciones basadas en lógica fuzzy y en toma de decisiones multicriterio (MCDM) debido a que están directamente relacionadas con la propuesta que se realiza en esta tesis. También se ha añadido las técnicas de procesamiento de datos porque hoy en día están en auge y para poder compararlas con las de priorización de requisitos.

En el caso de las técnicas de análisis de valor se ha comentado que dada la definición del valor sería posible catalogar algunas de las técnicas de priorización de requisitos y/o de análisis de modelos de objetivos como técnicas de valor. Además, también se han presentado las técnicas más relevantes en el tema que están centradas en el intercambio de valor a nivel del negocio y sus procesos.

La comparación de las propuestas de priorización de requisitos y análisis de modelos de objetivos es interesante ya que en la primera muchas propuestas hacen uso de MCDM (técnicas ampliamente utilizadas en la industria y validadas) y están comenzando a estudiar en mayor profundidad la incertidumbre mediante el uso de lógica fuzzy, pero en la segunda se centran principalmente en las relaciones del modelo de objetivos mediante propagación donde hay muy pocas propuestas que hacen uso de MCDM o lógica fuzzy. Además, también es interesante que en la priorización de requisitos es bastante habitual realizar experimentos para validar las propuestas pero en el caso de las técnicas de análisis de modelos de objetivos la validación es prácticamente nula.

No obstante, a pesar de las diferencias entre los tres ámbitos, hay bastante similitud llegando incluso a haber propuestas similares entre ellos, como es el caso del uso de AHP para priorizar requisitos y para analizar modelos de objetivos. Además, las limitaciones y problemas identificados entre la priorización de requisitos y el análisis de modelos de objetivos son similares, donde destaca problemas de escalabilidad, considerar los conflictos y/o dependencias o tener en cuenta la incertidumbre a la hora de priorizar.



## Capítulo 4

# Técnica de análisis de modelos de objetivos basado en valor

En este capítulo se introduce VeGAN (Value-based Goal-oriented Analysis) la técnica de análisis de modelos de objetivos basado en valor que se propone en esta tesis doctoral. La técnica hace junta las aproximaciones de propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio con tal de calcular el valor que cada elemento intencional aporta. Además, la técnica tiene una aproximación basada en lógica fuzzy en vez de cuantitativa o cualitativa debido a las desventajas que estas acarrearán.

Para el cálculo del valor que aportan los elementos intencionales la técnica tiene en cuenta los siguientes factores: i) La importancia relativa del elemento intencional; ii) La confianza del stakeholder sobre la importancia asignada; iii) La/s relación/es entre elementos intencionales; iv) La importancia relativa y confianza del actor (cómo de importante es el stakeholder).

VeGAN puede ser aplicado a modelos de objetivos basados en iStar y sus variantes, en esta tesis doctoral usamos la notación GRL para ilustrar su uso. La técnica consta de tres actividades como se muestra en la Figura 4.1: *Priorización*, *Propagación* y *Evaluación*.

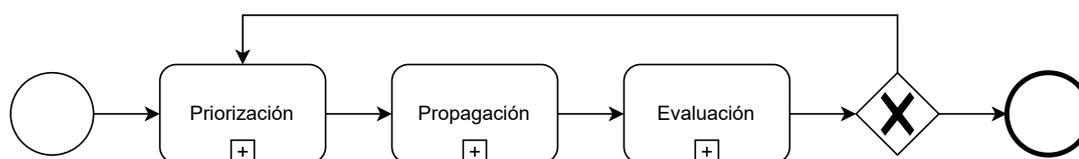


Figura 4.1: Actividades de VeGAN.

Las primeras tres secciones de este capítulo corresponden con las tres actividades de la técnica, de forma que las secciones 4.1, 4.2 y 4.3 corresponden con las actividades de *Priorización*, *Propagación* y *Evaluación* de VeGAN.

Las dos secciones siguientes muestran las restricciones de la técnica a la hora de ser utilizada (sección 4.4) y se discute la diferencia con otras técnicas propuestas (sección 4.5).

Por último, la sección 4.6 realiza un resumen sobre este capítulo.

## 4.1. Priorización

La *Priorización* es la primera actividad de VeGAN y determina en nivel de importancia y confianza de cada elemento intencional y actor. Esta actividad tiene como entrada un modelo de objetivos acíclico, es decir, que un elemento intencional no es capaz de impac-tarse a sí mediante las relaciones del modelo. En esta actividad el analista debe priorizar a los actores (stakeholders) y los stakeholders deben priorizar los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo de objetivos. A la hora de priorizar se debe asignar un nivel de importancia y un nivel de confianza.

El nivel de importancia indica cómo de importante es un actor o elemento intencional mediante el uso de una escala cualitativa con cinco niveles de importancia: *Muy alto*, *Alto*, *Medio*, *Bajo*, *Muy bajo*. El nivel de confianza indica cómo de seguro está el analista o stakeholder con la importancia que ha asignado, los posibles valores son: *Posiblemente más*, *Seguro*, *Posiblemente menos*.

Cuando los stakeholders asignan un nivel de importancia a los elementos intencionales deben considerar el contexto (las relaciones) del elemento intencional que priorizan. En el caso de que elemento intencional a priorizar esté descomponiendo otro elemento el nivel de importancia debe ser asignado teniendo en cuenta el elemento que está descomponiendo, representando cómo de importante es ese elemento para el elemento que descompone. Si el elemento intencional no está descomponiendo a otro elemento, el nivel de importancia representa cómo de importante es el elemento para el stakeholder al que pertenece.

En el caso de que a la hora de realizar la priorización de los distintos elementos inten-cionales del modelo se desee incluir las preferencias de un stakeholder no representado en el modelo de objetivos el modelo deberá ser modificado añadiendo el stakeholder externo como un actor.

Con el fin de aumentar la comprensión de la técnica, en este capítulo se va a presentar junto con un ejemplo de aplicación sobre el modelo de objetivos de Kindle mostrado en la Figura 4.2. Este modelo de objetivos está basado en Amazon Kindle Unlimited, que es una suscripción a una biblioteca online.

El modelo de objetivos de Kindle tiene dos actores (stakeholders) *Lector* y *Escritor*. El actor lector tiene como objetivo Leer libros (G1). Para poder leer libros el lector debe o bien Comprar un libro en papel (T1) o Suscribirse a Amazon Kindle Unlimited (T2). Además, el lector está interesado en leer libros a Bajo coste (S1). Por parte del actor escritor éste desea Publicar libro (G1). A la hora de publicar un libro el escritor puede decidir entre publicar un libro en papel (T1) o publicar un libro en Amazon (T2). Cuando el escritor publica un libro está interesado en Beneficios (S1) y en incrementar lectores (S2).

Las Tablas 4.1 y 4.2 muestran un ejemplo de la primera actividad de VeGAN, priori-zación, donde a cada uno de los elementos intencionales y actores se le ha asignado un nivel de importancia y un nivel de confianza. El nombre de cada elemento intencional de la tabla está compuesto por la inicial del actor, seguido por un “.” y luego el identificador del elemento intencional (por ejemplo, **L.G1** corresponde con el el actor **Lector** y el elemento intencional “**G1**: Leer libros”).

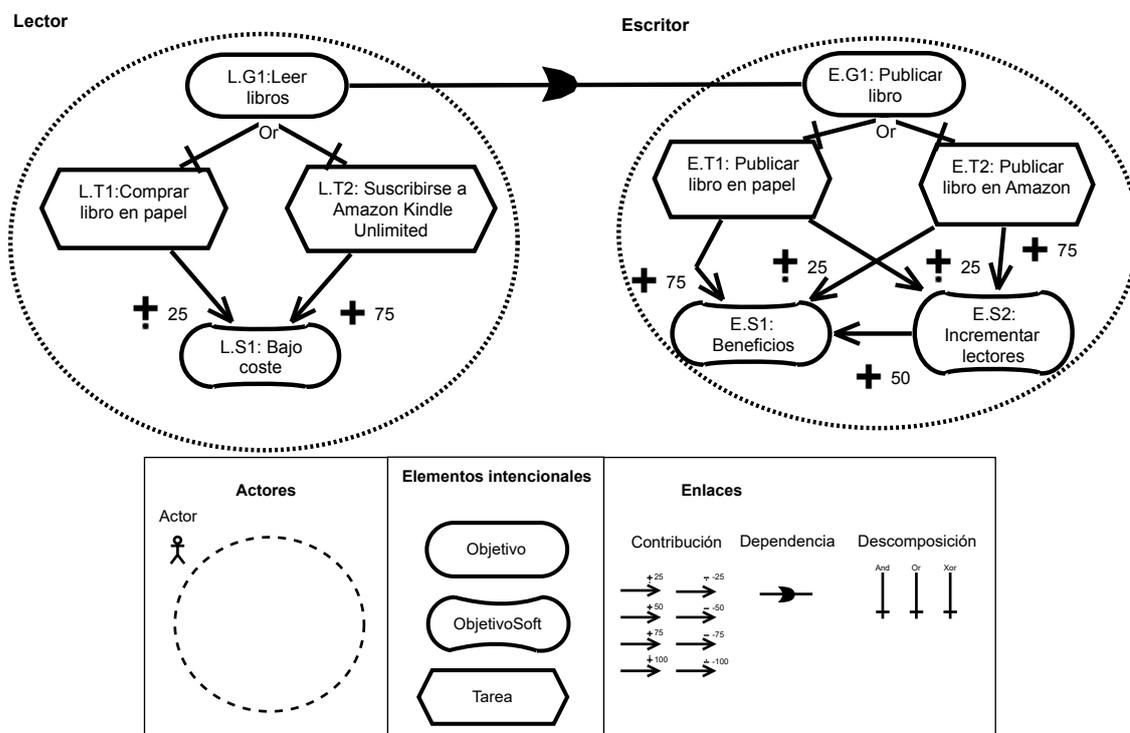


Figura 4.2: Modelo de objetivos de Kindle.

Tabla 4.1: Priorización de los elementos intencionales del modelo Kindle.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza
L.G1	Muy alto	Seguro
L.T1	Medio	Seguro
L.T2	Bajo	Posiblemente más
L.S1	Alto	Posiblemente menos
E.G1	Muy alto	Seguro
E.T1	Medio	Posiblemente menos
E.T2	Medio	Posiblemente más
E.S1	Bajo	Posiblemente más
E.S2	Muy alto	Posiblemente menos

Tabla 4.2: Priorización de los actores del modelo Kindle.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza
Lector	Muy alto	Seguro
Escritor	Alto	Posiblemente más

## 4.2. Propagación

La *Propagación* es la segunda actividad de VeGAN y calcula el valor que aporta cada elemento intencional mediante la propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio fuzzy (*Fuzzy Multiple-Criteria Decision-Making* - FMCDM). Esta actividad tiene como entrada un modelo de objetivos priorizado, es decir, un modelo donde los actores y los elementos intencionales tienen un nivel de importancia y de confianza.

FTOPSIS (*Fuzzy Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution*) [42] es la piedra angular de la actividad de *Propagación* ya que es la técnica FMCDM encargada de calcular el valor. FTOPSIS tiene como entrada i) las alternativas a comparar; ii) los criterios con respecto a qué comparar las alternativas y iii) las relaciones entre alternativas y criterios.

Las distintas entradas de FTOPSIS corresponden con los siguientes componentes del modelo de objetivos:

- **Alternativas:** Corresponden con los elementos intencionales, ya que lo que se desea hacer con esta técnica es calcular el valor que aporta cada uno de los elementos intencionales del modelo de objetivos.
- **Criterios:** Corresponden con los actores (stakeholders) y los elementos intencionales, cuya importancia depende del nivel de importancia y confianza asignados durante la actividad de priorización.
- **Relaciones entre alternativas y criterios:** Corresponde con las relaciones entre elementos intencionales existentes en el modelo de objetivos, así como también con el actor al que pertenece cada elemento intencional.

La Figura 4.3 muestra las distintas tareas realizadas durante la propagación. Mientras que la tarea *Cálculo del valor* es la encargada de calcular el valor resultante de la propagación mediante el uso de la técnica de FTOPSIS, el resto de tareas se encargan de refinar las distintas entradas. Las tareas situadas en la parte superior de la figura, es decir, *Fuzzificación de actores y elementos intencionales*, y *Polarización*, se encargan de refinar los criterios. Las tareas situadas en la parte inferior de la figura, es decir, *Propagación de enlaces*, y *Fuzzificación de la propagación*, se encargan de refinar las relaciones entre los elementos intencionales. La tarea de *Cálculo de valor* toma como entrada los criterios refinados por las tareas de la parte superior y las relaciones refinadas por las tareas de la parte inferior y aplica la técnica de FTOPSIS para calcular el valor.

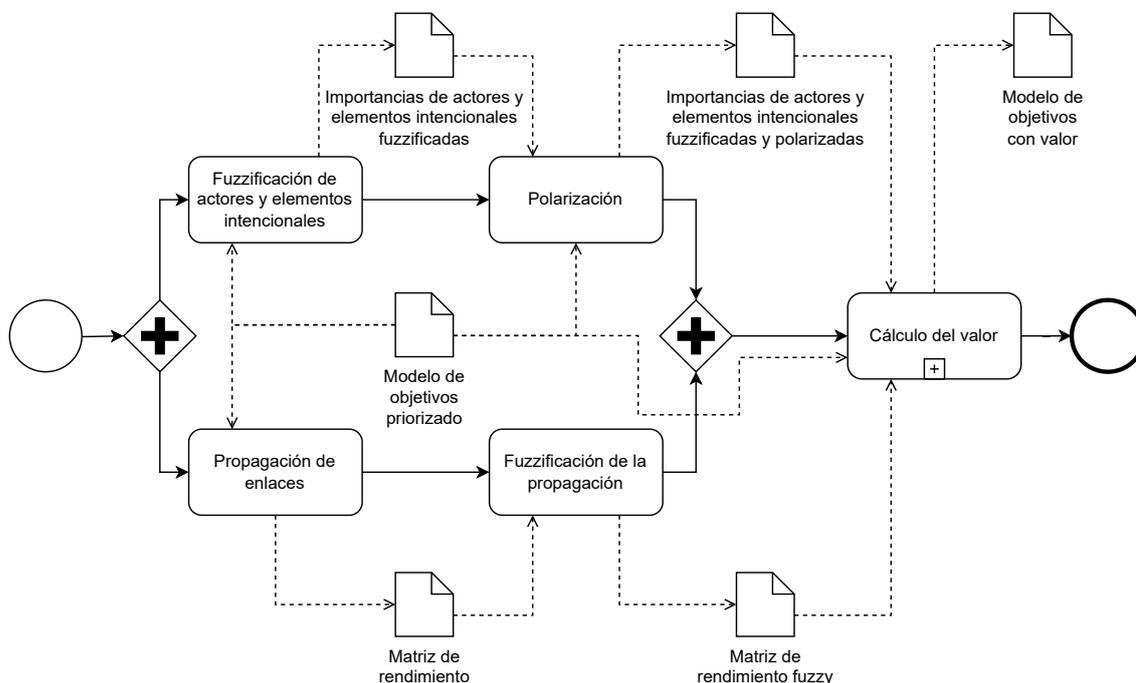


Figura 4.3: Tareas de la propagación.

#### 4.2.1. Fuzzificación de actores y elementos intencionales

La tarea de *Fuzzificación de actores y elementos intencionales* tiene como entrada un modelo de objetivos priorizado donde cada uno de los elementos intencionales y actores tienen asignados un nivel de importancia y de confianza. El objetivo de esta tarea es el de fuzzificar la importancia asignada.

La fuzzificación de una importancia de una escala cualitativa ha sido explicada previamente en la [sección 2.4.2](#), para lo cual hay que realizar un mapeo entre la importancia asignada y el número fuzzy siguiendo la [Tabla 2.4](#). Por ejemplo, si a un elemento intencional se le hubiera asignado el nivel de importancia *Muy alto* su número fuzzy correspondiente sería (8, 10, 11).

La fuzzificación de la importancia asignada a elementos intencionales y actores permite transformar la importancia de la escala cualitativa en la cual se había asignado la importancia a números fuzzys con los que trabaja la técnica de FTOPSIS. Además, la fuzzificación permite aumentar en cierta medida la precisión de la importancia asignada ya que cada número fuzzy representa un rango de posibles valores, pero con cierto nivel de incertidumbre porque se desconoce el valor exacto. La salida de esta tarea es un modelo de objetivos donde se ha fuzzificado el nivel de importancia de los elementos intencionales y de los actores.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la [Figura 4.2](#), se ha realizado la tarea Fuzzificación de actores y elementos intencionales, donde el nivel de importancia asignado

previamente en las Tablas 4.1 y 4.2 ha sido fuzzificado (transformado a número fuzzy) en las Tablas 4.3 y 4.4. Cabe destacar que para realizar la fuzzificación únicamente se tiene en cuenta el nivel de importancia, no el nivel de confianza, puesto que éste se considera en otra tarea de la técnica.

Tabla 4.3: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del modelo Kindle.

Elemento Intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
L.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
L.T1	Medio	Seguro	(4, 6, 8)
L.T2	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)
L.S1	Alto	Posiblemente menos	(6, 8, 10)
E.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
E.T1	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)
E.T2	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)
E.S1	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)
E.S2	Muy alto	Posiblemente menos	(8, 10, 11)

Tabla 4.4: Fuzzificación del nivel de importancia de los actores del modelo Kindle.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
Lector	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
Escritor	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)

#### 4.2.2. Polarización

La tarea de *Polarización* tiene como entrada un modelo de objetivos con importancia fuzzificada y nivel de confianza. El objetivo de esta tarea es reducir el grado de incertidumbre del número fuzzy (reducir el rango de posibles valores) polarizando la importancia mediante el nivel de confianza asignado durante la actividad de *priorización*. En la priorización se asigna tanto el nivel de importancia (cómo de importante es) como el nivel de confianza (cómo de seguro se está sobre el nivel de importancia asignado). La salida de esta tarea es un modelo de objetivos con una importancia fuzzificada y polarizada (se ha reducido la incertidumbre, el rango de posibles valores de la importancia asignada).

La Puntuación Lógica de Preferencias (*Logic Score Preferences* - LSP) [131, 132] es un método de evaluación basada en la agregación lógica de preferencias. En la técnica que proponemos agregamos los distintos elementos del número fuzzy utilizando el nivel de confianza asignado para seleccionar la función de agregación a utilizar. Debido a que LSP es una técnica de agregación, si se aplicara directamente sobre un número fuzzy se obtendría un único número como resultado y no otro número fuzzy. Con tal de reducir el rango del número fuzzy (reducir la incertidumbre) sin volver a trabajar con números exactos

debemos utilizar LSP una vez para elemento del número fuzzy con distintas funciones de agregación (sino todos los elementos del número fuzzy serían iguales). La Figura 4.4 muestra el modelo LSP utilizado para reducir cada elemento de un número fuzzy.

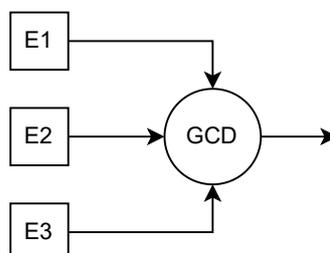


Figura 4.4: Modelo LSP.

Existen 17 funciones Generalizadas de Conjunción / Disyunción (GCD) que representan los distintos niveles de polarización utilizados en LSP (ver Tabla 4.5). Cuando el grado de conjunción es 1 representa una conjunción total, mientras que un grado de disyunción de 1 representa un grado de disyunción total.

Tabla 4.5: Funciones GCD.

Operador	GCD	Símbolo	Disyunción	Conjunción	r (3)
<b>Disyunción total (O)</b>	La más fuerte	D	1.0000	0	$+\infty$
<b>Disyunción parcial</b>	Muy fuerte	D++	0.9375	0.0625	24.30
	Fuerte	D+	0.8750	0.1250	11.095
	Medio Fuerte	D+-	0.8125	0.1875	6.675
	Medio	DA	0.7500	0.2500	4.450
	Medio débil	D-+	0.6875	0.3125	3.101
	Débil	D-	0.6250	0.3750	2.187
	Muy débil	D-	0.5625	0.4375	1.519
<b>Neutral</b>	Media	A	0.5000	0.5000	1.000
<b>Conjunción parcial</b>	Muy débil	C-	0.4375	0.5625	0.573
	Débil	C-	0.3750	0.6250	0.573
	Medio débil	C-+	0.3125	0.6875	-0.208
	Medio	CA	0.2500	0.7500	-0.732
	Medio Fuerte	C+-	0.1875	0.8125	-1.550
	Fuerte	C+	0.1250	0.8750	-3.114
	Muy fuerte	C++	0.0625	0.9375	-7.639
<b>Conjunción total (Y)</b>	La más fuerte	C	0	1.0000	$-\infty$

La función GCD se implementa mediante la media de potencia ponderada [133] mostrada en la Ecuación 4.1, donde  $W_x$  es el peso que tiene cada elemento, donde consideramos que todos los elementos tienen el mismo peso, es decir,  $1/3$ ;  $E_x$  corresponde con el elemento del número fuzzy ( $E_1, E_2, E_3$ ) que será agregado;  $r$  corresponde con el exponente utilizado para calcular el nuevo número fuzzy y que depende de la función GCD utilizada. La Tabla 4.5 muestra el exponente ( $r$ ) que debe utilizarse dependiendo de la función GCD, donde la columna de Símbolo representa el símbolo de la función GCD.

$$LSP = (W_1 * E_1^r + W_2 * E_2^r + W_3 * E_3^r)^{\frac{1}{r}} \quad (4.1)$$

La Tabla 4.6 muestra la función GCD que se emplea para reducir el grado de incertidumbre del número fuzzy (para reducir el rango) atendiendo al nivel de confianza que se ha asignado. La función GCD han sido seleccionadas de forma que cuando el nivel de confianza asignado indique que la importancia podría ser menos habrá un mayor nivel de conjunción, cuando indique que podría ser más habrá un mayor nivel de disyunción y cuando indique que está seguro habrá tanto conjunción como disyunción. La Tabla 4.7 muestra los números fuzzys polarizados que se calculan cuando se utiliza LSP para cada nivel de confianza.

Tabla 4.6: Función GCD utilizada para polarizar cada elemento del nivel de importancia de acuerdo al nivel de confianza.

Nivel de confianza	E1	E2	E3
Posiblemente más	A	D+	D
Seguro	CA	A	DA
Posiblemente menos	C	C+	A

Tabla 4.7: Nivel de importancia fuzzificado tras la polarización.

Nivel de importancia	Número fuzzy	Número fuzzy con Posiblemente menos	Número fuzzy con Seguro	Número fuzzy con Posiblemente más
Muy alto	(8, 10, 11)	(8, 9.31, 9.67)	(9.52, 9.67, 9.92)	(9.67, 10.25, 11)
Alto	(6, 8, 10)	(6, 7.32, 8)	(7.7, 8, 8.52)	(8, 9.13, 10)
Medio	(4, 6, 8)	(4, 5.11, 6)	(5.6, 6, 6.66)	(6, 7.27, 8)
Bajo	(2, 4, 6)	(2, 2.72, 4)	(3.37, 4, 4.86)	(4, 5.44, 6)
Muy bajo	(1, 2, 4)	(1, 1.37, 2.33)	(1.78, 2.33, 3.16)	(2.33, 3.62, 4)

Esta tarea reduce el nivel de incertidumbre (el rango de posibles valores) del número fuzzy utilizando el nivel de confianza asignado para polarizar y por tanto incrementando la precisión. La Figura 4.5 muestra el número fuzzy correspondiente al nivel de importancia medio en línea continua y en línea discontinua el número fuzzy polarizado.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la Figura 4.2, se ha realizado la tarea *Polarización*, donde el nivel de importancia fuzzificado previamente en las Tablas 4.3 y 4.4 ha sido polarizado en las Tablas 4.8 y 4.9.

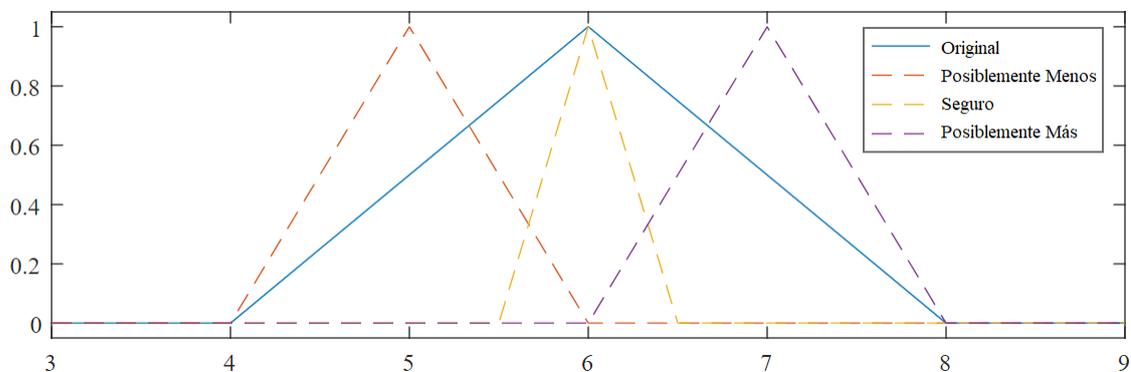


Figura 4.5: Nivel de importancia medio y polarización con los distintos niveles de confianza.

Tabla 4.8: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del modelo Kindle.

Elemento Intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
L.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
L.T1	Medio	Seguro	(4, 6, 8)	(5.6, 6, 6.66)
L.T2	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)	(4, 5.44, 6)
L.S1	Alto	Posiblemente menos	(6, 8, 10)	(6, 7.32, 8)
E.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
E.T1	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)	(4, 5.11, 6)
E.T2	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)	(6, 7.27, 8)
E.S1	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)	(4, 5.44, 6)
E.S2	Muy alto	Posiblemente menos	(8, 10, 11)	(8, 9.31, 9.67)

Tabla 4.9: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores del modelo Kindle.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
Lector	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
Escritor	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)	(8, 9.13, 10)

### 4.2.3. Propagación de enlaces

La tarea de *Propagación de enlaces* tiene como entrada un modelo de objetivos sin ciclos. El objetivo de esta tarea es calcular, mediante propagación, el impacto que cada elemento intencional tiene sobre el resto de los elementos del modelo de objetivos mediante las relaciones del mismo. La salida de esta tarea es una matriz de rendimiento (que será refinada y posteriormente utilizada por FTOPSIS) que provee información sobre cómo cada elemento intencional (alternativa) impacta sobre otro elemento intencional (criterio), por lo tanto la matriz resultante tiene un tamaño de EIXEI.

La matriz de rendimiento representa el impacto (relaciones positivas y negativas) entre las alternativas y los criterios. La matriz está compuesta por números positivos y negativos, así como del impacto MAX que representa que un elemento impacta el máximo posible a otro. Utilizamos MAX para tratar con dos casos especiales: i) Un elemento tiene un impacto MAX a sí mismo; ii) Relaciones de dependencia donde un elemento no podría lograrse sin el otro; iii) Relaciones de descomposición, donde un elemento se descompone en otros. Debido a que la matriz de rendimiento compara todos los elementos intencionales (alternativas) contra todos los elementos intencionales (criterios), todo elemento intencional tiene un impacto MAX a su criterio correspondiente. El impacto que cada elemento intencional tiene a otro se calcula dependiendo del tipo de enlace que relacione los elementos intencionales:

- **Relación de contribución:** Representa que un elemento intencional impacta a otro para ayudar a que se logre o para evitarlo. La cantidad que un elemento intencional impacta a otro depende del tipo de contribución, la cual puede ser positiva (25, 50, 75, 100) o negativa (-25, -50, -75, -100).
- **Relación de dependencia:** Representa que un elemento intencional depende de otro para poder lograrse. Cuando un elemento intencional (dependiente) depende de otro elemento (dependido), el impacto del elemento dependido será MAX, ya que sin este no es posible lograr el elemento dependiente.
- **Relación de descomposición:** Representa que un elemento intencional (padre) se descompone en otros elementos intencionales (hijos). Por lo que elemento padre tiene un impacto MAX sobre sus hijos, ya que lo componen. Existen tres tipos de descomposiciones, AND, OR y XOR. Cuando la descomposición sea de tipo AND, el elemento padre obtendrá el impacto que realiza todos sus hijos. En cambio, si la descomposición es de tipo OR o XOR, el padre solo obtendrá el impacto del elemento que aporte más valor. Con tal de calcular adecuadamente el impacto del elemento padre es necesario aplicar la técnica dos veces, la primera para calcular qué elemento hijo aporta más valor y la segunda con el valor del elemento padre cuando ha obtenido el impacto del hijo que aporta más valor. Este proceso es automático y no requiere de la intervención humana.

Además, a la hora de calcular el impacto que un elemento intencional tiene sobre otro, también tenemos en cuenta la propiedad transitiva de los enlaces, es decir, si un elemento

intencional A impacta a un elemento intencional B y este a C, el elemento intencional A impacta (indirectamente) a C. Para incluir la propiedad transitiva nos hemos basado en MAGERIT [134], donde el impacto que un elemento A tiene sobre C (siguiendo el ejemplo anterior) depende del impacto que A tiene sobre B y B tiene sobre C. El impacto que tiene se calcula como la multiplicación del impacto dividido entre 100 (que es el máximo posible impacto). Por ejemplo, Si A impactara en 75 a B y B impactara en 50 a C, entonces A impactaría  $(75 \cdot 50 / 100)$  a C. Además, debido a la propiedad transitiva, es importante tener en cuenta el orden de propagación de forma que A no podría propagar a B hasta que B haya propagado para asegurarse que A obtenga la propagación indirecta a C.

Esta tarea enriquece el cálculo del valor ya que refina la matriz de rendimiento de forma que FTOPSIS no solo tiene en cuenta las relaciones directas entre los elementos intencionales sino también las indirectas.

Hay dos motivos por la cual la técnica considera no solo las relaciones directas sino también las indirectas (a través de la propiedad transitiva) de los elementos intencionales.

Por un lado, las relaciones indirectas ayudan a reducir la cantidad de relaciones mostradas en el modelo, de forma que no es necesario modelar todas las relaciones entre todos los elementos intencionales, sino solo aquellas que son más directas y las indirectas son calculadas automáticamente. La reducción de las relaciones mostradas en el modelo ayuda a reducir la complejidad del modelo de objetivos (ya que hay menos relaciones) aumentando así la comprensibilidad del mismo (al ser menos complejo).

Por otro lado, debido a que las relaciones de descomposición permiten tener elementos intencionales a distintos niveles de abstracción, el hecho de que se impacte directamente sobre un elemento de la descomposición debido a que realmente es el mismo elemento intencional, pero a distintos niveles de abstracción es como si realmente se impactara a todos los niveles.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la Figura 4.2, se ha realizado la tarea *Propagación de enlaces*. La Tabla 4.10 muestra la matriz de rendimiento del modelo de objetivos de Kindle

Tabla 4.10: Propagación de enlaces del modelo Kindle.

<b>Criterio Alternativa</b>	<b>L.G1</b>	<b>L.T1</b>	<b>L.T2</b>	<b>L.S1</b>	<b>E.G1</b>	<b>E.T1</b>	<b>E.T2</b>	<b>E.S1</b>	<b>E.S2</b>
<b>L.G1</b>	MAX	MAX	MAX	*	0	0	0	0	0
<b>L.T1</b>	0	MAX	0	25	0	0	0	0	0
<b>L.T2</b>	0	0	MAX	75	0	0	0	0	0
<b>L.S1</b>	0	0	0	MAX	0	0	0	0	0
<b>E.G1</b>	MAX	0	0	*	MAX	MAX	MAX	*	*
<b>E.T1</b>	0	0	0	0	0	MAX	0	87.5	25
<b>E.T2</b>	0	0	0	0	0	0	MAX	62.5	75
<b>E.S1</b>	0	0	0	0	0	0	0	MAX	50
<b>E.S2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	MAX

#### 4.2.4. Fuzzificación de la propagación

La tarea de la *Fuzzificación de la propagación* tiene como entrada la matriz de rendimiento generada en la tarea de *Propagación de enlaces*. El objetivo de esta tarea es el de fuzzificar la matriz de rendimiento calculada en la tarea anterior generando la matriz de rendimiento fuzzy debido a que FTOPSIS trabaja con números fuzzys. Como el impacto puede ser tanto positivo, como negativo (cosa que no sucede con el nivel de importancia), los posibles niveles de impacto son mostrados en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11: Fuzzificación del impacto de los elementos intencionales.

Nivel de impacto	Número fuzzy
MAX	(10, 11, 11)
+ Muy alto	(8, 10, 11)
+ Alto	(6, 8, 10)
+ Medio	(4, 6, 8)
+ Bajo	(2, 4, 6)
+ Muy bajo	(1, 2, 4)
Ninguno	(0, 0, 0)
- Muy bajo	(-4, -2, -1)
- Bajo	(-6, -4, -2)
- Medio	(-8, -6, -4)
- Alto	(-10, -8, -6)
- Muy alto	(-11, -10, -8)
MIN	(-11, -11, -10)

La forma de fuzzificar un valor de una escala cuantitativa ya ha sido explicada anteriormente en la sección 2.4.2. En resumen, se normaliza la escala cuantitativa, en este caso dividimos entre 10 y sumamos 1. A continuación se aplica la Ecuación 2.1 para cada conjunto fuzzy para identificar aquel que tenga mayor grado de pertenencia.

Por ejemplo, para fuzzificar el impacto de 25 que corresponde con la contribución de L.T1 a L.S1 del ejemplo de Kindle de la Figura 4.2 primeramente se normalizaría,  $25/10 + 1 = 3.5$ . A continuación se calcularía el grado de pertenencia para cada conjunto fuzzy, 0 % para Muy alto, Alto y Medio,  $(3.5 - 2)/(4 - 2) = 75\%$  para Bajo y  $(4 - 3.5)/(4 - 2) = 25\%$  para Muy bajo, por lo tanto, el impacto de 25 corresponde con el nivel Bajo ya que es el nivel con mayor grado de pertenencia.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la Figura 4.2, se ha realizado la tarea de difuminación de la propagación, donde la matriz de rendimiento de Kindle de la Tabla 4.10 ha sido fuzzificado, la Tabla 4.12 muestra un extracto de la matriz de rendimiento fuzzy correspondiendo con las relaciones del actor Lector.

##### 4.2.4.1. Saturación

La técnica utilizada para calcular el valor, FTOPSIS, normaliza el impacto que los elementos tienen entre sí, la mayoría de los impactos van en el rango de -100 a 100 (ya que 100 es el máximo que se puede asignar a una contribución) pero debido a la transitividad es posible que cierto elemento intencional tenga un impacto que excede el rango. Cuando

Tabla 4.12: Extracto de la fuzzificación de la propagación de enlaces del modelo Kindle.

<b>Criterio</b> <b>Alternativa</b>	<b>L.G1</b>	<b>L.T1</b>	<b>L.T2</b>	<b>L.S1</b>	...
<b>L.G1</b>	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*	...
<b>L.T1</b>	0	(10, 11, 11)	0	(2, 4, 6)	...
<b>L.T2</b>	0	0	(10, 11, 11)	(6, 8, 10)	...
<b>L.S1</b>	0	0	0	(10, 11, 11)	...
...	...	...	...	...	...

esto sucede el resto de impactos son afectados debido a la normalización del paso 3 de FTOPSIS haciendo que sus impactos sean muy parecidos (no es lo mismo comparar 25 y 50 sobre 100 que sobre 1000). Según el modelo QUPER [135] existe un umbral (umbral de saturación) a partir del cual impactar más sobre un criterio no tiene repercusión y solo es impacto que excede. Se ha definido un umbral de saturación de 100 para la técnica VeGAN debido a que 100 es el máximo que se puede asignar a una contribución.

En vez de descartar todo el impacto que excede el umbral de satisfacción, en VeGAN se normaliza al mayor impacto al igual que se hace en el paso tres de FTOPSIS sobre 1. Esto permite comparar los impactos que exceden el umbral pero sin afectar al resto de impactos. Los niveles de impacto MAX y MIN de la Tabla 4.11 son empleados para lidiar con la saturación, donde se utiliza el segundo elemento en un rango de [10, 11] / [-10, -11] para el exceso del impacto.

La Ecuación 4.2 es utilizada para saturar, donde el máximo impacto a un criterio correspondería con MAX o MIN (dependiendo si es positivo o negativo) y el resto de los impactos que exceden se calculan normalizando en base a este impacto máximo. De esta forma, es posible comparar entre sí aquellos casos donde se excede el impacto máximo, pero el impacto excedente no repercute de forma significativa sobre el resultado final, Por ejemplo, si quisiéramos fuzzificar un impacto de 112.5 y 237.5 para un mismo criterio (elemento intencional), el impacto de 237.5 correspondería con MAX (10, 11,11), y el impacto de 112.5 se calcularía normalizando sobre 237.5 (10, 10 + (112,5-100) / (237,5-100), 11) dando (10, 10.1, 11).

$$x(t) = \begin{cases} (10, 11, 11) & \text{if } t = \max(\text{imp}) \\ \left(10, 10 + \frac{t-100}{\max(\text{imp})-100}, 11\right) & \text{if } 100 < t < \max(\text{imp}) \end{cases} \quad (4.2)$$

Hay dos razones por la cual se satura a la hora de fuzzificar. Por un lado, para se evita que el valor final calculado se vea afectado en gran medida porque un elemento intencional impacte mucho a otro. Por otro lado, el uso de MAX y MIN tiene la suficiente libertad para diferenciar entre varios elementos intencionales que exceden el impacto esperado, pero sin afectar al resto de los elementos. Si en vez de saturar el impacto, hiciéramos que todos los elementos que exceden el impacto esperado tuvieran el mismo nivel de impacto (limitar) no sería posible compararlos entre sí.

La Tabla 4.13 muestra un ejemplo del uso de la saturación para la selección de un coche entre tres alternativas. Para la selección de un coche se han tenido en cuenta dos criterios:

velocidad máxima en Km/h y capacidad del depósito en litros (l). La forma de determinar cual es el mejor coche es mediante la suma de ambos criterios, que corresponde con la tercera columna. Sin embargo, la velocidad máxima permitida por la ley en España es de 120 Km/h la cual es excedida por los vehículos, por lo tanto, para este ejemplo a la hora de comparar los coches podría no ser necesario tener en cuenta la velocidad pasada cierto umbral. Para este ejemplo se ha definido que la velocidad máxima que debería considerarse es de 140 Km/h a partir de los cuales se debe saturar. Mientras que la tercera columna de la tabla muestra la suma sin saturar, la cuarta columna muestra la suma saturada sobre 140 Km/h, donde el último elemento de la suma corresponde con la saturación donde se ha utilizado la Ecuación 4.2.

Tabla 4.13: Selección de un coche en base a su velocidad máxima y capacidad del depósito.

	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Capacidad del depósito</b>	<b>Suma</b>	<b>Suma saturada</b>
Coche 1	240	45	$240 + 45 = \mathbf{285}$	$140 + 45 + 1 = \mathbf{186}$
Coche 2	220	45	$220 + 45 = \mathbf{265}$	$140 + 50 + 0,8 = \mathbf{185.6}$
Coche 3	200	50	$200 + 45 = \mathbf{250}$	$140 + 50 + 0,6 = \mathbf{190.6}$
Coche 4	130	65	$130 + 65 = \mathbf{195}$	$130 + 65 + 0 = \mathbf{195}$

Saturación de la velocidad máxima sobre 140 Km/h

El resultado de la selección de la Tabla 4.13 mediante el uso de la saturación es interesante debido a que permite controlar que el exceso de impacto a un criterio no afecte el resultado (como ocurre con la columna de suma). El ejemplo mostrado en la tabla muestra múltiples casos donde la saturación es interesante:

- **Coche 1 vs Coche 2:** En este caso donde ambos coches tienen la misma capacidad de depósito el mejor coche se selecciona en base a la velocidad máxima. Si se limitara el impacto máximo por criterio ambos coches serían considerados iguales, sin embargo, la saturación permite discernirlos sin afectar al resultado final.
- **Coche 3 vs Coche 1 y 2:** En este caso el Coche 3 tiene mayor capacidad de depósito que el Coche 1 y 2 pero menor velocidad máxima. Este resultado solo se obtiene si se limita o se satura el criterio de velocidad máximo, pero como se ha comentado en el caso anterior, si se limita en vez de saturar no sería posible diferenciar entre el Coche 1 y el Coche 2.
- **Coche 4 vs Coche 1, 2 y 3:** En este caso el Coche 4 aparece como la mejor opción debido a su gran capacidad de depósito en comparación con el resto de coches. Con respecto a su velocidad máxima (130 Km/h) no llega al umbral (140 Km/h) a partir del cual es necesario saturar por lo que para este caso no se satura. Al igual que como sucede con el caso anterior la saturación permite discernir entre los Coches 1 y 2, lo cual no permitiría hacer la limitación.

#### 4.2.5. Cálculo del valor

La tarea *Cálculo del valor* utiliza la técnica de FTOPSIS (*Fuzzy Technique for the Order of Prioritisation by Similarity to Ideal Solution*) y tiene como entrada la matriz de rendimiento fuzzy (relaciones entre elementos intencionales fuzzificadas) de la tarea de *Fuzzificación de la propagación* y el modelo de objetivos con una importancia fuzzificada y polarizada (importancias de actores y elementos intencionales fuzzificadas y polarizadas) de la tarea de *Polarización*. El objetivo de esta tarea es el de calcular el valor que provee cada elemento intencional del modelo teniendo en cuenta las relaciones directas e indirectas (gracias a la *Propagación de enlaces*) junto con la importancia que tiene cada uno de ellos. La salida de esta tarea es un modelo de objetivos con valor, donde cada elemento intencional tiene el valor que aporta.

FTOPSIS determina el orden de todas las alternativas (elementos intencionales) calculando la distancia euclídea a la mejor y peor solución ideal simultáneamente. Esta técnica tiene tres entradas:

- **Alternativas:** Son aquellos elementos que se comparan. En VeGAn corresponde con los elementos intencionales.
- **Criterios:** Son aquellos criterios empleados para comparar las alternativas, es decir, aquellos elementos en base a los cuales se comparan las alternativas. En VeGAn corresponde con los elementos intencionales y actores incluyendo sus importancias fuzzificadas y polarizadas.
- **Relaciones entre criterios y alternativas:** Es cuánto obtiene cada alternativa de cada criterio. En VeGAn corresponde con la matriz de rendimiento fuzzy calculada previamente que son las relaciones entre elemento intencionales del modelo de objetivos.

##### 4.2.5.1. Refinamiento de las entradas de FTOPSIS

Previa a la ejecución de FTOPSIS, necesitamos refinar las entradas por múltiples razones: i) Tenemos dos tipos distintos de criterios, actores y elementos intencionales; ii) Existe una jerarquía entre los criterios de los elementos intencionales basada en las relaciones de descomposición del modelo de objetivo.

Para solventar el primer problema, hemos considerado que hay dos tipos distintos de criterios, por un lado, los actores y por otro lado los elementos intencionales. Esto modifica el paso de construcción de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada ponderada, donde se multiplica cada impacto de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada por su criterio, en nuestro caso, en vez de multiplicar únicamente por el peso (importancias fuzzificadas y polarizadas) del elemento intencional al que impacta, también multiplicamos por el peso del actor del elemento intencional al que impacta. Gracias a este cambio, podemos tener en cuenta tanto la importancia del elemento intencional al que se impacta en la matriz, como al actor al que pertenece este elemento impactado.

Con respecto al segundo problema, se hace uso de una variación de FTOPSIS denominada FHTOPSIS (*Fuzzy Hierarchical TOPSIS*) [136] en la cual los criterios pueden

descomponerse. Hemos utilizado la distribución ponderada de Fisher [137] para descomponer el peso (importancias fuzzificadas y polarizadas) de cada elemento padre entre sus elementos hijos de acuerdo a su importancia con respecto a su padre. La Ecuación 4.3 muestra la formula empleada donde  $C_{imp}$  es la importancia del elemento hijo que queremos calcular;  $PC_{imp}$  es la importancia del elemento del elemento padre que queremos descomponer y  $ED_{imp}$  es la suma de la importancia de todos los elementos hijos de la descomposición. Adicionalmente, la matriz de rendimiento fuzzy que muestra la interacción de criterios y alternativas también debe modificarse juntando aquellos elementos que se descomponen en a los elementos que lo componen.

$$C_{Imp} = \frac{C_{imp}}{ED_{imp}} * PC_{imp} \quad (4.3)$$

La razón por la que hemos decidido utilizar la distribución ponderada de Fisher para tratar con la jerarquía generada por las relaciones de descomposición del modelo de objetivos es porque distribuye el peso (importancia) del elemento padre entre cada uno de sus elementos hijos de acuerdo a cómo de importantes son para el elemento padre. La importancia que un hijo tiene para su padre es asignada durante la actividad de priorización, coincidiendo con la condición para priorizar los elementos intencionales cuando están en una relación de descomposición.

Debido a que hay un cambio sobre la estructura de los criterios por la jerarquización de los criterios, es necesario adaptar la matriz de rendimiento fuzzy a la nueva estructura. Con el fin de adaptar la matriz a la nueva estructura se debe transmitir el impacto realizado sobre el elemento padre a todos sus hijos (la suma de sus hijos es igual al padre, por eso es a todos) y eliminar la columna correspondiente al elemento padre (ya que ahora es la unión de sus hijos). La matriz resultante de este proceso se denomina matriz de rendimiento fuzzy refinada.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la Figura 4.2, se han refinado las entradas a FTOPSIS resultando en la Tabla 4.14. Esta tabla está compuesta en la parte superior por los criterios correspondiendo a los actores de la Tabla 4.9 y a los elementos intencionales de la Tabla 4.8, y en la parte inferior se encuentra las relaciones entre elementos intencionales y criterios que corresponde con la matriz de rendimiento fuzzy refinada de la Tabla 4.12.

La jerarquía de los elementos intencionales de Kindle ha hecho que la Tabla 4.14 cambie su estructura con respecto a la matriz de rendimiento de la Tabla 4.12. Debido a que los criterios L.T1 y L.T2 descomponen al criterio L.G1, la columna correspondiente a L.G1 de la matriz de rendimiento ha sido eliminada ya que L.G1 se compone de L.T1 y L.T2. Esto también ha impactado en las importancias de los criterios L.T1 y L.T2 que han sido calculadas mediante la Ecuación 4.3, de forma que la suma de ambas sea igual a la importancia de L.G1.

Tabla 4.14: Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy refinada del modelo Kindle.

Criterio \ Alternativa	Lector (9.52, 9.67, 9.92)			...
	L.G1 (9.52, 9.67, 9.92)		L.S1 (6, 7.32, 8)	...
	L.T1 (5.55, 5.07, 5.22)	L.T2 (3.97, 4.6, 4.7)	-	...
	L.G1	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*
L.T1	(10, 11, 11)	0	(2, 4, 6)	...
L.T2	0	(10, 11, 11)	(6, 8, 10)	...
L.S1	0	0	(10, 11, 11)	...
...	...	...	...	...

#### 4.2.5.2. Procedimiento

Para el cálculo del valor se ha seguido el procedimiento de FTOPSIS introducido anteriormente en la [sección 2.5.2](#) con algunas variaciones indicadas a continuación. Los pasos para aplicar FTOPSIS son los siguientes:

El primer paso corresponde con la fuzzificación de los términos lingüísticos ha sido realizado en la [sección 4.2.1](#). Entre los pasos uno y dos de FTOPSIS hemos incluido la polarización ([sección 4.2.2](#)) donde hemos reducido la incertidumbre de los números fuzzy utilizando el nivel de confianza.

El segundo paso corresponde con la generación de la matriz de rendimiento ha sido realizado en la [sección 4.2.3](#) y en la [sección 4.2.4](#) se ha fuzzificado. La matriz de rendimiento fuzzy tiene en cuenta relaciones directas entre las alternativas (elementos intencionales) y los criterios (elementos intencionales) pero gracias a la propagación sistemática realizada, la matriz que utilizamos también tiene en cuenta las relaciones indirectas. Para evitar el problema de que haya impactos demasiado grandes (positiva y negativamente) hemos saturado el impacto a la hora de fuzzificar la matriz en la [sección 4.2.4.1](#). A continuación se ha refinado la matriz de rendimiento generando la matriz de rendimiento fuzzy refinada en la [sección 4.2.5.1](#).

El tercer paso corresponde con la normalización de la matriz de rendimiento fuzzy refinada. Para generar la matriz de rendimiento fuzzy normalizada se divide todos los números fuzzy de la matriz entre el mayor impacto de la columna (criterio) a la que pertenezca. En el caso de VeGAn, el mayor impacto para todos los criterios es MAX (10,11,11) que se emplea cuando un elemento intencional se relaciona consigo mismo (criterio). Debido a esto, la normalización ha consistido en dividir todos los números fuzzy entre 11.

El cuarto paso corresponde con la ponderación de la matriz de rendimiento fuzzy con tal de generar la matriz de rendimiento fuzzy ponderada. Como se ha comentado previamente en la sección previa, VeGAn considera dos tipos distintos de criterios (elementos intencionales y actores). La ponderación en VeGAn consiste en multiplicar el impacto por el peso (importancias fuzzificadas y polarizadas) del criterio (elemento intencional) al que se impacta y el peso del actor al que pertenece el elemento intencional sobre el que se

impacta.

El quinto paso corresponde con determinar la solución ideal positiva fuzzy (*Fuzzy Positive-Ideal Solution* - FPIS) y la solución ideal negativa fuzzy (*Fuzzy Negative-Ideal Solution* - FNIS) para cada criterio. El FPIS para cada criterio corresponde con el impacto consigo mismo debido a MAX (10,11,11) y el FNIS es 0 (0,0,0), esto ayuda en la trazabilidad y permite detectar impactos negativos.

El sexto paso corresponde en calcular la distancia euclídea de cada alternativa al FPIS y FNIS para cada criterio mediante el uso de la Ecuación 2.2. Debido a que el FPIS es 0, la distancia calculada para un criterio puede ser negativa y esto indica que el impacto es negativo (perjudicial) ya que pierde valor.

El séptimo paso corresponde en calcular el coeficiente de proximidad para cada alternativa mediante la Ecuación 2.3. VeGAN utiliza una variación donde en vez de calcular el coeficiente de proximidad para cada alternativa (teniendo en cuenta todos los criterios) calcula el coeficiente de proximidad individual de cada alternativa para cada criterio y luego se suma. Esta variación da el mismo resultado para el coeficiente de proximidad, pero los resultados individuales ayuda con la trazabilidad así como también ayuda a evitar problemas de precisión que ocurren cuando se trabaja con números con muchos decimales en ordenadores.

El octavo paso corresponde en ordenar de mejor a peor las distintas alternativas en base a su coeficiente de proximidad calculado.

VeGAN hace uso del coeficiente de proximidad calculado como valor resultante. El coeficiente de proximidad individual de cada alternativa para cada criterio calculado en el séptimo paso es empleado para calcular dos tipos de valores distintos.

Por un lado, se calcula el **Valor Global** que es el valor que un elemento intencional aporta a todos los actores. Este valor se calcula como la suma de todos los coeficientes de proximidad individuales.

Por otro lado, se calcula el **Valor Local** que es el valor que un elemento intencional aporta al actor al que pertenece. Este valor se calcula sumando únicamente el coeficiente de proximidad de los criterios (elementos intencionales) del actor al que pertenece.

#### 4.2.6. Valor

Cada uno de los distintos tipos de valor (local y global) calculados tienen finalidades y usos distintos:

El *Valor Local* ayuda a comprender cuánto valor aporta cada elemento intencional desde el punto de vista del actor (stakeholder) al que pertenece. Por lo tanto, este valor ayuda a comprender las motivaciones (objetivos) en las que más está interesado el actor. Este valor puede ser de utilidad durante las negociaciones de los requisitos ya que indica qué aporta más valor para cada stakeholder.

El *Valor Global* ayuda a comprender cuánto valor aporta cada elemento intencional desde el punto de vista de todos los stakeholders. Por lo tanto, este valor puede ser de utilidad para la toma de decisiones ya que tiene en cuenta el punto de vista de todos, esto puede ser desde qué posibles alternativas utilizar, hasta el orden en el cual implementar

las distintas tareas de forma que se provea el mayor valor posible.

Siguiendo con el ejemplo de Kindle de la Figura 4.2, se ha realizado la actividad *Propagación*, con los niveles de importancia y confianza asignados previamente en las Tabla 4.1 cuyo resultado se muestra en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15: Valor local y global calculado de los elementos intencionales del modelo Kindle.

Elemento Intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Valor global	Valor local
L.G1	Muy alto	Seguro	38.82	38.82
L.T1	Medio	Seguro	21.09	21.09
L.T2	Bajo	Posiblemente más	25.62	25.62
L.S1	Alto	Posiblemente menos	18.16	18.16
E.G1	Muy alto	Seguro	87.47	46.14
E.T1	Medio	Posiblemente menos	70.86	29.53
E.T2	Medio	Posiblemente más	77.88	36.55
E.S1	Bajo	Posiblemente más	29.77	29.77
E.S2	Muy alto	Posiblemente menos	12.76	12.76

La Figura 4.6 muestra el modelo de objetivo de Kindle con el valor calculado. En el modelo se muestra el nivel de importancia y nivel de confianza tras el nombre del elemento intencional entre paréntesis y a continuación el valor global y el valor local. Es decir, cada elemento intencional tiene:

ID + Nombre + (nivel de importancia, nivel de confianza) (valor global, valor local)

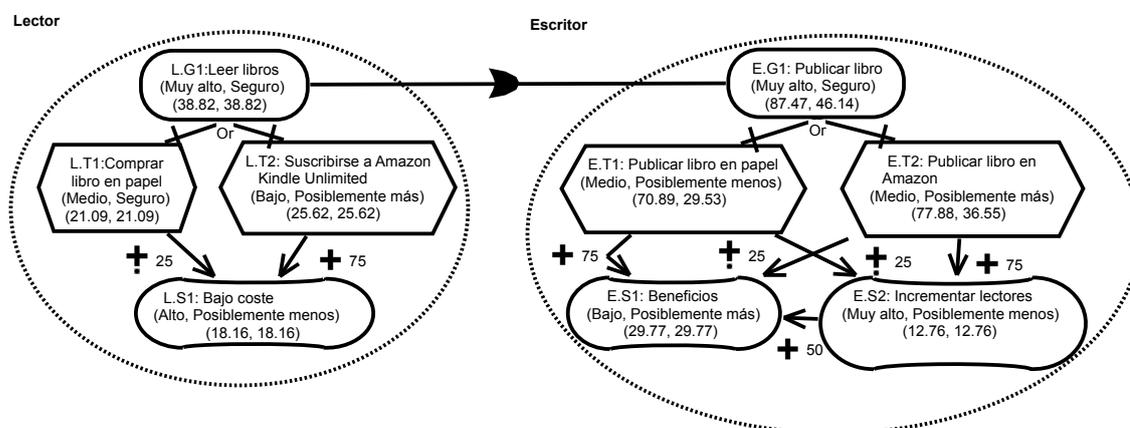


Figura 4.6: Modelo de objetivos de Kindle con el valor calculado.

#### 4.2.6.1. La trazabilidad del valor

La actividad de propagación no solo provee el valor (local y global) que aporta cada elemento intencional, sino también el cómo se ha calculado el valor, indicando cuánto valor aporta a cada elemento intencional de cada elemento intencional (a través de las relaciones).

La variación realizada sobre el procedimiento de FTOPSIS en el séptimo paso donde el coeficiente de proximidad individual de cada alternativa para cada criterio es calculado ayuda a saber el valor que aporta cada alternativa de cada criterio (elemento intencional). Este variación permite trazar de dónde proviene el valor que aporta cada alternativa (elemento intencional) lo cual puede usarse para distintos fines:

- Ayuda a comprender de dónde proviene el valor que aporta un elemento intencional, es decir, se sabe cuánto valor aporta cada elemento intencional de cada elemento intencional. Esto es muy útil ya que ayuda a comprender por qué un elemento intencional que a primera vista podría no aportar valor aporta.
- Ayuda a identificar a qué elementos intencionales (alternativas) un elemento intencional (criterio) está aportando valor, de forma que es posible saber tanto quienes aportan valor a un elemento intencional concreto como quienes reciben valor del mismo.

Tanto el *Valor Global* como el *Valor Local* y el valor que aporta cada elemento intencional del resto de elementos intencionales ayuda a los analistas a comprender qué aporta más valor para los distintos stakeholders y el porqué. Esto puede ayudar en gran medida para ayudar en la negociación de los requisitos ya que los analistas conocen cuánto valor aportan los objetivos de los stakeholders detrás de los mismos y pueden ayudar a alinear los objetivos del sistema con los de los stakeholders procurando que el software desarrollado provea el máximo valor posible para ellos.

La Tabla 4.16 muestra la trazabilidad del valor calculado en Kindle de la Tabla 4.15, donde se muestra de dónde proviene el valor que aporta cada elemento intencional. Las dos últimas columnas de la tabla, intra-valor e inter-valor proveen información sobre dónde proviene el valor local y global respectivamente. La columna intra-valor hace referencia al valor calculado del elemento intencional a partir de los elementos intencionales relacionados del mismo actor, en cambio, la columna inter-valor hace referencia al valor calculado del elemento intencional a partir de los elementos intencionales relacionados de otros actores.

Mediante el uso de las columnas de intra-valor e inter-valor es posible saber de dónde proviene el valor que aporta cada elemento intencional. Por ejemplo, el elemento intencional de *Publicar libro en papel* (E.T1) tiene un valor local de 29.53. este valor proviene del valor del propio elemento 9.59 (E.T1) más 9.55 de contribuir a *Aumentar lectores* (E.S2) y 10.39 más de contribuir a *Beneficios* (E.S1) dando el total de 29.53.

El valor global de ese mismo elemento E.T1 es de 70.86, el cual proviene del valor local del mismo (29.53) más el valor proveniente de elementos de otros actores, en este caso E.T1 aporta 24.4 de valor de la dependencia de *Leer libros* (L.G1) a *Publicar libro* (E.G1)

debido a que E.T1 descompone a E.G1 y 16.93 de la contribución indirecta realizada por L.G1 a *Bajo coste* (L.S1), la suma del intra-valor e inter-valor da el valor global de 70.86.

$$\text{Valor local (E.T1)} = 9.59 \text{ (E.T1)} + 9.55 \text{ (E.S2)} + 10.39 \text{ (E.S1)} = 29.53$$

$$\text{Valor global (E.T1)} = 29.53 \text{ (valor local)} + 24.4 \text{ (L.G1)} + 16.93 \text{ (L.S1)} = 70.86$$

Tabla 4.16: Trazabilidad del cálculo del valor de los elementos intencionales del modelo Kindle.

<b>Elemento Intencional</b>	<b>Nivel de importancia</b>	<b>Nivel de confianza</b>	<b>Valor global</b>	<b>Valor local</b>	<b>Intra-valor</b>	<b>Inter-valor</b>
L.G1	Muy alto	Seguro	38.82	38.82	24.4 - L.G1 14.42 - L.S1	-
L.T1	Medio	Seguro	21.09	21.09	13.2 - L.T1 7.89 - L.S1	-
L.T2	Bajo	Probablemente más	25.62	25.62	11.21 - L.T2 14.42 - L.S1	-
L.S1	Alto	Probablemente menos	18.16	18.16	18.16 - L.S1	-
E.G1	Muy alto	Seguro	87.47	46.14	22.99 - E.G1 17.34 - E.S2 5.81 - E.S1	24.4 - L.G1 16.93 - L.S1
E.T1	Medio	Probablemente menos	70.86	29.53	9.59 - E.T1 9.55 - E.S2 10.39 - E.S1	24.4 - L.G1 16.93 - L.S1
E.T2	Medio	Probablemente más	77.88	36.55	13.4 - E.T2 17.34 - E.S2 5.81 - E.S1	24.4 - L.G1 16.93 - L.S1
E.S1	Bajo	Probablemente más	29.77	29.77	12.76 - E.S1	-
E.S2	Muy alto	Probablemente menos	12.76	12.76	21.68 - E.S2 8.08 - E.S1	-

### 4.3. Evaluación

La *Evaluación* es la tercera actividad de VeGAN y tiene como objetivo evaluar los resultados de la propagación. Esta actividad tiene como entrada el modelo de objetivos con valor. En esta actividad los stakeholders deben indicar cómo de satisfechos están con el valor obtenido de la actividad de propagación para los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo de objetivos. A la hora de indicar su satisfacción se debe asignar un nivel de satisfacción.

El nivel de satisfacción indica cómo de satisfecho está un actor (stakeholder) con el valor de un elemento intencional mediante el uso de una escala cualitativa con cinco niveles de satisfacción: *Totalmente de acuerdo*; *De acuerdo*; *Ni de acuerdo ni en desacuerdo*; *En desacuerdo*; *Totalmente en desacuerdo*.

A la hora de asignar el nivel de satisfacción los stakeholders deben tener en cuenta el *Valor Local* de los elementos intencionales de su actor correspondiente ya que es aquel valor calculado explícitamente para ese stakeholder. Para realizar la evaluación el stakeholder debe tener en cuenta la trazabilidad sobre cómo se ha obtenido el valor que aporta el elemento intencional que está evaluando y comparar con el resto de elementos intencionales del actor para ver el orden general de los elementos intencionales.

La evaluación de los resultados de la propagación por parte de los stakeholders donde deben considerar tanto el valor obtenido como la trazabilidad (de dónde proviene el valor) del mismo puede promover discusiones sobre las prioridades asignadas y ayudar a refinarlas.

Los resultados de la evaluación ayudan a los analistas a saber si los stakeholders están o no satisfechos con los resultados obtenidos de la propagación así como identificar aquellos elementos intencionales cuyas prioridades asignadas deberían refinarse.

Una vez la evaluación ha sido realizada la técnica puede o bien finalizarse si los resultados de la evaluación son satisfactorios o realizar una iteración donde se refinan las prioridades asignadas a los elementos intencionales y actores con el fin de obtener un resultado más satisfactorio. El nivel de satisfacción asignado durante la evaluación puede ayudar a identificar qué prioridades deben ser refinadas.

Cuando la técnica ha pasado por múltiples iteraciones, donde el valor ha ido evolucionando de acuerdo al cambio de las prioridades, la evaluación de las distintas evaluaciones puede ayudar a comparar estas evaluaciones entre sí para ayudar a seleccionar aquellas prioridades que sean más satisfactorias para los stakeholders.

### 4.4. Restricciones de la técnica

#### 4.4.1. Asignación de importancia relativa

La técnica hace uso de un único nivel de importancia y nivel de confianza para cada elemento intencional. En el caso de que hayan múltiples stakeholders para un mismo actor es necesario llegar a un consenso, que queda fuera del alcance de este trabajo, que puede alcanzarse de múltiples formas, por ejemplo, negociando, realizando encuestas, etc. Como

trabajo futuro se pretende estudiar cómo considerar múltiples stakeholders para un mismo actor a la hora de priorizar.

#### 4.4.2. Ciclos

El modelo de objetivos no debe contener ciclos, es decir, un elemento intencional no debe ser capaz de impactar consigo mismo a través de las relaciones del modelo de objetivos. La razón por la que existe esta restricción es debido a la *Propagación de enlaces*, ya que es necesario propagar el impacto que un elemento intencional tiene sobre el resto de elementos intencionales y en el caso de que haya ciclos la propagación no puede finalizar.

Este tipo de restricción es muy habitual en las técnicas de análisis de modelos de objetivos que utilizan propagación por el motivo citado anteriormente. Como trabajo futuro se pretende estudiar cómo lidiar con esta limitación de forma que se permita analizar modelos de objetivos con ciclos.

#### 4.4.3. Modelos de objetivos

La técnica tiene ciertas restricciones sobre los distintos elementos que componen el modelo de objetivos, las relaciones utilizadas, etc.

- **Actores:** El uso de actores en el modelo de objetivos es obligatorio pues es uno de los criterios utilizados por la técnica a la hora de calcular el valor. No obstante, es posible utilizar la técnica como si no hubieran actores si todos los elementos intencionales están dentro de un único actor.
- **Elementos intencionales en actores:** La técnica ignora aquellos elementos intencionales que se encuentran fuera de actores debido a que uno de los criterios empleados por la técnica es el actor al que pertenece el elemento intencional.
- **Tipos de elementos intencionales:** La técnica ha sido desarrollada considerando aquellos tipos de elementos intencionales más utilizados en el modelado e objetivos y que son de interés para el valor. Se han tenido en cuenta los elementos intencionales de tipo Objetivo, ObjetivoSoft / Calidad y Tarea, pero no se ha tenido en cuenta Creencia y Recurso al igual que hacen muchas otras técnicas como se muestra en la Tabla 3.1. En el caso de que se analice un modelo de objetivos que contiene un elemento de los cuales no es de interés para el valor, el elemento es ignorado por la técnica.
- **Tipos de relaciones entre elementos intencionales:** Al igual que con los tipos de elementos intencionales, la técnica considera los tipos de relaciones más utilizadas (Descomposición / Refinamiento, Dependencia, y Contribución) y no considera aquellas relaciones que son poco utilizadas o que no son de interés para el valor como puede ser las relaciones de Calificación, NecesitadoPor.
- **Relaciones entre elementos intencionales:** La técnica únicamente tiene en cuenta aquellas relaciones cuyo origen y destino son elementos intencionales ya que se

utilizan dos criterios para calcular el valor (elemento intencional y actor al que pertenece) y si se relaciona un elemento intencional directamente con un actor se carece de uno de los criterios. Además este tipo de relación es entre dos componentes del modelo de objetivos cuyo nivel de abstracción son distintos y si se consideraran podrían dar lugar a problemas.

## 4.5. Diferencias con otras técnicas de análisis

Las diferencias de la técnica VeGAN con otras técnicas de análisis de modelos de objetivos están centradas en hacer frente a varios de los problemas que se han identificado previamente en la [sección 3](#), siendo estos:

- **Importancia relativa:** La técnica VeGAN considera que no todos los elementos intencionales y actores del modelo de objetivos son igual de importantes. Para ello, durante las actividad de priorización los stakeholders deben priorizar sus elementos intencionales y el analista debe priorizar los actores
- **Incertidumbre:** La técnica VeGAN utiliza una aproximación basada en lógica fuzzy para considerar la incertidumbre a la hora de asignar las importancias relativas. Los motivos detrás del uso de esta aproximación así como su funcionamiento se han discutido previamente en la [sección 2.4](#).
- **Estructura de árbol:** La técnica VeGAN considera que el modelo de objetivos es un grafo dirigido en vez de un árbol por lo que el diseño del modelo de objetivos no está limitado a una estructura de tipo árbol. Esto permite que la técnica considere, por ejemplo, relaciones entre distintas alternativas, así como que tenga en cuenta la propiedad de transitividad más allá de las relaciones de descomposición. Al igual que la mayoría de las técnicas de análisis de modelos de objetivos el grafo no debe contener ciclos debido a que esto ocasionaría problemas en la actividad de propagación.
- **Relaciones entre elementos intencionales:** La técnica VeGAN tiene en cuenta las principales relaciones entre elementos intencionales por las cuales están compuestos los modelos de objetivos, es decir, las relaciones de descomposición contribución y dependencia.
- **Escalabilidad:** La técnica VeGAN ha sido diseñada teniendo en cuenta la escalabilidad para lo cual se ha procurado que la interacción humana no crezca exponencialmente, necesitando que los stakeholders prioricen únicamente los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo de objetivos, y la selección de la técnica MCDM (Multiple-Criteria Decision-Making) no requiera de la intervención humana.
- **Valor:** La técnica VeGAN sigue los principios de la Ingeniería del Software Basada en Valor [5] donde en vez de calcular la satisfacción de los elementos del modelo se calcula el valor que estos elementos aportan ayudando a alinear los objetivos del

sistema con los objetivos de los stakeholders. Con este propósito, VeGAn tiene en cuenta tanto las preferencias de los stakeholders como la importancia de los mismos durante la actividad de priorización. Además, la actividad de evaluación ayuda a comprobar que son correctas las prioridades asignadas.

#### **4.5.1. Propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio**

Para el cálculo del valor en VeGAn se utiliza tanto una aproximación de propagación sistemática como una de toma de decisiones multicriterio (MCDM). La combinación de estas dos aproximaciones ya ha sido propuesta previamente en [124] y [123], ambas propuestas tienen los problemas mencionados previamente (lógica fuzzy, escalabilidad y valor).

VeGAn no solo utiliza la aproximación de propagación sistemática y MCDM, sino que también la refina. Por ejemplo, el valor local y global se calcula una limitando las relaciones de la propagación o con la trazabilidad del valor calculando el coeficiente de proximidad a cada criterio y luego sumándolo en vez de a la suma de los criterios (lo cual da el mismo resultado pero es posible conocer de dónde proviene cada valor).

## **4.6. Conclusiones**

En este capítulo se ha propuesto VeGAn, una técnica de análisis de modelos de objetivos a través del valor que emplea lógica fuzzy. La técnica tiene tres actividades: Priorización, Propagación y Evaluación. En la actividad Priorización los stakeholders indican sus preferencias con respecto a sus elementos intencionales, indicando cuales les resulta más importantes y si están seguros de ello. En la actividad de Propagación se calcula el valor de los elementos intencionales teniendo en cuenta la importancia asignada por los stakeholders y las relaciones entre los mismos mediante propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio. Por último, la actividad de Evaluación permite a los stakeholders evaluar los resultados de la propagación con el fin de detectar posibles problemas en la importancia asignada y/o en el impacto entre las relaciones del modelo. Para ello, en esta actividad se muestra la trazabilidad del valor, de forma que se puede observar de dónde proviene el valor de cada elemento intencional ayudando así a la explicabilidad del valor calculado.

El valor calculado por VeGAn ayuda a los analistas a alinear los objetivos del sistema con los de los stakeholders de forma que provee el máximo valor a los stakeholders. Con el fin de hacer esto la técnica VeGAn no solo provee el valor que aporta cada elemento intencional para el stakeholder interesado en ese elemento intencional (valor local) y el valor que aporta para todos los stakeholders (valor global) sino también provee información sobre cómo se ha calculado ese valor lo cual es útil para las negociaciones de los requisitos.



## Capítulo 5

# Herramienta de soporte a la técnica VeGAn

En este capítulo se introduce [VeGAn-Tool](#)<sup>1</sup>, la herramienta que da soporte tecnológico a VeGAn, la técnica que se propone en esta tesis doctoral.

La sección 5.1 introduce la herramienta explicando las distintas tecnologías empleadas para la implementación de VeGAn-Tool.

La sección 5.2 está relacionada con los modelos de objetivos de entrada a la herramienta. En esta sección se introduce un metamodelo propio que trata de ser independiente para poder importar modelos de objetivos de múltiples lenguajes distintos.

La sección 5.3 presenta la arquitectura empleada por la técnica explicando cada uno de sus componentes.

La sección 5.4 corresponde con la implementación de VeGAn-Tool, al igual que en el capítulo anterior esta sección está estructurada siguiendo las actividades de VeGAn, *Priorización*, *Propagación* y *Evaluación*. En esta sección se explica cómo se ha implementado la herramienta mediante extractos de código de la misma.

La sección 5.5 explica la validación realizada sobre la técnica para corroborar su correcto funcionamiento.

Por último, la sección 5.6 resume este capítulo.

---

<sup>1</sup><https://github.com/CarlosCanoGenoves/VeGAn-Tool>

## 5.1. Introducción

La herramienta VeGAN-Tool que da soporte tecnológico a VeGAN ha sido desarrollada en Java usando Eclipse Modeling Tools (EMT), Eclipse OCL plugin, jackson y jGoodies. Se ha utilizado EMT para trabajar con modelos y generar el código del modelo automáticamente. Se ha empleado el plugin Eclipse OCL para validar el modelo y generar atributos derivados. La librería jackson se ha utilizado para trabajar con archivos JSON, que son la salida de la herramienta piStar. La librería jGoodies se ha utilizado para hacer que la interfaz sea más bonita y agradable a la vista.

Hay múltiples razones por las cuales EMT ha sido empleado para el desarrollo de la herramienta:

- **Soporte tecnológico:** EMT ofrece soporte tecnológico para trabajar con modelos y metamodelos, lo cual incluye la creación de los metamodelos, crear modelos de instancia de los metamodelos creados, verificación de los modelos, generación de código Java de los metamodelos, etc.
- **Extensiones:** Al ser EMT una herramienta de código abierto se han desarrollado muchas extensiones para la misma las cuales extienden las funcionalidades y características de EMT. Por ejemplo, el plugin (extensión) de OCL que se emplea permite la creación de restricciones en los metamodelos para poder verificar la correcta construcción de los modelos.

Dado que la finalidad de VeGAN-tool es el análisis de modelos de objetivos entre sus funcionalidades no se incluye la creación de modelos de objetivos ya que está fuera del alcance de la herramienta.

Tanto a la hora de desarrollar la técnica como la herramienta se ha procurado tener en cuenta las limitaciones identificadas en la mayoría de las técnicas [47] siendo estas: Escalabilidad, gestión de cambios, expresividad, dependencia entre requisitos, poco precisas y no implementadas en la práctica.

Todo el código mostrado en este capítulo proviene de la implementación de la herramienta, sin embargo, el código mostrado en el capítulo ha sido modificado con el fin de hacerlo más sencillo de comprender.

## 5.2. Metamodelo de VeGAN

Se ha propuesto un metamodelo, que hemos denominado value@GRL, para dar soporte a los modelos de objetivos a ser analizados. El metamodelo es independiente de los lenguajes de modelado de objetivos, lo cual permite a la herramienta importar modelos de objetivos de otros lenguaje de modelado como puede ser iStar 2.0. Para el desarrollo de value@GRL se han tenido en cuenta las características más importantes de los lenguajes de modelado de objetivos de iStar, iStar 2.0 y GRL teniendo en cuenta algunas consideraciones y limitaciones que se enumeran a continuación:

Nuestro metamodelo está basado en el lenguaje de objetivos de GRL (debido a que está estandarizado y tiene menos restricciones) por lo que está compuesto de actores, elementos

intencionales (objetivo, objetivoSoft y tarea), y relaciones (descomposición, contribución y dependencia). A pesar de que value@GRL está basado en GRL existen ciertas diferencias con el mismo con la finalidad de simplificar, poder importar desde otros lenguajes de modelado de objetivos y/o para ser usado por la técnica propuesta:

- Los elementos intencionales de creencia (belief) y recurso (resource) no han sido incluidos en nuestro metamodelo. Respecto al elemento intencional de creencia no se ha incluido porque rara vez es utilizado y su uso es para ayudar a comprender por qué existe cierta relación o por qué se ha hecho el modelo de cierta forma, por lo que no aporta información al análisis. Este elemento intencional también ha sido eliminado en el lenguaje de iStar 2.0. Con respecto al elemento intencional de recurso no se ha incluido debido a su finalidad. Los recursos empleados para representar qué información se intercambia en una relación de dependencia o para indicar qué información requiere otro elemento intencional. Ninguno de los casos anteriores aportan información al análisis y considerarlos en el modelo podría complicar el mismo, por lo que es bastante habitual de cara a análisis de modelos de objetivos no considerarlos al igual que hacen otros autores como se muestra en la Tabla 3.1.
- La relación de correlación entre elementos intencionales no se modela en value@GRL ya que la considera como si fuera una relación de contribución al igual que hacen otros autores como Amyot et al. [90].
- El *dependum* es un elemento intencional (de cualquier tipo) que aparece en las relaciones de dependencia y provee información sobre porque existe esa dependencia o qué se está intercambiado en la misma. Al igual que con los recursos o las creencias, el dependum no aportan información con respecto al valor de los elementos del modelo. Debido a esto decidimos el dependum en las relaciones de dependencia no se representa en value@GRL al igual que hacen otros autores [101].
- El lenguaje de modelado de objetivos de GRL incluye muchos elementos externos al propio modelos de objetivos, como un lenguaje complementario (URN), escenarios, estrategias, etc. Todos estos elementos externos aumentan el tamaño del metamodelo y lo complican dando lugar a que su implementación es propensa a dar problemas al tratar de utilizarlo en otras herramientas debido a que el modelo está dividido en múltiples metamodelos con dependencias entre sí.
- Dado que la definición de los objetivosSoft tanto en iStar como en GRL es ambigua y puede ocasionar problemas sobre si un elemento intencional debería ser un objetivo o un objetivoSoft se ha hecho uso de la definición de iStar 2.0 donde un objetivoSoft representa un atributo que un actor desea lograr.

La Tabla 5.1 muestra las posibles relaciones entre los distintos componentes del modelo de objetivos donde si se compara con la Tabla 2.3 puede verse que se ha eliminado la posibilidad de descomponer un elemento intencional en un objetivoSoft al igual que hace iStar 2.0.

Tabla 5.1: Relaciones entre los elementos de value@GRL.

		Relación acaba en			
		Actor	Objetivo	ObjetivoSoft	Tarea
Relación empieza en	Actor	-	-	-	-
	Objetivo	-	Descomposición Contribución Dependencia	Contribución Dependencia	Descomposición Contribución Dependencia
	ObjetivoSoft	-	Descomposición Contribución Dependencia	Contribución Dependencia	Descomposición Contribución Dependencia
	Tarea	-	Descomposición Contribución Dependencia	Contribución Dependencia	Descomposición Contribución Dependencia

La Tabla 5.2 muestra las características principales de los distintos lenguajes de modelado de objetivos de Ayala et. al. [36] extendiéndola para añadir iStar 2.0 y value@GRL.

Las diferencias en cuanto a las relaciones y sus restricciones pueden observarse comparando las Tablas 2.1, 2.2, 2.3 y 5.1 correspondiendo a los lenguajes de iStar, iStar 2.0, GRL y value@GRL.

En general, puede verse que a pesar de que iStar, iStar 2.0, GRL y value@GRL son tres lenguajes de modelado de objetivos distintos mantienen la misma idea con respecto a los elementos que deben componer un modelo de objetivos: actores, elementos intencionales y relaciones.

Tabla 5.2: Análisis comparativo de los lenguajes de modelado de objetivos.

<b>Criterio</b>	<b>iStar</b>	<b>iStar 2.0</b>	<b>GRL</b>	<b>Value@GRL</b>
Tipos de modelos	Strategic Rationale Strategic Dependency	Strategic Rationale Strategic Dependency Hybrid	Sin tipos	Sin tipos
Tipo de actores	1 Genérico 3 Específicos (agente, rol, cargo)	1 Genérico 2 Específicos (agente, rol)	1 Genérico	1 Genérico
Relaciones entre actores	Es un Es parte de Dependencia Juega	Es un Es parte de Dependencia	Dependencia a actores mediante elementos intencionales	Sin relaciones
Tipo de elementos intencionales	Objetivo ObjetivoSoft Tarea Recurso Creencia	Objetivo Calidad Tarea Recurso	Objetivo ObjetivoSoft Tarea Recurso Creencia	Objetivo ObjetivoSoft Tarea
Relaciones entre elementos intencionales	Finalidad Descomposición Contribución Dependencia	Refinamiento Contribución Dependencia Calificación NecesitadoPor	Descomposición Contribución Dependencia Correlación	Descomposición Contribución Dependencia
Elementos de razonamiento adicionales	Creencias Tipos de contribución	Tipos de contribución	Creencias Tipos de contribución Tipos de correlación Evaluación Criticalidad	Tipos de contribución
Relaciones con elementos externos al modelo	No existen	No existen	Atributos Elementos de modelos externos	No existen
Acompañamiento del lenguaje	Ejemplos	Lenguaje complementario (UCM) Técnica de análisis	Ejemplos	Ejemplos

### **5.2.0.1. Metamodelo**

La Figura 5.1 muestra value@GRL donde se puede observar los componentes que lo conforman. Los actores, elementos intencionales de objetivo (goal), objetivoSoft (softgoal) y tarea (task), y las relaciones entre elementos intencionales dependencia (dependency), contribución (contribution) y descomposición (decomposition).

Los elementos resaltados en rojo están relacionados o bien con el análisis del modelo de objetivos mediante valor o con la implementación de la herramienta.

Para dar soporte a la técnica de análisis propuesta se ha modificado los elementos GoalElement añadiendo atributos para almacenar información sobre la priorización (importance y confidence), atributos para el valor resultante de la propagación (localValue y globalValue) y un atributo para la evaluación (evaluation). Adicionalmente, al metamodelo se le han añadido dos clases más ValueFrom y Iteration. Iteration se utiliza para almacenar las distintas iteraciones del análisis, de forma que guarda cómo va evolucionando el valor de los elementos de acuerdo al cambio de la importancia de los mismos. ValueFrom se emplea para la trazabilidad del valor de los elementos intencionales y almacena de donde proviene el valor que aporta cada elemento intencional concreto.

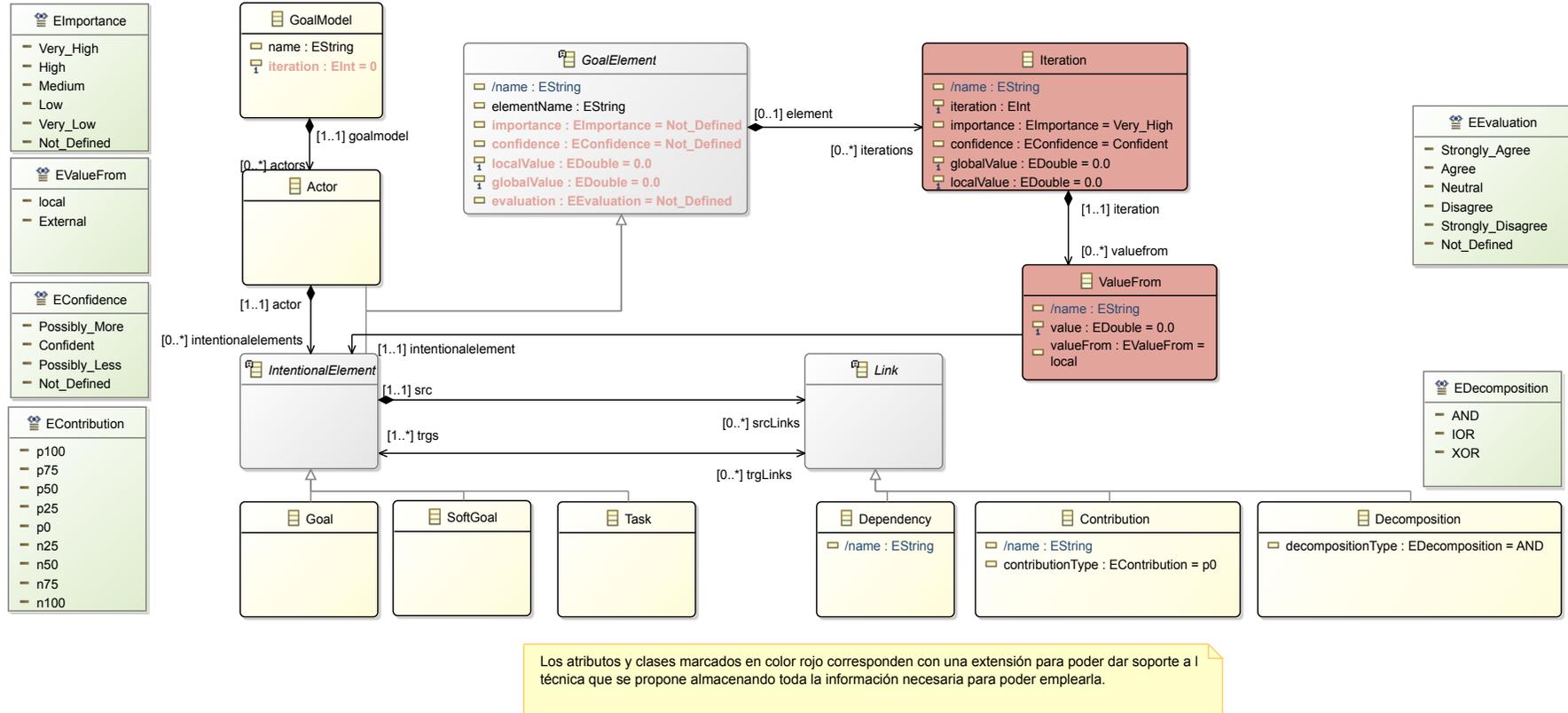


Figura 5.1: Metamodelo de value@GRL.

### 5.2.0.2. Restricciones

Se han definido una serie de restricciones en value@GRL mediante el uso de OCL [46]. El Código 5.1 muestra un extracto de las restricciones OCL definidas:

Código 5.1: Restricciones OCL de value@GRL.

```
class GoalModel
{
    invariant The_name_of_the_actor_must_be_unique :
        self.actors->isUnique(name);
}

class Actor extends GoalElement
{
    invariant The_name_of_the_intentional_element_must_be_unique :
        self.intentionalelements->isUnique(name);
}

abstract class IntentionalElement extends GoalElement
{
    invariant An_intentional_element_can_only_have_one_decomposition :
        self.srcLinks->select(oclIsTypeOf(Decomposition))->size() < 2;

    invariant An_intentional_element_can_only_decompose_one_element :
        self.trgLinks->select(oclIsTypeOf(Decomposition))->size() < 2;
}

class Contribution extends Link
{
    invariant Only_one_target :
        self.trgs->size() <2;
}

class Dependency extends Link
{
    invariant Only_one_target :
        self.trgs->size() <2;
}

class Decomposition extends Link
{
    attribute name : String[?] { derived transient volatile }
    { initial: src.elementName + '_to_' + trgs->first().elementName; }
}
```

Las restricciones OCL sobre value@GRL definidas en el Código 5.1 son las siguientes.

- El nombre de los actores debe ser único.
- Un elemento intencional solo puede estar en una descomposición como padre.
- Un elemento intencional solo puede estar en una descomposición como hijo.
- La relación de contribución solo puede afectar a un único elemento intencional.
- La relación de dependencia solo puede afectar a un único elemento intencional.

Además de estas OCL también ha sido empleado para la creación de variables derivadas cuyo valor dependen de de otras variables. El Código 5.2 muestra el OCL empleado en las variables derivadas.

Código 5.2: Variables derivadas de value@GRL definidas en OCL.

```
abstract class GoalElement
{
    attribute name : String[?] { derived transient volatile }
    {
        initial: self.elementName + self.importance + self.confidence; }
}

class Contribution extends Link
{
    attribute name : String[?] { derived transient volatile }
    {
        initial: src.elementName + '_to_' + trgs->first().elementName + '_' + self.
        contributionType + ')'; }
}

class Dependency extends Link
{
    attribute name : String[?] { derived transient volatile }
    {
        initial: src.elementName + '_to_' + trgs->first().elementName; }
}
```

Las variables derivadas en OCL para value@GRL han sido añadidas para ayudar a la visualización y comprensión del modelo de objetivos cuando se observa en forma de árbol en vez de una representación gráfica. La variable derivada sobre *GoalElement* es para mostrar la importancia y confianza junto al nombre del elemento cuando se visualiza. Las variables derivadas para *Contribution* y *Dependency* son para visualizar qué elementos relacionan y el impacto que tienen.

### 5.2.1. Recomendaciones para la creación del modelo de objetivos

A la hora de crear el modelo de objetivos, hemos definido una serie de recomendaciones basadas en la experiencia que deberían considerarse:

- **Ciclos:** El modelo de objetivos creado no debe contener ciclos debido a que la técnica VeGAN, al igual que muchas otras técnicas de análisis de modelos de objetivos, no puede lidiar con ellos.
- **Sistema descentralizado:** Con respecto al diseño del modelo de objetivos se recomienda que no exista un actor central *sistema* del cual dependan todos los actores para lograr sus objetivos debido a múltiples razones:
  - En el caso de la existencia de un actor central, puede ser complicado tanto identificar quién debe priorizar ese actor como asignar las prioridades del mismo.
  - En un sistema descentralizado, donde el sistema se incluye en cada actor, el propio actor puede indicar cómo de interesado está en cada parte del sistema, de forma que se obtiene más feedback del mismo.
  - Habitualmente es más complicado de comprender un modelo de objetivos centralizado que uno descentralizado debido a que todos los actores se relacionan con el sistema central y hay muchas relaciones a los elementos intencionales del actor central, haciéndolo difícil de comprender.

### 5.2.2. Transformación de modelos piStar a value@GRL

La herramienta de VeGAN-Tool desarrollada para esta tesis doctoral permite la importación de modelos desde la herramienta de modelado de modelos de objetivos piStar [138], que genera un modelo de objetivos iStar 2.0 [29].

Como se ha comentado anteriormente en la [sección 2.3](#), iStar 2.0 [29] y GRL [30] son variaciones del lenguaje de modelado de iStar, y value@GRL es un subconjunto de GRL. Debido a que todos los lenguajes provienen de iStar [28], la parte semántica de los lenguajes es muy similar, y las principales diferencias entre los distintos lenguajes son las restricciones existentes para las relaciones .

La similitud semántica y las pocas diferencias entre los distintos lenguajes de modelado de objetivos permite que sea relativamente sencillo la transformación de un modelo de objetivos de un lenguaje a otro, además, siendo GRL y por tanto value@GRL, los lenguajes menos restrictivos con las relaciones es más sencillo realizar una transformación a uno de estos modelos, ya que se pasa de un lenguaje restrictivo a uno poco restrictivo. Los principales problemas para realizar una transformación de modelo a modelo son técnicos, como por ejemplo obtener el metamodelo utilizado por una herramienta concreta.

Para la importación del modelo de iStar 2.0 generado por la herramienta piStar a la herramienta de VeGAN-Tool, lo que se hace es una transformación de modelo a modelo, de forma que el modelo de iStar 2.0 generado por piStar se transforma en un modelo de value@GRL.

Para realizar la transformación M2M de iStar 2.0 a value@GRL hemos tenido dos problemas principales:

- **Metamodelo:** La herramienta de piStar per se no provee el metamodelo específico utilizado ni los cambios realizados sobre el original para dar un soporte tecnológico. Debido a esto se ha utilizado ingeniería inversa sobre el modelo resultante para comprender su metamodelo utilizando como base el metamodelo de iStar 2.0 [29].
- **JSON:** El modelo de objetivos generado mediante la herramienta de piStar está en formato JSON, el cual no es el formato utilizado por EMF (XMI) para trabajar con modelo.

Debido a los problemas anteriormente citados para la transformación de M2M desde el modelo iStar 2.0 generado por piStar al modelo de value@GRL empleado VeGAN no se han podido emplear las herramientas habituales proveídas por EMF, ya que no se tenía ni el metamodelo empleado por piStar en Ecore ni la instanciación del modelo en XMI. Debido a esto la transformación ha sido realizada mediante Java leyendo directamente el fichero JSON y transformándolo a un XMI de value@GRL.

La [Tabla 5.3](#) muestra el mapeo de los elementos de iStar 2.0 a value@GRL, destacar que no se han mapeado las relaciones entre actores ya que GRL ni value@GRL permite las relaciones de relaciones ni la relación de calificación por el mismo motivo. Con respecto a la transformación de los tipos de contribuciones se ha utilizado la propuesta en [90].

Tabla 5.3: Mapeo entre iStar 2.0 y value@GRL.

Elemento de iStar 2.0	Elemento de value@GRL
Actor	Actor
Objetivo	Objetivo
Tarea	Tarea
Calidad	ObjetivoSoft
Refinamiento AND	Descomposición (AND)
Refinamiento OR	Descomposición (OR)
Contribución	Contribución
Dependencia	Dependencia

Mencionar que una vez hecha la transformación M2M de iStar 2.0 a value@GRL es posible modificar el modelo de value@GRL generado mediante EMF con el fin de realizar aquellos cambios que el analista vea convenientes. El Código 5.3 muestra el fragmento de código empleado por VeGAn para realizar la transformación de los actores y elementos intencionales de iStar 2.0 a value@GRL y su pseudocódigo se muestra en el Código 5.4.

Código 5.3: Extracto de la transformación de un modelo de piStar a value@GRL.

```

public static ValueAtGRLModel generateGoalModel(JsonNode piStarModel)
{
    ValueAtGRLModelFactory factory = ValueAtGRLModelFactory.eINSTANCE;
    ValueAtGRLModel valueAtGRLModel = factory.createValueAtGRLModel();
    JsonNode actors = piStarModel.get("actors");
    for(int i=0; i < actors.size(); i++)
    {
        JsonNode actor = actors.get(i);
        Actor actorGM = factory.createActor();
        actorGM.setElementName(actor.get("text").asText());
        valueAtGRLModel.getActors().add(actorGM);
        JsonNode nodes = actor.get("nodes");
        for(int j = 0; j < nodes.size(); j++)
        {
            JsonNode node = nodes.get(j);
            IntentionalElement ie;
            switch (node.get("type").asText()) {
                case "istar.Goal":
                    ie = factory.createGoal();
                    break;
                case "istar.Task":
                    ie = factory.createTask();
                    break;
                case "istar.Quality":
                    ie = factory.createSoftGoal();
                    break;
                default:
                    continue;
            }
            ie.setElementName(node.get("text").asText());
            actorGM.getIntentionalelements().add(ie);
        }
    }
    valueAtGRLModel = generateLinks(valueAtGRLModel, piStarModel);
    return valueAtGRLModel;
}

```

Código 5.4: Pseudocódigo del extracto de la transformación del modelo de piStar al de value@GRL.

```
Crear modelo de objetivos value@GRL
Recorrer actores del modelo piStar
{
  Transformar actor
  {
    Recorrer elementos intencionales del actor
    {
      Transformar elemento intencional
      Incorporar elemento intencional a actor
    }
    Incorporar actor a modelo
  }
}
Generar enlaces a partir del modelo
```

### 5.3. Arquitectura de VeGAN-tool

La Figura 5.2 muestra un diagrama de componentes donde se describe la arquitectura de VeGAN-Tool la cual está organizada en cuatro paquetes:

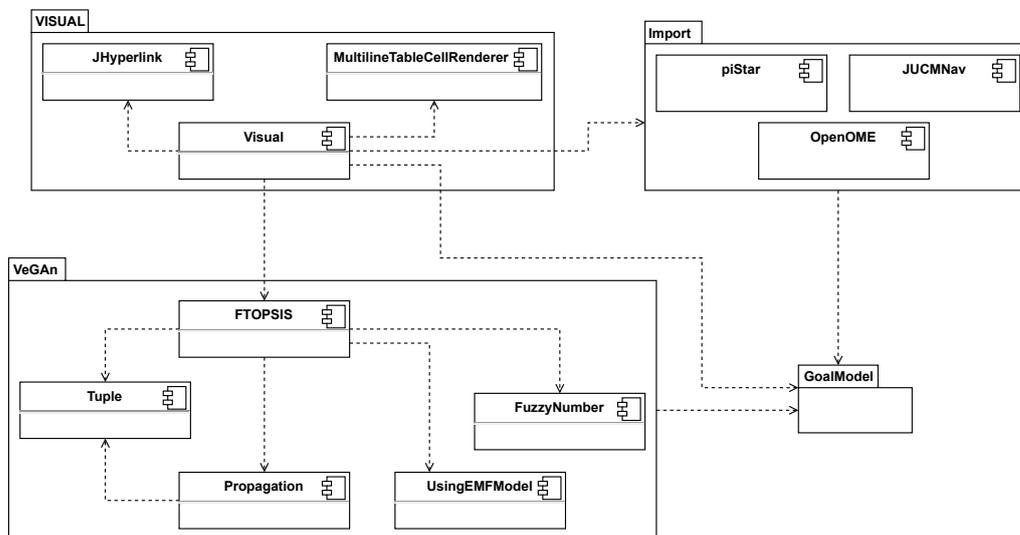


Figura 5.2: Arquitectura de VeGAN-Tool.

- **GoalModel:** Contiene la implementación del metamodelo de value@GRL mostrado en la Figura 5.1. Este paquete ha sido generado de forma automática por EMF mediante genmodel y contiene clases de todos los elementos del metamodelo incluyendo las relaciones entre estos.
- **VeGAN:** Contiene la implementación de la técnica VeGAN y permite el análisis de un modelo de objetivos de value@GRL sin interfaz visual. Este paquete hace uso del paquete de GoalModel para conocer la estructura del metamodelo de value@GRL. El paquete está compuesto por cinco clases donde FuzzyNumber, Propagation y FTOPSIS implementan la técnica y las clases de Tuple y UsingEMFModel las apoyan.

- **UsingEMFModel:** Es una clase de apoyo que permite la lectura de ficheros que siguen el formato XMI que es el usado por EMF para instanciar modelos.
  - **Tuple:** Es una clase de apoyo que permite generar tuplas de variables, es utilizada por múltiples métodos para retornar múltiples variables como resultado de la ejecución del método.
  - **FuzzyNumber:** Esta clase estructura y se hace cargo de los números fuzzy (Fuzzy Numbers - FN). La clase no solo da soporte a la estructura de los FN sino que también implementa la fuzzificación empleada en las tareas de *Fuzzificación y polarización de actores y elementos intencionales* y *Fuzzificación de la propagación*. Además, también implementa el cálculo de la distancia euclídea entre dos números fuzzy el cual es empleado en la tarea de *Calculo del valor*.
  - **Propagation:** Esta clase es la encargada de la tarea de *Propagación de enlaces* de la actividad *Propagación* técnica VeGAN. La clase implementa un algoritmo de propagación que permite la propagación de todos los enlaces de forma ordenada permitiendo así que se tenga en cuenta la transitividad entre los enlaces de los elementos intencionales. Esta clase se apoya en Tuple para permitir que sus métodos retornen más variables.
  - **FTOPSIS:** Esta clase es la encargada de la tarea de *Cálculo del valor* de la actividad de *Propagación* de la técnica VeGAN. La clase implementa la técnica de FTOPSIS adaptada para su uso en VeGAN y el refinamiento de las entradas de ésta. Esta clase se apoya en UsingEMFModel para interactuar con modelos de objetivos, Tuple para que sus métodos retornen más variables, FuzzyNumber para la fuzzificación que es una de las entradas de FTOPSIS y Propagation para el calculo de los enlaces que es la otra entrada de FTOPSIS.
- **VISUAL:** Contiene la implementación de toda la interfaz visual utilizada por la herramienta. El paquete está compuesto por tres clase donde Visual implementa la interfaz gráfica y JHyperlink y MultilineTableCellRenderer le apoyan.
- **JHyperlink:** Es una clase de apoyo que permite crear texto con enlaces (hyperlink) a páginas web.
  - **MultilineTableCellRenderer:** Es una clase de apoyo que permite crear en una tabla celdas que ocupen múltiples líneas (multilínea).
  - **Visual:** Esta clase es la encargada de la implementación de toda la interfaz. La clase hace uso del paquete de VeGAN para el análisis del modelo y del paquete de Import para poder cargar modelos de objetivos provenientes de otras herramientas y poder analizarlos. La clase hace uso de la librería jGoodies para hacer que la interfaz sea más bonita y agradable a la vista. Esta clase se apoya en JHyperlink para poder crear texto con enlaces en la interfaz gráfica y en MultilineTableCellRenderer para que la tabla resultante del análisis pueda tener celdas que ocupen múltiples líneas. Además, esta clase también hace uso del paquete de GoalModel para conocer la estructura del metamodelo de value@GRL, del paquete VeGAN para realizar el análisis del modelo de objetivos

y del paquete `Import` para poder importar modelos de objetivos desde otras herramientas.

- **Import:** Contiene el código de las transformaciones modelo a modelo (M2M) desde modelos de otras herramientas con la finalidad de añadir interoperabilidad con otras herramientas. Este paquete hace uso del paquete de `GoalModel` para conocer la estructura del metamodelo de `value@GRL`. El paquete está compuesto por tres clases cada una de las cuales implementa la transformación M2M desde una herramienta distinta.
  - **piStar:** Esta clase es la encargada de realizar la transformación M2M (modelo a modelo) desde el modelo generado por la herramienta de `piStar` que es un modelo de `iStar 2.0` hasta `value@GRL`. La clase hace uso de la librería `jackson` para trabajar con ficheros `JSON` que son los utilizados por `piStar`.
  - **jUCMNav:** Esta clase es la encargada de realizar la transformación M2M (modelo a modelo) desde el modelo generado por la herramienta de `jUCMNav` que es un modelo de `GRL` hasta `value@GRL`. Actualmente esta transformación se encuentra en desarrollo por lo que está como trabajo futuro.
  - **OpenOME:** Esta clase es la encargada de realizar la transformación M2M (modelo a modelo) desde el modelo generado por la herramienta de `OpenOME` que es un modelo de `iStar` hasta `value@GRL`. Actualmente esta transformación se encuentra en desarrollo por lo que está como trabajo futuro.

## 5.4. Implementación de VeGAn-tool

En esta sección y subsiguientes subsecciones se explica la implementación de las distintas actividades de VeGAn (*Priorización, Propagación y Evaluación*) de VeGAn-Tool. La herramienta tiene como entrada un modelo de objetivos el cual puede estar o bien en formato XMI conforme con el metamodelo (fichero Ecore) de value@GRL o bien en JSON con la estructura empleada por la herramienta piStar. Como se ha comentado anteriormente, el objetivo de la herramienta es el análisis de modelos de objetivos y no la creación de los mismo, por lo que la herramienta toma como entrada el modelo de objetivos y no lo crea.

### 5.4.1. Priorización

La primera actividad de VeGAn es la *Priorización*, donde se le asigna un nivel de importancia y confianza a cada uno de los elementos intencionales y actores. Debido al uso de EMF para el desarrollo de la aplicación, y el objetivo de la actividad, la implementación de esta actividad se ha centrado en UI (User Interface) y UX (User eXperience).

La Figura 5.3 muestra un ejemplo de la priorización del modelo Kindle presentado anteriormente en la Figura 4.2. En la aplicación, cada uno de los actores tiene su propia tabla para priorizar, además es posible mostrar u ocultar la tabla si es necesario. Las celdas resaltadas en rojo corresponden con aquellos elementos del modelo de objetivos que todavía no han sido priorizados.

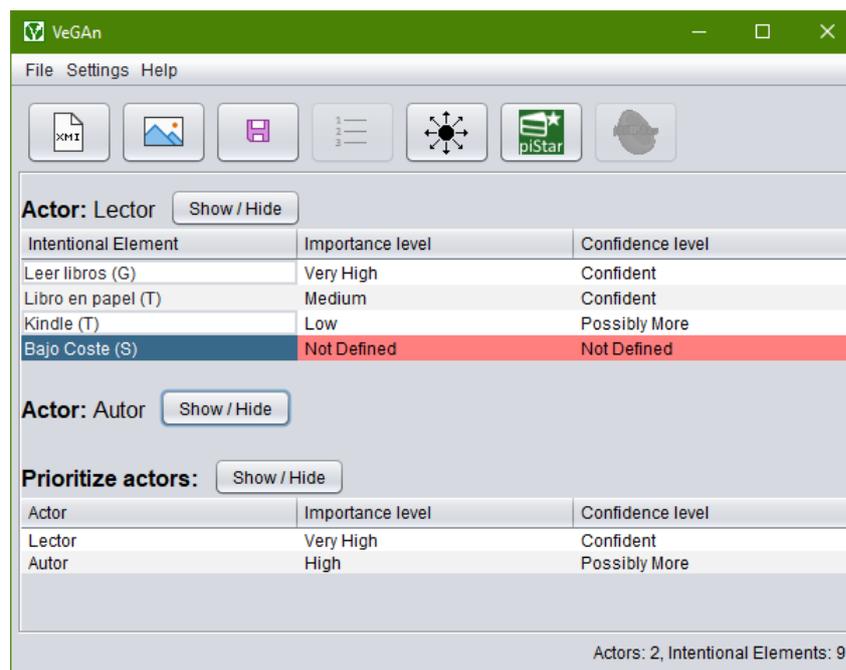


Figura 5.3: Priorización de Kindle en la herramienta VeGAn-Tool.

Antes de proceder a la siguiente actividad de VeGAn (*Propagación*) es necesario priorizar todos los elementos intencionales de todos los actores y los actores. En el caso de que se intente propagar sin haber priorizado todo, la herramienta no permite pasar de actividad indicando que faltan elementos por priorizar.

## 5.4.2. Propagación

La *Propagación* es la segunda actividad de VeGAn y calcula el valor que aporta cada elemento intencional mediante la propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio. Esta actividad tiene como entrada un modelo de objetivos priorizados, es decir, un modelo donde los actores y los elementos intencionales tienen un nivel de importancia y de confianza.

### 5.4.2.1. Fuzzificación y polarización de actores y elementos intencionales

Las tareas de *Fuzzificación de actores y elementos intencionales*, y polarización de la herramienta explicadas previamente en las secciones 4.2.1 y 4.2.2 puede realizarse simultáneamente, ya que consisten en una transformación directa como se muestra en la Tabla 4.7. No se muestra el código de la fuzzificación de actores y elementos intencionales debido a que únicamente son condiciones (IF) anidadas comprobando el nivel de importancia y confianza siendo un código bastante largo y simple para mostrarlo (5 niveles de importancia x 3 niveles de confianza).

### 5.4.2.2. Propagación de enlaces

La tarea de *Propagación de enlaces* de la técnica VeGAn ha sido explicada previamente en la sección 4.2.3. La propagación calcula cuánto impacta cada elemento intencional sobre el resto de elementos intencionales. De cara a implementación se ha usado un array `double[][]` *propagacion* del tamaño de número elementos intencionales x número elementos intencionales. Código 5.5 muestra la inicialización del array de la propagación donde se le asigna `Double.MAX_VALUE` a la relación de un elemento consigo mismo, y 0 en caso contrario.

Código 5.5: Inicialización de la propagación.

```
for (int i=0;i<TotalElementosIntencionales;i++)
{
    for (int j=0;j<TotalElementosIntencionales;j++)
    {
        if (i==j)
            propagacion[i][j] = Double.MAX_VALUE;
        else
            propagacion[i][j] = 0;
    }
}
```

El impacto que tiene sobre cada elemento intencional depende de las relaciones existentes en el modelo:

- **Relación de contribución:** El impacto es igual al tipo de contribución (-100, -75, -50, -25, 25, 50, 75, 100), una contribución de 25 significa un impacto de 25.

El Código 5.6 muestra la propagación de la contribución donde primeramente se identifican los elementos intencionales de origen (eiSrc) y destino (eiTrg), se obtiene el impacto (impact) en base al tipo de contribución y, finalmente al impacto actual del elemento intencional origen se le suma el impacto calculado.

Código 5.6: Propagación de la contribución.

```
public void PropagateContribution(Link link)
{
    int eiSrc = ieToPosition.get(link.getSrc());
    int eiTrg = ieToPosition.get(link.getTrgs().get(0));

    double impact = getImpact(link.getContributionType());

    propagacion[eiSrc][eiTrg] = propagacion[eiSrc][eiTrg] + impact;
}
```

- **Relación de dependencia:** El impacto del elemento dependido es MAX. El Código 5.7 muestra la propagación de la dependencia donde primeramente se identifican los elementos intencionales de origen (eiSrc) y destino (eiTrg) y finalmente se le asigna un impacto de MAX (*Double.MAX\_VALUE*) al impacto del destino al origen.

Código 5.7: Propagación de la Dependencia.

```
public void PropagateDependency(Link link)
{
    int eiSrc = ieToPosition.get(link.getSrc());
    int eiTrg = ieToPosition.get(link.getTrgs().get(0));

    propagacion[eiTrg][eiSrc] = Double.MAX_VALUE;
}
```

- **Relación de descomposición:** El elemento padre tiene un impacto MAX sobre sus hijos. El Código 5.8 muestra la propagación de la descomposición donde se asigna un impacto MAX (*Double.MAX\_VALUE*) a la relación del elemento padre a hijo.

Código 5.8: Propagación de la Descomposición.

```
public void PropagateDependency(Link link)
{
    int fatherPos = ieToPosition.get(link.getSrc());

    for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = link.getTrgs().iterator(); ieIterator.hasNext();)
    {
        IntentionalElement child = (IntentionalElement) ieIterator.next();

        int ieChildPos = ieToPosition.get(child);

        //Padre MAX a hijo
        propagacion[fatherPos][ieChildPos] = Double.MAX_VALUE;
    }
}
```

La tarea de la *Propagación de enlaces* es una de las más complicadas a la hora de implementar debido a la propiedad transitiva añadida a la propagación ya que debe realizarse en un orden concreto para que sea posible tener en cuenta todas las relaciones indirectas. Por ejemplo, Si  $A \rightarrow B$  (A impacta a B) y  $B \rightarrow C$ , el impacto  $B \rightarrow C$  debería hacerse antes que  $A \rightarrow B$  para que A pueda tener en cuenta la propagación indirecta a C.

La implementación de la transitividad a nivel de implementación ha supuesto realizar múltiples modificaciones con respecto al código de la propagación mostrado anteriormente:

- **Precondición:** Un enlace no puede propagarse si el elemento intencional que lo propaga tiene propagaciones pendientes hacia él.
- **Descomposiciones:**
  - **Propagación a elementos hijos:** Los elementos hijos de una descomposición obtienen el impacto de su elemento padre.
  - **Propagación a elemento padre:** Cuando un elemento hijo de una descomposición impacta a otro elemento, este impacto se transmite también a su elemento padre.
- **Relación indirecta:** Las relaciones de contribución y dependencia obtienen los impactos del elemento al que impactan en base a cuánto impactan.

### 5.4.2.3. Fuzzificación de la propagación

La tarea de *Fuzzificación de la propagación* de la técnica VeGAN ha sido explicada previamente en la [sección 4.2.4](#) donde el número fuzzy de un impacto se calcula mediante el grado de pertenencia a cada número fuzzy.

Al igual que sucede con la tarea de *Polarización* es posible simplificar la *Fuzzificación de la propagación* calculando el rango que corresponde a cada número fuzzy. La [Tabla 5.4](#) muestra el rango que corresponde a cada número fuzzy. Al igual que en la fuzzificación de actores y elementos intencionales, el código de la fuzzificación de la propagación no se muestra debido a su extensión y simplicidad.

Tabla 5.4: Fuzzificación del impacto en base al rango de pertenencia.

Rango de impacto	Nivel de impacto	Número fuzzy
>100	Saturar a MAX	(10, 11, 11)
]80, 100]	+ Muy alto	(8, 10, 11)
]60, 80]	+ Alto	(6, 8, 10)
]40, 60]	+ Medio	(4, 6, 8)
]20, 40]	+ Bajo	(2, 4, 6)
]0, 20]	+ Muy bajo	(1, 2, 4)
[0, 0]	Ninguno	(0, 0, 0)
[-20, 0[	- Muy bajo	(-4, -2, -1)
[-40, -20[	- Bajo	(-6, -4, -2)
[-60, -40[	- Medio	(-8, -6, -4)
[-80, -60[	- Alto	(-10, -8, -6)
[-100, -80[	- Muy bajo	(-11, -10, -8)
<-100	Saturar a MIN	(-11, -11, -10)

La saturación explicada anteriormente en la [sección 4.2.4.1](#) y ocurre a la vez que la fuzzificación. Debido a que la saturación normaliza los impactos en base al máximo / mínimo impacto, previamente a fuzzificar la propagación se identifican el impacto máximo

y mínimo para cada criterio. A la hora de fuzzificar, si el impacto está dentro del rango de [100, -100] se fuzzifica como se ha explicado anteriormente y en caso contrario se satura normalizando el impacto al máximo / mínimo (dependiendo de si es positivo o negativo) impacto para ese criterio. El código empleado para saturar se muestra en Código 5.9.

Código 5.9: Saturación.

```
public static FuzzyNumber fuzzyfy(double n, double min, double max) {  
    //El impacto (n) de MAX_VALUE y MIN_VALUE son directos  
    if(n == Double.MAX_VALUE || n == Double.MIN_VALUE)  
        return new FuzzyNumber(n);  
  
    //Comprueba si el impacto (n) se debe saturar  
    if(n >= -100 & n <= 100)  
        return new FuzzyNumber(n);  
  
    if (n == max)  
        return new FuzzyNumber(10, 11, 11);  
  
    if(n == min)  
        return new FuzzyNumber(-11, -11, -10);  
  
    if (n > 0) {  
        double n2 = 10 + (n - 100) / (max - 100);  
        return new FuzzyNumber(10, n2, 11);  
    } else {  
        double n2 = -10 - ((n + 100) / (min + 100));  
        return new FuzzyNumber(-11, n2, -10);  
    }  
}
```

#### 5.4.2.4. Cálculo del valor

##### 5.4.2.4.1. Refinamiento de las entradas de FTOPSIS

El refinamiento de las entradas ha sido explicado previamente en la [sección 4.2.5.1](#) y cuyo objetivo es considerar la jerarquía existente en el modelo de objetivos. Con el fin de tener en cuenta la jerarquía es necesario modificar la estructura de los criterios y de las relaciones entre criterios y alternativas.

La modificación de la estructura de los criterios consiste en crear una jerarquía donde un criterio puede descomponerse en otros criterios de acuerdo con las relaciones de descomposición existentes en el modelo de objetivos. Además, debido a esta jerarquía la importancia asignada originalmente cambia mediante la fórmula de distribución ponderada de Fisher que ha comentado anteriormente.

El Código 5.11 muestra la función que genera la matriz de los criterios de los elementos intencionales teniendo en cuenta la jerarquía y su pseudocódigo se muestra en el Código 5.10. El método primeramente genera un array para calcular el peso de cada criterio. A continuación, en el primer bucle for realiza la fuzzificación y polarización de los elementos intencionales como se ha explicado previamente en la [sección 5.4.2.1](#) además identifica aquellos elementos que se descomponen y los agrega a la lista toVisitIE ya que son aquellos cuya jerarquía debe cambiar. Por último, el bucle while se encarga de visitar los elementos intencionales de la lista toVisitIE (elementos descompuestos que deben jerarquizarse) donde distribuye su importancia entre sus elementos hijos mediante la distribución ponderada de Fisher y asigna una importancia de 0 a sí mismo.

Código 5.10: Pseudocódigo del refinamiento del peso de los criterios (elementos intencionales).

```
Recorrer elementos intencionales
{
    Calcular peso(Fuzzificacion y polarizacion de elementos intencionales)
    Identificar elementos intencionales que se descomponen
}

Recorrer elementos intencionales que se descomponen
{
    Repartir peso del elemento intencional padre de una descomposicion entre sus hijos
    Distribucion ponderada de Fisher
}
```

Código 5.11: Refinamiento del peso de los criterios (elementos intencionales).

```
public static FuzzyNumber[] calculateIEWeight(GoalModel goalModel, Map<IntentionalElement,
Integer> ieToPosition)
{
    FuzzyNumber[] ieWeight = new FuzzyNumber[ieToPosition.size()];
    List<IntentionalElement> toVisitIE = new ArrayList<IntentionalElement>();

    //Realiza la fuzzificacion de los elementos intencionales
    for (Iterator<Actor> actorIterator = goalModel.getActors().iterator(); actorIterator.hasNext();
        actorIterator.hasNext();) {
        Actor actor = (Actor) actorIterator.next();

        for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = actor.getIntentionalelements().iterator();
            ieIterator.hasNext();) {
            IntentionalElement ie = (IntentionalElement) ieIterator.next();
            ieWeight[ieToPosition.get(ie)] = new FuzzyNumber(ie.getImportance(), ie.
                getConfidence());

            if(ie.getSrcLinks().stream().anyMatch(link -> link instanceof Decomposition))
                toVisitIE.add(ie);
        }
    }

    //Realiza la jerarquizacion de los criterios (elementos intencionales)
    while (!toVisitIE.isEmpty())
    {
        IntentionalElement ie = toVisitIE.remove(0);

        if(ie.getTrgLinks().stream().anyMatch(link -> link instanceof Decomposition && toVisitIE
            .contains(link.getSrc())))
        {
            toVisitIE.add(ie);
            continue;
        }

        Decomposition dec = (Decomposition)ie.getSrcLinks().stream().filter(link -> link
            instanceof Decomposition).findFirst().get();

        FuzzyNumber total = new FuzzyNumber(0,0,0);

        //Calcula la improtancia total de los hijos
        for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = dec.getTrgs().iterator(); ieIterator.
            hasNext();) {
            IntentionalElement child = (IntentionalElement) ieIterator.next();

            total.n1 += ieWeight[ieToPosition.get(child)].n1;
            total.n2 += ieWeight[ieToPosition.get(child)].n2;
            total.n3 += ieWeight[ieToPosition.get(child)].n3;
        }

        for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = dec.getTrgs().iterator(); ieIterator.
            hasNext();) {
            IntentionalElement child = (IntentionalElement) ieIterator.next();

            ieWeight[ieToPosition.get(child)].n1 = (ieWeight[ieToPosition.get(child)].n1 / total
                .n1) * ieWeight[ieToPosition.get(ie)].n1;
            ieWeight[ieToPosition.get(child)].n2 = (ieWeight[ieToPosition.get(child)].n2 / total
                .n2) * ieWeight[ieToPosition.get(ie)].n2;
            ieWeight[ieToPosition.get(child)].n3 = (ieWeight[ieToPosition.get(child)].n3 / total
                .n3) * ieWeight[ieToPosition.get(ie)].n3;
        }
    }

    return ieWeight;
}
```

La modificación de la estructura de las relaciones entre criterios y alternativas consiste en juntar las columnas del elemento que se descomponen a los elementos que lo descomponen. Con el fin de hacer esto, en el array que se muestran las relaciones entre alternativas y criterios se elimina la columna del criterio que se descompone y el valor de esta columna pasa a los criterios que lo descomponen.

El Código 5.13 muestra la función que adapta la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la nueva jerarquía y su pseudocódigo se muestra en el Código 5.12. Al igual que con la función anterior el primer for se encarga que identificar aquellos elementos intencionales que se descomponen y el bucle while los recorre. El bucle for dentro del bucle while es el encargado de realizar el cambio de la jerarquía que consiste pasar el impacto que se hace sobre el elemento padre al elemento hijo, ya que la importancia del padre es la suma de la importancia de sus hijos.

Código 5.12: Pseudocódigo del refinamiento de la propagación.

```
Recorrer elementos intencionales
{
    Identificar elementos intencionales que se descomponen
}

Recorrer elementos intencionales que se descomponen
{
    Si un elemento intencional descompuesto es impactado por otro
    {
        Pasar impacto a todos los hijos de la descomposicion
        Eliminar impacto sobre padre de la descomposicion
    }
}
```

Código 5.13: Refinamiento de la propagación.

```

public static double[][] hierarchizePerformanceMatrix(GoalModel goalModel, double[][]
performanceMatrix, Map<IntentionalElement, Integer> ieToPosition) {
    double[][] hierarchicaPerformanceMatrix = performanceMatrix.clone();

    List<IntentionalElement> toVisitIE = new ArrayList<IntentionalElement>();

    for (Iterator<Actor> actorIterator = goalModel.getActors().iterator(); actorIterator.hasNext
());) {
        Actor actor = (Actor) actorIterator.next();

        for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = actor.getIntentionalelements().iterator();
ieIterator.hasNext());)
        {
            IntentionalElement ie = (IntentionalElement) ieIterator.next();
            if(ie.getSrcLinks().stream().anyMatch(link -> link instanceof Decomposition))
                toVisitIE.add(ie);
        }
    }

    while (!toVisitIE.isEmpty()) {
        IntentionalElement ie = toVisitIE.remove(0);

        //Permite identificar aquellos elementos intencionales que se descomponen dentro de una
        //descomposicion
        if(ie.getTrgLinks().stream().anyMatch(link -> link instanceof Decomposition && toVisitIE
.contains(link.getSrc())))
        {
            toVisitIE.add(ie);
            continue;
        }

        int iePos = ieToPosition.get(ie);

        for (int i = 0; i < hierarchicaPerformanceMatrix.length; i++)
        {
            if(hierarchicaPerformanceMatrix[i][iePos] != 0)
            {
                Decomposition dec = (Decomposition) ie.getSrcLinks().stream().filter(link ->
link instanceof Decomposition).findAny().get();

                for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = dec.getTrgs().iterator();
ieIterator.hasNext());)
                {
                    IntentionalElement child = (IntentionalElement) ieIterator.next();

                    int childPos = ieToPosition.get(child);

                    if(hierarchicaPerformanceMatrix[i][iePos] == Double.MAX_VALUE ||
hierarchicaPerformanceMatrix[i][childPos] == Double.MAX_VALUE)
                    {
                        hierarchicaPerformanceMatrix[i][childPos] = Double.MAX_VALUE;
                    }
                    else
                    {
                        hierarchicaPerformanceMatrix[i][childPos] =
hierarchicaPerformanceMatrix[i][childPos] +
hierarchicaPerformanceMatrix[i][iePos];
                    }
                }
                hierarchicaPerformanceMatrix[i][iePos] = 0;
            }
        }
    }

    return hierarchicaPerformanceMatrix;
}

```

#### 5.4.2.4.2. Procedimiento

El procedimiento de cálculo de valor mediante el uso de FTOPSIS (Fuzzy Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution) [42] ha sido explicado previamente en la [sección 2.5.2](#) y sus variaciones y uso por parte de la técnica en la [sección 4.2.5.2](#).

El primer paso, donde se fuzzifican los términos lingüísticos corresponde con la [sección](#)

5.4.2.1 donde no solo se ha fuzzificado los términos lingüísticos sino que también se refinan reduciendo la incertidumbre polarizando mediante el uso del nivel de confianza.

El segundo paso correspondiente con la generación de la matriz de rendimiento ha sido realizado en la [sección 5.4.2.2](#) y en la [sección 5.4.2.3](#) se ha fuzzificado. La matriz de rendimiento tiene en cuenta relaciones directas entre las alternativas (elementos intencionales) y los criterios (elementos intencionales) pero gracias a la propagación sistemática realizada, la matriz que utilizamos también tiene en cuenta las relaciones indirectas. Para evitar el problema de que haya impactos demasiado grandes (positiva y negativamente) hemos saturado el impacto.

El tercer paso corresponde con la normalización de la matriz de rendimiento ha sido realizado de acuerdo con el procedimiento habitual. Para normalizar la matriz de desempeño en FTOPSIS para cada criterio (columna) se dividen todas sus filas entre el máximo impacto a ese criterio. En la generación de la matriz de rendimiento consideramos que todos los elementos se relacionan consigo mismo con un impacto MAX (10, 11, 11). Por lo tanto, para todos los criterios el máximo impacto es MAX y a la hora de normalizar hay que dividir todas los elementos entre MAX sin necesidad de identificar primero el máximo impacto. El código empleado para normalizar la matriz de rendimiento se muestra en Código 5.14.

Código 5.14: Normalización de la matriz de rendimiento.

```
private static FuzzyNumber [][] normalizeMatrix(FuzzyNumber [][] matrix)
{
    for (int i=0; i<matrix.length; i++)
        for (int j=0; j<matrix.length; j++)
        {
            matrix[i][j].n1 = matrix[i][j].n1 / 11;
            matrix[i][j].n2 = matrix[i][j].n2 / 11;
            matrix[i][j].n3 = matrix[i][j].n3 / 11;
        }
    return matrix;
}
```

El cuarto paso, correspondiente con la matriz de rendimiento normalizada ponderada, ha sido refinado en la [sección 4.2.4](#), donde consideramos que hay dos tipos distintos de criterios (elementos intencionales y actores) y también que existe una jerarquía entre los criterios (correspondiendo con las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales). El código empleado para ponderar la matriz de rendimiento normalizada se muestra en Código 5.15 que multiplica la importancia del criterio actor (actorWeight) y del elemento intencional (ieWeight) con la matriz de rendimiento normalizada (NFPM).

Código 5.15: Ponderación de la matriz de rendimiento normalizada.

```
public static FuzzyNumber [][] calculateWFNM(GoalModel goalModel, FuzzyNumber [][] NFPM,
    FuzzyNumber [] actorWeight, FuzzyNumber [] ieWeight, Map<IntentionalElement, Integer>
    ieToPosition, Map<Actor, Integer> actorToPosition) {

    FuzzyNumber [][] WFNPM = new FuzzyNumber[NFPM.length][NFPM.length];

    for (Iterator<Actor> actorIterator = goalModel.getActors().iterator(); actorIterator.hasNext();
        Actor actor = (Actor) actorIterator.next();

        int actorP = actorToPosition.get(actor);

        for (Iterator<IntentionalElement> ieIterator = actor.getIntentionalelements().iterator();
            ieIterator.hasNext();
            {
                IntentionalElement ie = (IntentionalElement) ieIterator.next();

                int ieP = ieToPosition.get(ie);

                for (int i = 0; i < NFPM.length; i++) {
                    double n1 = NFPM[i][ieP].n1 * actorWeight[actorP].n1 * ieWeight[ieP].n1;
                    double n2 = NFPM[i][ieP].n2 * actorWeight[actorP].n2 * ieWeight[ieP].n2;
                    double n3 = NFPM[i][ieP].n3 * actorWeight[actorP].n3 * ieWeight[ieP].n3;

                    WFNPM[i][ieP] = new FuzzyNumber(n1, n2, n3);
                }
            }
        }

    return WFNPM;
}
```

El quinto paso corresponde con determinar la solución ideal positiva fuzzy (FPIS) y la solución ideal negativa fuzzy (FNIS) para cada criterio. Este paso difiere del procedimiento habitual empleado para calcular FTOPSIS, por un lado el FPIS de todos los criterios es el impacto del criterio sobre sí mismo (debido a MAX) y el FNIS para todos los criterios es 0, esto los utilizamos para la parte de trazabilidad y nos permite identificar los impactos negativos.

El sexto paso donde se calcula la distancia euclídea de cada alternativa al FPIS y FNIS para cada criterio y el paso séptimo donde se calcula el coeficiente de proximidad (CC) para cada alternativa se realizan simultáneamente. La técnica realiza una variación de estos pasos donde en vez de calcular el CC para cada alternativa (teniendo en cuenta todos los criterios) calcula el CC individual de cada alternativa para cada criterio y luego se suma. Esta variación da el mismo resultado para el CC final, pero los resultados individuales ayuda con la trazabilidad así como también ayuda a evitar problemas de precisión que ocurren cuando se trabaja con números con muchos decimales en ordenadores. El código empleado para calcular el CC individual muestra en Código 5.16.

Código 5.16: Cálculo del coeficiente de proximidad (CC) individual de cada elemento intencional.

```
public static double[][] calculateValueToCriteria(FuzzyNumber[][] FPIS_FNIS, double[][] distanceFNIS)
{
    double total = 0;

    for (int i = 0; i < FPIS_FNIS[0].length; i++) {
        double distance = FuzzyNumber.euclideanDistance(FPIS_FNIS[0][i],
            FPIS_FNIS[1][i]);
        total = total + distance;
    }

    double[][] valueToCriteria = new double[distanceFNIS.length][distanceFNIS.length];

    for (int i = 0; i < distanceFNIS.length; i++) {
        for (int j = 0; j < distanceFNIS.length; j++) {
            valueToCriteria[i][j] = (distanceFNIS[i][j] / total) * 100;
        }
    }

    return valueToCriteria;
}
```

Una vez realizados los pasos sexto y séptimo utilizamos la tabla de los CC individuales para resolver las descomposiciones de tipo OR y XOR, y calcular el valor. La resolución de las descomposiciones consiste en que el elemento padre obtenga valor del elemento hijo de mayor valor. En cuanto al cálculo del valor se utiliza la tabla para calcular dos tipos de valor.

Por un lado, siguiendo el procedimiento habitual donde se suman todos los CC calculamos el **Valor Global** el cual indica cuánto valor aporta cada elemento intencional teniendo en cuenta a todos los actores. Por otro lado, calculamos el **Valor Local**, que indica cuánto valor aporta cada elemento intencional para el actor al que pertenece. Para el cálculo del valor local solamente se suma el CC de aquellos criterios del actor al que pertenece el elemento intencional. El código empleado para calcular el valor local y global de cada elemento intencional en base al CC individual calculado previamente se muestra en Código 5.17.

Código 5.17: Extracto del cálculo del valor local y global.

```
public static GoalModel calculateValue(GoalModel goalModel, Map<Integer, IntentionalElement> positionToIE, double[][] value2Criteria) {
    for (int i=0; i<positionToIE.size(); i++) {
        IntentionalElement ie = positionToIE.get(i);
        double localValue = 0;
        double globalValue = 0;

        for (int j=0; j<positionToIE.size(); j++) {
            if (value2Criteria[i][j] == 0)
                continue;

            globalValue+=value2Criteria[i][j];

            IntentionalElement criteria = positionToIE.get(j);

            if (ie.getActor().equals(criteria.getActor()))
                localValue+=value2Criteria[i][j];
        }

        ie.setLocalValue(localValue);
        ie.setGlobalValue(globalValue);
    }

    return goalModel;
}
```

La Figura 5.4 muestra el resultado de la actividad de *Propagación* realizada por la herramienta. La tabla de la parte superior corresponde con el análisis de los elementos intencionales del actor Lector, y la tabla de la parte inferior con el análisis de los elementos intencionales del actor Autor.

La estructura de ambas tablas es la siguiente: La primera columna indica el elemento intencional que se analiza así como el tipo de elemento G = Goal, S = SoftGoal y T = Task. La segunda y tercera columna corresponde con el nivel de importancia y el nivel de confianza asignados a ese elemento intencional durante la actividad de *Priorización*. La cuarta y quinta columna corresponde con el valor local y valor global que calcula la técnica. Las columnas sexta y séptima corresponden con la trazabilidad del valor, donde la sexta columna muestra el valor que aporta a los elementos intencionales del mismo actor y la séptima columna muestra el valor que aporta a elementos intencionales de otros actores. La octava columna corresponde con la actividad de *Evaluación* y es el nivel de satisfacción del valor calculado.

The screenshot shows the VeGAn software interface. At the top, there is a menu bar (File, Settings, Help) and a toolbar with icons for file operations and analysis. Below the toolbar, the interface displays two tables of intentional elements.

**Actor: Lector ( Importance level: Very High, Confidence level: Confident )**

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor	Evaluation
Leer libros (G)	Very High	Confident	38.82	38.82	24.4 - Leer libros (G) 14.42 - Bajo Coste (S)	None	Strongly Agree
Libro en papel (T)	Medium	Confident	21.09	21.09	13.2 - Libro en papel (T) 7.89 - Bajo Coste (S)	None	Agree
Kindle (T)	Low	Possibly More	25.62	25.62	11.21 - Kindle (T) 14.42 - Bajo Coste (S)	None	Agree
Bajo Coste (S)	High	Possibly Less	18.16	18.16	18.16 - Bajo Coste (S)	None	Disagree

**Actor: Autor ( Importance level: High, Confidence level: Possibly More )**

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor	Evaluation
Publicar Libro (G)	Very High	Confident	87.47	46.14	22.99 - Publicar Libro (G) 17.34 - Aumentar lectores (S) 5.81 - Beneficios (S)	24.4 - Leer libros (G) 16.93 - Bajo Coste (S)	Strongly Agree
Libro en papel (T)	Medium	Possibly Less	70.86	29.53	9.59 - Libro en papel (T) 9.55 - Aumentar lectores (S) 10.39 - Beneficios (S)	24.4 - Leer libros (G) 16.93 - Bajo Coste (S)	Agree
Kindle (T)	Medium	Possibly More	77.88	36.55	13.4 - Kindle (T) 17.34 - Aumentar lectores (S) 5.81 - Beneficios (S)	24.4 - Leer libros (G) 16.93 - Bajo Coste (S)	Agree
Aumentar lectores (S)	Very High	Possibly Less	29.77	29.77	21.68 - Aumentar lectores (S) 8.08 - Beneficios (S)	None	Agree
Beneficios (S)	Low	Possibly More	12.76	12.76	12.76 - Beneficios (S)	None	Neutral

Actors: 2, Intentional Elements: 9

Figura 5.4: Propagación de Kindle en la herramienta VeGAn-Tool.

### 5.4.3. Evaluación

La tercera actividad de VeGAN es la *Evaluación*, donde se evalúa el valor calculado en la actividad de *Propagación* mediante la asignación de un nivel de satisfacción a cada uno de los elementos intencionales. Al igual que con la actividad de *Priorización* el objetivo de esta actividad está centrada en la interfaz del usuario y su experiencia.

La *Evaluación* se ha mostrado anteriormente en la Figura 5.4 correspondiendo con la columna 8 de cada tabla. Esta columna se puede mostrar u ocultar mediante Settings → Show evaluation y también resalta las celdas en rojo cuando un elemento no ha sido evaluado.

La actividad de *Evaluación* es la última actividad de VeGAN y cuyo propósito es el de evaluar los resultados, pero como se comentaba en el capítulo anterior, la técnica es iterativa de forma que una vez realizada la actividad de *Evaluación* se puede o bien finalizar la técnica si se está satisfecho con los resultados o refinar las prioridades asignadas en base a los resultados obtenidos de la satisfacción.

### 5.4.4. Otras funcionalidades

La principal funcionalidad de la herramienta es el análisis de modelos de objetivos mediante valor, para lo cual calcula tanto el valor local como el valor global. El resto de funcionalidades de la herramienta derivan de la funcionalidad principal:

El resto de funcionalidades se derivan de esto. Por ejemplo: i) información sobre de dónde proviene el valor que aporta; ii) ordenar objetivos por valor y iii) almacenar la evolución de importancia y valor.

- Evolución del valor: Cada vez que la herramienta realiza la propagación almacena en el modelo de objetivos (archivo XMI) toda la información sobre la propagación. Esta información incluye tanto los niveles de importancia y confianza asignados como el valor resultante y de dónde proviene. Gracias a almacenar toda esta información es posible observar cómo el valor va evolucionando en base a los cambios de las preferencias de los stakeholders.
- Ordenar por columna: La herramienta permite al usuario ordenar los datos del análisis dada una columna concreta. Esta funcionalidad puede ser de utilidad para identificar aquellos elementos que aportan más valor global o al valor local.
- Importar modelo de piStar: Como se ha comentado previamente, la herramienta permite importar modelos de objetivos de la herramienta de piStar en vez de tener que generarlos manualmente.
- Cargar imagen: La herramienta permite cargar una imagen que será mostrada en la parte superior o inferior (opciones), esto es de utilidad para poder observar la representación gráfica del modelo de objetivos que se está analizando en vez de simplemente listar los elementos intencionales que tiene cada actor.
- Cambiar diseño de la interfaz: La herramienta permite cambiar el diseño general de la interfaz de acuerdo con los gustos del usuario.

## 5.5. Validación de VeGAN-tool

Con el fin de validar el correcto funcionamiento de la herramienta se han empleado principalmente pruebas unitarias comprobando el correcto funcionamiento de métodos concretos así como el de métodos que interaccionan entre sí.

Las pruebas están divididas en 4 módulos:

- Pruebas de números fuzzy: Corresponden con aquellas pruebas relacionadas con la clase de FuzzyNumber. Las pruebas incluyen, prueba de creación de números fuzzy, prueba de fuzzificación y saturación, prueba de polarización, prueba de igualdad entre números fuzzy y prueba de cálculo de la distancia euclídea entre números fuzzy.
- Pruebas de propagación: Corresponden con aquellas pruebas relacionadas con la clase Propagación que hace referencia a la propagación de enlaces. Las pruebas incluyen pruebas para la propagación individual de cada tipo de enlace así como también una prueba para un modelo que contiene todos los tipos de enlaces relacionados entre sí. También incluye una prueba cuyo propósito es comprobar que la propagación se realiza en el orden correcto (se debe comprobar manualmente).
- Pruebas de propagación fuzzy: Corresponden con pruebas de la interacción de las clases Fuzzy Number y propagación. Son las mismas pruebas que la propagación pero incluyendo fuzzificando y saturando tras las propagación para validar la interacción entre ambas clases.
- Pruebas de FTOPSIS: Corresponde con aquellas pruebas relacionadas con la clase FTOPSIS que hace referencia a la técnica de FTOPSIS. Las pruebas incluyen el refinamiento de entradas de FTOPSIS (cálculo de los pesos de los criterios, jerarquización de los criterios y de la matriz de rendimiento), pruebas de los distintos pasos del procedimiento de FTOPSIS (normalización, ponderación, FTOPSIS y FNIS, distancia euclídea, valor local, valor global) así como pruebas sobre modelos de objetivos concretos que han sido analizados manualmente.

A la hora de realizar las pruebas unitarias hemos utilizado tres tipos de valores de datos distintos atendiendo a qué se quería validar:

- Concretos: Se proporciona tanto los valores de entrada como los valores de salida esperados, se han utilizado por ejemplo para comprobar la fuzzificación.
- Partes de modelos de objetivos: Se proporciona un modelo de objetivos compuesto únicamente por aquellos componentes que se desean validar y cuyo resultado esperado ha sido calculado manualmente, se han utilizado por ejemplo para comprobar la propagación de tipos de enlaces concretos.
- Modelos de objetivos: Se proporciona un modelo de objetivos completo que ha sido analizado manualmente, se han utilizado por ejemplo para comprobar el correcto cálculo del valor global.

En resumen, la herramienta ha sido validada mediante el uso de pruebas unitarias que han incluido pruebas de métodos concretos, pruebas de interacción entre métodos, y pruebas de analizar un modelo de objetivos en su totalidad. Además, las pruebas emplean desde datos de entrada diseñados para probar ciertos casos concretos, como partes de modelos de objetivos y modelos de objetivos en su totalidad.

En los siguientes capítulo de la tesis se muestra que la herramienta no ha sido solamente validada mediante pruebas unitarias sino que también ha sido utilizada en un estudio de caso por expertos con el fin de identificar posibles problemas y validar la técnica y en un experimento con muchos usuarios que han empleado la herramienta.

## 5.6. Conclusiones

En este capítulo se ha presentado la herramienta que da soporte tecnológico a VeGAN, la técnica de análisis de modelos de objetivos presentada en esta tesis doctoral. La herramienta implementa todas las actividades de VeGAN *Priorización, Propagación y Evaluación* automatizando el análisis del modelo de objetivos mediante VeGAN cuya ejecución manual puede ser compleja y requerir mucho tiempo.

La herramienta no solo implementa la técnica sino que también ofrece ciertas funcionalidades que son de utilidad para la técnica, como puede ser la validación de que todos los datos han sido priorizados durante la actividad de *Priorización* o poder ordenar los resultados según la columna que se desee. Además, la herramienta ofrece interoperabilidad con piStar de forma que es posible importar modelos desde esa herramienta.

Con tal de validar el correcto funcionamiento de la herramienta y su implementación de la técnica esta ha sido probada mediante el uso de pruebas unitarias que incluyen tanto pruebas sobre pruebas de métodos concretos como pruebas de interacción entre métodos, y pruebas de analizar un modelo de objetivos en su totalidad.

Debido a que la herramienta desarrollada es un prototipo cuyo propósito es el de automatizar la técnica de VeGAN hay ciertas mejoras que podrían realizarse en la herramienta como puede ser añadir interoperabilidad con más herramientas, cambiar la forma de visualizar el valor o poder comparar distintas iteraciones de la técnica entre sí. En la [sección 8.4](#) se explica con mayor detalle el posible trabajo futuro que podría realizarse en la herramienta.



## Capítulo 6

# Estudio de caso

La viabilidad de un artefacto puede evaluarse de muchas formas distintas tales como estudios de caso, simulaciones, pruebas, etc. En esta tesis se ha realizado un estudio de caso para evaluar la viabilidad de VeGAn como técnica de análisis de modelos de objetivos. Los estudios de caso son estudios de campo u observacionales que permiten estudiar un fenómeno de ingeniería de software en su contexto real, de forma exploratoria, no estando claramente definidos los límites entre el fenómeno y el contexto. Este tipo de método se basa en varias fuentes de evidencia (datos cuantitativos y cualitativos).

La evaluación descrita en este capítulo ha sido realizada siguiendo las guías propuestas por Runeson et al. [10] las cuales tienen los siguientes pasos:

1. **Diseño del estudio de caso:** Se definen los objetivos y se planea el/los casos y la unidad de análisis (objeto de estudio) y las preguntas de investigación.
2. **Preparación para la recolección de datos:** Se definen los procedimientos y protocolos para la recolección de datos. Hay tres categorías de métodos para la recolección de datos [139]: Directos (p.ej. entrevistas), indirectos (p.ej. uso de herramientas) e independientes (p.ej. análisis de documentación). En este trabajo, se utiliza los tres tipos.
3. **Recolección de datos:** Se identifican y se recogen de datos.
4. **Análisis de los datos recolectados:** Se analizan los datos recolectados en los pasos previos para contestar a las preguntas de investigación planteadas.

En particular, se ha realizado un estudio de caso holístico, con un diseño de caso múltiple [8], en el que se ha aplicado VeGAn en el análisis de dos modelos de objetivos que han sido desarrollados previamente en dos contextos distintos. El estudio ha sido llevado a cabo por dos investigadores y los resultados obtenidos han sido analizados por cuatro analistas de requisitos con experiencia en el ámbito de análisis de modelos de objetivos (cada analista ha analizado los resultados de un único caso).

Los datos cuantitativos se han conseguido a través de la ejecución de los casos por parte de los investigadores mediante el uso de la herramienta que automatiza VeGAn y la

posterior revisión de la documentación generada por parte de los analistas, mientras que la información cualitativa se ha obtenido a través de entrevistas realizadas con los analistas involucrados en el estudio. Durante estas entrevistas, se ha obtenido información sobre la opinión de los analistas acerca de la utilidad de VeGAN.

Debido a que se describen dos casos distintos pero que comparten el mismo diseño y preparación, las primeras dos subsecciones (Diseño y Preparación) son conjuntas para ambos casos mientras que las dos subsecciones siguientes (Recolección y Análisis) son específicas para cada caso.

Este capítulo está estructurado siguiendo la guía anteriormente mencionada:

La sección 6.1 introduce el diseño del estudio de caso explicando entre otros el objetivo del estudio, la selección de los casos, unidades de análisis y las preguntas de investigación.

La sección 6.2 explica la preparación para la recolección de los datos explicando qué hicieron los investigadores y los analistas, así como también los materiales que han utilizado.

La sección 6.3 muestra la recolección de los datos donde se muestra el análisis de los modelos de objetivos por parte de los investigadores e introduce la lista de control empleada por los analistas para validar el análisis de los investigadores.

La sección 6.4 muestra el análisis de los datos recolectados donde los analistas verifican los datos de los investigadores revisando los cálculos paso por paso y rellenando la lista de control. La sección 6.5 muestra el diseño y los resultados de la entrevista realizada a los analistas.

La sección 6.6 responde a las preguntas de investigación planteadas en base al análisis de los resultados realizado así como también discute las preguntas de la entrevista y la sugerencias realizadas en la lista de control y en las entrevistas.

La sección 6.7 explica las posibles amenazas a la validez de los resultados del estudio realizado.

Por último, la sección 6.8 sintetiza los resultados obtenidos en el estudio.

## 6.1. Diseño del estudio de caso

Robson [7] sugiere que el plan de un estudio de caso debe contener al menos los siguientes elementos: Objetivo (objetivo del estudio), el caso (qué se analiza) preguntas de investigación (qué se quiere saber), métodos (cómo se va a recolectar los datos) y selección de la estrategia (dónde buscar los datos).

El objetivo de este estudio de caso es evaluar la viabilidad de VeGAN mediante su uso para el análisis de modelos de objetivos. La técnica se aplica a dos modelos de objetivos que han sido desarrollados previamente en dos contextos (organizaciones) distintas. Por lo tanto, según Yin [8] podemos clasificar el diseño de este estudio como "estudio de caso múltiple" con dos casos (ver Figura 6.1). La razón por la cual se ha optado por emplear dos casos diferentes es para reducir el efecto de dominio y mitigar una posible amenaza externa.

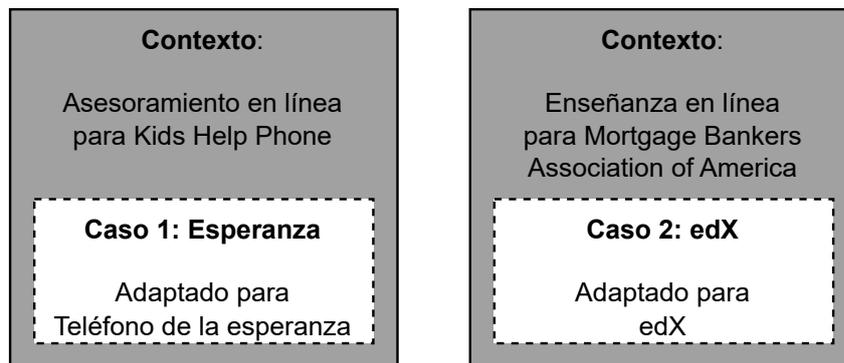


Figura 6.1: Estudio de caso múltiple.

Los casos seleccionados fueron los siguientes:

- **Caso 1: Esperanza:** Este caso es una adaptación del estudio realizado por Hor-koff y Yu [4], donde el objetivo del sistema es ofrecer a los usuarios un servicio de asesoramiento en línea para quienes atraviesan una crisis. El contexto del estudio original es el de un sistema de asesoramiento a jóvenes desarrollado para una organización canadiense sin ánimo de lucro llamada "Kids Help Phone". Dicho sistema ha sido adaptado a la organización sin ánimo de lucro "Teléfono de la Esperanza" para ofrecer asesoramiento a usuarios que necesitan ayuda.
- **Caso 2: edX:** Este caso es una adaptación del estudio de Lin y Yu [140] basado en [141], donde el objetivo del sistema es proporcionar una plataforma de educación en línea que facilite el acceso a la educación. El contexto del estudio original es el de un sistema de enseñanza en línea para Mortgage Bankers Association of America (MBA) [141]. Dicho sistema ha sido adaptado a la organización "edX" para ofrecer una plataforma de enseñanza en línea a sus usuarios.

Las preguntas de investigación (PI) que se abordan son:

- PI1: ¿Permite la técnica VeGAn obtener el valor de los elementos intencionales de un Modelo Objetivo de forma sistemática y coherente?
- PI2: ¿Qué limitaciones presenta la técnica VeGAn?

Se trata de un estudio de caso holístico [8], donde los dos casos se estudian como un todo, y la estrategia de selección utilizada es paradigmática [142], donde los casos corresponden a la situación típica en la que se usaría la técnica. Cada uno de los casos han sido realizados por un investigador y evaluados por dos analistas profesionales. Sin embargo, para minimizar un posible sesgo del investigador (*research bias*) los resultados de la aplicación de la técnica por parte del investigador han sido verificados por un investigador independiente, con experiencia en modelado de objetivos. En caso de discrepancias en la aplicación de los pasos de la técnica, se han discutido y se ha llegado a un consenso.

Para la recolección de datos se han empleado las tres posibles metodologías de recolección [139] de datos: directa, indirecta e independiente. Primeramente los investigadores han ejecutado el proceso de VeGAn mediante el uso de herramientas (recolección indirecta) y han generado documentación sobre el proceso. A continuación, los analistas han hecho uso de la documentación proveída por los investigadores para verificar la técnica (recolección independiente). Por último, se han realizado entrevistas a los analistas para obtener retroalimentación (*feedback*) sobre la técnica. En concreto, se han organizado talleres para que los analistas pudiesen comprobar los resultados de la aplicación del método de análisis de modelos de objetivos y a continuación se realizaron las entrevistas con los analistas para conocer su opinión sobre la utilidad de VeGAn.

Dos analistas verificaron los resultados de cada caso, haciendo un total de 4 analistas. Todos los participantes tenían al menos 3 años de experiencia previa en el análisis de modelos de objetivos. Los investigadores tenían contacto con uno de ellos (Participante 2) y los demás fueron reclutados mediante el muestreo de bola de nieve. El muestreo de bola de nieve es un tipo de muestreo no probabilístico que se utiliza cuando los participantes potenciales son difíciles de encontrar o si la muestra está limitada a un grupo pequeño de la población, como es el caso de los expertos en modelado de objetivos. La Tabla 6.1 muestra una descripción general del perfil de los participantes.

Tabla 6.1: Descripción general del *background* de los participantes.

Participante	Experiencia	Categoría
1	3 años	Industria
2	10 años	Academia
3	4 años	Academia
4	7.5 años	Industria

Como ya se ha mencionado, para que los participantes pudieran comprobar que la técnica propuesta es sistemática y coherente, éstos deben verificar el algoritmo soportado por VeGAn y los cálculos realizados por los investigadores. Para ello, los investigadores

deben aplicar la técnica VeGAN (usando la herramienta de soporte) a los modelos de objetivos seleccionados y proporcionar a los analistas todos los datos de entrada así como los resultados obtenidos.

Esto ha permitido realizar una validación estática de la propuesta de análisis de modelos de objetivos y validar el algoritmo soportado por la técnica.

## 6.2. Preparación para la recolección de datos

Primeramente los investigadores han aplicado VeGAN para analizar los modelos de objetivos seleccionados y obtener el valor de sus elementos intencionales. Para ello, tenían disponible las guías de aplicación de la técnica, la herramienta que da soporte tecnológico a la misma, el modelo de objetivos a analizar con una descripción del mismo, y un fichero para cada uno de los stakeholders (actores) del modelo conteniendo una descripción de su perfil según la técnica Persona<sup>1</sup> [143] para ayudar al analista a entender el punto de vista de dicho stakeholder al priorizar los elementos intencionales.

Para la recolección, uno de los investigadores debe emplear la técnica para realizar el análisis de cada modelo de objetivos. Tras hacerlo, un investigador independiente realiza la aplicación de la técnica a los mismos casos para comprobar que VeGAN ha sido aplicada correctamente. Los resultados de ambos investigadores se comparan. En caso de discrepancias, éstas se resuelven por consenso. La aplicación de la técnica consta de tres actividades: *Priorización*, *Propagación* y *Evaluación*.

En la actividad de *Priorización*, el investigador debe asignar un nivel de importancia y un nivel de confianza a cada uno de los actores y elementos intencionales del modelo de objetivos proveído. Los ficheros proporcionados con la descripción del perfil de los stakeholders ayudan a los investigadores a realizar esta priorización desde el punto de vista de los stakeholders.

En la actividad de *Propagación*, el investigador debe propagar el nivel de importancia y confianza asignados en la actividad de *Priorización* a través de las relaciones del modelo de objetivos. Para este fin, los investigadores deben emplear la herramienta y seleccionar la funcionalidad correspondiente a la propagación. La herramienta se encarga automáticamente de aplicar todas las fórmulas y el algoritmo definido para calcular el valor de cada actor y elemento intencional del modelo correspondiente.

Por último, en la actividad de *Evaluación*, el investigador debe indicar cómo de satisfecho está con los resultados obtenidos. Con tal de hacer esto, se debe indicar el nivel de satisfacción del valor obtenido para cada elemento intencional teniendo en cuenta nuevamente la descripción del perfil de los stakeholders.

Una vez los investigadores han realizado el análisis de cada caso deberán exportar los resultados obtenidos a un fichero CSV con el detalle final (datos de entrada, salida y de

---

<sup>1</sup>La técnica Persona consiste en utilizar una representación prototípica que permite la comprensión de los objetivos, motivaciones, formas de pensar y comportamientos de los actores del sistema por parte de los analistas y/o ingeniero de requisitos. Cada persona suele consistir en una ficha que recoge una serie de características de un actor concreto (nombre, datos sociodemográficos, motivaciones, metas y frustraciones, etc.) que influyen en su uso con el sistema.

trazabilidad), así como también los datos intermedios obtenidos a cada paso del algoritmo de automatización de la técnica.

A continuación, se realiza un taller para entrenar a los analistas en la técnica VeGAN para lo cual se les explica la técnica, se les proporciona material sobre la misma, y se realiza con ellos la aplicación de la técnica a un caso distinto a los empleados en este estudio. En particular, se ha usado en esta fase un sistema de Lectura y Gestión de Libros Electrónicos que ha sido mostrado previamente como ejemplo en el [capítulo 4](#).

Después del entrenamiento a los analistas, se les proporciona la documentación del caso que les corresponde (modelo de objetivos, descripción del modelo, ficheros con la descripción de perfiles de stakeholders) y el fichero CSV que contiene los resultados del análisis realizado por los investigadores. Se les pide que comprueben lo siguiente:

- Si los valores proporcionados por los investigadores en la actividad de Priorización son coherentes con el propósito del sistema de acuerdo al perfil de los stakeholders;
- Si los datos intermedios y finales obtenidos en cada paso del algoritmo que emplea la técnica en la actividad de Propagación son correctos;
- Si están de acuerdo con las valoraciones proporcionadas por los investigadores en la actividad de Evaluación.

La comprobación realizada por parte de los analistas se recoge en un formulario (lista de control) donde tienen que indicar si cada paso de la técnica se ha aplicado correctamente. El formulario también proporciona un campo de comentario para cada actividad del método de forma que los analistas puedan proporcionar retroalimentación sobre la técnica. Estos resultados permitirán contestar a las preguntas de investigación y, por tanto, determinar si la técnica es coherente y sistemática, además de identificar posibles aspectos de mejora.

En el [Anexo A](#) se muestra un extracto del material empleado en el estudio de caso. Entre el material mostrado en el anexo se encuentran ambos casos (Esperanza y edX) descritos con mayor detalle, las fichas con los perfiles de los stakeholders usando la técnica Persona, la lista de control, las guías empleadas y la depuración del caso de edX con la información de entrada y salida de cada paso de la técnica. A los investigadores se les proveyó los casos con las fichas de los perfiles de los stakeholders y la guía de VeGAN para investigadores (es menos detallada porque hacen uso de la herramienta. En cambio, a los analistas se les proveyó los casos con las fichas de los perfiles de los stakeholders, la lista de control y la guía de VeGAN con mayor detalle que la de los investigadores donde se proporciona información sobre cómo se realiza cada paso de la técnica. También se les proporcionó unos ficheros Excel para ayudarles a realizar los cálculos necesarios para la obtención de los valores de los elementos intencionales de los modelos de objetivo. El material completo se ha incluido como parte del [material del estudio de caso](#).

### 6.3. Recolección de datos

Esta sección muestra la recopilación de los datos obtenidos por parte de los investigadores y los analistas para los dos casos, con el apoyo de la herramienta de soporte.

#### 6.3.1. Caso 1: Esperanza

A continuación se muestran los resultados del análisis del modelo de objetivos del caso Esperanza. Estos resultados son los consensuados por los dos investigadores. El modelo de objetivos se muestra en la Figura 6.2, seguida de la descripción del mismo junto con un extracto de las actividades de priorización, propagación y evaluación realizadas por los investigadores. A continuación, se describe cómo se han obtenido los datos de los analistas.

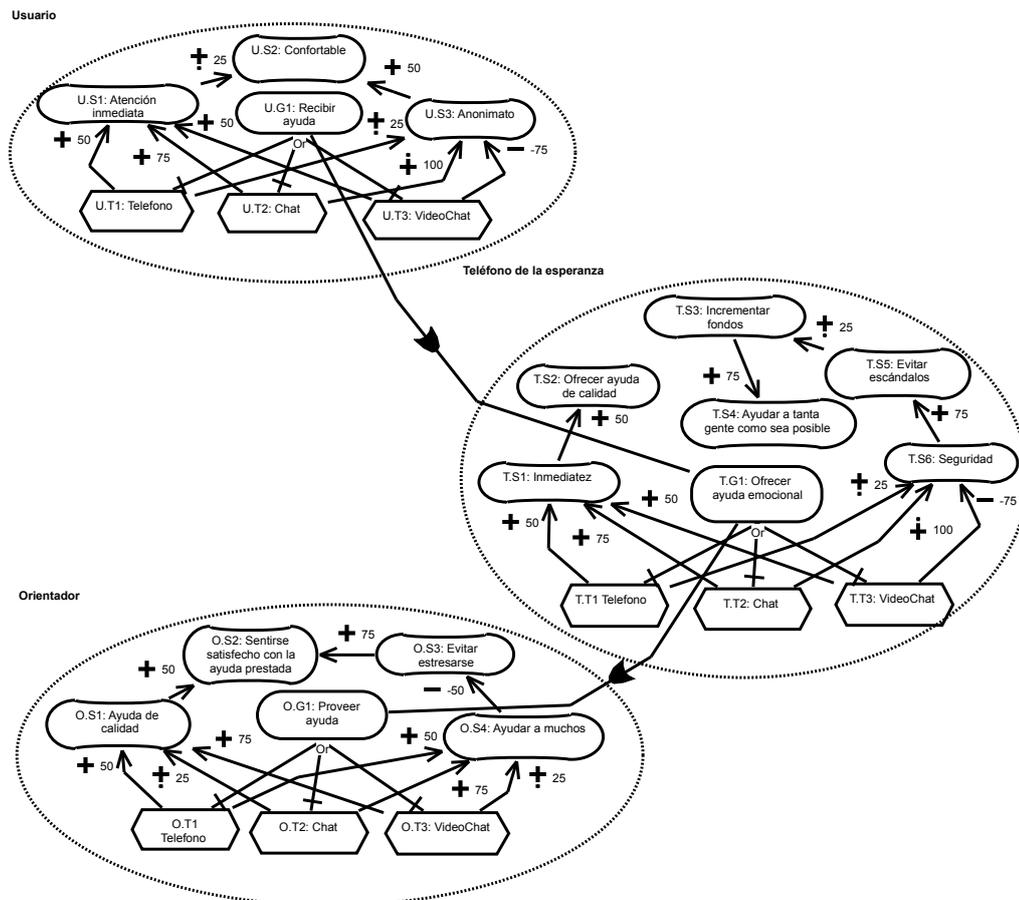


Figura 6.2: Modelo de objetivos de Esperanza, sistema de asesoramiento.

El modelo de objetivos describe una aplicación para ofrecer apoyo emocional a aquellas personas que lo necesitan. Hay tres stakeholders (actores): el *Usuario* que desea asesoramiento, el *Orientador* que ofrece el asesoramiento y la organización *Teléfono de la*

*esperanza* que proporciona la aplicación.

El objetivo del Usuario es Recibir ayuda (U.G1<sup>2</sup>) para lo cuál está interesado en recibir una *Atención inmediata* (U.S1), sentirse *Confortable* (U.S2) con el servicio y además desea *Anonimato* (U.S3). El objetivo del Orientador es *Proveer ayuda* (O.G1) lo que implica que está interesado en ofrecer *Ayuda de calidad* (O.S1) lo cuál le ayudará a *Sentirse satisfecho con la ayuda prestada* (O.S2) y también está interesado en *Ayudar a muchos* (O.S4) pero *Evitando estresarse* (O.S3) por ello.

La organización Teléfono de la esperanza está interesada en *Ofrecer ayuda emocional* (T.G1) con *Inmediatez* (T.S1) lo que implica *Ofrecer ayuda de calidad* (T.S2) así como también está interesada en garantizar la Seguridad (T.S6) del sistema con el fin de *Evitar escándalos* (T.S5) de forma que esto ayude a *Incrementar fondos* (T.S3) y así poder *Ayudar a tanta gente como sea posible* (T.S4).

A la hora de lograr los objetivos de los stakeholders (obtener ayuda, proveer asesoramiento y ofrecer ayuda emocional) la aplicación ofrece tres alternativas, o el asesoramiento es realizado mediante *Teléfono* (?T1), *Chat* (?T2) o *VideoChat* (?T3). Cada una de las alternativas con las cuales se pueden lograr los objetivos tienen distintos impactos sobre los intereses de los stakeholders. Este impacto es representado por las relaciones de contribución del modelo de objetivos, por ejemplo, usar un Videochat (O.T3) provee una mayor calidad de asesoramiento (O.S1) al Orientador.

La Figura 6.3 muestra un extracto de la priorización realizada por los investigadores, donde la primera tabla corresponde con la priorización de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza y la última tabla es la priorización de los actores.

Para realizar la priorización, los investigadores han tenido en cuenta el punto de vista de los stakeholders y asignaron las prioridades de acuerdo con sus preferencias gracias al documento que se les proveyó que contenía una descripción del perfil de los mismos según la técnica Persona.

Este documento ayudó a reducir la subjetividad de la priorización así como también a que hubiera un mayor consenso entre los investigadores que realizaron el análisis del modelo de objetivos. Por ejemplo, a la hora de priorizar el elemento intencional U.S1 (Atención inmediata) el perfil del stakeholder indica que es una persona paciente por lo que no es necesario que la atención sea inmediata, esto hace que la prioridad de este elemento pueda ser Media o Baja, pero estaría mal que fuera una prioridad Alta o Muy Alta, lo mismo ocurre con U.S3 (Anonimato) como el perfil indica que es una persona tímida y no desea que su información sea pública. Por lo tanto, este elemento intencional debería tener una prioridad Alta o Muy Alta.

---

<sup>2</sup>Cada elemento intencional está identificado como la inicial del actor, seguido por un "." y luego el identificador de ese elemento intencional. Por ejemplo, U.T1 hace referencia al actor Usuario y a la tarea T1 (Teléfono). El "?" como identificador de actor significa que es para cualquier actor ya que hay algunos elementos intencionales que son comunes para todos los actores.

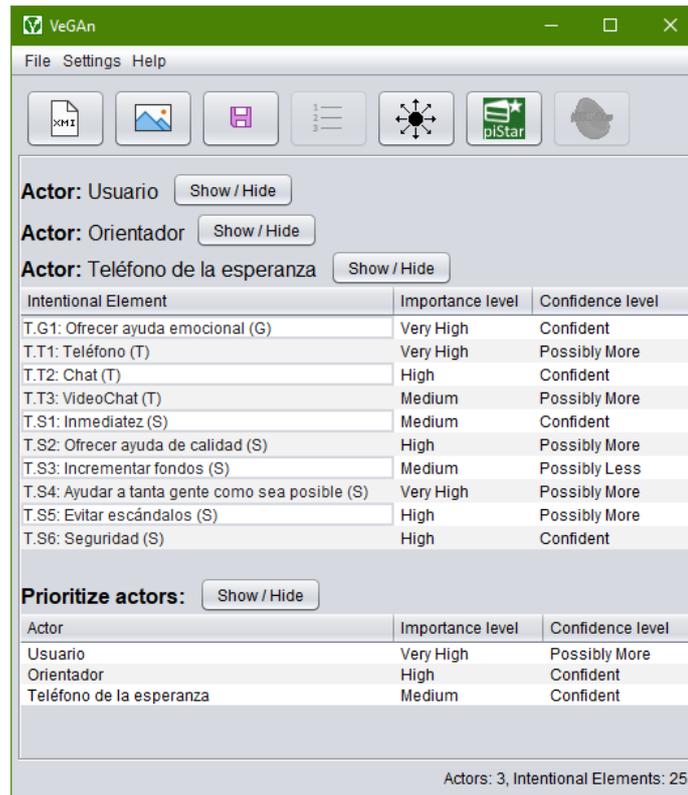


Figura 6.3: Priorización del estudio de caso Esperanza.

Una vez priorizados todos los elementos intencionales y actores, los investigadores han ejecutado la funcionalidad de propagación para que la herramienta realice los cálculos correspondientes.

El valor calculado se muestra en la Figura 6.4, columnas 4 y 5 (global value y local value), respectivamente. Por ejemplo, para el elemento intencional T.G1 (Ofrecer ayuda emocional) el valor global es de 61.13 y el valor local 25.88. El valor local se ha calculado a partir de los elementos intencionales del mismo actor, según se muestra en la columna 6 (*value intra-actor*). El valor global se ha calculado a partir del valor local sumado al valor de los elementos intencionales relacionados que pertenecen a otros actores, según se muestra en la columna 7 (*value inter-actor*).

**Actor: Teléfono de la esperanza ( Importance level: Medium, Confidence level: Confident )** Show / Hide

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor
T.G1: Ofrecer ayuda emocional (G)	Very High	Confident	61.13	25.88	4.95 - T.G1: Ofrecer ayuda emocional (G) 2.51 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 6.76 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.T1: Teléfono (T)	Very High	Possibly More	52.95	17.7	2.0 - T.T1: Teléfono (T) 1.94 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 3.58 - T.S5: Evitar escándalos (S) 4.62 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.T2: Chat (T)	High	Confident	57.74	22.5	1.56 - T.T2: Chat (T) 2.51 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 6.76 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.T3: VideoChat (T)	Medium	Possibly More	40.66	5.42	1.39 - T.T3: VideoChat (T) 1.94 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S1: Inmediatez (S)	Medium	Confident	24.72	13.23	3.15 - T.S1: Inmediatez (S) 2.92 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 1.16 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S)	High	Possibly More	23.35	11.87	4.7 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 1.16 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S3: Incrementar fondos (S)	Medium	Possibly Less	25.25	13.76	3.13 - T.S3: Incrementar fondos (S) 5.15 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S)	Very High	Possibly More	23.81	12.32	0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 6.31 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S5: Evitar escándalos (S)	High	Possibly More	25.53	14.04	1.62 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 7.1 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)
T.S6: Seguridad (S)	High	Confident	28.16	16.67	1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 7.09 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)

Actors: 3, Intentional Elements: 25

Figura 6.4: Propagación del estudio de caso Esperanza.

La última actividad de la técnica es la *Evaluación*, dónde los investigadores deben evaluar los resultados obtenidos tras realizar la *Propagación* indicando su grado de satisfacción en una escala Likert de cinco puntos que va desde "Totalmente de acuerdo" a "Totalmente en desacuerdo". Un extracto de los resultados de la evaluación se encuentra en la Figura 6.5, en la última columna (*Evaluation*). Por ejemplo, para el elemento intencional T.G1 (Ofrecer ayuda emocional) el investigador en la fase de priorización ha asignado *Very High* y *Confident* a sus niveles de importancia y confianza. Esto ha dado como resultado un valor global de 61,13 que representa el elemento de más relevancia del Modelo de Objetivos y como consecuencia el investigador ha asignado *Strongly Agree*, lo que indica que considera que el valor calculado es coherente con respecto a la información de entrada y la estructura del modelo de objetivos.

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor	Evaluation
T.G1: Ofrecer ayuda emocional (G)	Very High	Confident	61.13	25.88	4.95 - T.G1: Ofrecer ayuda emocional (G) 2.51 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 6.76 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Strongly Agree
T.T1: Teléfono (T)	Very High	Possibly More	52.95	17.7	2.0 - T.T1: Teléfono (T) 1.94 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 3.59 - T.S5: Evitar escándalos (S) 4.62 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.T2: Chat (T)	High	Confident	57.74	22.5	1.56 - T.T2: Chat (T) 2.51 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 6.76 - T.S6: Seguridad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.T3: VideoChat (T)	Medium	Possibly More	40.66	5.42	1.39 - T.T3: VideoChat (T) 1.94 - T.S1: Inmediatez (S) 2.08 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S)	8.95 - U.G1: Recibir ayuda (G) 4.5 - U.S1: Atención inmediata (S) 7.8 - U.S2: Confortable (S) 11.64 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Neutral
T.S1: Inmediatez (S)	Medium	Confident	24.72	13.23	3.15 - T.S1: Inmediatez (S) 2.92 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 1.16 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S)	High	Possibly More	23.35	11.87	4.7 - T.S2: Ofrecer ayuda de calidad (S) 0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 1.16 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.S3: Incrementar fondos (S)	Medium	Possibly Less	25.25	13.76	3.13 - T.S3: Incrementar fondos (S) 5.15 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Neutral
T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S)	Very High	Possibly More	23.81	12.32	0.52 - T.S3: Incrementar fondos (S) 6.31 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 2.48 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.S5: Evitar escándalos (S)	High	Possibly More	25.53	14.04	1.62 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 7.1 - T.S5: Evitar escándalos (S) 3.0 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree
T.S6: Seguridad (S)	High	Confident	28.16	16.67	1.16 - T.S3: Incrementar fondos (S) 2.32 - T.S4: Ayudar a tanta gente como sea posible (S) 6.09 - T.S5: Evitar escándalos (S) 7.09 - T.S6: Seguridad (S)	2.62 - U.S2: Confortable (S) 6.5 - U.S3: Anonimato (S) 0.98 - O.S2: Sentirse satisfecho con la ayuda prestada (S) 1.39 - O.S3: Evitar estresarse (S)	Agree

Figura 6.5: Evaluación de Esperanza.

Una vez finalizado el análisis de los modelos de objetivo el investigador depuró la herramienta con el fin de obtener todos los cálculos y pasos intermedios realizados por la misma y documentarlos para ser analizados a posteriori.

### 6.3.2. Caso 2: edX

A continuación se muestran los resultados del análisis del modelo de objetivos del caso edX. Estos resultados son los consensuados por los dos investigadores. El modelo de objetivos de edX se muestra en la Figura 6.6 y su descripción se muestra a continuación:

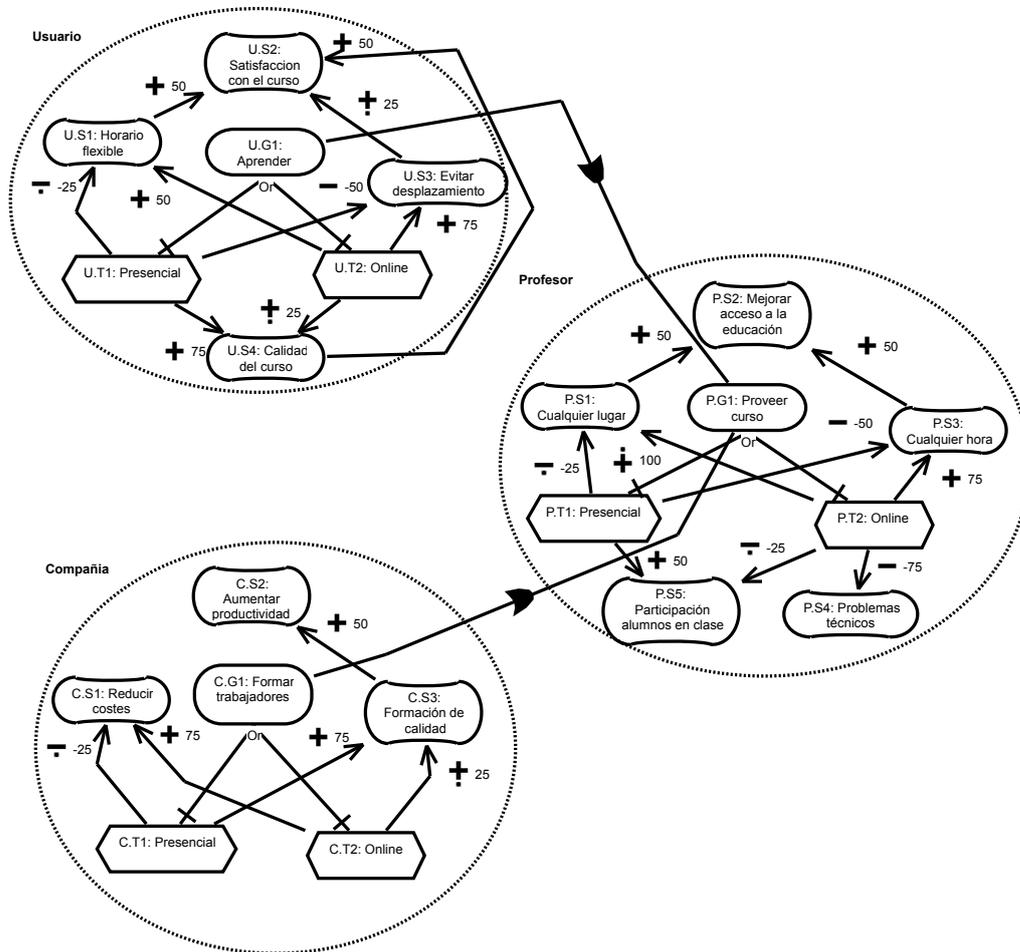


Figura 6.6: Modelo de objetivos de edX, plataforma de educación online.

El modelo de objetivos describe una aplicación de educación online que facilita el acceso a la educación. Hay tres stakeholders (actores): el *Usuario* que desea aprender, la *Compañía* que quiere entrenar a sus trabajadores y el *Profesor* que quiere proveer el curso.

El objetivo del Usuario es *Aprender* (U.G1<sup>3</sup>) para lo cual está interesado en la *Calidad del curso* (U.S4) lo cual le ayudará a sentirse *Satisfecho con el curso* (U.S2). Además, el Usuario también está interesado en tener *Horarios flexibles* (U.S1) con respecto al curso de forma que pueda realizarlo cuando más le convenga así como también la posibilidad de *Evitar el desplazamiento* (U.S3). El objetivo de la Compañía es *Formar a sus trabajadores* (C.G1) con tal de *Aumentar la productividad* (C.S2) para lo cual está interesado en proveer

*Formación de calidad* (C.S3) pero *Reduciendo los costes* (C.S1) si es posible. El objetivo del Profesor es *Proveer cursos* (P.G1) y está interesado en *Incrementar el acceso a la educación* (P.S2) por lo que ofrecer la posibilidad de que los estudiantes puedan tomar cursos a *Cualquier hora* (P.S3) y en *Cualquier lugar* (P.S1) le resulta interesante. Sin embargo, está preocupado por la *Participación de los alumnos en clase* (P.S5) y los posibles *Problemas técnicos* (P.S4) que podrían ocurrir.

A la hora de lograr los objetivos de los stakeholders (aprender, entrenar trabajadores y proveer curso) hay dos formas distintas de hacerlas, o se realiza de una forma *Presencial* (?T1) o de forma *Online* (?T2). Cada una de las alternativas con las cuales se pueden lograr los objetivos tienen distintos impactos sobre los intereses de los stakeholders. Este impacto es representado por las relaciones de contribución del modelo de objetivos, por ejemplo, proveer curso *Online* (P.T2) ayuda a proveer el curso a *Cualquier lugar* (P.S1) pero es más propenso a tener *Problemas técnicos* (P.S4).

La Figura 6.7 muestra un extracto de la priorización realizada por el investigador, donde la tabla superior corresponde con la priorización de los elementos intencionales del actor *Profesor* y la tabla inferior corresponde a la priorización de los actores del modelo de objetivos.

Para realizar la priorización, los investigadores han tenido en cuenta el punto de vista de los stakeholders y asignaron las prioridades de acuerdo con sus preferencias gracias al documento que se les proveyó que contenía una descripción del perfil de los mismos según la técnica *Persona*. Este documento ayudó a reducir la subjetividad de la priorización así como también a que hubiera un mayor consenso entre los investigadores que realizaron el análisis del modelo de objetivos. Por ejemplo, a la hora de priorizar el elemento intencional U.S4 (Calidad del curso) el perfil del stakeholder indica que es una persona meticulosa que se preocupa por todo por lo que es necesario que sea un curso de calidad haciendo que la prioridad de este elemento intencional deba ser *Alta* o *Muy Alta*, lo mismo sucede con el elemento intencional C.S1 (Reducir costes del a formación de trabajadores) ya el perfil proveído indica que es una de las necesidades de la empresa su prioridad debería ser *Alta* o *Muy Alta*.

---

<sup>3</sup>Cada elemento intencional está identificado como la inicial del actor, seguido por un "." y luego el identificador de ese elemento intencional. Por ejemplo, C.S2 hace referencia al actor *Compañía* y al objetivoSoft S2 (Aumentar la productividad). El "?" como identificador de actor significa que es para cualquier actor ya que hay algunos elementos intencionales que son comunes para todos los actores.

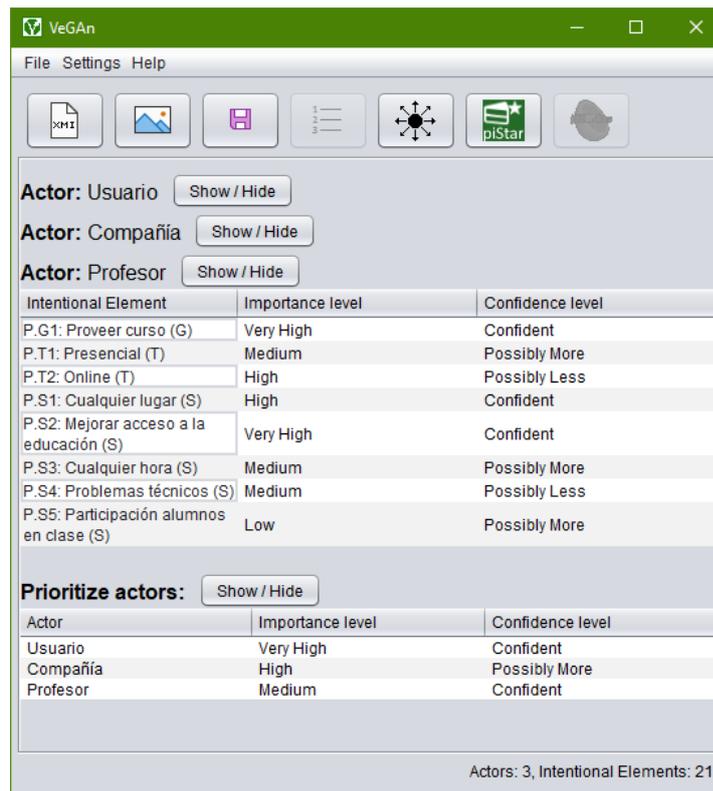


Figura 6.7: Priorización del estudio de caso edX.

Una vez priorizados todos los elementos intencionales y actores, los investigadores han ejecutado la funcionalidad de propagación para que la herramienta realice los cálculos correspondientes. El valor calculado se muestra en la Figura 6.8, columnas 4 y 5 (global value y local value), respectivamente. Por ejemplo, para el elemento intencional P.G1 (Proveer curso) el valor global es de 75,49 y el valor local 22,36. El valor local se ha calculado a partir de los elementos intencionales del mismo actor, según se muestra en la columna 6 (*value intra-actor*). El valor global se ha calculado a partir del valor local sumado al valor de los elementos intencionales relacionados que pertenecen a otros actores, según se muestra en la columna 7 (*value inter-actor*).

Actor: Profesor ( Importance level: Medium, Confidence level: Confident ) Show / Hide

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor
P.G1: Proveer curso (G)	Very High	Confident	75.49	22.36	5.21 - P.G1: Proveer curso (G) 5.5 - P.S1: Cualquier lugar (S) 6.59 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.06 - P.S3: Cualquier hora (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	60.31	7.19	2.6 - P.T1: Presencial (T) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 2.65 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less	72.89	19.76	2.61 - P.T2: Online (T) 5.5 - P.S1: Cualquier lugar (S) 6.59 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.06 - P.S3: Cualquier hora (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident	23.43	15.63	5.85 - P.S1: Cualquier lugar (S) 4.85 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	21.38	13.57	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 7.03 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	23.04	15.24	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 4.85 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.88 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	19.1	11.29	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 1.97 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 4.72 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More	19.12	11.31	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 1.97 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 3.77 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)

Actors: 3, Intentional Elements: 21

Figura 6.8: Propagación del estudio de caso edX.

La última actividad de la técnica es la *Evaluación*, dónde los investigadores deben evaluar los resultados obtenidos tras realizar la *Propagación* indicando su grado de satisfacción en una escala Likert de cinco puntos que va desde "Totalmente de acuerdo" a "Totalmente en desacuerdo". Un extracto de los resultados de la evaluación se encuentra en la Figura 6.9, en la última columna (*Evaluation*). Por ejemplo, para el elemento intencional P.G1 (Ofrecer ayuda emocional) el investigador en la fase de priorización ha asignado *Very High* y *Confident* a sus niveles de importancia y confianza. Esto ha dado como resultado un valor global de 75.49 que representa el elemento de más relevancia del Modelo de Objetivos y como consecuencia el investigador ha asignado *Strongly Agree*, lo que indica que considera que el valor calculado es coherente con respecto a la información de entrada y la estructura del modelo de objetivos.

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor	Value inter-actor	Evaluation
P.G1: Proveer curso (G)	Very High	Confident	75.49	22.36	5.21 - P.G1: Proveer curso (G) 5.5 - P.S1: Cualquier lugar (S) 6.59 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.06 - P.S3: Cualquier hora (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)	Agree
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	60.31	7.19	2.6 - P.T1: Presencial (T) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 2.65 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)	Agree
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less	72.89	19.76	2.61 - P.T2: Online (T) 5.5 - P.S1: Cualquier lugar (S) 6.59 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.06 - P.S3: Cualquier hora (S)	8.24 - U.G1: Aprender (G) 3.32 - U.S1: Horario flexible (S) 4.86 - U.S2: Satisfacción con el curso (S) 6.42 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 7.22 - U.S4: Calidad del curso (S) 7.78 - C.G1: Formar trabajadores (G) 6.04 - C.S1: Reducir costes (S) 4.61 - C.S2: Aumentar productividad (S) 4.63 - C.S3: Formación de calidad (S)	Strongly Agree
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident	23.43	15.63	5.85 - P.S1: Cualquier lugar (S) 4.85 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)	Agree
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	21.38	13.57	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 7.03 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)	Neutral
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	23.04	15.24	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 4.85 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.88 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)	Neutral
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	19.1	11.29	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 1.97 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 4.72 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)	Agree
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More	19.12	11.31	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 1.97 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 3.77 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)	1.57 - U.S1: Horario flexible (S) 3.87 - U.S3: Evitar desplazamiento (S) 2.36 - C.S1: Reducir costes (S)	Agree

Figura 6.9: Evaluación de edX.

Una vez finalizado el análisis de los modelos de objetivo el investigador depuró la

herramienta con el fin de obtener todos los cálculos y pasos intermedios realizados por la misma y documentarlos para ser analizados a posteriori.

### 6.3.3. Lista de control

Para la recolección de los datos por parte de los analistas estos deben rellenar un formulario con una lista de control que se muestra en el [Anexo A.4](#). La lista de control está estructurada según las actividades de VeGAn, siendo estas *Priorización*, *Propagación* y *Evaluación* que han sido mostradas previamente en la [Figura 4.1](#).

A la hora de rellenar la lista de control los analistas deben indicar para cada actividad y tarea si se ha ejecutado correctamente o no para lo cual deberán observar la documentación proporcionada y validar los cálculos realizados. Además, para cada sección de la lista los analistas disponen de un espacio de texto en blanco para que puedan añadir comentarios, sugerencias y/o posibles mejoras.

Durante la primera actividad de VeGAn, *Priorización*, los analistas deben hacer uso de los materiales proporcionados, verificar las prioridades (niveles de importancia y confianza) asignadas por los investigadores de acuerdo a las fichas del perfil de los stakeholders proporcionadas según la técnica Persona y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de priorizar (asignar niveles de importancia y de confianza) de los componentes del modelo de objetivos (actores y elementos intencionales)?
- ¿Es posible priorizar todos los actores y elementos intencionales de un modelo de objetivos?
- ¿Se ha priorizado correctamente los elementos intencionales de los actores según las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona?

En la segunda actividad, *Propagación*, los analistas deben verificar los pasos y cálculos realizados por la herramienta para calcular el valor que tiene cada elemento intencional. Para ello, a los analistas se les proporcionó un fichero CSV donde se mostraban las distintos datos de cada uno de los pasos de la técnica que tenían que comprobar.

Debido a la complejidad de la *Propagación*, la actividad está descompuesta en cinco tareas mostradas en la [Figura 4.3](#): 1) Fuzzificación de actores y elementos intencionales; 2) Polarización; 3) Propagación de enlaces; 4) Fuzzificación de la propagación y 5) Cálculo del valor.

En la primera tarea de la actividad de *Propagación* (*Fuzzificación de actores y elementos intencionales*) los analistas deben verificar que los niveles de importancia asignados durante la actividad de *Priorización* han sido correctamente fuzzificados y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de transformar una importancia en un número fuzzy?

- ¿Es posible calcular el número fuzzy de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia?
- ¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los **actores**?
- ¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los **elementos intencionales**?

En la segunda tarea de la actividad de *Propagación (Polarización)* los analistas deben verificar que se han polarizado (reducido el grado de incertidumbre) correctamente los números fuzzy de la tarea anterior de acuerdo a los niveles de confianza y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de polarizar el nivel de importancia fuzzy mediante el nivel de confianza para reducir la incertidumbre del número fuzzy?
- ¿Es posible calcular el número fuzzy polarizado de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia y confianza?
- ¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los **actores**?
- ¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los **elementos intencionales**?

En la tercera tarea de la actividad de *Propagación (Propagación de enlaces)* los analistas deben verificar que se ha creado correctamente la matriz de rendimiento (matriz que representa los impactos que tienen los elementos intencionales entre sí) y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de crear la matriz de rendimiento de un modelo de objetivos?
- ¿Es posible crear una matriz de rendimiento a partir de un modelo de objetivos?
- ¿Se han propagado correctamente las **relaciones directas (impactos directos)** entre los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?
- ¿Se han propagado correctamente las **relaciones indirectas (impactos indirectos)** entre los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?

En la cuarta tarea de la actividad de *Propagación (Fuzzificación de la propagación)* los analistas deben verificar que se ha fuzzificado (transformación a números fuzzy) correctamente los impactos de la matriz de rendimiento de la tarea anterior y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de transformar un impacto de la matriz de rendimiento a un número fuzzy?
- ¿Es posible calcular el número fuzzy de todos los impactos de una matriz de rendimiento?
- ¿Se han fuzzificado correctamente los impactos representados en la matriz de rendimiento?

La quinta y última tarea de la actividad de *Propagación (Cálculo del valor)* corresponde con el cálculo del valor de los elementos intencionales mediante la técnica de FHTOPSIS (*Fuzzy Hierarchical Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution*) [136]. Debido a la complejidad de esta tarea, se ha dividido en cinco pasos: *Refinamiento de la entrada, Normalización, Ponderación, Cálculo de FPIS y FNIS, Cálculo de la distancia euclídea y Cálculo del coeficiente de proximidad*.

El primer paso de la quinta tarea (*Cálculo del coeficiente de proximidad*) de la actividad de *Propagación* es el *Refinamiento de la entrada* donde los analistas deben verificar que se ha refinado correctamente los datos calculados previamente para que tenga en cuenta que existe una jerarquía de elementos intencionales y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?
- ¿Es posible integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y elementos intencionales de una matriz de rendimiento si se dispusiera de su información?
- ¿Se ha integrado correctamente la importancia de los **actores** en la matriz de rendimiento fuzzy?
- ¿Se ha integrado correctamente la importancia de los **elementos intencionales** en la matriz de rendimiento fuzzy?
- ¿Está claramente definida la forma de distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos mediante las relaciones de descomposición?
- ¿Es posible distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales si se dispusiera de sus importancias fuzzy polarizadas?
- ¿Se ha reestructurado y calculado correctamente la importancia de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos por las relaciones de descomposición?
- ¿Está claramente definida la forma de reestructurar la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales?
- ¿Se ha reestructurado correctamente la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales?

El segundo paso de la quinta tarea, *Cálculo del valor*, de la actividad de *Propagación* es la *Normalización*, donde los analistas deben verificar que se ha normalizado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy refinada del paso anterior y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de normalizar los impactos de un criterio (columna) de la matriz de rendimiento fuzzy?
- ¿Es posible normalizar los impactos de una matriz de rendimiento si se dispusiera de ella?
- ¿Se ha normalizado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy refinada para generar la matriz de rendimiento normalizada?

El tercer paso de la quinta tarea, *Cálculo del valor*, de la actividad de *Propagación* es la *Ponderación*, donde los analistas deben verificar que se han ponderado (multiplicar impactos por las importancias fuzzy polarizadas de elementos intencionales y actores) correctamente los impactos de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada del paso anterior y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de ponderar la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para los dos criterios (actores y elementos intencionales)?
- ¿Es posible ponderar una matriz de rendimiento fuzzy normalizada si se dispusiera de ella y de las importancias fuzzificadas polarizadas de los elementos intencionales y actores?
- ¿Se ha ponderado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para crear la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada teniendo en cuenta como criterio tanto a los actores como a los elementos intencionales?

El cuarto paso de la quinta tarea, *Cálculo del valor*, de la actividad de *Propagación* es el *Cálculo de FPIS y FNIS*, donde los analistas deben verificar que se han identificado correctamente el impacto *Fuzzy Positive-Ideal Solution* - FPIS (Solución Ideal Positiva Difusa) y *Fuzzy Negative-Ideal Solution* - FNIS (Solución Ideal Negativa Difusa) para cada criterio (columna) de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada del paso anterior y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de calcular el FPIS y FNIS de los criterios de tipo elemento intencional de una matriz de rendimiento?
- ¿Es posible calcular el FPIS y FNIS de una matriz de rendimiento fuzzificada y ponderada?
- ¿Se ha calculado correctamente el FPIS y el FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?

El quinto paso de la quinta tarea, *Cálculo del valor*, de la actividad de *Propagación* es el *Cálculo de la distancia euclídea*, donde los analistas deben verificar que se ha calculado correctamente la distancia euclídea que tiene cada elemento intencional al FPIS y FNIS y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y FPIS / FNIS?
- ¿Es posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y el FPIS y FNIS de cada criterio (elemento intencional) dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?
- ¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al **FPIS** de cada criterio de tipo elemento intencional?
- ¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al **FNIS** de cada criterio de tipo elemento intencional?

El sexto y último paso de la quinta tarea, *Cálculo del valor*, de la actividad de *Propagación* es el *Cálculo del coeficiente de proximidad*, donde los analistas deben verificar que se ha calculado correctamente el coeficiente de proximidad de acuerdo al FPIS y FNIS calculado en el paso anterior para cada elemento intencional y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de calcular el coeficiente de proximidad de cada alternativa?
- ¿Es posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa y el FPIS y FNIS de cada criterio dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio?
- ¿Se ha calculado correctamente el coeficiente de proximidad de cada alternativa a cada criterio?

Durante la tercera actividad de VeGAn (*Evaluación*), los analistas deben hacer uso de los materiales proporcionados, verificar las evaluaciones (nivel de satisfacción) asignadas por los investigadores de acuerdo a las fichas del perfil de los stakeholders proporcionadas, descritas según la técnica Persona y responder a las siguientes preguntas:

- ¿Está claramente definida la forma de evaluar (asignar nivel de satisfacción) los elementos intencionales?
- ¿Es posible evaluar los elementos intencionales con valor de un modelo de objetivos si se dispusiera de éste?
- ¿Se ha evaluado correctamente los elementos intencionales de los actores siguiendo las fichas del perfil de los stakeholders descritas según la técnica Persona?

## **6.4. Análisis de los datos recolectados**

El análisis de los datos recolectados tiene como objetivo evaluar que la técnica sea sistemática y coherente. Para ello, los analistas deben analizar los datos recolectados por los investigadores con la finalidad de comprobar que los cálculos son correctos y que se ha seguido el algoritmo propuesto por la técnica.

Al igual que en la sección anterior, esta sección se subdivide en dos subsecciones, una para cada caso.

### **6.4.1. Caso 1: Esperanza**

A dos de los analistas se les proporcionó los datos obtenidos por los investigadores al depurar la herramienta que incluían los pasos y cálculos realizados por la misma con el fin de calcular el valor de los elementos intencionales del modelo de objetivos del caso Esperanza. Cada uno de los analistas por separado comprobaron paso a paso de forma manual si se ha aplicado correctamente la técnica y si los valores calculados son correctos. A continuación se muestra la comprobación paso por paso realizada por los analistas.

#### **6.4.1.1. Priorización**

Siguiendo la lista de control introducida previamente y que está basada en las actividades de VeGAn lo primero que debe realizar un analista es verificar la actividad de *Priorización*. Para verificar la *Priorización* los analistas deben comprobar que las prioridades (niveles de importancia y confianza) asignados por los investigadores siguen los perfiles de los stakeholders proporcionados mediante las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona. Por ejemplo, los investigadores han asignado un nivel de importancia "Medio" y un nivel de confianza "Seguro" al elemento intencional T.S1 (inmediatez). Mediante el uso del perfil de los stakeholders proporcionado en la ficha de la técnica Persona, el analista puede verificar que esto es correcto porque se indica que es una persona paciente.

#### **6.4.1.2. Propagación**

La siguiente actividad según la lista de control es la de *Propagación* la cual está dividida en cinco tareas.

La primera tarea es la *Fuzzificación de actores y elementos intencionales* donde el nivel de importancia asignado se fuzzifica. La fuzzificación es un mapeo directo del nivel de importancia asignado al número fuzzy siguiendo la Tabla 2.4. Por ejemplo, el nivel de importancia "Muy alto" del elemento intencional T.T1 corresponde con el nivel de importancia fuzzy (8, 10, 11). El resultado de la tarea se muestra en la Tabla 6.2 y Tabla 6.3, donde la primera muestra la fuzzificación de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza y la segunda muestra la fuzzificación de los actores.

Tabla 6.2: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
T.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
T.T1	Muy alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)
T.T2	Alto	Seguro	(6, 8, 10)
T.T3	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)
T.S1	Medio	Seguro	(4, 6, 8)
T.S2	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)
T.S3	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)
T.S4	Muy alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)
T.S5	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)
T.S6	Alto	Seguro	(6, 8, 10)

Tabla 6.3: Fuzzificación del nivel de importancia de los actores de Esperanza.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
Usuario	Muy alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)
Orientador	Alto	Seguro	(6, 8, 10)
Teléfono de la esperanza	Medio	Seguro	(4, 6, 8)

La segunda tarea es la *Polarización*, donde la importancia fuzzificada es polarizada (refinados) para reducir la incertidumbre a través del nivel de confianza asignado. Al igual que sucede con la tarea anterior hay que realizar un mapeo siguiendo la Tabla 4.7. Por ejemplo, el elemento intencional T.T1 que tiene un nivel de importancia "Muy alto" el cual corresponde con el número fuzzy de (8, 10, 11) es refinado por su nivel de confianza "Posiblemente más" a (9.67, 10.25, 11). La Tabla 6.4 muestra la polarización de la importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza, y la Tabla 6.5 muestra la polarización de los actores.

Tabla 6.4: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
T.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
T.T1	Muy alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)	(9.67, 10.25, 11)
T.T2	Alto	Seguro	(6, 8, 10)	(7.7, 8, 8.52)
T.T3	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)	(6, 7.27, 8)
T.S1	Medio	Seguro	(4, 6, 8)	(5.6, 6, 6.66)
T.S2	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)	(8, 9.13, 10)
T.S3	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)	(4, 5.11, 6)
T.S4	Muy alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)	(9.67, 10.25, 11)
T.S5	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)	(8, 9.13, 10)
T.S6	Alto	Seguro	(6, 8, 10)	(7.7, 8, 8.52)

Tabla 6.5: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores de Esperanza.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
Usuario	Very Alto	Posiblemente más	(8, 10, 11)	(9.67, 10.25, 11)
Orientador	Alto	Seguro	(6, 8, 10)	(7.7, 8, 8.52)
Teléfono de la esperanza	Medio	Seguro	(4, 6, 8)	(5.6, 6, 6.66)

La tercera tarea es la *Propagación de enlaces* donde los enlaces (relaciones de contribución, descomposición y dependencia) entre elementos intencionales se representan en una matriz de rendimiento. Por ejemplo, en la Figura 6.2 el elemento intencional T.T1 contribuye 50 a T.S1, esto debe representarse en la matriz de rendimiento indicando que T.T1 afecta a T.S1 en 50.

En la matriz no solo se representan los impactos directos entre elementos sino también los indirectos que se propagan a través de las relaciones. Siguiendo con el ejemplo anterior T.T1 contribuye en 50 a T.S1 y T.S1 contribuye en 50 a T.S2 por lo que T.T1 contribuye indirectamente a T.S2 mediante T.S1, por lo tanto, T.T1 impactaría a T.S2 en 25, este valor es calculado como el impacto que tiene a T.S1 entre 100 y multiplicado por el impacto de T.S1 a T.S2 dando  $(50/100) * 50 = 25$ . La Tabla 6.6 muestra un extracto de la matriz de rendimiento correspondiendo con los elementos intencionales del actor de Teléfono de la Esperanza.

Tabla 6.6: Extracto de la matriz de rendimiento de Esperanza.

	<b>T.G1</b>	<b>T.T1</b>	<b>T.T2</b>	<b>T.T3</b>	<b>T.S1</b>	<b>T.S2</b>	<b>T.S3</b>	<b>T.S4</b>	<b>T.S5</b>	<b>T.S6</b>
<b>T.G1</b>	MAX	MAX	MAX	MAX	*	*	*	*	*	*
<b>T.T1</b>	0	MAX	0	0	50	25	4.68	3.51	18.75	25
<b>T.T2</b>	0	0	MAX	0	75	37.5	18.75	14.06	75	100
<b>T.T3</b>	0	0	0	MAX	50	25	-14.06	-10.54	-56.25	-75
<b>T.S1</b>	0	0	0	0	MAX	50	0	0	0	0
<b>T.S2</b>	0	0	0	0	0	MAX	0	0	0	0
<b>T.S3</b>	0	0	0	0	0	0	MAX	75	0	0
<b>T.S4</b>	0	0	0	0	0	0	0	MAX	0	0
<b>T.S5</b>	0	0	0	0	0	0	25	18.75	MAX	0
<b>T.S6</b>	0	0	0	0	0	0	18.75	14.06	75	MAX

La cuarta tarea es la *Fuzzificación de la propagación* donde la matriz de rendimiento se fuzzifica para lo cual se debe transformar todos los impactos de la matriz de un número a un número fuzzy. La fuzzificación ha sido explicada previamente en la sección 2.4.2 donde hay que calcular el grado de pertenencia de cada número a cada conjunto fuzzy, sin embargo, como se ha comentado previamente en el capítulo de la herramienta es posible simplificarlo a un mapeo siguiendo la Tabla 5.4. Por ejemplo, en la matriz de rendimiento está representado que T.T1 afecta a T.S1 en 50, siguiendo la Tabla 5.4 esto correspondería con el rango de [40, 60] y por lo tanto su número fuzzy sería (4, 6, 8), lo mismo con el impacto de T.T1 a T.S2 de 25 que correspondería con el rango de [20, 40] y su número fuzzy sería (2, 4, 6). La Tabla 6.7 muestra un extracto de la matriz de rendimiento fuzzy calculada tras la *Fuzzificación de la propagación*.

Tabla 6.7: Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy de Esperanza.

	<b>T.G1</b>	<b>T.T1</b>	<b>T.T2</b>	<b>T.T3</b>	<b>T.S1</b>	<b>T.S2</b>	<b>T.S3</b>	<b>T.S4</b>	<b>T.S5</b>	<b>T.S6</b>
<b>T.G1</b>	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*	*	*	*	*	*
<b>T.T1</b>	0	(10, 11, 11)	0	0	(4, 6, 8)	(2, 4, 6)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(2, 4, 6)
<b>T.T2</b>	0	0	(10, 11, 11)	0	(6, 8, 10)	(4, 6, 8)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(6, 8, 10)	(8, 10, 11)
<b>T.T3</b>	0	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	(2, 4, 6)	(-4, -2, -1)	(-4, -2, -1)	(-8, -6, -4)	(-10, -8, -6)
<b>T.S1</b>	0	0	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	0	0	0	0
<b>T.S2</b>	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0	0	0
<b>T.S3</b>	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	(6, 8, 10)	0	0
<b>T.S4</b>	0	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0
<b>T.S5</b>	0	0	0	0	0	0	(4, 6, 8)	(1, 2, 4)	(10, 11, 11)	0
<b>T.S6</b>	0	0	0	0	0	0	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(6, 8, 10)	(10, 11, 11)

La quinta y última tarea de la técnica es el *Cálculo del valor* donde el nivel de importancia fuzzy polarizado de los elementos intencionales (Tabla 6.4) y actores (Tabla 6.5) se combinan con el impacto que cada elemento tiene sobre otro de la matriz de rendimiento (Tabla 6.7). Esta tarea corresponde con la aplicación de la técnica de FHTOPSIS usando como entrada los datos de las tareas anteriores. Esta tarea puede subdividirse en múltiples pasos: *Refinamiento de entrada*, *Normalización*, *Ponderación*, *Cálculo de FPIS y FNIS*, *Cálculo de la distancia euclídea*, y *Cálculo del coeficiente de proximidad*.

El primer paso de la tarea de *Cálculo del valor* es el *Refinamiento de entrada* donde la entrada a FHTOPSIS proveniente de las tareas anteriores se recoge y refina para que FHTOPSIS considere dos tipos de criterios (actores y elementos intencionales) y para que considere la jerarquía existente entre los elementos intencionales que se representa en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición.

En este primer paso primeramente se recoge todas las entradas de las tareas anteriores y se juntan. Para ello se usa como base la la matriz de rendimiento correspondiente con la Tabla 6.7 y se le añade información sobre la importancia que tiene cada uno de los elementos intencionales de la primera fila la cual proviene de la Tabla 6.4. Por ejemplo, se indicaría que T.G1 tendría un peso de (9.52, 9.67, 9.92).

A continuación a esa nueva matriz se le añade la información relacionada con los actores de la Tabla 6.5, para lo cual se añade una fila extra encima de la primera fila (elementos intencionales) donde se indica para cada elemento intencional de la segunda fila a qué actor pertenece y el peso que tiene ese actor.

Por último, se modifica la segunda fila (la de la importancia de los elementos intencionales) para que considere la jerarquía existente en el modelo de objetivos a través de las relaciones de descomposición. Para ello se recalcula la importancia de los elementos intencionales hijos de una descomposición haciendo uso de la distribución ponderada de Fisher mostrada en la Ecuación 4.3. Por ejemplo, T.T1 descompone T.G1 por lo que hay que recalcular su importancia siguiendo la ecuación, ya que es un número fuzzy compuesto por tres números hay que realizar la ecuación tres veces, una para cada uno de los componentes del número fuzzy haciendo uso de las importancias de T.G1 (9.52, 9.67, 9.92), T.T1 (9.67, 10.25, 11), T.T2 (7.7, 8, 8.52) y T.T3 (6, 7.27, 8). El cálculo del primer componente del número fuzzy sería  $9,67 / (9,67 + 7,7 + 6) * 9,52 = 3,94$ , donde 9.67, 7.7, 6 y 9.52 corresponden con la importancia del primer componente del número fuzzy de T.T1, T.T2, T.T3 y T.G1, el cálculo del segundo y tercer componente serían  $10,25 / (10 + 25 + 8 + 7,27) * 9,67 = 3,88$  y  $11 / (11 + 8,52 + 8) * 9,92 = 3,97$  respectivamente dando lugar a que la nueva importancia de T.T1 sea (3.94, 3.88, 3.97).

La Tabla 6.8 muestra la nueva matriz de rendimiento resultante de juntar la matriz de rendimiento de la Tabla 6.7 con las importancias de las tablas Tabla 6.4, Tabla 6.5 y la modificación para considerar la jerarquía. En esta tabla la primera fila corresponde con la importancia del actor al que pertenecen los elementos de las filas inferiores, la segunda y tercera fila corresponden con la importancia de los elementos intencionales, donde la fila 3 ha sido añadida para poder visualizar mejor la jerarquía existente en el modelo de objetivos, el resto de filas representan el impacto que tiene cada uno de los elementos intencionales entre sí. Siguiendo la nomenclatura de FHTOPSIS las tres primeras filas

son los criterios donde está el criterio del actor (primera fila) y el criterio del elemento intencional (segunda y tercera fila) y el resto de filas corresponderían con las alternativas donde la primera columna indica la alternativa a la que corresponde cada fila.

Tabla 6.8: Extracto del refinamiento de entrada de FHTOPSIS de Esperanza.

	Teléfono de la esperanza (5.6, 6, 6.66)								
	T.G1 (9.52, 9.67, 9.92)			T.S1 (5.6, 6, 6.66)	T.S2 (8, 9.13, 10)	T.S3 (4, 5.11, 6)	T.S4 (9.67, 10.25, 11)	T.S5 (8, 9.13, 10)	T.S6 (7.7, 8, 8.52)
	T.T1 (3.94, 3.88, 3.97)	T.T2 (3.14, 3.03, 3.07)	T.T3 (2.44, 2.75, 2.88)	-	-	-	-	-	-
T.G1	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*	*	*	*	*	*
T.T1	(10, 11, 11)	0	0	(4, 6, 8)	(2, 4, 6)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(2, 4, 6)
T.T2	0	(10, 11, 11)	0	(6, 8, 10)	(4, 6, 8)	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(6, 8, 10)	(8, 10, 11)
T.T3	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	(2, 4, 6)	(-4, -2, -1)	(-4, -2, -1)	(-8, -6, -4)	(-10, -8, -6)
T.S1	0	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	0	0	0	0
T.S2	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0	0	0
T.S3	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	(6, 8, 10)	0	0
T.S4	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0
T.S5	0	0	0	0	0	(4, 6, 8)	(1, 2, 4)	(10, 11, 11)	0
T.S6	0	0	0	0	0	(1, 2, 4)	(1, 2, 4)	(6, 8, 10)	(10, 11, 11)

El siguiente paso es la *Normalización* donde se normaliza las alternativas dividiendo todos los números fuzzy de las alternativas entre 11, esto es debido a que todas las alternativas se impactan consigo mismo con MAX (10, 11, 11). Por ejemplo, la normalización del impacto de T.T1 a T.T1 sería  $(10, 11, 11)/11 = (0.91, 1, 1)$ .

El siguiente paso es la *Ponderación* donde se multiplican las alternativas por los criterios. Por ejemplo, el impacto de T.T1 a T.T1 se calcularía como el impacto normalizado de T.T1 a T.T1  $(0.91, 1, 1)$  por la importancia que tiene T.T1  $(3.94, 3.88, 3.97)$  por la importancia que tiene el actor al que pertenece Teléfono de la Esperanza  $(5.6, 6, 6.66)$  dando lugar a  $(0.91, 1, 1) * (3.94, 3.88, 3.97) * (5.6, 6, 6.66) = (20.05, 23.30, 26.40)$  haciendo que el impacto de T.T1 a T.T1 sea  $(20.05, 23.30, 26.40)$ . El resultado de este paso es una matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada, la Tabla 6.9 muestra el extracto de esta matriz relacionada con el actor Teléfono de la esperanza, en esta tabla se han eliminado los pesos de los elementos intencionales de la primeras dos filas porque estos se han integrado directamente en las alternativas.

Tabla 6.9: Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada de Esperanza.

	T.G1			T.S1	T.S2	T.S3	T.S4	T.S5	T.S6
	T.T1	T.T2	T.T3	-	-	-	-	-	-
T.G1	(20.05, 23.3, 26.41)	(15.97, 18.19, 20.45)	(12.44, 16.53, 19.21)	*	*	*	*	*	*
T.T1	(20.05, 23.3, 26.41)	0	0	(11.4, 19.64, 32.26)	(8.15, 19.92, 36.33)	(2.04, 5.57, 14.53)	(4.92, 11.18, 26.64)	(4.07, 9.96, 24.22)	(7.84, 17.45, 30.95)
T.T2	0	(15.97, 8.19, 20.45)	0	(17.11, 26.18, 40.32)	(8.15, 19.92, 36.33)	(2.04, 5.57, 14.53)	(4.92, 11.18, 26.64)	(24.44, 39.84, 60.55)	(31.36, 43.64, 56.74)
T.T3	0	0	(12.44, 16.53, 19.21)	(11.4, 19.64, 32.26)	(8.15, 19.92, 36.33)	(-8.15, -5.57, -3.63)	(-19.69, -11.18, -6.66)	(-32.58, -29.88, -24.22)	(-39.2, -34.91, -30.95)
T.S1	0	0	0	(28.51, 36, 44.36)	(16.29, 29.88, 48.44)	0	0	0	0
T.S2	0	0	0	0	(40.73, 54.78, 66.6)	0	0	0	0
T.S3	0	0	0	0	0	(20.36, 30.66, 39.96)	(29.54, 44.73, 66.6)	0	0
T.S4	0	0	0	0	0	0	(49.23, 61.5, 73.26)	0	0
T.S5	0	0	0	0	0	(4.07, 11.15, 21.8)	(4.92, 11.18, 26.64)	(40.73, 54.78, 66.6)	0
T.S6	0	0	0	0	0	(2.04, 5.57, 14.53)	(4.92, 11.18, 26.64)	(24.44, 39.84, 60.55)	(39.2, 48, 56.74)

El siguiente paso es el *Cálculo de FPIS y FNIS* donde se identifica el *Fuzzy Positive-Ideal Solution* - FPIS (Solución Ideal Positiva Difusa) y *Fuzzy Negative-Ideal Solution* - FNIS (Solución Ideal Negativa Difusa) para cada criterio (columna). El FPIS de un criterio corresponde con el máximo impacto de su columna correspondiente y el FNIS con el mínimo impacto. Debido a que en la matriz de rendimiento se representa la relación de una alternativa consigo mismo con MAX, el FPIS de un criterio siempre corresponde con el MAX normalizado y ponderado para su alternativa correspondiente. En el caso del FNIS el valor siempre será 0 salvo que haya un impacto negativo para ese criterio, el cual será el FNIS. Por ejemplo, el FPIS y FNIS para el criterio T.T1 es (20.05, 23.30, 26.40) y (0,0,0) respectivamente, y para el criterio de T.S6 el FPIS es (39.2, 48, 56.74) y el FNIS es (-39.2, -34.91, -30.95).

El siguiente paso es el *Cálculo de la distancia euclídea* donde se calcula la distancia euclídea de cada alternativa al FPIS y FNIS de cada criterio mediante la Ecuación 2.2. Por ejemplo, para T.T1 para el criterio T.T1 obtendría una distancia de 0 para FPIS (porque es el impacto a sí mismo) y una distancia de 23.39 a FNIS cuyo cálculo se muestra en Ecuación 6.1. La Tabla 6.10 muestra el cálculo de la distancia euclídea de T.T1 al FPIS y FNIS de todos los criterios.

$$d(T.T1, FNIS) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[ (20.05 - 0)^2 + (23.30 - 0)^2 + (26.40 - 0)^2 \right]} = 23.39 \quad (6.1)$$

Tabla 6.10: Extracto del cálculo de la distancia euclídea a FPIS y FNIS del elemento T.T1 de Esperanza.

	T.G1			T.S1	T.S2	T.S3	T.S4	T.S5	T.S6
	T.T1	T.T2	T.T3	-	-	-	-	-	-
FPIS	0.00	18.29	16.29	15.34	32.62	23.17	47.14	41.42	29.33
FNIS	23.39	0.00	0.00	22.77	24.37	13.63	27.17	41.93	54.11

El siguiente paso es el *Cálculo del coeficiente de proximidad* donde se hace uso de la Ecuación 2.3 para calcular el coeficiente de proximidad (CC). La ecuación divide la distancia a FNIS entre el sumatorio de la distancia a FPIS y FNIS. El sumatorio de la distancia de FPIS y FNIS es de 1171.69 (denominador de la ecuación) y se calcularía sumando la distancia existente entre FPIS y FNIS para todos los criterios.

El cálculo del CC de T.T1 es de 0.1770, que se obtiene de dividir 207.37 (sumatorio del FNIS de la Tabla 6.10) entre 1171.69 (sumatorio de la distancia a FPIS y FNIS). Ya que el CC es un porcentaje sobre 1 se multiplica por 100 el resultado obteniendo 17.70, este valor corresponde con el valor local (quinta columna) de la primera tabla de la Figura 6.4.

Además, si se aplica la ecuación del CC al FNIS mostrado en la Tabla 6.10 y se multiplicara por 100 se obtendría la Tabla 6.11, este resultado corresponde con la explicación proveída por la herramienta en la sexta columna (*Value intra-actor*). El sumatorio de la fila de CC da 17.70 que corresponde con el valor local calculado previamente.

Tabla 6.11: Extracto del cálculo del coeficiente de proximidad del elemento T.T1 de Esperanza.

	T.G1			T.S1	T.S2	T.S3	T.S4	T.S5	T.S6
	T.T1	T.T2	T.T3	-	-	-	-	-	-
CC	2.00	0.00	0.00	1.94	2.08	1.16	2.32	3.58	4.62

#### 6.4.1.3. Evaluación

Una vez verificada la actividad de *Propagación* los analistas tuvieron que verificar la actividad de *Evaluación*. Para verificar la *Evaluación* los analistas deben comprobar los niveles de satisfacción asignados a los elementos intencionales por los investigadores. Al igual que sucedía con la priorización para realizar la verificación se debe hacer uso del perfil de los stakeholders proporcionado en la fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona. Por ejemplo, los investigadores han indicado que están "Totalmente satisfechos" con el valor resultante de T.G1, esto es debido a que este elemento intencional es el objetivo del stakeholder con respecto al sistema a desarrollar y es el elemento intencional que más valor aporta para éste.

#### 6.4.2. Caso 2: edX

A dos de los analistas se les proporcionó los datos obtenidos por los investigadores al depurar la herramienta que incluían los pasos y cálculos realizados por la misma con el fin de calcular el valor de los elementos intencionales del modelo de objetivos del caso edX. Cada uno de los analistas por separado comprobaron paso a paso de forma manual si se ha aplicado correctamente la técnica y si los valores calculados son correctos. A continuación se muestra la comprobación paso por paso realizada por los analistas.

#### 6.4.2.1. Priorización

Siguiendo la lista de control introducida previamente y que está basada en las actividades de VeGAN lo primero que debe realizar un analista es verificar la actividad de *Priorización*.

Para verificar la *Priorización* los analistas deben comprobar que las prioridades (niveles de importancia y confianza) asignados por los investigadores siguen los perfiles de los stakeholders proporcionados mediante las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona. Por ejemplo, los investigadores han asignado un nivel de importancia "Medio" y un nivel de confianza "Posiblemente menos" al elemento intencional P.S4 (Problemas técnicos). Mediante el uso del perfil de los stakeholders proporcionado en la ficha de la técnica Persona, el analista puede verificar que esto es correcto porque se indica que es una persona con conocimientos altos en computación.

#### 6.4.2.2. Propagación

La siguiente actividad según la lista de control es la de *Propagación* la cual está dividida en cinco tareas.

La primera tarea es la *Fuzzificación de actores y elementos intencionales* donde el nivel de importancia asignado se fuzzifica. La fuzzificación es un mapeo directo del nivel de importancia asignado al número fuzzy siguiendo la Tabla 2.4. Por ejemplo, el nivel de importancia "Alto" del elemento intencional P.T2 corresponde con el nivel de importancia fuzzy (6, 8, 10). El resultado de la tarea se muestra en la Tabla 6.12 y Tabla 6.13, donde la primera muestra la fuzzificación de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza y la segunda muestra la fuzzificación de los actores.

Tabla 6.12: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Profesor de edX.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
P.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
P.T1	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)
P.T2	Alto	Posiblemente menos	(6, 8, 10)
P.S1	Alto	Seguro	(6, 8, 10)
P.S2	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
P.S3	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)
P.S4	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)
P.S5	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)

Tabla 6.13: Fuzzificación del nivel de importancia de los actores de edX.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy
Usuario	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)
Compañía	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)
Profesor	Medio	Seguro	(4, 6, 8)

La siguiente tarea es la *Polarización*, donde la importancia fuzzificada es polarizada (refinados) para reducir la incertidumbre a través del nivel de confianza asignado. Al igual que sucede con la tarea anterior hay que realizar un mapeo siguiendo la Tabla 4.7. Por ejemplo, el elemento intencional P.T2 que tiene un nivel de importancia "Alto" el cual corresponde con el número fuzzy de (6, 8, 10) es refinado por su nivel de confianza "Posiblemente menos" a (6, 7.32, 8). La Tabla 6.14 muestra la polarización de la importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Teléfono de la esperanza, y la Tabla 6.15 muestra la polarización de los actores.

Tabla 6.14: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Profesor de edX.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
P.G1	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
P.T1	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)	(6, 7.27, 8)
P.T2	Alto	Posiblemente menos	(6, 8, 10)	(6, 7.32, 8)
P.S1	Alto	Seguro	(6, 8, 10)	(7.7, 8, 8.52)
P.S2	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
P.S3	Medio	Posiblemente más	(4, 6, 8)	(6, 7.27, 8)
P.S4	Medio	Posiblemente menos	(4, 6, 8)	(4, 5.11, 6)
P.S5	Bajo	Posiblemente más	(2, 4, 6)	(4, 5.44, 6)

Tabla 6.15: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores de edX.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Nivel de importancia fuzzy	Nivel de importancia fuzzy polarizado
Usuario	Muy alto	Seguro	(8, 10, 11)	(9.52, 9.67, 9.92)
Compañía	Alto	Posiblemente más	(6, 8, 10)	(8, 9.13, 10)
Profesor	Medio	Seguro	(4, 6, 8)	(5.6, 6, 6.66)

La siguiente tarea es la *Propagación de enlaces* donde los enlaces (relaciones de contribución, descomposición y dependencia) entre elementos intencionales se representan en una matriz de rendimiento. Por ejemplo, en la Figura 6.6 el elemento intencional P.T2 contribuye 75 a P.S3, esto debe representarse en la matriz de rendimiento indicando que P.T2 afecta a P.S3 en 75.

En la matriz no solo se representan los impactos directos entre elementos sino también los indirectos que se propagan a través de las relaciones. Siguiendo con el ejemplo anterior P.T2 contribuye en 75 a T.S3 y en 100 a P.S1, ambos contribuyen a P.S2 en 50, por lo tanto P.T2 contribuye indirectamente a P.S2 mediante P.S3 y P.S1, por lo tanto, P.T2 impactaría a P.S2 en 87.5, este valor es calculado como el impacto que tiene a P.S3 entre 100 multiplicado por el impacto de P.S3 a P.S2 más el impacto que tiene a P.S1 entre 100 multiplicado por el impacto de P.S1 a P.S2 dando  $(50 \cdot 100 / 100) + (75 \cdot 50 / 100) = 50 + 37.5 = 87.5$ . La Tabla 6.16 muestra un extracto de la matriz de rendimiento correspondiendo con los elementos intencionales del actor de Profesor de edX.

Tabla 6.16: Extracto de la matriz de rendimiento de edX.

	<b>P.G1</b>	<b>P.T1</b>	<b>P.T2</b>	<b>P.S1</b>	<b>P.S2</b>	<b>P.S3</b>	<b>P.S4</b>	<b>P.S5</b>
<b>P.G1</b>	MAX	MAX	MAX	*	*	*	*	*
<b>P.T1</b>	0	MAX	0	-25	-37.5	-50	0	50
<b>P.T2</b>	0	0	MAX	100	87.5	75	-75	-25
<b>P.S1</b>	0	0	0	MAX	50	0	0	0
<b>P.S2</b>	0	0	0	0	MAX	0	0	0
<b>P.S3</b>	0	0	0	0	50	MAX	0	0
<b>P.S4</b>	0	0	0	0	0	0	MAX	0
<b>P.S5</b>	0	0	0	0	0	0	0	MAX

La siguiente tarea es la *Fuzzificación de la propagación* donde la matriz de rendimiento se fuzzifica para lo cual se debe transformar todos los impactos de la matriz de un número a un número fuzzy. La fuzzificación ha sido explicada previamente en la sección 2.4.2 donde hay que calcular el grado de pertenencia de cada número a cada conjunto fuzzy, sin embargo, como se ha comentado previamente en el capítulo de la herramienta es posible simplificarlo a un mapeo siguiendo la Tabla 5.4. Por ejemplo, en la matriz de rendimiento está representado que P.T2 afecta a P.S3 en 75, siguiendo la Tabla 5.4 esto correspondería con el rango de [60, 80] y por lo tanto su número fuzzy sería (6, 8, 10), lo mismo con el impacto de P.T2 a P.S2 de 87.5 que correspondería con el rango de [80, 100] y su número fuzzy sería (8, 10, 11). La Tabla 6.17 muestra un extracto de la matriz de rendimiento fuzzy calculada tras la *Fuzzificación de la propagación*.

Tabla 6.17: Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy de edX.

	<b>P.G1</b>	<b>P.T1</b>	<b>P.T2</b>	<b>P.S1</b>	<b>P.S2</b>	<b>P.S3</b>	<b>P.S4</b>	<b>P.S5</b>
<b>P.G1</b>	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*	*	*	*	*
<b>P.T1</b>	0	(10, 11, 11)	0	(-6, -4, -2)	(-6, -4, -2)	(-8, -6, -4)	0	(4, 6, 8)
<b>P.T2</b>	0	0	(10, 11, 11)	(8, 10, 11)	(8, 10, 11)	(6, 8, 10)	(-10, -8, -6)	(-6, -4, -2)
<b>P.S1</b>	0	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	0	0	0
<b>P.S2</b>	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0	0
<b>P.S3</b>	0	0	0	0	(4, 6, 8)	(10, 11, 11)	0	0
<b>P.S4</b>	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0
<b>P.S5</b>	0	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)

La última tarea de la técnica es el *Cálculo del valor* donde el nivel de importancia fuzzy polarizado de los elementos intencionales (Tabla 6.14) y actores (Tabla 6.15) se combinan con el impacto que cada elemento tiene sobre otro de la matriz de rendimiento (Tabla 6.17). Esta tarea corresponde con la aplicación de la técnica de FHTOPSIS usando como entrada los datos de las tareas anteriores. Esta tarea puede subdividirse en múltiples pasos: *Refinamiento de entrada*, *Normalización*, *Ponderación*, *Cálculo de FPIS y FNIS*, *Cálculo de la distancia euclídea*, y *Cálculo del coeficiente de proximidad*.

El primer paso de la tarea de *Cálculo del valor* es el *Refinamiento de entrada* donde la entrada a FHTOPSIS proveniente de las tareas anteriores se recoge y refina para que FHTOPSIS considere dos tipos de criterios (actores y elementos intencionales) y para que considere la jerarquía existente entre los elementos intencionales que se representa en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición.

En este primer paso primeramente se recoge todas las entradas de las tareas anteriores y se juntan. Para ello se usa como base la la matriz de rendimiento correspondiente con la Tabla 6.17 y se le añade información sobre la importancia que tiene cada uno de los elementos intencionales de la primera fila la cual proviene de la Tabla 6.14. Por ejemplo, se indicaría que P.G1 tendría un peso de (9.52, 9.67, 9.92).

A continuación a esa nueva matriz se le añade la información relacionada con los actores de la Tabla 6.15, para lo cual se añade una fila extra encima de la primera fila (elementos intencionales) donde se indica para cada elemento intencional de la segunda fila a qué actor pertenece y el peso que tiene ese actor.

Por último, se modifica la segunda fila (la de la importancia de los elementos intencionales) para que considere la jerarquía existente en el modelo de objetivos a través de las relaciones de descomposición. Para ello se recalcula la importancia de los elementos intencionales hijos de una descomposición haciendo uso de la distribución ponderada de Fisher mostrada en la Ecuación 4.3. Por ejemplo, P.T2 descompone P.G1 por lo que hay que recalcular su importancia siguiendo la ecuación, ya que es un número fuzzy compuesto por tres números hay que realizar la ecuación tres veces, una para cada uno de los componentes del número fuzzy haciendo uso de las importancias de P.G1 (9.52, 9.67, 9.92), P.T1 (6, 7.27, 8), y P.T2 (6, 7.32, 8). El cálculo del primer componen del número fuzzy sería  $6/(6+6) * 9.52 = 4.76$ , donde 6, 6 y 9.52 corresponden con la importancia del primer componente del número fuzzy de P.T2, P.T1 y P.G1, el cálculo del segundo y tercer componente serían  $7.32/(7.32 + 7.27) * 9.67 = 4.85$  y  $8/(8 + 8) * 9.92 = 4.96$  respectivamente dando lugar a que la nueva importancia de P.T2 sea (4.76, 4.85, 4.96).

La Tabla 6.8 muestra la nueva matriz de rendimiento resultante de juntar la matriz de rendimiento de la Tabla 6.17 con las importancias de las tablas Tabla 6.14, Tabla 6.15 y la modificación para considerar la jerarquía. En esta tabla la primera fila corresponde con la importancia del actor al que pertenecen los elementos de las filas inferiores, la segunda y tercera fila corresponden con la importancia de los elementos intencionales, donde la fila 3 ha sido añadida para poder visualizar mejor la jerarquía existente en el modelo de objetivos, el resto de filas representan el impacto que tiene cada uno de los elementos intencionales entre sí. Siguiendo la nomenclatura de FHTOPSIS las tres primeras filas son los criterios donde está el criterio del actor (primera fila) y el criterio del elemento

intencional (segunda y tercera fila) y el resto de filas corresponderían con las alternativas donde la primera columna indica la alternativa a la que corresponde cada fila.

Tabla 6.18: Extracto del refinamiento de entrada de FHTOPSIS de edX.

	<b>Profesor</b> (5.6, 6, 6.66)						
	<b>P.G1</b> (9.52, 9.67, 9.92)		<b>P.S1</b> (7.7, 8, 8.52)	<b>P.S2</b> (9.52, 9.67, 9.92)	<b>P.S3</b> (6, 7.27, 8)	<b>P.S4</b> (4, 5.11, 6)	<b>P.S5</b> (4, 5.44, 6)
	<b>P.T1</b> (4.76, 4.82, 4.96)	<b>P.T2</b> (4.76, 4.85, 4.96)	-	-	-	-	-
<b>P.G1</b>	(10, 11, 11)	(10, 11, 11)	*	*	*	*	*
<b>P.T1</b>	(10, 11, 11)	0	(-6, -4, -2)	(-6, -4, -2)	(-8, -6, -4)	0	(4, 6, 8)
<b>P.T2</b>	0	(10, 11, 11)	(8, 10, 11)	(8, 10, 11)	(6, 8, 10)	(-10, -8, -6)	(-6, -4, -2)
<b>P.S1</b>	0	0	(10, 11, 11)	(4, 6, 8)	0	0	0
<b>P.S2</b>	0	0	0	(10, 11, 11)	0	0	0
<b>P.S3</b>	0	0	0	(4, 6, 8)	(10, 11, 11)	0	0
<b>P.S4</b>	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)	0
<b>P.S5</b>	0	0	0	0	0	0	(10, 11, 11)

El siguiente paso es la *Normalización* donde se normaliza las alternativas dividiendo todos los números fuzzy de las alternativas entre 11, esto es debido a que todas las alternativas se impactan consigo mismo con MAX (10, 11, 11). Por ejemplo, la normalización del impacto de P.T2 a P.T2 sería  $(10, 11, 11)/11 = (0.91, 1, 1)$ .

El siguiente paso es la *Ponderación* donde se multiplican las alternativas por los criterios. Por ejemplo, el impacto de P.T2 a P.T2 se calcularía como el impacto normalizado de P.T2 a P.T2  $(0.91, 1, 1)$  por la importancia que tiene P.T2  $(4.76, 4.85, 4.96)$  por la importancia que tiene el actor al que pertenece Profesor  $(5.6, 6, 6.66)$  dando lugar a  $(0.91, 1, 1) * (4.76, 4.85, 4.96) * (5.6, 6, 6.66) = (24.23, 28.91, 33.36)$  haciendo que el impacto de P.T2 a P.T2 sea  $(23.99, 29.10, 33.03)$ . El resultado de este paso es una matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada, la Tabla 6.19 muestra el extracto de esta matriz relacionada con el actor Teléfono de la esperanza, en esta tabla se han eliminado los pesos de los elementos intencionales de la primeras dos filas porque estos se han integrado directamente en las alternativas.

Tabla 6.19: Extracto de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada de edX.

	P.G1		P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
	P.T1	P.T2	-	-	-	-	-
P.G1	(24.23, 28.91, 33.03)	(24.23, 29.11, 33.03)	*	*	*	*	*
P.T1	(24.23, 28.91, 33.03)	0	(-23.52, -17.45, -10.32)	(-29.08, -21.1, -12.01)	(-24.44, -23.79, -19.37)	0	(8.15, 17.8, 29.06)
P.T2	0	(24.23, 29.11, 33.03)	(31.36, 43.64, 56.74)	(38.77, 52.75, 66.07)	(18.33, 31.72, 48.44)	(-20.36, -22.3, -21.8)	(-12.22, -11.87, -7.27)
P.S1	0	0	(39.2, 48.0, 56.74)	(19.39, 31.65, 48.05)	0	0	0
P.S2	0	0	0	(48.47, 58.02, 66.07)	0	0	0
P.S3	0	0	0	(19.39, 31.65, 48.05)	(30.55, 43.62, 53.28)	0	0
P.S4	0	0	0	0	0	(20.36, 30.66, 39.96)	0
P.S5	0	0	0	0	0	0	(20.36, 32.64, 39.96)

El siguiente paso es el *Cálculo de FPIS y FNIS* donde se identifica el *Fuzzy Positive-Ideal Solution* - FPIS (Solución Ideal Positiva Difusa) y *Fuzzy Negative-Ideal Solution* - FNIS (Solución Ideal Negativa Difusa) para cada criterio (columna). El FPIS de un criterio corresponde con el máximo impacto de su columna correspondiente y el FNIS con el mínimo impacto. Debido a que en la matriz de rendimiento se representa la relación de una alternativa consigo mismo con MAX, el FPIS de un criterio siempre corresponde con el MAX normalizado y ponderado para su alternativa correspondiente. En el caso del FNIS el valor siempre será 0 salvo que haya un impacto negativo para ese criterio, el cual será el FNIS. Por ejemplo, el FPIS y FNIS para el criterio P.T2 es (24.23, 28.91, 33.36) y (0,0,0) respectivamente, y para el criterio de P.S1 el FPIS es (39.2, 48.0, 56.74) y el FNIS es (-23.52, -17.45,-10.32).

El siguiente paso es el *Cálculo de la distancia euclídea* donde se calcula la distancia euclídea de cada alternativa al FPIS y FNIS de cada criterio mediante la Ecuación 2.2. Por ejemplo, para P.T2 para el criterio P.T2 obtendría una distancia de 0 para FPIS (porque es el impacto a sí mismo) y una distancia de 29.02 a FNIS cuyo cálculo se muestra en Ecuación 6.2. La Tabla 6.20 muestra el cálculo de la distancia euclídea de P.T2 al FPIS y FNIS de todos los criterios.

$$d(P.T1, FPIS) = \sqrt{\frac{1}{3} \left[ (24.23 - 0)^2 + (28.91 - 0)^2 + (33.36 - 0)^2 \right]} = 29.02 \quad (6.2)$$

Tabla 6.20: Extracto del cálculo de la distancia euclídea a FPIS y FNIS del elemento P.T2 de edX.

	P.G1		P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
	P.T1	P.T2	-	-	-	-	-
<b>FPIS</b>	28.95	0	5.18	6.37	10.24	52.53	41.92
<b>FNIS</b>	0	29.02	61.21	73.38	56.30	0	0

El siguiente paso es el *Cálculo del coeficiente de proximidad* donde se hace uso de la Ecuación 2.3 para calcular el coeficiente de proximidad (CC). La ecuación divide la distancia a FNIS entre el sumatorio de la distancia a FPIS y FNIS. El sumatorio de la distancia de FPIS y FNIS es de 1171.69 (denominador de la ecuación) y se calcularía sumando la distancia existente entre FPIS y FNIS para todos los criterios.

El cálculo del CC de P.T2 es de 0.1976, que se obtiene de dividir 219.91 (sumatorio del FNIS de la Tabla 6.20) entre 1112.71 (sumatorio de la distancia a FPIS y FNIS). Ya que el CC es un porcentaje sobre 1 se multiplica por 100 el resultado obteniendo 19.76, este valor corresponde con el valor local (quinta columna) de la primera tabla de la Figura 6.8.

Además, si se aplica la ecuación del CC al FNIS mostrado en la Tabla 6.20 y se multiplicara por 100 se obtendría la Tabla 6.21, este resultado corresponde con la explicación proveída por la herramienta en la sexta columna (*Value intra-actor*). El sumatorio de la fila de CC da 19.76 que corresponde con el valor local calculado previamente.

Tabla 6.21: Extracto del cálculo del coeficiente de proximidad del elemento T.T1 de Esperanza.

	P.G1		P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
	P.T1	P.T2	-	-	-	-	-
CC	0	2.60	5.50	6.59	5.0	0	0

### 6.4.2.3. Evaluación

Una vez verificada la actividad de *Propagación* los analistas tuvieron que verificar la actividad de *Evaluación*.

Para verificar la *Evaluación* los analistas deben comprobar los niveles de satisfacción asignados a los elementos intencionales por los investigadores. Al igual que sucedía con la priorización para realizar la verificación se debe hacer uso del perfil de los stakeholders proporcionado en la fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona. Por ejemplo, los investigadores han indicado que están "Totalmente satisfechos" con el valor resultante de P.G1, esto es debido a que este elemento intencional es el objetivo del stakeholder con respecto al sistema a desarrollar y es el elemento intencional que más valor aporta para éste.

### 6.4.3. Lista de control

A continuación se discuten los resultados de la comprobación de los analistas con respecto a la lista de control que debían rellenar mientras iban realizando la verificación de la técnica en los dos casos seleccionados.

Para medir el grado de concordancia entre los analistas se ha hecho uso de la medida estadística de Kappa de Fleiss [144] que calcula el grado de concordancia sobre lo que se esperaría por casualidad, el resultado es un número entre 0 (poca concordancia) y 1 (muchísima concordancia). Para la interpretación del resultado del Kappa de Fleiss se ha hecho uso de la tabla de interpretación propuesta por Landis y Koch [145]

La Tabla 6.22 muestra las respuestas proporcionadas por los analistas con respecto a la actividad de *Priorización* de VeGAN. Como se puede observar, existe un grado de concordancia substancial (Kappa de Fleiss = 0.74) con respecto a los resultados reportados por los investigadores. Los analistas han respondido positivamente a todas las preguntas, excepto una.

Entre las respuestas de los analistas destaca la del Analista 2 que ha indicado que no se han priorizado correctamente los elementos intencionales de los actores del caso Esperanza. En las observaciones este analista indicó que no está conforme con el nivel de importancia "Medio" del elemento intencional T.S1 (Inmediatez) ya que *para este tipo de sistemas es muy importante poder ofrecer respuesta rápida a quien lo necesite y por tanto debería tener un nivel de importancia "Alto" o "Muy Alto"*.

Tabla 6.22: Respuestas de los analistas para la actividad de *Priorización*.

<b>1. Priorización</b>	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4
¿Está claramente definida la forma de priorizar (asignar nivel de importancia y nivel de confianza) de los componentes (actores y elementos intencionales) del modelo de objetivos?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible priorizar todos los actores y elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de este?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha priorizado correctamente los elementos intencionales de los actores siguiendo las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona?	SI	NO	SI	SI
¿Se ha priorizado correctamente los actores del modelo de objetivos?	SI	SI	SI	SI

Las Tablas 6.23, 6.24, y 6.25 muestran las respuestas de los analistas con respecto a la actividad de *Propagación* de VeGAN en la lista de control. Al igual que la actividad anterior, se observa un grado de concordancia casi perfecto (Kappa de Fleiss = 0.84) con respecto a los resultados reportados por los investigadores.

Por un lado destaca la respuesta del Analista 2 para la tarea 2.2, *Polarización*, donde ha indicado que no se ha definido claramente la forma de polarizar. En las observaciones este analista indicó que *"la guía no describía claramente de dónde viene el valor de "r" en*

la Ecuación 4.1 ya que se proporciona los valores para los distintos niveles de confianza pero no se ha explicado de dónde vienen ni por qué tienen esos valores.”

También se destaca la respuesta del Analista 3 para la tarea 2.3, *Polarización*, donde ha indicado que no se ha propagado correctamente las relaciones indirectas entre los elementos intencionales. Dado que los otros tres analistas indicaron que no había problemas con la propagación de enlaces indirectos, lo más probable es que se deba a un error humano. En las observaciones este analista indicó que “el valor del impacto de P.T2 a P.S2 debería ser 62.5 en vez de 87.5”. Sin embargo, esto solo sucedería si el impacto de P.T2 a P.S1 fuera 25 en vez de 50 o que el impacto de P. S1 a P.S2 fuera 50 en vez de 100 por lo que lo más probable es que este resultado fuera debido a un error humano.

Tabla 6.23: Respuestas de los analistas para la actividad de *Propagación* parte 1.

<b>2.1. Fuzzificación de actores y elementos intencionales</b>	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4
¿Está claramente definida la forma de transformar una importancia a un número fuzzy?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible calcular el número fuzzy de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>actores</b> ?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>elementos intencionales</b> ?	SI	SI	SI	SI
<b>2.2. Polarización</b>				
¿Está claramente definida la forma de polarizar la importancia fuzzy mediante el nivel de confianza para reducir la incertidumbre del número fuzzy?	SI	NO	SI	SI
¿Sería posible calcular el número fuzzy polarizado de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia y confianza?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>actores</b> ?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>elementos intencionales</b> ?	SI	SI	SI	SI
<b>2.3. Propagación de enlaces</b>				
¿Está claramente definida la forma de crear la matriz de rendimiento de un modelo de objetivos?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible crear una matriz de rendimiento a partir de un modelo de objetivos?	SI	SI	SI	SI
¿Están propagadas correctamente las <b>relaciones directas (impactos directos)</b> entre elementos intencionales en la matriz de rendimiento?	SI	SI	SI	SI
¿Están propagadas correctamente las <b>relaciones indirectas (impactos indirectos)</b> entre elementos intencionales en la matriz de rendimiento?	SI	SI	NO	SI
<b>2.4. Fuzzificación de la propagación</b>				
¿Está claramente definida la forma de transformar un impacto de la matriz de rendimiento a un número fuzzy?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible calcular el número fuzzy de todos los impactos de una matriz de rendimiento?	SI	SI	SI	SI
¿Se han fuzzificado correctamente los impactos representados en la matriz de rendimiento?	SI	SI	SI	SI

Tabla 6.24: Respuestas de los analistas para la actividad de *Propagación* parte 2.

<b>2.5.1. Refinamiento de entrada</b>	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4
¿Está claramente definida la forma de integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y los elementos intencionales en la matriz de rendimiento?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y elementos intencionales en una matriz de rendimiento si se dispusiera de su información?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha integrado correctamente la importancia de los <b>actores</b> en la matriz de rendimiento fuzzy?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha integrado correctamente la importancia de los <b>elementos intencionales</b> en la matriz de rendimiento fuzzy?	SI	SI	SI	SI
¿Está claramente definida la forma de distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos mediante las relaciones de descomposición?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales si se dispusiera de sus importancias fuzzy polarizadas?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha reestructurado y calculado correctamente la importancia de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos por las relaciones de descomposición?	SI	SI	SI	SI
¿Está claramente definida la forma de reestructurar la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha reestructurado correctamente la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente entre los mismos por las relaciones de descomposición?	SI	SI	SI	SI
<b>2.5.2. Normalización</b>				
¿Está claramente definida la forma de normalizar los impactos de un criterio (columna) de la matriz de rendimiento fuzzy?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible normalizar los impactos de una matriz de rendimiento fuzzy si se dispusiera de ella?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha normalizado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy refinada para generar la matriz de rendimiento normalizada?	SI	SI	SI	SI

Tabla 6.25: Respuestas de los analistas para la actividad de *Propagación* parte 3.

<b>2.5.3. Ponderación</b>	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4
¿Está claramente definida la forma de ponderar la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para los dos criterios (actores y elementos intencionales)?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible ponderar una matriz de rendimiento fuzzy normalizada si se dispusiera de ella y de las importancias fuzzificadas polarizadas de los elementos intencionales y actores?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha ponderado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para crear la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada teniendo en cuenta como criterio tanto a los actores como a los elementos intencionales?	SI	SI	SI	SI
<b>2.5.4. Cálculo de FPIS y FNIS</b>				
¿Está claramente definida la forma de calcular el <i>Fuzzy Positive-Ideal Solution</i> - FPIS (Solución Ideal Positiva Difusa) y <i>Fuzzy Negative-Ideal Solution</i> - FNIS (Solución Ideal Negativa Difusa) de los criterios de tipo elemento intencional de una matriz de rendimiento?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible calcular el FPIS y FNIS de una matriz de rendimiento fuzzificada y ponderada?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha calculado correctamente el FPIS y el FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?	SI	SI	SI	SI
<b>5.5. Cálculo de la distancia euclídea</b>				
¿Está claramente definida la forma de calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y FPIS / FNIS?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y el FPIS y FNIS de cada criterio (elemento intencional) dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al <b>FPIS</b> de cada criterio de tipo elemento intencional?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al <b>FNIS</b> de cada criterio de tipo elemento intencional?	SI	SI	SI	SI
<b>2.5.6. Cálculo del coeficiente de proximidad</b>				
¿Está claramente definida la forma de calcular el coeficiente de proximidad de cada alternativa?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa y el FPIS y FNIS de cada criterio dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha calculado correctamente el coeficiente de proximidad de cada alternativa a cada criterio?	SI	SI	SI	SI

La Tabla 6.26 muestra las respuestas de los analistas con respecto a la actividad de *Evaluación* de VeGAn en la lista de control. Como se puede observar, el grado de concordancia es total con respecto a los resultados reportados por los investigadores y por lo tanto no es necesario calcular el Kappa de Fleiss.

A pesar de que todos los analistas estuvieron de acuerdo con los resultados de la actividad de *Evaluación*, tres de los analistas (Analistas 1,2 y 4) indicaron en las observaciones que no les agradaba el hecho de que los elementos intencionales pudieran obtener valor de elementos con los que no se relacionan directa ni indirectamente. Esto se desarrolla con más detalle en la [sección 6.6](#) junto con la retroalimentación obtenida de las entrevistas realizadas a los analistas.

Tabla 6.26: Respuestas de los analistas en la lista de control para la actividad de *Evaluación*.

<b>3. Evaluación</b>	Analista 1	Analista 2	Analista 3	Analista 4
¿Está claramente definida la forma de evaluar (asignar nivel de satisfacción) de los elementos intencionales?	SI	SI	SI	SI
¿Sería posible evaluar los elementos intencionales con valor de un modelo de objetivos si se dispusiera de éste?	SI	SI	SI	SI
¿Se ha evaluado correctamente los elementos intencionales de los actores siguiendo las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona?	SI	SI	SI	SI

En resumen, podemos concluir que las respuestas de los analistas a la lista de control indican que la técnica VeGAn es sistemática y coherente. El caso donde uno de los analistas indicó un problema en la tarea 2.3. *Propagación de enlaces* de la actividad *Propagación* fue analizado y se ha constatado que se ha tratado de un error humano a la hora de identificar los pesos utilizados en las relaciones de los elementos intencionales.

## **6.5. Entrevista**

Tras la verificación de que la técnica era sistemática y coherente, los analistas fueron entrevistados. El propósito de la entrevista semi-estructurada era obtener la retroalimentación de los participantes sobre su experiencia, dificultades y posibles mejoras de la técnica y la herramienta.

A la hora de llevar a cabo la entrevista, los cuatro analistas fueron entrevistados individualmente siguiendo el orden fijo de las preguntas. Los participantes no tenían un tiempo máximo para responder a las preguntas y tenían total libertad de expresión. Todas las entrevistas fueron grabadas (haciendo un total de 1 hora y 12 minutos) y transcritas. Las preguntas realizadas a los analistas fueron las siguientes:

1. ¿Cómo de importante es tener un buen conocimiento sobre modelos de objetivos para poder comprender y aplicar la técnica VeGAN?
2. ¿Qué dificultades encontraste al aprender y aplicar la técnica VeGAN?
3. ¿Son satisfactorios los resultados obtenidos por la técnica VeGAN?
4. ¿Qué más hace falta, en su opinión, para que la técnica VeGAN sea más fácil de utilizar?
5. ¿Qué más hace falta, en su opinión, para que la técnica VeGAN sea más útil?
6. ¿Tienes alguna sugerencia para mejorar la herramienta de soporte a VeGAN?

Con respecto a la primera pregunta, los cuatro analistas coincidieron en que es necesario tener un conocimiento bajo en modelos de objetivos para poder identificar los distintos tipos de elementos intencionales y enlaces del modelos. Dos de los analistas comentaron que no era necesario conocer las restricciones específicas de cada enlace y que conocer cada tipo de enlace es suficiente.

Con respecto a la segunda pregunta, todos los analistas coincidieron en que la técnica era fácil de aprender y utilizar mediante el uso de la herramienta, pero que sin la herramienta la técnica es compleja y difícil de aplicar. Además, realizar los cálculos de forma manual requeriría mucho tiempo y sería propenso a errores por su complejidad y la gran cantidad de cálculos necesarios para obtener el valor de cada elemento del modelo.

Con respecto a la tercera pregunta, los cuatro analistas expresaron su satisfacción con los resultados obtenidos. Además, tres de ellos (Analistas 2, 3 y 4) indicaron que mostrar de dónde proviene el valor de cada elemento intencional puede ser de mucha utilidad para comprender porqué son valiosos y tomar mejor decisiones. Sin embargo, todos los analistas comentaron que no estaban conformes con que los elementos intencionales pudieran obtener valor de elementos con los que no tienen ninguna interacción.

Con respecto a la cuarta pregunta, uno de los analistas (Analista 1) sugirió priorizar mediante una escala cuantitativa y sin nivel de confianza, otro analista (Analista 4) sugirió mostrar de dónde viene el valor de cada elemento en el modelo en vez de en una tabla.

Con respecto a la quinta pregunta, uno de los analistas (Analista 3) sugirió permitir propagar sin la necesidad de priorizar todos los elementos intencionales de todos los actores

porque a veces solo se está interesado en los valores de un único actor y no es necesario considerarlos todos. Dos analistas (Analistas 2 y 4) sugirieron añadir el nivel de confianza de "No Seguro" ya que a veces no está claro si la confianza debería ser más o menos.

Con respecto a la primera sugerencia, permitir propagar sin necesidad de priorizar todos los elementos intencionales, debido a que FHTOPSIS calcula el valor de forma proporcional a las prioridades el valor puede variar (proporcionalmente) dependiendo de qué se priorice y esto puede confundir a los analistas. Con respecto a la segunda sugerencia, añadir el nivel de confianza No seguro, tenemos planteado analizarlo como trabajo futuro ya que esto afectaría a la tarea de *Polarización* de la actividad de *Propagación*.

Con respecto a la sexta pregunta los analistas sugirieron varias posibles mejoras sobre la técnica:

- Permitir ocultar las columnas que proveen información sobre dónde provienen el valor ya que en modelos grandes pueden crecer mucho y dificultar ver el análisis en su totalidad.
- Mostrar de dónde proviene el valor de forma visual sobre el modelo de objetivos en vez de en una tabla.
- Ya que la herramienta almacena cada análisis realizado como una iteración, poder visualizar la información de una iteración en concreto.

## 6.6. Discusión

En esta sección se discuten los comentarios de los analistas proporcionados en la lista de control y en las entrevistas con el fin de responder a las preguntas de investigación.

Con respecto a la primera pregunta de investigación, *PI1 - ¿Permite la técnica VeGAN obtener el valor de los elementos intencionales de un Modelo Objetivo de forma sistemática y coherente?*, los analistas tuvieron que verificar los pasos realizados por la herramienta que da soporte tecnológico a la técnica así como también los cálculos realizados.

Los resultados proporcionados por todos los analistas indican que la técnica puede aplicarse de forma sistemática y coherente y varios de ellos comentaron que el uso de la herramienta es imprescindible debido a la complejidad de la técnica, la posible propagación de errores y el tiempo necesario para aplicar la VeGAN de forma manual.

Con respecto a la segunda pregunta de investigación, *PI 2 - ¿Qué limitaciones presenta la técnica VeGAN?* se obtuvo retroalimentación de los analistas mediante las entrevistas realizadas tras el uso de la herramienta que implementa la técnica.

Los analistas identificaron las siguientes limitaciones:

- La técnica no tiene en cuenta todos los tipos de elementos intencionales, por ejemplo, no considera los recursos. Sin embargo, en una discusión posterior tres de los analistas estuvieron de acuerdo que no era necesario que la técnica los considere ya que no afectaría a los resultados de la misma.

- La técnica no puede utilizarse para analizar modelos de objetivos con ciclos limitando así los modelos de objetivos que pueden analizarse. Aunque esto es un problema recurrente en las técnicas basadas en propagación sistemática como trabajo futuro se pretende estudiar cómo lidiar con esta limitación de forma que se permita analizar modelos de objetivos con ciclos.
- La técnica no considera la jerarquía de los actores, es decir, que un actor puede ser un rol o un agente de otro (esto viene del lenguaje de iStar e iStar 2.0). Este problema puede limitar los modelos de objetivos a analizar a aquellos donde no se representen jerarquías entre actores. No hay ninguna técnica de análisis de modelos de objetivos que considere las jerarquías de los actores a la hora de analizar el modelo, además, es posible adaptar estos modelos para eliminar las jerarquías.

Las entrevistas realizadas también ayudaron a obtener retroalimentación sobre si los resultados son o no satisfactorios, así como las posibles mejoras que se podrían realizar en la técnica y/o herramienta.

A raíz de las respuestas de los analistas en la entrevista y a las observaciones en la lista de control se decidió modificar la técnica para que no pudiera darse el caso de que elementos intencionales obtuvieran valor de elementos con los que no interactúan. Para ello, se modificó el cálculo del FNIS de la implementación de FHTOPSIS de seleccionar el menor impacto a seleccionar FNIS como 0 (0, 0, 0). Esta es la razón detrás de la discrepancia a la hora de calcular FNIS entre la [sección 2.5.2](#) y la [sección 4.2.5.2](#).

El hecho de que FNIS sea el menor impacto hace que FHTOPSIS calcule como valor positivo el hecho de que un elemento no impacte (0) ya que es mayor que cualquier impacto negativo. La modificación donde FNIS es 0 hace que aquellos elementos que no impacten no ganen valor y aquellos que impactan negativamente pierdan valor.

En la Figura 6.10 se muestra una comparación entre el cálculo original y modificado para los elementos intencionales P.S2, P.S3 y P.S4. En la parte superior a) se muestra como haría FHTOPSIS originalmente (los elementos obtienen valor por no contribuir negativamente) mientras en la parte inferior b) se muestra la modificación donde se permite valor negativo pero que no se incremente el valor por este hecho.

La razón detrás del cambio del valor entre ambas imágenes es debido a que el coeficiente de proximidad empleado para calcular el valor hace uso FNIS el cual es modificado. Sin embargo, al ser el valor un porcentaje de la proximidad el orden de cuánto valor aporta cada elemento intencional se mantiene ya que es un cambio porcentual. Por ejemplo, en la Figura 6.10 se mantiene que  $P.S3 > P.S2 > P.S4$  tanto en la original a) como en la modificada b) así como también la diferencia de valor entre esos elementos, entre 2 y 3.

Sin embargo, estos resultados son preliminares debido a que la técnica debería ser utilizada por un mayor número de analistas profesionales y, lo más importante, en su entorno de trabajo habitual (*evaluación dinámica* de acuerdo al método de investigación mostrado en la Figura 1.2). No obstante, la evaluación estática de la técnica VeGAn descrita en este capítulo tiene valor como una primera evaluación realizada con profesionales para verificar las actividades y pasos de la técnica así como la automatización realizada.

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	21.38	13.57	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 7.03 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	23.04	15.24	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 4.85 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 5.88 - P.S3: Cualquier hora (S) 1.93 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	19.1	11.29	1.61 - P.S1: Cualquier lugar (S) 1.97 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 2.04 - P.S3: Cualquier hora (S) 4.72 - P.S4: Problemas técnicos (S) 0.96 - P.S5: Participación alumnos en clase (S)

(a) Original.

Intentional element	Importance level	Confidence level	Global value	Local value	Value intra-actor
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	6.16	6.16	6.16 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	8.35	8.35	3.73 - P.S2: Mejorar acceso a la educación (S) 4.62 - P.S3: Cualquier hora (S)
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	3.33	3.33	3.33 - P.S4: Problemas técnicos (S)

(b) Modificado.

Figura 6.10: Extracto de la comparación de edX con y sin modificación.

## 6.7. Amenazas a la validez

La **validez interna** tiene que ver con las relaciones causales y el riesgo de que los efectos observados puedan haber sido causados por factores no considerados en el estudio. En el estudio realizado todos los participantes (analistas) tenían experiencia previa en el análisis de modelos de objetivos por lo que los resultados podrían estar sesgados o verse afectados por la experiencia previa de los mismos. Debido a esto el estudio de caso se ha centrado en la validación la técnica propuesta así como también en obtener retroalimentación sobre cómo de bien funciona la técnica / herramienta, qué inconvenientes tiene y qué mejoras podrían realizarse.

La **validez externa** tiene que ver con la generalización de los hallazgos a otros contextos. Se ha realizado dos casos en el estudio de caso en dos dominios diferentes con el fin de mitigar que la técnica funcione mejor en un dominio que en otro. Los casos pueden considerarse realistas para proyectos de pequeña envergadura y no son triviales. La experiencia de los participantes puede amenazar la validez ya que todos los participantes eran profesionales con experiencia en el análisis de modelos objetivos, por lo que no hay información sobre participantes sin experiencia.

La **validez de constructo** se refiere al grado en que las medidas de nuestro estudio reflejan correctamente lo que se investiga. Respecto a la primera pregunta de investigación (¿Permite la técnica VeGAN obtener el valor de los elementos intencionales de un Modelo Objetivo de forma sistemática y coherente?) primeramente se entrenó a los participantes sobre el funcionamiento de la técnica donde se les proveyó de materiales y guías. A continuación se les proporcionó un análisis de un modelo de objetivos junto con todos

los pasos y cálculos realizados para calcular el valor y se les pidió que comprobaran el análisis. Por último se les preguntó si tras realizar la validación pensaban que la técnica era sistemática y coherente. Con respecto a la segunda pregunta de investigación (¿Qué limitaciones presenta la técnica VeGAn?), los participantes se les realizó una entrevista para identificar las posibles limitaciones y/o mejoras. Las preguntas de la entrevista están basadas en entrevistas en otros ámbitos [146, 147] y el objetivo, entre otros, es identificar posibles limitaciones y mejoras.

La **validez de la conclusión** tiene que ver con relaciones en los datos que no existen o relaciones faltantes que no deberían haberse informado. El estudio de caso está limitado por la cantidad de participantes y su experiencia, un mayor número de participantes y una mayor heterogeneidad en la experiencia incluyendo tanto profesionales como principiantes podrían ayudar a fortalecer las conclusiones.

## 6.8. Conclusiones

En este capítulo se ha evaluado la viabilidad de la técnica VeGAn propuesta en esta tesis doctoral así como también se ha probado la herramienta. La evaluación ha consistido en que los analistas verificaran el algoritmo y cálculos de un análisis de un modelo de objetivos concreto. El análisis ha sido obtenido por los investigadores mediante el uso de la herramienta que da soporte tecnológico a la técnica propuesta y mediante depuración para obtener los pasos y cálculos realizados por la misma.

Para la evaluación se han echo uso de dos casos distintos en el estudio de caso para mitigar que la técnica funcione mejor en un dominio que en otro. A pesar de que se han realizado dos casos distintos, cada analista ha participado en un único estudio de caso, dando lugar a que cada estudio de caso ha sido analizado por dos analistas distintos.

Para la evaluación de la viabilidad los analistas han verificado los pasos y cálculos realizados por la herramienta que habían sido proveídos por los investigadores verificando que la técnica es sistemática y coherente y por último participado en una entrevista.

La evaluación del estudio de caso por parte de los analistas no solo ha ayudado validar la técnica propuesta y probar la herramienta sino que también se ha obtenido retroalimentación por parte de los mismos sobre las posibles limitaciones y/o mejoras que podrían realizarse.

Los resultados de la evaluación de la viabilidad han sido satisfactorios pues todos los analistas han verificado que la herramienta es sistemática y coherente y han proporcionado retroalimentación la cual ha sido empleada para mejorar la técnica. Por ejemplo, a raíz de los comentarios de los analistas se ha realizado una modificación en el cálculo del valor para evitar que un elemento obtenga valor por el echo de no contribuir.

Sin embargo, la técnica debería ser utilizada por un mayor número de analistas profesionales en su entorno habitual de trabajo, lo que constituye una línea de trabajo futura.



## Capítulo 7

# Familia de experimentos

En este capítulo se presenta una familia de experimentos realizada con el fin de evaluar empíricamente VeGAN, la técnica propuesta en esta tesis mediante su comparación con otra técnica de análisis de modelos de objetivos ya existente.

La estructura de este capítulo es la siguiente:

La sección 7.1 introduce el objetivo y preguntas de investigación de la familia de experimentos.

La sección 7.2 presenta el contexto del experimento donde se presentan las técnicas de análisis comparadas, los objetos experimentales utilizados y cómo se han selección de los participantes.

La sección 7.3 explica en detalle las características de cada experimento de la familia incluyendo entre otras cosas las variables analizadas y las hipótesis planteadas.

La sección 7.4 presenta las tareas experimentales realizadas por los participantes, así como los materiales utilizados en la familia de experimentos.

La sección 7.5 muestra el procedimiento de análisis de datos realizado indicando qué técnica estadística se emplea de acuerdo a las asunciones de los datos.

La sección 7.6 muestra el análisis de los resultados por variable y se discuten los resultados obtenidos.

La sección 7.7 presenta las posibles amenazas a la validez de la familia de experimentos realizada.

Por último, la sección 7.8 resume los resultados obtenidos de la familia de experimentos.

Las familias de experimentos son útiles para responder preguntas que están fuera del alcance de los experimentos individuales y permiten generalizar los hallazgos de varios estudios y proporcionan evidencia con la que confirmar o rechazar hipótesis específicas [148]. Además, las réplicas en una familia de experimentos también ayudan a obtener conocimiento en base a evidencias empíricas y a obtener una mayor validez de los resultados [149, 150]. Por lo tanto, es el método empírico adecuado para entender en qué contexto la técnica propuesta en esta tesis doctoral (VeGAN) puede ser útil.

Se ha realizado una familia de experimentos controlados para evaluar VeGAN en comparación con la técnica GRL-Quant [90], propuesta por Amyot et al. y empleada en la industria. Estas técnicas se han comparado con respecto a la precisión de la priorización, el tiempo de priorización y la percepción de los participantes con respecto a su satisfacción percibida, facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso, desde el punto de vista de analistas noveles en el contexto de estudiantes de grado y máster en Ingeniería Informática de la Universitat Politècnica de València.

Hay una serie de razones por las cuales se ha seleccionado GRL-Quant: i) es una técnica conocida dentro del ámbito del análisis de modelos de objetivos, siendo una de las más citadas y llegando incluso a estar parcialmente mostrada en la especificación del lenguaje de GRL [30]. Además, entre los autores de la técnica se encuentra el creador del lenguaje de modelado de objetivos iStar y los encargados de mantener el lenguaje GRL; ii) la técnica hace uso del lenguaje de modelado de objetivos GRL como VeGAN y, por lo tanto, no es necesario crear modelos de objetivos de múltiples lenguajes de modelado de objetivos para la familia de experimentos; iii) Aunque la técnica no se creó con la intención de expresar el valor de los objetivos en un modelo de objetivos, puede considerarse comparable a VeGAN ya que esta técnica permite asignar importancia relativa a los elementos intencionales para realizar el análisis de modelos de objetivos.

La Figura 7.1 presenta la familia de experimentos, incluyendo el contexto de cada experimento, el número de participantes involucrados y el orden de ejecución de los mismos.



Figura 7.1: Resumen de la familia de experimentos.

Debido a que es difícil controlar las condiciones experimentales en Ingeniería de Software, una de las formas de satisfacer el requisito estadístico de las replicaciones es realizando replicaciones internas (en el mismo lugar y con los mismos experimentadores) [151]. Tener más replicaciones de un mismo experimento reduce considerablemente el error de Tipo I, y es necesario realizar replicaciones idénticas para estimar el tamaño del efecto (*effectsize*) bajo estudio [151]. Un error de Tipo I ( $\alpha$ -error, falso positivo) ocurre cuando la hipótesis nula ( $H_{1_0}$ ) es rechazada a favor de la hipótesis alternativa ( $H_{1_a}$ ), cuando la hipótesis nula en realidad es cierta. El tamaño del efecto indica la magnitud observada del efecto o

relación entre variables.

La familia de experimentos descrita en este capítulo está compuesta por un experimento base realizado en la Universitat Politècnica de València (UPV1) y tres réplicas internas (UPV2, UPV3 y UPV4) realizadas en el mismo contexto pero con distintas configuraciones. Las réplicas fueron operativas ya que variamos una dimensión de la configuración experimental original [152]. Los aspectos esenciales de las condiciones experimentales fueron los mismos. El cambio en la configuración experimental entre el experimento base (UPV1) y las réplicas fue el perfil de los participantes. Tanto el experimento base como la segunda réplica interna (UPV3) fueron llevadas a cabo con estudiantes de grado, mientras que la primera y la tercera réplica (UPV2 y UPV4) fueran llevadas a cabo con estudiantes de máster.

Los experimentos se han realizado con estudiantes porque el objetivo es evaluar un método nuevo. Como se ha reportado en la literatura, los estudiantes pueden desempeñar un papel muy importante a la hora de realizar experimentos. De hecho, antes de realizar estudios empíricos en entornos industriales, lo que requiere un coste importante en términos de tiempo, esfuerzo y recursos, muchos investigadores llevan a cabo estudios piloto en entornos académicos [153, 154].

De este modo, la mayoría de los experimentos en ingeniería de software se llevan a cabo en el ámbito académico [x], por lo que se utiliza a los estudiantes como sujetos experimentales. De hecho, los estudios empíricos no sólo contribuyen a la investigación, sino que también proporcionan importantes beneficios pedagógicos [155] en los cursos de ingeniería del software, como adquirir experiencia práctica en la aplicación de técnicas particularmente punteras, o el uso de experimentos como ejercicios para validar algunas técnicas.

Para realizar e reportar los resultados de esta familia de experimentos, hemos seguido las recomendaciones y directrices propuestas por la comunidad de Ingeniería de Software Empírica [14, 151].

Para propósitos de replicación, se ha definido un paquete experimental con todos los materiales experimentales utilizados. El paquete se puede encontrar en <https://zenodo.org/records/11117030>.

Las principales características de cada experimento y replicación se describen en las siguientes subsecciones, incluyendo el objetivo, selección de contexto, selección de variables, formulación de hipótesis, diseño experimental, tareas y procedimiento experimental y procedimiento de análisis de datos.

## 7.1. Objetivo

De acuerdo al paradigma GQM (*Goal-Question-Metric*) [15], el objetivo de esta familia de experimentos se puede definir de la siguiente manera:

<b>Analizar</b>	VeGAn y GRL-Quant
<b>Con el propósito de</b>	compararlos
<b>Con respecto a la</b>	precisión de la priorización, tiempo de priorización y la percepción de los participantes con respecto a la calidad de los resultados del análisis (satisfacción percibida, facilidad de uso percibida, utilidad percibida e intención de uso).
<b>Desde el punto de vista de</b>	analistas noveles
<b>En el contexto de</b>	estudiantes de grado en Ingeniería Informática y estudiantes del Máster en Ingeniería y Tecnología de Sistemas Software de la Universitat Politècnica de València.

Las preguntas de investigación son:

- **RQ1:** ¿Qué técnica permite a los analistas priorizar los elementos intencionales de un Modelo de Objetivos de forma más precisa?
- **RQ2:** ¿Qué técnica permite a los analistas priorizar los elementos intencionales de un Modelo de Objetivos más rápidamente?
- **RQ3:** ¿Qué técnica se percibe que proporciona los mejores resultados de análisis?
- **RQ4:** ¿Qué técnica se percibe como más fácil de usar?
- **RQ5:** ¿Qué técnica se percibe como más útil?
- **RQ6:** ¿Qué técnica se percibe como la más probable de ser utilizada en el futuro?

## **7.2. Contexto**

El contexto de este estudio es el análisis de dos modelos de objetivos por analistas de software. El contexto está definido por (i) las técnicas de análisis de modelos de objetivos seleccionadas, (ii) los objetos experimentales (es decir, los modelos de objetivos que se analizarán); y (iii) la selección de los participantes.

### **7.2.1. Técnicas de análisis de modelos de objetivos comparadas**

#### **7.2.1.1. GRL-Quant**

La aproximación GRL-Quant [90] es una técnica de análisis de modelos de objetivos que utiliza una aproximación cuantitativa con programación sistemática hacia delante para medir la satisfacción de los elementos intencionales de los modelos de objetivos. Esta técnica tiene dos actividades.

La primera actividad (opcional) es la priorización de los elementos intencionales del modelo de objetivos, para lo cual cada stakeholder debe asignar una importancia entre 0 y 100 a cada uno de sus elementos intencionales. En el caso de que no se asigne importancia a los elementos intencionales se considera que el elemento intencional tiene una importancia de 0 y por lo tanto no se tiene en cuenta para calcular la satisfacción del actor.

La segunda actividad de la técnica consiste en seleccionar un conjunto de elementos intencionales desde los cuales propagar, y entonces propagar automáticamente a través de las relaciones para descubrir qué elementos intencionales se satisfacen. La satisfacción es un número entre 100 (totalmente satisfecho) y -100 (totalmente insatisfecho). GRL-Quant define una reglas de propagación para cada una de las distintas relaciones:

- Relación AND de descomposición: La satisfacción del elemento que se descompone es igual al mínimo de la satisfacción de los elementos que lo componen.
- Relación OR de descomposición: La satisfacción del elemento que se descompone es igual al máximo de la satisfacción de los elementos que lo componen.
- Relación XOR de descomposición: La propagación es similar a la relación OR de descomposición, pero únicamente tiene en cuenta a los elementos intencionales que se han inicializado.
- Relación de contribución: La satisfacción del elemento intencional contribuido es la satisfacción del elemento intencional que contribuye multiplicado por el peso de la contribución y dividido por 100.
- Relación de dependencia: La satisfacción del elemento intencional del elemento dependiente es igual al mínimo de la satisfacción del elemento dependiente y dependido.

Con el fin de poder comparar ambas técnicas se han realizado unas pequeñas modificaciones sobre GRL-Quant:

- Se ha automatizado la propagación, de forma que la satisfacción que tiene cada elemento intencional es el resultado de propagar seleccionando ese elemento intencional (con la excepción de las descomposiciones, en la cual se ha usado las reglas de propagación de las descomposiciones). La razón por la cual se ha automatizado el procedimiento de propagación es porque tiene problemas de escalabilidad cuando trabaja con grandes modelos y tener que propagar individualmente consumiría mucho tiempo del experimento de forma innecesaria. A pesar de que se ha automatizado la propagación se sigue proveyendo retroalimentación sobre cómo se ha calculado la satisfacción.
- Se ha añadido una tercera actividad (Evaluación) para poder comparar. La evaluación consiste en que cada stakeholder asigna un nivel de satisfacción (Totalmente de acuerdo, De acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, En desacuerdo, y Totalmente en desacuerdo) a cada uno de los elementos intencionales para indicar su satisfacción con el resultado para cada elemento intencional.

La Figura 7.2 muestra el resultado del análisis del sistema edX con la técnica GRL-Quant obtenido por uno de los participantes en la familia de experimentos. El número del lado izquierdo de la flecha es la importancia asignada, mientras que el número del lado derecho es la satisfacción calculada. La satisfacción representa cómo de satisfecho está el stakeholder con el resultado obtenido al aplicar GRL-Quant sobre ese elemento intencional. El texto que aparece en la parte inferior muestra el resultado de la fase de evaluación, es decir, la satisfacción percibida asignada por el participante para cada elemento intencional.

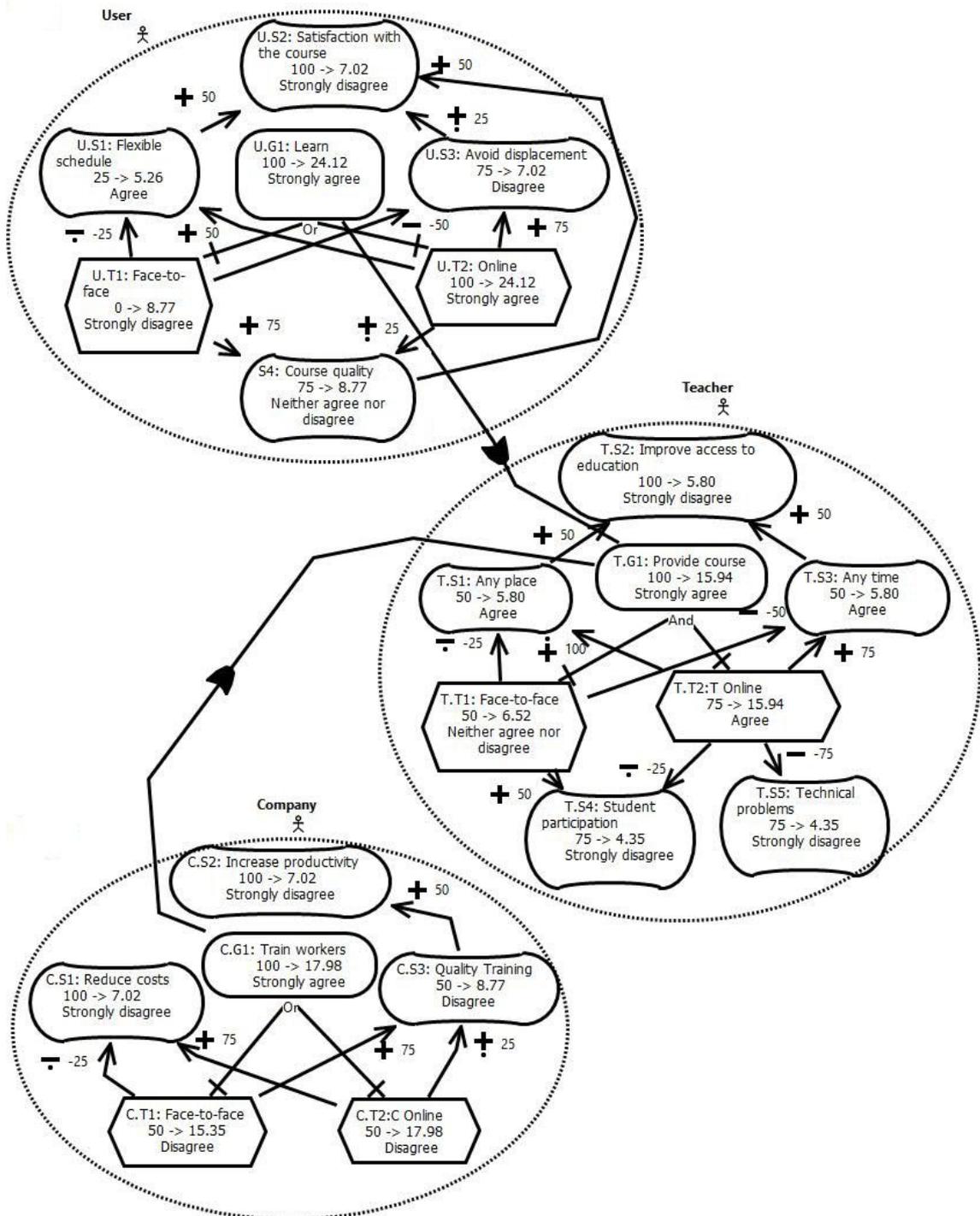


Figura 7.2: Análisis resultante de un participante utilizando GRL-Quant para analizar el sistema de edX.

### **7.2.1.2. VeGAn**

La técnica VeGAn ha sido explicada en el [capítulo 4](#), la cual consta de tres actividades priorización, propagación y evaluación. Esta técnica hace uso de una aproximación de propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio (MCDM) además de que se basa en lógica fuzzy.

En la actividad de priorización los stakeholders asignan un grado de importancia (Muy alta, Alta, Media, Baja, y Muy baja) y nivel de confianza (Posiblemente más, Seguro, Posiblemente menos) a cada elemento intencional indicando cómo de importante son y cómo de seguros están de la importancia asignada.

En la actividad de propagación se calcula el valor que provee cada uno de los elemento intencionales juntando las aproximaciones de propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio (MCDM). La propagación provee el Valor Global (cuánto valor aporta el elemento intencional para todos los stakeholders), el Valor Local (cuánto valor aporta el elemento intencional para el actor interesado en él) y cómo se ha calculado el valor.

En la actividad de evaluación los stakeholders deben asignar el nivel de satisfacción (Totalmente de acuerdo, De acuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, En desacuerdo, y Totalmente en desacuerdo) a cada uno de los elementos intencionales para indicar su satisfacción con el resultado para cada elemento intencional.

La Figura 7.3 muestra el resultado del análisis del sistema Esperanza con la técnica VeGAn obtenido por uno de los participantes en la familia de experimentos. Los símbolos del lado izquierdo de la flecha corresponden con el nivel de importancia (es decir (VH → Very High, H → High, M → Medium, L → Low, y VL → Very Low) y el nivel de confianza (PM → Possibly More, C → Confident, y PL → Possibly Less), mientras que el número a la derecha de la flecha corresponde con el valor calculado. Por ejemplo, "VH C → 53.42" del elemento intencional C.G1 significa que el elemento tiene un nivel de importancia Muy alto (VH → Very High) con nivel de confianza Seguro (C → Confident) y el valor resultante calculado al aplicar VeGAn es de 53.42.

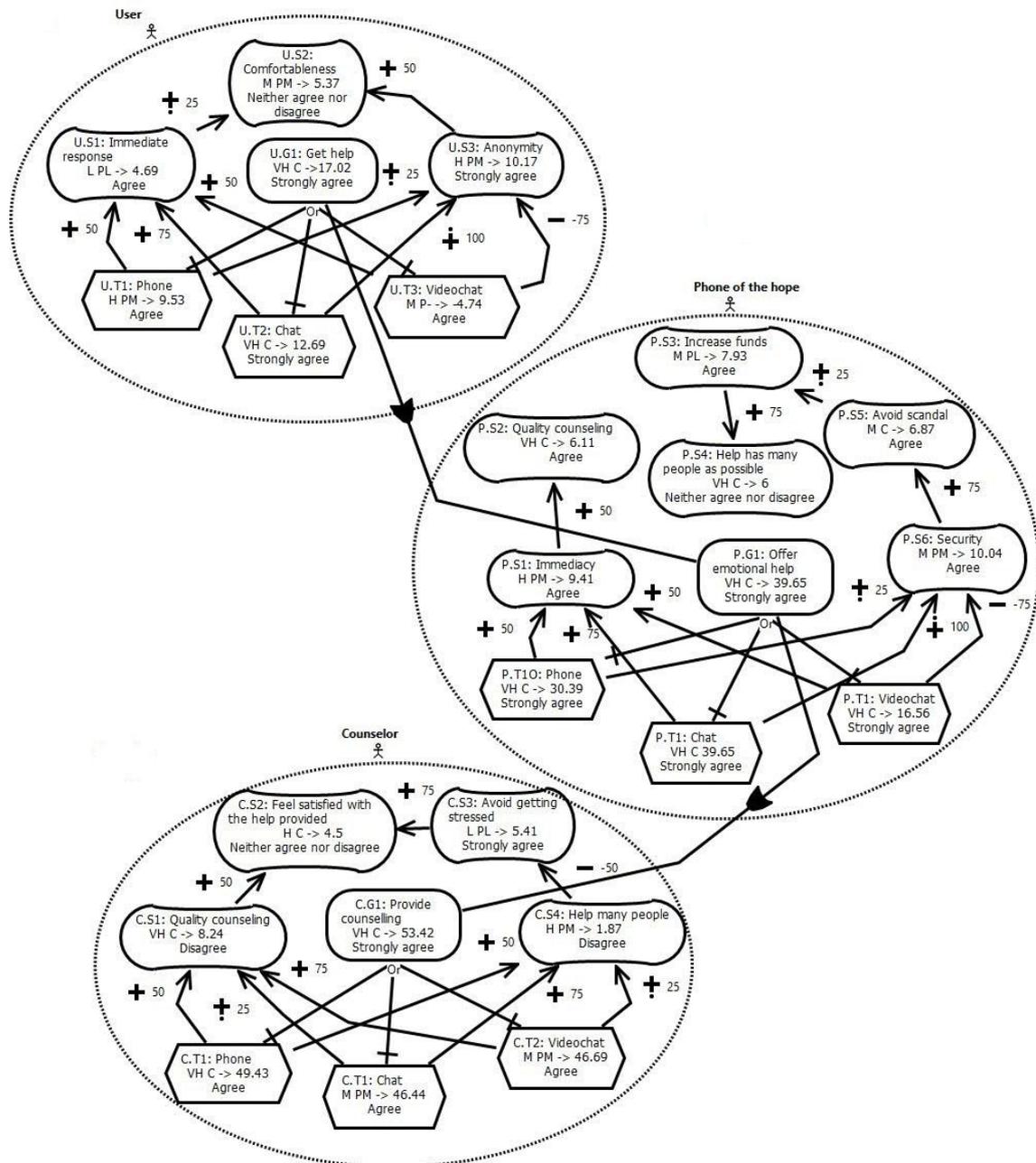


Figura 7.3: Análisis resultante de un participante utilizando VeGAn para analizar el sistema de Esperanza.

### **7.2.2. Objetos experimentales**

Los modelos de objetivos a ser analizados por los participantes utilizando ambas técnicas fueron seleccionados y adaptados de la literatura de Ingeniería de requisitos:

- O1 - Esperanza [4]: El propósito del sistema es ofrecer a los usuarios un servicio de asesoramiento en línea para personas en situaciones de crisis. El sistema se muestra en la Figura 7.3.
- O2 - edX [140]: El objetivo del sistema es ofrecer una plataforma online de educación que ayude a incrementar el acceso a la educación. El sistema se muestra en la Figura 7.2.

Ambos sistemas tienen un tamaño y complejidad similares para evitar que el tamaño y complejidad de los modelos influyan en los resultados.

### **7.2.3. Selección de participantes**

Los participantes incluyen 132 estudiantes de grado en Ingeniería Informática de la Universitat Politècnica de València (UPV) y 40 estudiantes del Máster en "Ingeniería y Tecnología de Sistemas Software" del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) de la UPV.

Los participantes fueron seleccionados mediante muestreo por conveniencia ya que nos centramos en el perfil de analista novel, centrándonos en aquellos grupos de participantes sin conocimiento previo en análisis de modelos de objetivos. Esta asunción fue verificada por medio de encuestas cuyo objetivo era determinar la demografía y experiencia de los participantes. Sin embargo, los participantes tenían conocimiento previo de modelado de software con UML.

Todos los participantes fueron voluntarios y conocían los propósitos prácticos y pedagógicos del experimento, pero no se les relevaron las preguntas de investigación. Además, los participantes tampoco fueron recompensados por su esfuerzo.

### 7.3. Planificación de los experimentos individuales

A continuación, presentamos la descripción de los experimentos, que fueron diseñados de acuerdo con el proceso experimental propuesto por Wohlin et al. [14]. Con respecto a las replicaciones, discutimos solo sus diferencias con respecto al experimento base.

#### 7.3.1. Experimento original (UPV1)

El objetivo del experimento fue evaluar si los participantes que aplican la técnica propuesta para analizar modelos de objetivos (es decir, VeGAN) obtienen mejores resultados en términos de rendimiento y percepción que la técnica GRL-Quant.

##### 7.3.1.1. Selección del contexto

Para la realización de este experimento se utilizaron las técnicas de modelos de objetivos descritas en la sección 7.2.1 para analizar los sistemas descritos en la sección 7.2.2. Los modelos de objetivos (seleccionados a partir de la literatura) se pueden encontrar en el paquete experimental mencionado anteriormente, junto con los materiales experimentales.

De acuerdo con la Teoría de Sistemas [156], la complejidad de un sistema se puede evaluar considerando el número de diferentes tipos de elementos y el número de diferentes tipos de relaciones entre ellos. La complejidad del sistema también depende del dominio del problema que se representa, ya que puede influir en la comprensión de los participantes.

Ambos sistemas elegidos pertenecen a dos dominios de aplicación distintos que no requieren de conocimientos especializados para comprenderlos. Los dos sistemas tienen una complejidad similar, según las métricas mostradas en la Tabla 7.1. La diferencia entre ambos sistemas no es tan grande como se aprecia en la tabla ya que realmente las tareas están replicadas entre los actores, de forma que en edX hay 2 tareas replicadas en 3 actores ( $2 \times 3 = 6$ ) y en Esperanza hay 3 tareas replicadas ( $3 \times 3 = 6$ ), esto también repercute en los enlaces extra para esta tarea.

Tabla 7.1: Descripción de los sistemas.

Sistema	#Actores	#Objetivos	#ObjetivosSoft	#Tareas	#Enlaces
edX	3	3	12	6	32
Esperanza	3	3	13	9	38

##### 7.3.1.2. Participantes

En el experimento participaron 64 estudiantes de grado en la Universitat Politècnica de València matriculados en la asignatura de Ingeniería de Requisitos. Los participantes fueron seleccionados mediante muestreo por conveniencia ya que nos centramos en el perfil de analistas noveles. Debido a esto los participantes no tenían conocimiento previo sobre modelos de objetivos ni análisis de modelos de objetivos. Esta asunción fue verificada por medio de un pre-cuestionario.

Todos los participantes eran voluntarios y conocían los propósitos prácticos y pedagógicos del experimento, pero no se les reveló las preguntas de investigación ni fueron recompensados por su esfuerzo.

### 7.3.1.3. Variables

La principal variable independiente (o factor) es la técnica de análisis de modelos de objetivos utilizado la cual es una variable nominal y puede tener dos posibles valores: GRL-Quant y VeGAN. La variable secundaria independiente (o cofactor) es el objeto experimental utilizado el cual también es una variable nominal con dos posibles valores: Esperanza y edX.

Por otra parte, hay dos tipos de variables dependientes: variables basadas en rendimiento y variables basadas en percepción. Las variables basadas en rendimiento miden el rendimiento de los participantes en la realización de la tarea experimental (análisis de modelos de objetivos) y se basan en la medición de la eficacia del método (calidad del resultado de análisis), así como la eficiencia de los participantes en el uso de las técnicas. Estas variables son las siguientes: Precisión de la Priorización (PP) y Tiempo de Priorización (TP).

La variable de **Precisión de la Priorización (PP)** mide la completitud (si se priorizan todos los elementos intencionales) y la correctitud (si la importancia asignada es la esperada). Esta variable se ha medido utilizando una aproximación basada en recuperación de la información [157] la cual ha sido empleada en otros experimentos de Ingeniería de Software [158, 159, 160, 161] para comparar modelos con respecto a una *Golden Solution* (esto es, el conjunto correcto de importancias asignadas por un experto en el dominio) para cada elemento intencional.

Para ayudar a los participantes a asignar una importancia relativa a los elementos intencionales del modelo y minimizar la subjetividad, se les ha proporcionado un anexo donde se describía el perfil de los distintos stakeholders de los sistemas a analizar según la técnica Persona [143] (uno para cada stakeholder de cada sistema). Por ejemplo, si el patrón del comportamiento de Persona sugiere que un stakeholder es *impaciente*, a la hora de asignar la importancia relativa a un elemento intencional como "rapidez" se debería asignar una importancia que represente que es importante.

La Ecuación 7.1 muestra como se calcula la variable PP mediante la media armónica entre la completitud y la correctitud de cada elemento intencional del modelo de objetivos.

$$\text{F-measure}_e = \frac{|P_{element} \cap GS_{element}|}{|P_{element}|} \quad (7.1)$$

El  $P_{element}$  indica la importancia asignada a los elementos del modelo de objetivos por un participante y el  $GS_{element}$  indica la importancia esperada que sea asignada la cual ha sido derivada de la *Golden Solution*. Dado que la *Golden Solution* podría ser influenciada por la experiencia del experto, se tiene en cuenta varias posibles soluciones, que pueden evolucionar con las respuestas de los participantes.

La variable **Tiempo de Priorización (TP)** mide el tiempo total (en minutos) que toma un participante en priorizar (asignar importancia) a todos los elementos intencionales del modelo de objetivos.

Las variables basadas en percepción miden cómo de bien perciben los participantes la técnica de análisis de modelos de objetivos utilizada. Las variables basadas en percepción son las siguientes: Satisfacción Percibida (SP), Facilidad de Uso Percibida (FUP), Utilidad Percibida (UP) y Intención de Uso (IU).

La variable **Satisfacción Percibida (SP)** mide cómo de satisfecho está el participante con los resultados obtenidos de la técnica. El participante, por tanto, debe evaluar el resultado del análisis obtenido para cada elemento intencional utilizando una escala Likert de 5 puntos, que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo).

El resto de variables de percepción están basadas en el Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) [12], el cual es ampliamente utilizado y empíricamente validado [162]:

- **Facilidad de Uso Percibida (FUP):** el grado en que el analista cree que el uso de una técnica reduciría su esfuerzo en el análisis de modelos de objetivos.
- **Utilidad Percibida (UP):** el grado en que el analista cree que el uso de la técnica mejoraría su desempeño en el análisis de modelos de objetivos dentro de un contexto organizacional.
- **Intención de Uso (IU):** el grado en que el analista tiene la intención de utilizar la técnica de análisis de modelos de objetivos en el futuro.

La Tabla 7.2 muestra las preguntas definidas para medir las variables de percepción FUP, UP e IU. Las preguntas definidas para cada variable se combinaron en una encuesta de diez preguntas. Las preguntas se formularon mediante la utilización de una escala Likert de 5 puntos que va desde 1 (totalmente en desacuerdo) hasta 5 (totalmente de acuerdo). En la encuesta las preguntas se encuentran en un orden aleatorio con el fin de evitar sesgo en la respuesta sistemática [163]. El valor de cada variable se calculó como la media de las respuestas a las preguntas de esa variable. Además, la encuesta también incluye preguntas abiertas para obtener retroalimentación de los participantes. La encuesta empleada se ha incluido en el [paquete experimental](#).

Tabla 7.2: Preguntas en la encuesta.

Variable	Pregunta
FUP1	La técnica de análisis de modelos de objetivos es simple y fácil de seguir.
FUP2	En general, la técnica de análisis de modelos de objetivos es fácil de aprender.
FUP3	Pienso que sería fácil ser hábil usando esta técnica.
FUP4	Me resulta fácil recordar cómo analizar un modelo de objetivos con esta técnica.
UP1	En general, encuentro la técnica de análisis de modelos de objetivos útil.
UP2	Creo que esta técnica reduciría el tiempo y esfuerzo requerido para analizar un modelo de objetivos.
UP3	Pienso que esta técnica tiene los mecanismos necesarios para analizar modelos de objetivos.
UP4	Creo que los resultados obtenidos con este método son claros, concisos y no ambiguos.
IU1	Si tuviera que utilizar una técnica de análisis de modelos de objetivos en el futuro creo que tendría en cuenta esta técnica.
IU2	Recomendaría el uso de esta técnica de análisis de modelos de objetivos.

#### 7.3.1.4. Hipótesis

De acuerdo a las preguntas de investigación y variables dependientes planteadas, las siguientes hipótesis nulas han sido formuladas y probadas:

- **H1<sub>0</sub>**: PP (GRL-Quant) = PP (VeGAn)
- **H2<sub>0</sub>**: TP (GRL-Quant) = TP (VeGAn)
- **H3<sub>0</sub>**: SP (GRL-Quant) = SP (VeGAn)
- **H4<sub>0</sub>**: FUP (GRL-Quant) = FUP (VeGAn)
- **H5<sub>0</sub>**: UP (GRL-Quant) = UP (VeGAn)
- **H6<sub>0</sub>**: IU (GRL-Quant) = IU (VeGAn)

Estas hipótesis expresan que no existen diferencias significativas para todas las variables dependientes del experimento cuando se cambia una técnica de análisis por otra. El objetivo del análisis estadístico es rechazar estas hipótesis y posiblemente aceptar las hipótesis alternativas (por ejemplo,  $H1_1 = \neg H1_0$ ), que sí expresan que existen diferencias significativas a favor de una determinada técnica de análisis. Todas las hipótesis son de dos colas (*two-tailed*) porque no postulamos que se produciría un efecto a favor de ninguna de las dos técnicas de análisis que están siendo probadas.

#### 7.3.1.5. Diseño

Como ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos son similares, para evitar un posible efecto de arrastre o de aprendizaje<sup>1</sup>, se ha optado por utilizar un diseño inter-sujetos (*between-subjects*), con muestras independientes, donde cada participante pertenecía solo a uno de los grupos (control o experimental), como se muestra en la Tabla 7.3.

Esto reduce las posibilidades de que los participantes se aburran después de una larga serie de pruebas o que, por otro lado, logren mejores resultados como resultado de la práctica y la experiencia, sesgando los resultados.

El experimento consistió en dos sesiones cada una de las cuales con un grupo distinto y por lo tanto usando una técnica de análisis de modelos de objetivos distinta. En cada una de estas sesiones a los participantes se les proveía un único sistema (edX o Esperanza) de forma aleatoria y debían analizarlo con la técnica correspondiente a su grupo. En resumen, había un total de cuatro tratamientos resultantes de la combinación de técnica y sistema, y cada participante recibía únicamente un tratamiento. Este diseño permite mitigar el efecto de aprendizaje, ya que los participantes no repiten técnica de análisis o sistema durante la realización del experimento, así como también el efecto de dominio/sistema ya que habían dos sistemas de dominios distintos.

Tabla 7.3: Diseño Experimental.

	Sesión 1 (grupo de control)	Sesión 1 (grupo experimental)
Tratamiento	GRL-Quant, Esperanza GRL-Quant, edX	VeGAn, Esperanza VeGAn, edX

### 7.3.1.6. Operación

Antes de la realización del experimento se llevó a cabo un experimento piloto con cuatro estudiantes de doctorado, con experiencia en el modelado de software, con el fin de evaluar la planificación experimental. Los resultados del piloto han dado lugar a varias mejoras de los materiales experimentales para adecuarlo al tiempo (sesiones) planificadas para el experimento o facilitar la comprensión de la tarea experimental.

A continuación, antes del experimento, los participantes recibieron una sesión de entrenamiento sobre lenguajes de modelado de objetivos y análisis de modelos de objetivos con las dos técnicas que tendrían que utilizar. Durante esta sesión, los participantes fueron introducidos con una de las técnicas de análisis y analizaron un modelo de objetivos proporcionado como ejemplo, siguiendo las instrucciones proporcionadas. Todos los participantes asistieron a la sesión de entrenamiento donde se les proporcionó instrucciones detalladas sobre la tarea experimental.

Al final de la sesión, el experimentador mostró de forma interactiva el análisis del modelo de objetivos realizado proporcionando la solución a los participantes. La sesión de entrenamiento tuvo una duración de cuatro horas. Además, se administró un cuestionario a los participantes para evaluar su experiencia previa con modelos de objetivos y técnicas de análisis de dichos modelos. Los resultados mostraron que ninguno de los participantes tenía conocimientos previos de estas tecnologías.

---

<sup>1</sup>Un efecto de arrastre es un efecto que *se traslada* de un tratamiento experimental a otro, mientras que el efecto de aprendizaje ocurre cuando los participantes mejoran su rendimiento en una tarea experimental simplemente practicando las habilidades asociadas a la tarea.

El experimento se realizó en condiciones controladas en un laboratorio de la UPV siguiendo el diseño equilibrado inter-sujetos (*between-subjects*) mostrado en la Tabla 7.3. Como se ha explicado previamente, cada uno de los participantes realizó únicamente uno de los cuatro posibles tratamientos. En el experimento participaron un total de 64 estudiantes de grado que se repartieron de forma aleatoria y balanceada entre los cuatro grupos (tratamientos) resultando en 16 participantes por tratamiento.

Durante el experimento, se pidió a los participantes que realizaran la tarea experimental, no se les impuso ningún límite de tiempo y se les permitió consultar los materiales de la sesión de entrenamiento. Después de la realización del experimento se les pidió que realizaran una encuesta, que ha sido utilizada para recoger datos sobre su percepción de la técnica utilizada.

### **7.3.2. Segundo experimento (UPV2)**

El segundo experimento de la familia fue una réplica interna estricta de UPV1. Se aplicó el mismo protocolo experimental pero a una población diferente, lo que significa que variamos solo el perfil de los participantes, mientras que el contexto, los experimentadores, el diseño, las variables y la instrumentación permanecieron iguales. El propósito fue probar hasta qué punto los resultados del estudio podían generalizarse a otras poblaciones.

Los participantes fueron 20 estudiantes de máster matriculados en el Máster en Ingeniería y Tecnología de Sistemas Software del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) de la UPV. Los participantes fueron elegidos mediante muestreo por conveniencia. Los alumnos estaban matriculados en la asignatura "Ingeniería del Software Experimental", donde fueron introducidos a distintos métodos empíricos, con un enfoque en la comparación de aproximaciones de modelado de software. El experimento fue realizado en Junio de 2020. Se pidió a los participantes que realizaran la tarea experimental, de análisis de modelos de objetivos, como parte de los ejercicios realizados en el aula durante el curso. Al igual que en el experimento base, el experimento se llevó a cabo en un aula y no se permitió la interacción entre los participantes.

### **7.3.3. Tercer experimento (UPV3)**

El tercer experimento de la familia de experimentos fue una réplica interna estricta de UPV1, donde se aplicó el mismo protocolo experimental manteniendo la población, diseño, experimentadores, variables e instrumentación iguales.

Los participantes fueron 68 estudiantes de la UPV matriculados en la asignatura de Ingeniería de Requisitos. Los participantes fueron seleccionados mediante muestreo por conveniencia sin conocimiento previo sobre análisis de modelos de objetivos ni modelos de objetivos. Esta asunción fue verificada por medio de un pre-cuestionario.

#### **7.3.4. Cuarto experimento (UPV4)**

El cuarto experimento de la familia fue una réplica interna estricta de UPV1 idéntica a UPV 2, es decir, mismo diseño, experimentadores, material, variables, pero con distinta población. Los participantes fueron 20 estudiantes de máster matriculados en el Máster en Ingeniería y Tecnología de Sistemas Software en el Departamento de Sistemas Informáticos y Computación (DSIC) de la UPV elegidos por conveniencia.

### **7.4. Tareas y material experimental**

La tarea experimental de la familia de experimentos consiste en que los participantes *”analicen un modelo de objetivos utilizando una técnica de análisis de modelos de objetivos”*. Como se ha descrito anteriormente, en total hay dos técnicas (GRL-Quant y VeGAn) y dos modelos de objetivos (sistemas, O1 y O2) generando un total de 4 combinaciones. La razón por la que tenemos dos sistemas es minimizar el efecto del dominio/sistema en el análisis.

Las tareas realizadas por los participantes para ambas técnicas fueron:

1. **Comprensión del modelo de objetivos:** Los participantes debían leer una descripción de modelo de objetivos y responder una serie de preguntas sobre el mismo. Estas preguntas ayudan a los participantes a comprender el modelo de objetivos y nos permite controlar su comprensión del problema.
2. **Priorización de elementos intencionales:** Los participantes debían de asignar el nivel de importancia y confianza en el caso de VeGAn y una importancia entre 0 y 100 en el caso de GRL-Quant a cada uno de los elementos intencionales del modelo. Para hacer esto, los participantes tenían que comprender las necesidades y objetivos de los stakeholders, para lo cual usaron las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona [143] para priorizar los elementos intencionales.
3. **Propagación:** Los participantes emplearon herramientas (Excel en el caso de GRL-Quant o aplicación software en el caso de VeGAn) que automatizaba el cálculo de la satisfacción / valor de cada elemento intencional dada las priorizaciones asignadas previamente.
4. **Evaluación:** Los participantes debían evaluar los resultados obtenidos de la técnica utilizada asignando un nivel de satisfacción sobre los resultados obtenidos para cada elemento intencional. Al igual que para priorizar, los participantes debían utilizar la ficha de perfil de los stakeholders del sistema descrita de acuerdo a la técnica Persona [143] para evaluar.
5. **Valoración de la técnica:** tras completar la tarea, se pidió a los participantes que rellenaran un cuestionario para expresar su percepción de la facilidad de uso, la utilidad y la intención de uso futuro de la técnica de análisis empleada.

Es importante destacar que para la aplicación de la técnica de análisis de modelos GRL-Quant se ha hecho uso de ficheros Excel creados por nosotros mismos que implementan la técnica en vez de la aplicación específica que implementada en jUCMNav debido a dos razones.

Por un lado, jUCMNav ha sido desarrollado como un plugin de Eclipse con muchas características (por ejemplo, modelado de objetivos, múltiples técnicas de análisis, etc) haciendo que sea complejo de utilizar y que consuma muchos recursos. Además, hoy en día ya no se encuentra disponible salvo que se descargue el código fuente y se compile.

Por otro lado, para calcular la satisfacción que provee un elemento intencional se debe realizar un análisis desde ese elemento intencional concreto. Por lo tanto, para calcular la satisfacción de todos los elementos intencionales del modelo de objetivos es necesario realizar un análisis para cada elemento intencional. Los ficheros Excel automatizan todos los análisis en uno solo para reducir así el tiempo necesario de configurar cada análisis individual.

Para verificar que los ficheros Excel proporcionados implementaran correctamente GRL-Quant se realizaron múltiples pruebas comparando los resultados obtenidos mediante los Excel y jUCMNav para cada elemento intencional concreto.

Los materiales utilizados para entrenar los participantes y realizar las tareas experimentales incluyen:

- Cuatro tipos de boletín que cubren las cuatro combinaciones de técnica de análisis de modelos de objetivos y objeto experimental (GRL-Quant-O1, GRL-Quant-O2, VeGAN-O1, VeGAN-O2). Los boletines describían las tareas experimentales que los participantes tenían que realizar.
- Dos apéndices conteniendo una explicación detallada de cada técnica de análisis de modelos de objetivos.
- Dos apéndices, uno para cada objeto experimental, conteniendo fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona describiendo cada stakeholder para ayudar a los participantes a comprender las necesidades, motivaciones, y puntos de vista de estos stakeholders.
- Dos ficheros Excel con macros para automatizar la propagación de la técnica GRL-Quant, cada uno de los ficheros permite el análisis de uno de los objetos experimentales.
- Una aplicación Java y dos ficheros XMI para automatizar la propagación de la técnica VeGAN, cada uno de los ficheros permite el análisis de uno de los objetos experimentales.
- Un cuestionario post-tarea con preguntas cerradas y abiertas que permitía a los participantes expresar su opinión sobre la facilidad de uso, utilidad e intención de uso de las dos técnicas.

En el [Anexo B](#) se muestra un extracto del material empleado en la familia de experimentos donde hay dos boletines cada uno con un objeto experimental distinto y para una técnica distinta. El material completo se ha incluido como parte del [paquete experimental](#).

## 7.5. Análisis de datos

Los resultados fueron recopilados mediante los boletines de los ejercicios de análisis (para determinar el Tiempo de Priorización (TP)), los ficheros Excel y/o XMI proveídos (para determinar la Precisión de la Priorización (PP) y Satisfacción Percibida (SP)) y el cuestionario (para obtener los datos de las variables subjetivas FUP, UP e IU). Se ha realizado un análisis descriptivo de las variables de interés con gráficos violín y test estadísticos para realizar la prueba de las hipótesis planteadas y el análisis de los datos obtenidos. Como es habitual, en todos los test consideramos una probabilidad de fallo del 5% correspondiendo con un error de tipo I [164], es decir, rechazar la hipótesis nula cuando debería confirmarse. Esto quiere decir que se utiliza un nivel de significancia (valor de  $p$ ) de 0,05 como el límite de significancia. Si el valor  $p$  es menor que 0,05, rechazamos la hipótesis nula de que no hay diferencia entre las medias y concluimos que sí existe una diferencia significativa.

El análisis de los datos fue realizado de la siguiente forma:

1. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las variables dependientes.
2. Se analizó las características de los datos para determinar los test más apropiados para probar las hipótesis planteadas. Ya que el tamaño de la muestra de cada experimento individual de la familia era inferior a 50 observaciones, se utilizaron los test de Shapiro-Wilk y Brown-Forsythe Levene-type para verificar la normalidad y homogeneidad de los datos.
3. A continuación, se analizó si había alguna interacción entre las variables independientes de cada experimento. Cuando los datos presentaban una distribución normal, eran homogéneos y la variable no es ordinal (FUP, UP, IU) se utilizó la prueba ANOVA y cuando no se cumplía alguno de estos supuestos se utilizó Kruskal-Wallis.
4. Dependiendo de los resultados del paso anterior:
  - Cuando se detectó una interacción, realizamos un análisis post-hoc para determinar qué tratamientos eran significativos. Si los datos tenían una distribución normal y la variable no es ordinal, utilizamos la prueba de  $t$  de Student ( $t$ -test), y si no, la prueba de Mann-Whitney.
  - Cuando no se detectó ninguna interacción, se combinaron los datos y se compararon los distintos tratamientos mediante ANOVA (si la distribución de los datos era normal, homogénea y no se analiza una variable ordinal) o Mann-Whitney en caso contrario.
5. Además, para enriquecer los resultados del análisis, también se ha calculado el tamaño del efecto (*effects size*) mediante la  $\delta$  de Cliff [165] con un intervalo de confianza del 95% cuando no detectamos una interacción. En estadística, el tamaño del efecto se refiere a una forma de cuantificar el tamaño de la diferencia entre dos grupos. Por lo tanto, el tamaño del efecto complementa la información del nivel de significancia

estadística (valor de p o p-valor en Inglés) ya que indica la "magnitud del resultado" y permite ofrecer una estimación del alcance de los hallazgos.

## **7.6. Resultados**

En esta sección, discutimos los resultados de cada experimento analizando cuantitativamente los datos de acuerdo con las hipótesis establecidas. Los resultados se obtuvieron utilizando SPSS v20 y R v4.0.1. También se proporciona un análisis cualitativo basado en la retroalimentación obtenida de las preguntas abiertas del cuestionario posterior a la tarea.

### **7.6.1. Estadísticas descriptivas y análisis exploratorio de los datos**

La Tabla 7.4 muestra un resumen de los resultados de la tarea de análisis de los modelos de objetivos en cada experimento individual, dividido por técnica y sistema. Mientras que la Figura 7.4 muestra las variables basadas en rendimiento (Precisión de la Priorización y Tiempo de Priorización), las Figuras 7.5 y 7.6 muestran las variables basadas en percepción (Satisfacción Percibida, Facilidad de Uso Percibida, Utilidad Percibida e Intención de Uso) mediante el uso de gráficos de violín con boxplots inscritos.

Análisis de modelos de objetivos basado en valor mediante lógica difusa y toma de decisiones multicriterio

Tabla 7.4: Análisis descriptivo.

Exp	Técnica	Sistema	Precisión de la Priorización (PP)				Tiempo de Priorización (TP)				Satisfacción Percibida (SP)				Facilidad de Uso Percibida (FUP)				Utilidad Percibida (UP)				Intención de Uso (IU)			
			Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD
UPV1	GRL-Quant	All	48.00	86.00	68.40	10.32	3	36	17.00	7.47	2.24	4.19	3.38	0.38	1.50	5.00	4.04	0.86	1.50	5.00	3.58	0.68	1.00	5.00	3.44	0.93
		Esperanza	48.00	72.00	62.25	7.44	8	32	17.75	7.72	2.24	3.88	3.38	0.41	2.75	5.00	4.31	0.67	2.75	5.00	3.66	0.61	2.50	5.00	3.51	0.81
		edX	62.00	86.00	74.56	9.17	3	36	16.25	7.39	2.71	4.19	3.39	0.37	1.50	4.75	3.78	0.97	1.50	4.50	3.51	0.76	1.00	4.50	3.37	1.05
	VeGAn	All	44.00	80.00	59.21	8.17	6	28	18.00	5.82	2.48	4.43	3.67	0.52	2.50	5.00	4.21	0.49	2.25	4.75	3.70	0.64	2.5	5.00	3.84	0.62
		Esperanza	44.00	80.00	58.50	9.10	11	28	18.68	5.23	2.68	4.32	3.69	0.51	3.75	5.00	4.32	0.35	3.00	4.75	3.84	0.49	3.00	5.00	3.90	0.55
		edX	48.00	71.00	58.93	7.41	6	26	17.31	6.45	2.48	4.43	3.64	0.56	2.50	4.75	4.10	0.60	2.25	4.75	3.56	0.76	2.50	5.00	3.78	0.70
UPV2	GRL-Quant	All	47.62	76.19	62.22	8.19	4	22	11.90	5.02	2.92	4.28	3.48	0.40	2.50	5.00	4.12	0.80	2.25	4.50	3.55	0.74	2.50	4.50	3.55	0.68
		Esperanza	56.00	68.00	61.60	4.56	4	16	9.60	4.33	2.92	4.28	3.56	3.60	3.25	4.75	4.35	0.62	2.50	4.50	3.60	0.80	3.00	4.50	3.60	0.82
		edX	47.62	76.19	62.85	11.36	9	22	14.20	4.96	3.10	3.67	3.40	0.24	2.50	5.00	3.90	0.96	2.25	4.00	3.50	0.77	2.50	4.00	3.50	0.61
	VeGAn	All	32.00	76.00	56.11	14.65	6	29	16.20	7.46	2.71	4.48	3.48	0.49	1.50	5.00	4.00	1.02	1.75	4.75	3.60	0.95	1.50	5.00	3.60	1.12
		Esperanza	32.00	76.00	60.00	17.29	9	29	18.00	8.88	3.28	4.48	3.79	0.47	1.50	4.50	3.45	1.22	1.75	4.75	3.60	1.19	1.50	5.00	4.00	1.45
		edX	38.10	66.67	51.53	11.36	6	21	14.40	6.18	2.71	3.48	3.17	0.31	4.25	5.00	4.55	0.32	2.50	4.50	3.50	0.79	2.50	4.00	3.20	0.57
UPV3	GRL-Quant	All	40.00	76.19	64.62	9.10	5	29	16.26	5.67	2.43	4.33	3.39	0.49	2.00	5.00	3.75	0.93	2.00	5.00	3.39	0.69	2.00	5.00	3.52	0.92
		Esperanza	40.00	76.00	61.17	9.77	5	29	16.47	6.36	2.68	4.24	3.39	0.36	2.50	5.00	3.91	0.79	2.00	5.00	3.26	0.79	2.00	5.00	3.76	0.90
		edX	52.38	76.19	68.06	7.09	6	27	16.05	5.05	2.43	4.33	3.38	0.61	2.00	5.00	3.58	1.03	2.00	5.00	3.52	0.94	2.00	5.00	3.29	0.91
	VeGAn	All	32.00	85.71	58.99	12.10	1	32	19.88	7.97	2.71	4.71	3.71	0.48	1.50	5.00	3.88	0.77	2.00	5.00	3.97	0.71	1.00	5.00	3.67	1.12
		Esperanza	32.00	68.00	55.52	11.39	12	39	19.94	8.67	3.29	4.71	3.88	3.86	1.50	5.00	3.79	0.83	2.00	5.00	4.00	0.70	2.00	5.00	3.52	1.12
		edX	38.10	85.71	62.46	12.12	1	32	19.82	7.48	2.71	4.29	3.54	0.47	2.50	5.00	3.97	0.73	2.50	5.00	3.94	0.74	1.00	5.00	3.82	1.13
UPV4	GRL-Quant	All	33.00	66.00	49.10	9.90	6	13	9.10	2.13	2.29	3.92	3.32	0.56	3.50	5.00	4.30	0.42	2.75	4.75	3.77	0.59	2.00	4.00	3.50	0.62
		Esperanza	36.00	52.00	46.40	6.06	7	13	9.40	2.30	3.60	3.92	3.75	0.13	4.00	4.75	4.35	0.28	3.50	4.75	4.10	0.60	3.50	4.00	3.70	0.27
		edX	33.00	66.00	51.80	12.87	6	11	8.80	2.16	2.29	3.52	2.90	0.51	3.50	5.00	4.25	0.55	2.75	3.75	3.45	0.41	2.00	4.00	3.30	0.83
	VeGAn	All	38.00	80.00	65.60	13.39	7	18	11.70	3.49	3.29	4.48	3.75	0.34	1.75	5.00	4.12	0.92	2.50	4.50	3.55	0.65	2.00	4.50	3.75	0.97
		Esperanza	56.00	80.00	69.60	9.63	7	15	10.40	3.43	3.60	4.48	3.91	0.34	1.75	5.00	4.00	1.34	2.50	4.00	3.25	0.61	2.00	4.50	3.70	1.03
		edX	38.00	76.00	61.60	16.45	9	18	13.00	3.39	3.29	4.00	3.59	0.28	4.00	4.50	4.25	0.25	3.00	4.50	3.85	0.60	2.00	4.50	3.80	1.03

Con respecto a la variable de Precisión de la Priorización la Figura 7.4 sugiere que GRL-Quant tiene una mayor precisión a la hora de priorizar en los experimentos UPV1, UPV2 y UPV3 mientras que VeGAn tiene una mayor precisión en el experimento UPV4. La Tabla 7.4 también sugiere que GRL-Quant tiene mayor precisión en UPV2 (GRL-Quant=62.22, VeGAn=56.11), y UPV3 (GRL-Quant=64.62, VeGAn=58.99) y VeGAn en UPV4 (GRL-Quant=49.10, VeGAn=65.60), sin embargo, muestra que la diferencia en UPV1 es posible a una interacción ya que la media de GRL-Quant para el sistema edX es muy superior (GRL-Quant para edX = 74.56).

Con respecto a la variable de Tiempo de Priorización la Figura 7.4 y la Tabla 7.4 sugieren que el tiempo empleado por los participantes para analizar es similar para ambas técnicas para UPV1 (GRL-Quant=17, VeGAn=18), UPV2 (GRL-Quant=11.90, VeGAn=16.20), UPV3 (GRL-Quant=16.26, VeGAn=19.88) y UPV4 (GRL-Quant=9.10, VeGAn=11.70), aunque los participantes que usaron VeGAn tienden a utilizar más tiempo.

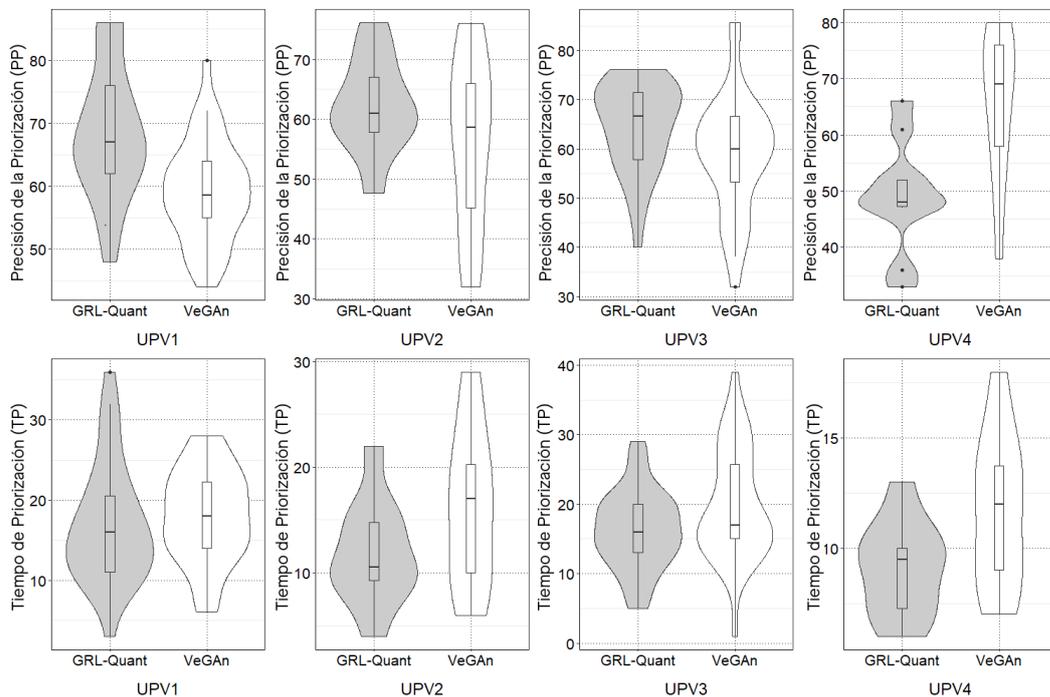


Figura 7.4: Análisis descriptivo de las variables basadas en rendimiento.

Con respecto a la variable de Satisfacción Percibida, la Figura 7.5 y la Tabla 7.4 sugieren que los resultados obtenidos por la técnica VeGAN son percibidos un poco más satisfactorios en los experimentos de UPV1 (GRL-Quant=3.38, VeGAN=3.67), UPV3 (GRL-Quant=3.39, VeGAN=3.71) y UPV4 (GRL-Quant=3.32, VeGAN=3.75). Esta afirmación puede realizarse a pesar de que la diferencia entre técnicas es muy pequeña debido a que hay muy poca desviación típica ya que varía entre 0.34 y 0.56.

Con respecto a la variable de Facilidad de Uso Percibida, la Figura 7.5 y la Tabla 7.4 sugieren que los participantes perciben la facilidad de uso de ambas técnicas de forma similar en los experimentos de UPV1 (GRL-Quant=4.04, VeGAN=4.21), UPV2 (GRL-Quant=4.12, VeGAN=4.00), UPV3 (GRL-Quant=3.75, VeGAN=3.88) y UPV4 (GRL-Quant=4.30, VeGAN=4.12). A diferencia del caso anterior, no se puede afirmar las diferencias entre las técnicas debido a que la desviación típica es mayor variando entre 0.42 y 1.02.

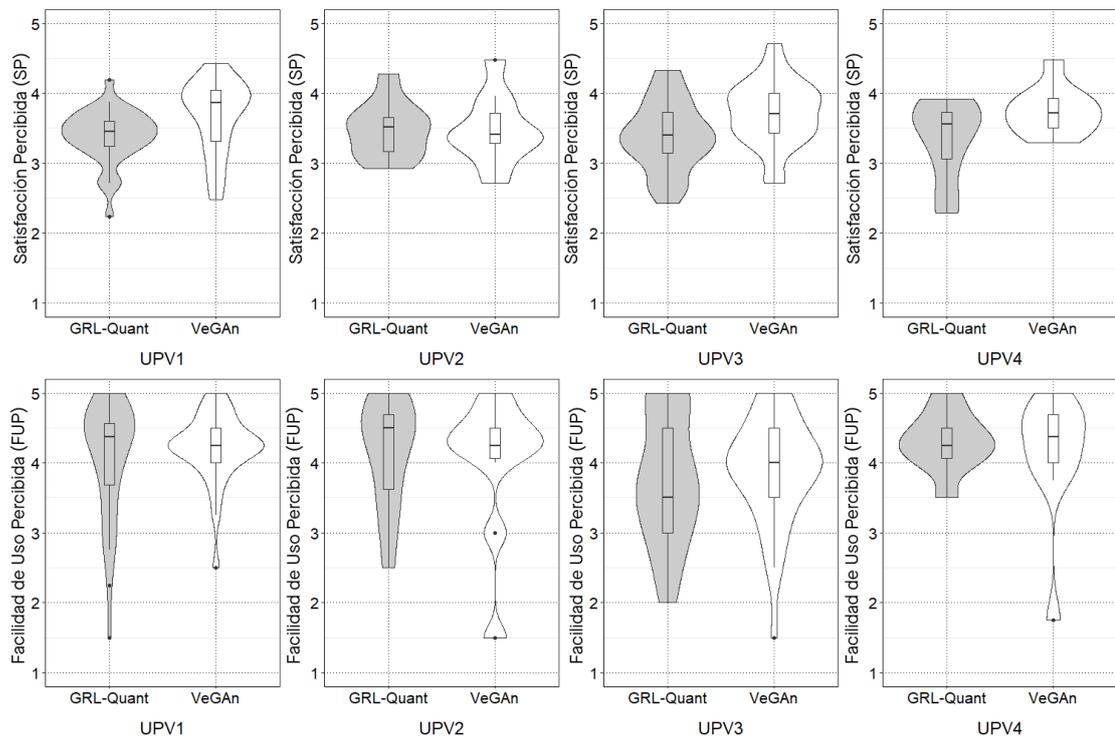


Figura 7.5: Análisis descriptivo de las variables basadas en percepción SP y FUP.

Con respecto a la variable de Utilidad Percibida, la Figura 7.6 y la Tabla 7.4 sugieren que los participantes perciben ambas técnicas con una utilidad similar en los experimentos de UPV1 (GRL-Quant=3.58, VeGAn=3.70), UPV2 (GRL-Quant=3.55, VeGAn=3.60), UPV3 (GRL-Quant=3.39, VeGAn=3.97) y UPV4 (GRL-Quant=3.77, VeGAn=3.55). Al igual que en el caso anterior, debido a la desviación típica no se puede afirmar con la tabla que una sea mejor que otra debido a que la desviación típica varía entre 0.59 y 0.74.

Con respecto a la variable de Intención de Uso, la Figura 7.6 y la Tabla 7.4 sugieren que los participantes tienen una intención de uso similar en los experimentos de UPV1 (GRL-Quant=3.44, VeGAn=3.84), UPV2 (GRL-Quant=3.55, VeGAn=3.60), UPV3 (GRL-Quant=3.52, VeGAn=3.67) y UPV4 (GRL-Quant=3.50, VeGAn=3.75). Al igual que en el caso anterior, debido a la desviación típica no se puede afirmar con la tabla que una sea mejor que otra debido a que la desviación típica varía entre 0.62 y 0.62.

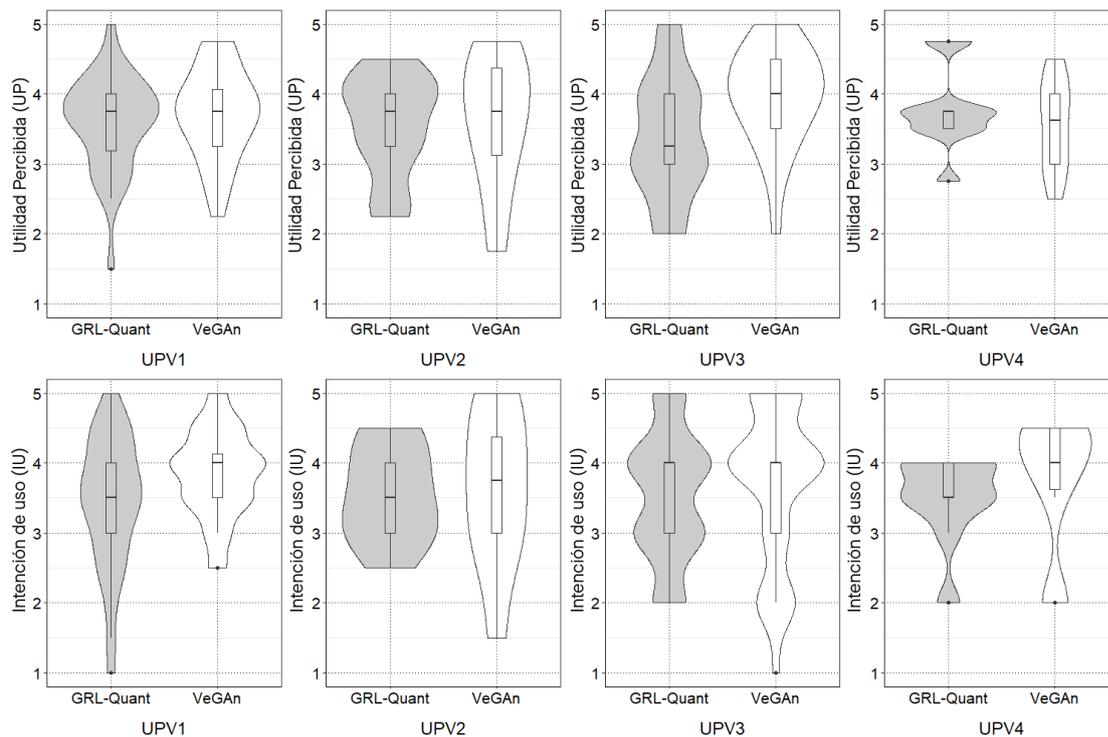


Figura 7.6: Análisis descriptivo de las variables basadas en percepción UP e IU.

### **7.6.2. Análisis de datos de los experimentos individuales**

Para realizar la prueba de las hipótesis planteadas, se ha analizado los datos siguiendo los pasos descritos en la [sección 7.5](#).

Para el análisis del tamaño del efecto de esta familia de experimentos se ha utilizado el  $\delta$  de Cliff [165] debido a que es recomendado para trabajar con datos no paramétricos o cuando proviene de escalas ordinales [166]. En esta familia de experimentos 4 de las 6 variables (SP, FUP, UP, IU) provienen de una escala ordinal y en las otras dos variables en la mayoría de los experimentos la distribución de los datos era no normal.

El  $\delta$  de Cliff se puede definir como la diferencia entre la probabilidad de que una observación aleatoria del grupo uno sea mayor que una observación aleatoria del grupo dos y la probabilidad de que una observación aleatoria del grupo uno sea menor que una observación aleatoria del grupo dos [165]. En esta familia de experimentos se obtuvieron las estimaciones del  $\delta$  de Cliff con un intervalo de confianza del 95 % para cada una de las variables, lo que significa que un tamaño de 1 o -1, indica la ausencia de superposición entre dos grupos, mientras que 0 indica que las distribuciones de los dos grupos son equivalentes. Además, el signo indica la dirección del efecto donde el tamaño positivo es a favor de GRL-Quant y el negativo a favor de VeGAn.

La magnitud del efecto se evaluó utilizando los umbrales proporcionados por Kraemer y Kupfer [167], es decir,  $|d| < 0.112$  “insignificante” (mostrado en gris),  $|d| < 0.276$  “pequeño” (rojo),  $|d| < 0,428$  ”mediano” (amarillo), de lo contrario ”grande” (verde). Estos umbrales fueron tenidos en cuenta por Kitchenham et al. [166] en sus directrices ampliadas para la interpretación de la magnitud del tamaño del efecto. Con respecto al tamaño del efecto, en el presente estudio consideramos tamaños del efecto medianos y grandes como prácticamente significativos, como lo sugieren los puntos de referencia de Cohen [168, 169].

### 7.6.2.1. Precisión de la priorización

Mientras que la Tabla 7.5 muestra los resultados obtenidos luego de probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Precisión de la Priorización (PP), la Tabla 7.6 muestra el análisis post-hoc de las interacciones detectadas entre la técnica y el sistema.

La prueba de Kruskal-Wallis detecta una interacción para los experimentos UPV1 (p-valor = 0,001), UPV3 (p-valor = 0,010) y UPV4 (p-valor = 0,039) por lo que se deben descartar los resultados de las pruebas de Mann-Whitney para estos experimentos y realizar un análisis post-hoc para determinar en qué consisten las interacciones.

Tabla 7.5: Resultados de las pruebas para la variable PP.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	-N	# <b>0.000</b>	GRL-Quant	0.56 [0.29, 0.75]	-N	# 0.203	-	* <b>0.000</b>
UPV2	N	\$ 0.272	-	0.22 [-0.34, 0.67]	N	\$ 0.461	-	\$ 0.337
UPV3	-N	# <b>0.019</b>	GRL-Quant	0.33 [0.07, 0.55]	-N	# <b>0.019</b>	edX	* <b>0.010</b>
UPV4	-N	# <b>0.007</b>	VeGAn	-0.71 [-0.94, -0.45]	-N	# 0.909	-	* <b>0.039</b>

\$ ANOVA; \*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

El análisis post-hoc del experimento UPV1 muestra dos interacciones: i) los participantes han tenido una mayor precisión a la hora de priorizar los elementos intencionales del sistema edX con la técnica GRL-Quant que con la técnica VeGAn; ii) los participantes tuvieron mayor precisión al priorizar los elementos del sistema edX con la técnica GRL-Quant que el sistema Esperanza. Debido a que la diferencia solo existe para uno de los sistemas y no para ambos no se puede rechazar la hipótesis nula  $H_{10}$  para el experimento UPV1 excepto cuando se analiza los modelos de objetivos del dominio de edX. Esto significa que en el experimento UPV1 los participantes tuvieron más precisión al priorizar el sistema edX con GRL-Quant.

El análisis post-hoc del experimento UPV3 no detectó interacción entre la técnica y el sistema para ninguno de los tratamientos. Dado que no se detectó ninguna diferencia significativa entre los tratamientos, se puede afirmar que ambas técnicas tienen una precisión de priorización similar y, por lo tanto, no se pudo rechazar la hipótesis nula  $H_{10}$ . Esto significa que en el experimento UPV3 los participantes tuvieron la misma precisión al priorizar con GRL-Quant que con VeGAn.

El análisis post-hoc del experimento UPV4 muestra que los participantes obtuvieron una mayor precisión de priorización cuando analizaron el sistema Esperanza con la técnica VeGAn. Por lo tanto, la hipótesis nula  $H_{10}$  no podía rechazarse excepto cuando se analizaba el sistema Esperanza. Esto significa que en el experimento UPV4 los participantes tuvieron una mayor precisión al priorizar con VeGAn que con GRL-Quant.

Tabla 7.6: Análisis post-hoc de la variable PP.

Exp	Efecto	Par de tratamientos	p-valor	A favor de
UPV1	Efecto de la técnica en el sistema	GRL-Quant.E and VeGAn.E	# 0.000	GRL-Quant
		GRL-Quant.H and VeGAn.H	# 0.357	
	Efecto del sistema en la técnica	GRL-Quant.E and GRL-Quant.H	# 0.001	edX
		VeGAn.E and VeGAn.H	# 0.849	-
UPV3	Efecto de la técnica en el sistema	GRL-Quant.E and VeGAn.E	# 0.052	-
		GRL-Quant.H and VeGAn.H	& 0.130	-
	Efecto del sistema en la técnica	GRL-Quant.E and GRL-Quant.H	# 0.052	-
		VeGAn.E and VeGAn.H	& 0.095	-
UPV4	Efecto de la técnica en el sistema	GRL-Quant.E and VeGAn.E	& 0.326	-
		GRL-Quant.H and VeGAn.H	# 0.011	VeGAn
	Efecto del sistema en la técnica	GRL-Quant.E and GRL-Quant.H	# 0.595	-
		VeGAn.E and VeGAn.H	& 0.381	-

& t-test; # Mann-Whitney

En cuanto al factor técnica de análisis de modelos de objetivos, solo es necesario analizar el experimento UPV2 porque se detectaron interacciones en el resto de los experimentos. El análisis del experimento UPV2 muestra que no existe diferencia significativa entre ambas técnicas (p-valor = 0,272), por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula  $H_{10}$ . Esto significa que en el experimento UPV2 los participantes tuvieron la misma precisión al priorizar con ambas técnicas.

En general, los resultados con respecto a la técnica de análisis de modelos de objetivos usada es que no hay una diferencia significativa ya que en UPV1 se ha indicado que GRL-Quant prioriza mejor el sistema edX, en UPV2 y UPV3 que no hay diferencia entre las técnicas y en UPV4 que VeGAn prioriza mejor el sistema Esperanza. Debido a que hay variación con respecto a los resultados entre los experimentos sería necesario realizar más réplicas para poder confirmar los resultados.

Durante el transcurso de la familia de experimentos algunos de los participantes que utilizaron la técnica GRL-Quant mostraron su desagrado con tener tantas posibles opciones para asignar las prioridades, ya que a veces no estaban seguros de cuál era la más adecuada.

En cuanto al cofactor sistema, solo es necesario analizar el experimento UPV2 porque se detectaron interacciones en el resto de los experimentos. El análisis de los resultados

del experimento UPV2 muestra que no existe diferencia significativa entre ambos sistemas ( $p$ -valor = 0,461), por lo que no se puede rechazar la hipótesis nula  $H_{10}$ . Esto significa que en el experimento UPV2 los participantes tuvieron la misma precisión al priorizar ambos sistemas (Esperanza y edX).

### 7.6.2.2. Tiempo de priorización

La Tabla 7.7 muestra los resultados obtenidos luego de probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Tiempo de Priorización (TP). Los resultados muestran que no existe interacción o diferencia significativa entre la técnica y el sistema.

Tabla 7.7: Resultados de las pruebas para la variable TP.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	N	\$ 0.557	-	-0.16 [-0.43, 0.14]	N	\$ 0.399	-	\$ 0.977
UPV2	N	\$ 0.148	-	-0.35 [-0.73, 0.20]	N	\$ 0.862	-	\$ 0.167
UPV3	-N	# 0.076	-	-0.25 [-0.48, 0.01]	-N	# 0.575	-	* 0.286
UPV4	N	\$ 0.061	-	-0.44 [-0.78, 0.10]	N	\$ 0.449	-	\$ 0.232

\$ ANOVA; \*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

La hipótesis nula  $H_{20}$  no pudo rechazarse en ninguno de los experimentos para el factor (técnica de análisis de modelos de objetivos) ni el cofactor (sistema) porque no se detectó ninguna diferencia significativa ( $p$ -valor < 0,05) ni interacción. Estos resultados indican que los participantes emplearon un tiempo similar para realizar la priorización en ambas técnicas.

El tamaño del efecto mostrado en la Tabla 7.7 sugiere que hay cierta diferencia entre ambas técnicas ya que ha detectado una magnitud grande (verde) en UPV4, una magnitud mediana (amarilla) en UPV2 y una magnitud pequeña (roja) en UPV1 y UPV3. Aunque no se ha detectado una diferencia significativa en el tiempo empleado para priorizar estos resultados sugieren que una de las técnicas tiende a necesitar más tiempo que la otra. El análisis descriptivo de esta variable mostrado previamente en la Tabla 7.4 sugiere que la técnica de análisis de modelos de objetivos VeGAN tiende a necesitar más tiempo para priorizar que la técnica GRL-Quant, por ejemplo, en UPV1 la media de tiempo es 17 minutos para GRL-Quant y 18 minutos para VeGAN. Esta diferencia detectada mediante el tamaño del efecto, pero que no es significativa, puede ser debido a que en GRL-Quant solamente hay que asignar una importancia a los elementos intencionales y en VeGAN hay que asignar un nivel de importancia y un nivel de certeza a los elementos intencionales y actores.

El uso de un fichero Excel por parte de los participantes para analizar un modelo de objetivos mediante la técnica GRL-Quant en vez de la aplicación puede haber influido en los resultados pero no debería ya que los participantes siguen realizando el mismo proceso de forma similar y el objetivo del Excel es automatizar la actividad de *Propagación*.

### 7.6.2.3. Satisfacción percibida

Mientras que la Tabla 7.8 muestra los resultados obtenidos tras probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Satisfacción Percibida (SP), la Tabla 7.9 muestra el análisis post-hoc de las interacciones detectadas entre la técnica y el sistema.

La prueba de Kruskal-Wallis indica que existe una interacción entre la técnica y el sistema (p-valor = 0,000) en el experimento UPV1, por lo que fue necesario realizar un análisis post-hoc. Luego realizamos un análisis post-hoc utilizando la prueba t y una prueba de Mann-Whitney (dependiendo de la normalidad de los datos) para detectar qué pares de tratamientos fueron significativamente diferentes.

Tabla 7.8: Resultados de las pruebas para la variable SP.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	-N	# <b>0.000</b>	VeGAn	-0.49 [-0.71, -0.19]	-N	# 0.527	-	* <b>0.000</b>
UPV2	N	\$ 0.991	-	0.04 [-0.46, 0.52]	N	\$ <b>0.049</b>	Esperanza	\$ 0.227
UPV3	N	\$ <b>0.006</b>	VeGAn	-0.39 [-0.61, -0.11]	N	\$ 0.138	-	\$ 0.159
UPV4	N	\$ <b>0.015</b>	VeGAn	-0.41 [-0.76, 0.12]	N	\$ <b>0.001</b>	Esperanza	\$ 0.110

\$ ANOVA; \*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

El análisis post-hoc que se muestra en la Tabla 7.9 detecta dos interacciones significativas. Las interacciones detectadas muestran que los participantes percibieron los resultados del análisis obtenidos por la técnica VeGAn como más satisfactorios, independientemente del sistema. Este resultado permite rechazar la hipótesis nula  $H_{30}$  para el experimento UPV1 a favor de la técnica VeGAn. Esto significa que los participantes en el experimento UPV1 percibieron más satisfactorios los resultados obtenidos por la técnica VeGAn que los obtenidos por GRL-Quant.

Tabla 7.9: Análisis post-hoc de la variable SP.

Efecto	Par de tratamientos	p-valor	A favor de
Efecto de la técnica en el sistema	GRL-Quant.E and VeGAn.E	# <b>0.001</b>	VeGAn
	GRL-Quant.H and VeGAn.H	# <b>0.000</b>	VeGAn
Efecto del sistema en la técnica	GRL-Quant.E and GRL-Quant.H	# 0.663	-
	VeGAn.E and VeGAn.H	# 0.850	-

& t-test; # Mann-Whitney

Con respecto al factor de técnica de análisis de modelos de objetivos la prueba ANOVA no detecta una diferencia significativa para el experimento UPV2 (p-valor = 0,991) pero sí detecta una diferencia significativa para el experimento UPV3 (p-valor = 0,006) con un tamaño del efecto medio y UPV4 (p-valor 0,015) con un tamaño del efecto medio a favor de la técnica VeGAn. Por lo tanto, la hipótesis nula  $H_{30}$  no pudo rechazarse

para el experimento UPV2, pero sí para los experimentos UPV1, UPV3 y UPV4 a favor de la técnica VeGAn. Esto significa que los participantes percibieron más satisfactorios los resultados obtenidos por la técnica VeGAn que los obtenidos por GRL-Quant en los experimentos UPV1, UPV3 y UPV4.

El tamaño del efecto para la variable SP mostrado en la Tabla 7.8 indica que hay un efecto grande (verde) en el experimento UPV1 y mediano (amarillo) en los experimentos de UPV3 y UPV4. El tamaño del efecto para el experimento de UPV1 ha sido calculado a pesar de que se haya detectado una interacción porque el análisis post-hoc ha indicado que la interacción no existe y que hay una diferencia significativa.

Con respecto al cofactor del sistema, los resultados sugieren que existe una diferencia significativa solo para el experimento UPV2 y UPV4, donde los resultados obtenidos al analizar el sistema Esperanza fueron significativamente superiores a los del sistema edX. Por lo tanto, la hipótesis nula  $H_{30}$  no se pudo rechazar para los experimentos UPV1 y UPV3, pero se puede rechazar para los experimentos UPV2 y UPV4 a favor del sistema Esperanza. Esto significa que los participantes en los experimentos UPV2 y UPV4 percibieron mejor los resultados obtenidos del sistema Esperanza que del sistema edX independientemente de la técnica.

En general, estos resultados son prometedores ya que en tres de los cuatro experimentos los resultados de la técnica VeGAn son percibidos más satisfactorios que los de la técnica GRL-Quant, además con un tamaño de efecto medio. Estos resultados pueden ser debidos a que VeGAn tiene en cuenta más factores como el nivel de confianza o en la forma en la que realiza la propagación donde hace uso de lógica fuzzy para tener en cuenta la incertidumbre a la hora de priorizar y de FHTOPSIS, una técnica de toma de decisiones multicriterio.

#### 7.6.2.4. Facilidad de uso percibida

La Tabla 7.10 muestra los resultados obtenidos luego de probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Facilidad de Uso Percibida (FUP). Los resultados muestran que no se detectó interacción o diferencia significativa entre la técnica y el sistema.

Tabla 7.10: Resultados de las pruebas para la variable FUP.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	-N	# 0.870	-	0.02 [-0.27, 0.31]	-N	# 0.633	-	* 0.297
UPV2	-N	# 0.730	-	0.10 [-0.43, 0.58]	-N	# 0.540	-	* 0.197
UPV3	-N	# 0.423	-	-0.11 [-0.38, 0.17]	-N	# 0.670	-	* 0.622
UPV4	N	# 0.610	-	0.00 [-0.51, 0.51]	N	# 0.826	-	* 0.947

\*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

La hipótesis nula  $H_0$  no pudo rechazarse en ninguno de los experimentos para el factor (técnica de análisis de modelos de objetivos) ni el cofactor (sistema) porque no se detectó ninguna diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) ni interacción. Esto significa que los participantes percibieron igual de fácil de usar ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos.

Estos resultados pueden ser debido a que los participantes debían realizar tareas muy similares en ambas técnicas: priorizar los elementos intencionales, propagar (automáticamente) y evaluar los resultados. El hecho que VeGAn requiera de más información (nivel de certeza) y se necesite priorizar más elementos (actores) no ha afectado a que sea percibido menos fácil de usar, lo que se puede considerar un buen resultado.

El tamaño del efecto mostrado de la variable FUP mostrado en la Tabla 7.10 corrobora los resultados obtenidos ya que indica que para los experimentos de UPV1, UPV2, UPV3 y UPV4 la diferencia entre ambas técnicas es insignificante. Esto puede observarse en el análisis descriptivo de la variable mostrado en la Tabla 7.4 donde para UPV3 la media de GRL-Quant es 3.75 y la de VeGAn 3.88.

Los comentarios de los participantes recogidos en el cuestionario post-tarea muestran valoraciones parecidas para ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos, lo cual ayuda a corroborar los resultados obtenidos. Por ejemplo, para la técnica VeGAn el estudiante ID.UPV1.23 comentó que "Es muy fácil de utilizar esta técnica con las herramientas y documentación aportadas." y para la técnica GRL-Quant el estudiante ID.UPV1.58 que "La técnica es fácil de entender y realizar siguiendo la documentación."

#### 7.6.2.5. Utilidad percibida

Mientras que la Tabla 7.11 muestra los resultados obtenidos tras probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Utilidad Percibida (UP), la Tabla 7.12 muestra el análisis post-hoc de las interacciones detectadas entre la técnica y el sistema.

La prueba de Kruskal-Wallis indica que existe una interacción entre la técnica y el sistema ( $p$ -valor = 0,024) en el experimento UPV3, por lo que fue necesario realizar un análisis post-hoc. Luego realizamos un análisis post-hoc utilizando la prueba de Mann-Whitney para detectar qué pares de tratamientos eran significativamente diferentes.

Tabla 7.11: Resultados de las pruebas para la variable UP.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	$\neg N$	# 0.579	-	-0.08 [-0.36, 0.21]	$\neg N$	# 0.464	-	* 0.757
UPV2	$\neg N$	# 0.759	-	-0.09 [-0.55, 0.41]	$\neg N$	# 0.818	-	* 0.881
UPV3	$\neg N$	# <b>0.004</b>	VeGAn	-0.40 [-0.62, -0.12]	$\neg N$	# 0.671	-	* <b>0.024</b>
UPV4	N	# 0.384	-	0.13 [-0.42, 0.61]	N	# 0.922	-	* 0.194

\*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

El análisis post-hoc que se muestra en la Tabla 7.12 detecta una interacción significativa. La interacción detectada muestra que los participantes percibieron más utilidad de la técnica VeGAn cuando analizaron el sistema Esperanza.

Tabla 7.12: Análisis post-hoc de la variable UP.

Efecto	Par de tratamientos	p-valor	A favor de
Efecto de la técnica en el sistema	GRL-Quant.E and VeGAn.E	# 0.168	-
	GRL-Quant.H and VeGAn.H	# <b>0.004</b>	VeGAn
Efecto del Sistema en la técnica	GRL-Quant.E and GRL-Quant.H	# 0.382	-
	VeGAn.E and VeGAn.H	# 0.684	-

# Mann-Whitney

La hipótesis nula  $H_{50}$  no pudo rechazarse en ninguno de los experimentos para el factor (técnica de análisis de modelos de objetivos) ni el cofactor (sistema) porque no se detectó ninguna diferencia significativa ( $p$ -valor  $< 0,05$ ). Sin embargo, se detectó una interacción en el experimento UPV3 que indica que los participantes percibieron más útil la técnica VeGAn cuando analizaron el sistema Esperanza. Esto significa que los participantes percibieron ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos igual de útiles.

El tamaño del efecto mostrado de la variable UP mostrado en la Tabla 7.11 sugiere que en el experimento UPV4 hay una diferencia pequeña (roja) entre ambas técnicas. El tamaño del efecto para el experimento UPV3 no se ha analizado debido a que se detectó una interacción. El análisis descriptivo de la variable mostrado en la Tabla 7.4 indica que en UPV4 los participantes han percibido más útil la técnica GRL-Quant (media=3.77) que la técnica VeGAn (media=3.55). Es probable que esto no se haya detectado como una diferencia significativa debido a la desviación típica ya que varía entre 0.59 (GRL-Quant) y 0.69 (VeGAn).

Los comentarios de los participantes recogidos en el cuestionario post-tarea muestran valoraciones similares para ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos, lo cual ayuda a corroborar los resultados obtenidos. Por ejemplo, para la técnica VeGAn el estudiante ID.UPV2.83 comentó que "Encuentro útiles los valores proporcionados por la técnica." y para la técnica GRL-Quant el estudiante ID.UPV2.100 que "Los resultados de la técnica podría ser de utilidad para tomar decisiones."

### 7.6.2.6. Intención de uso

La Tabla 7.13 muestra los resultados obtenidos luego de probar los efectos de la técnica, el sistema y sus interacciones para la variable Intención de Uso (IU). Los resultados muestran que no existe interacción o diferencia significativa entre la técnica y el sistema.

Tabla 7.13: Resultados de las pruebas para la variable IU.

Exp	Técnica				Sistema			Interacción
	Dist.	p-valor	A favor de	Cliff's $\delta$	Dist.	p-valor	A favor de	p-valor
UPV1	¬N	# 0.136	-	-0.21 [-0.47, 0.08]	¬N	# 0.701	-	* 0.455
UPV2	¬N	# 0.817	-	-0.07 [-0.51, 0.40]	¬N	# 0.265	-	* 0.361
UPV3	¬N	# 0.381	-	-0.12 [-0.37, 0.15]	¬N	# 0.762	-	* 0.256
UPV4	¬N	# 0.147	-	-0.38 [-0.74, 0.15]	¬N	# 0.968	-	* 0.471

\*Kruskal-Wallis; # Mann-Whitney

La hipótesis nula  $H_0$  no pudo rechazarse en ninguno de los experimentos para el factor (técnica de análisis de modelos de objetivos) ni el cofactor (sistema) porque no se detectó ninguna diferencia significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) ni interacción. Esto significa que los participantes tienen la misma intención de uso de ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos.

El tamaño del efecto mostrado de la variable IU mostrado en la Tabla 7.13 indica que hay una diferencia pequeña (rojo) en los experimentos UPV1 y UPV3 y una mediana (amarillo) en el experimento UPV4. Aunque no se ha detectado una diferencia significativa estos resultados sugieren que una de las técnicas tiende a que los participantes tengan mayor intención de uso. El análisis descriptivo de esta variable mostrado previamente en la Tabla 7.4 sugiere que la técnica de análisis de modelos de objetivos VeGAN tiene una mayor intención de uso por parte de los participantes que GRL-Quant, por ejemplo en UPV1 la media de GRL-Quant es 3.44 y la de VeGAN es 3.84. Es posible que no se haya detectado la diferencia significativa en UPV1 y UPV4 debido a la desviación típica.

Cabe la posibilidad de que la diferencia detectada por el tamaño del efecto entre ambas técnicas para la Intención de Uso de los participantes sea debido a la variable de Satisfacción Percibida (SP) ya que los experimentos donde los resultados de VeGAN fueron percibidos más satisfactorios coinciden con los experimentos donde los participantes tienen una mayor intención de uso. Sería necesario la realización de más réplicas para poder confirmar estos resultados.

Los comentarios de los participantes recogidos en el cuestionario post-tarea muestran valoraciones similares para ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos, lo cual ayuda a corroborar los resultados obtenidos. Por ejemplo, para la técnica VeGAN el estudiante ID.UPV3.197 comentó que "Creo que la podría usar en un futuro porque es muy fácil de aplicar y obtengo unos resultados buenos y fáciles de comprender." y para la técnica GRL-Quant el estudiante ID.UPV3.153 que "Podría utilizarla en un futuro porque es bastante sencilla y aporta información que podría ser útil para tomar decisiones."

### 7.6.3. Discusión de los resultados

La Tabla 7.14 muestra un resumen de los resultados obtenidos. El resultado más prominente es que los participantes percibieron más satisfactorios los resultados obtenidos mediante la técnica VeGAn.

Tabla 7.14: Resumen del análisis de las pruebas estadísticas.

Variable	GRL-Quant = VeGAn	GRL-Quant > VeGAn	GRL-Quant < VeGAn
H1: Precisión de la priorización (PP)	UPV1*, UPV2, UPV3*, UPV4*		
H2: Tiempo de la priorización (TP)	UPV1, UPV2, UPV3, UPV4		
H3: Satisfacción percibida (SP)	UPV2		UPV1*, UPV3, UPV4
H4: Facilidad de uso percibida (FUP)	UPV1, UPV2, UPV3, UPV4		
H5: Utilidad percibida (UP)	UPV1, UPV2, UPV3*, UPV4		
H6: Intención de uso (IU)	UPV1, UPV2, UPV3, UPV4		

\* Interacción entre técnica y sistema.

A pesar de que para la variable Precisión de la Priorización (PP) se han detectado interacciones entre la técnica y el sistema, son casos excepcionales. En el caso de UPV1, la interacción sugiere que cuando se analiza edX con la técnica GRL-Quant se obtiene una mayor precisión, sin embargo, al analizar el sistema de Esperanza ambas técnicas tienen la misma precisión. En el caso de UPV2, pese a que inicialmente se detectó una interacción, el análisis post-hoc realizado posteriormente no detectó ninguna interacción, por lo que no hay una diferencia en este experimento. En el caso de UPV3 se detectó una interacción entre la técnica y el sistema, donde la técnica VeGAn tenía una mayor precisión al analizar el sistema Esperanza, pero no al analizar edX. La hipótesis  $H1_0$  no puede ser rechazada en ninguno de los cuatro experimentos y las interacciones detectadas sugieren casos excepcionales uno a favor de GRL-Quant y otro a favor de VeGAn. Estos resultados sugieren que no hay una diferencia entre las técnicas en cuanto a la precisión de la priorización, sin embargo, debido a que en dos de los cuatro experimentos se han encontrado excepciones, sería interesante realizar más replicaciones para poder corroborar estos resultados.

Con respecto a la variable de Tiempo de Priorización (TP) los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre las técnicas, ni ninguna interacción. Por lo tanto, la hipótesis  $H2_0$  no puede ser rechazada. Esto significa que los participantes emplearon un tiempo similar para realizar la actividad de priorización en ambas técnicas. Sin embargo, el tamaño del efecto mostró que aunque no hubiera diferencia significativa entre las técnicas si que hay una tendencia por parte de VeGAn a necesitar más tiempo, lo cual puede ser debido a que no solo hay que asignar un nivel de importancia sino también

un nivel de confianza tanto a los elementos intencionales como a los actores. Este resultado es prometedor porque a pesar de que en VeGAN hay que priorizar más componentes del modelo de objetivos con más información esto no ha afectado suficientemente al tiempo necesario para realizar la actividad de priorización como para que se haya detectado una diferencia significativa.

Con respecto a la de Satisfacción Percibida (SP) los resultados muestran que no hay una diferencia significativa para el experimento de UPV2, pero sí para UPV1, UPV3 y UPV4. Además, en el caso de la interacción detectada en UPV1, todos los tratamientos sugieren que los resultados de VeGAN son más satisfactorios. Por lo tanto, la hipótesis  $H_{30}$  no puede ser rechazada para el experimento de UPV2, pero la hipótesis  $H_{30}$  se rechaza a favor de la técnica VeGAN para los experimentos de UPV1, UPV3 y UPV4. Estos resultados pueden ser debidos a que VeGAN tiene en cuenta más factores durante la actividad de Priorización, como puede ser el nivel de confianza, las diferencias de realizar la actividad de propagación, donde hace uso de lógica fuzzy y toma de decisiones multicriterio. Este resultado es prometedor ya que sugiere que los resultados obtenidos por la técnica propuesta en esta tesis doctoral, VeGAN, son percibidos más satisfactorios que otros obtenidos por una técnica que actualmente se está utilizando en la industria.

Con respecto a la variable de Facilidad de Uso Percibida (FUP) los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre las técnicas, ni ninguna interacción. Por lo tanto, la hipótesis  $H_{40}$  no puede ser rechazada. Esto significa que los participantes encontraron igual de fácil de usar ambas técnicas. Esto puede ser debido a que lo que tienen que hacer los participantes en las técnicas es muy similar ya que la mayor diferencia entre las mismas se encuentra en la actividad de *Propagación* y esta está automatizada.

Con respecto a la variable de Utilidad Percibida (UP) los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre las técnicas, pero si una interacción en el experimento UPV3. La interacción indica que los participantes encontraron más útil la técnica VeGAN cuando analizaron el sistema Esperanza que la técnica GRL-Quant. Por lo tanto, la hipótesis  $H_{50}$  no puede ser rechazada y con la excepción de la interacción de UPV3. Esto significa que los participantes percibieron igual de útiles ambas técnicas de análisis de modelos de objetivos.

Con respecto a la variable de Intención de Uso (IU) los resultados muestran que no existe una diferencia significativa entre las técnicas, ni ninguna interacción. Por lo tanto, la hipótesis  $H_{60}$  no puede ser rechazada. Esto significa que los participantes tienen la misma intención de usar ambas técnicas. Sin embargo, el tamaño del efecto mostró que aunque no hubiera diferencia significativa entre las técnicas si que hay una tendencia de los participantes a utilizar más la técnica VeGAN que la técnica GRL-Quant para los experimentos UPV1, UPV3 y UPV4. Esta tendencia podría estar relacionada con la variable de Satisfacción Percibida (SP) ya que coincide con los experimentos a favor de VeGAN de esta variable, sin embargo sería necesario realizar más replicas para poder corroborarlo.

En general los resultados son prometedores ya que se obtuvieron evidencias empíricas de que la técnica VeGAN puede equipararse a GRL-Quant que está siendo utilizada actualmente en la industria en muchos factores como la Facilidad de Uso o el Tiempo de Priorización pero que además los resultados obtenidos por la técnica son más satisfactorios.

## **7.7. Amenazas a la validez**

En esta sección seguimos las recomendaciones de Wohlin et al. [11] para discutir algunos de los problemas que podrían haber amenazado la validez de esta familia de experimentos.

### **7.7.1. Validez interna**

Las principales amenazas relacionadas con la validez interna son: efecto de aprendizaje, experiencia de los participantes, intercambio de información entre los participantes, comprensibilidad de los materiales y validez de la instrumentación.

El efecto de aprendizaje fue mitigado por el diseño del experimento, donde los participantes solo tenían que priorizar utilizando una de las técnicas. No hubo diferencias en la experiencia de los participantes ya que ninguno de ellos tenía experiencia previa en el análisis de modelos de objetivos. Se pudo evitar el intercambio de información mediante el uso de distintos objetos experimentales, así como monitorizando a los participantes durante el experimento. La comprensión de los materiales se evaluó mediante la realización de un piloto donde identificamos y corregimos varios errores. Finalmente, para evitar una posible fuente de sesgo, los materiales experimentales fueron evaluados por un investigador independiente con experiencia en ingeniería de software empírica.

La validez interna podría haber sido afectada por la cantidad de participantes ya que en los experimentos UPV2 y UPV4 la cantidad de participantes es la mínima necesaria para poder realizar las pruebas estadísticas.

### **7.7.2. Validez externa**

Las amenazas relacionadas con la validez externa son: la representatividad de los resultados, y el tamaño y complejidad de las tareas que pueden afectar la generalización de los resultados.

La representatividad de los resultados podría haber sido afectada por los sistemas de software utilizados y el contexto de los participantes seleccionados. Seleccionamos dos sistemas de software de diferentes dominios. La tarea experimental puede considerarse realista para proyectos de pequeño tamaño y no son triviales. El tamaño y la complejidad de las tareas también pueden afectar la validez externa. Decidimos usar tareas relativamente pequeñas ya que un experimento controlado requiere que los participantes completen las tareas asignadas en un tiempo limitado. Sin embargo, planeamos realizar estudios de casos con tareas más grandes y complejas para confirmar o contradecir los resultados obtenidos.

En cuanto a la experiencia de los participantes, la heterogeneidad aleatoria de los sujetos siempre está presente cuando se experimenta con estudiantes y practicantes, y también somos conscientes de que no tenían conocimiento previo de modelos de objetivos o de análisis de los mismos. Aunque se podría suponer que el conocimiento de los estudiantes involucrados en nuestra familia es comparable al conocimiento de los jóvenes profesionales, la presión laboral y el entorno dentro de la industria son diferentes. Los experimentos en contextos industriales que involucren a participantes con experiencia en el modelado de objetivos son necesarios para aumentar nuestra conciencia sobre estos resultados.

### 7.7.3. Validez del constructo

La validez de constructo de nuestra familia podría haber estado influida tanto por las medidas que se aplicaron durante el análisis cuantitativo como por la fiabilidad del cuestionario.

Mitigamos esto mediante el uso de medidas que se aplican comúnmente en otros estudios empíricos de ingeniería de software [159, 160, 161]. En particular, la Precisión de la Priorización (PP) se midió utilizando un enfoque basado en la recuperación de información para evitar cualquier evaluación subjetiva; El Tiempo de Priorización (TP) se midió en minutos; La Satisfacción Percibida (SP) se basó en una escala Likert de 5 puntos; Las variables de Facilidad de Uso Percibida (FUP), Utilidad Percibida (UP) e Intención de Uso (IU) se basaron en TAM [12].

La fiabilidad del cuestionario en cuanto a la valoración de las variables subjetivas se comprobó mediante el test alfa de Cronbach. Para el experimento UPV, las preguntas relacionadas a FUP, UP e IU obtuvieron un alfa de Cronbach de 0.70, 0.78, 0.75, y el resultado para todo el cuestionario fue 0.82; Para el experimento UPV2, el resultado fue 0.83, 0.76, 0.79, y 0.79 para todo el cuestionario. Para el experimento UPV3, el resultado fue 0.74, **0.60**, **0.67**, y 0.79 para todo el cuestionario. Para el experimento UPV4, el resultado fue 0.72, **0.4**, 0.77, y 0.79 para todo el cuestionario.

La mayoría de los resultados fueron superiores al nivel de umbral (0,70) [170]. Además, como indica Loewenthal [171], el coeficiente de 0,6 podría ser aceptable si el objetivo es el desarrollo de escalas. Cabe destacar que la fiabilidad del experimento UPV4 para la variable UP es bastante reducida (0.4), por lo que en ese caso concreto se debería descartar el resultado y considerar como desconocido. Es posible que la razón de esta fiabilidad tan baja en este caso concreto es que la cantidad de participantes es bastante reducida (20) y un *outlayer* podría afectar bastante. Sin embargo, en los otros tres experimento no se ha encontrado ninguna diferencia significativa y/o problema de validez para esa variable, por lo que es posible que para UPV3 el resultado fuera el calculado.

Otras amenazas a la validez de constructo que podrían existir son la aprensión de los participantes a ser evaluados y la suposición de hipótesis por su parte. Se ha evitado la aprensión evaluativa, ya que los alumnos no eran calificados por los resultados obtenidos. Para evitar adivinar hipótesis, no se informó a los estudiantes que formaban parte de un estudio (se les invitó a asistir a un taller sobre análisis de modelos de objetivos). Los participantes eran voluntarios y conocían el propósito práctico y pedagógico del taller, pero las preguntas de investigación no les fueron reveladas. Además, el sesgo introducido en el estudio por las expectativas del experimentador se mitigó al interactuar con los participantes. Seguimos el mismo protocolo para cada técnica de análisis.

### 7.7.4. Validez de las conclusiones

En cuanto a la validez de la conclusión, las principales amenazas son: la recolección de datos y la validez de las pruebas estadísticas aplicadas. Para disminuir la amenaza de recopilación de datos, aplicamos los mismos procedimientos de recolección de datos en cada experimento individual y nos aseguramos de que cada variable dependiente se calculara

de manera consistente. En cuanto a la validez de las pruebas estadísticas propuestas, se consideraron las recomendaciones de Maxwell [170]. Las pruebas estadísticas fueron seleccionadas considerando el tipo y naturaleza de las variables y fueron seleccionadas verificando que siguieran los supuestos específicos relacionados con su uso.

## 7.8. Conclusiones

En este capítulo se ha presentado los resultados de una familia de experimentos realizada con el objetivo de comparar la técnica VeGAN con una técnica de análisis de modelos de objetivos alternativa (GRL-Quant). Los resultados obtenidos sugieren que ambas técnicas (GRL-Quant y VeGAN) son muy similares, ya que no se encontraron diferencias significativas en la Precisión de la Priorización (PP), Tiempo de la Priorización (TP), Facilidad de Uso Percibida (FUP), Utilidad Percibida (UP) e Intención de Uso (IU), es decir, en cinco de las seis variables comparadas. Con respecto a la variable de Satisfacción percibida (SP), los resultados muestran que los participantes percibieron más satisfactorios los resultados obtenidos mediante la técnica VeGAN.

Estos resultados son prometedores ya que la técnica que se ha propuesto ha sido comparada con una técnica ampliamente conocida y utilizada en el análisis de modelos de objetivos en la industria (GRL-Quant) y los resultados muestran que VeGAN no solo se puede equiparar en muchos aspectos sino que también los resultados obtenidos por la misma son más satisfactorios.

Desde el punto de vista de investigación los resultados pueden ser de interés debido a diversas razones:

- **Lógica fuzzy:** Se han comparado dos técnicas que utilizan aproximaciones distintas a la hora de priorizar (asignar la importancia a los elementos intencionales), lógica fuzzy y cuantitativa. Los resultados muestran que no existe una diferencia significativa con respecto a la precisión de la priorización de ambas aproximaciones. Esto muy importante porque se ha comentado anteriormente en la [sección 2.4](#) la lógica fuzzy reduce la precisión a cambio de ofrecer otras ventajas.
- **Valor:** Se han comprado dos técnicas basadas en dos conceptos distintos a la hora de calcular los resultados (satisfacción y valor). Los resultados muestran que existe una diferencia significativa con respecto a la satisfacción de los resultados obtenidos donde la técnica basada en el concepto de valor provee resultados más satisfactorios que aquella basada en satisfacción.
- **Persona:** Se ha usado la técnica Persona [143] para reducir la subjetividad a la hora de priorizar los elementos intencionales así como también para evaluar los resultados. La técnica Persona ha ayudado a los participantes a comprender mejor a los stakeholders y sustituirlos.

## Capítulo 8

# Conclusiones y trabajos futuros

En este capítulo se presentan las conclusiones principales del desarrollo de esta tesis doctoral así como también el análisis de en qué medidas se han alcanzado los objetivos de investigación definidos inicialmente. Además, en este capítulo también se presenta la difusión de los resultados de la tesis y los trabajos futuros.

La sección 8.1 presenta las conclusiones del trabajo realizado, cada una de las subsecciones que lo componen corresponde a uno de los objetivos de investigación definidos.

La sección 8.2 presenta las publicaciones realizadas en el contexto de esta tesis.

La sección 8.3 presenta las becas obtenidas por el doctorando.

La sección 8.4 presenta los trabajos futuros que plantea el trabajo de tesis.

### 8.1. Conclusiones

Los modelos de objetivos son empleados habitualmente para la elicitación temprana de requisitos ya que ayudan a comprender los objetivos y las motivaciones subyacentes de los stakeholders con respecto al producto software a desarrollar. A pesar de que se han propuesto muchas técnicas de análisis de modelos de objetivos la gran mayoría no considera el concepto de valor, siendo todos los objetivos del modelo igual de importantes. Esto puede hacer que el resultado del análisis no sea de utilidad para los analistas en la toma de decisiones. Además, aquellas técnicas que sí que tienen en cuenta las importancias de los objetivos no utilizan una lógica fuzzy que permita gestionar la incertidumbre de los stakeholders al asignar las importancias y realizar cálculos que tengan en cuenta dicha incertidumbre. Por estos motivos, en esta tesis doctoral se ha propuesto y validado empíricamente una técnica de análisis de modelos de objetivo basada en valor mediante lógica fuzzy y toma de decisiones multicriterio.

El grado de cumplimiento de los distintos objetivos propuestos para esta tesis se discute en las siguientes subsecciones.

### 8.1.1. Definición de una técnica de análisis de modelos de objetivos basada en valor

Con respecto a este objetivo se ha definido la técnica de análisis de modelos de objetivos VeGAN (Value-based Goal-oriented Analysis) que calcula el valor que proporciona cada objetivo teniendo en cuenta las importancias relativas de los stakeholders y las relaciones que existentes en el modelo. Para el cálculo del valor se ha hecho uso de propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio, además de usar lógica fuzzy para tener en cuenta la incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las importancias.

VeGAN no sustituye las técnicas de análisis de modelos de objetivos existentes ya que tiene una finalidad distinta, priorizar los objetivos en base a las preferencias de los stakeholders, por lo que complementa a las técnicas existentes. VeGAN puede emplearse en conjunto con una técnica de análisis de modelos de objetivos de forma que una calcule los objetivos que puedan satisfacerse y VeGAN se haga cargo de calcular aquellos que aportan más valor.

La técnica propuesta define una serie de actividades para realizar el análisis del modelo de objetivos:

- **Priorización:** En esta actividad se asigna la importancia relativa (preferencias) de los distintos componentes del modelo de objetivos. Para ello, los stakeholders deben asignar un nivel de importancia y un nivel de confianza (como de seguro están de la importancia que han asignado) a cada uno de los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo de objetivos. Adicionalmente los analistas deben asignar un nivel de importancia y confianza a los stakeholders (representados como actores en el modelo de objetivos).
- **Propagación:** En esta actividad se calcula el valor que provee cada elemento intencional del modelo de objetivos mediante el uso de FTOPSIS (*Fuzzy Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution*), una técnica de toma de decisiones multicriterio fuzzy (FMCDM). Previamente al cálculo, los niveles de importancia son fuzzificados (transformados a números fuzzy) y luego la incertidumbre de los números es reducida mediante el uso de polarización. Además, para tener en cuenta tanto las relaciones directas como las indirectas en FTOPSIS se realiza con anterioridad una propagación sistemática. Debido a que la propagación hace uso de números fuzzy para los cálculos realizados la técnica considera la incertidumbre de los stakeholders a la hora de asignar las importancias relativas en la actividad de priorización.
- **Evaluación:** En esta actividad los stakeholders evalúan el valor calculado en la actividad de propagación para lo cual se les provee tanto el valor que obtiene cada elemento intencional como de dónde proviene ese valor mediante la trazabilidad del valor que ayuda a su explicabilidad. La finalidad de esta actividad es ayudar a comprender de dónde proviene el valor así como también de proveer retroalimentación sobre qué importancias asignadas durante la actividad de priorización deberían refinarse.

La técnica propuesta con sus actividades abordan las limitaciones encontradas en otras técnicas de priorización de requisitos y en las técnicas de análisis de modelos de objetivos.

- **Valor:** La técnica que propuesta sigue los principios de la ingeniería de software basada en valor (VBSE) donde se hace uso del valor para la toma de decisiones. Esto ha afectado en que la técnica esté centrada en el cálculo del valor, en vez de la satisfacción (como hacen la gran mayoría de técnicas de análisis de modelos de objetivos) influenciando a la técnica. Entre estos cambios destaca el uso de la importancia relativa la cual es asignada en la actividad de priorización (tanto a los elementos intencionales como a los actores) para calcular el valor, ya que como se ha mostrado en la Tabla 3.1 hay muchas técnicas de análisis que no lo tienen en cuenta. Otro cambio a destacar es la propagación sistemática empleada, donde las descomposiciones son en ambas direcciones (cuando habitualmente solo se hacen en una dependiendo del tipo de propagación, forward o backward) para permitir comparar elementos intencionales que estén a diferentes niveles jerárquicos.
- **Incertidumbre:** Mientras que en la priorización de requisitos sí que se han preocupado por la incertidumbre a la hora de asignar las importancias relativas, en el análisis de modelos de objetivos en general ha sido poco estudiado. Además, como comentaba Horkoff y Yu [38] las aproximaciones cuantitativas y cualitativas tienen ciertas limitaciones a la hora de usarlas para el análisis de modelos de objetivos. Con el fin de considerar la incertidumbre y de evitar las limitaciones identificadas se ha hecho uso de lógica fuzzy la cual trabaja con rangos de posibles importancias para considerar la incertidumbre. Además, con tal de reducir la incertidumbre durante la actividad de priorización no solo se asigna el nivel de importancia sino también el nivel de confianza (cómo de seguro se está de la importancia asignada) el cual luego es empleado en la actividad de propagación para refinar la importancia relativa asignada mediante polarización y reducir la incertidumbre.
- **Grafo:** La técnica propuesta considera que el modelo de objetivos tiene una estructura de tipo grafo acíclico (para evitar problemas con la propagación) por lo que no limita los modelos de objetivos a analizar a aquellos que tenga una estructura de tipo árbol. Esto es muy importante, ya que permite considerar, por ejemplo, relaciones entre distintas alternativas y ciertas representaciones que no se podrían considerar en una estructura de tipo árbol. Debido a esta estructura y a la libertad de creación de los modelos de objetivos la técnica tiene en cuenta la propiedad transitiva entre las relaciones del modelo de objetivos, para lo cual antes de hacer uso de FTOPSIS se usa una técnica de propagación sistemática que ayuda a que FTOPSIS tenga en cuenta no solo las relaciones directas sino también las indirectas.
- **Relaciones entre elementos intencionales:** La técnica propuesta considera las principales relaciones entre elementos intencionales, es decir, las relaciones de descomposición, contribución y dependencia. Es importante mencionarlo ya que como se ha mostrado en la Tabla 3.1 hay muchas técnicas de análisis que no tienen en cuenta las relaciones de dependencia.

- **Escalabilidad:** La escalabilidad es uno de los problemas más recurrentes tanto en la priorización de requisitos como en el análisis de modelos de objetivos. Debido a esto la técnica propuesta trata de evitar esta limitación reduciendo la entrada de información por parte de los stakeholders y seleccionando la técnica de toma de decisiones multicriterio empleada teniendo en cuenta este criterio.

### 8.1.2. Definición de una aproximación tecnológica de soporte

Para cumplir con este objetivo se ha desarrollado una herramienta, VeGAN-Tool, la cual da soporte tecnológico a la técnica propuesta. Para el desarrollo de la herramienta se ha hecho uso del *Eclipse Modeling Tools* haciendo que la herramienta desarrollada sea compatible con la familia de herramientas de Eclipse.

Además, la herramienta desarrollada hace uso de un metamodelo propio tanto para almacenar información sobre el modelo de objetivos sobre como del análisis del mismo.

VeGAN-Tool provee una serie de aportes a la técnica propuesta:

- **Automatización:** La herramienta desarrollada automatiza los cálculos de la técnica VeGAN de forma que no es necesario realizarlos manualmente. Esto es muy importante debido a la complejidad de la técnica ya que internamente hace uso de múltiples técnicas (propagación sistemática, polarización y FTOPSIS) con variaciones e implementaciones propias y que hacerlo manualmente conlleva mucho tiempo.
- **Validación:** La herramienta provee una serie de validaciones para ayudar a evitar problemas con el uso de la técnica. Por ejemplo, la herramienta comprueba que no hayan nombres repetidos en el modelo de objetivos o que no hayan ciclos, así como también comprueba que en la actividad de priorización se prioricen todos los componentes del modelo de objetivos.
- **Independencia del modelo:** El metamodelo propio, Value@GRL, empleado por la herramienta ha sido desarrollado de forma independiente a los distintos lenguajes de modelado de objetivos con la finalidad de poder importar modelos de objetivos de distintos lenguajes. Con este fin, se el metamodelo ha sido diseñado teniendo en cuenta las características comunes entre los distintos lenguajes de modelado de objetivos y tratando de ser lo menos restrictivo con respecto a las relaciones intencionales.
- **Iteraciones:** La herramienta no solo realiza el análisis del modelo de objetivos, sino que también almacena los resultados de los distintos análisis de forma que es posible observar la evolución del valor en base a la retroalimentación obtenida de la actividad de evaluación y del refinamiento de la importancia a través de los distintos análisis realizados.

### 8.1.3. Evaluación empírica de la técnica propuesta

En cuanto a la evaluación empírica de la técnica propuesta en esta tesis doctoral se ha realizado un estudio de caso con dos casos y una familia de experimentos.

El estudio de caso ha sido realizado por una cantidad reducida de participantes, cuatro, pero con experiencia previa con este tipo de técnicas ya sea desde el punto de vista profesional o investigador. La finalidad principal del estudio de caso realizado era verificar que VeGAn podía aplicarse de forma sistemática y coherente. La finalidad secundaria era aprovechar la experiencia previa de los participantes en este tipo de técnicas con la finalidad de obtener retroalimentación tanto de la técnica propuesta como de la herramienta desarrollada. La razón por la cual se emplean dos casos diferentes en el estudio de caso es para reducir el efecto de dominio y mitigar la amenaza externa.

Para la realización del estudio de caso primeramente los investigadores analizaron los casos mediante la herramienta y exportaron los resultados obtenidos y los datos intermedios de cada paso, a continuación se les proporcionó todos los datos extraídos a los participantes para comprobar los pasos y cálculos realizados por la herramienta para verificar que es sistemática y coherente siguiendo una lista de control. Después se realizaron entrevistas a los participantes para obtener la retroalimentación. Los participantes concluyeron que la técnica era sistemática y coherente y la entrevista proporcionó ideas sobre mejoras y posibles trabajos futuros. A raíz de la entrevista se cambió el cálculo de valor realizado por la técnica para que los elementos no pudieran obtener valor por el echo de no contribuir a un elemento al que algún elemento contribuía negativamente.

Las limitaciones en cuanto al estudio de caso radica en la experiencia previa de los participantes con este tipo de técnicas y al reducido número de participantes involucrados, esto afecta tanto a la generalización como a las conclusiones debido a la falta de heterogeneidad entre participantes y al reducido número.

La familia de experimentos ha sido realizado por 172 participantes, un número elevado de participantes en comparación con el estudio de caso, pero que carecían de experiencia previa tanto en el modelado de objetivos como en las técnicas de análisis de modelos de objetivos. La finalidad de la familia de experimentos era distinta a la del estudio de caso ya que en vez de verificar si la técnica propuesta es sistemática y coherente se pretende comparar VeGAn con otra técnica de análisis de modelos de objetivos, GRL-Quant. Las variables analizadas de la familia se centran en: i) observar el impacto del uso de la lógica fuzzy para priorizar, para ver si se pierde precisión con respecto a una aproximación cuantitativa y si requiere de mayor tiempo para priorizar; ii) comparar la percepción de los resultados de las técnicas; y iii) comparar la percepción de las técnicas.

Para la realización de la familia de experimentos cada uno de los participantes ha hecho uso de una de las técnicas de análisis de modelos de objetivos comparadas (VeGAn y GRL-Quant) con un objeto experimental (edX y Esperanza). Previamente a la realización de los participantes se les formó y proveyó material, como guías de uso de la técnica asignada y para el experimento se les proveyó unos boletines que les guiaban sobre lo que debían realizar. Tras la realización del experimento debían responder a un cuestionario para obtener su percepción sobre la técnica utilizada.

Los resultados de la familia de experimentos mostraron que: i) el uso de la lógica fuzzy no afecta negativamente a la precisión de la priorización ni es necesario más tiempo para poder usarse; ii) que los resultados obtenidos por VeGAn son percibidos más satisfactorios; y iii) ambas técnicas son percibidas de forma similar. Estos resultados son prometedores

ya que indican que VeGAN se percibe de forma similar a una técnica ya empleada en la industria pero que los resultados obtenidos por la misma son percibidos mejor.

La principal limitación de la familia de experimentos radica en la homogeneidad de los participantes ya que son estudiantes de grado y de máster, que podrían compararse al conocimiento de jóvenes profesionales en la industria, pero que todos carecían de experiencia previa.

Sería interesante realizar más réplicas del estudio de caso con un mayor grupo de participantes, de igual forma, también sería interesantes realizar más réplicas de los experimentos de la familia de experimentos con una mayor heterogeneidad de los participantes, incluyendo pro ejemplo profesionales de la industria. Ambas métricas ayudarían ha mejorar la validez de los resultados de la validación empírica realizados sobre la técnica propuesta.

## 8.2. Difusión de resultados

### 8.2.1. Revistas internacionales con índice de calidad relativo

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., & Abrahão, S. ” *VeGAN-Tool: A Fuzzy-logic Approach for Value-based Goal Model Analysis*”. Science of Computer Programming. doi:[10.1016/j.scico.2023.103001](https://doi.org/10.1016/j.scico.2023.103001) **Impact Factor 1.5 (JCR 2022)**.
- Abrahão, S., Insfran, E., González-Ladrón-de-Guevara, F., Fernandez-Diego, M., Cano-Genoves, C., & de Oliveira, R. P. (2019). ” *Assessing the effectiveness of goal-oriented modeling languages: A family of experiments*”. Information and Software Technology, 116, 106171. doi:[10.1016/j.infsof.2019.08.003](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.08.003). **Impact Factor 2.726 (JCR 2019)**.

#### 8.2.1.1. En proceso de revisión

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., & Abrahão, S., & Moreira A. ” *Analyzing goal models using fuzzy multi-criteria decision-making*”. Journal of Systems and Software. **Impact Factor 3.5 (JCR 2023) (En proceso de revision)**

### 8.2.2. Actas de congresos internacionales

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S. (2022). ” *A Value-Based Goal Model Analysis Tool*”. In Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (**MODELS 2022**), Tools & Demonstrations track, Montreal, Canada. doi:[10.1145/3550356.3559089](https://doi.org/10.1145/3550356.3559089) **ERA CORE Tier A**.
- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S. (2022). ” *Experimental Comparison of Two Goal-oriented Analysis Techniques*”. In Proceedings of the 10th International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development **MODELS-WARD 2022**), Online. doi: [10.5220/0010847000003119](https://doi.org/10.5220/0010847000003119) **ERA CORE Tier C**.
- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S., Fernandez-Diego, M., & González-Ladrón-de-Guevara, F. (2019). ” *A value-based approach for reasoning with goal models*”. En

actas de: 28th International Conference on Information Systems Development (**ISD 2019**), Toulon, France. **ERA CORE Tier A**.

- Abrahão, S., Insfran, E., de Guevara, F. G. L., Fernández-Diego, M., Cano-Genoves, C., & de Oliveira, R. P. (2018, October). "*Comparing the effectiveness of goal-oriented languages: results from a controlled experiment*". In Proceedings of the 12th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (pp. 1-4) doi:10.1145/3239235.3267433 (**ESEM 2018**), Oulu, Finland. **ERA CORE Tier A**.
- Insfrán, E., Abrahão, S., de Oliveira, R. P., González-Ladrón-de-Guevara, F., Fernández-Diego, M., & Cano-Genoves, C. (2017). "*Specifying value in GRL for guiding BPMN activities prioritization*". En actas de: 26th International Conference on Information Systems Development (**ISD 2017**), Larnaca, Cyprus. **ERA CORE Tier A**.

### 8.2.3. Actas de congresos nacionales

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S. "*Herramienta para el Análisis de Modelos de Objetivos basado en Valor*". Actas de las XXVI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (**JISBD 2022**). Santiago de Compostela
- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S., Fernández-Diego, M., & González-Ladrón-de-Guevara, F. "*Una Aproximación Basada en Valor para la Priorización de Alternativas en Modelos de Objetivos*". En actas de: XIV Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (**JISBD 2019**). Cáceres

### 8.2.4. Capítulos de libro

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., Abrahão, S. (2022). "*Comparing Goal-Oriented Analysis Techniques: A Controlled Experiment*". Model-Driven Engineering and Software Development. Springer International Publishing

Esta publicación es una versión extendida del artículo publicado en el MODELSWARD 2022 y seleccionado como uno de los mejores artículos de la conferencia.

### 8.2.5. Trabajos en curso

- Cano-Genoves, C., Insfran, E., & Abrahão, S., F., de Guevara, F. G. L., Fernández-Diego, M. "*Comparing Goal-oriented Analysis Techniques: A Family of Experiments*". Journal of Systems and Software. Impact Factor 3.514 (JCR 2022)

## 8.3. Becas

Beca pre-doctoral provista por el Programa de Ayudas de Investigación y Desarrollo (PAID-01-17) de la Universitat Politècnica de València.

## 8.4. Trabajos futuros

Esta tesis doctoral no representa el fin de este trabajo de investigación pues aunque se hayan logrado los objetivos definidos durante el transcurso de la tesis se han identificado varios problemas y/o posibles mejoras que no se han podido abordar debido a limitaciones de tiempo o del alcance designado.

Con respecto a la técnica propuesta, VeGAN (Value-based Goal-oriented Analysis) se han identificado los siguientes elementos con los que se debería lidiar.

- **Múltiples stakeholders para un mismo actor:** Debido a limitaciones de alcance la técnica considera que la priorización es realizada por un único stakeholder para cada actor. Planeamos estudiar como lidiar con el caso de que para un mismo actor haya más de un stakeholder de forma que es necesario llegar a un consenso sobre las prioridades. En la priorización de requisitos hay varias aproximaciones con respecto a esto, como puede ser el uso de *precision ranking*, información asimétrica u otras más básicas como el uso de la media de las importancias.
- **Pesos de dependencias:** La técnica propuesta considera que todas las dependencias son igual de importantes podría estudiarse la opción de permitir que se les pueda asignar un peso a las dependencias para indicar cómo de importante es la dependencia y tratarlas de forma similar a las relaciones de contribución.
- **Tipos de relaciones:** Las relaciones tenidas en cuenta por la técnica propuesta son la contribución, descomposición/refinamiento y dependencia que son las más empleadas por los distintos lenguajes de modelado de objetivos así como las más comunes. Podría estudiarse incluir el tratamiento de más tipos de relaciones entre elementos intencionales como podría ser la relación de calificación de iStar 2.0.
- **Ciclos:** Al igual que la gran mayoría de técnicas de análisis de modelos de objetivos la técnica propuesta no permite que hayan ciclos en el modelo de objetivos a analizar. Como mejora sería interesante plantear una mecánica que permita tratar con modelos de objetivos que contengan ciclos.

Con respecto a la herramienta, ésta fue creada como un prototipo que da soporte tecnológico a la técnica de VeGAN debido a que la técnica es bastante compleja haciendo que requiera mucho tiempo para aplicarla y que sea fácil cometer errores. Debido a que es un prototipo hay ciertas partes de la misma que se podrían mejorar y por tanto se podrían añadir como trabajo futuro.

- **Evolución del valor:** La herramienta almacena versiones de la priorización y propagación de forma que es posible visualizar cómo el valor va cambiando en base a las importancias. Hemos pensado en añadir funcionalidades para ver de forma gráfica cómo va cambiando el valor así como también poder comparar distintas versiones entre sí.
- **Mayor interoperabilidad:** Actualmente la herramienta únicamente permite modelos iStar 2.0 de la herramienta piStar, sería interesante que permitiera importar

modelos desde otras aplicaciones de modelado de objetivos como modelos GRL de jUCMNav o modelos de iStar de OpenOME.

- **Renderizar modelo de objetivos:** Permitir que la herramienta genere una representación gráfica del modelo de objetivos cargado ya que ahora mismo lo que hace es cargar una imagen y puede haber inconsistencia entre el modelo de objetivos y la imagen real.
- **Interacción modelo de objetivos:** Permitir que la herramienta interaccione con la representación gráfica del modelo de objetivos de forma que se pueda priorizar directamente sobre la representación gráfica, visualizar el valor y ver la trazabilidad sobre el modelo ya que ahora mismo funciona mediante el uso de tablas.
- **Resolución de descomposiciones:** En el caso de descomposiciones de tipo OR o XOR permitir seleccionar aquellos elementos intencionales con los que calcular el valor del padre ya que ahora mismo se emplea el de mayor valor global.
- **Escalado de imágenes:** Cambiar automáticamente el tamaño de la imagen subida para visualizar durante el análisis.

Con respecto a la validación empírica de la técnica propuesta en esta tesis doctoral se ha empleado un análisis mediante estudio de caso por parte de expertos y una familia de experimentos por parte de estudiantes de grado en ingeniería informática. Sin embargo, sería posible mejorar la validación de la técnica de las siguientes formas:

- **Aplicación en la industria:** Estaría bien poder realizar la validación de la técnica propuesta en un contexto industrial mediante la colaboración con alguna empresa de forma que la técnica se emplee durante el transcurso del desarrollo de un proyecto.
- **Comparación con más técnicas de análisis:** En la familia de experimentos realizada se ha comparado la técnica que se propone con otra existente, sin embargo, existen muchas técnicas distintas de análisis de modelos de objetivos por lo cual sería interesante realizar más experimentos comparando VeGAN con otras técnicas.
- **Validación externa:** Todos los experimentos de la familia de experimentos así como los casos del estudio de caso han sido supervisados por los propios autores de la técnica lo cual puede considerarse una amenaza a la validez por posible imparcialidad debido a lo cual sería interesante que se realizaran repeticiones de los experimentos y/o del estudio de caso por investigadores externos.



## Bibliografía

- [1] Project Management Institute (PMI), [Requirements management: A core competency for project and program success](#) (2014).  
URL <https://www.pmi.org/learning/thought-leadership/pulse/core-competency-project-program-succes>
- [2] R. Atkinson, Project management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria, *International journal of project management* 17 (6) (1999) 337–342. doi:10.1016/S0263-7863(98)00069-6.
- [3] P. Giorgini, J. Mylopoulos, E. Nicchiarelli, R. Sebastiani, Formal reasoning techniques for goal models, *Journal on data semantics I* (2003) 1–20doi:10.1007/978-3-540-39733-5\_1.
- [4] J. Horkoff, E. Yu, Interactive goal model analysis for early requirements engineering, *Requirements Engineering* 21 (1) (2016) 29–61. doi:10.1007/s00766-014-0209-8.
- [5] B. W. Boehm, Value-Based Software Engineering: Overview and Agenda, *Value-Based Software Engineering* (2006) 3–14doi:10.1007/3-540-29263-2\_1.
- [6] T. Gorschek, C. Wohlin, P. Carre, S. Larsson, A Model for Technology Transfer in Practice, *Ieee Software* 23 (6) (2006) 88–95. doi:10.1109/MS.2006.147.
- [7] C. Robson, *Real world research: A resource for social scientists and practitioner-researchers*, Wiley-Blackwell, 2002.
- [8] R. K. Yin, *Case study research: Design and methods*, Vol. 5, sage, 2009.
- [9] I. Benbasat, D. K. Goldstein, M. Mead, The case research strategy in studies of information systems, *MIS Q.* 11 (1987) 369–386.
- [10] M. Host, A. Rainer, P. Runeson, B. Regnell, *Case study research in software engineering: Guidelines and examples*, John Wiley & Sons, 2012.
- [11] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, A. Wesslén, *Experimentation in Software Engineering*, Springer Science & Business Media, 2012. doi:10.1007/978-3-642-29044-2.

- [12] F. D. Davis, Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology, *MIS Quarterly* 13 (3) (1989) 319–340. [doi:10.2307/249008](https://doi.org/10.2307/249008).
- [13] C. B. Seaman, Qualitative Methods in Empirical Studies of Software Engineering, *IEEE Trans. Software Eng.* 25 (4) (1999) 557–572. [doi:10.1109/32.799955](https://doi.org/10.1109/32.799955).
- [14] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, A. Wesslén, Experimentation in software engineering: an introduction, Vol. 15, Springer Berlin Heidelberg, 2000. [doi:10.1007/978-3-642-29044-2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-29044-2).
- [15] R. Van Solingen, V. Basili, G. Caldiera, H. D. Rombach, Goal Question Metric (GQM) Approach, *Encyclopedia of Software Engineering* (2002). [doi:10.1002/0471028959.sof142](https://doi.org/10.1002/0471028959.sof142).
- [16] J. Jiménez Gomez, Método para la especificación de valor en procesos de negocio y la derivación incremental de servicios cloud, Master's thesis, Universitat Politècnica de València (2016). [doi:10.251/77915](https://doi.org/10.251/77915).
- [17] C. Cano Genovés, Extensión y mejora de un método de especificación de valor para la derivación y priorización de procesos de negocio, Master's thesis, Universitat Politècnica de València (2017). [doi:10.251/86111](https://doi.org/10.251/86111).
- [18] L. Barnett, Agile Projects Must Measure Business Value, *Agile Journal* (2007).
- [19] J. Patton, Ambiguous business value harms software products, *IEEE Software* 25 (1) (2008) 50–51. [doi:10.1109/MS.2008.2](https://doi.org/10.1109/MS.2008.2).
- [20] R. Pettit, Business Value Applied: Aligning The Day To Day With Business Imperative, *Agile Journal* (2007).
- [21] D. Rawsthorne, Managing the Work in an Agile Project, *Haettu* 12 (2004) 2012.
- [22] Object Management Group (OMG), Value Delivery Metamodel (VDM) (2015).
- [23] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resources allocation*, McGraw-Hill Inc, 1980.
- [24] J. D. McKeen, H. Smith, *Making IT Happen: Critical Issues in IT Management*, Wiley Chichester Hoboken NJ (2003) 1–366.
- [25] J. Karlsson, K. Ryan, A cost-value approach for prioritizing requirements, *IEEE Software* 14 (5) (1997) 67–74. [doi:10.1109/52.605933](https://doi.org/10.1109/52.605933).
- [26] S. J. Bleistein, K. Cox, J. Verner, K. T. Phalp, B-SCP: A requirements analysis framework for validating strategic alignment of organizational IT based on strategy, context, and process, *Information and Software Technology* 48 (9) (2006) 846–868. [doi:10.1016/j.infsof.2005.12.001](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2005.12.001).

- [27] Z. Racheva, M. Daneva, K. Sikkel, A. Herrmann, R. Wieringa, Do We Know Enough about Requirements Prioritization in Agile Projects: Insights from a Case Study, in: 2010 18th IEEE International Requirements Engineering Conference, IEEE, 2010, pp. 147–156. [doi:10.1109/RE.2010.27](https://doi.org/10.1109/RE.2010.27).
- [28] E. Yu, Towards modelling and reasoning support for early-phase requirements engineering, in: Proceedings of ISRE '97: 3rd IEEE International Symposium on Requirements Engineering, 1997, pp. 226–235. [doi:10.1109/ISRE.1997.566873](https://doi.org/10.1109/ISRE.1997.566873).
- [29] F. Dalpiaz, X. Franch, J. Horkoff, iStar 2.0 Language Guide, Computing Research Repository (CoRR) (2016). [doi:10.48550/arXiv.1605.07767](https://doi.org/10.48550/arXiv.1605.07767).
- [30] I.-T. I. T. Union, [Recommendation Z.151 \(10/18\), User Requirements Notation \(URN\) - Language definition](https://www.itu.int/rec/T-REC-Z.151-201810-I/) (2018).  
URL <https://www.itu.int/rec/T-REC-Z.151-201810-I/>
- [31] A. Dardenne, A. van Lamsweerde, S. Fickas, Goal-directed requirements acquisition, Science of Computer Programming 20 (1) (1993) 3–50. [doi:10.1016/0167-6423\(93\)90021-G](https://doi.org/10.1016/0167-6423(93)90021-G).
- [32] A. Anton, Goal-based requirements analysis, in: Proceedings of the Second International Conference on Requirements Engineering, 1996, pp. 136–144. [doi:10.1109/ICRE.1996.491438](https://doi.org/10.1109/ICRE.1996.491438).
- [33] L. Chung, B. A. Nixon, E. Yu, J. Mylopoulos, Non-Functional Requirements in Software Engineering, Vol. 5, Springer Science & Business Media, 2000. [doi:10.1007/978-1-4615-5269-7](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-5269-7).
- [34] J. Mylopoulos, M. Kolp, J. Castro, UML for Agent-Oriented Software Development: The Tropos Proposal, in: UML 2001 - The Unified Modeling Language. Modeling Languages, Concepts, and Tools, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2001, pp. 422–441. [doi:10.1007/3-540-45441-1\\_31](https://doi.org/10.1007/3-540-45441-1_31).
- [35] E. Yu, [Modeling Strategic Relationships for Process Reengineering](http://ftp.cs.toronto.edu/pub/eric/DKBS-TR-94-6.pdf), Ph.D. thesis, University of Toronto (1995).  
URL <http://ftp.cs.toronto.edu/pub/eric/DKBS-TR-94-6.pdf>
- [36] C. P. Ayala Martínez, C. Cares, J. P. Carvallo Vega, G. Grau Colom, M. Haya, G. Salazar, J. Franch Gutiérrez, E. Mayol Sarroca, C. Quer, A comparative analysis of i\*-based agent-oriented modeling languages, in: the 17th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE), 2005, pp. 43–50. [doi:10.2117/16234](https://doi.org/10.2117/16234).
- [37] L. Zadeh, Fuzzy sets, Information and Control 8 (3) (1965) 338–353. [doi:10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X).

- [38] J. Horkoff, E. Yu, Comparison and evaluation of goal-oriented satisfaction analysis techniques, *Requirements Engineering* 18 (3) (2013) 199–222. doi:10.1007/s00766-011-0143-y.
- [39] F. A. Bukhsh, Z. A. Bukhsh, M. Daneva, A systematic literature review on requirement prioritization techniques and their empirical evaluation, *Computer Standards & Interfaces* 69 (2020) 103389. doi:10.1016/j.csi.2019.103389.
- [40] E. Triantaphyllou, *Multi-Criteria Decision Making Methods*, Springer US, Boston, MA, 2000. doi:10.1007/978-1-4757-3157-6\_2.
- [41] P. van Laarhoven, W. Pedrycz, A fuzzy extension of Saaty’s priority theory, *Fuzzy Sets and Systems* 11 (1) (1983) 229–241. doi:10.1016/S0165-0114(83)80082-7.
- [42] C.-T. Chen, Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment, *Fuzzy Sets and Systems* 114 (1) (2000) 1–9. doi:10.1016/S0165-0114(97)00377-1.
- [43] T. Stahl, M. Völter, K. Czarnecki, *Model-Driven Software Development: Technology, Engineering, Management*, John Wiley & Sons, Inc., 2006.
- [44] E. Seidewitz, What models mean, *IEEE Software* 20 (5) (2003) 26–32. doi:10.1109/MS.2003.1231147.
- [45] J. Bezin, O. Gerbe, Towards a precise definition of the OMG/MDA framework, in: *Proceedings 16th Annual International Conference on Automated Software Engineering (ASE 2001)*, 2001, pp. 273–280. doi:10.1109/ASE.2001.989813.
- [46] Object Management Group (OMG), *Object Constraint Language* (2014). URL <https://www.omg.org/spec/OCL/2.4/PDF>
- [47] P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, M. N. Mahrin, A systematic literature review of software requirements prioritization research, *Information and Software Technology* 56 (6) (2014) 568–585. doi:10.1016/j.infsof.2014.02.001.
- [48] R. B. Svensson, T. Gorschek, B. Regnell, R. Torkar, A. Shahrokni, R. Feldt, A. Aurum, Prioritization of quality requirements: State of practice in eleven companies, in: *Proceedings of the 2011 IEEE 19th International Requirements Engineering Conference, RE 2011*, 2011, pp. 69–78. doi:10.1109/RE.2011.6051652.
- [49] E. Bagheri, M. Asadi, D. Gasevic, S. Soltani, Stratified analytic hierarchy process: Prioritization and selection of software features, in: *Proceedings of the 14th International Conference on Software Product Lines: Going Beyond, SPLC’10*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010, p. 300–315. doi:10.1007/978-3-642-15579-6\_21.

- [50] M. A. Iqbal, A. M. Zaidi, S. Murtaza, A new requirement prioritization model for market driven products using analytical hierarchical process, in: 2010 International Conference on Data Storage and Data Engineering, IEEE, 2010, pp. 142–149. doi: [10.1109/DSDE.2010.49](https://doi.org/10.1109/DSDE.2010.49).
- [51] Y. V. Singh, B. Kumar, S. Chand, J. Kumar, A comparative analysis and proposing ‘ann fuzzy ahp model’for requirements prioritization, Int. J. Inf. Technol. Comput. Sci 10 (4) (2018) 55–65. doi: [10.5815/IJITCS.2018.04.06](https://doi.org/10.5815/IJITCS.2018.04.06).
- [52] N. Mohamed, S. Mazen, W. Helmy, E-ahp: An enhanced analytical hierarchy process algorithm for priotrizing large software requirements numbers, International Journal of Advanced Computer Science and Applications 13 (7) (2022). doi: [10.14569/IJACSA.2022.0130725](https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130725).
- [53] J. C. B. Somohano-Murrieta, J. O. Ocharán-Hernández, Á. J. Sánchez-García, X. Limón, M. d. los Ángeles Arenas-Valdés, Improving the analytic hierarchy process for requirements prioritization using evolutionary computing, Programming and Computer Software 47 (2021) 746–756. doi: [10.1134/S0361768821080235](https://doi.org/10.1134/S0361768821080235).
- [54] L. Zhang, F. Wang, L. Wang, W. Wang, B. Liu, J. Liu, M. Chen, Q. He, Y. Liao, X. Yu, et al., Prevalence of chronic kidney disease in china: a cross-sectional survey, The lancet 379 (9818) (2012) 815–822. doi: [10.1016/S0140-6736\(12\)60033-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)60033-6).
- [55] P. Tonella, A. Susi, F. Palma, Interactive requirements prioritization using a genetic algorithm, Information and Software Technology 55 (1) (2013) 173–187, special section: Best papers from the 2nd International Symposium on Search Based Software Engineering 2010. doi: [10.1016/j.infsof.2012.07.003](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.07.003).
- [56] K. Y. Chan, C. K. Kwong, T. S. Dillon, Determination of importance of customer requirements using the fuzzy ahp method, in: Computational Intelligence Techniques for New Product Design, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012, pp. 59–77. doi: [10.1007/978-3-642-27476-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-27476-3_3).
- [57] M. Dabbagh, S. P. Lee, A consistent approach for prioritizing system quality attributes, in: 2013 14th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing, IEEE, 2013, pp. 317–322. doi: [10.1109/SNPD.2013.9](https://doi.org/10.1109/SNPD.2013.9).
- [58] S. Parthasarathy, M. Daneva, An approach to estimation of degree of customization for erp projects using prioritized requirements, Journal of Systems and Software 117 (2016) 471–487. doi: [10.1016/j.jss.2016.04.006](https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.04.006).
- [59] N. Garg, M. Sadiq, P. Agarwal, Goasrep: Goal oriented approach for software requirements elicitation and prioritization using analytic hierarchy process, in: S. C. Satapathy, V. Bhateja, S. K. Udgata, P. K. Pattnaik (Eds.), Proceedings of the 5th International Conference on Frontiers in Intelligent Computing: Theory and

- Applications, Springer Singapore, Singapore, 2017, pp. 281–287. [doi:10.1007/978-981-10-3156-4\\_28](https://doi.org/10.1007/978-981-10-3156-4_28).
- [60] P. Madzík, L. Lysá, P. Budaj, Determining the importance of customer requirements in qfd—a new approach based on kano model and its comparison with other methods, *Calitatea* 20 (168) (2019) 3–15.
- [61] M. A. Akbar, M. Shameem, A. A. Khan, M. Nadeem, A. Alsanad, A. Gumaiei, A fuzzy analytical hierarchy process to prioritize the success factors of requirement change management in global software development, *Journal of Software: Evolution and Process* 33 (2) (2021) e2292. [doi:10.1002/smr.2292](https://doi.org/10.1002/smr.2292).
- [62] A. Ejnoui, C. Otero, L. Otero, A simulation-based fuzzy multi-attribute decision making for prioritizing software requirements, in: *Proceedings of the 1st Annual Conference on Research in Information Technology, RIIT '12*, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2012, p. 37–42. [doi:10.1145/2380790.2380800](https://doi.org/10.1145/2380790.2380800).
- [63] P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, Using the fuzzy multi-criteria decision making approach for software requirements prioritization, *Jurnal Teknologi* 77 (13) (2015) 21–28.
- [64] F. Franceschini, D. Maisano, L. Mastrogiacomo, Customer requirement prioritization on qfd: a new proposal based on the generalized yager’s algorithm, *Research in Engineering Design* 26 (2015) 171–187. [doi:10.1007/s00163-015-0191-2](https://doi.org/10.1007/s00163-015-0191-2).
- [65] M. Sadiq, A fuzzy set-based approach for the prioritization of stakeholders on the basis of the importance of software requirements, *IETE Journal of Research* 63 (5) (2017) 616–629. [doi:10.1080/03772063.2017.1313140](https://doi.org/10.1080/03772063.2017.1313140).
- [66] K. S. Ahmad, N. Ahmad, H. Tahir, S. Khan, Fuzzy\_moscow: A fuzzy based moscow method for the prioritization of software requirements, in: *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, 2017, pp. 433–437. [doi:10.1109/ICICT1.2017.8342602](https://doi.org/10.1109/ICICT1.2017.8342602).
- [67] F. ul Hassan, T. Nguyen, T. Le, C. Le, Automated prioritization of construction project requirements using machine learning and fuzzy failure mode and effects analysis (fmea), *Automation in Construction* 154 (2023) 105013. [doi:10.1016/j.autcon.2023.105013](https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105013).
- [68] D. C. Lima, F. Freitas, G. Campos, J. Souza, A fuzzy approach to requirements prioritization, in: *Proceedings of the Third International Conference on Search Based Software Engineering, SSBSE'11*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, p. 64–69. [doi:10.5555/2042243.2042255](https://doi.org/10.5555/2042243.2042255).
- [69] M. Ramzan, M. A. Jaffar, M. A. Iqbal, S. Anwar, A. A. Shahid, Value based fuzzy requirement prioritization and its evaluation framework, in: *2009 Fourth International Conference on Innovative Computing, Information and Control (ICICIC)*, 2009, pp. 1464–1468. [doi:10.1109/ICICIC.2009.375](https://doi.org/10.1109/ICICIC.2009.375).

- [70] M. Ramzan, M. A. Jaffar, A. A. Shahid, Value based intelligent requirement prioritization (virp): expert driven fuzzy logic based prioritization technique, *International Journal Of Innovative Computing, Information And Control* 7 (3) (2011) 1017–1038.
- [71] R. Masadeh, A. Hudaib, A. Alzaqebah, Wgw: A hybrid approach based on whale and grey wolf optimization algorithms for requirements prioritization, *Advances in Systems Science and Applications* 18 (2) (2018) 63–83.
- [72] A. Alzaqebah, R. Masadeh, A. Hudaib, Whale optimization algorithm for requirements prioritization, in: *2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS)*, 2018, pp. 84–89. [doi:10.1109/IACS.2018.8355446](https://doi.org/10.1109/IACS.2018.8355446).
- [73] R. V. Anand, M. Dinakaran, Whalerank: an optimisation based ranking approach for software requirements prioritisation, *International Journal of Environment and Waste Management* 21 (1) (2018) 1–21.
- [74] A. Gupta, C. Gupta, Cdb: A semi-automated collaborative execute-before-after dependency-based requirement prioritization approach, *J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci.* 34 (2) (2022) 421–432. [doi:10.1016/j.jksuci.2018.10.004](https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2018.10.004).
- [75] S. Ali, Y. Hafeez, S. Hussain, S. Yang, M. Jamal, Requirement prioritization framework using case-based reasoning: A mining-based approach, *Expert Systems* 38 (8) (2021) e12770. [doi:10.1111/exsy.12770](https://doi.org/10.1111/exsy.12770).
- [76] A. Perini, A. Susi, P. Avesani, A machine learning approach to software requirements prioritization, *IEEE Transactions on Software Engineering* 39 (4) (2013) 445–461. [doi:10.1109/TSE.2012.52](https://doi.org/10.1109/TSE.2012.52).
- [77] C. Duan, P. Laurent, J. Cleland-Huang, C. Kwiatkowski, Towards automated requirements prioritization and triage, *Requirements engineering* 14 (2009) 73–89. [doi:10.1007/s00766-009-0079-7](https://doi.org/10.1007/s00766-009-0079-7).
- [78] S. Keertipati, B. T. R. Savarimuthu, S. A. Licorish, Approaches for prioritizing feature improvements extracted from app reviews, in: *Proceedings of the 20th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, 2016, pp. 1–6. [doi:10.1145/2915970.2916003](https://doi.org/10.1145/2915970.2916003).
- [79] P. Achimugu, A. Selamat, R. Ibrahim, Reprotizer: A fully implemented software requirements prioritization tool, in: *Transactions on computational collective intelligence XXII*, Springer, 2016, pp. 80–105. [doi:10.1007/978-3-662-49619-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-662-49619-0_5).
- [80] I. Morales-Ramirez, D. Muñante, F. Kifetew, A. Perini, A. Susi, A. Siena, Exploiting user feedback in tool-supported multi-criteria requirements prioritization, in: *2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference (RE)*, 2017, pp. 424–429. [doi:10.1109/RE.2017.41](https://doi.org/10.1109/RE.2017.41).

- [81] O. M. Mendizabal, M. Spier, R. Saad, Log-based approach for performance requirements elicitation and prioritization, in: 2012 20th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE), 2012, pp. 297–302. doi:10.1109/RE.2012.6345818.
- [82] N. Seyff, I. Todoran, K. Caluser, L. Singer, M. Glinz, Using popular social network sites to support requirements elicitation, prioritization and negotiation, Journal of Internet Services and Applications 6 (1) (2015) 1–16. doi:10.1186/s13174-015-0021-9.
- [83] A. Felfernig, G. Ninaus, Group recommendation algorithms for requirements prioritization, in: 2012 Third International Workshop on Recommendation Systems for Software Engineering (RSSE), 2012, pp. 59–62. doi:10.1109/RSSE.2012.6233412.
- [84] R. M. Liaqat, M. A. Ahmed, F. Azam, B. Mehboob, A majority voting goal based technique for requirement prioritization, in: 2016 22nd International Conference on Automation and Computing (ICAC), 2016, pp. 435–439. doi:10.1109/ICAC.2016.7604958.
- [85] J. Horkoff, F. B. Aydemir, E. Cardoso, T. Li, A. Maté, E. Paja, M. Salnitri, J. Mylopoulos, P. Giorgini, Goal-Oriented Requirements Engineering: A Systematic Literature Map, in: 2016 IEEE 24th International Requirements Engineering Conference (RE), 2016, pp. 106–115. doi:10.1109/RE.2016.41.
- [86] J. Horkoff, F. B. Aydemir, E. Cardoso, T. Li, A. Maté, E. Paja, M. Salnitri, L. Piras, J. Mylopoulos, P. Giorgini, Goal-oriented requirements engineering: an extended systematic mapping study, Requirements Engineering 24 (2) (2019) 133–160. doi:10.1007/s00766-017-0280-z.
- [87] E. Kavakli, P. Loucopoulos, Goal driven requirements engineering: evaluation of current methods, in: Proceedings of the 8th CAiSE/IFIP8, Vol. 1, 2003, pp. 16–17.
- [88] J. Horkoff, E. Yu, Analyzing Goal Models: Different Approaches and How to Choose among Them, in: Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing, SAC '11, Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 2011, p. 675–682. doi:10.1145/1982185.1982334.
- [89] L. Chung, B. A. Nixon, E. Yu, J. Mylopoulos, Non-functional requirements in software engineering, Vol. 5, Springer Science & Business Media, 2012.
- [90] D. Amyot, S. Ghanavati, J. Horkoff, G. Mussbacher, L. Peyton, E. Yu, Evaluating goal models within the goal-oriented requirement language, International Journal of Intelligent Systems 25 (8) (2010) 841–877. doi:10.1002/int.20433.
- [91] R. Sebastiani, P. Giorgini, J. Mylopoulos, Simple and minimum-cost satisfiability for goal models, in: Advanced Information Systems Engineering: 16th International Conference, CAiSE 2004, Riga, Latvia, June 7-11, 2004. Proceedings 16, Springer, 2004, pp. 20–35. doi:10.1007/978-3-540-25975-6\_4.

- [92] P. Giorgini, J. Mylopoulos, R. Sebastiani, Goal-oriented requirements analysis and reasoning in the tropos methodology, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 18 (2) (2005) 159–171. doi:[10.1016/j.engappai.2004.11.017](https://doi.org/10.1016/j.engappai.2004.11.017).
- [93] N. Maiden, J. Lockerbie, D. Randall, S. Jones, D. Bush, Using satisfaction arguments to enhance i\* modelling of an air traffic management system, in: *15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007)*, IEEE, 2007, pp. 49–52. doi:[10.1109/RE.2007.14](https://doi.org/10.1109/RE.2007.14).
- [94] Y. Asnar, P. Giorgini, Modelling risk and identifying countermeasure in organizations, in: *Critical Information Infrastructures Security: First International Workshop, CRITIS 2006*, Samos, Greece, August 31-September 1, 2006. Revised Papers 1, Springer, 2006, pp. 55–66. doi:[10.1007/11962977\\_5](https://doi.org/10.1007/11962977_5).
- [95] E. Letier, A. Van Lamsweerde, Reasoning about partial goal satisfaction for requirements and design engineering, in: *Proceedings of the 12th ACM SIGSOFT twelfth international symposium on Foundations of software engineering*, 2004, pp. 53–62. doi:[10.1145/1029894.1029905](https://doi.org/10.1145/1029894.1029905).
- [96] Y. Wang, S. A. McIlraith, Y. Yu, J. Mylopoulos, An automated approach to monitoring and diagnosing requirements, in: *Proceedings of the 22nd IEEE/ACM international conference on Automated software engineering*, 2007, pp. 293–302. doi:[10.1145/1321631.1321675](https://doi.org/10.1145/1321631.1321675).
- [97] Y. Asnar, V. Bryl, P. Giorgini, Using risk analysis to evaluate design alternatives, in: *Agent-Oriented Software Engineering VII: 7th International Workshop, AOSE 2006*, Hakodate, Japan, May 8, 2006, Revised and Invited Papers 7, Springer, 2007, pp. 140–155. doi:[10.1007/978-3-540-70945-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-540-70945-9_9).
- [98] N. A. Ernst, J. Mylopoulos, A. Borgida, I. J. Jureta, Reasoning with optional and preferred requirements, in: *International Conference on Conceptual Modeling*, Springer, 2010, pp. 118–131. doi:[10.1007/978-3-642-16373-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16373-9_9).
- [99] I. J. Jureta, A. Borgida, N. A. Ernst, J. Mylopoulos, Techne: Towards a new generation of requirements modeling languages with goals, preferences, and inconsistency handling, in: *2010 18th IEEE International Requirements Engineering Conference*, IEEE, 2010, pp. 115–124. doi:[10.1109/RE.2010.24](https://doi.org/10.1109/RE.2010.24).
- [100] A. Van Lamsweerde, Reasoning about alternative requirements options, in: *Conceptual Modeling: Foundations and Applications: Essays in Honor of John Mylopoulos*, Springer, 2009, pp. 380–397. doi:[10.1007/978-3-642-02463-4\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02463-4_20).
- [101] S. Chawla, S. Srivastava, P. Bedi, Evaluation of web-specific goal oriented requirements language models with quantitative reasoning, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* 39 (2) (2014) 1–9. doi:[10.1145/2579281.2579295](https://doi.org/10.1145/2579281.2579295).

- [102] S. Liaskos, S. A. McIlraith, S. Sohrabi, J. Mylopoulos, Representing and reasoning about preferences in requirements engineering, *Requirements Engineering* 16 (2011) 227–249. doi:10.1007/s00766-011-0129-9.
- [103] G. Park, L. Chung, L. Zhao, S. Supakkul, A goal-oriented big data analytics framework for aligning with business, in: *2017 IEEE Third International Conference on Big Data Computing Service and Applications (BigDataService)*, IEEE, 2017, pp. 31–40. doi:10.1109/BigDataService.2017.29.
- [104] M. Baslyman, D. Amyot, J. Mylopoulos, Reasoning about confidence in goal satisfaction, *Algorithms* 15 (10) (2022) 343. doi:10.3390/a15100343.
- [105] H. Kaiya, H. Horai, M. Saeki, Agora: Attributed goal-oriented requirements analysis method, in: *Proceedings IEEE joint international conference on requirements engineering*, Ieee, 2002, pp. 13–22. doi:10.1109/ICRE.2002.1048501.
- [106] J. Horkoff, E. Yu, Qualitative, interactive, backward analysis of i\* models., in: *iStar*, 2008, pp. 43–46.
- [107] M. B. Duran, G. Mussbacher, Top-down evaluation of reusable goal models, in: *New Opportunities for Software Reuse: 17th International Conference, ICSR 2018, Madrid, Spain, May 21-23, 2018, Proceedings* 17, Springer, 2018, pp. 76–92.
- [108] A. A. Anda, D. Amyot, Goal and feature model optimization for the design and self-adaptation of socio-cyber-physical systems, *Journal of Integrated Design and Process Science* 25 (2) (2021) 141–177. doi:10.3233/JID210022.
- [109] J. Horkoff, E. Yu, Evaluating goal achievement in enterprise modeling—an interactive procedure and experiences, in: *IFIP Working Conference on The Practice of Enterprise Modeling*, Springer, 2009, pp. 145–160. doi:10.1007/978-3-642-05352-8\_12.
- [110] J. Horkoff, E. Yu, A qualitative, interactive evaluation procedure for goal-and agent-oriented models., in: *CAiSE Forum*, 2009, pp. 1–6.
- [111] J. Horkoff, E. Yu, Finding solutions in goal models: an interactive backward reasoning approach, in: *Conceptual Modeling—ER 2010: 29th International Conference on Conceptual Modeling, Vancouver, BC, Canada, November 1-4, 2010. Proceedings* 29, Springer, 2010, pp. 59–75. doi:10.1007/978-3-642-16373-9\_5.
- [112] M. Sadiq, S. Jain, A fuzzy based approach for requirements prioritization in goal oriented requirements elicitation process, in: *International conference of software engineering and knowledge engineering (SEKE)*, 2013, pp. 54–58. doi:10.1007/s13198-014-0260-3.
- [113] M. Sadiq, S. Jain, Applying fuzzy preference relation for requirements prioritization in goal oriented requirements elicitation process, *International Journal of System Assurance Engineering and Management* 5 (2014) 711–723. doi:10.1007/s13198-014-0236-3.

- [114] A. Mansoor, D. Streitferdt, F.-F. Füßl, Alternatives selection using gore based on fuzzy numbers and topsis, *Journal of Software Engineering and Applications* 8 (07) (2015) 346. doi:[10.4236/jsea.2015.87035](https://doi.org/10.4236/jsea.2015.87035).
- [115] G. Chatzikonstantinou, K. Kontogiannis, Run-time requirements verification for reconfigurable systems, *Information and Software Technology* 75 (2016) 105–121. doi:[10.1016/j.infsof.2016.04.005](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.04.005).
- [116] G. Chatzikonstantinou, K. Kontogiannis, Efficient parallel reasoning on fuzzy goal models for run time requirements verification, *Software & Systems Modeling* 17 (4) (2018) 1339–1364. doi:[10.1007/s10270-016-0562-9](https://doi.org/10.1007/s10270-016-0562-9).
- [117] A. A. A. Saeed, S.-W. Lee, Non-functional requirements trade-off in self-adaptive systems, in: 2018 4th International Workshop on Requirements Engineering for Self-Adaptive, Collaborative, and Cyber Physical Systems (RESACS), IEEE, 2018, pp. 9–15. doi:[10.1109/RESACS.2018.00007](https://doi.org/10.1109/RESACS.2018.00007).
- [118] D. Dell’Anna, F. Dalpiaz, M. Dastani, Validating goal models via bayesian networks, in: 2018 5th International Workshop on Artificial Intelligence for Requirements Engineering (AIRE), IEEE, 2018, pp. 39–46. doi:[10.1109/AIRE.2018.00012](https://doi.org/10.1109/AIRE.2018.00012).
- [119] N. Bencomo, L. H. G. Paucar, Ram: Causally-connected and requirements-aware runtime models using bayesian learning, in: 2019 ACM/IEEE 22nd International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS), IEEE, 2019, pp. 216–226. doi:[10.1109/MODELS.2019.00005](https://doi.org/10.1109/MODELS.2019.00005).
- [120] S. Liaskos, R. Jalman, J. Aranda, On eliciting contribution measures in goal models, in: 2012 20th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE), 2012, pp. 221–230. doi:[10.1109/RE.2012.6345808](https://doi.org/10.1109/RE.2012.6345808).
- [121] S. Vinay, S. Aithal, G. Sudhakara, A quantitative approach using goal-oriented requirements engineering methodology and analytic hierarchy process in selecting the best alternative, in: *Proceedings of International Conference on Advances in Computing*, Springer, 2012, pp. 441–454.
- [122] T. Zhao, H. Zhao, W. Zhang, Z. Jin, Goal model driven alternative selection: a quantitative approach, in: 2015 IEEE International Model-Driven Requirements Engineering Workshop (MoDRE), IEEE, 2015, pp. 1–10. doi:[10.1109/MoDRE.2015.7343877](https://doi.org/10.1109/MoDRE.2015.7343877).
- [123] Q. Ma, S. de Kinderen, Goal-Based Decision Making, in: *Requirements Engineering: Foundation for Software Quality*, Springer International Publishing, Cham, 2016, pp. 19–35. doi:[10.1007/978-3-319-30282-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-30282-9_2).
- [124] M. Baslyman, D. Amyot, A Distance-Based GRL Approach to Goal Model Refinement and Alternative Selection, in: 2017 IEEE 25th International Requirements

- Engineering Conference Workshops (REW), 2017, pp. 16–20. [doi:10.1109/REW.2017.15](https://doi.org/10.1109/REW.2017.15).
- [125] N. A. Ernst, J. Mylopoulos, Y. Wang, Requirements evolution and what (research) to do about it, in: Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective: Design Requirements Workshop, Cleveland, OH, USA, June 3-6, 2007, Revised and Invited Papers, Springer, 2009, pp. 186–214. [doi:10.1007/978-3-540-92966-6\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-540-92966-6_11).
- [126] J. Horkoff, E. Yu, Interactive analysis of agent-goal models in enterprise modeling, International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD) 1 (4) (2010) 1–23. [doi:10.4018/jismd.2010100101](https://doi.org/10.4018/jismd.2010100101).
- [127] J. Gordijn, J. Akkermans, Value-based requirements engineering: exploring innovative e-commerce ideas, Requirements engineering 8 (2003) 114–134. [doi:10.1007/s00766-003-0169-x](https://doi.org/10.1007/s00766-003-0169-x).
- [128] E. Souza, S. Abrahão, A. Moreira, J. Araújo, E. Insfran, Comparing value-driven methods: an experiment design., in: HuFaMo@ MoDELS, 2016, pp. 19–26. [doi:10.1016/j.infsof.2018.08.001](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2018.08.001).
- [129] H.-E. Eriksson, M. Penker, Business modeling with uml, New York 12 (2000).
- [130] J. Gordijn, E. Yu, B. Van Der Raadt, E-service design using i\* and e/sup 3/value modeling, IEEE software 23 (3) (2006) 26–33. [doi:10.1109/MS.2006.71](https://doi.org/10.1109/MS.2006.71).
- [131] J. J. Dujmovic, A Method For Evaluation And Selection Of Complex Hardware And Software Systems, in: Int. CMG Conference, 1996, pp. 368–378.
- [132] J. J. Dujmović, H. Nagashima, LSP method and its use for evaluation of Java IDEs, International Journal of Approximate Reasoning 41 (1) (2006) 3–22. [doi:10.1016/j.ijar.2005.06.006](https://doi.org/10.1016/j.ijar.2005.06.006).
- [133] J. J. Dujmović, H. L. Larsen, Properties and Modeling of Partial Conjunction / Disjunction, Current issues in data and knowledge engineering (2004) 215–224.
- [134] M. Amutio, J. Candau, J. Mañas, Magerit-version 3, methodology for information systems risk analysis and management, book I-the method, Ministerio de administraciones públicas (2014).
- [135] R. B. Svensson, T. Olsson, B. Regnell, Introducing support for release planning of quality requirements — an industrial evaluation of the quper model, in: 2008 Second International Workshop on Software Product Management, 2008, pp. 18–26. [doi:10.1109/IWSPM.2008.4](https://doi.org/10.1109/IWSPM.2008.4).
- [136] J.-W. Wang, C.-H. Cheng, K.-C. Huang, Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection, Applied Soft Computing 9 (1) (2009) 377–386. [doi:10.1016/j.asoc.2008.04.014](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2008.04.014).

- [137] R. A. Fisher, The effect of methods of ascertainment upon the estimation of frequencies, *Annals of Eugenics* 6 (1) (1934) 13–25. [doi:10.1111/j.1469-1809.1934.tb02105.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1934.tb02105.x).
- [138] J. Pimentel, J. Castro, *pistar* tool—a pluggable online tool for goal modeling, in: 2018 IEEE 26th International Requirements Engineering Conference (RE), IEEE, 2018, pp. 498–499.
- [139] T. C. Lethbridge, S. E. Sim, J. Singer, Studying software engineers: Data collection techniques for software field studies, *Empirical software engineering* 10 (2005) 311–341.
- [140] L. Liu, E. Yu, Designing information systems in social context: a goal and scenario modelling approach, *Information systems* 29 (2) (2004) 187–203. [doi:10.1016/S0306-4379\(03\)00052-8](https://doi.org/10.1016/S0306-4379(03)00052-8).
- [141] D. Morrison, Distance Training: How Innovative Organizations are using Technology to Maximize Learning and Meet Business Objectives, *Journal of Educational Technology & Society* 3 (2) (2000) 110–113.
- [142] B. Flyvbjerg, Five misunderstandings about case-study research, *Qualitative inquiry* 12 (2) (2006) 219–245. [doi:10.1177/1077800405284363](https://doi.org/10.1177/1077800405284363).
- [143] A. Cooper, The inmates are running the asylum, in: U. Arend, E. Eberleh, K. Pitschke (Eds.), *Software-Ergonomie '99: Design von Informationswelten*, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 1999, pp. 17–17. [doi:10.1007/978-3-322-99786-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-322-99786-9_1).
- [144] J. L. Fleiss, Measuring nominal scale agreement among many raters., *Psychological bulletin* 76 (5) (1971) 378. [doi:10.1037/h0031619](https://doi.org/10.1037/h0031619).
- [145] J. R. Landis, G. G. Koch, The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data, *Biometrics* 33 (1) (1977) 159–174. [doi:10.2307/2529310](https://doi.org/10.2307/2529310).
- [146] N. Abbas, J. Andersson, D. Weyns, *Asple*: A methodology to develop self-adaptive software systems with systematic reuse, *Journal of Systems and Software* 167 (2020) 110626. [doi:10.1016/j.jss.2020.110626](https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110626).
- [147] I. A. Tøndel, D. S. Cruzes, Continuous software security through security prioritisation meetings, *Journal of Systems and Software* 194 (2022) 111477. [doi:10.1016/j.jss.2022.111477](https://doi.org/10.1016/j.jss.2022.111477).
- [148] V. Basili, F. Shull, F. Lanubile, Building knowledge through families of experiments, *IEEE Transactions on Software Engineering* 25 (4) (1999) 456–473. [doi:10.1109/32.799939](https://doi.org/10.1109/32.799939).
- [149] B. Kitchenham, The role of replications in empirical software engineering—a word of warning, *Empirical Software Engineering* 13 (2) (2008) 219–221. [doi:10.1007/s10664-008-9061-0](https://doi.org/10.1007/s10664-008-9061-0).

- [150] F. J. Shull, J. C. Carver, S. Vegas, N. Juristo, The role of replications in empirical software engineering, *Empirical Software Engineering* 13 (2) (2008) 211–218. doi:[10.1007/s10664-008-9060-1](https://doi.org/10.1007/s10664-008-9060-1).
- [151] N. Juristo, O. S. Gómez, Replication of Software Engineering Experiments, *Empirical Software Engineering and Verification: International Summer Schools, LASER 2008-2010, Elba Island, Italy, Revised Tutorial Lectures* (2012) 60–88doi:[10.1007/978-3-642-25231-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-25231-0_2).
- [152] O. S. Gómez, N. Juristo, S. Vegas, Understanding replication of experiments in software engineering: A classification, *Information and Software Technology* 56 (8) (2014) 1033–1048. doi:[10.1016/j.infsof.2014.04.004](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.04.004).
- [153] J. Carver, L. Jaccheri, S. Morasca, F. Shull, Issues in using students in empirical studies in software engineering education, in: *Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry (IEEE Cat. No.03EX717)*, 2003, pp. 239–249. doi:[10.1109/METRIC.2003.1232471](https://doi.org/10.1109/METRIC.2003.1232471).
- [154] D. Falessi, N. Juristo, C. Wohlin, B. Turhan, J. Münch, A. Jedlitschka, M. Oivo, Empirical software engineering experts on the use of students and professionals in experiments, *Empirical Software Engineering* 23 (1) (2018) 452–489. doi:[10.1007/s10664-017-9523-3](https://doi.org/10.1007/s10664-017-9523-3).
- [155] E. Insfrán, S. Abrahão, Experimentation in Software Engineering: Bridging the Gap Between Educators and Researchers, in: *Proceedings of the 2008 International Conference on Frontiers in Education: Computer Science & Computer Engineering, FECS 2008, July 14-17, 2008, Las Vegas, Nevada, USA, CSREA Press, 2008*, pp. 350–354.
- [156] N. Pippenger, Complexity theory, *Scientific American* 238 (6) (1978) 114–125B.
- [157] W. B. Frakes, R. Baeza-Yates, *Information retrieval: data structures and algorithms*, Prentice-Hall, Inc., 1992. doi:[doi/10.5555/129687](https://doi.org/10.5555/129687).
- [158] S. Abrahão, E. Insfran, F. G.-L. de Guevara, M. Fernández-Diego, C. Cano-Genoves, R. Pereira de Oliveira, Assessing the effectiveness of goal-oriented modeling languages: A family of experiments, *Information and Software Technology* 116 (2019) 106171. doi:[10.1016/j.infsof.2019.08.003](https://doi.org/10.1016/j.infsof.2019.08.003).
- [159] S. Abrahão, C. Gravino, E. Insfran, G. Scanniello, G. Tortora, Assessing the effectiveness of sequence diagrams in the comprehension of functional requirements: Results from a family of five experiments, *IEEE Transactions on Software Engineering* 39 (3) (2013) 327–342. doi:[10.1109/TSE.2012.27](https://doi.org/10.1109/TSE.2012.27).
- [160] G. Scanniello, U. Erra, Distributed modeling of use case diagrams with a method based on think-pair-square: Results from two controlled experiments, *Journal of Visual Languages & Computing* 25 (4) (2014) 494–517.

- [161] E. Souza, A. Moreira, J. Araújo, S. Abrahão, E. Insfran, D. S. Da Silveira, Comparing business value modeling methods: A family of experiments, *Information and Software Technology* 104 (2018) 179–193.
- [162] W. R. King, J. He, A meta-analysis of the technology acceptance model, *Information & Management* 43 (6) (2006) 740–755. doi:10.1016/j.im.2006.05.003.
- [163] P. J. Hu, P. Y. K. Chau, O. R. L. Sheng, K. Y. Tam, Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology, *Journal of Management Information Systems* 16 (2) (1999) 91–112.
- [164] M. R. Hess, J. D. Kromrey, Robust confidence intervals for effect sizes: A comparative study of cohen'sd and cliff's delta under non-normality and heterogeneous variances, in: *annual meeting of the American Educational Research Association*, Vol. 1, Citeseer, 2004, pp. 1–30.
- [165] N. Cliff, Dominance statistics: Ordinal analyses to answer ordinal questions., *Psychological bulletin* 114 (3) (1993) 494. doi:10.1037/0033-2909.114.3.494.
- [166] B. Kitchenham, L. Madeyski, D. Budgen, J. Keung, P. Brereton, S. Charters, S. Gibbs, A. Pohthong, Robust Statistical Methods for Empirical Software Engineering, *Empirical Software Engineering* 22 (2) (2017) 579–630. doi:10.1007/s10664-016-9437-5.
- [167] H. C. Kraemer, D. J. Kupfer, Size of treatment effects and their importance to clinical research and practice, *Biol Psychiatry* 59 (11) (2005) 990–996. doi:10.1016/j.biopsych.2005.09.014.
- [168] P. D. Ellis, *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*, Cambridge university press, 2010. doi:10.1017/CB09780511761676.
- [169] J. Cohen, *Statistical power analysis for the behavioral sciences*, Routledge, 2013. doi:10.4324/9780203771587.
- [170] K. D. Maxwell, *Applied statistics for software managers*, Applied Statistics for Software Managers (2002).
- [171] K. Loewenthal, C. A. Lewis, *An introduction to psychological tests and scales*, Psychology press, 2018. doi:10.4324/9781315782980.



## Anexo A

# Material del estudio de caso

## A.1. Caso 1: Esperanza

### Presentación de los Objetivos del Negocio

Imagine que es el analista de una empresa de desarrollo de software y debe tomar decisiones con respecto al siguiente software que se le ha pedido desarrollar.

Teléfono de la Esperanza es una organización no gubernamental (ONG) de voluntariado y acción social cuyo objetivo es el de promover la salud emocional de las personas, especialmente de aquellas que se encuentran en situación de crisis. Esta organización fue fundada en 1971 y hasta la fecha ha ofrecido sus servicios de ayuda mediante el uso del teléfono, pero con la aparición de nuevas tecnologías y cada vez el mayor uso de éstas, ha visto la necesidad de adaptarse a los nuevos tiempos con el fin de poder ayudar a una mayor cantidad de personas.

Con este motivo la ONG Teléfono de la Esperanza ha decidido solicitar el desarrollo de una aplicación móvil cuyo objetivo será el de poner en contacto a los usuarios de la aplicación con los orientadores profesionales de la organización para ofrecerles ayuda a los usuarios ya sea mediante llamada telefónica, como se ha ofrecido hasta la fecha, o con el uso de chat o videochat.

Cuando un **usuario** utiliza la aplicación su principal objetivo es el de obtener ayuda. Al emplear el sistema los usuarios podrán seleccionar el medio de comunicación con el que se sientan más cómodos. Cuando un usuario recibe ayuda quiere que ésta se reciba lo antes posible (inmediatez), que la ayuda sea de utilidad (efectiva), que no se divulgue su información privada (anonimato), y por supuesto, necesitan sentirse cómodos (confortables) al usar la aplicación.

Los **orientadores** profesionales voluntarios a la empresa y que utilizarán la aplicación para comunicarse con los usuarios tienen como objetivo ayudar a los usuarios que empleen el sistema. Los orientadores están interesados en ofrecer ayuda de calidad, a la mayor cantidad de gente posible de forma que éstos puedan sentirse felices gracias a la ayuda ofrecida, pero a su vez también es importante que los orientadores eviten sentirse estresados por la carga del trabajo.

En cuanto a la ONG **Teléfono de la Esperanza**, su objetivo es ofrecer el sistema de ayuda, y quieren que ese sistema sea inmediato para poder ayudar cuando más se necesite, que esa ayuda sea de calidad y que llegue a la mayor cantidad de gente posible. Además, le interesa que el sistema sea anónimo, para poder evitar posibles escándalos con los temas tratados mediante el uso del sistema, de modo que pueda recibir fondos.

Debido a que Teléfono de la Esperanza es una ONG de voluntariado a nivel nacional, ésta desea que la aplicación esté centrada en los usuarios a los que se les va a ofrecer ayuda. Además, debido a que los orientadores trabajan para ellos y que la ONG tiene una visión más global de lo que implica proveer este servicio, los intereses de la ONG deberán tenerse en cuenta antes que los de los trabajadores.

La **Fig. 1** describe un modelo de objetivos que representa los objetivos de los distintos stakeholders involucrados para el desarrollo del sistema y las relaciones entre sus objetivos.

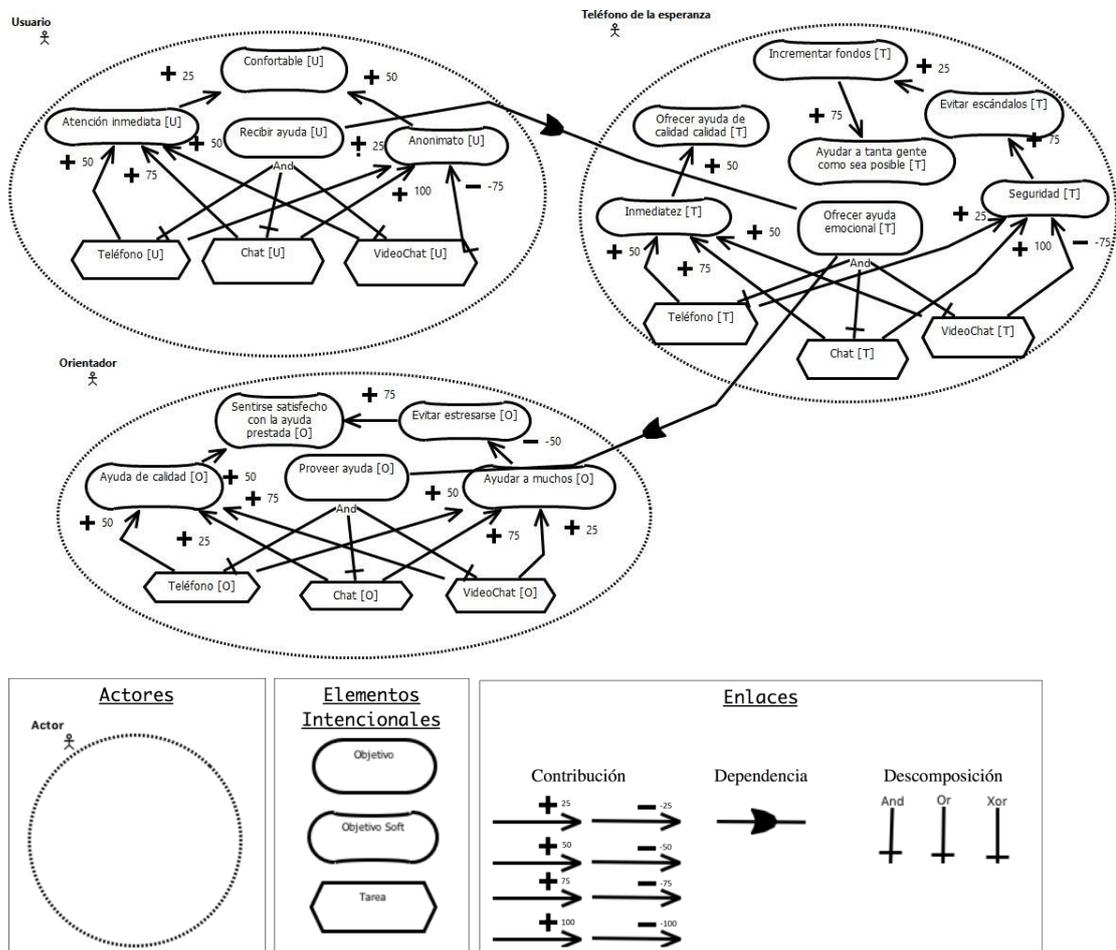


Fig. 1: Modelo de objetivos del sistema a desarrollar

## **Previo a la ejecución:**

- 1- Descargar y descomprimir el fichero VeGAn.zip.
- 2- Ejecutar la aplicación de VeGAn.jar
- 3- Cargar el modelo de objetivos en formato XMI, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model (XMI file)**... y seleccionar el fichero XMI que se encontraba en el fichero comprimido
- 4- Cargar la figura del modelo de objetivos, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model Image**... y seleccionar el fichero jpg que se encontraba en el fichero comprimido.
- 5- Pulsar el botón **Prioritization of Goal Model**

## Análisis del modelo de objetivos

### Paso 1: Priorización

En este paso, se deberá asignar:

- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **elementos intencionales** del modelo de objetivos desde el punto de vista del actor que lo quiere;
- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **actores** ya que puede darse el caso de que no todos los actores sean igual de importantes.

A la hora de determinar el **nivel** de importancia de cada uno de los elementos intencionales y actores, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de importancia:

<b>Nivel de importancia:</b>	<b>Significado:</b>
Muy Alta	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Alta	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Media	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Baja	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Muy Baja	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Tras asignar el nivel de importancia para cada elemento del modelo, se deberá asignar:

- Un **nivel de certeza** que describirá cuán seguro estás con respecto al nivel de importancia que has asignado para cada elemento del modelo y en el caso de que no se esté seguro si podría ser más o menos de lo que se ha asignado.

A la hora de determinar el nivel de certeza de la importancia asignada, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de certeza:

<b>Nivel de certeza:</b>	<b>Significado:</b>
Podría ser más	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser más
Seguro	Estoy completamente seguro de que el nivel de importancia que he asignado es el correcto
Podría ser menos	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser menos

## Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales

Para la asignación de los niveles de importancia se empleará la *técnica Personas* ya que nos permitirá ponernos en la piel de un usuario para entender sus objetivos, necesidades y motivaciones.

Las «personas» no son personas reales, sino arquetipos hipotéticos de usuarios reales que actúan en representación de éstos durante el proceso de diseño del sistema. Por lo tanto, para cada actor se hará uso de una ficha descriptiva que se encuentra en el **Anexo I**.

### Paso 1.1.1: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Usuario**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al usuario *Esther Martínez* que se encuentra en el **Anexo I**.

Pulse el botón **Prioritization of Goal Model** y asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Usuario**, teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se especifica en su ficha.

### Paso 1.1.2: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Teléfono de la Esperanza**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente a *Teléfono de la Esperanza* que se encuentra en el **Anexo I**.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Teléfono de la esperanza** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

### Paso 1.1.3: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Orientador**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al orientador *Francisco Rodríguez* que se encuentra en el **Anexo I**.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Orientador** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

Compruebe que haya asignado un nivel de importancia y certeza a **TODOS** los elementos intencionales de **TODOS** los stakeholders del modelo de objetivos.

## **Paso 1.2: Asignación de importancia de los Actores**

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de **Importance level** y un **nivel de certeza** la columna de **Confidence level** a cada actor.

Una vez terminada las asignaciones de importancia para todos los actores, pulse el botón **Propagation of Goal Model**, para comprobar que ha priorizado todos los elementos y pasar al siguiente paso.

## **Paso 2. Propagación**

Una vez asignadas las importancias de todos los elementos del modelo de objetivos es necesario propagar estas importancias a través de las relaciones del modelo con el fin de calcular el valor resultante para cada elemento intencional.

Este paso se ha realizado al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** en la sección anterior. La aplicación ha calculado de forma automática las nuevas importancias de los elementos intencionales teniendo en cuenta las relaciones existentes entre ellas. Estas nuevas importancias de los elementos intencionales representan el **valor** que aportan los elementos intencionales en el conjunto del modelo de objetivos.

### Paso 3. Evaluación

En este paso se deberá evaluar los resultados obtenidos por la propagación con el fin de determinar su nivel de satisfacción con los resultados obtenidos en la propagación.

A la hora de determinar el nivel de satisfacción del resultado obtenido de la propagación, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de satisfacción:

Nivel de satisfacción:	Significado:
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

#### Paso 3.1: Evaluar los resultados desde el punto de vista de cada uno de los actores (Usuario, Teléfono de la Esperanza y Orientador)

En la ventana que se ha obtenido al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** analice y evalúe asignando un **nivel de satisfacción** que considera que actor **Usuario** tendría con la nueva **importancia calculada** para cada elemento intencional en el modelo de objetivos. Realice posteriormente lo mismo para el actor **Teléfono de la Esperanza** y **Orientador**. Para poder asignar el nivel de satisfacción interactúe con la columna Evaluación de cada elemento intencional.

**IMPORTANTE:** Recuerde que, para hacer esta evaluación, debe tener en cuenta nuevamente las fichas de los stakeholders correspondientes al usuario Ester Martínez (**Usuario**) a la organización Teléfono de la Esperanza (**Teléfono de la Esperanza**) y Francisco Rodríguez (**Orientador**) que se encuentra en el **Anexo I**.

### A.1.1. Ficha de Stakeholders según la técnica Persona Anexo I: Stakeholders involucrados

Actor: Usuario

 <p><b>Esther Martínez</b> Estudiante universitaria</p>	<p>Esther es una estudiante de Bellas Artes que está realizando un intercambio Erasmus en Roma siguiendo su pasión por Miguel Ángel. Actualmente Esther se está planteando regresar a casa porque se encuentra muy agobiada debido a que está en un país extranjero donde no conoce a nadie.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 20</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Intermedio</li> <li>• <b>Web:</b> Intermedio</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introversa</li> <li>• Tímida</li> <li>• Tozuda</li> <li>• Paciente</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar decisiones importantes con su vida</li> <li>• Obtener una segunda opinión</li> <li>• Tener a alguien que le escuche y en quien pueda confiar</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esther quiere tomar la decisión correcta con su vida y no sabe cuál es la adecuada</li> <li>• Quiere obtener opiniones sobre qué debería hacer para poder elegir la mejor decisión</li> <li>• Cuando esté estresada o en una crisis nerviosa quiere tener a alguien que le ayude a salir de ella</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar ayuda sobre qué debería hacer cuando tenga dudas sobre un tema importante</li> <li>• Cuando se encuentre estresada o en medio de una crisis tratará de ponerse en contacto con alguien que le ayude a tranquilizarse.</li> </ul>

Actor: Orientador

 <p><b>Francisco Rodríguez</b> Orientador de Teléfono de la esperanza</p>	Francisco es un psicólogo profesional jubilado que está colaborando de forma voluntaria en la ONG Teléfono de la Esperanza con el fin de ayudar a aquellas personas que necesiten apoyo emocional y contacten con la ONG.	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Edad:</b> 67</li><li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li></ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Computación:</b> Bajo</li><li>• <b>Web:</b> Bajo</li></ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Altruista</li><li>• Extrovertido</li><li>• Empático</li><li>• Perfeccionista</li></ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ofrecer apoyo emocional a quien lo pida</li><li>• Dar segundas opiniones para ayudar a tomar decisiones complicadas</li><li>• Escuchar a quien se ponga en contacto con él y ayudarlo a tranquilizarse</li></ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Proveer ayuda y segundas opiniones a aquellas personas que busque ayuda mediante la ONG Teléfono de la Esperanza</li></ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Escuchar los problemas de los demás y tratar de ponerse en su piel</li><li>• Dar segundas opiniones sobre qué deberían hacer</li><li>• Tratar de tranquilizar a aquellas personas que estén estresadas o en crisis</li></ul>

Actor: Teléfono de la esperanza

 <p><b>ONG Teléfono de la esperanza</b> ONG de voluntariado y acción social</p>	Teléfono de la Esperanza es una ONG de voluntariado y acción social que trata de promover la salud social de las personas desde 1941.	
<p><b>Necesidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ofrecer herramientas para ayudar emocionalmente a aquellas personas que lo necesiten</li><li>• Proporcionar segundas opiniones y ayudar a tomar decisiones difíciles</li><li>• Adaptarse a los nuevos tiempos para poder ayudar a la mayor cantidad posible de personas</li></ul>	<p><b>Escenarios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ofrecer sus servicios a quien lo necesite</li></ul>	<p><b>Comportamientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Poner en contacto a aquellas personas que necesitan ayuda con orientadores profesionales</li></ul>

## A.2. Caso 2: edX

### Presentación de los Objetivos del Negocio

Imagine que es el analista de una empresa de desarrollo de software y debe tomar decisiones con respecto al siguiente software.

Las universidades de Harvard y MIT han decidido unir fuerzas y se han planteado el desarrollo de edX, una plataforma MOOC (Massive Online Open Courses) con el fin de incrementar el acceso a la educación de alta calidad y mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el campus y en línea.

Los **usuarios** de este tipo de plataformas desean o bien aprender con el fin de saciar una curiosidad de conocimiento u obtener certificados que les puedan ayudar a optar a mejores puestos de trabajo. Con este motivo, un usuario podrá realizar cursos de forma presencial, como se ha estado haciendo hasta ahora, o de forma online. Cuando un usuario realiza un curso está interesado en obtener un curso de calidad y a sentirse satisfecho con el curso. Además, la posibilidad de realizar el curso online tiene ventajas como la posibilidad de realizarlo a la hora que mejor le convenga o evitar la necesidad de desplazarse hasta la ubicación del curso.

El objetivo de los **profesores** es el de proveer cursos con el fin de enseñar a estudiantes, para lo cual podrían hacerlo de forma presencial o mediante una plataforma MOOC como edX. A la hora de realizar cursos los profesores están interesados en mejorar el acceso a la educación, por lo que la posibilidad de que los estudiantes puedan realizar los cursos desde cualquier lugar del mundo y a la hora que mejor les convenga les parece interesante. Sin embargo, el uso de una plataforma online también tiene sus desventajas, como podría ser una menor participación de los alumnos en las clases debido a la falta de interacción o posibles problemas técnicos que podrían ocurrir debido al uso de las tecnologías.

Además, este tipo de plataformas de enseñanza podrían ser de interés también para **compañías** ya podrían ofrecer ayuda en la formación de sus trabajadores. El uso de una plataforma de enseñanza online podría ayudar a las compañías a reducir el coste empleado en formación. Pero las empresas necesitan tener muy en cuenta la calidad de los cursos que sus trabajadores realizan ya que un curso de calidad podría aumentar de forma considerable la productividad de éstos.

A la hora de desarrollar edX se desea centrarse primeramente en aquellos stakeholders que más beneficios podrían aportar gracias al uso de la plataforma. Siendo las empresas aquellas que más beneficios podrían aportar gracias a la necesidad de formar a sus trabajadores seguidos por los usuarios que quieren formar u aprender y por último, y menos importante, a los profesores.

La **Fig. 1** describe un modelo de objetivos que representa los objetivos de los distintos stakeholders del sistema y las relaciones entre sus objetivos y el sistema a desarrollar.

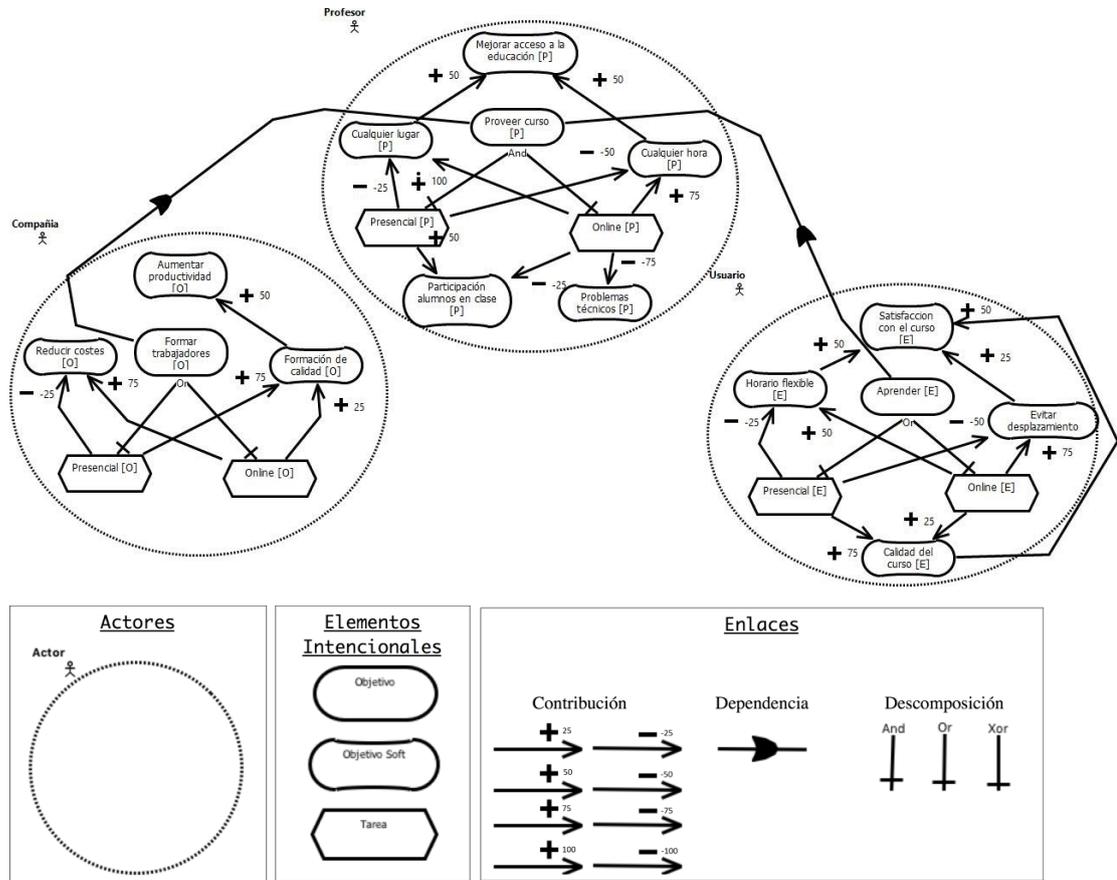


Fig. 1: Modelo de objetivos del sistema a desarrollar

## **Previo a la ejecución:**

- 1- Descargar y descomprimir el fichero VeGAn.zip.
- 2- Ejecutar la aplicación de VeGAn.jar
- 3- Cargar el modelo de objetivos en formato XMI, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model (XMI file)...** y seleccionar el fichero XMI que se encontraba en el fichero comprimido
- 4- Cargar la figura del modelo de objetivos, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model Image...** y seleccionar el fichero jpg que se encontraba en el fichero comprimido.
- 5- Pulsar el botón **Prioritization of Goal Model**

## Análisis del modelo de objetivos

### Paso 1: Priorización

En este paso, se deberá asignar:

- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **elementos intencionales** del modelo de objetivos desde el punto de vista del actor que lo quiere;
- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **actores** ya que puede darse el caso de que no todos los actores sean igual de importantes.

A la hora de determinar el nivel de importancia de cada uno de los elementos intencionales y actores, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de importancia:

<b>Nivel de importancia:</b>	<b>Significado:</b>
Muy Alta	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Alta	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Media	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Baja	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Muy Baja	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Tras asignar el nivel de importancia para cada elemento del modelo, se deberá asignar:

- Un **nivel de certeza** que describirá cuán seguro estás con respecto al nivel de importancia que has asignado para cada elemento del modelo y en el caso de que no se esté seguro si podría ser más o menos de lo que se ha asignado.

A la hora de determinar el nivel de certeza de la importancia asignada, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de certeza:

<b>Nivel de certeza:</b>	<b>Significado:</b>
Podría ser más	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser más
Seguro	Estoy completamente seguro de que el nivel de importancia que he asignado es el correcto
Podría ser menos	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser menos

## Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales

Para la asignación de los niveles de importancia se empleará la *técnica Personas* ya que nos permitirá ponernos en la piel de un usuario para entender sus objetivos, necesidades y motivaciones.

Las «personas» no son personas reales, sino arquetipos hipotéticos de usuarios reales que actúan en representación de éstos durante el proceso de diseño del sistema. Por lo tanto, para cada actor se hará uso de una ficha descriptiva que se encuentra en el **Anexo I**.

### Paso 1.1.1: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Usuario**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al usuario *Rubén Álvarez* que se encuentra en el **Anexo I**.

Pulse el botón **Prioritization of Goal Model** y asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Usuario**, teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se especifica en su ficha.

### Paso 1.1.2: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Compañía**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente a la compañía *Oficinistas S.L.* que se encuentra en el **Anexo I**.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Compañía** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

### Paso 1.1.3: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Profesor**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al profesor *María José Cabadell* que se encuentra en el **Anexo I**.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Profesor** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

Compruebe que haya asignado un nivel de importancia y certeza a **TODOS** los elementos intencionales de **TODOS** los stakeholders del modelo de objetivos.

## **Paso 1.2: Asignación de importancia de los Actores**

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de **Importance level** y un **nivel de certeza** la columna de **Confidence level** a cada actor.

Una vez terminada las asignaciones de importancia para todos los actores, pulse el botón **Propagation of Goal Model**, para comprobar que ha priorizado todos los elementos y pasar al siguiente paso.

## **Paso 2. Propagación**

Una vez asignadas las importancias de todos los elementos del modelo de objetivos es necesario propagar estas importancias a través de las relaciones del modelo con el fin de calcular el valor resultante para cada elemento intencional.

Este paso se ha realizado al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** en la sección anterior. La aplicación ha calculado de forma automática las nuevas importancias de los elementos intencionales teniendo en cuenta las relaciones existentes entre ellas. Estas nuevas importancias de los elementos intencionales representan el **valor** que aportan los elementos intencionales en el conjunto del modelo de objetivos.

### **Paso 3. Evaluación**

En este paso se deberá evaluar los resultados obtenidos por la propagación con el fin de determinar su nivel de satisfacción con los resultados obtenidos en la propagación.

A la hora de determinar el nivel de satisfacción del resultado obtenido de la propagación, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de satisfacción:

<b>Nivel de satisfacción:</b>	<b>Significado:</b>
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

#### **Paso 3.1: Evaluar los resultados desde el punto de vista de cada uno de los actores (Usuario, Compañía y Profesor)**

En la ventana que se ha obtenido al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** analice y evalúe asignando un **nivel de satisfacción** que considera que actor **Usuario** tendría con la nueva **importancia calculada** para cada elemento intencional en el modelo de objetivos. Realice posteriormente lo mismo para el actor **Compañía** y **Profesor**. Para poder asignar el nivel de satisfacción interactúe con la columna Evaluación de cada elemento intencional.

**IMPORTANTE:** Recuerde que, para hacer esta evaluación, debe tener en cuenta nuevamente las fichas de los stakeholders correspondientes al usuario Rubén Álvarez (**Usuario**) a la organización Oficinas S.L. (**Compañía**) y María José Cabadell (**Profesor**) que se encuentra en el **Anexo I**.

### A.2.1. Ficha Personas Anexo I: Stakeholders involucrados

Actor: Usuario

 <p><b>Rubén Álvarez</b> Desempleado</p>	<p>Rubén ha estado trabajando en Automóviles S.A. más de veinte años, pero con la crisis actual la empresa decidió prescindir de él. Actualmente Rubén se encuentra en el paro con una edad en la que la mayoría de las empresas no están interesadas en contratarle y con apenas títulos. Debido a su situación actual Rubén ha decidido formarse mediante cursos online con el fin de obtener mayores oportunidades de trabajo.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 53</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Bachillerato</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Muy bajo</li> <li>• <b>Web:</b> Bajo</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Competitivo</li> <li>• Huraño</li> <li>• Meticuloso</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optar a mejores oportunidades de trabajo</li> <li>• Formarse y aprender</li> <li>• Obtener títulos</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rubén quiere formarse para tener más oportunidades de trabajo</li> <li>• Rubén quiere aprender como ser más productivo en su trabajo</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar curso</li> </ul>

Actor: Compañía

 <p><b>Oficinistas S.L.</b></p>	<p>Oficinistas S.L. es una compañía que ofrece servicios de administración y gestión con una gran plantilla de trabajadores.</p>	
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formar a sus trabajadores</li> <li>• Aumentar productividad de los trabajadores</li> <li>• Reducir costes</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar a sus trabajadores a realizar cursos con el fin de formarlos y aumentar así su productividad</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar cursos para formar a sus trabajadores</li> </ul>

Actor: Profesor

 <p><b>María José Cabadell</b> Profesora de matemáticas de la Universidad de Harvard</p>	<p>María es una profesora de matemáticas de la Universidad de Harvard que desea colaborar como profesora en la plataforma que quiere desarrollar la universidad para poder incrementar el acceso a la educación.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 45</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Alto</li> <li>• <b>Web:</b> Muy alto</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altruista</li> <li>• Amable</li> <li>• Tolerante</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer cursos</li> <li>• Mejorar el acceso a la educación</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer cursos para enseñar</li> <li>• Evaluar los conocimientos de los alumnos</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar clases</li> <li>• Dar deberes y corregirlos</li> <li>• Realizar exámenes</li> </ul>

### A.3. Guía de VeGAN para Investigadores

#### ANEXO II: Guía de aplicación de VEGAN

La técnica **VEGAN** (Value-based Goal-oriented aNalysis) es una técnica de análisis de modelos de objetivos que ayuda en la toma de decisiones y que puede utilizarse para ayudar a resolver las tensiones entre distintos stakeholders y solucionar conflictos entre los atributos de calidad. Esta técnica se basa en la propagación de la importancia de los elementos del modelo y de técnicas de toma de decisiones multicriterio difusas (FMCDM).

#### Actividades en VEGAN:

La técnica VEGAN está compuesta por **tres actividades**:

1. **Priorización:** Se determina el **nivel de importancia** de los **elementos intencionales** y los **actores** del modelo de objetivos, así como también el **nivel de certeza** de la importancia asignada.

La actividad de priorización está compuesta por **dos tareas**:

- a. **Priorización de elementos intencionales:** Se determina el **nivel de importancia y de certeza** de los **elementos intencionales** del modelo. Para ello **cada stakeholder** deberá asignar los niveles a cada elemento intencional de su actor correspondiente.

El **nivel de importancia** representa **cuán importante es el elemento intencional para el actor al que pertenece**.

El **nivel de certeza** representa **cuán seguro se está de que el nivel de importancia asignado es correcto**; en el caso de que no se esté seguro se debe indicar si se cree que podría ser mayor o menor al nivel de importancia asignado.

#### Algoritmo de priorización de elementos intencionales:

1. Priorizar los elementos intencionales que **son compuestos o no se componen** en otros.
2. Priorizar los elementos intencionales **componentes** de otros.

b. **Priorización de actores:** Se determina el nivel de importancia y de certeza de los actores (stakeholders) del modelo. El analista deberá asignar el nivel de importancia y certeza de los actores.

El **nivel de importancia** y el **nivel de certeza** se encuentran explicados en la siguiente página de la guía.

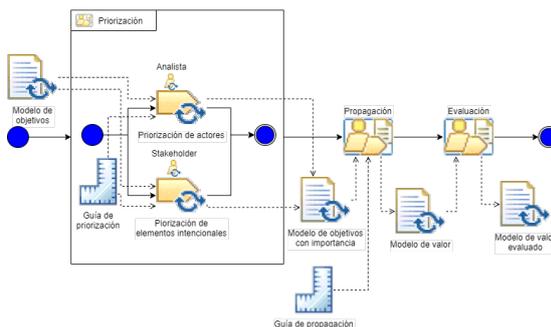
2. **Propagación:** Se propaga **automáticamente el nivel de importancia y de certeza de los elementos intencionales** y los actores **a través de los enlaces del modelo** para calcular el valor que aporta cada elemento intencional.

3. **Evaluación:** Se evalúa el valor resultante de la propagación con el fin de identificar posibles problemas en el modelo o importancias asignadas para refinarlo. Para ello **cada stakeholder** deberá asignar el **nivel de satisfacción** con respecto al resultado obtenido para cada uno de los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo.

A la hora de asignar el **nivel de satisfacción** el **stakeholder** deberá fijarse en el **nivel de importancia** y el **nivel de certeza** que ha asignado anteriormente, así como también deberá **analizar el resultado obtenido en comparación con el resto de los elementos intencionales del actor**.

El **nivel de satisfacción** se encuentra explicado en la siguiente página de la guía.

#### Diagrama de actividades de la técnica VEGAN



**ANEXO II: Guía de aplicación de VEGAN**

---

Nivel de importancia:	Significado:
Muy Alta	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Alta	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Media	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Baja	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Muy Baja	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Nivel de certeza:	Significado:
Podría ser más	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser más
Seguro	Estoy completamente seguro de que el nivel de importancia que he asignado es el correcto
Podría ser menos	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser menos

Nivel de satisfacción:	Significado:
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

## A.4. Lista de control

1. Priorización	
¿Está claramente definida la forma de priorizar (asignar niveles de importancia y de confianza) de los componentes del modelo de objetivos (actores y elementos intencionales)?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible priorizar todos los actores y elementos intencionales de un modelo de objetivos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha priorizado correctamente los elementos intencionales de los actores según las fichas del perfil de los stakeholders descritas de acuerdo a la técnica Persona?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

### 2. Propagación

2.1. Fuzzificación de actores y elementos intencionales	
¿Está claramente definida la forma de transformar una importancia en un número fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular el número fuzzy de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>actores</b> ?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha fuzzificado correctamente la importancia asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>elementos intencionales</b> ?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

2.2. Polarización	
¿Está claramente definida la forma de polarizar el nivel de importancia fuzzy mediante el nivel de confianza para reducir la incertidumbre del número fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular el número fuzzy polarizado de todos los elementos intencionales de un modelo de objetivos si se dispusiera de sus niveles de importancia y confianza?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>actores</b> ?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha polarizado correctamente la importancia fuzzificada de la tarea anterior mediante el uso de la confianza asignada durante la actividad de Priorización de todos los <b>elementos intencionales</b> ?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

2.3. Propagación de enlaces	
¿Está claramente definida la forma de crear la matriz de rendimiento de un modelo de objetivos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible crear una matriz de rendimiento a partir de un modelo de objetivos?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se han propagado correctamente las <b>relaciones directas (impactos directos)</b> entre los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se han propagado correctamente las <b>relaciones indirectas (impactos indirectos)</b> entre los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.4. Fuzzificación de la propagación</b>	
¿Está claramente definida la forma de transformar un impacto de la matriz de rendimiento a un número fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular el número fuzzy de todos los impactos de una matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se han fuzzificado correctamente los impactos representados en la matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

## 2.5. Cálculo del valor

<b>2.5.1. Refinamiento de entrada</b>	
¿Está claramente definida la forma de integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y los elementos intencionales de la matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible integrar la importancia fuzzy polarizada de los actores y elementos intencionales de una matriz de rendimiento si se dispusiera de su información?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha integrado correctamente la importancia de los actores en la matriz de rendimiento fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha integrado correctamente la importancia de los elementos intencionales en la matriz de rendimiento fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Está claramente definida la forma de distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos mediante las relaciones de descomposición?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible distribuir la importancia fuzzy polarizada de los elementos intencionales si se dispusiera de sus importancias fuzzy polarizadas?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha reestructurado y calculado correctamente la importancia de los elementos intencionales de acuerdo a la jerarquía existente entre los mismos por las relaciones de descomposición?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Está claramente definida la forma de reestructurar la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha reestructurado correctamente la matriz de rendimiento para que tenga en cuenta la jerarquía existente en el modelo de objetivos mediante las relaciones de descomposición entre los elementos intencionales?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.5.2. Normalización</b>	
¿Está claramente definida la forma de normalizar los impactos de un criterio (columna) de la matriz de rendimiento fuzzy?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible normalizar los impactos de una matriz de rendimiento si se dispusiera de ella?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha normalizado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy refinada para generar la matriz de rendimiento normalizada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.5.3. Ponderación</b>	
¿Está claramente definida la forma de ponderar la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para los dos criterios (actores y elementos intencionales)?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible ponderar una matriz de rendimiento fuzzy normalizada si se dispusiera de ella y de las importancias fuzzificadas polarizadas de los elementos intencionales y actores?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha ponderado correctamente la matriz de rendimiento fuzzy normalizada para crear la matriz de rendimiento fuzzy normalizada y ponderada teniendo en cuenta como criterio tanto a los actores como a los elementos intencionales?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.5.4. Cálculo de FPIS y FNIS</b>	
¿Está claramente definida la forma de calcular el FPIS y FNIS de los criterios de tipo elemento intencional de una matriz de rendimiento?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular el FPIS y FNIS de una matriz de rendimiento fuzzificada y ponderada?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha calculado correctamente el FPIS y el FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.5.5. Cálculo de la distancia euclídea</b>	
¿Está claramente definida la forma de calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y FPIS / FNIS?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa (elemento intencional) y el FPIS y FNIS de cada criterio (elemento intencional) dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio de tipo elemento intencional?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al <b>FPIS</b> de cada criterio de tipo elemento intencional?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha calculado correctamente la distancia euclídea desde cada alternativa (elemento intencional) al <b>FNIS</b> de cada criterio de tipo elemento intencional?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>2.5.6. Cálculo del coeficiente de proximidad</b>	
¿Está claramente definida la forma de calcular el coeficiente de proximidad de cada alternativa?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible calcular la distancia euclídea entre cada alternativa y el FPIS y FNIS de cada criterio dada una matriz de rendimiento fuzzy polarizada y el FPIS y FNIS de cada criterio?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha calculado correctamente el coeficiente de proximidad de cada alternativa a cada criterio?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>3. Evaluación</b>	
¿Está claramente definida la forma de evaluar (asignar nivel de satisfacción) los elementos intencionales?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Es posible evaluar los elementos intencionales con valor de un modelo de objetivos si se dispusiera de éste?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
¿Se ha evaluado correctamente los elementos intencionales de los actores siguiendo las fichas del perfil de los stakeholders descritas según la técnica Persona?	<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> N/A
<b>Observaciones:</b>	

<b>Observaciones:</b>
-----------------------

## A.5. Guía de VeGAN para analistas

### Guía de VeGAN

#### VeGAN

VeGAN (Value-based Goal-oriented Analysis) es una técnica de análisis de modelos de objetivos que hace uso de propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio junto con lógica fuzzy para calcular el valor que tiene cada elemento intencional del modelo.

El valor ayuda a identificar qué elementos intencionales son más valiosos para los stakeholders y puede ser utilizado para la toma de decisiones y a resolver los posibles conflictos entre los stakeholders.

La técnica consta de tres actividades como se muestra en la Figura 1



Figura 1. Tareas de la actividad de propagación.

#### 1. Priorización

La Priorización es la primera actividad de VeGAN y consiste en priorizar (asignar un nivel de importancia y un nivel de confianza) a los distintos componentes (actores y elementos) del modelo de objetivos.

- El nivel de importancia indica cómo de importante es un componente y tiene los siguientes niveles: Muy alto, Alto, Medio, Bajo, Muy bajo.
- El nivel de confianza indica cómo de seguro se está de la importancia asignada y tiene los siguientes niveles: Posiblemente más, Seguro, Posiblemente menos.

A la hora de priorizar el analista debe priorizar (asignar nivel de importancia y de confianza) a los actores (stakeholders) y los stakeholders deben priorizar los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo de objetivos.

Para priorizar los elementos intencionales se debe considerar su contexto:

- Si un elemento intencional está descomponiendo a otro (es el hijo de una relación de descomposición) se debe priorizar al base al padre: ¿Cómo de importante soy para mi padre?
- En el caso contrario se debe priorizar en base al actor: ¿Cómo de importante soy para mi actor?

#### 2. Propagación

La Propagación es la segunda actividad de VeGAN y consiste en calcular el valor que provee cada elemento intencional mediante la propagación sistemática y toma de decisiones multicriterio fuzzy. Esta actividad tiene como entrada un modelo de objetivos priorizados, es decir, un modelo donde los actores y los elementos intencionales tienen un nivel de importancia y de confianza. La Figura 2 muestra las tareas realizadas durante la actividad de propagación.

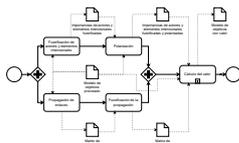


Figura 2. Tareas de la actividad de propagación.

#### 2.1. Fuzzificación de actores y elementos intencionales

Transforme el nivel de importancia de los actores y elementos intencionales en números fuzzy siguiendo la Tabla 1.

Tabla 1. Fuzzificación del nivel de importancia.

Nivel de importancia	Número fuzzy
Muy Alto	(8, 10, 11)
Alto	(6, 8, 10)
Medio	(4, 6, 8)
Bajo	(2, 4, 6)
Muy Bajo	(1, 2, 4)

#### 2.2. Polarización

Reduzca el grado de incertidumbre del número fuzzy de la tarea anterior mediante la polarización del nivel de confianza asignado.

Para realizar la polarización haga uso de la técnica Puntuación Lógica de Preferencias (Logic Score Preferences - LSP) [2, 3]. Para ello haga uso de la Ecuación 1, donde E1, E2 y E3 son los tres componentes de un número fuzzy (E1, E2, E3); W es el peso de cada componente, en este caso 1/3; y r depende del nivel de confianza asignado.

$$LSP = (W_1 * E_1^r + W_2 * E_2^r + W_3 * E_3^r)^{\frac{1}{r}} \quad (1)$$

La ecuación debe aplicarse una vez para cada componente del número fuzzy, es decir, tres veces para cada número fuzzy y el valor de r es (1, 6.675, MAX) para el nivel de confianza posiblemente más, (-0.732, 1, 4.45) para el nivel de confianza seguro y (MIN, -0.208, 1), donde MAX es selección el máximo y MIN el mínimo.

Puede hacer uso del fichero excel "Polarización.xlsx" para realizar la polarización dado un nivel de importancia y un nivel de confianza.

#### 2.3. Propagación de enlaces

Cree una matriz de rendimiento donde se represente el impacto que tiene cada elemento intencional a cada elemento intencional.

El valor con el que se rellena la tabla depende del tipo de relación existente entre los elementos intencionales.

- Un elemento intencional (fila X, columna X) se impacta sí mismo con "MAX".
- Si un elemento intencional (X) contribuye a otro (Y) se le asigna el valor de la contribución (-100, -75, -50, -25, 25, 50, 75, 100) en la fila X columna Y.
- Si un elemento intencional (X) depende de otro (Y) se asigna el valor "MAX" en la fila Y columna X.
- Si un elemento intencional (X) se descompone en otros (Y1, Y2) se asigna el valor "MAX" en la fila X y columnas Y1 e Y2.

Una vez creada la matriz de rendimiento con las relaciones directas siguiendo los puntos anteriores propague los impactos a través de las relaciones según la propiedad transitiva, es decir, si  $A \rightarrow B$  ( $A$  impacta a  $B$ ) y  $B \rightarrow C$  entonces  $A \rightarrow C$ . El cálculo del impacto indirecto de  $A \rightarrow C$  está basado en  $MAGERIT[1]$  y se calcularía como  $(A \rightarrow B) / 100 * B \rightarrow C$ .

En el caso de que un elemento intencional impacte a otro a través de múltiples caminos, el impacto será la suma de todos los caminos.

Puede hacer uso del fichero excel "Propagación de enlaces.xlsx" para calcular el impacto indirecto entre varios elementos intencionales.

Finalmente, la matriz de rendimiento se rellena con el valor 0 cuando un elemento intencional no impacta directamente o indirectamente.

#### 2.4. Fuzzificación de la propagación

Transforme los impactos de la matriz de rendimiento creada anteriormente en números fuzzy (fuzzificación).

Para fuzzificar un impacto calcule el grado de pertenencia para cada número fuzzy de la Tabla 2 mediante la Ecuación 2, donde t es el número a transformar y a, b, y c corresponden con los componentes de los números fuzzy (a, b, c).

$$x(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } t < a \\ \frac{t-a}{b-a} & \text{if } a \leq t < b \\ \frac{c-t}{c-b} & \text{if } b \leq t \leq c \\ 0 & \text{if } t > c \end{cases} \quad \text{where } a \leq b \leq c \quad (2)$$

Tabla 2. Fuzzificación del impacto en base al rango de pertenencia.

Nivel de impacto	Número fuzzy
MAX	(10, 11, 11)
+ Muy alto	(8, 10, 11)
+ Alto	(6, 8, 10)
+ Medio	(4, 6, 8)
+ Bajo	(2, 4, 6)
+ Muy bajo	(1, 2, 4)
Ninguno	(0, 0, 0)
- Muy bajo	(-4, -2, -4)
- Bajo	(-6, -4, -2)
- Medio	(-8, -6, -4)
- Alto	(-10, -8, -6)
- Muy bajo	(-11, -10, -8)
MIN	(-11, -11, -10)

Tenga en cuenta que la escala empleada por el conjunto difuso es [1, 11] y [-11, -1] por para fuzzificar deberá dividir el número a fuzzificar entre 100 y sumar 1 si es positivo o restar 1 si es negativo.

Puede hacer uso del fichero excel "Fuzzificación de la propagación.xlsx" para realizar la fuzzificación de los impactos de la matriz de rendimiento.

## Guía de VeGAn

### 2.5. Cálculo del valor

En esta tarea se hace uso de la técnica de la técnica de FHTOPSIS (Fuzzy Hierarchical Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution) [5] para calcular el valor de cada elemento intencional. Debido a la complejidad de esta tarea se ha dividido en seis pasos que se muestran en la Figura 3.

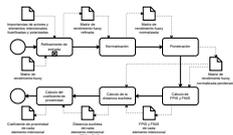


Figura 3. Pasos de la tarea de Cálculo del valor.

#### 2.5.1. Refinamiento de entrada

Incluya en la matriz de rendimiento obtenida de la tarea Fuzzificación de la propagación las importancias de los elementos intencionales y actores añadiendo filas en la parte superior de la matriz. A continuación recalcule las importancias fuzzy polarizadas de los elementos intencionales hijos de una descomposición mediante la distribución ponderada de Fisher [4] siguiendo la Ecuación 3, donde  $C_{imp}$  es la importancia del elemento hijo que queremos descomponer y  $PC_{imp}$  es la importancia del elemento del elemento padre que queremos descomponer y  $ED_{imp}$  es la suma de la importancia de todos los elementos hijos de la descomposición, hay que realizar la ecuación una vez para cada componente del número fuzzy.

$$C_{imp} = \frac{C_{imp}}{ED_{imp}} * PC_{imp} \quad (3)$$

Puede hacer uso del fichero excel "Distribución ponderada.xlsx" para realizar calcular las nuevas importancias de los elementos intencionales hijos.

Reestructure la nueva matriz eliminando las columnas de los elementos padres de una descomposición (ya que estos están compuestos por sus hijos) y transmita los impactos de estos elementos y a estos elementos a sus elementos intencionales hijos.

#### 2.5.2. Normalización

Normalice todos los impactos de la matriz de rendimiento fuzzy refinada de la tarea anterior al mayor componente de los números fuzzy de un elemento intencional (columna).

Debido a que en la matriz de rendimiento fuzzy refinada los elementos intencionales se impactan a sí mismos con MAX [10, 11, 11] para normalizar hay que dividir todos los impactos entre 11 dando lugar a [X/11, Y/11, Z/11].

No confunda las importancias fuzzy polarizadas de los elementos intencionales y actores de las filas superiores de la matriz con los impactos, solo se debe normalizar los impactos.

### 2.5.3. Ponderación

Multiplique los impactos normalizados de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada de la tarea anterior por la importancia del elemento intencional al que impactan y actor al que pertenece el elemento intencional impactado.

Puede eliminar la información sobre la importancia fuzzy polarizada de la matriz ya que no va a volver a ser usada y quedarse con una matriz solo de impactos.

Puede hacer uso del fichero excel "Ponderación.xlsx" para realizar ponderar dado un impacto, la importancia del elemento intencional al que se impacta y la importancia del actor del elemento impactado.

### 2.5.4. Cálculo de FPIS y FNIS

Identifique el impacto Fuzzy Positive-Ideal Solution - FPIS (Solución Ideal Positiva Difusa) y Fuzzy Negative-Ideal Solution - FNIS (Solución Ideal Negativa Difusa) para cada criterio (columna) de la matriz de rendimiento fuzzy normalizada ponderada de la tarea anterior.

El impacto FPIS de un criterio corresponde con el máximo impacto normalizado y ponderado de la columna y el FNIS con el mínimo impacto normalizado y ponderado.

### 2.5.5. Cálculo de la distancia euclídea

Calcule la distancia euclídea existente entre cada impacto de cada elemento intencional a cada FPIS criterio (columna) y sùmo. Realice lo mismo con el FNIS. La distancia euclídea se calcula mediante la Ecuación 4, donde  $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$  e  $\bar{y} = (y_1, y_2, y_3)$ .

$$d(\bar{x}, \bar{y}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2]} \quad (4)$$

Puede hacer uso del fichero excel "Distancia euclídea.xlsx" para realizar el cálculo de la distancia euclídea entre dos números fuzzy.

### 2.5.6. Cálculo del coeficiente de proximidad

Calcule el coeficiente de proximidad (CC) de cada elemento intencional al FNIS, para ello haga uso de la distancia euclídea de cada elemento intencional obtenida en la tarea anterior. El coeficiente de proximidad se calcula mediante la Ecuación 5, donde el  $d_i^+$  es la distancia al FNIS de un elemento intencional concreto y  $d_i^-$  es la distancia al FPIS de un elemento intencional concreto.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (5)$$

Puede hacer uso del fichero excel "Coeficiente de proximidad.xlsx" para realizar el cálculo del coeficiente de proximidad dado el FPIS y FNIS total de un elemento intencional.

### Valor

La técnica VeGAn hace uso del coeficiente de proximidad (CC) calculado por FHTOPSIS como valor. El CC representa como de lejos se está del FNIS (peor posible solución) y cerca del FPIS (mejor posible solución) de forma porcentual (escala [0, 1]). Para facilitar la visualización del valor, VeGAn transforma la escala del CC a [0, 100] multiplicando por 100 el CC.

Además, si se calcula el CC individual de cada impacto de cada elemento intencional en vez de la suma se puede obtener el valor exacto que obtiene cada elemento intencional de las relaciones que tiene con otros elementos intencionales y su sumatorio da el valor del elemento.

VeGAn hace uso del CC individual para proveer explicación sobre dónde proviene el valor así como también para calcular el valor local y el valor global. Siendo el valor local el valor que tiene un elemento intencional para el actor al que pertenece (calculando el valor como la suma de los impactos individuales de los elementos intencionales de su actor correspondiente) y el valor global el valor que tiene el elemento intencional para todos los actores (calculando el valor como la suma de todos los impactos individuales de ese elemento intencional).

### 3. Evaluación

La Evaluación es la tercera y última actividad de VeGAn y consiste en evaluar (asignar un nivel de satisfacción) a los valores calculados en la Propagación.

El nivel de satisfacción indica cómo de satisfecho está un actor (stakeholder) con el valor de un elemento intencional y tiene los siguientes niveles: Totalmente de acuerdo; De acuerdo; Ni de acuerdo ni en desacuerdo; En desacuerdo; Totalmente en desacuerdo.

A la hora de evaluar se debe considerar tanto el valor obtenido como la trazabilidad del mismo (de dónde proviene ese valor) para decidir si se está satisfecho con el valor calculado.

Los resultados de la evaluación ayudan a los analistas a saber si los stakeholders están satisfechos o no con los resultados obtenidos así como también identificar con qué no están satisfechos. Si los stakeholders no están satisfechos se puede iterar el análisis refinando las prioridades asignadas para obtener un resultado más satisfactorio para los stakeholders.

### Referencias

- [1] M Amalio, J Candau, and J Mañá. "Fuzzy version 3: methodology for information systems risk analysis and management, book 1 (the method. Ministerio de administraciones públicas, 2014.
- [2] Xoo J. Dujnovic. "A Method For Evaluation And Selection Of Complex Hardware And Software Systems. In Int. CMG Conference, pages 368-378, 1996.
- [3] Xoo J. Dujnovic and Hajime Nagabishi. "LSP method and its use for evaluation of Java IDEs. International Journal of Approximate Reasoning, 41(113-22), 2006.
- [4] Ronald A Fisher. "The effect of methods of ascertainment upon the estimation of frequencies. Annals of Eugenics, 6(113-26), 1934.
- [5] An Wen Wang, Chang Hsueh Cheng, and Kun-Cheng Huang. "Fuzzy Hierarchical TOPSIS for supplier selection. Applied Soft Computing, 10(1277-286), 2009.

## A.6. Depuración de edX

### 1. Priorización

Tabla 1: Priorización de los elementos intencionales del actor Usuario.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza
U.G1: Aprender (G)	Very High	Confident
U.T1: Presencial (T)	Low	Possibly More
U.T2: Online (T)	High	Possibly Less
U.S1: Horario flexible (S)	Low	Possibly More
U.S2: Satisfacción con el curso (S)	Medium	Possibly More
U.S3: Evitar desplazamiento (S)	High	Confident
U.S4: Calidad del curso (S)	High	Possibly More

Tabla 2: Priorización de los elementos intencionales del actor Compañía.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza
C.G1: Formar trabajadores (G)	Very High	Confident
C.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More
C.T2: Online (T)	High	Confident
C.S1: Reducir costes (S)	High	Confident
C.S2: Aumentar productividad (S)	High	Possibly More
C.S3: Formación de calidad (S)	Medium	Confident

Tabla 3: Priorización de los elementos intencionales del actor Profesor.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza
P.G1: Proveer curso (G)	Very High	Confident
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More

Tabla 4: Priorización de los actores.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza
Usuario	Very High	Confident
Compañía	High	Possibly More
Profesor	Medium	Confident

## 2. Propagación

### 2.1. Fuzzificación de actores y elementos intencionales

Tabla 5: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Usuario.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy
U.G1: Aprender (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)
U.T1: Presencial (T)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)
U.T2: Online (T)	High	Possibly Less	(6, 8, 10)
U.S1: Horario flexible (S)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)
U.S2: Satisfacción con el curso (S)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)
U.S3: Evitar desplazamiento (S)	High	Confident	(6, 8, 10)
U.S4: Calidad del curso (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)

Tabla 6: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Compañía.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy
C.G1: Formar trabajadores (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)
C.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)
C.T2: Online (T)	High	Confident	(6, 8, 10)
C.S1: Reducir costes (S)	High	Confident	(6, 8, 10)
C.S2: Aumentar productividad (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)
C.S3: Formación de calidad (S)	Medium	Confident	(4, 6, 8)

Tabla 7: Fuzzificación del nivel de importancia de los elementos intencionales del actor Profesor.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy
P.G1: Proveer curso (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less	(6, 8, 10)
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident	(6, 8, 10)
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	(8, 10, 11)
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	(4, 6, 8)
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)

Tabla 8: Fuzzificación del nivel de importancia de los actores.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy
Usuario	Very High	Confident	(8, 10, 11)
Compañía	High	Possibly More	(6, 8, 10)
Profesor	Medium	Confident	(4, 6, 8)

## 2.2. Polarización

Tabla 9: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Usuario.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado
U.G1: Aprender (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)
U.T1: Presencial (T)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)	(4, 5,44, 6)
U.T2: Online (T)	High	Possibly Less	(6, 8, 10)	(6, 7,32, 8)
U.S1: Horario flexible (S)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)	(4, 5,44, 6)
U.S2: Satisfacción con el curso (S)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)
U.S3: Evitar desplazamiento (S)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)
U.S4: Calidad del curso (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)	(8, 9,13, 10)

Tabla 10: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Compañía.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado
C.G1: Formar trabajadores (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)
C.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)
C.T2: Online (T)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)
C.S1: Reducir costes (S)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)
C.S2: Aumentar productividad (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)	(8, 9,13, 10)
C.S3: Formación de calidad (S)	Medium	Confident	(4, 6, 8)	(5,6, 6, 6,66)

Tabla 11: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los elementos intencionales del actor Profesor.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado
P.G1: Prover curso (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less	(6, 8, 10)	(6, 7,32, 8)
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	(4, 6, 8)	(4, 5,11, 6)
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)	(4, 5,44, 6)

Tabla 12: Polarización del nivel de importancia fuzzy de los actores.

Actor	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado
Usuario	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)
Compañía	High	Possibly More	(6, 8, 10)	(8, 9,13, 10)
Profesor	Medium	Confident	(4, 6, 8)	(5,6, 6, 6,66)

### 2.3. Propagación de enlaces

Tabla 13: Matriz de rendimiento.

	U.G1	U.T1	U.T2	U.S1	U.S2	U.S3	U.S4	C.G1	C.T1	C.T2	C.S1	C.S2	C.S3	P.G1	P.T1	P.T2	P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5	
U.G1	MAX	0,00	0,00	25,00	68,75	25,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.T1	0,00	MAX	0,00	-25,00	12,50	-50,00	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.T2	0,00	0,00	MAX	50,00	56,25	75,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.S1	0,00	0,00	0,00	MAX	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.S2	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.S3	0,00	0,00	0,00	0,00	25,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
U.S4	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.G1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	50,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.T1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	-25,00	37,50	75,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.T2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	75,00	12,50	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.S2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C.S3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P.G1	0,00	MAX	MAX	25,00	68,75	25,00	100,00	0,00	MAX	MAX	50,00	50,00	100,00	MAX	0,00	0,00	75,00	50,00	25,00	-75,00	25,00	25,00
P.T1	0,00	MAX	MAX	25,00	68,75	25,00	100,00	0,00	MAX	MAX	50,00	50,00	100,00	0,00	MAX	0,00	-25,00	-37,50	-50,00	0,00	0,00	50,00
P.T2	0,00	MAX	MAX	25,00	68,75	25,00	100,00	0,00	MAX	MAX	50,00	50,00	100,00	0,00	MAX	0,00	MAX	100,00	87,50	75,00	-75,00	-25,00
P.S1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	50,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P.S2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P.S3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	50,00	MAX	0,00	0,00	0,00
P.S4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00	0,00
P.S5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MAX	0,00

### 2.4. Fuzzificación de la propagación

Tabla 14: Matriz de rendimiento fuzzy.

	U.G1	U.T1	U.T2	U.S1	U.S2	U.S3	U.S4	C.G1	C.T1	C.T2	C.S1	C.S2	C.S3	P.G1	P.T1	P.T2	P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5	
U.G1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.T1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(-4, -2)	(0, 0, 2)	(-8, -6)	(6, 8, 10)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.T2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.S1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.S2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.S3	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
U.S4	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.G1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.T1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(-4, -2)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.T2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.S1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.S2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
C.S3	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
P.G1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(6, 8, 10)	(4, 6, 8)	(2, 4, 6)	(-10, -8, -6)	(2, 4, 6)	(4, 6, 8)
P.T1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(-4, -2)	(-4, -2)	(-8, -6, -4)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)
P.T2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(2, 4, 6)	(6, 8, 10)	(2, 4, 6)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(4, 6, 8)	(4, 6, 8)	(8, 10, 11)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(8, 10, 11)	(8, 10, 11)	(6, 8, 10)	(-8, -6, -4)	(-8, -6, -4)	(-8, -6, -4)
P.S1	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
P.S2	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
P.S3	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
P.S4	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)
P.S5	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)	(0, 0, 0)

### 2.5. Cálculo del valor

#### 2.5.1. Refinamiento de entrada

Tabla 15: Refinamiento del nivel de importancia fuzzy polarizado del actor Usuario.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado	Número fuzzy polarizado y refinado
U.G1: Aprender (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)	(9,52, 9,67, 9,92)
U.T1: Presencial (T)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)	(4, 5,44, 6)	(3,81, 4,12, 4,25)
U.T2: Online (T)	High	Possibly Less	(6, 8, 10)	(6, 7,32, 8)	(5,71, 5,55, 5,67)
U.S1: Horario flexible (S)	Low	Possibly More	(2, 4, 6)	(4, 5,44, 6)	(4, 5,44, 6)
U.S2: Satisfacción con el curso (S)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)	(6, 7,27, 8)
U.S3: Evitar desplazamiento (S)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)	(7,7, 8, 8,52)
U.S4: Calidad del curso (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)	(8, 9,13, 10)	(8, 9,13, 10)

Tabla 16: Refinamiento del nivel de importancia fuzzy polarizado del actor Compañía.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Número fuzzy	Número fuzzy polarizado	Número fuzzy polarizado y refinado
C.G1: Formar trabajadores (G)	Very High	Confident	(8, 10, 11)	(9,52, 9,67, 9,92)	(9,52, 9,67, 9,92)
C.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	(4, 6, 8)	(6, 7,27, 8)	(4,17, 4,6, 4,8)
C.T2: Online (T)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)	(5,35, 5,07, 5,12)
C.S1: Reducir costes (S)	High	Confident	(6, 8, 10)	(7,7, 8, 8,52)	(7,7, 8, 8,52)
C.S2: Aumentar productividad (S)	High	Possibly More	(6, 8, 10)	(8, 9,13, 10)	(8, 9,13, 10)
C.S3: Formación de calidad (S)					



Análisis de modelos de objetivos basado en valor mediante lógica difusa y toma de decisiones multicriterio

2.5.5. Cálculo de la distancia euclídea

Tabla 22: Distancia euclídea al FPIS.

	U.G1	U.T1	U.T2	U.S1	U.S2	U.S3	U.S4	C.G1	C.T1	C.T2	C.S1	C.S2	C.S3	P.G1	P.T1	P.T2	P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
U.G1	0.00	38.53	53.18	*	*	*	*	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.T1	0.00	38.53	0.00	0.00	18.47	0.00	68.27	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.T2	0.00	0.00	53.18	46.24	41.77	99.95	37.19	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.S1	0.00	0.00	0.00	66.24	41.77	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.S2	0.00	0.00	0.00	17.46	68.16	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.S3	0.00	0.00	0.00	17.46	29.64	118.27	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
U.S4	0.00	0.00	0.00	17.46	41.77	43.08	86.47	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.G1	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	40.80	45.72	*	*	*	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.T1	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	40.80	0.00	0.00	36.65	44.16	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.T2	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	45.72	80.63	22.99	24.38	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.S1	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	96.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.S2	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	82.33	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
C.S3	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	51.31	55.06	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	10.69
P.G1	0.00	38.53	53.18	36.99	54.13	71.39	80.31	0.00	40.80	45.72	67.19	51.31	51.57	0.00	28.95	29.02	54.12	53.97	40.21	0.00	23.62
P.T1	0.00	38.53	53.18	36.99	54.13	71.39	80.31	0.00	40.80	45.72	67.19	51.31	51.57	0.00	28.95	0.00	*	*	*	*	*
P.T2	0.00	38.53	53.18	36.99	54.13	71.39	80.31	0.00	40.80	45.72	67.19	51.31	51.57	0.00	0.00	29.02	61.21	73.38	56.30	0.00	0.00
P.S1	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.10	53.97	22.65	21.50	10.69
P.S2	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	78.25	22.65	21.50	10.69
P.S3	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	53.97	65.44	21.50	10.69
P.S4	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	52.53	10.69
P.S5	0.00	0.00	0.00	17.46	0.00	43.08	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.93	21.87	22.65	21.50	41.92

Tabla 23: Distancia euclídea al FPIS.

	U.G1	U.T1	U.T2	U.S1	U.S2	U.S3	U.S4	C.G1	C.T1	C.T2	C.S1	C.S2	C.S3	P.G1	P.T1	P.T2	P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
U.G1	0.00	0.00	0.00	*	*	*	*	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.T1	0.00	0.00	53.18	-66.24	51.78	-118.27	21.82	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.T2	0.00	38.53	0.00	20.55	28.64	20.12	52.46	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.S1	0.00	38.53	53.18	0.00	28.64	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.S2	0.00	38.53	53.18	50.03	0.00	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.S3	0.00	38.53	53.18	50.03	40.94	0.00	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
U.S4	0.00	38.53	53.18	50.03	28.64	76.53	0.00	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.G1	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	0.00	0.00	*	*	*	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.T1	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	0.00	45.72	-96.76	48.46	13.23	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.T2	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	0.00	17.88	61.76	32.63	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.S1	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	0.00	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.S2	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	0.00	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
C.S3	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	33.66	0.00	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	32.03
P.G1	0.00	0.00	0.00	29.55	16.84	47.40	9.24	0.00	0.00	0.00	30.39	33.66	5.51	0.00	0.00	0.00	*	*	*	*	*
P.T1	0.00	0.00	0.00	29.55	16.84	47.40	9.24	0.00	0.00	0.00	30.39	33.66	5.51	0.00	29.02	65.10	78.25	65.44	31.37	12.76	
P.T2	0.00	0.00	0.00	29.55	16.84	47.40	9.24	0.00	0.00	0.00	30.39	33.66	5.51	0.00	28.95	0.00	5.18	6.37	10.24	-52.53	-41.92
P.S1	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	0.00	24.94	43.49	31.37	32.03
P.S2	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	0.00	43.49	31.37	32.03
P.S3	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	24.94	0.00	31.37	32.03
P.S4	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	0.00	32.03
P.S5	0.00	38.53	53.18	50.03	68.16	76.53	86.47	0.00	40.80	45.72	72.41	82.33	55.06	0.00	28.95	29.02	48.51	57.97	43.49	31.37	0.00

2.5.6. Cálculo del coeficiente de proximidad

Tabla 24: Coeficiente de proximidad

	U.G1	U.T1	U.T2	U.S1	U.S2	U.S3	U.S4	C.G1	C.T1	C.T2	C.S1	C.S2	C.S3	P.G1	P.T1	P.T2	P.S1	P.S2	P.S3	P.S4	P.S5
U.G1	0.00	3.46	4.78	*	*	*	*	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.T1	0.00	3.46	0.00	0.00	1.66	0.00	6.14	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.T2	0.00	0.00	4.78	4.16	3.75	8.98	3.34	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.S1	0.00	0.00	0.00	5.95	3.75	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.S2	0.00	0.00	0.00	1.57	6.13	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.S3	0.00	0.00	0.00	1.57	2.66	10.63	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
U.S4	0.00	0.00	0.00	1.57	3.75	3.87	7.77	0.00	0.00	0.00	2.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.G1	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	3.67	4.11	*	*	*	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.T1	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	3.67	0.00	0.00	3.29	3.97	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.T2	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	0.00	4.11	7.25	2.07	2.19	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.S1	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.S2	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36	7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.61	1.97	2.04	1.93	0.96
C.S3	0.00	0.00	0.00	1.57	0.00	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	2.36										

### 3. Evaluación

Tabla 25: Evaluación de los elementos intencionales del actor Usuario.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Valor global	Valor local	Valor intra-actor	Valor inter-actor	Evaluación
U.G1: Aprender (G)	Very High	Confident	39.34	28.48	...	...	Strongly Agree
U.T1: Presencial (T)	Low	Possibly More	22.13	11.26	...	...	Agree
U.T2: Online (T)	High	Possibly Less	35.88	25.01	...	...	Agree
U.S1: Horario flexible (S)	Low	Possibly More	24.45	13.58	...	...	Neutral
U.S2: Satisfacción con el curso (S)	Medium	Possibly More	22.43	11.57	...	...	Agree
U.S3: Evitar desplazamiento (S)	High	Confident	25.73	14.86	...	...	Strongly Agree
U.S4: Calidad del curso (S)	High	Possibly More	27.83	16.96	...	...	Agree

Tabla 26: Evaluación de los elementos intencionales del actor Compañía.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Valor global	Valor local	Valor intra-actor	Valor inter-actor	Evaluación
C.G1: Formar trabajadores (G)	Very High	Confident	33.22	19.28	...	...	Agree
C.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	24.87	10.93	...	...	Strongly Agree
C.T2: Online (T)	High	Confident	29.56	15.61	...	...	Agree
C.S1: Reducir costes (S)	High	Confident	22.64	8.7	...	...	Agree
C.S2: Aumentar productividad (S)	High	Possibly More	23.71	9.76	...	...	Neutral
C.S3: Formación de calidad (S)	Medium	Confident	25.87	11.92	...	...	Strongly Agree

Tabla 27: Evaluación de los elementos intencionales del actor Profesor.

Elemento intencional	Nivel de importancia	Nivel de confianza	Valor global	Valor local	Valor intra-actor	Valor inter-actor	Evaluación
P.G1: Proveer curso (G)	Very High	Confident	75.49	22.36	...	...	Agree
P.T1: Presencial (T)	Medium	Possibly More	60.31	7.19	...	...	Agree
P.T2: Online (T)	High	Possibly Less	72.89	19.76	...	...	Strongly Agree
P.S1: Cualquier lugar (S)	High	Confident	23.43	15.63	...	...	Agree
P.S2: Mejorar acceso a la educación (S)	Very High	Confident	21.38	13.57	...	...	Neutral
P.S3: Cualquier hora (S)	Medium	Possibly More	23.04	15.24	...	...	Neutral
P.S4: Problemas técnicos (S)	Medium	Possibly Less	19.1	11.29	...	...	Agree
P.S5: Participación alumnos en clase (S)	Low	Possibly More	19.12	11.31	...	...	Agree



## Anexo B

# Material de la familia de experimentos

## **B.1. Boletín Teléfono de la esperanza - GRL-Quant**

---

# Método GRL-Quant

---

Modernización del sistema de la ONG Teléfono de la Esperanza



Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

### **Presentación de los Objetivos del Negocio**

Imagine que es el analista de una empresa de desarrollo de software y debe tomar decisiones con respecto al siguiente software que se le ha pedido desarrollar.

Teléfono de la Esperanza es una organización no gubernamental (ONG) de voluntariado y acción social cuyo objetivo es el de promover la salud emocional de las personas, especialmente de aquellas que se encuentran en situación de crisis. Esta organización fue fundada en 1971 y hasta la fecha ha ofrecido sus servicios de ayuda mediante el uso del teléfono, pero con la aparición de nuevas tecnologías y cada vez el mayor uso de éstas, ha visto la necesidad de adaptarse a los nuevos tiempos con el fin de poder ayudar a una mayor cantidad de personas.

Con este motivo la ONG Teléfono de la Esperanza ha decidido solicitar el desarrollo de una aplicación móvil cuyo objetivo será el de poner en contacto a los usuarios de la aplicación con los orientadores profesionales de la organización para ofrecerles ayuda a los usuarios ya sea mediante llamada telefónica, como se ha ofrecido hasta la fecha, o con el uso de chat o videochat.

Cuando un **usuario** utiliza la aplicación su principal objetivo es el de obtener ayuda. Al emplear el sistema los usuarios podrán seleccionar el medio de comunicación con el que se sientan más cómodos. Cuando un usuario recibe ayuda quiere que ésta se reciba lo antes posible (inmediatez), que la ayuda sea de utilidad (efectiva), que no se divulgue su información privada (anonimato), y por supuesto, necesitan sentirse cómodos (confortables) al usar la aplicación.

Los **orientadores** profesionales que la empresa tiene contratados y que utilizarán la aplicación para comunicarse con los usuarios tienen como objetivo ayudar a los usuarios que empleen el sistema. Los orientadores están interesados en ofrecer ayuda de calidad, a la mayor cantidad de gente posible de forma que éstos puedan sentirse felices gracias a la ayuda ofrecida, pero a su vez también es importante que los orientadores eviten sentirse estresados por la carga del trabajo.

En cuanto a la ONG **Teléfono de la Esperanza**, su objetivo es ofrecer el sistema de ayuda, y quieren que ese sistema sea inmediato para poder ayudar cuando más se necesite, que esa ayuda sea de calidad y que llegue a la mayor cantidad de gente posible. Además, le interesa que el sistema sea anónimo, para poder evitar posibles escándalos con los temas tratados mediante el uso del sistema, de modo que pueda recibir fondos.

Debido a que Teléfono de la esperanza es una ONG de voluntariado a nivel nacional, ésta desea que la aplicación esté centrada en los usuarios a los que se les va a ofrecer ayuda. Además, debido a que los orientadores trabajan para ellos y que la ONG tiene una visión más global de lo que implica proveer este servicio, los intereses de la ONG deberán tenerse en cuenta antes que los de los trabajadores.

La **Fig. 1** describe un modelo de objetivos que representa los objetivos de los distintos stakeholders involucrados para el desarrollo del sistema y las relaciones entre sus objetivos.

Análisis de modelos de objetivos basado en valor mediante lógica difusa y toma de decisiones multicriterio

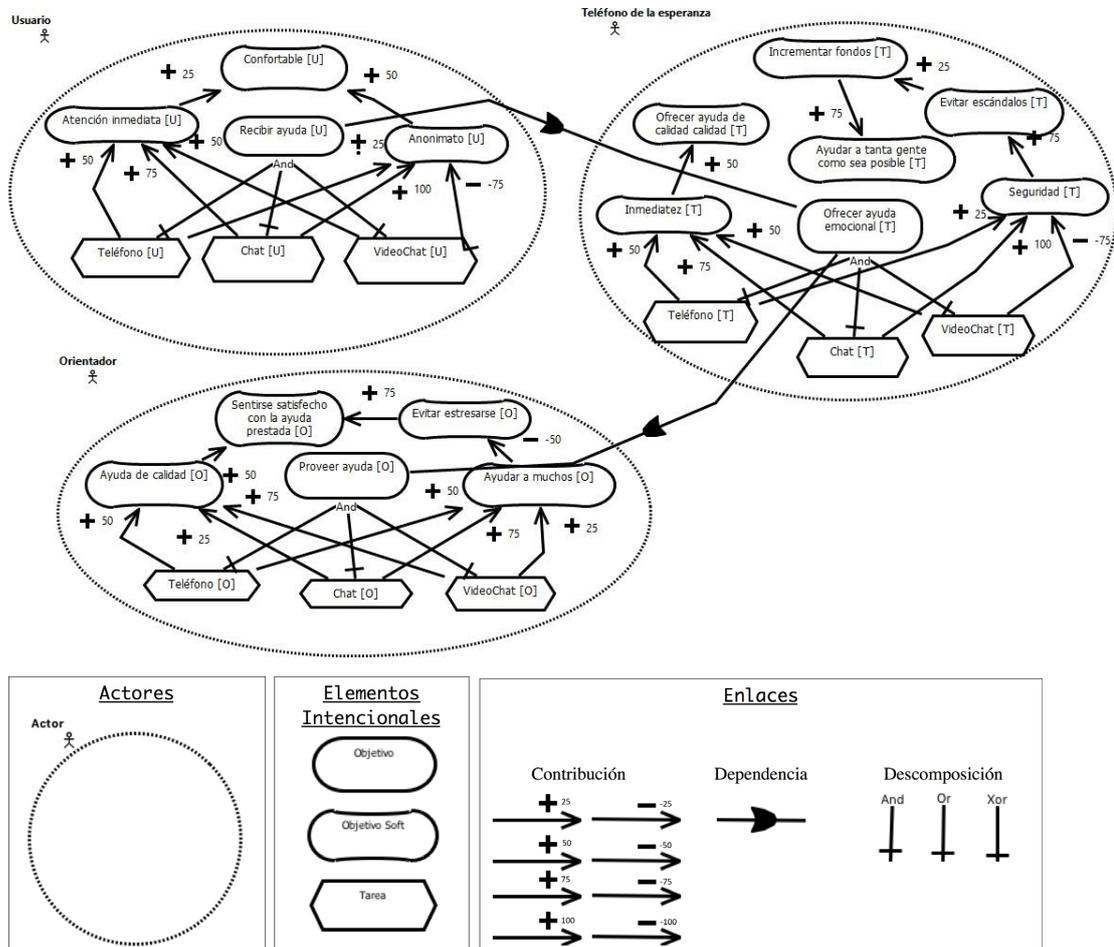


Fig. 1: Modelo de objetivos del sistema a desarrollar

Anote la hora de inicio (hh:mm)

## Tarea 1: Comprensión del modelo de objetivos

Responda a las siguientes preguntas sobre el modelo de objetivos mostrado en la Fig. 1:

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan directamente a al elemento *Confortable* del stakeholder **usuario**:

<input type="checkbox"/>	Teléfono
<input type="checkbox"/>	Chat
<input type="checkbox"/>	VideoChat

<input type="checkbox"/>	Atención inmediata
<input type="checkbox"/>	Anonimato

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan indirectamente al elemento *Evitar escándalos* del stakeholder **Teléfono de la Esperanza**:

<input type="checkbox"/>	Teléfono
<input type="checkbox"/>	Chat
<input type="checkbox"/>	VideoChat

<input type="checkbox"/>	Seguridad
<input type="checkbox"/>	Incrementar fondos

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos son afectados directa e indirectamente por el elemento *Ayudar a muchos* del stakeholder **orientador**

<input type="checkbox"/>	Ayuda de calidad
<input type="checkbox"/>	Chat
<input type="checkbox"/>	Teléfono

<input type="checkbox"/>	Evitar estresarse
<input type="checkbox"/>	Sentirse satisfecho con la ayuda prestada

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan indirectamente al elemento *Incrementar fondos* del stakeholder **Teléfono de la Esperanza**

<input type="checkbox"/>	Teléfono
<input type="checkbox"/>	Chat
<input type="checkbox"/>	VideoChat

<input type="checkbox"/>	Seguridad
<input type="checkbox"/>	Evitar escándalos

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos son afectados directa e indirectamente por el elemento *VideoChat* del stakeholder **usuario**

<input type="checkbox"/>	Teléfono
<input type="checkbox"/>	Chat
<input type="checkbox"/>	Atención inmediata

<input type="checkbox"/>	Anonimato
<input type="checkbox"/>	Confortable

Anote la hora de fin (hh:mm)

Anote la hora de inicio (hh:mm)

## Tarea 2: Análisis del modelo de objetivos

### Paso 1: Priorización

En este paso, se deberá asignar un **grado de importancia** para cada uno de los **elementos intencionales** del modelo de objetivos desde el punto de vista del actor que lo quiere.

A la hora de determinar el grado de importancia de cada uno de los elementos intencionales, se deberá asignar uno de los siguientes grados de importancia:

<b>Grado de importancia:</b>	<b>Significado:</b>
100	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
75	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
50	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
25	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
0	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Para la asignación de los grados de importancia se empleará la *técnica Personas* ya que nos permitirá ponernos en la piel de un usuario para entender sus objetivos, necesidades y motivaciones.

Las «personas» no son personas reales, sino arquetipos hipotéticos de usuarios reales que actúan en representación de éstos durante el proceso de diseño del sistema. Por lo tanto, para cada actor se hará uso de una ficha descriptiva que se encuentra en el **Anexo I**.

**Paso 1.1: Asignación del grado de importancia de los elementos intencionales del stakeholder **Usuario****

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al usuario *Esther Martínez* que se encuentra en el Anexo I. Esta ficha describe el perfil de un usuario del sistema que se pretende desarrollar.

A continuación, marque la opción incorrecta sobre Esther Martínez.

<input type="checkbox"/>	a) Esther se moriría de vergüenza si mostraran sus conversaciones privadas.
<input type="checkbox"/>	b) Esther no sabe qué hacer con su vida y necesita una segunda opinión.
<input type="checkbox"/>	c) A Esther no le gusta esperar y lo quiere todo al instante.

Marque la opción correcta sobre Esther Martínez.

<input type="checkbox"/>	a) Esther necesita tener a alguien que le escuche y en quien pueda confiar.
<input type="checkbox"/>	b) Esther toma decisiones sin escuchar las opiniones de los demás.
<input type="checkbox"/>	c) Esther tiene un carácter abierto por lo que le es sencillo establecer relaciones sociales.

Marque la opción incorrecta sobre Esther Martínez.

<input type="checkbox"/>	a) Para Esther es complicado establecer relaciones sociales porque es introvertida.
<input type="checkbox"/>	b) Esther está estresada porque está lejos de casa y no conoce a nadie.
<input type="checkbox"/>	c) Cuando Esther se estresa necesita aislarse del mundo para tranquilizarse.

Abra el documento Excel *Teléfono de la Esperanza-GRL-Quant.xlsm*. En la hoja *Acciones a realizar*, seleccione el botón **Paso 1: Priorización** y asigne un **grado de importancia** a cada **elemento intencional** del actor **Usuario**, teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se especifica en su ficha.

**Paso 1.2: Asignación del grado de importancia de los elementos intencionales del stakeholder **Teléfono de la Esperanza****

Lea la ficha del stakeholder correspondiente a *Teléfono de la Esperanza* que se encuentra en el Anexo I.

A continuación, marque la opción correcta sobre Teléfono de la Esperanza:

<input type="checkbox"/>	a) Teléfono de la Esperanza ofrece servicios mediante teléfono y no está interesada en adaptarse a los nuevos tiempos.
<input type="checkbox"/>	b) Teléfono de la Esperanza pone en contacto a aquellas personas que necesitan ayuda con orientadores profesionales.
<input type="checkbox"/>	c) Teléfono de la Esperanza ofrece un servicio de ayuda de pago.

Marque la opción incorrecta sobre Teléfono de la Esperanza:

<input type="checkbox"/>	a) Teléfono de la esperanza desea modernizarse para adaptarse a los nuevos tiempos y tener mayor presencia entre los jóvenes.
<input type="checkbox"/>	b) El objetivo de Teléfono de la esperanza es el de ofrecer apoyo emocional con el fin de ayudar a los demás.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

Marque la opción correcta sobre Teléfono de la Esperanza:

<input type="checkbox"/>	a) Teléfono de la Esperanza escucha y tranquiliza a las personas estresadas o en crisis que se pongan en contacto con ella.
<input type="checkbox"/>	b) Teléfono de la esperanza es una ONG de voluntariado y acción social fundada en 1940.
<input type="checkbox"/>	c) Teléfono de la esperanza necesita modernizarse para disminuir los gastos.

En la misma ventana del **Paso 1: Priorización** del documento Excel *Teléfono de la Esperanza-GRL-Quant.xlsm*, asigne un **grado de importancia** para cada uno de los **elementos intencionales** del actor **Teléfono de la esperanza**, teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se especifica en su ficha.

**Paso 1.3: Asignación del grado de importancia de los elementos intencionales del stakeholder **Orientador****

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al orientador *Francisco Rodríguez* que se encuentra en el Anexo I.

A continuación, marque la opción incorrecta sobre Francisco Rodríguez:

<input type="checkbox"/>	a) A Francisco le cuesta ponerse en la piel de los demás.
<input type="checkbox"/>	b) Francisco es un perfeccionista por lo que siempre trata de dar la mejor ayuda posible.
<input type="checkbox"/>	c) Francisco quiere ofrecer apoyo emocional a quien lo necesite.

Marque la opción correcta sobre Francisco Rodríguez:

<input type="checkbox"/>	a) Francisco es una persona egocéntrica que no se preocupa por los demás.
<input type="checkbox"/>	b) Francisco no tiene un conocimiento muy alto de computación por lo que prefiere comunicarse en persona o por teléfono.
<input type="checkbox"/>	c) Francisco no da segundas opiniones, solo trata de tranquilizar a quien lo necesite.

Marque la opción incorrecta sobre Francisco Rodríguez:

<input type="checkbox"/>	a) Para Francisco es muy sencillo ponerse en la piel de los demás.
<input type="checkbox"/>	b) Francisco antepone a los demás a sí mismo.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

En la misma ventana del **Paso 1: Priorización** del documento Excel *Teléfono de la Esperanza-GRL-Quant.xlsm*, asigne un **grado de importancia** a los **elementos** intencionales del actor **Orientador** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

Compruebe que haya asignado un grado de importancia a **TODOS** los elementos intencionales de **TODOS** los stakeholders del modelo de objetivos.

Una vez terminada las asignaciones de importancia para todos los actores, seleccione el botón **Validar todo el modelo de objetivos** que se encuentra en la parte superior la ventana.

**Anote la hora de fin (hh:mm)**

## **Paso 2. Propagación**

Una vez asignadas las importancias de todos los elementos del modelo de objetivos es necesario propagar estas importancias a través de las relaciones del modelo con el fin de calcular el valor resultante para cada elemento intencional.

Para realizar este paso, en el documento Excel *Teléfono de la Esperanza-GRL-Quant.xlsm*, en la hoja *Acciones a realizar*, seleccione el botón **Paso 2: Propagación**. El Excel calculará de forma automática las nuevas importancias de los elementos intencionales teniendo en cuenta las relaciones existentes entre ellas. Estas nuevas importancias de los elementos intencionales representan el **valor** que aportan los elementos intencionales en el conjunto del modelo de objetivos.

**Anote la hora de inicio (hh:mm)**

### **Paso 3. Comprensión de la propagación**

Responda a las siguientes preguntas sobre el análisis de modelos de objetivos generado en el paso anterior:

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Teléfono** del actor **Usuario** del elemento intencional **Atención Inmediata**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **VideoChat** del actor **Usuario** del elemento intencional **Anonimato**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Chat** del actor **Orientador** del elemento intencional **Ayudar a muchos**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Teléfono** del actor **Orientador** del elemento intencional **Ayuda de Calidad**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **VideoChat** del actor **Teléfono de la Esperanza** del elemento intencional **Evitar escándalos**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Chat** del actor **Teléfono de la Esperanza** del elemento intencional **Ofrecer ayuda de Calidad**?

**Anote la hora de fin (hh:mm)**

Anote la hora de inicio (hh:mm)

#### Paso 4. Evaluación

En este paso se deberá evaluar los resultados obtenidos por la propagación con el fin de determinar su grado de satisfacción con los resultados obtenidos en la propagación.

A la hora de determinar el grado de satisfacción del resultado obtenido de la propagación, se deberá asignar uno de los siguientes grados de satisfacción:

Grado de satisfacción:	Significado:
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

#### Paso 4.1: Evaluar los resultados desde el punto de vista de cada uno de los actores (Usuario, Teléfono de la Esperanza y Orientador)

Abra el documento Excel *Teléfono de la Esperanza-GRL-Quant.xlsm.xlsm*.

En la hoja *Acciones a realizar*, seleccione el botón **Paso 3: Evaluación** y analice y asigne el **grado de satisfacción** que considera que actor **Usuario** tendría con la nueva **importancia calculada** para cada elemento intencional en el modelo de objetivos. Realice posteriormente lo mismo para el actor **Teléfono de la Esperanza** y **Orientador**.

**IMPORTANTE:** Recuerde que, para hacer esta evaluación, debe tener en cuenta nuevamente las fichas de los stakeholders correspondientes al usuario Ester Martínez (**Usuario**) a la organización Teléfono de la Esperanza (**Teléfono de la Esperanza**) y Francisco Rodríguez (**Orientador**) que se encuentra en el **Anexo I**.

Una vez terminadas las asignaciones de satisfacción para **todos** los actores, seleccione el botón **Guardar** que se encuentra en la parte superior la ventana.

Anote la hora de fin (hh:mm)



### B.1.1.1. Ficha Personas Anexo I: Stakeholders involucrados

Actor: Usuario

 <p><b>Esther Martínez</b> Estudiante universitaria</p>	<p>Esther es una estudiante de Bellas Artes que está realizando un intercambio Erasmus en Roma siguiendo su pasión por Miguel Ángel. Actualmente Esther se está planteando regresar a casa porque se encuentra muy agobiada debido a que está en un país extranjero donde no conoce a nadie.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 20</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Intermedio</li> <li>• <b>Web:</b> Intermedio</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introversa</li> <li>• Tímida</li> <li>• Tozuda</li> <li>• Paciente</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tomar decisiones importantes con su vida</li> <li>• Obtener una segunda opinión</li> <li>• Tener a alguien que le escuche y en quien pueda confiar</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esther quiere tomar la decisión correcta con su vida y no sabe cuál es la adecuada</li> <li>• Quiere obtener opiniones sobre qué debería hacer para poder elegir la mejor decisión</li> <li>• Cuando esté estresada o en una crisis nerviosa quiere tener a alguien que le ayude a salir de ella</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar ayuda sobre qué debería hacer cuando tenga dudas sobre un tema importante</li> <li>• Cuando se encuentre estresada o en medio de una crisis tratará de ponerse en contacto con alguien que le ayude a tranquilizarse.</li> </ul>

Actor: Orientador

 <p><b>Francisco Rodríguez</b> Orientador de Teléfono de la esperanza</p>	<p>Francisco es un psicólogo profesional jubilado que está colaborando de forma voluntaria en la ONG Teléfono de la Esperanza con el fin de ayudar a aquellas personas que necesiten apoyo emocional y contacten con la ONG.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 67</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Bajo</li> <li>• <b>Web:</b> Bajo</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altruista</li> <li>• Extrovertido</li> <li>• Empático</li> <li>• Perfeccionista</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer apoyo emocional a quien lo pida</li> <li>• Dar segundas opiniones para ayudar a tomar decisiones complicadas</li> <li>• Escuchar a quien se ponga en contacto con él y ayudarlo a tranquilizarse</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer ayuda y segundas opiniones a aquellas personas que busque ayuda mediante la ONG Teléfono de la Esperanza</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Escuchar los problemas de los demás y tratar de ponerse en su piel</li> <li>• Dar segundas opiniones sobre qué deberían hacer</li> <li>• Tratar de tranquilizar a aquellas personas que estén estresadas o en crisis</li> </ul>

Actor: Teléfono de la esperanza

 <p><b>ONG Teléfono de la esperanza</b> ONG de voluntariado y acción social</p>	<p>Teléfono de la Esperanza es una ONG de voluntariado y acción social que trata de promover la salud social de las personas desde 1941.</p>	
<p><b>Necesidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer herramientas para ayudar emocionalmente a aquellas personas que lo necesiten</li> <li>• Proporcionar segundas opiniones y ayudar a tomar decisiones difíciles</li> <li>• Adaptarse a los nuevos tiempos para poder ayudar a la mayor cantidad posible de personas</li> </ul>	<p><b>Escenarios:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer sus servicios a quien lo necesite</li> </ul>	<p><b>Comportamientos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en contacto a aquellas personas que necesitan ayuda con orientadores profesionales</li> </ul>

## B.1.2. Guía de GRL-Quant

### ANEXO II: Guía de aplicación de GRL-Quantitative

La técnica **GRL-Quantitative** es una técnica de análisis de modelos de objetivos que ayuda en la toma de decisiones y que puede utilizarse para ayudar a resolver las tensiones entre distintos stakeholders y también para solucionar conflictos entre los atributos de calidad. Esta técnica se basa en la propagación de la satisfacción de los elementos del modelo junto con la importancia de estos para calcular el grado de satisfacción del modelo que provee cada elemento intencional.

#### Actividades en GRL-Quantitative:

La técnica GRL-Quantitative está compuesta por **tres actividades**:

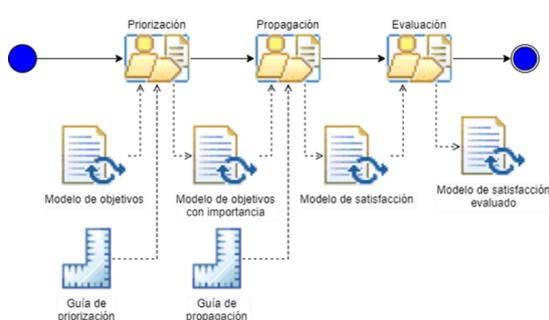
**1. Priorización:** Se determina el **grado de importancia** de los **elementos intencionales** del modelo de objetivos. Para ello **cada stakeholder** debe asignar el grado de importancia que tiene cada elemento intencional de su actor correspondiente.

**2. Propagación:** Se propaga **automáticamente** el grado de satisfacción de cada elemento intencional **a través de los enlaces** y junto con el **grado de importancia** asignado se calcula el grado de satisfacción que provee cada elemento intencional al modelo en general.

**3. Evaluación:** Se evalúa el valor resultante de la propagación con el fin de identificar posibles problemas en el modelo o importancias asignadas para refinarlo. Para ello **cada stakeholder** deberá asignar el **grado de satisfacción** con respecto al resultado obtenido para cada uno de los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo.

A la hora de asignar el **grado de satisfacción** el **stakeholder** deberá fijarse en el **grado de importancia** que ha asignado anteriormente, así como también deberá **analizar el resultado obtenido en comparación con el resto de los elementos intencionales del actor**.

Diagrama de actividades de la técnica GRL-Quantitative



Grado de importancia:	Significado:
100	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
75	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
50	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
25	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
0	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Grado de satisfacción:	Significado:
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

## **B.2. Boletín edX - VeGAn**

---

# Método VEGAN

---

edX – Massive Online Open Courses



Nombre y Apellidos: \_\_\_\_\_

### **Presentación de los Objetivos del Negocio**

Imagine que es el analista de una empresa de desarrollo de software y debe tomar decisiones con respecto al siguiente software.

Las universidades de Harvard y MIT han decidido unir fuerzas y se han planteado el desarrollo de edX, una plataforma MOOC (Massive Online Open Courses) con el fin de incrementar el acceso a la educación de alta calidad y mejorar la enseñanza y el aprendizaje en el campus y en línea.

Los **usuarios** de este tipo de plataformas desean o bien aprender con el fin de saciar una curiosidad de conocimiento u obtener certificados que les puedan ayudar a optar a mejores puestos de trabajo. Con este motivo, un usuario podrá realizar cursos de forma presencial, como se ha estado haciendo hasta ahora, o de forma online. Cuando un usuario realiza un curso está interesado en obtener un curso de calidad y a sentirse satisfecho con el curso. Además, la posibilidad de realizar el curso online tiene ventajas como la posibilidad de realizarlo a la hora que mejor le convenga o evitar la necesidad de desplazarse hasta la ubicación del curso.

El objetivo de los **profesores** es el de proveer cursos con el fin de enseñar a estudiantes, para lo cual podrían hacerlo de forma presencial o mediante una plataforma MOOC como edX. A la hora de realizar cursos los profesores están interesados en mejorar el acceso a la educación, por lo que la posibilidad de que los estudiantes puedan realizar los cursos desde cualquier lugar del mundo y a la hora que mejor les convenga les parece interesante. Sin embargo, el uso de una plataforma online también tiene sus desventajas, como podría ser una menor participación de los alumnos en las clases debido a la falta de interacción o posibles problemas técnicos que podrían ocurrir debido al uso de las tecnologías.

Además, este tipo de plataformas de enseñanza podrían ser de interés también para **compañías** ya podrían ofrecer ayuda en la formación de sus trabajadores. El uso de una plataforma de enseñanza online podría ayudar a las compañías a reducir el coste empleado en formación. Pero las empresas necesitan tener muy en cuenta la calidad de los cursos que sus trabajadores realizan ya que un curso de calidad podría aumentar de forma considerable la productividad de éstos.

A la hora de desarrollar edX se desea centrarse primeramente en aquellos stakeholders que más beneficios podrían aportar gracias al uso de la plataforma. Siendo las empresas aquellas que más beneficios podrían aportar gracias a la necesidad de formar a sus trabajadores seguidos por los usuarios que quieren formar u aprender y por último, y menos importante, a los profesores.

La **Fig. 1** describe un modelo de objetivos que representa los objetivos de los distintos stakeholders del sistema y las relaciones entre sus objetivos y el sistema a desarrollar.

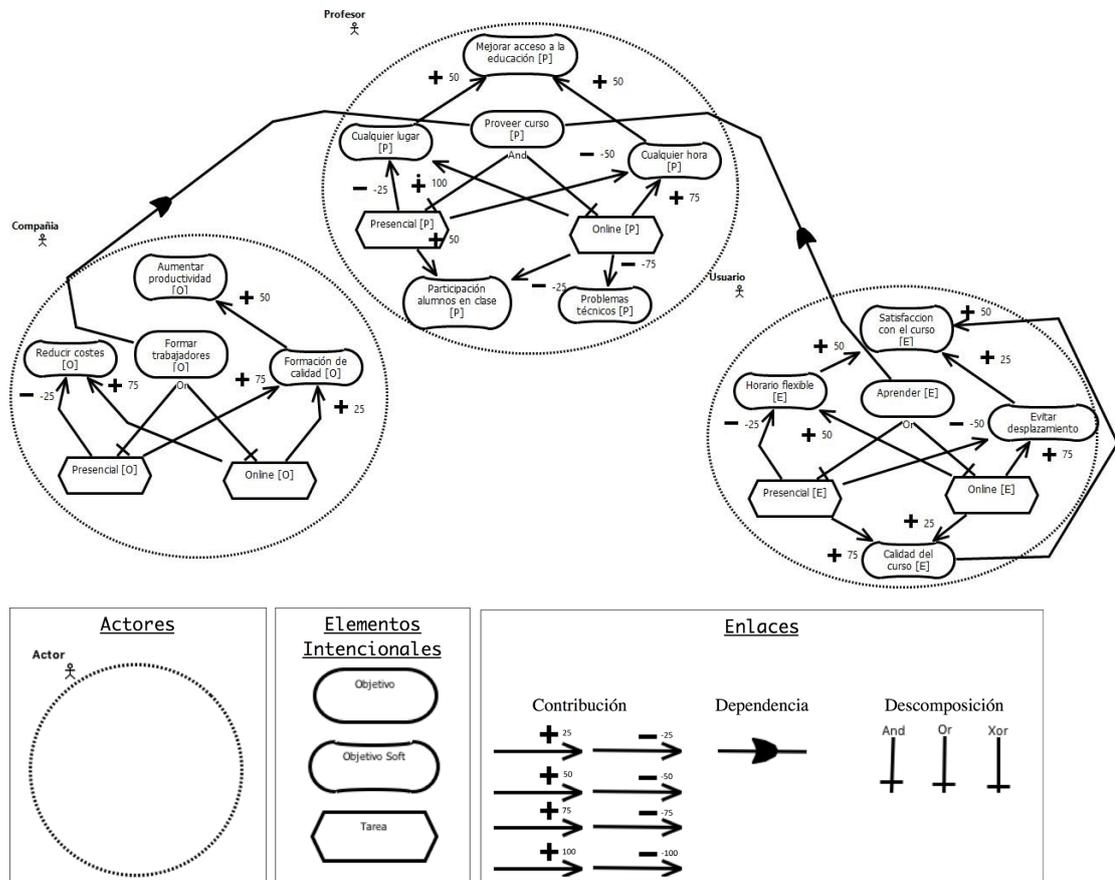


Fig. 1: Modelo de objetivos del sistema a desarrollar

Anote la hora de inicio (hh:mm)

## Tarea 1: Comprensión del modelo de objetivos

Responda a las siguientes preguntas sobre el modelo de objetivos mostrado en la Fig. 1:

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan directamente a al elemento *reducir costes* del stakeholder **Compañía**:

<input type="checkbox"/>	Presencial
<input type="checkbox"/>	Online
<input type="checkbox"/>	Formación de calidad

<input type="checkbox"/>	Aumentar productividad
<input type="checkbox"/>	Formar trabajadores

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan indirectamente al elemento *Satisfacción con el curso* del stakeholder **Usuario**:

<input type="checkbox"/>	Presencial
<input type="checkbox"/>	Online
<input type="checkbox"/>	Calidad del curso

<input type="checkbox"/>	Horario flexible
<input type="checkbox"/>	Evitar desplazamiento

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos son afectados directa e indirectamente por el elemento *Online* del stakeholder **Profesor**:

<input type="checkbox"/>	Presencial
<input type="checkbox"/>	Mejorar acceso a la educación
<input type="checkbox"/>	Problemas técnicos

<input type="checkbox"/>	Cualquier hora
<input type="checkbox"/>	Cualquier lugar

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos afectan indirectamente al elemento *Aumentar productividad* del stakeholder **Compañía**:

<input type="checkbox"/>	Presencial
<input type="checkbox"/>	Online
<input type="checkbox"/>	Formación de calidad

<input type="checkbox"/>	Reducir costes
<input type="checkbox"/>	Formar trabajadores

- Indique con una "X" cuáles de los siguientes elementos son afectados directa e indirectamente por el elemento *Presencial* del stakeholder **usuario**:

<input type="checkbox"/>	Online
<input type="checkbox"/>	Calidad del curso
<input type="checkbox"/>	Horario flexible

<input type="checkbox"/>	Evitar desplazamiento
<input type="checkbox"/>	Satisfacción con el curso

Anote la hora de fin (hh:mm)

## **Previo a la ejecución de la Tarea 2:**

- 1- Descargar y descomprimir el fichero VEGAN.zip situado en poliformat.
- 2- Ejecutar la aplicación de VeGAN.jar
- 3- Cargar el modelo de objetivos en formato XMI, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model (XMI file)**... y seleccionar el fichero XMI que se encontraba en el fichero comprimido
- 4- Cargar la figura del modelo de objetivos, para lo cual deberá pulsar el botón **Load Goal Model Image**... y seleccionar el fichero jpg que se encontraba en el fichero comprimido.
- 5- Pulsar el botón **Prioritization of Goal Model**

Anote la hora de inicio (hh:mm)

## Tarea 2: Análisis del modelo de objetivos

### Paso 1: Priorización

En este paso, se deberá asignar:

- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **elementos intencionales** del modelo de objetivos desde el punto de vista del actor que lo quiere;
- Un **nivel de importancia** y un **nivel de certeza** para cada uno de los **actores** ya que puede darse el caso de que no todos los actores sean igual de importantes.

A la hora de determinar el nivel de importancia de cada uno de los elementos intencionales y actores, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de importancia:

Nivel de importancia:	Significado:
Muy Alta	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Alta	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Media	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Baja	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Muy Baja	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Tras asignar el nivel de importancia para cada elemento del modelo, se deberá asignar:

- Un **nivel de certeza** que describirá cuán seguro estás con respecto al nivel de importancia que has asignado para cada elemento del modelo y en el caso de que no se esté seguro si podría ser más o menos de lo que se ha asignado.

A la hora de determinar el nivel de certeza de la importancia asignada, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de certeza:

Nivel de certeza:	Significado:
Podría ser más	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser más
Seguro	Estoy completamente seguro de que el nivel de importancia que he asignado es el correcto
Podría ser menos	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser menos

### Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales

Para la asignación de los niveles de importancia se empleará la *técnica Personas* ya que nos permitirá ponernos en la piel de un usuario para entender sus objetivos, necesidades y motivaciones.

Las «personas» no son personas reales, sino arquetipos hipotéticos de usuarios reales que actúan en representación de éstos durante el proceso de diseño del sistema. Por lo tanto, para cada actor se hará uso de una ficha descriptiva que se encuentra en el **Anexo I**.

#### Paso 1.1.1: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Usuario**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al usuario *Rubén Álvarez* que se encuentra en el **Anexo I**. Esta ficha describe el perfil de un usuario del sistema que se pretende desarrollar.

A continuación, marque la opción incorrecta sobre Rubén Álvarez.

<input type="checkbox"/>	a) Rubén quiere formarse para poder optar a mejores oportunidades de trabajo.
<input type="checkbox"/>	b) Rubén preferiría realizar cursos online porque es un experto con los ordenadores.
<input type="checkbox"/>	c) Rubén realiza su trabajo con detenimiento, cuidando los más pequeños detalles.

Marque la opción correcta sobre Rubén Álvarez.

<input type="checkbox"/>	a) Rubén no está interesado en obtener títulos, solo en formarse.
<input type="checkbox"/>	b) Rubén prefiere realizar cursos a distancia porque no le gusta relacionarse con las personas.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

Marque la opción incorrecta sobre Rubén Álvarez.

<input type="checkbox"/>	a) Rubén sería un buen trabajador porque es muy competitivo.
<input type="checkbox"/>	b) Rubén desea ser más productivo en su trabajo.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

Pulse el botón **Prioritization of Goal Model** y asigne un **nivel de importancia** en la columna de *Importance level* y un **nivel de certeza** la columna de *Confidence level* a cada **elemento intencional** del actor **Usuario**, teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se especifica en su ficha.

**Paso 1.1.2: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Compañía****

Lea la ficha del stakeholder correspondiente a la compañía **Oficinistas S.L.** que se encuentra en el Anexo I.

A continuación, marque la opción correcta sobre Oficinistas S.L.:

<input type="checkbox"/>	a) Oficinistas S.L. desea formar a sus trabajadores para aumentar su eficiencia.
<input type="checkbox"/>	b) Oficinistas S.L. desea formar a sus trabajadores para aumentar su productividad.
<input type="checkbox"/>	c) A Oficinistas S.L. no le importa cuánto cueste formar a sus trabajadores.

Marque la opción correcta sobre la Oficinistas S.L.:

<input type="checkbox"/>	a) Oficinistas S.L. no está interesada en formar a sus trabajadores.
<input type="checkbox"/>	b) Oficinistas S.L. es una compañía que ofrece servicios de gestión y administración.
<input type="checkbox"/>	c) Todas las anteriores son correctas.

Marque la opción correcta sobre la Oficinistas S.L.:

<input type="checkbox"/>	a) Oficinistas S.L. es una compañía que ofrece servicios de notaría.
<input type="checkbox"/>	b) Oficinistas S.L. quiere formar a sus trabajadores para motivarlos.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de **Importance level** y un **nivel de certeza** la columna de **Confidence level** a cada **elemento intencional** del actor **Compañía** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

### Paso 1.1.3: Asignación del nivel de importancia y certeza de los elementos intencionales del stakeholder **Profesor**

Lea la ficha del stakeholder correspondiente al profesor *María José Cabadell* que se encuentra en el Anexo I.

A continuación, marque la opción incorrecta sobre María José Cabadell:

<input type="checkbox"/>	a) María es una persona afable.
<input type="checkbox"/>	b) María quiere mejorar el acceso a la educación.
<input type="checkbox"/>	c) María no sabe usar ordenadores por lo que prefiere dar las clases de forma presencial.

Marque la opción correcta sobre María José Cabadell:

<input type="checkbox"/>	a) María es profesora de estadística en la universidad de Harvard.
<input type="checkbox"/>	b) A María no le preocupa que sus alumnos aprendan.
<input type="checkbox"/>	c) Ninguna de las anteriores es correcta.

Marque la opción incorrecta sobre María José Cabadell:

<input type="checkbox"/>	a) María tiene altos conocimientos de computación por lo que no tendría problemas en ofrecer cursos a distancia.
<input type="checkbox"/>	b) María es una persona egocéntrica que no se preocupa por los demás.
<input type="checkbox"/>	c) María es una persona tolerante.

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de **Importance level** y un **nivel de certeza** la columna de **Confidence level** a cada **elemento intencional** del actor **Profesor** teniendo en cuenta los objetivos de este stakeholder que se describe en su ficha.

Compruebe que haya asignado un nivel de importancia y certeza a **TODOS** los elementos intencionales de **TODOS** los stakeholders del modelo de objetivos.

### Paso 1.2: Asignación de importancia de los Actores

En la misma ventana del **Paso 1.1: Priorización de elementos intencionales**, asigne un **nivel de importancia** en la columna de **Importance level** y un **nivel de certeza** la columna de **Confidence level** a cada actor.

Una vez terminada las asignaciones de importancia para todos los actores, pulse el botón **Propagation of Goal Model**, para comprobar que ha priorizado todos los elementos y pasar al siguiente paso.

**Anote la hora de fin (hh:mm)**

## **Paso 2. Propagación**

Una vez asignadas las importancias de todos los elementos del modelo de objetivos es necesario propagar estas importancias a través de las relaciones del modelo con el fin de calcular el valor resultante para cada elemento intencional.

Este paso se ha realizado al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** en la sección anterior. La aplicación ha calculado de forma automática las nuevas importancias de los elementos intencionales teniendo en cuenta las relaciones existentes entre ellas. Estas nuevas importancias de los elementos intencionales representan el **valor** que aportan los elementos intencionales en el conjunto del modelo de objetivos.

**Anote la hora de inicio (hh:mm)**

### **Paso 3. Comprensión de la propagación**

Responda a las siguientes preguntas sobre el análisis de modelos de objetivos generado en el paso anterior:

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Presencial** del actor **Usuario** del elemento intencional **Evitar desplazamiento**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Aprender** del actor **Usuario** del elemento intencional **Satisfacción con el curso**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Formar Trabajadores** del actor **Compañía** del elemento intencional **Aumentar productividad**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Online** del actor **Compañía** del elemento intencional **Reducir costes**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Presencial** del actor **Profesor** del elemento intencional **Mejorar acceso a la educación**?

¿Cuánta satisfacción obtiene el elemento intencional **Proveer curso** del actor **Profesor** del elemento intencional **Participación de alumnos en clase**?

**Anote la hora de fin (hh:mm)**

Anote la hora de inicio (hh:mm)

#### **Paso 4. Evaluación**

En este paso se deberá evaluar los resultados obtenidos por la propagación con el fin de determinar su nivel de satisfacción con los resultados obtenidos en la propagación.

A la hora de determinar el nivel de satisfacción del resultado obtenido de la propagación, se deberá asignar uno de los siguientes niveles de satisfacción:

<b>Nivel de satisfacción:</b>	<b>Significado:</b>
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia

#### **Paso 4.1: Evaluar los resultados desde el punto de vista de cada uno de los actores (Usuario, Compañía y Profesor)**

En la ventana que se ha obtenido al pulsar el botón **Propagation of Goal Model** analice y evalúe asignando un **nivel de satisfacción** que considera que actor **Usuario** tendría con la nueva **importancia calculada** para cada elemento intencional en el modelo de objetivos. Realice posteriormente lo mismo para el actor **Compañía** y **Profesor**. Para poder asignar el nivel de satisfacción interactúe con la columna Evaluación de cada elemento intencional.

**IMPORTANTE:** Recuerde que, para hacer esta evaluación, debe tener en cuenta nuevamente las fi-chas de los stakeholders correspondientes al usuario Rubén Álvarez (**Usuario**) a la organización Ofici-nistas S.L. (**Compañía**) y María José Cabadell (**Profesor**) que se encuentra en el **Anexo I**.

Anote la hora de fin (hh:mm)

### **Tarea 3: Encuesta sobre el método y entrega de material**

Complete la siguiente encuesta sobre la técnica de análisis de modelos de objetivos VEGAN:

<https://forms.gle/Qh3G6uPV27jCcALW7>

*(Obs. La encuesta también está disponible en PoliformaT)*

### B.2.1. Ficha Personas

#### Anexo I: Stakeholders involucrados

Actor: Usuario

 <p><b>Rubén Álvarez</b> Desempleado</p>	<p>Rubén ha estado trabajando en Automóviles S.A. más de veinte años, pero con la crisis actual la empresa decidió prescindir de él. Actualmente Rubén se encuentra en el paro con una edad en la que la mayoría de las empresas no están interesadas en contratarle y con apenas títulos. Debido a su situación actual Rubén ha decidido formarse mediante cursos online con el fin de obtener mayores oportunidades de trabajo.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 53</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Bachillerato</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Muy bajo</li> <li>• <b>Web:</b> Bajo</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Competitivo</li> <li>• Huraño</li> <li>• Meticuloso</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optar a mejores oportunidades de trabajo</li> <li>• Formarse y aprender</li> <li>• Obtener títulos</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rubén quiere formarse para tener más oportunidades de trabajo</li> <li>• Rubén quiere aprender como ser más productivo en su trabajo</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar curso</li> </ul>

Actor: Compañía

	<p>Oficinistas S.L. es una compañía que ofrece servicios de administración y gestión con una gran plantilla de trabajadores.</p>	
<p><b>Oficinistas S.L.</b></p> <p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formar a sus trabajadores</li> <li>• Aumentar productividad de los trabajadores</li> <li>• Reducir costes</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enviar a sus trabajadores a realizar cursos con el fin de formarlos y aumentar así su productividad</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar cursos para formar a sus trabajadores</li> </ul>

Actor: Profesor

 <p><b>María José Cabadell</b> Profesora de matemáticas de la Universidad de Harvard</p>	<p>María es una profesora de matemáticas de la Universidad de Harvard que desea colaborar como profesora en la plataforma que quiere desarrollar la universidad para poder incrementar el acceso a la educación.</p>	
<p>Datos demográficos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Edad:</b> 45</li> <li>• <b>Nivel educativo:</b> Universitario</li> </ul>	<p>Conocimientos técnicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Computación:</b> Alto</li> <li>• <b>Web:</b> Muy alto</li> </ul>	<p>Personalidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altruista</li> <li>• Amable</li> <li>• Tolerante</li> </ul>
<p>Necesidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer cursos</li> <li>• Mejorar el acceso a la educación</li> </ul>	<p>Escenarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveer cursos para enseñar</li> <li>• Evaluar los conocimientos de los alumnos</li> </ul>	<p>Comportamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar clases</li> <li>• Dar deberes y corregirlos</li> <li>• Realizar exámenes</li> </ul>

## B.2.2. Guía de VeGAN

### ANEXO II: Guía de aplicación de VEGAN

La técnica **VEGAN** (Value-basEd Goal-oriented aNalysis) es una técnica de análisis de modelos de objetivos que ayuda en la toma de decisiones y que puede utilizarse para ayudar a resolver las tensiones entre distintos stakeholders y solucionar conflictos entre los atributos de calidad. Esta técnica se basa en la propagación de la importancia de los elementos del modelo y de técnicas de toma de decisiones multicriterio difusas (FMCDM).

#### Actividades en VEGAN:

La técnica VEGAN está compuesta por **tres actividades**:

1. **Priorización:** Se determina el **nivel de importancia** de los **elementos intencionales** y los **actores** del modelo de objetivos, así como también el **nivel de certeza** de la importancia asignada.

La actividad de priorización está compuesta por **dos tareas**:

- a. **Priorización de elementos intencionales:** Se determina el **nivel de importancia y de certeza** de los **elementos intencionales** del modelo. Para ello **cada stakeholder** deberá asignar los niveles a cada elemento intencional de su actor correspondiente.

El **nivel de importancia** representa **cuán importante es el elemento intencional para el actor al que pertenece**.

El **nivel de certeza** representa **cuán seguro se está de que el nivel de importancia asignado es correcto**; en el caso de que no se esté seguro se debe indicar si se cree que podría ser mayor o menor al nivel de importancia asignado.

#### Algoritmo de priorización de elementos intencionales:

1. Priorizar los elementos intencionales que **son compuestos o no se componen** en otros.
2. Priorizar los elementos intencionales **componentes** de otros.

b. **Priorización de actores:** Se determina el nivel de importancia y de certeza de los actores (stakeholders) del modelo. El analista deberá asignar el nivel de importancia y certeza de los actores. El **nivel de importancia** y el **nivel de certeza** se encuentran explicados en la siguiente página de la guía.

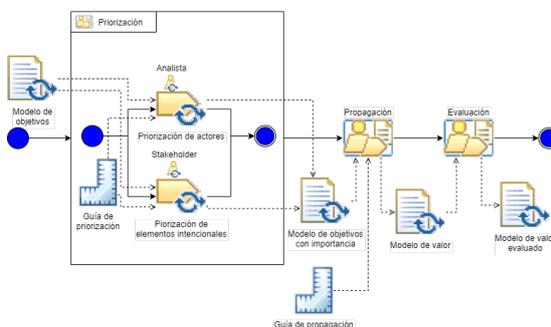
2. **Propagación:** Se propaga **automáticamente el nivel de importancia y de certeza de los elementos intencionales** y los actores **a través de los enlaces** del modelo para calcular el valor que aporta cada elemento intencional.

3. **Evaluación:** Se evalúa el valor resultante de la propagación con el fin de identificar posibles problemas en el modelo o importancias asignadas para refinarlo. Para ello **cada stakeholder** deberá asignar el **nivel de satisfacción** con respecto al resultado obtenido para cada uno de los elementos intencionales de su actor correspondiente en el modelo.

A la hora de asignar el **nivel de satisfacción** el **stakeholder** deberá fijarse en el **nivel de importancia** y el **nivel de certeza** que ha asignado anteriormente, así como también deberá **analizar el resultado obtenido en comparación con el resto de los elementos intencionales del actor**.

El **nivel de satisfacción** se encuentra explicado en la siguiente página de la guía.

#### Diagrama de actividades de la técnica VEGAN



**ANEXO II: Guía de aplicación de VEGAN**

---

Nivel de importancia:	Significado:
Muy Alta	El elemento aporta de manera fundamental al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Alta	El elemento aporta de manera importante al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Media	El elemento aporta de manera moderada al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Baja	El elemento aporta de manera menor al cumplimiento de los objetivos del stakeholder
Muy Baja	El elemento aporta de manera residual al cumplimiento de los objetivos del stakeholder

Nivel de certeza:	Significado:
Podría ser más	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser más
Seguro	Estoy completamente seguro de que el nivel de importancia que he asignado es el correcto
Podría ser menos	No estoy seguro con el nivel de importancia asignado y creo que podría ser menos

Nivel de satisfacción:	Significado:
Totalmente de acuerdo	Estoy totalmente de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
De acuerdo	Estoy de acuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	No estoy ni de acuerdo ni en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
En desacuerdo	Estoy en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia
Totalmente en desacuerdo	Estoy totalmente en desacuerdo con el resultado tras la propagación de la importancia